

**IV. ULUSLARARASI  
BİLİMSEL VE MESLEKİ  
ÇALIŞMALAR KONGRESİ – MÜHENDİSLİK  
(BILMES EN 2019 - ANKARA)  
TAM METİN BİLDİRİ KİTABI**



**IV. INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC AND VOCATIONAL  
STUDIES CONGRESS – ENGINEERING  
(BILMES EN 2019 - ANKARA)  
FULL PAPER BOOK**

**ARALIK / DECEMBER 2019**

---

Kitabın Adı: IV. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar  
Kongresi - Mühendislik Tam Metin Bildiri Kitabı

ISBN: 978-605-80297-6-7

Hazırlayanlar: Tolga YÜCEHAN

e-mail: [tolgayucehan@gmail.com](mailto:tolgayucehan@gmail.com)

Umut SARAY

e-mail: [umutsaray@gmail.com](mailto:umutsaray@gmail.com)

Yayın Tarihi: 18.12.2019





## DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES

---

### Düzenleme Kurulu Başkanı / Organizing Committee Chairman

PhD. Uğur Çavdar İzmir Demokrasi University

### Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcısı / Organizing Committee Vice-Chairman

Lect. Umut Saray Tokat Gaziosmanpaşa University

### Düzenleme Kurulu Üyeleri / Organizing Committee Members

PhD.	Cem Cüneyt Ersanlı	Sinop University
PhD.	Feriha Erfan Kuyumcu	Gedik University
PhD.	Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD.	Doğan Bozdoğan	Tokat Gaziosmanpaşa University
PhD.	Çiğdem Gündoğan Türker	İstanbul Gedik University
PhD.	Kemal Adem	Aksaray University
PhD.	Dilek Aydemir	Tokat Gaziosmanpaşa University
Lect.	Atiye Kaş	Pamukkale University
Lect.	Celal Altıntaş	Tokat Gaziosmanpaşa University
Lect.	Erdem Kanişlı	Tokat Gaziosmanpaşa University
Lect.	Mustafa Tufan Altunok	Tokat Gaziosmanpaşa University
Lect.	Onur Dal	Tokat Gaziosmanpaşa University
	Sefa Ersan Kaya	Tokat Gaziosmanpaşa University
-	Bahar Terzioğlu	-
-	Sinem Gülşen	-

### Düzenleme Kurulu Sekreteryası / Organizing Committee Secretariat

Lect.	Umut Saray	Tokat Gaziosmanpaşa University
Lect.	Tolga Yücehan	Afyon Kocatepe University
Lect.	Süheyla Biriz Duman	Tokat Gaziosmanpaşa University



## BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES

PhD. Uğur Çavdar	İzmir Demokrasi University
PhD. Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz
PhD. Fateh Mebarek Qudina	University of 20th August 1955 Skikda
PhD. Mahir Dursun	Gazi University
PhD.. Ali Öztürk	Düzce University
PhD.. İbrahim Uzun	Kırıkkale University
PhD.. Bülent Kurt	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Hakan Fehmi Öztıp	Fırat University
PhD. Bilge Hilal Çadırcı	Gaziosmanpaşa University
PhD. Vitaly Koshevyy	Odessa National Maritime Academy
PhD. Resul Kara	Düzce University
PhD. Serhii Kravchuk	National Technical University of Ukraine
PhD. Márcio R. C. Reis	Federal Institute of Goias
PhD. Doru Vatau	University Politehnica Timisoara
PhD. Igor Nevliudov	Kharkiv National University of Radioelectronics
PhD. Yuriy Danyk	National Defense University of Ukraine
PhD. Erkan Afacan	Gazi University
PhD. Aşkıner Güngör	Pamukkale University
PhD. Cengiz Taplamacıoğlu	Gazi University
PhD. Necmi Taşpınar	Erciyes University
PhD. Mevlida Operta	University of Sarajevo
PhD. Sevgi Soylu Koyuncu	Ondokuz Mayıs University
PhD. Öznur Gölbaşı	Cumhuriyet University
PhD. Cem Cüneyt Ersanlı	Sinop University
PhD. Nacima Memic	University of Sarajevo
PhD. Salim A. Messaoudi	King Fahd University of Petroleum and Minerals
PhD. Yousef Nazzal	Zayed University
PhD. Remzi Tuntaş	Van Yüzüncü Yıl University
PhD. Alexey Babushkin	Ural Federal University
PhD. Zehra Küçükbay	İnönü University
PhD. Selma Corbo	University of Sarajevo
PhD. Sabahudin Bajramovic	University of Sarajevo
PhD. Halil İbrahim Oğuz	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Fatih Taşpınar	Düzce University
PhD. İsa Navruz	Ankara University
PhD. Cahit Bilim	Mersin University
PhD. Sibel Güneş	Erciyes University
PhD. Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD. Ahmet Fenercioğlu	Gaziosmanpaşa University
PhD. Jasna Avdic	University of Sarajevo
PhD. Ayhan İstanbullu	Balıkesir University
PhD. Caner Aküner	Marmara University
PhD. Oktay Erdoğan	Pamukkale University
PhD. Michal Vary	Slovak University of Technology
PhD. Özlem Ulukut Çoşkun	Süleyman Demirel University
PhD. Nursel Akçam	Gazi University
PhD. Recep Ekici	Erciyes University
PhD. Suat Sarıdemir	Düzce University



PhD. Fuad Okay	Kocaeli University
PhD. Fatih Polat	Gaziosmanpaşa University
PhD. Serpil Halıcı	Pamukkale University
PhD. Elif Tezel Ersanlı	Sinop University
PhD. Kadriye Yaman	Anadolu University
PhD. Eduard Zharikov	National Technical University of Ukraine
PhD. Sameh Hadouaj	University of Carthage
PhD. Bilal Şenol	İnönü University
PhD. Halil Arslan	Cumhuriyet University
PhD. Utku Köse	Süleyman Demirel University
PhD. Osman Gökdoğan	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Mehmet Güçyetmez	Ahi Evran University
PhD. Salih Tosun	Düzce University
PhD. Feyza Gürbüz	Erciyes University
PhD. Güllü Kırat	Bozok University
PhD. Oğuz Erdem	Ahi Evran University
PhD. Selda Kayral	Celal Bayar University
PhD. Ali Yıldız	Bozok University
PhD. Aslıhan Tırnakçı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Esra Özhancı	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Meliha Aklıbaşında	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Seval Cömertler	Uşak University
PhD. Nihan Kaya	Hitit University
PhD. Cem Emeksiz	Gaziosmanpaşa University
PhD. Hasan Polat	Fırat University
PhD. Soner Buytoz	Fırat University
PhD. Serdar Mercan	Cumhuriyet University
PhD. Praveen Kumar	Nss College of Engineering
PhD. Emre Kıyak	Anadolu University
PhD. Mustafa Eker	Gaziosmanpaşa University
PhD. Özer Özdemir	Anadolu University
PhD. Mehmet Şenol	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University
PhD. Tülay Yağmur	Aksaray University
PhD. İlhami Karataş	Gaziosmanpaşa University
PhD. Fethi Dağdelen	Fırat University
PhD. Güngör Çağdaş Dinçel	Aksaray University
PhD. Serkan Yıldırım	Atatürk University
PhD. Meriç Lütfi Avsever	Aksaray University
PhD. Bekir Tuncer	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Haşim Kafalı	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Gökdeniz Erkan	Muğla Sıtkı Koçman University
PhD. Özlem Toprak	Gaziosmanpaşa University
PhD. Adem Gölcük	Selçuk University
PhD. İneyet Burcu Toprak	Akdeniz University
PhD. Yılmaz Güven	Kırklareli University
PhD. Nafel Doğdu	Akdeniz University
PhD. Olena Osharovska	Odessa National Academy
PhD. Mariia Skulysh	Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
PhD. Selçuk Arık	Gaziosmanpaşa University
PhD. Canan Başlak	Selçuk University



PhD. İshak Afşin Kariper	Erciyes University
PhD. Sevgi Ünal	Bartın University
PhD. Ahmad Bin Yussuf	University of Malaya
PhD. Asuman Duru	Uşak University
PhD. Yusuf Sert	Bozok University
PhD. Abdullah Elen	Karabük University
PhD. Gökçe Nur Yılmaz	Kırıkkale University
PhD. Muradiye Karasu Ayata	Ahi Evran University
PhD. Derya Öğüt Yavuz	Uşak University
PhD. Nurcan Çalış Açıkbaş	Bilecik Şeyh Edebali University
PhD. Gökhan Açıkbaş	Bilecik Şeyh Edebali University
PhD. Ayşen Melda Çolak	Uşak University
PhD. Nurdoğan Topal	Uşak University
PhD. Emre Avuçlu	Aksaray University
PhD. Cem Boğa	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
PhD. Havva Dinler	Uşak University
PhD. Burcu Begüm Kenanoğlu	Uşak University
PhD. Esin Hande Bayrak Işık	Gaziosmanpaşa University
PhD. Özgür Demir	Muş Alparslan University
PhD. Doğan Erdemir	Erciyes University
PhD. Ali Özer	Cumhuriyet University
PhD. Ahmet Coşkun	Süleyman Demirel University
PhD. Çiğdem Gündoğan Türker	İstanbul Gedik University
PhD. Alperen Şahinoğlu	İstanbul Esenyurt University
PhD. Semih Taşkaya	Fırat University
PhD. Serdar Özyön	Kütahya Dumlupınar University
PhD. Feriha Erfan Kuyumcu	Gedik University
PhD. Tuğbahar Yılmaz Alıç	Selçuk University
PhD. İlhan Çelik	Samsun University
PhD. Gökhan Özer	Fatih Sultan Mehmet University
PhD. Mustafa Safa Yılmaz	Fatih Sultan Mehmet University
PhD. Asım Gökhan Yetkin	Kütahya Dumlupınar University
PhD. Mehmet Murat Tezcan	Kütahya Dumlupınar University
PhD. Seda Bice Ataklı	Gaziosmanpaşa University
PhD. Pınar Sarı Çavdar	İzmir Demokrasi University



# KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE

## ORAL PRESENTATION

07 November 2019 - Thursday

### Opening Speech

Time	Company	Speaker
10:00 - 10:15	TURKISH AIRCRAFT INDUSTRIES CORPORATION (TUSAŞ)	Scientific and Technological Collaboration Chief - PhD. Onur Jane
10:15 - 10:30	SANKO HOLDING	Research and Development Unit Chief - Seval Ayata Konukoğlu

### Session 1

<b>Hall Name:</b>	Meeting Hall 1	<b>Meeting Hall Chairman :</b>	PhD. İlhan Çelik
		<b>Meeting Hall Vice-Chairman:</b>	Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	ROLE AND IMPORTANCE OF TTOS IN TECHNOLOGY TRANSFER	İlhan Çelik	İlhan Çelik	İlhan Çelik
10:45 - 11:00	EFFECT OF THIN METAL BAR REINFORCEMENT ON JOINT DAMAGE LOAD IN ADHESIVELY BONDED JOINTS	Kübra Demir, Salih Akpınar	Salih Akpınar	Salih Akpınar
11:00 - 11:15	INVESTIGATION OF IMPACT RESISTANCE OF CESTAMIDE MATERIAL BELOW PURE WATER AND EXCESS SALT WATER	Cüneyd Demir, Mustafa Bozdemir	Cüneyd Demir	Mustafa Bozdemir
11:15 - 11:30	SOLAR HYDROGEN PRODUCTION WITH COPPER-LANTHANIDE CO-DOPED TiO <sub>2</sub> PHOTOCATALYSTS	Hüsnü Arda Yurtsever, Muhsin Çiftçiöğlü	Hüsnü Arda Yurtsever	Hüsnü Arda Yurtsever
11:30 - 11:45	ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC COMPARISONS OF COAL AND NATURAL GAS POWER PLANTS WITH RETSCREEN PROGRAM	Tuğba Güler Günaydın Tanç, Hüseyin Turan Arat, Bahattin Tanç	Hüseyin Turan Arat	Bahattin Tanç
11:45 - 12:00	INVESTIGATION OF IONOSPHERIC VARIATION CAUSED BY MODERATE MAGNETIC STORM USING GNSS MEASUREMENTS	Samed İnyurt	Samed İnyurt	Samed İnyurt
12:00 - 12:15	CHANGES IN WATER QUALITY DUE TO GLOBAL WARMING AND THEIR POSSIBLE EFFECTS ON FISH PRODUCTION: THE CASE OF ALMUS DAM LAKE	Fatih Polat, Celal Altıntaş	Celal Altıntaş	Celal Altıntaş

### Session 2 - Invited Speakers

<b>Hall Name:</b>	Meeting Hall 2	<b>Meeting Hall Chairman :</b>	PhD. Uğur Çavdar
		<b>Meeting Hall Vice-Chairman:</b>	Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Presenter	Country
10:30 - 10:45	FUTURE RENEWABLE ENERGY INTEGRATION AND IOT APPLICATIONS IN SMART GRIDS	Abdurrahman Shuaibu Hassan, Yanxia Sun, Zenghui Wang	Abdurrahman Shuaibu Hassan	South Africa
10:45 - 11:00	ON FARM VALIDATION OF AGRICULTURAL INNOVATIONS FOR SUPPORTING DURUM WHEAT EXTENSION PACKAGE FORMULATION IN ETHIOPIA	Aklilu Nigussie, Abdu Mohammed, Wasihun Legese, Rehima Musema	Aklilu Nigussie	Ethiopia
11:00 - 11:15	HYDROTHERMAL ALTERATION ASSEMBLAGES AROUND DUTSEN DANBAKOSHI, NORTHWESTERN NIGERIA; INSIGHTS FROM MULTI-FRACTAL ANALYSIS OF MEASURED THRESHOLDS FOR MINERAL EXPLORATION.	Amuda, A.K, Andongma, W.T., S Alau S.L, Gajere, J.N., Agunleti, Y.S	Amuda, A.K	Nigeria



11:15 - 11:30	VISCOSITY IS AN INDISPENSABLE TOOL TO DETERMINE STANDARD LUBRICANTS	Atiku F. A, Sani M. B, Adiya ZISG, Yusuf A.A, Abdulrahman H.S, Sharif S.N, Nasier A, Makeri A.Y	Atiku F. A	Uganda
11:30 - 11:45	ON THE USE OF EMOTIONAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (EANN) AND CLASSIFICATION AND REGRESSION TREE TECHNIQUE (CART) MODELS FOR ESTIMATING OF MINIMUM AND MAXIMUM AIR TEMPERATURE IN SELECTED SEMI-ARID STATIONS OF IRAN	Nasrin Fathollahzadeh Attar, Keivan Khalili, Javad Behmanesh	Keivan Khalili	Iran
11:45 - 12:00	SELECTION OF SUPPLIERS WITH FUZZIES AHP METHOD: APPLICATION ON A TEXTILE CHEMICALS FACTORY IN GAZIANTEP	Pelin Kanişlı, Aminu Muhammad Fagge	Pelin Kanişlı	Turkey

### Session 3

**Hall Name:** Meeting Hall 5

**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	THE BENDING ELASTICITY MODULE OF WOOD LAMINATED MATERIALS REINFORCED WITH GLASS FIBER POLYMER	Abdurrahman Karaman, Mehmet Nuri Yıldırım	Abdurrahman Karaman	Mehmet Nuri Yıldırım
10:45 - 11:00	GELENEKSEL SAFRANBOLU TARIHI KONAKLARIN YEŞİL BINA KAPSAMINDA ARAŞTIRILMASINDA ULUSLARARASI LEED DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN KULLANILMASI: KARABÜK SAFRANBOLU KAYMAKAMLAR KONAĞI ÖRNEĞİ	Mehmet Nuri Yıldırım, Abdurrahman Karaman, Mehmet Aygün	Abdurrahman Karaman	Mehmet Nuri Yıldırım
11:00 - 11:15	MODELING OF TRIANGLE WAVE GENERATING OSCILLATOR CIRCUITS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş
11:15 - 11:30	ESTIMATING OF TRANSFER FUNCTION MODELS WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR A BOOST CONVERTER CIRCUIT	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş
11:30 - 11:45	DESIGN OF AN INTEGRATOR CIRCUIT WITH ANFIS BASED MODELING TECHNIQUE	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş	Remzi Tuntaş
11:45 - 12:00	MANAGEMENT OF RAIN WATER IN CAMPUS	Can Hançer, İlder Türkdoğan	Can Hançer	Can Hançer

Lunch

### Session 4

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Pınar Sarı Çavdar  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Erdem Kanişlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	AUTONOMOUS MODEL AIRPLANE SUPPORTED BY SOLAR CELLS	Cüneyd Demir	Cüneyd Demir	Cüneyd Demir
13:15 - 13:30	COST STUDY OF MICROGRID APPLICATION IN TURKEY	Mehmet Emrah Şeker, Ahmet Karaarslan	Mehmet Emrah Şeker	Mehmet Emrah Şeker
13:30 - 13:45	DIODE PRODUCTION BY EVAPORATING SILVER WITH COLD SUBSTRATE METHOD ON ZINC OXIDE THIN FILMS AND CHARACTERIZATION	Melih Manır, Muhammet Mando, Vagif Nevruzoğlu	Melih Manır	Melih Manır
13:45 - 14:00	EVALUATION OF MARINE ACCIDENTS INVOLVING BULK CARRIER AND GENERAL CARGO VESSELS	Ahmet Lutfi Tunçel, Vahit Çalışır, Ercan Yüksekıldız	Ahmet Lutfi Tunçel	Ahmet Lutfi Tunçel
14:00 - 14:15	ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF A BULK CARRIER SHIP IN ACCORDANCE WITH INTERNATIONAL REGULATIONS	Berna Kanberoğlu, Görkem Kökkülünk	Berna Kanberoğlu	Berna Kanberoğlu

### Session 5 - Invited Speakers

**Hall Name:** Meeting Hall 2

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Uğur Çavdar



Meeting Hall Vice-Chairman:

Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF CYBERSECURITY BENEFITS, CHALLENGES, AND PROSPECT IN A DEVELOPING ECONOMY, AFRICA	Yakubu Ajiji Makeri, Chinecherem Umezuruike, Habiba Njeri Ngugi, Abdurrahman Shuaibu Hassan	Yakubu Ajiji Makeri	Uganda
13:15 - 13:30	ULTRASONICATION AS AN EMERGING TECHNIQUE FOR THE FOOD INDUSTRIES	Rana Muhammad Aadil	Rana Muhammad Aadil	Pakistan
13:30 - 13:45	NUMERICAL SIMULATION OF CAVITATION PHENOMENON ON OGEE SPILLWAY	Rasoul Daneshfaraz, Reza Norouzi	Rasoul Daneshfaraz	Iran
13:45 - 14:00	REGULATING CARBON FOOTPRINT THROUGH CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM	Ronald Sanya, Tajudeen Sanni, Abubakar Atiku	Ronald Sanya	Uganda

Session 6

Hall Name: Meeting Hall 5

Meeting Hall Chairman : Lect. Tolga Yücehan  
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	SIMULATION OF OPTIMAL ROBOT PATH PLANNING WITH RANDOM INERTIA WEIGHTED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION	Mehmet Fatih Tefek	Mehmet Fatih Tefek	Mehmet Fatih Tefek
13:15 - 13:30	YAPAY SINIR AĞLARI KULLANARAK BINA İÇİ WIFI SINYALLERLE KONUM BULMA	Umran Şeker, Abdullah Erdal Tümer	Umran Şeker	Abdullah Erdal Tümer
13:30 - 13:45	FPAA BASED DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SPROTT N CHAOTIC SYSTEM	Serdar Çiçek	Serdar Çiçek	Serdar Çiçek
13:45 - 14:00	GEOTEXTILES AND USAGE AREAS	Asım Davulcu, Şerife Erdoğan, Utkay Dönmez, Hatay Çöçen	Asım Davulcu	Asım Davulcu
14:00 - 14:15	INVESTIGATION THE EFFECT OF SOFTENERS ON VAPOR PERMEABILITY OF WOOL FABRICS	Asım Davulcu, Tümay Yulet Nur	Asım Davulcu	Asım Davulcu

Coffee Break

Session 7

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Ph.D. İlhan Çelik  
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	ELECTROCHEMICAL PROPERTIES, MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL BEHAVIORS OF COPPER-CHROMIUM-ZIRCONIUM ALLOYS	İlhan Çelik	İlhan Çelik	İlhan Çelik
14:45 - 15:00	EFFECTS OF DIFFERENT SURFACE MODIFICATION METHODS ON MECHANICAL AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF Ti-6AL-4V ALLOY	İlhan Çelik	İlhan Çelik	İlhan Çelik
15:00 - 15:15	THE EFFECT OF FIBER REINFORCED COMPOSITE ADHESIVE ON FAILURE LOAD IN SINGLE-LAP JOINT	Kübra Demir, Esmâ Gavgalı, Salih Akpınar	Salih Akpınar	Salih Akpınar
15:15 - 15:30	MECANUM WHEEL DESIGN AND MANUFACTURE FOR A MODEL UGV	Cüneyd Demir	Cüneyd Demir	Cüneyd Demir
15:30 - 15:45	INVESTIGATING SPRINGBACK BEHAVIOR OF ALUMINUM ALLOY SHEET METAL BY USING ALTERNATIVE TESTING METHOD	Elif Malyer	Elif Malyer	Elif Malyer





**Session 8**

**Hall Name:** Meeting Hall 5

**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan

**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	EVALUATION OF BIOCHAR APPLICATIONS IN THE SOIL IN TERMS OF CARBON SEQUESTRATION	Ahmet Duyar, Yasin Dönmez	Ahmet Duyar	Yasin Dönmez
14:45 - 15:00	FOREST FIRE PROTECTION MEASURES IN BARTIN REGION	Mertol Ertuğrul, Tuğrul Varol	Mertol Ertuğrul	Mertol Ertuğrul
15:00 - 15:15	FOREST FIRE IN KARABÜK CHANGES OVER THE YEARS	Mertol Ertuğrul	Mertol Ertuğrul	Mertol Ertuğrul
15:15 - 15:30	SOIL INDEX PROPERTIES AND BEARING CAPACITY OF SOIL ON FOREST ROADS	Tuğrul Varol, Mertol Ertuğrul	Tuğrul Varol	Tuğrul Varol
15:30 - 15:45	THE CONCEPT OF URBAN FORESTRY AND SAFRANBOLU URBAN FOREST INVESTIGATION OF RECREATIONAL OPPORTUNITIES	Yasin Dönmez, Ahmet Duyar	Yasin Dönmez	Ahmet Duyar

Coffee Break

**Session 9**

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Uğur Çavdar

**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	AN APPLICATION OF RESPONSE SURFACE METHODOLOGY ON OPTIMIZATION OF A (Q,S) INVENTORY SYSTEM	Esra Ekinci, Semra Tunalı	Esra Ekinci	Esra Ekinci
16:15 - 16:30	ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE MAKSİMUM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ	Berrin Atalay, M. Duran Toksarı	M. Duran Toksarı	Berrin Atalay
16:30 - 16:45	AIRJET İPLİK MAKİNELERİ ÜRETİM DEĞİŞKENLERİ OPTİMİZASYONU VE İPLİK KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GAZİANTEP ÖRNEĞİ	Cansu Batçık, Mevhibe Oya Çetik	Mevhibe Oya Çetik	Cansu Batçık
16:45 - 17:00	MODELING AND SOLVING MULTIPLE VEHICLE TRAVELING PURCHASER PROBLEM WITH CAPACITY CONSTRAINT	Selin Çabuk	Selin Çabuk	Selin Çabuk
17:00 - 17:15	ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE TOPLAM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ	Berrin Atalay, M. Duran Toksarı	M. Duran Toksarı	Berrin Atalay
17:15 - 17:30	EVALUATION OF WATER QUALITY IN THE DOĞANCI DAM RESERVOIR BY PCA	Feza Karaer, Ayşe Kurt	Feza Karaer	Feza Karaer
17:30 - 17:45	IMPROVEMENT OF CONDUCTIVE TEXTILE SURFACES AND IMPROVEMENT OF PHYSICAL PERFORMANCE	Erhan Sancak, Seval Ayata Konukoğlu	Seval Ayata Konukoğlu	Seval Ayata Konukoğlu

**Session 10**

**Hall Name:** Meeting Hall 5

**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan

**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	A RESEARCH ON POSSIBILITIES OF BORON USE IN FOOD INDUSTRY	Bekir Güney, Süleyman Gökmen	Bekir Güney	Süleyman Gökmen
16:15 - 16:30	DIETARY SUPPLEMENT: ISSUE OF SAFETY AND	Gülçin Yıldız, Gülşen Bayat,	Gülçin Yıldız	Gülçin Yıldız





	EFFECTIVENESS	Gökçen İzli		
16:30 - 16:45	ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLIC CONTENT OF PEPINO SLICES DRIED WITH DIFFERENT METHODS	Gülçin Yıldız, Şenel Ecem Berk, Gökçen İzli	Gökçen İzli	Gülçin Yıldız
16:45 - 17:00	ASSEMBLY LINE BALANCING IN A TRACTOR PRODUCING COMPANY WITH RANKED POSITIONAL WEIGHTED METHOD AND COMSOAL METHOD	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya
17:00 - 17:15	IMPROVEMENT OF MOLD CHANGE TIMES WITH SMED METHODOLOGY IN AN ALUMINUM MANUFACTURING COMPANY	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya
17:15 - 17:30	DEMAND FORECASTING WITH MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN A TIRE FACTORY	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya	Seher Arslankaya
17:30 - 17:45	MODELLING PREVENTIVE MAINTENANCE POLICY FOR DISASSEMBLY LINES	Ömer Faruk Yılmaz	Ömer Faruk Yılmaz	Ömer Faruk Yılmaz
17:45 - 18:00	DISASSEMBLY LINE BALANCING PROBLEM: A REVIEW ABOUT INDUSTRY .0	Seda Hezer, Yakup Kara	Seda Hezer	Seda Hezer
18:00 - 18:15	CLASSIFICATION OF MORPHOLOGICAL IRIS PROPERTIES USING NAIVE BAYES CLASSIFIER	Emre Avuçlu, Abdullah Elen	Abdullah Elen	Abdullah Elen

**08 November 2019 - Friday**

**Session 11**

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Asuman Arslan Duru

**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	ENSILING POSSIBILITIES OF SOME PLANT SPECIES IN UŞAK PROVINCE NATURAL VEGETATION	Asuman Arslan Duru, İbrahim Bulduk, Ercüment Osman Sarıhan	Asuman Arslan Duru	Asuman Arslan Duru
10:45 - 11:00	INVESTIGATION OF IMMOBILIZATION PROCESS OF SCREEN PRINTED CARBON ELECTRODE FOR AN ADVANCED BIOSENSOR: A DETAILED CHARACTERIZATION	Yücel Koç, Uğur Moralı, Salim Erol, Hüseyin Avcı	Huseyin Avcı	Yucel Koc
11:00 - 11:15	BIOACTIVE GLASS COATINGS VIA SOL-GEL METHOD	Lale Civan, Macid Nurbaş	Lale Civan	Lale Civan
11:15 - 11:30	GELATION BEHAVIOUR AND BIOCOMPATIBILITY OF TIO <sub>2</sub> AND CEO <sub>2</sub> INCORPORATED CHITOSAN SOLUTIONS	Merve Çapkın Yurtsever	Merve Çapkın Yurtsever	Merve Çapkın Yurtsever
11:30 - 11:45	SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC ACTIVATED CARBON USING ACTIVATED CARBON PREPARED FROM BINARY MIXTURE	Ramazan Orhan, Hasan Arslanoğlu	Ramazan Orhan	Ramazan Orhan
11:45 - 12:00	REMOVAL OF ACID BROWN 349 DYES BY FENTON OXIDATION METHOD	Tüba Berberoğlu, Macid Nurbaş	Tüba Berberoğlu	Macid Nurbaş

**Session 12**

**Hall Name:** Meeting Hall 5

**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan

**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	PROPERTIES OF AIRCRAFT BRAKING SYSTEMS	Bekir Güney	Bekir Güney	Bekir Güney
10:45 - 11:00	WORK STUDY AND SIMULATION FOR CAPACITY INCREASING IN AN AUTOMOTIVE COMPANY	Tülay Korkusuz Polat, Betül Palabıyıköğlü	Tülay Korkusuz Polat	Tülay Korkusuz Polat
11:00 - 11:15	PROCESS IMPROVEMENT IN A TRACTOR COMPANY	Tülay Korkusuz Polat, Büşra Güngör	Tülay Korkusuz Polat	Tülay Korkusuz Polat
11:15 - 11:30	YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ KAPASİTE KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNDEKİ SONUÇLARININ YAPAY SINIR AĞI İLE TAHMİN EDİLMESİ	Dursun Ekmekci, Abdullah Elen	Abdullah Elen	Abdullah Elen



11:30 - 11:45	MOBILE ROBOT DESIGN FOR USE IN A MAP-BASED NAVIGATION APPLICATION WITH VISUAL TECHNIQUES IN MOBILE ROBOTS	Ebubekir Yaşar, Mustafa Tufan Altunok	Mustafa Tufan Altunok	Mustafa Tufan Altunok
---------------	---	---------------------------------------	-----------------------	-----------------------

Lunch

Session 13

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Ph.D. Uğur Çavdar  
Meeting Hall Vice-Chairman: Bahar Terzioğlu

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	FAILURE MODES, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS FOR SATELLITE SYSTEMS	Nazım Yaman, Sinan Kaya, Mustafa Burunkaya	Nazım Yaman	Nazım Yaman
13:15 - 13:30	THE BEHAVIOUR OF CONCRETE CONFINED BY CFRP OR GFRP	Handan Adıbelli, İsmail Ünal	Handan Adıbelli	Handan Adıbelli
13:30 - 13:45	EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF REPAIR AND STRENGTHENING METHODS WITH CFRP IN REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH BENDING BEHAVIOR	İbrahim Hakkı Erkan, Ceyhan Aksoyly, Salah Alshlash , Musa Hakan Arslan	İbrahim Hakkı Erkan	Salah Alshlash
13:45 - 14:00	A RESEARCH ON SPATIAL USE IN HISTORICAL ENVIRONMENTS	Sevgi Öztürk, Öznur Işınkaralar	Öznur Işınkaralar	Sevgi Öztürk
14:00 - 14:15	EUTROPHICATION AND ECONOMIC IMPACT: A CASE STUDY ON ALMUS DAM LAKE	Fatih Polat, Celal Altıntaş	Celal Altıntaş	Celal Altıntaş

Session 14

Hall Name: Meeting Hall 5

Meeting Hall Chairman : Lect. Tolga Yücehan  
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	MULTI-VERSE OPTIMIZATION OF INJECTION MOLDING PROCESS FOR REINFORCED POLYKETONE UNDER RESIDUAL STRESS DISTRIBUTION	Fuat Tan	Fuat Tan	Fuat Tan
13:15 - 13:30	THE EFFECT OF TEMPERATURE AND DIE ANGLE ON SPRINGBACK IN DP800 SHEET MATERIAL	Kadir Aydın, Mehmet Okan Kabakçı, İbrahim Karaağaç	Kadir Aydın	Kadir Aydın
13:30 - 13:45	THE EFFECT OF FORMING BY LOCAL HEATING ON MICROSTRUCTURE OF DP800 SHEET MATERIAL	Kadir Aydın, Mehmet Okan Kabakçı, İbrahim Karaağaç	Kadir Aydın	Kadir Aydın
13:45 - 14:00	INCONEL78 MATERIAL PRODUCTION BY LASER MELTING AND SINTERING	Kadir Aydın	Kadir Aydın	Kadir Aydın
14:00 - 14:15	INVESTIGATING TAILGATE HINGE SIMULATION PARAMETERS FOR CORRELATION BETWEEN SIMULATION AND EXPERIMENTAL TEST RESULTS OF UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE REGULATION	Onur Erol, Hande Güler Özgül	Onur Erol	Onur Erol

Coffee Break

Session 15

Hall Name: Meeting Hall 1

Meeting Hall Chairman : Ph.D. Pınar Sarı Çavdar  
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
------	----------------	---------	----------------------	-----------



14:30 - 14:45	REPAIR AND STRENGTHENING OF PRE-DAMAGED SHEAR BEAMS USING CFRP	Salah Alshlash , Ceyhan Aksoylu, İbrahim Hakkı Erkan , Musa Hakan Arslan	İbrahim Hakkı Erkan	Salah Alshlash
14:45 - 15:00	EVALUATION OF URBAN SPACE IN THE FRAMEWORK OF BARRIER-FREE SPACE CRITERIA	Sevgi Öztürk, Öznur Işınkaralar	Öznur Işınkaralar	Sevgi Öztürk
15:00 - 15:15	MODELING OF WAVE EXPOSURE FORTYPOLOGY OF COASTAL AND TRANSITIONAL WATER BODIES	Eray Eser, Lale Balas	Lale Balas	Eray Eser
15:15 - 15:30	DOMESTIC WASTEWATER DISCHARGES : KAŞ DISTRICT	Hakan Aydoğan, Sinan Altın	Sinan Altın	Hakan Aydoğan
15:30 - 15:45	THE EFFECTS OF HATCH DISTANCE ON THE THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALSIOMG PARTS IN DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS) METHOD	Mustafa Safa Yılmaz, Gökhan Özer, Zafer Çağatay Öter, Gürkan Tarakçı, Mert Coşkun, Ebubekir Koç, Ünal Uysal	Mustafa Safa Yılmaz	Mustafa Safa Yılmaz

Coffee Break

**Session 16**

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Doğan Bozdoğan  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	REPAIR / STRENGTHENING OF PRE-DAMED REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH INSUFFICIENT SHEAR CAPACITY USING "MECHANICAL STITCHES"	Salah Alshlash , Ceyhan Aksoylu, İbrahim Hakkı Erkan , Musa Hakan Arslan	İbrahim Hakkı Erkan	Salah Alshlash
16:15 - 16:30	SPATIAL ACCESSIBILITY IN EDUCATIONAL FACILITIES: THE CASE OF KASTAMONU	Sevgi Öztürk, Öznur Işınkaralar, Dilara Yılmaz	Öznur Işınkaralar	Sevgi Öztürk
16:30 - 16:45	ÜNİVERSİTELER İLE ORTAK GERÇEKLEŞTİRİLEN BULUŞLAR VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU	Esra Güler	Esra Güler	Esra Güler
16:45 - 17:00	SUSTAINABILITY IN SMART CITIES: LOCAL MATERIALS AS A TOOL FOR DESIGN AND CONSTRUCTION	Mücella Ateş	Mücella Ateş	Mücella Ateş
17:00 - 17:15	SOFTWARE TESTING STRATEGY	M Akçay, Melike Takıl	M Akçay	M Akçay
17:15 - 17:30	USING CLOUD SYSTEMS IN EDUCATION	M Akçay, Berna Ataş Akçay	M Akçay	M Akçay

**09 November 2019 - Saturday**

**Session 17**

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Doğan Bozdoğan  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Bahar Terzioğlu

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	A SHALLOW AND RELIABLE INDICATOR FOR DEEP OIL AND GAS ACCUMULATIONS IN THE SUBSURFACE: METALLIC ORE DEPOSITS	Adil Ozdemir, Yildiray Palabiyik	Adil Ozdemir	Adil Ozdemir
10:45 - 11:00	A NEW APPROACH TO SOURCE ROCK OCCURRENCE: THE RELATIONSHIPS BETWEEN PETROLEUM SOURCE ROCK, OPHIOLITES, MANTLE PLUME, AND MASS EXTINCTION	Adil Ozdemir, Yildiray Palabiyik	Adil Ozdemir	Adil Ozdemir
11:00 - 11:15	AN EXAMPLE OF GEOLOGICAL STRUCTURES WHOSE NATURAL SHAPE HAS BEEN DESTROYED: THE AKHÜYÜK (EREĞLİ) TRAVERTINE	Yaşar Eren	Yaşar Eren	Yaşar Eren
11:15 - 11:30	THE IMPORTANCE OF AYHAN (HACİBEKTAŞ-NEVŞEHİR) DISTRICT IN TERMS OF GEOLOGICAL HERITAGE	Yaşar Eren, Ramazan Demircioğlu	Yaşar Eren	Yaşar Eren
11:30 - 11:45	ALTINAPA STROMATOLITES AND ONCOLITES: AN EXAMPLE OF GEOLOGICAL HERITAGE IN THE NEAR WEST OF KONYA	Şeyda Parlar, Yaşar Eren	Şeyda Parlar	Şeyda Parlar



11:45 - 12:00	KÜÇÜKMUHSINE FAIRY CHIMNEYS: AN UNDISCOVERED GEOLOGICAL NATURAL MONUMENT IN KONYA REGION	Şeyda Parlar, Yaşar Eren	Şeyda Parlar	Şeyda Parlar
---------------	--	--------------------------	--------------	--------------

**Session 18**

<b>Hall Name:</b>	Meeting Hall 5	<b>Meeting Hall Chairman :</b>	Öğr. Gör. Tolga Yücehan
		<b>Meeting Hall Vice-Chairman:</b>	Öğr. Gör. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	COMPARATIVE OF TURKEY AND WORLD DISASTER MANagements	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan
10:45 - 11:00	ESTIMATION OF FLOOD VALUES BY SYNTHETIC METHODS	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan
11:00 - 11:15	EVALUATION OF TURKEY DISASTER INTERVENTION PLAN	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan	Naci Büyükkaracıgan
11:15 - 11:30	OPTIMIZATION OF PLASMA SPRAY PARAMETERS OF AL-O-TIO COATINGS USING DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM	Savaş Öztürk, Fatih Sargin, Kürşat Kanbur	Savaş Öztürk	Fatih Sargin
11:30 - 11:45	OPTIMIZATION OF PRODUCTION PARAMETERS OF VN THIN FILMS USING DIFFERENTIAL EVALUATION AND NELDER-MEAD ALGORITHMS	Savaş Öztürk, Kürşat Kanbur, Fatih Sargin	Savaş Öztürk	Kürşat Kanbur
11:45 - 12:00	EFFECT OF PRODUCTION PARAMETERS OF WC-COCR COATINGS WITH HVOF SYSTEM	Savaş Öztürk, Fatih Sargin, Kürşat Kanbur	Savaş Öztürk	Fatih Sargin

Lunch

**Session 19**

<b>Hall Name:</b>	Meeting Hall 1	<b>Meeting Hall Chairman :</b>	PhD. Serdar Özyön
		<b>Meeting Hall Vice-Chairman:</b>	Lect. Umut Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	STATE ESTIMATION WITH A TWO-STAGE ROBUST METHOD IN POWER SYSTEM	Cenk Andiç, Ali Öztürk, Salih Tosun	Cenk Andiç	Cenk Andiç
13:15 - 13:30	PARAMETRIC FEM INVESTIGATION OF LOCATION ADAPTIVE FIELD FREE REGION FOR TARGETED MAGNETIC HYPERTHERMIA APPLICATIONS	Serhat Küçükdermenci	Serhat Küçükdermenci	Serhat Küçükdermenci
13:30 - 13:45	THE ESTIMATION OF BESSEL TYPE LOW-PASS ACTIVE FILTER PARAMETERS WITH CHARGED SYSTEM SEARCH ALGORITHM	Bahadır Hiçdurmaz, Fırat Ertaç Durak, Serdar Özyön	Serdar Özyön	Serdar Özyön
13:45 - 14:00	PERFORMANCE ANALYSIS OF INNER ROTOR AND OUTER ROTOR PMSMS FOR ELECTRIC VEHICLE TRACTION SYSTEMS	M. Murat Tezcan	M. Murat Tezcan	M. Murat Tezcan
14:00 - 14:15	ECONOMIC AND TECHNICAL INVESTIGATION OF THE APPLICABILITY OF A HYBRID ENERGY SYSTEM WITH A GRID ON DIFFERENT STORAGE UNITS	Zafer Öztürk, Salih Tosun, Ali Öztürk, Sedat Ersöz	Zafer Öztürk	Zafer Öztürk

Coffee Break

**Session 20**

<b>Hall Name:</b>	Meeting Hall 1	<b>Meeting Hall Chairman :</b>	PhD. Salih Tosun
		<b>Meeting Hall Vice-Chairman:</b>	Pelin Kanişlı



Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	THE DESIGN OF BESSEL TYPE HIGH-PASS ACTIVE FILTER WITH CHARGED SYSTEM SEARCH ALGORITHM	Fırat Ertaç Durak, Bahadır Hiçdurmaz, Serdar Özyön	Serdar Özyön	Serdar Özyön
14:45 - 15:00	BIG DATA IN SMART CITIES	Murat Dener	Murat Dener	Murat Dener
15:00 - 15:15	A SOLUTION TO ECONOMIC LOAD DISPATCH PROBLEM WITH VALVE-POINT EFFECTS USING CROW SEARCH ALGORITHM	Cenk Andiç, Ali Öztürk, Salih Tosun	Cenk Andiç	Cenk Andiç
15:15 - 15:30	HEDEFLEMELİ MANYETİK HIPERTERMI İÇİN KARMA YÖNTEMLE OLUŞTURULAN ALANSIZ BÖLGENİN FEM SIMULASYONU	Serhat Küçükdermenci	Serhat Küçükdermenci	Serhat Küçükdermenci
15:30 - 15:45	DÜZCE UNIVERSITY HYBRID ENERGY SYSTEM MODELING WITH HOMER, ECONOMIC AND TECHNICAL ANALYSIS OF THE SYSTEM	Zafer Öztürk, Salih Tosun, Ali Öztürk	Zafer Öztürk	Zafer Öztürk

Coffee Break

### Session 21

**Hall Name:** Meeting Hall 1

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Doğan Bozdoğan  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	TRACEABILITY IN POULTRY MEAT PRODUCTION	Engin Yaralı	Engin Yaralı	Engin Yaralı
16:15 - 16:30	A SYSTEM THAT INCREASE SHELF LIFE OF BEER: HOT WATER JET	Kutay Çikoğlu, Emre Özkurt	Kutay Çikoğlu	Kutay Çikoğlu
16:30 - 16:45	USE OF MILK PROTEINS FOR ENCAPSULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS	Mukaddes Kılıç Bayraktar	Mukaddes Kılıç Bayraktar	Mukaddes Kılıç Bayraktar
16:45 - 17:00	EFFECTS OF PHENOLIC COMPOUNDS ON REDUCTION OF ACRYLAMIDE FORMATION IN FOODS	Mukaddes Kılıç Bayraktar	Mukaddes Kılıç Bayraktar	Mukaddes Kılıç Bayraktar
17:00 - 17:15	EFFECT OF THERMAL AND NON-THERMAL PROCESSES ON VITAMIN C, CAROTENOID AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF JUICE-BASED BEVERAGES	Yıldız Ağca, Cemal Kaya	Yıldız Ağca	Yıldız Ağca
17:15 - 17:30	THE EFFECT OF THERMAL AND NON-THERMAL PROCESSES APPLIED IN FRUIT JUICE PRODUCTION ON PHENOLIC COMPOUNDS	Cemal Kaya, Yıldız Ağca , Mustafa Bayram, Semra Topuz	Yıldız Ağca	Yıldız Ağca

### Session 22

**Hall Name:** Meeting Hall 2

**Meeting Hall Chairman :** PhD. Serdar Özyön  
**Meeting Hall Vice-Chairman:** PhD. Murat Tezcan

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	VARIATOR SYSTEM DESIGN FOR IMPROVING OUTPUT PERFORMANCE OF ALTERNATORS IN VEHICLES	Murat Ayaz, Serkan Aktaş, M. Murat Tezcan, A.Gökhan Yetgin	Murat Ayaz	Murat Tezcan
16:15 - 16:30	MOBILE SECURITY: A COMPREHENSIVE ANALYSIS	Murat Dener	Murat Dener	Murat Dener
16:30 - 16:45	MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS AND APPLICATION EXAMPLES	Murat Dener	Murat Dener	Murat Dener
16:45 - 17:00	CHAOTIC HARMONY SEARCH ALGORITHM FOR BIFUNCTIONAL CATALYST BLEND OPTIMAL CONTROL	Burhanettin Durmuş, Serdar Özyön	Serdar Özyön	Burhanettin Durmuş
17:00 - 17:15	COMPARISON OF STATIC AND DYNAMIC CLUSTERING IN WIRELESS SENSOR NETWORKS	İpek Abasıkeleş Turgut	İpek Abasıkeleş Turgut	İpek Abasıkeleş Turgut
17:15 - 17:30	TRENDS IN MULTI-HOP ROUTING IN WIRELESS SENSOR NETWORKS	İpek Abasıkeleş Turgut	İpek Abasıkeleş Turgut	İpek Abasıkeleş Turgut



# POSTER PRESENTATION

07 November 2019 - Thursday

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:00 - 11:00	COMPLETION OF MISSING FLOW DATA IN THE FİLYOS SUB-BASIN BY CORELATION ANALYSIS AND DRAWING OF THE FLOW DURATION CURVES	Emre Çıkrıkçı, Nihat Eroğlu	Nihat Eroğlu	Emre Çıkrıkçı
11:00 - 12:00	INVESTIGATION OF THE USABILITY OF PERLITE WASTE IN DYESTUFF REMOVAL	Uğur Selengil	Uğur Selengil	Uğur Selengil

Lunch

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 14:00	ENHANCE TOLERANCE OF PLANTS AGAINST ABIOTIC STRESS BY THE EXOGENOUS APPLICATION OF SIGNAL MOLECULES	Recep Korkut, Ş. Şebnem Ellialtıoğlu	Recep Korkut	Recep Korkut
14:00 - 15:00	A REVIEW ON THE USE OF BIOSTIMULANTS IN VEGETABLE PRODUCTION AGAINST STRESS FACTORS	Emine Kırbay, Ş. Şebnem Ellialtıoğlu	Emine Kırbay	Emine Kırbay

08 November 2019 - Friday

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:00 - 11:00	EFFECT OF AMARANTHUS RETROFLEXUS L. WATER EXTRACT ON GERMINATION OF PORTULACA OLERACEAE AND SETARIA SPP. SEEDS	Derya Öğüt Yavuz, Havva Dinler	Derya Öğüt Yavuz	Havva Dinler
11:00 - 12:00	WEED PROBLEM IN WHEAT CULTIVATION IN UŞAK	Ali Osman Lökçü, Derya Öğüt Yavuz	Derya Öğüt Yavuz	Ali Osman Lökçü

Lunch

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:00 - 15:00	EFFECTS OF WHEAT CRACKED, CORN CRACKED AND MOLASSES ON THE QUALITY OF SUGAR BEET LEAF SILAGE	Asuman Arslan Duru, Ömer Ziya Ersöz	Asuman Arslan Duru	Asuman Arslan Duru
16:00 - 17:00	PREDICTION OF THE SODIUM ABSORPTION RATIO USING THE GEP MODEL CASE STUDY: DARREH RUD RIVER, IRAN	Mahsa H.Kashani, Ercan Kahya, Mohammad Ali Ghorbani	Mahsa H.Kashani	Mahsa H.Kashani



## AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH

---

Dear Academicians and Company Members,

Welcome to the 4th International Congress on Scientific and Vocational Studies in Ankara. I would also like to thank Istanbul Gedik University and Tokat Gaziosmanpaşa University for supporting our congress. In the congress, which has international participants from five different countries, .... papers will be presented in the field of engineering. You will be able to listen to the studies of many industrial companies in the field of R & D. I hope that our Congress will contribute to the literature and our country. I would like to thank everyone who contributed to this organization which brings together scientists, professionals and students.

Assoc. Prof. Dr. Uğur Çavdar  
İzmir Demokrasi University  
Congress Chairman



## DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS

### FUTURE RENEWABLE ENERGY INTEGRATION AND IOT APPLICATIONS IN SMART GRIDS

Abdurrahman Shuaibu Hassan<sup>1\*</sup>, Yanxia Sun<sup>1\*</sup> and Zenghui Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electrical and Electronic engineering science, University of Johannesburg, Auckland Park 2006, South Africa.

<sup>2</sup>Department of Electrical and Mining Engineering, University of South Africa, Florida 1710, South Africa

\*Corresponding author mail:hassan.shvaibu@kiu.ac.ug\*

#### Abstract

Power grid extenuate is an important method to promote the development of renewable energy sources and implement energy conversation and total reduction in emission.Ultimately we turn out with findings that trends in future renewable energy integration and application of the internet of things (IOT) in smart grids are largely dependent on developments trend of electrical power grids which include features like clean energy,economic aspect and eco-friendly . This research article deals with evaluation of integrating renewable based technologies in smart grids aimed at expanding the existing power system grid, the energy needs of the 21<sup>st</sup> century are overgrowing due to population, advancement in innovation and computational modelling tools are the key elements for deployment of smart grids to relieve challenges of power quality and reliability enhancement of the system. The primary aim is to educate on how we reach the current technology of the internet of things (IOT) to provide better solutions and uplift the challenges faces in smart grids. Due to the continued depletion in fossils fuels and global attention on Greenhouse gas emission (GHG) control, the deployment of a smart grid based on non-conventional energy sources has gained enormous importance in solving energy crises. However, the fluctuating nature of these sources makes integrating a challenging task and need to be proper addressed. To achieve the objectives, the authors pointed out the recent transformation of smart grids to make it clear and educational purposes for researchers.

### VISCOSITY AS AN INDISPENSIBLE TOOL TO DETERMINE STANDARD LUBRICANTS

\*<sup>1</sup>Atiku, F. A., <sup>2</sup>Sani, M. B., <sup>2</sup>Adiya Zisg., <sup>1</sup>Yusuf, A.A., <sup>4</sup>Abdulrahaman H.S., <sup>1</sup>Sharif, S.N., <sup>3</sup>Nasier, A.

<sup>1</sup> Mechanical Engineering Department, School of Engineering & Applied Sciences, Kampala International University; Uganda

<sup>2</sup> Department of Pure and Applied Chemistry, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto, Nigeria

<sup>3</sup>School of Mathematics & Computing, Kampala International University

<sup>3\*</sup>Electrical Electronics Department, School of Engineering, University of Johannesburg, South Africa.

Corresponding Author;atikufarooq@outlook.com

#### Abstract

This work is aimed at measuring the viscosity of new and used engine oil in Nigerian market, with a view of ensuring product standard for the consumers. Viscosity measurement of lubricants used in the automotive industry Fresh and Used were studied. Results of the analysis that the viscosity of Fresh SAE 20W-50 engine oil was found to be largely higher than that of used ones. This is because it was found that, the time of flow of sample SAE 20v-50 of new is of higher viscosity than the SAE 20W-50 of used one. Also, decrease in viscosity as temperature increase was as result of molecular movement of fluid due to weakening of intermolecular bound upon heating. Additionally, the tear and wear has a great impact on motor system control.

**Keywords:** Viscosity, Lubricants, Industry, Temperature, Automotive, Internet Of Things





# ON FARM VALIDATION OF AGRICULTURAL INNOVATIONS FOR SUPPORTING DURUM WHEAT EXTENSION PACKAGE FORMULATION IN ETHIOPIA

Aklilu Nigussie<sup>1</sup>; Abdu Mohammed<sup>2</sup>; Wasihun Legese<sup>3</sup>; Rehima Musema<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ethiopian Institutes of Agricultural Research; Debre-Zeit Agricultural Research Center; Department of Agricultural Economics Research; P. O. Box 2003; Addis Ababa; Ethiopia

<sup>2</sup>Ethiopian Institutes of Agricultural Research; Holeta Agricultural Research Center; Department of Agricultural Economics Research; P. O. Box 2003; Addis Ababa; Ethiopia

<sup>3</sup>Ethiopian Institutes of Agricultural Research; Debre-Zeit Agricultural Research Center; Department of Crop Science Research-Durum Wheat-project; P. O. Box 2003; Addis Ababa; Ethiopia

<sup>4</sup>Ethiopian Institutes of Agricultural Research; Agricultural Economics Research Directorate P.O.Box 2003; Addis Ababa; Ethiopia

aklil2002@yahoo.com

## Abstract

Durum wheat is an important crop in the Ethiopian production system because of its dual function both as a staple crop that improves food security and as an income-generating crop input for macaroni and pasta. This study had three intervention treatments on the production sector with the selected method of substantive cost-benefit analysis, namely: Extension package, Agricultural transformation agency of Ethiopia (ATA) package and the new research package. The objectives of this research were; to compare biological superiority of the treatments with a full technology package; to conduct partial budget cost-benefit analysis of the treatments and to improve the full package of recommendations by incorporating the benefits derived from the production with identification of possible ways to reduce the cost of production by constructing a partial budget model. Economic constraints and opportunities for improving durum wheat production systems in Ethiopia must be understood as the basis for research and developing interventions. This study presents the partial budget analysis (PBA) framework for the economic analysis of different durum wheat package treatments for their benefit returns. This on-farm experiment was conducted in the Kersa Malima district (Oromia regional state of Ethiopia) and Minjar districts (Amhara regional state of Ethiopia) to assess the cost and the return of the treatments (ATA package) against Extension packages and New research package for durum wheat production. The results indicated that, the highest grain yield was obtained from research's package (3775 kg), and followed by Extension packages (3295 kg), whereas the lowest grain yield (3220 kg) was recorded from ATA package. Regarding straw yield, while the highest straw yield (2180 kg) was obtained from ATA, New research and Extension packages provides the second highest (2121.2 kg) and the lowest (1867.6 kg) straw yield, respectively. However, significant variation was observed in the performance of the three treatment packages across location. While ATA package provides the highest grain (2720 kg) and straw yield (3600 kg) in Kersa Malima, New research's package was performing better in Minjar providing 5040 kg of grain and 1022.5 kg of straw yield. Regarding the net benefit, the result revealed that the New research package provides the highest return with a marginal rate of return of 395%, whereas ATA resulted the lowest return generating a marginal rate of return of -152%. Hence, as technology package, the new research package was found to be superior in generating net benefit in the case of durum wheat production.

**Keywords:** Durum wheat; partial budget; marginal rate of return; cost-benefit; grain yield; straw yield



# HYDROTHERMAL ALTERATION ASSEMBLAGES AROUND DUTSEN DANBAKOSHI, NORTHWESTERN NIGERIA; INSIGHTS FROM MULTI-FRACTAL ANALYSIS OF MEASURED THRESHOLDS FOR MINERAL EXPLORATION.

Amuda, A.K.<sup>1\*</sup>, Andongma, W.T.,<sup>2</sup> Salau, S.L.<sup>3</sup>, Gajere, J.N.<sup>4</sup> and Agunleti, Y.S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Bayero University, Kano, Kano State,

<sup>2</sup>Department of Geology, Kano State University, Wudil, Kano State,

<sup>3</sup>Department of Geology, Ahmadu Bello University, Zaria, Kaduna State,

<sup>4</sup>Department of Geology, Nasarawa State Polytechnic, Nasarawa State.

Correspondence email: [geoamud@gmail.com](mailto:geoamud@gmail.com)

## Abstract

This study is aimed at identifying highly altered zones by applying concentration area (C-A) fractal model technic on Landsat ETM+. The study area lies within the Nigerian Precambrian Basement Complex. Multifractal analysis was used to quantify degree of alteration on satellite images processed using crosta technique. The C-A fractal model was used to establish a power law relationship between area and pixel value. A log-log plot was use to display the multifractal characteristics for clay and iron altered images and identify threshold values. Maximum and minimum threshold values obtained from fractal analysis are 1.74 and 4.01 for clay altered images and 0.607 and 3.04 for iron altered images. Delineating highly altered zones from these images reveals high clay alteration mainly in the North-Central and Eastern part of the study area. High clay alteration zones accounts for 5.89% of the study area and covered an area of 22.28km<sup>2</sup>. Areas of high iron alterations are primarily located within the South-Western and South-Eastern part of the study area. These high iron alteration zones accounts for 7.84% of the study area and accounts for 29.65km<sup>2</sup>. These highly altered zones are favorable targets for prospecting mineral deposits.

**Keywords:** Alterations, Mineral Exploration, Multi-Fractal, Threshold

## ON THE USE OF EMOTIONAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (EANN) AND CLASSIFICATION AND REGRESSION TREE TECHNIQUE (CART) MODELS FOR ESTIMATING OF MINIMUM AND MAXIMUM AIR TEMPERATURE IN SELECTED SEMI-ARID STATIONS OF IRAN

Nasrin Fathollahzadeh Attar, Keivan Khalili\*, Javad Behmanesh

Water Engineering Department, Urmia University, Urmia, Iran

## Abstract

Air temperature has been known as an important meteorological variable that affects the whole environment and anthropogenic climate change. Previously a great number of studies have been done to address the estimation of air temperature in different scales with the goal of improving the accuracy of estimation. This study considers the hydrological parameters of selected semi-arid stations of Iran, establishing the reliability of two data mining models containing emotional artificial neural networks, and classification and regression tree techniques; that have rule-based algorithms, in order to estimate the minimum and maximum air temperatures. There is no further air temperature modeling in these selected stations of Iran using the above-mentioned models. This study aims to compare two models using three evaluation criteria to test the accuracy of the datasets. In order to achieve this goal, fourteen stations, with monthly mean extreme values observations of variables that are compiled from various regions with the semi-arid climate of Iran, were picked. Besides, considering the average extreme values of temperature data was another innovation of this study. The results demonstrated that CART model is a superior model in contrast to EANN for modeling monthly air temperature in semi-arid climate of Iran. So in practical applications CART could be used.

**Keywords:** Air temperature; Emotional artificial neural network; Classification and regression tree technique



# PREDICTION OF THE SODIUM ABSORPTION RATIO USING THE GEP MODEL CASE STUDY: DARREH RUD RIVER, IRAN

Mahsa H.Kashani<sup>1\*</sup>, Ercan Kahya<sup>2</sup>, Mohammad Ali Ghorbani<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>*Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*

*m.hkashani@uma.ac.ir*

<sup>2</sup>*Department of Civil Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*

*kahyae@itu.edu.tr*

<sup>3</sup>*Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

<sup>4</sup>*Department of Civil Engineering, Near East University, P.O. Box: 99138, Nicosia, North Cyprus, Mersin 10, Turkey*

*Ghorbani@tabrizu.ac.ir and gtev.rex@gmail.com*

*\*Corresponding author*

## Abstract

Since the Sodium Adsorption Ratio (SAR) is needed for growing plants, its prediction is essential and important for water quality management for irrigation. In this case, the SAR concentrations of the Darreh Rud River in Ardabil Province, northwest of Iran, were simulated and estimated using the Gene Expression Programming (GEP). The input parameters of the GEP model for predicting the SAR were sulfate, calcium, pH, sodium, and magnesium with a period of 1970-2015. The sensitivity analysis indicated the prediction of the SAR is not affected by the PH parameter. The results showed a correlation coefficient of 0.988, root mean square error of 0.323 and mean absolute error of 0.225 at the testing phase, which means that the accuracy of the model is high and acceptable. Generally, the GEP model may be a suitable model for prediction of the SAR which is a necessary parameter for agriculture.

**Keywords:** *Sodium Adsorption Ratio (SAR), Darreh Rud River, Gene expression programming (GEP), prediction*

# ULTRASONICATION AS AN EMERGING TECHNIQUE FOR THE FOOD INDUSTRIES

Rana Muhammad Aadil

*National Institute of Food Science and Technology, University of Agriculture, Faisalabad, 38000, Pakistan*

*dilrana89@gmail.com*

## Abstract

Among nonthermal technologies, ultrasonication is promising with the quality enhancement of food with its shelf life enhancement, microbial and enzymatic inactivation, retention of bioactive compounds. Ultrasonication has served enormous functional interventions in the field of processing (cutting, cooking, drying, extraction, freezing/thawing, crystallization, emulsification, defoaming, mixing, etc.), and analysis biochemical, physicochemical and compositional analysis to quality control of food. Ultrasonication can be found in any food sector starting from the freshness of fruits, vegetables, meat, and dairy, egg, baking and cereal products towards the packed or dried food items quality preservation. Even this technique not only bound to the food sector but also used for applications other than food, such as medical diagnoses and biodiesel production and many more. Recent advances in electronics helped to design ultrasonication probes and instruments with high resolution and convenience, which diversified the applications of ultrasonication in food science and technology as modifiers (high power ultrasound) or sensors (low power ultrasound) for enhancing food quality. The simplicity, portability and low cost of ultrasonication devices make them essential elements in research laboratories, pilot plants and large food factories for Monitoring the composition and physicochemical properties of food during processing and storage.

**Keywords:** *Ultrasonication, processing, inactivation, food safety, quality*



# ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF CYBERSECURITY BENEFITS, CHALLENGES, AND PROSPECT IN A DEVELOPING ECONOMY, AFRICA

Yakubu Ajiji<sup>1</sup> Makeri, Chinecherem Umezuruike<sup>2</sup>, Habiba Njeri Ngugi<sup>3</sup>, Abdurrahman Shuaibu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*School of Computing and Information technology Kampala International university Uganda*

*yakubu.makeri@kiu.ac.ug,*

<sup>2</sup>*School of Computing and Information technology Kampala International university Uganda*

*comezuruike@kiu.ac.ug,*

<sup>3</sup> *School of Computing and Information technology Kampala International University Uganda*

*habiba.ngugi@kiu.ac.ug*

<sup>4</sup>*Electrical, Computer, and Telecommunication Engineering, Kampala International University Uganda*

*Hassan,hassan.shvaibu@kiu.ac.ug*

*Corresponding Authors*

## Abstract

The practice of securing electronic devices and its accessories, data, and information traveling through a computer network from unauthorized access and malicious attack is known as cybersecurity. In recent times, the security of information has become an issue bothering managers and organizations both in developed and underdeveloped worlds. Measures have put in place and devices designed to enhance security handling. With the growth of technology and emerging trends, various technological trends have been deployed to improve security management. One of these trends is Artificial intelligence. Its benefits have been seen to yield results in healthcare, Education, Robotics, Manufacturing, to mention but a few. Every technological development comes with a challenge and of course, an underlining benefit. This prompted this work that looks at the benefits, challenges, and prospects of applying artificial intelligence to cybersecurity management in a developing economy; Africa.

**Keywords:** *Securing Electronic Devices and Accessories, Data, And Information*



# NUMERICAL SIMULATION OF CAVITATION PHENOMENON ON OGEE SPILLWAY

Rasoul Daneshfaraz <sup>1\*</sup>, Reza Norouzi <sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Maragheh, Faculty of Engineering, Civil Engineering

daneshfaraz@yahoo.com

<sup>2</sup>University of Tabriz, Faculty of Agriculture, Water Engineering

rezanoruzi1992@gmail.com

\* Corresponding Author

## Abstract

In the design of high-flow hydraulic structures, there is usually a possibility of cavitation phenomenon. To prevent the occurrence of cavitation phenomena, the location of points where pressure may be reduced to liquid vapor pressure can be identified by increasing the flow velocity. In order to achieve a quantitative criterion, the cavitation index is used. In the present study, the occurrence of the cavitation phenomenon has been investigated on the spillway of ghale chai dam. Simulation of two-phase flow was performed using VOF model in Fluent software. In the software, for four different discharge, the occurrence of cavitation phenomenon was investigated. The results clearly reveal that in low flow, water pressure in all areas is more than saturated pressure and cavitation phenomenon will not occur. In high discharge, cavitation phenomenon will occur due to high water velocity and consequently lower pressure. The results revealed that the cavitation rate has a direct ratio with the fluid discharge and increased the rate of the generated steam bubble by increasing the discharge of the mass or the amount of vapor.

**Keywords:** Cavitation Phenomenon, Fluent Software, Spillway, VOF Model

# REGULATING CARBON FOOTPRINT THROUGH CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM

Ronald Sanya<sup>1</sup>, Tajudeen Sanni<sup>2</sup>, Abubakar Atiku<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Post grad energy researcher Kampala International University, Uganda

<sup>2</sup>Senior Lecturer – Kampala International University and IUIU, Uganda

Research Associate – Department of Public Law, Nelson Mandela University, South Africa

<sup>3</sup>Senior Lecturer Kampala International University, Uganda

## Abstract

Carbon footprint is one quantum of greenhouse gases especially carbon dioxide which human activities release into the air. The less the carbon prints of an industrial process the better for the environment. That means, for example, the lesser the carbon footprint, the more protected from climate change. To that effect, a number of measures are being introduced to regulate carbon footprint viz-a -viz climate change. One such measure is Clean Development Mechanism (CMD). CDM is provided for in the Kyoto Protocol as a flexible mechanism that entails reduction in emission through projects awarded Certified Emission Reduction Units (CERs). The thrust of this paper is to examine CDM and how it helps to achieve the objective of reduction in carbon footprint particularly in the context of developing countries.

**Keywords:** Carbon Footprint, Climate change, CDM – Climate Development Mechanism



## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

<b>DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES .....</b>	<b>ii</b>
<b>BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES .....</b>	<b>iii</b>
<b>KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE.....</b>	<b>vi</b>
<b>AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS.....</b>	<b>xvii</b>
FUTURE RENEWABLE ENERGY İNTEGRATION AND İOT APPLICATIÖNS İN SMART GRİDS .....	xvii
VİSCÖSİTY AS AN İNDİSPENSİBLE TOOL TO DETERMİNE STANDARD LUBRICANTS .....	xvii
ON FARM VALİDATİÖN OF AGRİCULTURAL İNNOVATIÖNS FOR SUPPORTİNG DURUM WHEAT EXTENSİÖN PACKAGE FORMULATIÖN İN ETHİÖPIA .....	xviii
HYDROTHERMAL ALTERATIÖN ASSEMBLAGES AROUND DUTSEN DANBAKOSHI, NORTHWESTERN NİGERİA; İNSİGHTS FROM MULTİ-FRACTAL ANALYSİS OF MEASURED THRESHOLDS FOR MİNERAL EXPLORATIÖN. ....	xix
ON THE USE OF EMOTİÖNAL ARTİFİCİAL NEURAL NETWORK (EANN) AND CLASSİFİCATİÖN AND REGRESSİÖN TREE TECHNİQUE (CART) MODELS FOR ESTİMATİNG OF MİNİMUM AND MAXİMUM AIR TEMPERATURE İN SELECTED SEMİ-ARİD STATİÖNS OF İRAN.....	xix
PREDİCTİÖN OF THE SODİUM ABSORPTİÖN RATIO USİNG THE GEP MODEL CASE STUDY: DARREH RUD RİVER, İRAN .....	xx
ULTRASONİCATİÖN AS AN EMERGİNG TECHNİQUE FOR THE FOOD İNDUSTRİES ...	xx
ARTİFİCİAL İNTELLİGENCE İN THE MANAGEMENT OF CYBERSECURITY BENEFİTS, CHALLENGES, AND PROSPECT İN A DEVELOPING ECONOMY, AFRICA .....	xxi
NUMERİCAL SİMULATIÖN OF CAVİTATIÖN PHENÖMENON ON OGEE SPİLLWAY .....	xxii
REGULATING CARBON FOOTPRINT THROUGH CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM .....	xxii
<b>İÇİNDEKİLER / CONTENTS.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION .....</b>	<b>1</b>
YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ KAPASİTE KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNDEKİ SONUÇLARININ YAPAY SİNİR AĞI İLE TAHMİN EDİLMESİ .....	2
1. Giriş.....	2
2. Sezgisel Algoritmalarda Parametre Düzenlemesine Yönelik Geliştirilen Literatür Çözümleri .....	2
3. Yapay Arı Koloni (YAK) Algoritması.....	3
4. YAK Algoritmasının EDTARP Çözümüne Uyarlanması .....	3
4.1. Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (EDTARP) .....	4
4.2. EDTARP için Geliştirilen YAK Modeli .....	4
4.3. YAK Algoritmasının EDTARP Çözümlerinde Elde Ettiği Sonuçlar.....	6
5. YSA'nın YAK Sonuçlarını Tahmin için Oluşturulması.....	7
6. Sonuçlar ve Tartışma.....	7
7. Kaynakça.....	9



<b>CLASSIFICATION OF MORPHOLOGICAL IRIS PROPERTIES USING NAIVE BAYES CLASSIFIER .....</b>	<b>10</b>
1. Introduction .....	10
2. Materials and Methods .....	10
2.1. Dataset and its properties .....	10
2.2. Naive Bayes Classifier .....	11
3. Experimental Results.....	11
4. Conclusions .....	12
5. References .....	12
<b>CAM ELYAF KUMAŞ İLE DESTEKLENMİŞ AHŞAP LAMINE MALZEMELERDE EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ .....</b>	<b>14</b>
1. Giriş.....	14
2. Materyal ve Metot .....	15
2.1. Materyal.....	15
2.2. Metot.....	15
3. Bulgular ve Tartışma.....	16
4. Sonuç ve Öneriler.....	18
5. Kaynaklar .....	19
<b>GELENEKSEL SAFRANBOLU TARİHİ KONAKLARIN YEŞİL BİNA KAPSAMINDA ARAŞTIRILMASINDA ULUSLARARASI LEED DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN KULLANILMASI: KARABÜK SAFRANBOLU KAYMAKAMLAR KONAĞI ÖRNEĞİ .....</b>	<b>21</b>
1. Giriş.....	21
2. Yöntem.....	23
2.1. Kaymakamlar Konağı .....	23
2.2. Çalışma Alanı Seçimi.....	23
2.3. Konum, Ulaşım ve Yerleşim Özellikleri.....	23
2.4. Çalışma Alanının Mimari Özellikleri.....	23
3. Sonuçlar.....	24
4. Kaynakça.....	27
<b>A NEW APPROACH TO SOURCE ROCK OCCURRENCE: THE RELATIONSHIPS BETWEEN PETROLEUM SOURCE ROCK, OPHIOLITES, MANTLE PLUME, AND MASS EXTINCTION .....</b>	<b>28</b>
1. Introduction .....	28
2. Mantle Plume, Mass Extinction And Source Rock Occurrence .....	29
3. Relationship Between Ophiolites and Formation of Petroleum Source Rock .....	33
4. Conclusion.....	36
5. References .....	37
<b>A SHALLOW AND RELIABLE INDICATOR FOR DEEP OIL AND GAS ACCUMULATIONS IN THE SUBSURFACE: METALLIC ORE DEPOSITS .....</b>	<b>40</b>
1. Introduction .....	40
2. Plate Tectonics, Hydrocarbons, Ore Deposits, and Geothermal Resources .....	41





3. Occurrence Models of Ore Deposits And Hydrocarbon Reservoirs From Metal- and Hydrocarbon-Rich Fluids.....	43
4. Real Field Applications from Turkey Regarding the Usage of Metallic Ore Deposits as An Indicator in Hydrocarbon Exploration.....	46
4.1. Seferihisar Uplift Gold Deposit (Izmir, Turkey).....	47
4.2. Karaburun Peninsula Mercury Deposit (Izmir, Turkey).....	48
4.3. Uludag Massif Wolfram Deposit (Bursa, Turkey).....	49
4.4. Altindag Gold Mineralization (Ankara, Turkey).....	50
5. Use of Re-Os Isotope System for Direct Dating of Hydrocarbon Reservoirs and Ore Deposits and Correlation With Each Other.....	51
6. Conclusions.....	52
7. References.....	52
<b>TOPRAKTAKİ BİYOLOJİK KÖMÜR UYGULAMALARININ KARBON BİRİKİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>58</b>
1. Giriş.....	58
2. Toprakta Kullanılan Biyolojik Kömürün Üretimi.....	58
3. Biyolojik Kömürün Toprakta Kullanımı.....	59
4. Biyolojik Kömürün Toprağın Karbon Tutmasına Katkısı.....	61
5. Sonuç ve Öneriler.....	61
6. Kaynaklar.....	62
<b>DÖKME YÜK VE GENEL KARGO GEMİLERİNİN KARIŞTIĞI DENİZ KAZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>64</b>
1. Giriş.....	64
2. Literatürde yapılan çalışmalar.....	65
3. Materyal ve Metot.....	65
3.1. Veri tabanlarının tanıtılması.....	65
4. Araştırma Bulguları.....	65
4.1. Çatışma deniz kazalarının gemilerin bayrak devletlerine göre değerlendirilmesi.....	65
4.2. Çatışma deniz kazalarının gemilerin grostonlarına göre değerlendirilmesi.....	66
4.3. Çatışma deniz kazalarının kaza boyutlarına göre değerlendirilmesi.....	66
4.4. Karaya oturma deniz kazalarının gemilerin bayrak devletlerine göre değerlendirilmesi.....	67
4.5. Karaya oturma deniz kazalarının gemilerin grostonlarına göre değerlendirilmesi.....	67
4.6. Karaya oturma deniz kazalarının kaza boyutlarına göre değerlendirilmesi.....	68
5. Sonuç ve Öneriler.....	68
6. Kaynaklar.....	69
<b>YÜNLÜ KUMAŞLARIN BUHAR GEÇİRGENLİĞİNE FARKLI TİPTE YUMUŞATICILARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....</b>	<b>71</b>
1. Giriş.....	71
2. Materyal ve Yöntem.....	71
2.1. Materyal.....	71





3. Yöntem.....	72
4. Bulgular.....	72
4.1. Yıkama Öncesi Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi.....	72
4.2. Yıkama Sonrası Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi.....	74
5. Sonuç ve Tartışma.....	76
6. Kaynakça.....	76
<b>UŞAK İLİ DOĞAL VEJETASYONUNDA BULUNAN BAZI BİTKİLERİN SİLOLANABİLME OLANAKLARI.....</b>	<b>77</b>
1. Giriş.....	77
2. Materyal ve Yöntem.....	78
3. Araştırma Bulguları ve Tartışma.....	78
4. Sonuç.....	80
5. Kaynaklar.....	80
<b>KÖMÜR VE DOĞALGAZ YAKITLI TERMİK SANTRALLERİN RETSCREEN PROGRAMI İLE ÇEVRESEL VE EKONOMİK KIYASLAMALARI.....</b>	<b>81</b>
1. Giriş.....	81
2. Materyal ve Metot.....	81
2.1. Retscreen Programı.....	81
2.2. Yakıt Piyasası ve Sera Gazı Etkisi.....	82
3. Bulgular ve Tartışma.....	82
4. Sonuçlar.....	84
5. Kaynakça.....	84
<b>YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İÇERİSİNDEKİ YAĞIŞ SULARININ YÖNETİMİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ.....</b>	<b>85</b>
1. Giriş.....	85
2. Metodoloji.....	85
3. Yağmursuyu Sisteminin Tasarımı.....	87
3.1. Yağış Havzaları.....	87
3.2. Mevcut Yağmursuyu Sistemi.....	87
3.3. Mevcut Yağmursuyu Sisteminin Değerlendirilmesi.....	87
3.4. Yeni Sistemlerin Eklenmesi.....	88
3.5. Problemler Bölge ve Çözüm Alternatifleri.....	88
3.6. Yağmursuyu Deposunun Tasarımı.....	89
4. Sonuçlar.....	90
5. Kaynakça.....	90
<b>KÜRESEL ISINMA KAYNAKLI SU KALİTESİNDEKİ BOZULMALAR VE BALIK ÜRETİMİNE OLASI ETKİLERİ: ALMUS BARAJ GÖLÜ ÖRNEĞİ.....</b>	<b>92</b>
1. Giriş.....	92
2. Materyal Metot.....	94
2.1. Araştırma Yerinin Tanımı.....	94



2.2. Ekonomik Kayıpların Hesaplanması.....	94
3. Sonuçlar.....	94
4. Kaynaklar .....	95
<b>ÖTROFİKASYON VE EKONOMİK ETKİSİ: ALMUS BARAJ GÖLÜ ÜZERİNE BİR ÖRNEK OLAY ANALİZİ.....</b>	<b>96</b>
1. Giriş.....	96
2. Materyal Metot.....	97
2.1. Araştırma Yerinin Tanımı.....	97
2.2. Ekonomik Kayıpların Hesaplanma Yöntemi .....	99
3. Sonuçlar.....	100
4. Referanslar .....	100
<b>GÜÇ SİSTEMİNDE İKİ AŞAMALI GÜRBÜZ BİR YÖNTEM İLE DURUM KESTİRİMİ.....</b>	<b>101</b>
1. Giriş.....	101
2. İki Aşamalı Gürbüz Tahmin Modeli .....	102
2.1. Aşama 1: SCADA Ölçümleri Kullanılarak Gürbüz Lineer Olmayan Durum Tahmini .....	102
2.2. Aşama 2: PMU Ölçümleri Kullanılarak Gürbüz Lineer Durum Tahmini.....	102
3. Problemin Tanıtılması.....	103
4. Benzetim Sonuçları .....	105
5. Sonuçlar.....	106
6. Kaynakça.....	106
<b>KARGA ARAMA ALGORİTMASI KULLANILARAK VALF NOKTA ETKİLİ EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN ÇÖZÜLMESİ.....</b>	<b>108</b>
1. Giriş.....	108
2. Ekonomik Yük Dağıtımı .....	109
3. Problemin Tanıtılması .....	110
3.1. 6 Baralı Test Sistemi.....	110
3.2. IEEE 30 Baralı Test Sistemi .....	111
3.3. Karga Arama Algoritması.....	111
3.4. Karga Arama Algoritmasının Probleme Uygulanması.....	112
4. Benzetim Sonuçları .....	113
4.1. 6 Baralı Test Sistemi İçin Benzetim Sonuçları .....	113
4.2. IEEE 30 Baralı Test Sistemi İçin Benzetim Sonuçları.....	114
5. Sonuçlar.....	114
6. Kaynakça.....	114
<b>GÜNEŞ PİLLERİ İLE DESTEKLENMİŞ OTONOM MODEL UÇAK.....</b>	<b>116</b>
1. Giriş.....	116
2. İnsansız Araçlar.....	116
2.1. İnsansız Hava Araçları.....	117
3. Güneş Pilleri ile Desteklenmiş Otonom Model Uçak.....	117



4. Sonuç.....	120
5. Kaynakça.....	121
<b>MODEL BİR İKA İÇİN MECANUM TEKERLEK TASARIMI VE ÜRETİMİ .....</b>	<b>122</b>
1. Giriş.....	122
2. İnsansız Kara Araçlarının Hareket Yeteneği .....	123
2.1. Tekerlekli Hareket.....	123
3. Materyal ve Yöntem .....	125
3.1. Örnek Bir Mecanum Tekerlek Tasarımı ve İmalatı .....	125
4. Sonuç.....	128
5. Kaynakça.....	128
<b>YENİ TEST METODU İLE SAC METAL MALZEMELERİN GERİESNEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ .....</b>	<b>130</b>
1. Giriş.....	130
2. Deneysel Çalışmalar.....	131
2.1. Malzemeler .....	131
2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	132
2.3. Deney Parametreleri.....	132
2.4. Dataların İşlenmesi .....	133
2.5. Bulgular .....	135
3. Sonuçlar.....	138
4. Kaynakça.....	139
<b>KANATLI ETİ ÜRETİMİNDE İZLENEBİLİRLİK .....</b>	<b>141</b>
1. Giriş.....	141
2. Gelişme .....	141
3. Sonuç.....	144
4. Kaynaklar .....	144
<b>ÜNİVERSİTELER İLE ORTAK GERÇEKLEŞTİRİLEN BULUŞLAR VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU .....</b>	<b>146</b>
1. Giriş.....	146
2. Dünyada Üniversite Sanayi İş Birliği.....	147
3. Türkiye'de Üniversite Sanayi İş birliği .....	149
3.1. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş birliğinde Fikri Haklar .....	149
3.2. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş birliğinin Taraflar İçin Gerekliliği .....	156
3.3. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş birliğinin Gelişimi İçin Sunulan Öneriler.....	157
4. Değerlendirme.....	158
5. Kaynakça.....	158
<b>DOĞANCI BARAJ GÖLÜ SU KALİTESİNİN TBA YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>161</b>
1. Giriş.....	161
2. Materyal ve Metot .....	162



2.1. Çalışma alanının tanıtılması.....	162
2.2. Temel Bileşenler Analizi (TBA).....	162
2.3. Analiz bulguları .....	164
3. Sonuç.....	170
4. Kaynakça.....	170
<b>ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLIC CONTENT OF PEPINO SLICES DRIED WITH DIFFERENT METHODS.....</b>	<b>171</b>
1. Introduction .....	171
2. Materials and methods.....	171
2.1. Raw material .....	171
2.2. Drying process .....	172
2.3. Preparation of sample extracts .....	172
2.4. Total phenolic content (TPC).....	172
2.5. Antioxidant capacity (ATC).....	172
2.6. Data analysis .....	172
3. Results and discussion.....	172
4. Conclusion.....	174
5. References .....	174
<b>DIETARY SUPPLEMENT: ISSUE OF SAFETY AND EFFECTIVENESS .....</b>	<b>176</b>
1. Introduction .....	176
2. Literature Review .....	176
3. Conclusion.....	178
4. References .....	178
<b>INVESTIGATION OF IMMOBILIZATION PROCESS OF SCREEN PRINTED CARBON ELECTRODE FOR AN ADVANCED BIOSENSOR: A DETAILED CHARACTERIZATION. 180</b>	<b>180</b>
1. Introduction .....	180
2. Materials and Method.....	180
2.1. Materials .....	180
2.2. Methods .....	181
3. Result and Discussion .....	181
4. Conclusions .....	182
5. References .....	182
<b>EĞİLMEYE ÇALIŞAN BETONARME KİRİŞLERDE CFRP İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İRDELENMESİ .....</b>	<b>184</b>
1. Giriş.....	184
2. Materyal ve Metod .....	184
2.1. Eğilme Kiriş Numunelerinin Hazırlanması.....	184
3. Deneysel Çalışma.....	186
4. Sonuçlar.....	191



5. Kaynakça.....	191
<b>ÖN HASARLI KESME KİRİŞLERİNİN CFRP İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>193</b>
1. Giriş.....	193
2. Materyal ve Metod .....	194
2.1. Betonarme Kesme Kiriş Numunelerin Hazırlanması .....	194
3. Deneysel Çalışma.....	195
4. Sonuçlar.....	197
5. Kaynakça.....	198
<b>KESME KAPASİTESİ YETERSİZ ÖN HASARLI BETONARME KİRİŞLERİN “DİKİŞ DEMİRLERİ” İLE ONARIM/ GÜÇLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>199</b>
1. Giriş.....	199
2. Materyal ve Metod .....	200
2.1. Kesme Kirişlerin Hazırlanması .....	200
3. Yükleme Düzenegi ve Deneysel Çalışma .....	201
4. Sonuçlar.....	203
5. Kaynakça.....	204
<b>BAKIR-KROM-ZİRKONYUM ALAŞIMLARININ ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ, MEKANİK VE TRİBOLOJİK DAVRANIŞLARI.....</b>	<b>205</b>
1. Giriş.....	205
2. Yaşlandırma .....	205
3. Aşırı Plastik Deformasyon (APD).....	206
4. Sonuç.....	207
5. Kaynaklar .....	208
<b>FARKLI YÜZEY MODİFİKASYON YÖNTEMLERİNİN Tİ-6AL-4V ALAŞIMININ MEKANİK VE TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ.....</b>	<b>209</b>
1. Giriş.....	209
2. Shot Peening.....	209
3. Plazma Nitritleme.....	210
4. Mikro-ark Oksidasyon (MAO).....	210
5. PVD.....	211
6. Akımsız Ni-B Kaplama .....	211
7. Sonuç.....	211
8. Kaynaklar .....	212
<b>TEKNOLOJİ TRANSFERİNDE TTO’LARIN ROLÜ VE ÖNEMİ.....</b>	<b>213</b>
1. Giriş.....	213
2. Teknoloji Transfer Ofisi (TTO).....	214
3. Sonuç.....	215
4. Kaynakça.....	215
<b>KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA ÇOK ADIMLI YÖNLENDİRME EĞİLİMLERİ .....</b>	<b>217</b>



1. Giriş.....	217
2. Çok Adımlı Yönlendirme Çalışmaları.....	217
3. Sonuçlar.....	219
4. Kaynakça.....	219
<b>STATİK VE DİNAMİK KÜMELEMENİN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>	<b>220</b>
1. Giriş.....	220
2. Benzetim Ortamı ve Dağıtık Kümeleme Yaklaşımı.....	221
3. Bulgular ve Tartışma.....	222
4. Kaynakça.....	224
<b>DP800 SAC MALZEMELERDE LOKAL ISITMA İLE ŞEKİLLENDİRMENİN MİKROYAPIYA ETKİSİ .....</b>	<b>225</b>
1. Giriş.....	225
2. Materyal ve Metot.....	225
3. Bulgular ve Tartışma.....	227
4. Sonuçlar.....	229
5. Kaynakça.....	229
<b>DP800 SAC MALZEMELERDE SICAKLIĞIN VE KALIP AÇISININ GERİ ESNEMEYE ETKİSİ .....</b>	<b>230</b>
1. Giriş.....	230
2. Metot .....	230
3. Bulgular ve Tartışma.....	232
4. Sonuçlar.....	233
5. Kaynakça.....	233
<b>LAZER ERGİTME VE SİNERLEME İLE INCONEL718 MALZEME ÜRETİMİ .....</b>	<b>235</b>
1. Giriş.....	235
2. Materyal .....	235
3. Bulgular ve Tartışma.....	236
4. Sonuçlar.....	237
5. Kaynakça.....	237
<b>KIYI VE GEÇİŞ SUYU KÜTLELERİ TİPOLOJİSİ İÇİN DALGAYA MARUZİYET MODELLEMESİ .....</b>	<b>239</b>
1. Giriş.....	239
2. Method ve Materyaller .....	239
2.1. Dalgaya Maruziyet Modelleri .....	239
2.2. SWM Methodu.....	240
2.3. Çalışma Sahası .....	240
2.4. Model Verilerinin Elde Edilmesi .....	241
2.5. Çözüm Noktaları Seçimi.....	242
2.6. Çözüm Noktalarının Feç Değerlerinin Bulunması.....	242



2.7. Çözüm Noktalarının Rüzgar Hızlarının Bulunması .....	244
2.8. Dalgaya Maruziyet Katsayısının Hesaplanması.....	246
3. Sonuç.....	248
4. Teşekkür.....	248
5. Kaynakça.....	248
<b>BIOACTIVE GLASS COATINGS VIA SOL-GEL METHOD .....</b>	<b>250</b>
1. Introduction .....	250
2. Materials and methods.....	251
3. Results and discussion.....	251
3.1. XRD Analysis .....	251
3.2. SEM Analysis .....	251
4. Conclusions .....	253
5. References .....	253
<b>ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE MAKSİMUM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ.....</b>	<b>255</b>
1. Giriş.....	255
2. Öğrenme Etkisi Altında İş Reddetmeli Tek Makine Çizelgeleme Problemi .....	255
2.1. Örnek Problem .....	256
3. Kaynakça.....	257
<b>ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE TOPLAM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ .....</b>	<b>258</b>
1. Giriş.....	258
2. Öğrenme Etkisi Altında İş Reddetmeli Tek Makine Çizelgeleme Problemi .....	258
2.1. Örnek Problem .....	259
3. Kaynakça.....	261
<b>ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF CYBERSECURITY BENEFITS, CHALLENGES, AND PROSPECT IN A DEVELOPING ECONOMY, AFRICA .....</b>	<b>262</b>
1. Introduction .....	262
2. The challenges of artificial intelligence to economic development in Africa Technological restrictions & detection gaps.....	262
3. Identifying Malware, suspicious HTTP traffic, or abnormal behavior with Machine Learning .....	263
4. Man-Machine Analyst Teams .....	263
5. The benefits of artificial intelligence to economic development in Africa.....	264
6. Democracy .....	264
7. The approach to assessing the economic impact of AI.....	264
8. Positive AI and negative AI in the African context.....	264
9. Conclusions .....	264
10. References .....	264
<b>COST STUDY OF MICROGRID APPLICATION IN TURKEY .....</b>	<b>266</b>
1. Introduction .....	266



2. Microgrid Overview .....	266
2.1. Renewable Energy Sources .....	267
2.2. Overview of Electrical Energy Production in Turkey .....	268
2.3. Cost Analysis of Renewable Energy Based Electricity Generation Units .....	269
2.4. Overview of Conventional Electricity Generation Plant Costs .....	269
3. Application of System .....	270
4. Conclusions .....	273
5. References .....	273
<b>RASTGELE ATALET AĞIRLIKLI PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU İLE OPTİMUM ROBOT YOLU PLANLAMA SİMÜLASYONU .....</b>	<b>275</b>
1. Giriş .....	275
2. Materyal ve Metot .....	276
2.1. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) .....	276
2.2. Rastgele Atalet Ağırlıklı Parçacık Sürü Optimizasyonu (RAA-PSO) .....	276
2.3. Optimum Robot Yolu Planlama .....	277
3. RAA-PSO Algoritması ile Robot Yolu Planlama Optimizasyonu .....	277
3.1. Durum 1 .....	277
3.2. Durum 2 .....	278
4. Sonuçlar .....	280
5. Kaynakça .....	280
<b>ÇİNKO OKSİT İNCE FİLMLERİNE SOĞUK ALTLIK METODU İLE GÜMÜŞ BUHARLAŞTIRILARAK DİYOT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU .....</b>	<b>281</b>
1. Giriş .....	281
2. Deneysel Çalışma .....	282
2.1. Altlıkların Hazırlanması .....	282
2.2. Püskürtme Metodu ile ZnO İnce Film Üretimi .....	282
2.3. Ag Buharlaştırması .....	282
3. Bulgular .....	282
3.1. XRD .....	282
3.2. ZnO İnce Filmlerin SEM Sonuçları .....	283
3.3. Optik Sonuçlar .....	284
3.4. Ag/ZnO/SnO <sub>2</sub> Schottky Diyodun Elektriksel Karakterizasyonu .....	285
4. Sonuçlar .....	288
5. Kaynakça .....	288
<b>BARTIN YÖRESİNDE ORMAN YANGINLARINA KARŞI ALINMASI GEREKEN KORUMA ÖNLEMLERİ .....</b>	<b>290</b>
1. Giriş .....	290
2. Materyal ve Metot .....	291
3. Bulgular .....	292





4. Tartışma ve Sonuç.....	295
5. Kaynaklar .....	295
<b>KARABÜK’TE ORMAN YANGINI SEZONLARINDA YILLAR İÇİNDE GERÇEKLEŞEN DEĞİŞİKLİKLER VE ALINACAK ÖNLEMLER .....</b>	<b>296</b>
1. Giriş.....	296
2. Materyal ve Metot .....	296
3. Bulgular .....	299
4. Tartışma ve Sonuç.....	301
5. Kaynaklar .....	301
<b>YAZILIM TEST STRATEJİSİ .....</b>	<b>302</b>
1. Giriş.....	302
2. Yazılım Testi .....	302
3. Yazılım Testi Kategorileri.....	302
3.1. Yazılım Testi Seviyeleri.....	302
3.2. Yazılım Testi Yöntemleri.....	303
3.3. Yazılım Testi Tipleri.....	304
4. Sonuçlar.....	305
5. Kaynakça.....	305
<b>FENOLİK BİLEŞİKLERİN GIDALARDA AKRİLAMİD OLUŞUMUNUN AZALTILMASI ÜZERİNE ETKİLERİ .....</b>	<b>307</b>
1. Giriş.....	307
2. Akrilamidin Kimyasal Yapısı ve Oluşum Mekanizması .....	307
3. Fenolik Bileşikler ve Akrilamid Üzerine Etkileri.....	308
4. Fenolik Bileşiklerin Akrilamid Oluşumu/Azaltılması Üzerine Olası Mekanizmaları .....	309
5. Sonuçlar.....	310
6. Kaynakça.....	310
<b>FENOLİK BİLEŞİKLERİN KAPSÜLENMESİNDE SÜT PROTEİNLERİNİN KULLANILMASI.....</b>	<b>311</b>
1. Giriş.....	311
2. Fenolik Bileşiklerin Kapsüllemesi .....	311
3. Kapsülleme Teknolojisi.....	312
4. Süt Proteinleri ve Kapsülleme İçindeki İşlevi .....	312
5. Fenolik Bileşiklerin Süt Proteinleri ile Kapsüllemesi .....	313
6. Sonuçlar.....	314
7. Kaynakça.....	314
<b>ARAÇ ALTERNATÖRLERİNDE ÇIKIŞ PERFORMANSININ ARTTIRILMASI İÇİN VARYATÖR SİSTEM TASARIMI .....</b>	<b>315</b>
1. Giriş.....	315
1.1. Elektriksel Ünitelerin Güç Gereksinimlerinin Artması.....	316
2. Lundell Alternatörler.....	316



2.1. Lundell Alternatörün Konvansiyonel Araçlarda Kullanımı .....	317
2.2. Lundell Alternatör Çıkış Performansı .....	318
3. Varyatör Tasarımı .....	318
4. Sonuç .....	320
5. Kaynaklar .....	320
<b>BIG DATA IN SMART CITIES .....</b>	<b>322</b>
1. Introduction .....	322
2. Smart City .....	322
3. Big Data .....	323
4. Studies on big data in smart cities .....	323
5. Conclusions .....	324
6. References .....	325
<b>MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS AND APPLICATION EXAMPLES .....</b>	<b>326</b>
1. Introduction .....	326
2. Multi Criteria Decision Making .....	326
3. Methods .....	326
4. Application Examples .....	330
5. Conclusions .....	332
6. References .....	332
<b>MOBILE SECURITY: A COMPREHENSIVE ANALYSIS .....</b>	<b>333</b>
1. Introduction .....	333
2. Mobile Security .....	333
3. Studies on mobil security .....	334
4. Conclusions .....	335
5. References .....	335
<b>KESTAMİD MALZEMENİN SAF SU VE AŞIRI TUZLU SU ALTINDA DARBE DAYANIMININ İNCELENMESİ .....</b>	<b>337</b>
1. Giriş .....	337
2. Poliamid Malzemeler .....	339
3. Yöntem .....	340
3.1. Deney Düzeneği .....	341
3.2. Deneyde Kullanılan Materyaller .....	341
3.3. Deney Numuneleri ve Özellikleri .....	342
3.4. Deney İşlemi .....	342
3.5. Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar .....	343
4. Sonuç .....	345
5. Kaynakça .....	345



<b>THE EFFECTS OF HATCH DISTANCE ON THE THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALSI10MG PARTS IN DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS) METHOD</b> .....	347
1. Introduction .....	347
2. Experimental Procedure .....	348
3. Results and Discussion.....	348
3.1. Effect of hatch distance.....	348
3.2. Mechanical properties.....	349
4. Conclusions .....	350
5. References .....	351
<b>COMPARATIVE OF TURKEY AND WORLD DISASTER MANAGERMENTS</b> .....	352
1. Introduction .....	352
2. Disaster Management in Turkey .....	352
3. Disaster and Emergency Management in Europe.....	353
3.1. Disaster and Emergency Management in Italy.....	354
3.2. Master Disaster Management in Hungary.....	354
3.3. Disaster Management in France.....	354
3.4. Disaster Management in Germany.....	354
3.5. Disaster Management in Spain.....	354
4. Disaster Management in Asia.....	355
4.1. Disaster Management in Russia .....	355
4.2. Disaster Management System in Japan.....	355
5. Disaster Management in the Americas.....	355
5.1. Disaster Management System in United States of America.....	355
5.2. Disaster Management in Argentina.....	356
5.3. Disaster Management in Brazil .....	356
5.4. Disaster Management in Mexico .....	356
6. Disaster Management in New Zealand.....	356
7. Results and Discussion.....	356
8. References .....	357
<b>ESTIMATION OF FLOOD VALUES BY SYNTHETIC METHODS</b> .....	358
1. Introduction .....	358
2. Synthetic Flood Estimation Methods .....	358
2.1. Snyder Method.....	358
2.2. The Kirpich Method.....	359
2.3. Mockus Method .....	359
2.4. S.C.S. (Soil Consevation Service) Method .....	360
3. Results .....	360
4. Discussion .....	361



5. References .....	362
<b>EVALUATION OF TURKEY DISASTER INTERVENTION PLAN .....</b>	<b>363</b>
1. Introduction .....	363
2. Turkey Disaster Intervention Plan .....	364
2.1. Plan Preparation Process: .....	364
2.2. Intervention Organization Process .....	365
2.3. Monitoring, Developing, Updating, Training and Exercises of the Plan .....	366
3. Results and Discussion .....	367
4. References .....	367
<b>BİRLEŞMİŞ MİLLETLER AVRUPA KOMİSYONU TÜZÜK 11 DENEYSEL TEST SONUÇLARI İLE SİMÜLASYON ARASINDAKİ KORELASYON İÇİN BAGAJ MENTEŞESİ SİMÜLASYON PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ .....</b>	<b>368</b>
1. Giriş .....	368
1.1. Ticari Kapı Menteşeleri .....	368
1.2. Avrupa Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu Şartname 11 (UNECE R11) .....	369
1.3. Literatur Çalışması .....	370
1.4. Motivasyon ve Amaç .....	371
2. Materyal ve Metod .....	371
2.1. Prototip Menteşe Tasarımı ve Üretimi .....	371
2.2. Malzeme Datası .....	371
2.3. Sonlu Elemanlar Modeli (SEM) .....	374
2.4. Deneysel Test .....	379
3. Simülasyon Sonuçları ve Tartışma .....	379
3.1. Faz 1 .....	380
3.2. Faz 2 .....	380
4. Sonuçlar .....	381
5. Kaynakça .....	381
<b>MODELLING PREVENTIVE MAINTENANCE POLICY FOR DISASSEMBLY LINES .....</b>	<b>383</b>
1. Introduction .....	383
2. Optimization model .....	383
3. Computational results .....	385
4. Conclusions .....	387
5. References .....	387
<b>EĞİTİM TESİSLERİNDE MEKÂNSAL ERİŞİLEBİLİRLİK: KASTAMONU ÖRNEĞİ .....</b>	<b>389</b>
1. Giriş .....	389
2. Materyal ve Yöntem .....	390
3. Bulgular .....	390
4. Sonuç .....	393
5. Kaynaklar .....	393



KENTSEL MEKÂNIN ENGELSİZ MEKÂN KRİTERLERİ ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	394
1. Giriş.....	394
2. Materyal ve Yöntem.....	394
3. Bulgular.....	395
4. Sonuç.....	399
5. Kaynaklar.....	400
TARİHİ ÇEVRELERDE MEKÂNSAL KULLANIM ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA.....	401
1. Giriş.....	401
2. Materyal ve Yöntem.....	402
3. Bulgular.....	402
4. Sonuç ve Öneriler.....	406
5. Kaynaklar.....	407
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC ACTIVATED CARBON USING ACTIVATED CARBON PREPARED FROM BINARY MIXTURE .....	408
1. Introduction.....	408
2. Materials and Methods.....	408
2.1. Materials.....	408
2.2. Preparation of Magnetic Activated Carbon.....	408
2.3. Characterization Tests.....	409
3. Results and Discussion.....	409
3.1. Characterization of Magnetic Composite Material .....	409
4. Conclusion.....	412
5. References.....	412
FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİT YAPIŞTIRICININ TEK TESİRLİ BİNDİRME BAĞLANTISINDA HASAR YÜKÜNE ETKİSİ .....	414
1. Giriş.....	414
2. Materyal ve Metod.....	415
3. Araştırma Bulguları.....	418
4. Sonuçlar.....	419
5. Kaynakça.....	419
YAPIŞTIRICIYLA BİRLEŞTİRİLMİŞ BAĞLANTILARDA İNCE METAL ÇUBUK TAKVİYESİNİN BAĞLANTI HASAR YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİ .....	421
1. Giriş.....	421
2. Materyal ve Metod.....	422
3. Araştırma Bulguları.....	424
4. Sonuçlar.....	425
5. Kaynakça.....	425
ORTA SEVİYE MANYETİK FIRTINA KAYNAKLI İYONOSFERİK DEĞİŞİMLERİN GNSS ÖLÇÜLERİ KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI.....	427



1. Giriş.....	427
2. Method ve Uygulama.....	428
3. Sonuçlar.....	431
4. Kaynakça.....	431
<b>EFFECT OF PRODUCTION PARAMETERS OF WC-COCR COATINGS WITH HVOF SYSTEM .....</b>	<b>432</b>
1. Introduction .....	432
2. Material and Methods.....	433
2.1. Experimental Procedure .....	433
2.2. Regression Analysis.....	433
2.3. Differential Evolution Optimization Algorithm.....	433
3. Results and Discussion.....	433
3.1. Particle Velocity.....	434
3.2. Particle Temperature.....	434
4. Conclusion.....	435
5. References .....	435
<b>OPTIMIZATION OF PLASMA SPRAY PARAMETERS OF AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> COATINGS USING DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM.....</b>	<b>437</b>
1. Introduction .....	437
2. Materials and Methods .....	438
3. Results and Discussion.....	438
3.1. Porosity Rate.....	438
3.2. Coating Hardness .....	439
4. Conclusion.....	440
5. References .....	440
<b>OPTIMIZATION OF PRODUCTION PARAMETERS OF VN THIN FILMS USING DIFFERENTIAL EVALUATION AND NELDER-MEAD ALGORITHMS .....</b>	<b>442</b>
1. Introduction .....	442
2. Materials and Methods .....	442
3. Results and Discussion.....	443
4. 4. Conclusion.....	445
5. 5. References .....	445
<b>BİR LASTİK FABRİKASINDA ÇOKLU REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ .....</b>	<b>447</b>
1. Giriş.....	447
2. Talep Tahmininin Önemi .....	447
2.1. Talep Tahmin Yöntemleri.....	447
3. Uygulama .....	449
3.1. Talep Tahmini İçin Verilerin Toplanması.....	449
3.2. Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini.....	452



3.3. Çoklu Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	456
4. İstatistiksel Analiz .....	459
5. Sonuç .....	460
6. Kaynaklar .....	460
<b>IMPROVEMENT OF DIE CHANGE TIMES WITH SMED METHODOLOGY IN AN ALUMINUM MANUFACTURING COMPANY .....</b>	<b>462</b>
1. Introduction .....	462
2. Material and Method .....	462
2.1. Lean Production System .....	462
2.2. SMED .....	463
3. Improvement of Die Change Times in an Aluminum Manufacturing Company .....	463
3.1. Review of Current System .....	464
3.2. Set Up and Cycle Time Measurement.....	464
3.3. Shortening Set Up Times .....	464
3.4. Measurement of Increase in Machine Efficiency by OEE Analysis .....	467
3.5. Measurement of Increase in Production with Arena Simulation.....	469
3.6. Statistical analysis .....	470
4. Result.....	471
5. References .....	472
<b>TRAKTÖR ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA KONUM AĞIRLIKLİ DENGELEME VE COMSOAL YÖNTEMİ İLE MONTAJ HATTI DENGELEME .....</b>	<b>473</b>
1. Giriş.....	473
2. Montaj Hattı Dengeleme .....	473
2.1. Montaj Hatlarının Sınıflandırılması .....	474
2.2. Montaj Hattı Dengeleme Probleminin Amaçları.....	474
2.3. Montaj Hatlarının Dengelemesinde Kullanılan Temel Kavramlar.....	474
2.4. Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri.....	475
2.5. Traktör Üretimi Yapan Bir Firmada Konum Ağırlıklı Dengeleme ve Comsoul Yöntemi İle Montaj Hattı Dengeleme .....	475
2.6. Zaman Etüdü.....	475
2.7. Montaj Hattı Dengeleme.....	477
2.8. Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması .....	479
3. İstatistiksel Analiz .....	480
4. Sonuç.....	480
5. Kaynaklar .....	480
<b>FPAА BASED DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SPROTT N CHAOTIC SYSTEM.....</b>	<b>482</b>
1. Introduction .....	482
2. Numerical Simulation of Sprott N Chaotic System.....	482
3. Scaling of Sprott N chaotic system .....	483



4. FPAA Based Design and Implementation of Sprott N Chaotic System .....	484
5. Results .....	487
6. References .....	487
<b>CHAOTIC HARMONY SEARCH ALGORITHM FOR BIFUNCTIONAL CATALYST BLEND OPTIMAL CONTROL .....</b>	<b>489</b>
1. Introduction .....	489
2. BCB Control Problem .....	489
3. Basic HSA .....	490
4. Chaotic HSA .....	490
5. Simulation Results.....	491
6. Conclusion.....	492
7. References .....	493
<b>PARAMETRIC FEM INVESTIGATION OF LOCATION ADAPTIVE FIELD FREE REGION FOR TARGETED MAGNETIC HYPERTHERMIA APPLICATIONS .....</b>	<b>494</b>
1. Introduction .....	494
2. Physical Underground of Heat generation for MNPs.....	494
3. Applying FFR for MFH Tests .....	495
4. FEM Simulation .....	496
4.1. Analysis Results.....	498
5. Discussion and Conclusion .....	500
6. References .....	500
7. Acknowledgement.....	501
<b>HEDEFLEMELİ MANYETİK HİPERTERMİ İÇİN KARMA YÖNTEMLE OLUŞTURULAN ALANSIZ BÖLGENİN FEM SİMULASYONU .....</b>	<b>502</b>
1. Giriş.....	502
2. MNP’larda Isı Üretme Mekanizmaları .....	502
3. MFH Teslerine Yeni Bir Yaklaşım .....	503
4. Karma Yöntemle Oluşturulan Alansız Bölgenin FEM Simulasyonu .....	504
5. Tartışma ve Sonuçlar.....	509
6. Kaynaklar .....	510
<b>KENTSEL ATIKSULARIN DENİZE DEŞARJI: KAŞ ÖRNEĞİ.....</b>	<b>511</b>
1. Giriş.....	511
2. Metot ve Materyaller .....	512
2.1. Çalışma Alanı.....	512
2.2. Rüzgar İklimi .....	512
2.3. Dalga İklimi .....	513
2.4. Kirletici Dağılımı Modellemesi .....	515
3. Sonuçlar.....	518
4. Kaynakça.....	519





GIDA SANAYİNDE BORUN KULLANIM İMKANLARI İLE İLGİLİ BİR ARAŞTIRMA.....	520
1. Giriş.....	520
2. Kaynaklar .....	524
ORMAN YOLLARINDA TOPRAK İNDEKS ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN TAŞIMA KAPASİTESİ .....	525
1. Giriş.....	525
2. Tahmin Modellerinde Kullanılan Parametreler .....	526
2.1. Likit Limit (LL) .....	526
2.2. Plastik Limit (PL) .....	527
2.3. Plastisite İndeksi (PI) .....	527
2.4. Optimum Nem İçeriği (OMC) .....	527
2.5. Maksimum Kuru Birim Ağırlık (MDD).....	527
2.6. Elek Analizi (Tane Boyutu Dağılımının Belirlenmesi).....	527
3. Modellemede Kullanılan Yöntemler .....	528
3.1. Basit Doğrusal Regresyon (SLRA).....	528
3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon (MLRA) .....	528
3.3. SVM ve RF .....	528
3.4. GA ve PSO.....	528
3.5. ANN, ANFIS (PANFIS ve GANFIS).....	529
4. Değerlendirme .....	530
5. Kaynakça.....	531
REMOVAL OF ACID BROWN 349 DYES BY FENTON OXIDATION METHOD .....	534
1. Introduction .....	534
2. Materials and Methods .....	535
3. Findings and Discussion.....	536
3.1. Effect of pH.....	537
3.2. Effect of H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> concentration (C <sub>p</sub> ).....	537
3.3. Effect of Fe <sup>+2</sup> concentration (C <sub>f</sub> ).....	538
3.4. Effect of stirring rate .....	539
3.5. Effect of initial AB 349 dyestuff concentration (C <sub>0</sub> ).....	540
3.6. Effect of temperature .....	540
3.7. Kinetics study.....	540
4. Results .....	541
5. References .....	541
BİR OTOMOTİV FİRMASINDA KAPASİTE ARTIRMAYA YÖNELİK İŞ ETÜDÜ VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI .....	542
1. Giriş.....	542
2. Yöntem.....	543
3. Uygulama .....	543



3.1. Kapasite Hesabı/ Aktif Kapasite Kontrolü.....	544
3.2. İş Etüdü.....	546
3.3. Simülasyon.....	547
4. Sonuç.....	547
5. Kaynaklar .....	547
<b>BİR TRAKTÖR FİRMASINDA SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>549</b>
1. Giriş.....	549
2. Yöntem.....	550
3. Uygulama .....	550
3.1. Operasyon Standartlaştırılmasının Yapılması.....	550
3.2. Zaman Analizi Çalışması.....	551
3.3. Metot Etüdü Çalışması.....	551
3.4. Simülasyonunun Kurulması .....	553
4. Sonuçlar.....	555
5. Kaynaklar .....	555
<b>YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK BİNA İÇİ WİFİ SİNYALLERLE KONUM BULMA</b> .....	<b>557</b>
1. Giriş.....	557
2. Materyal ve Metot .....	558
2.1. Yapay Sinir Ağları .....	558
2.2. Veri Toplama .....	559
2.3. Yazılım Performans ve Kriterleri.....	560
2.4. Normalizasyon .....	561
3. Tartışma ve Bulgular .....	563
4. Sonuçlar.....	563
5. Kaynaklar .....	563
<b>KENT ORMANCILIĞI KAVRAMI VE SAFRANBOLU KENT ORMANININ</b> <b>REKREASYONEL OLANAKLARININ İRDELENMESİ .....</b>	<b>565</b>
1. Giriş.....	565
2. Safranbolu Kent Ormanı .....	566
3. Sonuç ve Öneriler.....	569
4. Kaynaklar .....	570
<b>DOĞAL YAPISI BOZULMUŞ JEOLJİK YAPILARA BİR ÖRNEK: AKHÜYÜK (EREĞLİ)</b> <b>TRAVERTENLERİ .....</b>	<b>571</b>
1. Giriş.....	571
2. Ereğli Çevresinin Jeolojik özellikleri .....	572
3. Akhüyük Travertenleri .....	573
4. Sonuçlar.....	577
5. Kaynakça.....	577



AYHAN (AVANOS-NEVŞEHİR) ÇEVRESİNİN JEOLJİK MİRAS AÇISINDAN ÖNEMİ ...	578
1. Giriş.....	578
2. Ayhan ve Çevresinin Jeolojik Özellikleri.....	579
3. Ayhan Çevresindeki Jeolojik Miras Yapıları .....	580
4. Sonuçlar.....	585
5. Kaynakça.....	585
MEYVE SUYU ÜRETİMİNDE UYGULANAN ISIL VE ISIL OLMAYAN İŞLEMLERİN FENOLİK BİLEŞİKLERE ETKİSİ .....	587
1. Giriş.....	587
2. Fenolik Bileşenler .....	587
2.1. Fenolik Bileşiklerin Tanımı .....	587
2.2. Fenolik Bileşiklerin Sınıflandırılması.....	588
2.3. Fenolik Bileşiklerin Renk Üzerine Etkisi.....	591
2.4. Fenolik Bileşiklerin Tat Üzerine Etkisi.....	591
2.5. Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Etkisi .....	591
2.6. Fenolik Bileşiklerin Sağlık Üzerine Etkisi.....	592
3. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Fenolik Bileşiklere Etkisi .....	592
3.1. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl İşlemler.....	593
3.2. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl Olmayan İşlemler .....	593
3.3. Ultrases Uygulaması .....	594
3.4. Ozon Uygulaması.....	595
3.5. UV Işınlama .....	596
4. Kaynaklar .....	596
ISIL VE ISIL OLMAYAN İŞLEMLERİN MEYVE SUYU BAZLI İÇECEKLERİN C VİTAMİNİ, KAROTENOİD VE ANTIOKSİDAN KAPASİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ .....	600
1. Giriş.....	600
2. Biyoaktif Bileşenler.....	600
2.1. Biyoaktif Bileşenlerin Etkisi .....	600
2.2. Karotenoidler .....	601
2.3. Antioksidanlar.....	602
2.4. C Vitamini.....	602
3. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl İşlemler .....	603
4. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl Olmayan İşlemler .....	603
4.1. Darbeli Elektrik Alan Uygulaması.....	603
4.2. Yüksek Basınç İşlem.....	603
4.3. Ultrases Uygulaması .....	604
4.4. Ozon Uygulaması.....	605
4.5. UV-C Işınlama Uygulaması.....	606
5. Kaynakça.....	606



<b>DÜZCE ÜNİVERSİTESİ HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN HOMER İLE MODELLENMESİ, SİSTEMİN EKONOMİK VE TEKNİK AÇIDAN ANALİZLERİ .....</b>	<b>610</b>
1. Giriş.....	610
2. Bölgenin Analizi .....	612
3. Bölgenin HOMER ile Modellenmesi .....	616
4. Sonuçlar.....	620
5. Kaynakça.....	621
<b>ŞEBEKELİ BİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN FARKLI DEPOLAMA BİRİMLERİNİN ETKİSİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN EKONOMİK VE TEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ .....</b>	<b>622</b>
1. Giriş.....	622
2. Bataryalar ve Özellikleri .....	623
2.1. Kurşun Asit (Lead Acid) Bataryalar ve Özellikleri.....	623
2.2. Lityum-İyon (Lityum-Ion) Bataryalar ve Özellikleri.....	623
2.3. Vanadyum Bataryalar ve Özellikleri.....	624
2.4. Bataryaların Karşılaştırılması.....	625
3. Bölge Profili .....	626
4. Bölgenin Modellemesi ve Analiz İşlemleri .....	629
4.1. Kurşun Asit Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz .....	629
4.2. Lityum-İyon Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz .....	631
4.3. Vanadyum Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz .....	633
4.4. Bataryaların Karşılaştırılması.....	635
5. Sonuçlar.....	636
6. Kaynakça.....	636
<b>POSTER SUNUMLAR / POSTER PRESENTATION .....</b>	<b>638</b>
<b>BİYOSTİMULANTLARIN STRES ETMENLERİNE KARŞI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIMI KONUSUNDA BİR İNCELEME .....</b>	<b>639</b>
1. Giriş.....	639
1.1. Humik ve Fulvik Asitler .....	639
1.2. Deniz yosunu ekstraktları.....	640
1.3. Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR)'ler.....	640
1.4. Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF).....	640
1.5. Karbonhidratlar, Proteinler Amino Asitler ve Lipitler .....	641
2. Sonuçlar.....	644
3. Kaynaklar .....	644
<b>FİLYOS ALT HAVZASINDA EKSİK AKIM VERİLERİNİN KORELASYON ANALİZİ İLE TAMAMLANMASI VE AKIM SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ .....</b>	<b>648</b>
1. Giriş.....	648
2. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	649
2.1. Filyos Alt Havzasının Tanıtımı .....	650



3. Yöntem.....	653
4. Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) Verilerinin Analizi .....	653
4.1. Filyos Havzasında Bulunan AGİ'lerin Korelasyon Analizi.....	653
4.2. Regresyon analizi.....	660
4.3. Eksik Akım Değerlerinin Tamamlanması.....	661
4.4. Akım Süreklilik Eğrileri (ASE) .....	666
5. Sonuç.....	667
6. Kaynakça.....	668
<b>SİNYAL MOLEKÜLLERİNİN DIŞSAL UYGULAMASI İLE BİTKİLERİN ABİYOTİK STRESE KARŞI TOLERANSLARININ GELİŞTİRİLMESİ.....</b>	<b>669</b>
1. Giriş.....	669
2. Sinyal Molekülleri.....	670
3. Dışsal Uygulanan Sinyal Moleküllerinin Abiyotik Strese Etkisi .....	670
3.1. Salisilik Asit (SA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi.....	670
3.2. Jasmonik Asit (JA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi .....	671
3.3. Absizik Asit (ABA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi .....	671
3.4. Nitrik Oksit (NO) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi.....	672
4. Sonuç.....	672
5. Referanslar .....	672



## SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION

---

# SÖZLÜ SUNUMLAR ORAL PRESENTATION



# YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASININ KAPASİTE KISITLI ARAÇ ROTALAMA PROBLEMLERİNDEKİ SONUÇLARININ YAPAY SİNİR AĞI İLE TAHMİN EDİLMESİ

Dursun Ekmekci<sup>1</sup>, Abdullah Elen<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Karabük Üniversitesi T.O.B.B. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü.

dekmekci@karabuk.edu.tr, aelen@karabuk.edu.tr

## Özet

Optimizasyon algoritmaları, popülerliği gün geçtikçe artan ve bugün itibarıyla yapay zekâ açısından önemli konuma gelmiş çözüm yöntemlerindedir. Özellikle NP-hard sınıftaki kombinatoriyal optimizasyon problemlerini çözmek için, sürü zekâsı tabanlı birçok farklı çözüm algoritması geliştirilmiştir. Ancak bu çözüm teknikleri kullanılırken, ilgili algoritma için doğru parametre değerlerini seçmek, çok zaman almaktadır. Bu çalışmada yapay arı koloni (YAK) algoritmasının, kapasite kısıtlı eş zamanlı dağıtım toplama araç rotalama problemlerinde (EDTARP), farklı parametre değerleriyle elde ettiği sonuçlar analiz edilmiş ve seçilen parametre değerlerine göre ulaşılabilecek sonuç değeri, yapay sinir ağı (YSA) yaklaşımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen regresyon verileri, YAK ile elde edilebilecek sonuçların YSA ile tahmin edilebilecek seviyede olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yapay Arı Kolonisi, Araç Rotalama, Optimizasyon, Yapay Sinir Ağı.*

## 1. Giriş

Geniş boyutlu matematiksel problemlerin çözüm zamanını makul seviyelere indirmiş, kısa sürelerde geçerli çözümler üretebilen optimizasyon algoritmaları, farklı teknik alanlarında kullanılmaktadır. Bir optimizasyon probleminin boyutu; girdi parametreleri, kısıtlamalar ve istenen çıkış değerlerine bağlı olarak büyümekte ve çözüm zamanı değişmektedir. Kombinatoriyal optimizasyon problemleri gibi, çözümü, uzun hesaplama zamanı gerektiren problemler için, çevresini algılayabilen ve optimum çözüm bulmadaki şansını en üst seviyeye çıkarabilmek için akıllı davranışlar gösteren sistemler incelenmektedir. Hesapsal zekâ olarak adlandırılan bu alanda, özellikle NP-zor sınıftaki problemlerin çözümünde, genellikle, doğada koloni halinde yaşayan canlıların sürü zekâsından ve aralarındaki iş bölümünden esinlenerek geliştirilen zeki sürü zekâsı tabanlı algoritmalar tercih edilmektedir.

Optimizasyon problemleri için meta-sezgisel yöntemlerle çözüm aranırken, algoritmanın, arama uzayında yararsız çözümlerle oyalanmadan, geçerli çözüm bölgelerini aktif biçimde taraması hedeflenir. Bu yaklaşımda, problemin çözüm sürecinde belki çok zaman alan kısım, problem kısıtlarına göre, algoritmanın ilgili parametreleri için uygun değerlerin belirlenmesi sürecidir. Algoritmaların, çözüm oluşturma çokluğu, yeni çözüm türetme tekniği ve bu işlemlerin yinelenme sıklığı parametreleri için seçilecek değerler; algoritma performansını belirleyen, işlem süresi, arama bölgesi ve tarama biçimi gibi unsurları etkileyecektir. YAK algoritması da sezgisel yöntemlerin birçoğunda olduğu gibi, kendi özel parametreleriyle, öncelikle rastsal çözümler oluşturan, ardından iteratif biçimde, bu çözümlerin yakınında ve uzağında daha başarılı çözümler bulmaya çalışan meta-sezgisel bir algoritmadır. YAK algoritması, yerel aramadaki başarılı performansının yanı sıra, aynı anda pek çok farklı noktaya dağılarak, oldukça geniş bir çözüm uzayını hızlı bir biçimde tarayabilen, popülasyona dayalı, etkin bir algoritmadır.

Çalışma kapsamında, YAK algoritmasının, popüler kombinatoriyal optimizasyon problemlerinden biri olan kapasite kısıtlı, eş zamanlı dağıtım toplama araç rotalama problemlerindeki (EDTARP) çözüm arama stratejisi araştırılmış, algoritma parametrelerinin, çözüm performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Algoritmanın sabit bir problem için, parametrelerinin kombinatif değerleriyle elde edilen sonuçlar ve değişken parametre değerleriyle, farklı problem çözümlerinden alınan sonuçlar veri setlerinde toplanmıştır. Veri setlerindeki bu değerler, yapay sinir ağının (YSA) eğitim ve testi için kullanılmıştır.

Bildirinin sonraki bölümleri şu şekilde tasarlanmıştır. Bölüm 2’de sezgisel yöntemlerin, farklı optimizasyon problem çözümleri için parametre düzenlemesiyle ilgili geliştirilen literatür çözümleri paylaşılmıştır. Bölüm 3’te YAK algoritması, temel adımlarıyla açıklanmış, Bölüm 4’te ise YAK algoritmasının EDTARP için uyarlanan akış diyagramı, farklı parametre değerleriyle elde ettiği sonuçlar verilmiştir. Bölüm 5’te oluşturulan veri setleri ile eğitilip test edilecek YSA modeli geliştirilmiş ve eğitilip test edilmiştir. Bölüm 6’da elde edilen sonuçlar paylaşılmış ve çalışma genel olarak değerlendirilmiştir.

## 2. Sezgisel Algoritmalarla Parametre Düzenlemesine Yönelik Geliştirilen Literatür Çözümleri

Cheung ve arkadaşları (2014), ateş böceği algoritmasını geliştirmek ve performansını analiz etmek üzere yaptığı çalışmada, algoritma için parametre seçimi ve adaptasyon stratejilerini araştırmıştır [1]. Tuzkaya ve arkadaşları (2013) ise Genetik Algoritma (GA), Tavlama Benzetimi (TB) algoritması ve bu algoritmaları birlikte kullanarak oluşturdukları hibrit algoritma ile, NP-zor problem karakteristiğine sahip bir tesis düzeni problemine çözüm aramışlardır [2]. Algoritmaların performanslarını test etmek üzere, algoritma parametrelerine ait farklı kombinasyonlar oluşturmuşlar ve 100’er kez çalıştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçları, algoritmaların çözüm bulma süreleri ve çözüm değerleri üzerinden karşılaştırmışlardır. Karaboğa ve Baştürk (2008), YAK algoritmasının performansını, diferansiyel hesaplama (DH), parçacık sürü optimizasyonu (PSO) ve evrimsel algoritma (EA) algoritmalarıyla karşılaştırmışlar, bu algoritmaları, çok boyutlu numerik problemler için denemişlerdir [3]. YAK algoritmasının, bu algoritmalarla karşılaştırılabilir seviyede başarılı olduğunu ve mühendislikte kullanılan çok boyutlu problem çözümlerinde kullanılabilir olduğunu görmüşlerdir. Çalışmalarında YAK performansını ayrıca, algoritmanın kontrol parametrelerinin değişen değerleri üzerinden de analiz etmişlerdir. Koçkanat ve Karaboğa (2013) YAK parametrelerini, dijital görüntüdeki Gaussian gürültüyü ortadan kaldırmak için, ayarladıkları



çalışmalarında, YAK kontrol parametrelerini farklı değerlerle deneyerek, problem çözümü için en uygun parametre değerlerini belirlemişlerdir [4]. Akay ve Baştürk (2014) YAK algoritmasına, etkin bir komşu üretme mekanizması entegre ederek algoritmanın ayrıntı paralel modelini oluşturmuşlardır [5]. Model, literatürde oluşturulan farklı gezgin satıcı problemleri (GSP) üzerinde, algoritmanın farklı parametre değerleri kullanılarak test edilmiş, çözüm üretme ve çalışma süresi performansına ait değerler analiz edilmiştir. Karaboğa ve arkadaşları (2014) YAK algoritmasının uygulamaları hakkındaki kapsamlı araştırmalarında, YAK algoritmasının performansını artırmaya yönelik geliştirme yöntemlerini değerlendirmişlerdir [6]. Çalışmalarında, YAK parametrelerini daha verimli kılabilmek için yapılan değişiklikleri ve YAK ile diğer evrimsel algoritmaların birlikte kullanılmasıyla oluşan hibrid yaklaşımları detaylı olarak açıklamışlardır. Barr et al (1995) sezgisel algoritmaların genel performans analizi için yaptıkları çalışmalarında, bu algoritmaların hesaplamalı deney tasarımı üzerindeki etkilerini detaylı biçimde incelemişlerdir [7]. Literatürdeki, mevcut performans ölçüm kriterleri kapsamında; çözüm kalitesi, hesaplama verimliliği, dayanıklılık (robustness), problem faktörleri, algoritma faktörleri, test çevresi faktörleri gibi kıstaslar açıklanmıştır. Souza ve Ritt (2016) kombinatoriyal optimizasyon problemlerinin çözümünde uygun algoritma ve doğru parametre değerlerini otomatik olarak belirlemeye çalışmışlardır [8]. Çalışmalarında, serbest ikili kuadratik programlama problemini ele almışlar, yerel arama (YA) ve tabu arama (TA) algoritmalarını kullanarak oluşturdukları çözümle, sekiz farklı algoritma içinden uygun olanı ve bu algoritma için uygun parametre değerlerini otomatik olarak belirlemişlerdir. Elde ettikleri değerleri, manuel ayarlama süreciyle karşılaştırdıklarında, otomatik metodenin daha kısa sürede daha başarılı sonuçlar üretebildiğini gözlemlemişlerdir.

### 3. Yapay Arı Koloni (YAK) Algoritması

YAK algoritması, gerçek hayattaki bal arısı kolonilerinin, yiyecek arama sürecinde aralarında oluşturdukları iş bölümünü baz alarak, Karaboğa tarafından literatüre sunulan meta-sezgisel bir arama algoritmasıdır [9]. Karaboğa ve Akay YAK algoritmasının temelini, doğal yaşamdaki şu gözlemlerle ilişkilendirmişlerdir: algoritma kapsamında, doğadaki yiyecek kaynakları, arama uzayındaki muhtemel çözümleri temsil eder ve iteratif yaklaşımla en kaliteli besin kaynağını bulmayı hedefleyen üç farklı bal arısı türü bulunur. Kovandan çıkarak doğada rasgele besin kaynağı arayışındaki kâşif arılar, belirlenen besin kaynaklarından kovana yiyecek taşıyan işçi arılar ve işçi arılardan gelen bilgiye göre kendi sezgilerine göre yiyecek kaynağına yönelen gözcü arılar. YAK yaklaşımında besin kaynağı sayısı (n), işçi arı ve gözcü arı sayılarına eşittir. Ayrıca kâşif arılar, yiyecek kaynağı belirlendikten sonra işçi arı olarak görev aldıkları gibi; işçi arılar da ilgilendikleri besin kaynağındaki nektar tükendiğinde kâşif arı olarak yeni besin kaynağı ararlar. Karaboğa ve Akay YAK algoritmasını şu adımlarla özetlemiştir [10]:

*Başlangıç besin kaynaklarının belirlenmesi,*

*Besin kaynaklarının kalitelerinin hesaplanması,*

***Tekrarla***

*İşçi arıların besin kaynaklarına yönlendirilmesi,*

*Besin kaynaklarının seçilme olasılıklarının hesaplanması,*

*Gözcü arıların, kaynakların durumuna göre besin kaynaklarına yönelmesi,*

*Kâşif arı safhası ve yeni besin kaynaklarının keşfi,*

*O ana kadar bulunmuş en kaliteli besin kaynağının hafızaya alınması*

***Şartlar sağlanıncaya kadar***

İşçi ve gözcü arılar, gittikleri besin kaynağı komşuluğunda yeni besin kaynaklarını da kontrol ederler. Buldukları besin kaynağı, yönelindikleri kaynaktan daha kaliteliyse artık bu yeni kaynaktan besin toplayacaklardır. Aksi halde yine mevcut kaynağı kullanırlar. Bal arıları, ilgili kaynaktaki nektar tükendiğinde, bu kaynağı terk ederek, yeni kaynak arayışına yönelirler. YAK algoritmasında besin kaynaklarındaki nektar takibi, türetilen çözümlerin, temel çözümlerle karşılaştırılmasıyla sağlanır. Temel çözüm kullanılarak daha iyi bir çözüm türetilmemişse, temel çözümün başarısızlık değeri artırılacaktır. Başarısızlık değeri, limit değere ulaşan besin kaynağı terk edilecek, bu kaynak yerine yeni bir kaynak aranacaktır.

YAK algoritmasının kontrol parametreleri, koloni boyutu ve limittir. Ancak iterasyon sayısı da algoritmanın çözüm arama performansını etkilediğinden, çalışma kapsamında üçüncü bir parametre olarak değerlendirilmiştir. Algoritmada işçi ve gözcü arı sayıları, nektar sayısına eşittir. Dolayısıyla koloni boyutu, nektar sayısının iki katı genişliktedir. Kâşif arılar ise sayıları, limit parametre değeriyle ters orantılı olarak değişen, algoritmanın, belirsiz sayılı ve etkin parametresi olarak düşünülebilir. Karaboğa ve Baştürk, genel YAK performansını değerlendirdikleri çalışmalarında, kâşif arıların çözüm arama sürecindeki etkinliğini, test fonksiyonları üzerinde, bu parametreyi farklı değerlerle deneyerek test etmişlerdir. YAK algoritmasında nektar sayısı için çok büyük değer atanması, çözüm arama sürecini uzatacak, limit değer için çok düşük değer seçilmesi ise bulunan kaynağın komşuluğu yeterince araştırılmadan, arama uzayının farklı alanlarına sıçrayışlara neden olacaktır. Bu yüzden, algoritmanın, makul sürelerde geçerli çözüm bulabilmesi için, ilgili parametrelere uygun değerler atanmalıdır.

### 4. YAK Algoritmasının EDTARP Çözümüne Uyarlanması

Optimizasyon problemleri için önerilen çözüm tekniklerinin performansları, farklı türden test problemleriyle test edilebilmektedir. NP-Zor problemler sınıfında, popüler kombinatoriyal optimizasyon türlerinden biri olan EDTARP, sanayide olduğu kadar, içerdiği





birçok kısıtlama sebebiyle literatürde de ilgiyle araştırılan ve çözüm teknikleri geliştirilen, büyük boyutlu optimizasyon problem türlerindedir.

#### 4.1. Eş Zamanlı Dağıtım Toplamalı Araç Rotalama Problemleri (EDTARP)

EDTARP'nin en belirgin özelliği, müşterilere ulaştırılacak tüm malların depodan gönderildiği ve müşterilerden alınacak tüm malların da yine aynı depoya gönderileceği şeklindedir. EDTARP matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:  $G = (V, E)$  kapalı graf modelinde,  $V = \{0, 1, \dots, n\}$  düğümler kümesidir. 0 numaralı düğüm, depo merkezini; diğerleri, ziyaret edilecek müşterileri temsil eder.  $E = \{(i, j): i, j \in V\}$  kenarlar kümesidir ve her bir kenar  $c_{ij}$  maliyet (mesafe) miktarına sahiptir. Depoda bulunan araç filosundaki tüm araçlar homojen kapasiteli ( $Q$ )'dir ve araç sayısında kısıtlama yoktur. Her müşteri ( $i \in V$ ) yalnızca bir araç tarafından ve yalnızca bir kez ziyaret edilir. Ziyaret edilen müşteriye  $d_i$  miktarında yük indirilirken, bu müşteriden  $p_i$  talep miktarında yük toplanır. Amaç, bu şartlardaki bir network'te taşıma araçları için en düşük maliyetli rotalamanın sağlanabilmesidir. Rota boyunca "durak noktası" olarak belirlenen her bir düğümde dağıtım ve toplama faaliyetleri eş zamanlı olarak yürütülüp çözüm uzayı düğüm sayısı ile üstel olarak genişlediğinden bu tür problemler NP-zor problemleri sınıfında değerlendirilir. Literatür kaynakları incelendiğinde ilk olarak Min (1989) ile başlayan EDTARP için çözüm arama süreci, günümüze kadar farklı alanlarda, değişik teknikler denenerek devam etmektedir [11].

Genel bir yaklaşımla EDTARP çözümlerinde sonucu etkileyen temel öğeler: düğümler arası mesafeler, taşınacak yük miktarları ve araç kapasiteleri olarak düşünülebilir. Düğümler arası mesafelerin sonuca olan etkisini incelemek üzere Şekil 1'de, A-B-C-D düğümlerinden oluşan iki farklı network örneği gösterilmektedir. Şekil 1a'da, network'lerdeki düğümler arası mesafe matrisleri verilmiştir. Şekil 1b'de her iki network için tüm düğümleri ziyaret eden tüm çözümler belirlenmiş ve Şekil 1c'de ise network'lerin çözüm uzayları grafiksel olarak karşılaştırılmıştır. Her iki ağdaki tüm düğümlerin, diğer komşu düğümlere toplam uzaklıkları eşit (18 birim), ancak düğümler arası mesafeler farklı değerlerdedir. Network 1'de düğümler arası mesafelerin standart sapma değeri 3.11 olurken, Network 2'de düğümler arası mesafelerin standart sapma değeri 5.92'dir. Her iki ağın çözüm uzayındaki 24 adet sonuç değerleri karşılaştırıldığında, Network 1'e ait çözüm maliyetlerinin aritmetik ortalaması 17.917 ve standart sapma değeri 1.381 olarak hesaplanmış, Network 2'ye ait çözüm maliyetlerinin aritmetik ortalaması ise 17.875 ve standart sapma değeri 8.999 olarak hesaplanmıştır.

Network 1				
	A	B	C	D
A	0	5	6	7
B	5	0	7	6
C	6	7	0	5
D	7	6	5	0

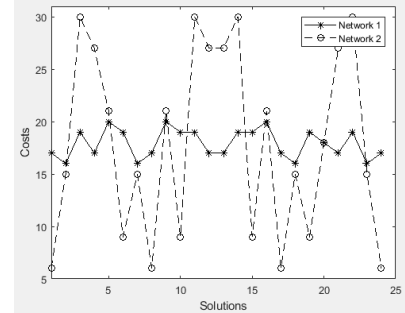
SD = 3.11

Network 2				
	A	B	C	D
A	0	1	13	4
B	1	0	4	13
C	13	4	0	1
D	4	13	1	0

SD = 5.92

Solutions	Costs	
	N.1	N.2
A B C D	17	6
A B D C	16	15
A C B D	19	30
A C D B	17	27
A D B C	20	21
A D C B	19	9
B A C D	16	15
B A D C	17	6
B C A D	20	21
B C D A	19	9
B D A C	19	30
B D C A	17	27

Solutions (continue)	Costs	
	N.1	N.2
C A B D	17	27
C A D B	19	30
C B A D	19	9
C B D A	20	21
C D A B	17	6
C D B A	16	15
D A B C	19	9
D A C D	18	18
D B A C	17	27
D B C A	19	30
D C A B	16	15
D C B A	17	6



(a) Mesafe

(b) Çözümler

(c) Maliyetlerin karşılaştırılması

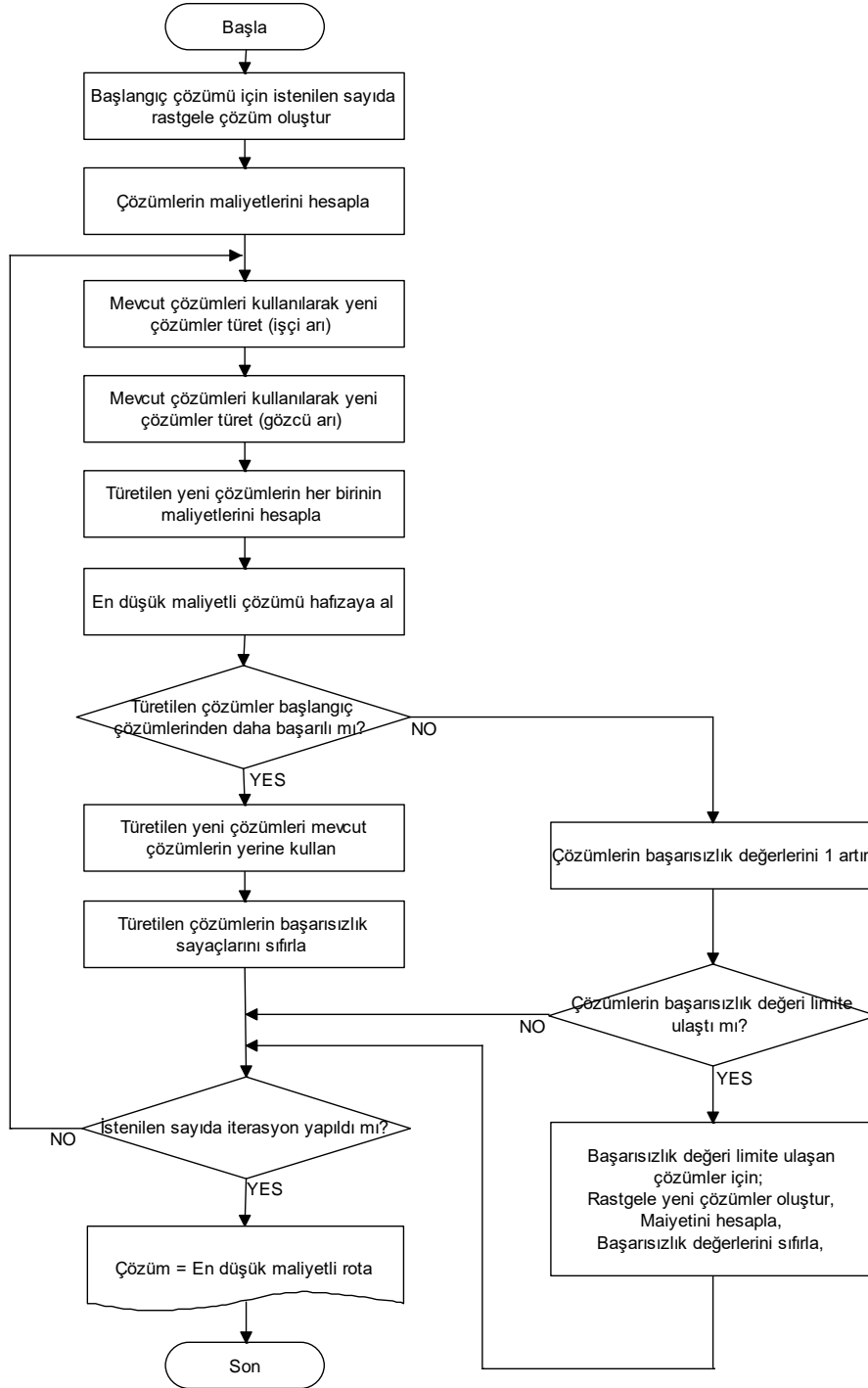
Şekil 1: İki farklı ARP örneği, çözümleri ve çözüm maliyetlerinin karşılaştırılması.

Şekil 1'deki örnekten net olarak görülebileceği üzere, hemen hemen aynı genişlikte alana yayılmış ve eşit sayıda düğüm içeren iki ağda, tüm düğümleri ziyaret eden çözüm rotaları karşılaştırıldığında, düğümler arası mesafe değerleri farklılık gösterdikçe, oluşabilecek çözümler arası farklılık da artmaktadır. Şekil 1c'de sunulan, Network 2'nin çözüm uzayındaki dalgalanma, Network 1'in çözüm uzayına nazaran daha yüksek seviyededir.

#### 4.2. EDTARP için Geliştirilen YAK Modeli

EDTARP için geliştirilen YAK modeli Şekil 2'de gösterilmektedir [12].





Şekil 2: EDTARP için YAK akış diyagramı

Test problemlerinde “0” numara ile ifade edilen ilk düğüm, depo merkezi; 1.50 numaralı düğümler ise müşteri düğüm noktalarıdır. Her bir çözüm “0” numaralı düğüm ile başlayıp, “0” numaralı düğüm ile sonlandırılacak ve araç kapasitesi göz önünde bulundurularak, optimum araç sayısına “0” düğümü kullanılabilir. Rastgele seçilecek diğer düğümler ise “yalnızca ve mutlaka” bir kez kullanılabilir. Dolayısıyla, rastgele başlangıç çözümleri oluşturulurken, mevcut çözümlerden yeni çözümler türetilirken ya da rastgele yeni çözümler belirlenirken söz konusu durum dikkate alınacaktır. Dikkat edilen diğer bir kısıtlama ise araç kapasitesinin aşılmaması gerekliliğidir. Oluşturulan her bir çözümdeki tüm rotalar, teker teker bu kısıtlama için kontrol edilmektedir. Öncelikle rotalandırılacak aracın, ziyaret edeceği düğümlerde dağıtacağı toplam yük miktarı, araç kapasitesiyle karşılaştırılmaktadır. Araç kapasitesi aşılmıyorsa, aracın, uğradığı her bir düğümde, dağıtım/toplama sonrası güncellenen yük miktarı, yine araç kapasitesiyle karşılaştırılmaktadır. Oluşturulan çözümdeki herhangi bir rota için, seyahat başlangıcında ya da uğranılan herhangi bir düğümde, taşınacak yük miktarı araç kapasitesini aşıyorsa, bu çözüm iptal edilmektedir.



### 4.3. YAK Algoritmasının EDTARP Çözümlerinde Elde Ettiği Sonuçlar

EDTARP için oluşturulan test örnekleri incelendiğinde, kompleks yapısı, geniş arama uzayı ve arama uzayındaki dalgalanma itibarıyla, araç rotalama alanında, mesafe bazlı çözüm bulmaya çalışan araştırmacılar için Dethloff (2001) örnekleri önemli görülmüştür. EDTARP çözümüne yönelik günümüze kadar geliştirilen hemen her yöntem, Dethloff örnekleri üzerinde test edilmiş, başarılı sonuçlar elde edebilen yöntemler, daha fazla düğüm sayısına sahip diğer test problemlerinde de başarılı olabilmişlerdir. Çalışma kapsamında Dethloff test problemleri ele alınmış, YAK bu test problemlerinin her biri için bağımsız olarak çalıştırılmıştır. Dethloff test problemlerinin hazırlanma süreci incelendiğinde, test problemlerinin her biri için, düğümler arası mesafeler ve dağıtım toplama talepleri parametrelerine ait değerlerde önemli dalgalanmalar oluşacağı beklenmektedir. YAK algoritmasının farklı problem örneklerindeki performansını detaylı ve objektif olarak analiz edebilmek için; öncelikle, Dethloff problemlerindeki mesafe değerlerine normalizasyon uygulanmış, her bir düğümde taşınacak yük miktarı değişimi belirlenmiş ve araç kapasitesine oranlanmıştır. Ardından, elde edilen her bir dizinin, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Tablo-1’de bu işlemlerden sonra elde edilen son durum ve YAK algoritmasının farklı parametre değerleriyle elde ettiği sonuçlar gösterilmektedir.

**Tablo 1: Dethloff Test Problemleri ve YAK Sonuçları.**

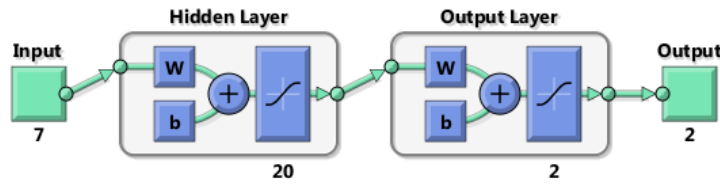
Dethloff Problemleri	Problem Detayları				YAK Algoritması						
	Mesafe		Yük Değişimlerinin Araç Kapasitelerine Oranları		Parametre Seti			Sonuçlar			
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma	Kaynak Sayısı	Limit	Çevrim Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	En Sonuç	İyi
SCA3-0	0,477	0,24	-0,072	0,217	1500	250	1500	664,05	17,88	640,55	
SCA3-1	0,516	0,259	-0,086	0,214	1500	250	1500	715,6	12,16	697,84	
SCA3-2	0,507	0,26	-0,384	0,185	1500	250	1500	685,43	18,88	659,34	
SCA3-3	0,505	0,258	-0,13	0,209	1500	250	1500	701,93	17,4	683,11	
SCA3-4	0,533	0,258	-0,167	0,195	1500	250	1500	718,13	13,09	692,57	
SCA3-5	0,511	0,256	-0,104	0,185	1500	250	1500	686,73	12,18	659,9	
SCA3-6	0,473	0,242	0,216	0,208	1500	250	1500	668,07	15,17	651,09	
SCA3-7	0,523	0,257	-0,46	0,211	1500	250	1500	687,83	15,17	666,54	
SCA3-8	0,543	0,267	0,374	0,202	1500	250	1500	742,13	19,1	723,44	
SCA3-9	0,525	0,26	-0,284	0,214	1500	250	1500	704,5	11,51	685,16	
SCA8-0	0,477	0,24	-0,191	0,579	1000	200	2000	995,65	15,19	961,5	
SCA8-1	0,516	0,259	-0,23	0,571	1000	200	2000	1001,8	18,6	1060,63	
SCA8-2	0,507	0,26	-1,023	0,495	1000	200	2000	1092,2	16,37	1045,12	
SCA8-3	0,505	0,258	-0,346	0,558	1000	200	2000	1011,93	8,47	983,34	
SCA8-4	0,533	0,258	-0,444	0,521	1000	200	2000	1121,13	13,73	1072,39	
SCA8-5	0,511	0,256	-0,277	0,494	1000	200	2000	1059,73	15,07	1027,08	
SCA8-6	0,473	0,242	0,576	0,553	1000	200	2000	1039,4	15,43	980,71	
SCA8-7	0,523	0,257	-1,227	0,562	1000	200	2000	1096,24	14,11	1059,28	
SCA8-8	0,543	0,267	0,997	0,54	1000	200	2000	1131,53	12,53	1080,02	
SCA8-9	0,525	0,26	-0,756	0,57	1000	200	2000	1112,97	19,59	1060,5	
CON3-0	0,374	0,228	-0,153	0,211	1500	250	1500	637,93	19,19	616,5	
CON3-1	0,36	0,221	-0,135	0,171	1500	250	1500	572,47	8,26	554,47	
CON3-2	0,325	0,205	0,16	0,205	1500	250	1500	538,97	7,35	523,47	
CON3-3	0,385	0,236	-0,512	0,174	1500	250	1500	611,33	14,75	595,46	
CON3-4	0,356	0,206	-0,073	0,168	1500	250	1500	610,73	15,75	591,37	
CON3-5	0,381	0,229	0,238	0,207	1500	250	1500	598,77	16,42	563,7	



CON3-6	0,312	0,189	0,306	0,197	1500	250	1500	517,43	14,34	502,63
CON3-7	0,412	0,23	0,386	0,205	1500	250	1500	611,87	16,7	580,87
CON3-8	0,36	0,227	0,025	0,174	1500	250	1500	540,03	17,76	523,94
CON3-9	0,367	0,227	0,092	0,227	1500	250	1500	603,9	11,94	578,25
CON8-0	0,374	0,228	0,408	0,562	1000	200	2000	879,77	10,12	864,52
CON8-1	0,36	0,221	-0,359	0,455	1000	200	2000	757,03	6,76	745,91
CON8-2	0,325	0,205	0,427	0,546	1000	200	2000	739,77	8,89	712,89
CON8-3	0,385	0,236	-1,364	0,465	1000	200	2000	840,58	16,29	816,38
CON8-4	0,356	0,206	-0,194	0,448	1000	200	2000	791,8	7,66	774,9
CON8-5	0,381	0,229	0,634	0,553	1000	200	2000	769,83	5,68	758,33
CON8-6	0,312	0,189	0,815	0,524	1000	200	2000	707,87	5,41	683,21
CON8-7	0,412	0,23	1,029	0,547	1000	200	2000	828,77	8,78	811,96
CON8-8	0,36	0,227	0,066	0,465	1000	200	2000	786,9	5,26	771,19
CON8-9	0,367	0,227	0,244	0,606	1000	200	2000	824,7	4,88	809

### 5. YSA'nın YAK Sonuçlarını Tahmin için Oluşturulması

Tablo 1'de veriler kullanılarak, MATLAB ortamında geliştirilen YSA modelinde; Dethloff problemlerindeki düğümlere ait mesafe ortalamaları, mesafeler arası standart sapma verileri, her bir düğümdeki yük değişimi ortalaması ve bu değişimler için hesaplanan standart sapma değerleri, YAK algoritmasına ait parametre değerleri (kaynak sayısı ve limit) ve her bir denemede iterasyon sayıları girişler olarak belirlenmiştir. Çıkışta ise YAK algoritmasının bu problemlerde elde edeceği ortalama sonuçlar ve bu sonuçların standart sapma değerleri tahmin edilmek istenmektedir. Bu bağlamda 7 giriş, 2 çıkışlı YSA modeli Şekil 3'te gösterilmektedir.



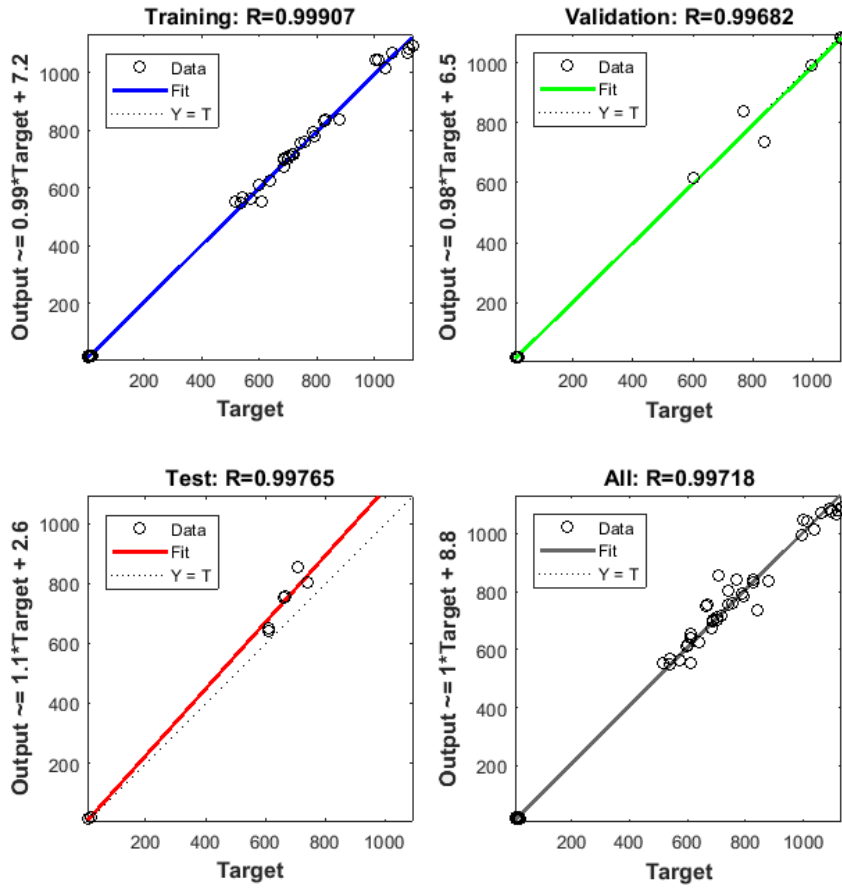
Şekil 3: Oluşturulan YSA'nın Yapısı.

Şekil 3'te görüleceği üzere, YSA yapısında iki ara katman ve her bir katmanda toplamda 20 yapay sinir hücresi bulunmaktadır. Ağ eğitimi için Levenberg-Marquardt algoritması kullanılmıştır.

### 6. Sonuçlar ve Tartışma

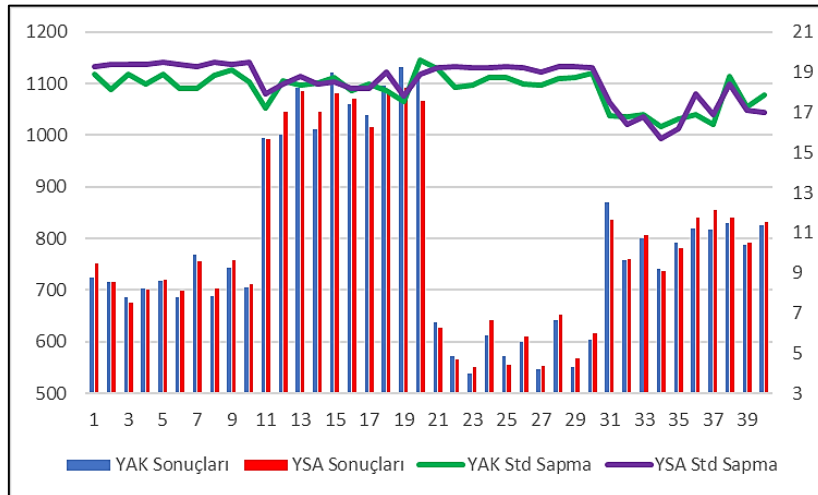
Başarılı bir eğitimin ardından elde edilen regresyon sonuçları Şekil 4'te gösterilmektedir.





Şekil 4: YSA'nın eğitim sonuçlarından elde edilen regresyon değerleri

Eğitimin ardından, YSA'nın performansı, eğitim setindeki veriler ve test verileri ile denenmiştir. YSA, bu denemelerde; sonuç ortalamalarında en çok %4,77 hata ile, standart sapmalarda ise en çok %6,83 hata ile sonuçlar üretmiştir. Dethloff test problemlerinden elde edilen YAK sonuçları ile, YSA modelinin ürettiği sonuçlar, Şekil 5'teki grafikte karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.



Şekil 5: YAK ve YSA sonuçları

Elde edilen sonuçlara bakarak, popüler kombinatoriyal optimizasyon problemlerinden biri olan kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde, sonuca etki eden problem parametreleri ile çözüme etki eden algoritma parametreleri YSA modeline "giriş" olarak verildiğinde, YSA beklenen sonuca yakın bir kestirimde bulunabilecektir. Bu bağlamda, YAK sezgisel modelinin istenen sonucu



verebilmesi için gereken parametre değerleri belirlenebilir. Çalışma daha da geliştirilerek yalnızca araç rotalama problemleri için değil, farklı yapılarıdaki ayrık optimizasyon problemleri için de uygun parametre değerleri belirlenebilir.

## 7. Kaynakça

- [1] N. J. Cheung, X. M. Ding, and H. Bin Shen, “Adaptive firefly algorithm: Parameter analysis and its application,” *PLoS One*, vol. 9, no. 11, 2014.
- [2] G. Tuzkaya, B. Gulsun, U. R. Tuzkaya, S. Onut, and E. Bildik, “A comparative analysis of meta-heuristic approaches for facility layout design problem: A case study for an elevator manufacturer,” *J. Intell. Manuf.*, vol. 24, no. 2, pp. 357–372, 2013.
- [3] D. Karaboga and B. Basturk, “On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 8, no. 1, pp. 687–697, Jan. 2008.
- [4] Y. Kabalci, S. Kockanat, and E. Kabalci, “A modified ABC algorithm approach for power system harmonic estimation problems,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 154, pp. 160–173, 2018.
- [5] R. Akay and A. Basturk, “Parallel artificial bee colony algorithm for traveling salesman problem,” *2014 22nd Signal Process. Commun. Appl. Conf.*, no. Siu, pp. 501–505, 2014.
- [6] D. Karaboga, B. Gorkemli, C. Ozturk, and N. Karaboga, “A comprehensive survey: Artificial bee colony (ABC) algorithm and applications,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 42, no. 1, pp. 21–57, 2014.
- [7] R. S. Barr, B. L. Golden, J. P. Kelly, M. G. C. Resende, and W. R. Stewart, “Designing and reporting on computational experiments with heuristic methods,” *J. Heuristics*, vol. 1, no. 1, pp. 9–32, 1995.
- [8] M. De Souza and M. Ritt, “A Study of the Automatic Design of Heuristics for Binary Quadratic Programming,” pp. 1673–1684, 2016.
- [9] D. Karaboga, “An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization,” Kayseri, Turkey, 2005.
- [10] B. Akay and D. Karaboga, “Artificial bee colony algorithm for large-scale problems and engineering design optimization,” pp. 1001–1014, 2012.
- [11] H. Min, “The Multiple Vehicle Routing Problem With Simultaneous Delivery and Pick-Up Points,” *Transp. Res. Part A Gen.*, vol. 23, no. 5, pp. 377–386, 1989.
- [12] F. Simsir and D. Ekmekci, “Engineering Science and Technology , an International Journal A metaheuristic solution approach to capacitated vehicle routing and network optimization,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, no. xxxx, pp. 1–9, 2019.



# CLASSIFICATION OF MORPHOLOGICAL IRIS PROPERTIES USING NAIVE BAYES CLASSIFIER

Emre Avuçlu<sup>1</sup>, Abdullah Elen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Computer Technology, Aksaray University, Aksaray/TURKEY*

<sup>2</sup>*Department of Computer Technology, Karabuk University, Karabuk/TURKEY*

*emreavuculu@aksaray.edu.tr, aelen@karabuk.edu.tr*

## Abstract

In recent years, person recognition and identity inquiry have been frequently encountered in many areas. Especially in places such as private office entrances, airports, banks, this type of person recognition is done under much more stringent controls. Biometric systems emerged with the idea that using human beings as a control tool would be the most reliable way. Biometric systems mean the use of human physiological features such as iris, fingerprint, face, hand for identification purposes. In this study, iris classification was performed on an iris database that can be used in biometrics. For the classification process, Naive Bayes classifier which is the machine learning algorithm was used. The result was 96.04% education and 92.11% test success.

**Keywords:** *Biomedical diagnostics, Machine learning algorithms, Iris database.*

## 1. Introduction

Biometric systems analyze certain parameters according to the method used. The number of these parameters depends on the physical property to be scanned. It is a general technique that measures the physiological characteristics of biometric individuals and is used in diagnostic and verification applications using these features [1]. Biometric systems, just like the human brain, can recognize and differentiate. Instead of the identifiers that can be lost, stolen or forgotten, such as cards and passwords, the direct use of the person makes the system more reliable and convenient. The devices used in biometric systems analyze the physical characteristics that are different in each person and authenticate them for access to environments such as databases, banks and computer systems without using a password.

Boles et al. used edge detection algorithms to locate the iris [2]. Sanchez-Reillo et al. found the iris margin information using histogram analyzes. In the comparison stage, they applied the Hamming distance method [3]. Tisse et al. used the Hough transformation to determine the location of the iris. They applied the two-dimensional Hilbert transform in the feature extraction stage and the Hamming distance method in the comparison stage [4]. Lim et al. found the inner and outer edges of the iris using edge detection algorithms. They performed 94.4% accurate classification in their study on 200 people [5]. Huang et al. used an integro-differential operator for iris localization. In the comparison stage, they applied the Euclidean distance method. They achieved 100% accurate recognition in their practice on 10 people [6]. Alim et al. applied Hough transformation to determine the location of the iris. In their study of 159 people, they achieved recognition with an accurate classification rate of 96.1% [7]. Liam et al. determined the inner and outer margins of the iris using edge detection algorithms. In their study, they used iris images from 30 individuals and obtained 83% correct classification [8]. Yu et al. looked at the similarity of two iris information using fractional Fourier transform in the comparison step [9]. Szewczyk et al. performed an iris recognition using the multi-layer perceptron neural network model in the comparison phase [10]. Using a fast modular neural network, El-Bakry looked for iris in a picture [11]. Kong et al. proposed an algorithm for detecting light reflections and lash noise in the image to improve the performance of iris localization [12]. Vatsa et al. performed a study comparing 4 different iris recognition algorithms [13]. In this study, properties of 3 different iris images were classified with Naive Bayes classifier by using iris database.

## 2. Materials and Methods

In this section, information about the database and Naive Bayes machine learning algorithm is given.

### 2.1. Dataset and its properties

The dataset contains three classes (Iris Setosa, Iris Versicolour, Iris Virginica) of 50 instances each, where each class refers to a type of iris plant. One class is linearly separable from the other 2; the latter are not linearly separable from each other. Predicted attribute: class of iris plant. This is an exceedingly simple domain. This data differs from the data presented in Fishers article. The 35th sample should be: 4.9, 3.1, 1.5, 0.2, "Iris-setosa" where the error is in the fourth feature. The 38th sample: 4.9, 3.6, 1.4, 0.1, "Iris-setosa" where the errors are in the second and third features [14].

1. sepal length in cm
2. sepal width in cm
3. petal length in cm
4. petal width in cm





5. class:

- Iris Setosa
- Iris Versicolour
- Iris Virginica

## 2.2. Naive Bayes Classifier

The Naïve Bayes classifier is a simple probabilistic classification method based on Bayes theorem. In the Bayes theorem (BT), where two independent events (and) occur one after the other, the probability of the second event occurring in the event of one of these two events can be shown. By means of the change feature, the product rule as in Eq. 1 can be written with two different expressions;

$$P(X \cap Y) = P(X|Y)P(Y) = P(Y|X)P(X) \quad (1)$$

Bayes' theorem defines the relationship between a random event that arises from a random process and conditional probabilities and marginal probabilities for another random event as in Eq. 2.

$$P(Y|X) = \frac{P(X|Y)P(Y)}{P(X)} \quad (2)$$

The probabilities of the dependent states that are likely to occur in any problem are calculated by the Bayes equation given above. In this equation,  $P(X)$  represents the input probability of the problem,  $P(Y)$  represents the probability of a possible exit status, and  $P(Y|X)$  represents the probability of a Y output versus input X [15].

## 3. Experimental Results

This section provides information about the performance of the system using Confusion Matrix. It is a matrix model that provides a holistic approach to the classification performance of an intelligent system algorithm. A confusion matrix is structurally expressed as in equation 3 below.

$$CM = \begin{bmatrix} TP & FP \\ FN & TN \end{bmatrix} \quad (3)$$

In this study, 10 statistical measurements were used to analyze the results. These measurements and formulas are shown in Table 1.

**Table 1. Statistical measurement methods**

<i>Sensitivity</i> <i>True Positive Rate</i>	<i>or</i> $TPR = \frac{TP}{TP + FN}$	<i>Dice</i> <i>Coefficient</i>	$DSC = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$
<i>Specificity</i> <i>True Negative Rate</i>	<i>or</i> $TNR = \frac{TN}{TN + FP}$	<i>Accuracy</i>	$ACC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$
<i>Precision</i> <i>Positive Predictive Value</i>	<i>or</i> $PPV = \frac{TP}{TP + FP}$		
<i>Negative Predictive Value</i>	$NPV = \frac{TN}{TN + FN}$	<i>F-Measurements</i>	$FM = \frac{2}{\frac{1}{TPR} + \frac{1}{PPV}}$
<i>False Positive Ratio</i>	$FPR = \frac{FP}{TN + FP}$	<i>Matthews Correlation Coefficient</i> $MCC = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP + FP)(TP + FN)(TN + FP)(TN + FN)}}$	
<i>False Negative Ratio</i>	$FNR = \frac{FN}{TP + FN}$		

The training and test ratios of the dataset used in the experimental studies were 73% and 27%, respectively. Table 2 below gives the results of the statistical measurements obtained according to these diagnostic procedures.

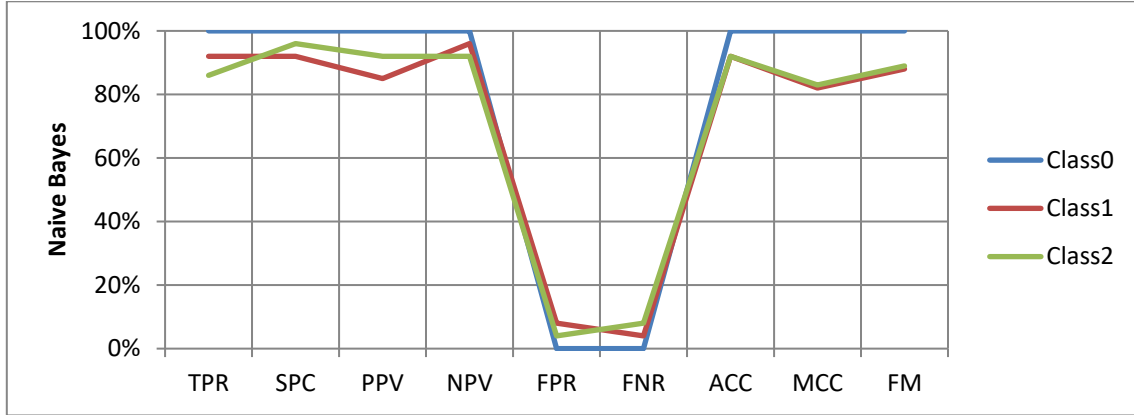




**Table 2. Statistical measurement results**

	TPR	SPC	PPV	NPV	FPR	FNR	ACC	MCC	FM
<b>Class0: Iris Setosa</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
<b>Class1: Iris Versicolour</b>	0,92	0,92	0,85	0,96	0,08	0,04	0,92	0,82	0,88
<b>Class2: Iris Virginica</b>	0,86	0,96	0,92	0,92	0,04	0,08	0,92	0,83	0,89

The following figure shows the iris classification results with Naive Bayes algorithm.



**Figure 1: Iris classification results with Naive Bayes algorithm.**

#### 4. Conclusions

In recent studies, we can see that iris images are classified using machine learning algorithms. In this study, Naive Bayes, one of the machine learning algorithms, was used to classify the data in an iris dataset. It is aimed to identify the iris images in the dataset with the verification rate. In this context, test results were evaluated by using statistical methods. In this study, data were prepared by using four different morphological features. 92.11% test success was achieved with Naive Bayes classifier obtained from three different iris classes.

#### 5. References

- [1]. Wildes, R.P. 1997. Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology. Proceedings of the IEEE Vol. 85 No. 9.
- [2]. Boles, W.W. and Boashah B. 1998. A human identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform, IEEE Tr. on Signal Proces., Vol. 46, pp. 1185-1188.
- [3]. Sanchez-Avila, C. and Sanchez-Reillo R. 2002. Multiscale Analysis for Iris Biometrics. Proc. of Int. Carnahan Conference on Security Technology, pp 35-38.
- [4]. Tisse, C.-L., Martin, L., Torres, L. and Robert, M. 2002. Person identification technique using human iris recognition. The 15th International Conference on Vision Interface, pp.294–299.
- [5]. Lim, S., Lee, K., Byeon, O. and Kim, t. 2001. Efficient Iris Recognition through Improvement of Feature Vector and Classifier, ETRI J., Vol. 23, No. 2, PP. 61- 70.
- [6]. Huang, Y.P., Luo, S.W. and Chen, E.Y. 2002. An efficient iris recognition system. Proc.1st Int. Conf. Mach. Learning and Cybernetics, Beijing.
- [7]. Alim, O. ve Sharkas M. 2002. Texture classification of the human iris recognition using artificial neural Networks. Proc. of IEEE Melecon 2002, Cairo.
- [8]. Liam, L., Chekima, A., Fan, L. and Dargham, J. 2002. Iris recognition using selforganizing neural network. In IEEE, 2002 Student Conference on Research and Developing Systems, pp. 169–172, Malaysia.
- [9]. Yu, L., Wang, K., Wang, C. And Zhang, D. 2002. Iris verification based on fractional fourier transform. Proc. of 1st Int. Conf. on Machine Learning and Cybernetics, Beijing.



- [10]. Szewczyk, R., Jablonski, P. Kulesza, Z., Napieralski, A., Cabestany, J. and Moreno, M. 2002. Automatic people identification on the basis of the iris pattern extraction features and classification. Proc. of 23rd Int. Conf. On Microelectronics, vol. 2, Yugoslavia.
- [11]. El-Bakry H. M.2001. Human iris detection using fast cooperative modular neural networks. Int. Joint Conf. on Neural Networks, Washington, Dc., USA, 14-19 July, 577-582.
- [12]. Kong, W.K. and Zhang, D. 2001. Accurate iris segmentation based on novel reflection and eyelash detection model, in Proceedings of Int. Symp. Ov Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, Honk Kong, pp. 263-266.
- [13]. Vatsa, M., Singh, R. and Gupta, P. 2004. Comparison of iris recognition algorithms. International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing India, pp.354-358.
- [14]. Web site: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Iris>, accessed date:19.9.2019.
- [15]. Orhan, U. and Adem, K., “The Effects of Probability Factors in Naive Bayes Method”, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 722-724 (2012).



## CAM ELYAF KUMAŞ İLE DESTEKLENMİŞ AHŞAP LAMINE MALZEMELERDE EĞİLMEDE ELASTİKİYET MODÜLÜ

Abdurrahman Karaman<sup>1\*</sup>, Mehmet Nuri Yıldırım<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü

abdurrahman.karaman@usak.edu.tr

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü

mnyildirim@karabuk.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışmada, cam elyaf kumaş ile güçlendirilmiş ahşap lamine malzemenin 4 noktadan eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; ihlamur (*Tilia tomentosa* M.) odunundan hazırlanan örnekler cam elyaf kumaş (GFRP) ile polivinilasetat (PVAc-D3) ve poliüretan esaslı yapıştırıcı (PU-D4) kullanılarak güçlendirme çalışması yapılmıştır. Deney örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü belirlemek için TS EN 408 standart esaslarına uyulmuştur. Deney sonuçlarına göre; en yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri poliüretan (PU-D4) tutkalı ile 200 gr/m<sup>2</sup> plain cam elyaf kumaş takviyeli ahşap yapı elemanlarda tespit edilmiştir. En düşük eğilmede elastikiyet modülü değeri ise polivinilasetat (PVAc-D3) ile katmanlar arası cam elyaf kumaş kullanılmayan kontrol lamine örneklerde tespit edilmiştir. Ayrıca poliüretan (PU-D4) tutkalı ile cam elyaf kumaş (GFRP) kullanımının yapışma mukavemetini arttırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Eğilmede Elastikiyet Modülü, Cam Elyaf Kumaş, Tutkal, Lamine, Ihlamur.

### 1. Giriş

Son yıllarda mühendis ve teknik elemanlar; beton, çelik, ahşap, taş, plastik, cam gibi malzemelerin çeşitli şekil ve oranlarda bir araya getirilmesi ile daha çok kullanışlı malzemeler elde etmek konusunda yoğun bir çaba göstermektedirler. Bunun yanında, yüksek mukavemetli cam, karbon, bor, aramit elyaf gibi yeni malzemeler geliştirilmektedir. Geliştirilen bu malzemeler ilk olarak risk seviyesi yüksek uygulamalarda kullanılmakla beraber daha sonraları yapısal uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ahşap yapı tasarımında ahşap malzemenin büyük boyutlu yapı elemanlarda tek parça olarak kullanılması gerek teknik ve gerekse ekonomik açıdan elverişli değildir. Ayrıca taşıyıcı elemanların üretiminde, ahşap malzemenin tek parça olarak kullanılması olanakları sınırlıdır. Çünkü ağaç malzemede bulunan spiral liflilik, budak, çatlak, vb. kusurların tamamen arındırılması mümkün olmamaktadır. Bu durum ahşap yapının güvenliğini oldukça etkilemektedir [1].

Masif malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalâtlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır. Bu teknik masif malzemenin kusurlarından arındırılarak kullanılmasına imkân sağlamakta ve üretilen malzemenin kalite özellikleri masif ağaç malzemenin daha üstün olduğu belirtilmiştir [2].

Ağaç işleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, TS EN 386'ya göre; ahşap kaplamaların lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı %4'ü geçmemelidir. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olabilir. Ayrıca, laminasyon işleminin yapıldığı ortamın bağıl neminin % 40-70 arasında, sıcaklığının ise en az 15°C olmalıdır [3].

Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kayın (*Fagus sylvatica*) odunları, polivinilasetat tutkalı (PVAc), poliüretan tutkalı (PU) ve D2 bazlı beyaz tutkalı ile 3 katmanlı lamine edilmiş ahşap malzeme, kendini temsil eden masif ahşap malzemeye göre mekanik özellikler bakımından daha üstün olduğu tespit edilmiştir [4].

Yapılan literatür taramalarında ahşap lâminasyon tekniği ile kompozit malzeme üretimi alanında birçok çalışma yapıldığı belirlenmiştir. Cam elyaf ile güçlendirme çalışmaları ilk olarak [5-6] tarafından yapılmıştır. Her iki araştırmacıda bu ilk denemelerde değişik türdeki masif ahşap malzeme üzerine epoksi reçine ile muamele edilmiş tek yönlü cam elyaf kullanarak denemeler yapmışlardır. Lamine edilmiş kirişler üzerinde ilk deneme ise Theakston (1965) tarafından yapılmıştır [7]. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda ahşabın, ahşap dışında bazı malzemelerle lâmine edildiği ve bu sayede farklı kompozit ürünler elde edildiği görülmüştür. Aşağıda lâminasyon işlemi ile ilgili literatür araştırmasında rastlanan bilimsel çalışmalara yer verilmiştir. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan hazırlanmış papel kaplamaları 9 katmanlı olarak lameller arasına destek elemanları (sıva altı filesi, fiber tel file, alüminyum tel file) yerleştirilip PVAc-D3 tutkalı ile yapıştırılmış ahşap lamine elemanların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi [8], cam ve karbon elyafı ile güçlendirilmiş lamine sarıçam malzemenin bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi [9], cam elyaf kumaşı ile güçlendirilmiş ahşap yapı elemanların bazı fiziksel özelliklerin belirlenmesi [10-11], GFRP'nin kavak (*Populus deltoides*) ve kayın (*Fagus orientalis* L.)'den yapılmış tutkallanmış lamine kereste (glulam) malzemenin eğilme direncine etkisi [12], kızılçamdan üretilen, çelik plaka ve cam lifi ile güçlendirilmiş tabakalı kerestelerin eğilmedeki performans



özelliklerinin belirlenmesi [13], destek katmanı ve lamel kalınlığının lamine ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerine etkisi[14], GFRP ile desteklenmiş ahşap sandviç kirişlerin statik yük altında bükülme performansı [15], cam elyaf kumaş destekli (GFRP) lamine kestane malzemenin eğilme dayanımı [16] ihlamur lamine malzemenin eğilme direncine cam elyaf kumaş tipinin etkisi [17], GFRP ile güçlendirilmiş lamine şerit (LSL); mekanik ve fiziksel özelliklerin belirlenmesi [18], cam elyaf kumaşı ile desteklenmiş kavak lamine ahşap malzemenin bazı mekanik özelliklerin belirlenmesi [19] ile ilgili yapılan çalışmalar mevcuttur.

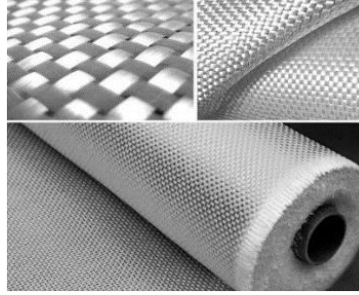
Bu çalışmanın amacı, 5 mm kalınlığındaki ihlamur (*Tilia tomentosa M.*) papellerden, polivinilasetat (PVAc-D3 ) ve poliüretan (PU-D4) kullanılarak yapıştırılması ve katmanlar arasında güçlendirmeyi sağlaması amacıyla 100 gr/m<sup>2</sup> plain Seyrek Dokuma ve 200 gr/m<sup>2</sup> plain Sık Dokuma özelliklerdeki cam elyaf kumaşları (GFRP) yerleştirilmesi ile 4 katmanlı olarak üretilen ahşap lamine malzemelerin 4 noktadan eğilmede elastikiyet modülü değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ihlamur (*Tilia tomentosa M.*) Ankara siteler bölgesindeki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi yöntemle temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılacak ahşap malzeme seçiminde, normal büyüme göstermiş, kurutulmuş, kusursuz, lifleri düzgün, budaksız, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir.

Ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla papeller arasına kullanılan cam elyaf kumaşlar (GFRP), 100 gr/m<sup>2</sup> plain Seyrek Dokuma ve 200 gr/m<sup>2</sup> plain Sık Dokuma olup Şekil 1’de gösterilmektedir.

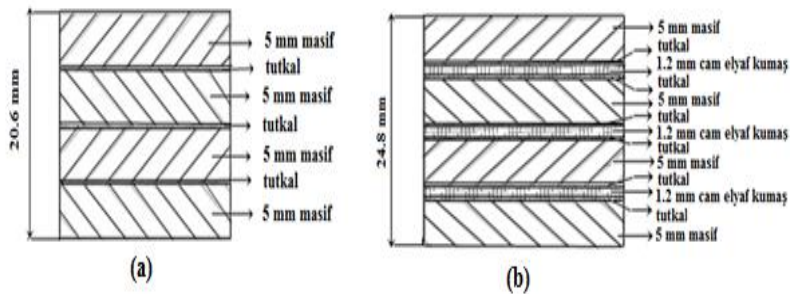


Şekil 1 : Cam elyaf kumaş (GFRP)

Papellerin yapıştırılmasında tek bileşenli polivinilasetat (PVAc-D3) ve poliüretan (PU-D4) tutkalları kullanılmıştır. PVAc-D3 tutkalın teknik özellikleri; yoğunluğu 1.1± 0.02 g/cm<sup>3</sup>, pres basıncı 0.1-1N/mm<sup>2</sup> viskozitesi (25°C) 13000±2000mPas, birleşme yüzeyinin durumuna göre 120-200 gr/m<sup>2</sup> tutkal kullanılması- iyi bir birleştirme için yeterli olmaktadır [8]. PU-D4, tek komponentli, poliüretan esaslı, hızlı ve ortamdaki nem ile kürleşen, neme, hava şartlarına kimyasallara dayanıklı, D4 özellikli bir yapıştırıcıdır. Yoğunluğu 1.1± 0.02 g/cm<sup>3</sup>, viskozitesi (25°C) 4500±500 cp, pH değeri 3, tutkallama süresi 20°C, %65 bağıl nem şartlarında 30 dakika olarak üretici firma tarafından tavsiye edilmektedir [20].

### 2.2. Metot

Ihlamur keresteler, TS 5497 EN 408 (TSE, 2010) “Ahşap Yapılar – Yapı Kerestesi ve Tutkallanmış Lamine Kereste – Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini” standardına göre hazırlanmıştır [21]. Hava kurusu haldeki 5 mm kalınlığındaki masif malzemeler, ara dolgu malzemesi 100 gr/m<sup>2</sup> plain Seyrek Dokuma ve 200 gr/m<sup>2</sup> plain Sık Dokuma tipi cam elyaf kumaş) ve kontrol numuneleri (masif malzeme aralarına sadece tutkal sürülerek) arasına PVAc-D3 ve PU-D4 tutkalı sürülerek (180 gr/m<sup>2</sup>) 4 katmanlı olacak şekilde sıcak ve soğuk prese uygun olan basınç göstergeli hidrolik pres makinesinde soğuk olarak (Pres basıncı: 12 kg/cm<sup>2</sup>) ile yeterli süre (Pres süresi: 8 saat) preslenerek yapıştırılmıştır. Pres işleminden sonra levhalar 1 hafta süreyle istif edilmiş ve deney örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler Şekil 2’teki gibidir.

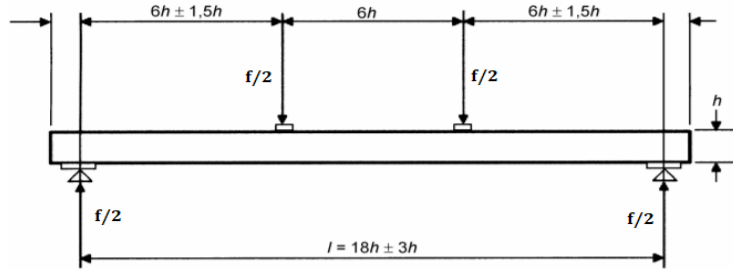


Şekil 2: Deney örnekleri (A): Cam Elyaf Kumaş+Tutkal+Masif, (B):(Tutkal+Masif)



Deneylerde 1 ağaç türü Ihlamur (*Tilia tomentosa* M.), 2 tutkal çeşidi (PVAc-D3 ve PU-D4), 2 cam elyaf kumaş tipi (100 gr/m<sup>2</sup> plain Seyrek Dokuma ve 200 gr/m<sup>2</sup> plain Sık Dokuma) ve ayrıca kontrol numunelerde dahil her örnekten 10'ar adet olmak üzere 60 adet (1 x 2 x 3 x 10=60) numune hazırlanmıştır. Deney örnekleri deneylerden önce 20±2°C ve % 65±3 bağıl nem koşullarındaki iklimlendirme dolabında denge rutubetine ulaşınca kadar bekletilmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü deneyleri TS 5497 EN 408 [21] standartlarında belirlenen esaslara göre Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu laboratuvarında bulunan bilgisayar kontrollü SHIMADZU marka üniversal test cihazında 4 noktadan eğilme aparatı kullanılarak test edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Deney örneklerin eğilmede elastikiyet modülü tayini için deney düzeneği (TSE, 2006).

Eğilmede elastikiyet modülünde statik yükleme hızı 5mm/dk'dır. Mesnetler arası açıklık 360 mm'dir. Eğilmede elastikiyet modülü ve maksimum kuvvet taşıma kapasitesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır

$$E_{m.g4} = \frac{\lambda^3(F_2 - F_1)}{b_1 h_1^3 (W_2 - W_1)} \left[ \left( \frac{3a}{4\lambda} \right)^3 - \left( \frac{a}{\lambda} \right)^3 \right] \quad (1)$$

Burada;

$E_{m.g4}$  = Dört Noktadan Eğilmede Elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$\lambda$  = Esneklik modülünün tayini için ölçülen uzunluk (mm)

$b_1$  = Örnek genişliği (cm) (Teğet ölçü)

$h_1$  = Örnek yüksekliği (cm) (Radyal ölçü)

$a$  = Yükleme noktası ile en yakın mesnet arasındaki mesafe (mm)

$F_2 - F_1$  = Yük sehim eğrisinin doğru hattı üzerindeki yük oranının artışı (N)

$W_2 - W_1 = F_2 - F_1$  'e karşılık gelen deformasyondaki artış (mm).

Çalışmanın istatistik analizleri IBM SPSS Statistics 22 programı ile yapılmıştır. Bu kapsam da değişkenlere ait istatistiksel analiz, çoklu varyans analizi ve homojenlik testleri analiz edilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Lamine ahşap malzeme ve masif ağaç(kontrol) malzemelerin eğilmede elastikiyet modülüne ait değerlerin istatistikî değerlendirilmesi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Eğilmede elastikiyet modülü istatistiksel değerleri (N/mm<sup>2</sup>).

Tutkal Çeşidi	Cam Elyaf Kumaş Tipi	Xmin	Xmax	Xort.	Std.
Polivinilasetat (PVAc-D3)	Kontrol	8201	8387	8294	120.88
	100gr/m <sup>2</sup> Seyrek Dokuma	8411	8597	8504	112.07
	200gr/m <sup>2</sup> Seyrek Dokuma	8909	9096	9002	172.66
Poliüretan (PU-D4)	Kontrol	8455	8641	8548	235.25
	100gr/m <sup>2</sup> Seyrek Dokuma	9055	9242	9149	103.84
	200gr/m <sup>2</sup> Seyrek Dokuma	9484	9670	9577	78.99



Tutkal çeşidi ve cam elyaf kumaş tipi ile bu bağımsız değişkenlerin ikili etkileşimlerinin eğilmede elastikiyet modülü değerine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2: Eğilmede elastikiyet modülü varyans analizi.**

Varyans Kaynaklar	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali P<0.05
Tutkal Çeşidi	1	3614643.971	3614643.971	167.662	0.000
Cam Elyaf Kumaş Tipi	2	7560385.734	3780192.867	175.341	0.000
TÇ x CT	2	434461.050	217230.525	10.076	0.000
Hata	54	1164193.170	21559.133		
Toplam	60				
R= 0.909					

TÇ: Tutkal Çeşidi CT: Cam Elyaf Kumaş Tipi S.D: Serbestlik Derecesi

Varyans kaynaklarının eğilmede elastikiyet modülü etkileri bakımından gruplar arası farklılık tutkal çeşidi, cam elyaf kumaş tipi ve tutkal çeşidi-cam elyaf kumaş tipi ikili etkileşimi istatistikî anlamda önemli ( $p<0.05$ ) çıkmıştır.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerine tutkal çeşidinin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuç verileri Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3: Eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerine tutkal çeşidi Duncan homojenlik testi(N/mm<sup>2</sup>).**

Tutkal Çeşidi	Xort.	HG
Poliüretan (PU-D4)	9091	A
Polivinilasetat (PVAc-D3)	8600	B

HG: Homojenlik Grubu

Tutkal çeşidine göre, eğilmede elastikiyet modülü deneyinde en yüksek değer poliüretan (PU-D4) tutkalında, en düşük ise polivinilasetat (PVAc-D3) tutkalında elde edilmiştir. Poliüretan (PU-D4) tutkalının, polivinilasetat (PVAc-D3) tutkalına göre daha fazla dayanım göstermesi; tutkal türü, cam elyaf tipi ve ahşap malzeme türünün iki ve üçlü etkileşimlerinin farklı çekim kuvvetine (adezyon ve kohezyon) bağlı olarak geliştiği söylenebilir.

Güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerine cam elyaf kumaş tipinin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi verileri Tablo 4’de verilmiştir.

**Tablo 4: Eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerine cam elyaf kumaş tipi Duncan homojenlik testi (N/mm<sup>2</sup>).**

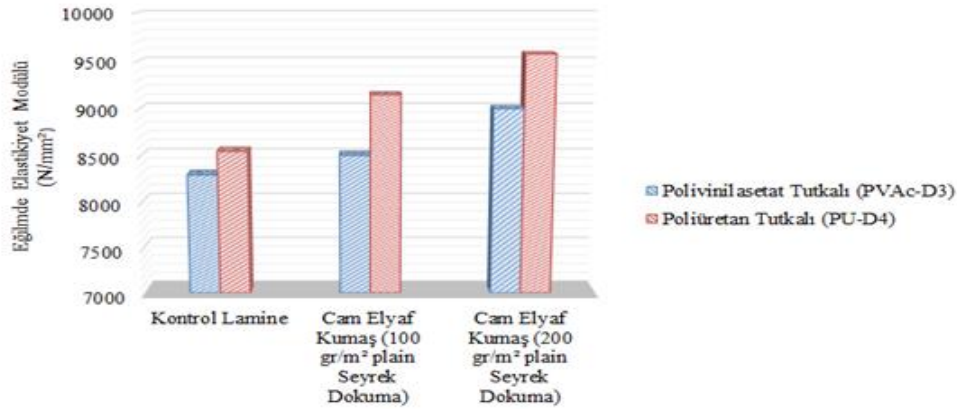
Cam Elyaf Kumaş Tipi	Xort.	HG
200gr/m <sup>2</sup> Sık Dokuma	9290	A
100gr/m <sup>2</sup> Seyrek Dokuma	8826	B
Kontrol	8421	C

Tablo 4’de verilen, güçlendirilmiş lamine ahşap yapı elemanlarının eğilmede elastikiyet modülü üzerine cam elyaf kumaş tipinin önem derecesini belirlemek için yapılan karşılaştırmalı Duncan homojenlik testi sonuçlarına göre; eğilmede elastikiyet modülü en düşük değeri cam elyaf kumaş malzemesi kullanılmadan üretilen lamine ahşap yapı elemanlarında (Kontrol) tespit edilmiştir. En yüksek değeri ise 200gr/m<sup>2</sup> Seyrek Dokuma tipi cam elyaf kumaş kullanılan lamine ahşap yapı elemanlarında elde edilmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin tutkal türü, cam elyaf kumaş tipi ve yük yönüne göre etkileşimleri Şekil 4’de gösterilmektedir.







Şekil 4: Deneysel örneklerin dört noktadan eğilme elastikiyet modülü değerleri.

Şekil 4 incelendiğinde, güçlendirilmiş lamine ahşap yapı eğilme elastikiyet modülü değeri en fazla 9577 N/mm<sup>2</sup> ile katmanlar arası 200 gr/m<sup>2</sup> Seyrek Dokuma cam elyaf kumaş ve poliüretan (PU-D4) tutkalı kullanılarak elde edilen örneklerde, en düşük ise cam elyaf kumaş kullanılmadan (Kontrol) ve polivinilasetat (PVAc-D3) tutkalı kullanılarak elde edilen lamine ahşap yapı elemanlarında tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada; lamine edilmiş sarıçam ahşap malzemenin eğilme elastiklik modülü değeri masif malzemeden %2.74 oranında artış tespit edilmiştir [22]. Cam elyaf dokuma desteğinin elastikiyet modülünü önemli derecede artırdığı belirtilmiştir [11-12]. Yapılan bir çalışmada sarıçam masif lamine malzemeye değişik oranlarda cam lifi ve karbon lifi ile güçlendirilmiş lamine malzemenin bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda cam fiber ve karbon fiber güçlendirilmiş lamine malzemenin mekanik özelliklerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir [9]. Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları kullanılarak lamine edilmiş meşe malzemenin eğilme direncine tutkal türü ve kuvvet yönün etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek eğilme direnci değeri poliüretan (PU) tutkalı ile yapıştırılmış deney örneklerinde, en düşük değer ise polivinilasetat (PVAc) tutkalı ile yapıştırılmış örneklerde tespit edilmiştir [23]. Kızılcık masif malzemenin ve çelik plaka ve cam lifi güçlendirilmiş tabakalı kerestelerin eğilmedeki performans özellikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda Çalışma sonuçlarına göre cam lifi kullanılarak üretilmiş kızılçam tabakalı malzemelerde elastikiyet modülü % 14, çelik plaka kullanılarak üretilen malzemelerde ise % 24 arttığı tespit edilmiştir. Uzel'in (2015) yaptığı çalışmada poliüretan tutkalın eğilme mukavemetini artırıcı etki yaptığı bildirilmiştir [14]. Polivinilasetat (PVAc-D3) ve Desmodur-VTKA tutkalları ile alüminyum ve fiber esaslı malzemeler kullanılarak lamine edilmiş ahşap malzemelerin bazı mekanik özellikleri araştırılmıştır. Deneysel sonuçlarına göre eğilme elastikiyet modülü değeri en yüksek Desmodur-VTKA tutkalı, en düşük değer ise polivinilasetat (PVAc-D3) tutkalı vermiştir [24].

Yıldırım ve ark. (2018) yaptığı çalışmada cam elyaf kumaş ile güçlendirilmiş kavak lamine ahşap malzemenin eğilme elastikiyet modülü ve maksimum yük taşıma kapasitesi incelenmiştir [1]. Deneysel sonuçlarına göre poliüretan tutkalının polivinilasetat tutkalından, sık dokulu cam elyaf malzemenin seyrek dokulu cam elyaf malzemeye göre daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir [19]. Cam elyaf kumaş ile güçlendirilmiş kestane lamine malzemenin eğilme direnci araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, en yüksek eğilme direnci değeri 200 gr/m<sup>2</sup> Sık Dokuma cam elyaf kumaş tipi, en düşük değer ise kontrol örneklerinde elde edildiği bildirilmiştir [16].

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, cam elyaf kumaş malzeme ile desteklenmiş ahşap lamine malzemesinin 4 noktadan eğilme elastikiyet modülü değeri araştırılmıştır. Bu amaçla; ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.) odunundan hazırlanmış papeller arasına farklı gramajdaki cam elyaf kumaş destek elemanı yerleştirilip polivinilasetat (PVAc-D3) ve poliüretan (PU-D4) tutkalları ile yapıştırılmıştır. Deneysel sonuçlarda, kontrol örnekleri ve cam elyaf kumaşlar ile desteklenmiş örneklerin; ağaç türü, tutkal çeşidi ve cam elyaf kumaş tipine göre istatistik analizi yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Tutkal çeşidi bakımından en yüksek eğilme elastikiyet modülü değeri poliüretan (PU-D4) tutkalından, en düşük eğilme elastikiyet modülü değeri ise polivinilasetat (PVAc-D3) tutkalından elde edilmiştir. Cam elyaf kumaş tipi bakımından en yüksek eğilme elastikiyet modülü değeri cam elyaf kumaş (200 gr/m<sup>2</sup> sık dokuma) destek malzemesinden, en düşük eğilme elastikiyet değeri ise kontrol deney örneklerinden elde edilmiştir. Eğilme elastikiyet modülü değerlerine göre cam elyaf kumaş ile desteklenmiş lamine örneklerin kontrol lamine örneklerine göre esnekliği daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum cam elyaf kumaşların lamine ahşap malzeme yapılarına bağlı olarak elastikliği artırdıkları şeklinde yorumlanabilir. Bunun nedeni cam elyaf kumaş yapı malzemesinin yüksek esneme ve kopma özelliği ile PU-D4 tutkalının yüksek kopma direncine sahip olması lamine elemanların eğilme direncini olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

Lamine ahşap malzemelerin mekanik özellikleri aynı türün masif olanına oranla daha yüksek değerde olduğu, ahşap malzemenin dayanımının istendiği yerlerde masif malzeme ile cam elyaf kumaşlar kullanılarak lamine edilmiş malzemelerin kullanılması önerilebilir.



Endüstriyel tutkallar öncelikli olmak üzere daha çok tutkal çeşidinin ve farklı endüstriyel ara katman ürünlerinin denenmesinin ahşap lamine malzemenin fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri iyileştirmek anlamında önemli sonuçlar doğurabileceği öngörülmektedir. Gözenekli yapıdaki endüstriyel ürünlerinin yanında, plaka halindeki ara dolgu malzemelerinin de ara destek malzemesi olarak kullanılmasının faydalı olacağı görülmüştür. Ayrıca farklı ara katman simetrisiyle yine önemli sonuçlar elde edilebileceği yönünde fikir sahibi olunmuştur.

## 5. Kaynaklar

- [1] Ekinci, C.E., Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Nobel Basımevi, Ankara, 2004.
- [2] Keskin, H., “Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkânları”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2001.
- [3] Keskin, H and Togay, A., “Doğu Kayını ve Karakavak Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2,101-114, 2003.
- [4] Perçin, O. Özalp, M. and Ordu, M., “Farklı Tutkallarla Lamine Edilmiş Ahşap Malzemelerin Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi”, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19,109-120, 2009.
- [5] Wangaard, F.F., “Elastic Deflection of Wood-Fiberglass Composite Beams”, Forest Products Journal, 14(6), 256–260, 1964.
- [6] Biblis, E.J., “Analysis of Wood-Fiberglass Composite Beams Within and Beyond The Elastic Region”, Forest Product Journal, 15(2), 81-89, 1965.
- [7] Theakston, F.H., “A Feasibility Study for Strengthening Timber Beams with Fibre Glass”, Canadian Agricultural Engineering, January, 17–19, 1965.
- [8] Şeker, C., “Çeşitli Malzemeler ile Desteklenmiş Ahşap Lamine Elemanların Direnç Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2011.
- [9] Güler, C. and Subaşı, S., “Karbon ve Cam Lifi ile Güçlendirilmiş Lamine Sarıçam (Pinus Sylvestris L.)” Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 78-82, 2012.
- [10] Togay, A. and Ergin, E., "Determination of Some Physical Attributes for Wooden Construction Elements Strengthened with Woven Wire Fiberglass. Bioresources, 9(3): 3883-3900, 2014.
- [11] Bal, C. and Özyurt, H., “Cam Elyaf Dokuma ile Güçlendirilmiş Tabakalı Kaplama Kerestenin Bazı Teknolojik Özellikleri”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18(1), 9-16, 2015.
- [12] Osmannezhad, S. Faezipour, M. and Ebrahimi, G., “Effects of GFRP on Bending Strength of Glulam Made of Poplar (Populus Deltoids) and Beech (Fagus orientalis)”, Construction and Building Materials, 51: 34-39, 2014.
- [13] Güntekin, E. and Aydın, T.Y., “Kızıldağdan (Pinus brutia Ten.) Üretilen Tabakalı Kerestede Cam Lifi ve Çelik Plaka ile Güçlendirmenin Eğilme Performansına Etkisi”, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(1), 73-77, 2015.
- [14] Uzel, M., “Lamine Ahşap Yapı Elemanlarının Mekanik Özelliklerine Destek Katmanı ve Lamel Kalınlığı Etkisinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2015.
- [15] Qi, Y. Fang, H. Shi, H. Liu, W. and Bai, Y., “Bending Performance of GFRP-Wood Sandwich Beams With Lattice-Web Reinforcement in Flatwise and Sidewise Directions”, Construction and Building Materials, 156, 532-445, 2017.
- [16] Karaman. A. and Yıldırım, M.N., “Cam Elyaf Kumaş Destekli (GFRP) Lamine Kestane Malzemenin Eğilme Dayanımının Belirlenmesi”, ISMSIT Bildiriler Kitabı, 329-336, 2018.
- [17] Karaman, A. Yıldırım, M.N. and Uslu, E., “Determination of TheBendingStrength of Linden Wood Laminated (TiliaTomentosa) Materials Reinforced With Glass Fiber Fabrics”, Mimarlık Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar-2018 Editor / Editör Prof. Dr. Hasan Babacan İsnb: 978-605-288-221-4 Gece Kitaplığı, Ankara, 2018.
- [18] Moradpour, P. Pirayesh, H. Gerami, M. and Jouybari, I.R., “Laminated Strand Lumber (LSL) Reinforced By GFRP; Mechanical and Physical Properties”, Construction and Building Materials, 158, 236-242, 2018.
- [19] Yıldırım, M.N. Karaman, A. Tokdemir, V. and Ertekin, S., (2018). “Cam Elyaf Kumaşı ile Güçlendirilmiş Kavak Lamine Ahşap Malzemenin Bazı Mekanik Özellikleri”, 3.Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi Bildiri Kitabı, 319-320, Kocaeli.
- [20] Anonim., “Orgalok Marine Ürün Bilgi Formu 1/11”, Organik Kimya San. Tic. A.Ş, 2014.
- [21] TS 5497, EN 408., “Yapı Kerestesi ve Yapıştırılmış Lamine Kereste- Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini Belirlenmesi”, Ankara, 2010.
- [22] Keskin, H. Atar, M.,and Kurt, R., “Lamine Edilmiş Sarıçam Odununun Bazı Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(1), 75-84, 2003.





- [23] Güray, A. Kılıç, M. Doğru, G. and Özer, M., “Meşe (Quercus Robur L.) Odunun’dan Üretilen Lamine Ağaç Malzemede Kuvvet Yönü ve Tutkal Türünün Eğilme Direncine Etkileri”, *Teknoloji Dergisi*, 6(1-2), 1-9, 2003.
- [24] Ergin, E., “Güçlendirilmiş Ahşap Yapı Elemanı Tasarımı ve Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 2011.



## GELENEKSEL SAFRANBOLU TARİHİ KONAKLARIN YEŞİL BİNA KAPSAMINDA ARAŞTIRILMASINDA ULUSLARARASI LEED DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN KULLANILMASI: KARABÜK SAFRANBOLU KAYMAKAMLAR KONAĞI ÖRNEĞİ

Mehmet Nuri Yıldırım<sup>1</sup>, \*Abdurrahman Karaman<sup>2</sup> Mehmet Aygün<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Karabük Üniversitesi, Tasarım Bölümü / İç Mekan Tasarımı Programı, Karabük, Türkiye

mnyildirim@karabuk.edu.tr

<sup>2</sup> Uşak Üniversitesi, Ormanlık Bölümü / Ormanlık ve Orman Ürünleri Programı, Uşak, Türkiye

abdurrahman.karaman@usak.edu.tr

<sup>3</sup> Karabük Üniversitesi, Mimarlık Bölümü / Mimarlık Programı (Lisans Öğrencisi), Karabük, Türkiye

aygunmehmet59@gmail.com.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Doğal kaynakların amacı doğrultusunda ve bilimsel araştırmalar ışığında etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaması sonucu hızla tükenmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliklerinin yarattığı olumsuz etkiler insanlık için küresel bir tehdit haline gelmiştir. Bina tasarımının sosyal ve çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlanması ve yaşam döngüsü boyunca çevreye ve insan sağlığına etkisi yeşil bina kavramını gündeme getirmiştir. Yapıların tasarımı, yapım aşaması ve işletme süreçleri çevre üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Günümüzde yapıların çevreye verdiği sorunlar en aza indirmeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan en önemlisi yeşil bina çalışmalarıdır. Yapı çevre ilişkisinde yola çıkarak tarihi ve geleneksel niteliğe sahip ve dünya korunması gereken yerler kapsamında bulunan Safranbolu Kaymakamlar konağı yeşil bina sertifikaları kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Belirlenen amaca ulaşmak için yeşil bina sertifikalarında LEED sertifika kriterleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada Kaymakamları konağının Gümüş sertifikası alabilecek nitelikte olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** LEED, Yeşil Bina, Safranbolu.

### 1. Giriş

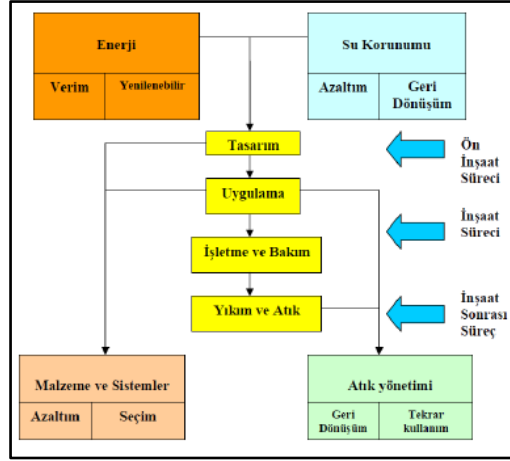
Günümüzde çevresel sorunların ortaya çıkışında yapılaşmanın önemli bir rolü olduğu bilinen bir gerçektir. Binalar, yapı malzemesinin hammaddesinin kaynağından elde edilmesinden başlayıp bina ömrünün sona ermesine kadar geçen yaşam döngüsü boyunca çevresel sorunların oluşumuna sebep olmaktadır. Bunun başlıca nedeni, yapılaşma süreci boyunca doğal kaynak ve enerjinin kullanılması sonucu zararlı salımlar ile diğer atıkların üretilmesi ve çevreye bırakılmasıdır [1,15].

Yeşil bina kavramı; enerji ve su kaynaklarını daha az ve verimli kullanan, yüksek iç yaşam kalitesi ile sağlıklı bir ortam sunan, çalışanların verimliliğini artıran ve işletim maliyetleri düşük olan binalardır. Yeşil binaların amacı; tüketimlerin en aza indirilmesi, emisyonların en aza indirilmesi, atıkların en aza indirilmesi, sahadaki etkilerin en aza indirilmesi ve iç ortam kalitesinin maksimize edilmesidir [2]

Yapıların çevreye olumsuz etkilerini azaltmak, çevre dostu yapılar inşa etmek için yeşil binaların tasarımı oluşumlarını detaylı bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Binaların yeşil olarak tanımlanabilmesi için, sürdürülebilir arazi seçimi, su ve enerji, ekolojik malzeme kullanımı, iç ortam hava kalitesi, kullanıcı sağlığı ve konforu, ulaşım ve atıkların kontrolü gibi alanlarda belli standartların koşullarını yerine getirmesi gerekir [3,4].

Yeşil binalarda çevre; kaynaklarının etkin kullanımı, sürdürülebilir olması, çevre dostu ve doğal sürekliliği kapsamaktadır. Yeşil bina süreci; Ön inşaat süreci, inşaat süreci ve inşaat sonrası süreç olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir (Şekil 1).





Şekil 1: Yeşil Bina Olma Süreci [5-7].

Yeşil bina projelerinin uygulanmaya başlamasıyla birlikte, bu binaların çevre dostu özelliklerinin belgelendirilmesi, teşvik edilmesi ve yaygınlaşmasını sağlayan gönüllü yeşil bina sertifika sistemleri ortaya çıkmıştır. Yeşil bina sertifikaları, gelişmiş ülkeler tarafından desteklenmektedir ve yapı sektörünün sürdürülebilir bir dönüşüm geçirmesi için etkili bir araç olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkeler ile birlikte Türkiye’de de bu konuda bilinçlenme başlamış ve birçok inşaat firması dünyada yaygın olarak kullanılan yeşil bina sertifika sistemlerini kendi projelerinde uygulamaya başlamıştır [8].

Yeşil bina sertifika sistemleri bir binanın ne kadar “yeşil” olduğunu belirli ölçütler üzerinden değerlendiren bağımsız sistemlerdir. Sivil ya da devlet kuruluşları tarafından sektör temsilcileri ve bilim adamlarını içeren geniş çaplı bir ortak çalışma ile oluşturulan bu sistemlerin koyduğu ölçütler yeşil bina tasarımı ve yapımı konusunda sektöre yol gösterici bir araç olmaktadır. Bu metotla belirlenmiş ölçütler üzerinden tasarlanan binalar proje ekiplerinin yeşil bina amacına daha etkili bir şekilde ulaşmasını sağlamaktadır. Sertifikalar genelde bağımsız organizasyonlar ya da devlet kurumları tarafından verilmektedir. Dünya genelinde düşünüldüğünde önde gelen yeşil bina sertifikaları BREEAM, LEED, Green Star, CASBEE ve SBTTool ile ilgili bilgiler Tablo 1’de verilmiştir [7].

Tablo 1: Yeşil bina değerlendirme sistemleri [9]

Değerlendirme Sistemi	BREEAM	LEED	Green Star	CASBEE	SBTool
Oluşturulduğu Tarih	1990	1998	2003	2001	1998
Ülke	İngiltere	Amerika	Avustralya	Japonya	Kanada
Kriterler	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yönetim</li> <li>✓ Enerji</li> <li>✓ Su</li> <li>✓ Ulaşım</li> <li>✓ Sağlık ve Konfor</li> <li>✓ Atık</li> <li>✓ Malzemeler</li> <li>✓ Arazi Kullanımı ve Ekoloji</li> <li>✓ Kirlilik</li> <li>✓ Yenilik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Yenilik ve Tasarım</li> <li>✓ İç Mekan Hava Kalitesi</li> <li>✓ Malzeme ve Kaynaklar</li> <li>✓ Sürdürülebilir</li> <li>✓ Arsalar</li> <li>✓ Su Etkinliği</li> <li>✓ Enerji ve Atmosfer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Enerji</li> <li>✓ Malzeme</li> <li>✓ İç Mekan Çevre Kalitesi</li> <li>✓ Ulaşım</li> <li>✓ Yönetim</li> <li>✓ Su</li> <li>✓ Arazi Kullanımı ve Ekoloji</li> <li>✓ Kirlilik</li> <li>✓ Yenilik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ İç Mekan Çevresi</li> <li>✓ Servis Kalitesi</li> <li>✓ Arsada Dış Mekan Çevresi</li> <li>✓ Enerji</li> <li>✓ Kaynaklar ve Malzemeler</li> <li>✓ Arsa Dışındaki Çevre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ İç Mekan Hava Kalitesi</li> <li>✓ Enerji ve Kaynak Tüketimi</li> <li>✓ Çevresel Yükler</li> <li>✓ Sosyal ve Ekonomik Esaslar</li> <li>✓ Kültürel ve Algısal Esaslar</li> <li>✓ Arsa Seçimi, Proje Planlama ve Geliştirme</li> </ul>
Sertifika Düzeyleri	Geçer (1 Yıldız) İyi (2 Yıldız) Çok İyi (3 Yıldız) Mükemmel (4 Yıldız) Olağanüstü (5 Yıldız)	Sertifika (40-49 puan) Gümüş (50-59 puan) Altın (60-79 puan) Platin (80 puan ve üstü)	4 Yıldız (45-59 puan) 5 Yıldız (60-74 puan) 6 Yıldız (75-100 puan)	S,A,B+,B-,C	-1 (olumsuz) 0 (Kabul Edilebilir) 3 (İyi Uygulama) 5 (En İyi Uygulama)

Yapılan literatür taramasında, çeşitli nitelikteki yapıların “Yeşil Bina” olma özellikleri üzerine birçok çalışma olmasına rağmen geleneksel yapıların “Yeşil Bina” olma özellikleri üzerine sınırlı sayıda çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmada, Safranbolu’da bulunan tarihi niteliğe sahip ve geleneksel sistemlerle inşa edilen “Kaymakamlar Konağı’nın” yeşil bina olma kriterleri kapsamında mevcut durumun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma, LEED sertifikası kriterleri göz önüne alınarak yapılmıştır. LEED sertifikası seçilmesinin sebebi ise yerel malzeme kaynakları ve değerlendirmesi yapan ilk sistemdir ve düzenli olarak güncellenmektedir.



## 2. Yöntem

### 2.1. Kaymakamlar Konağı

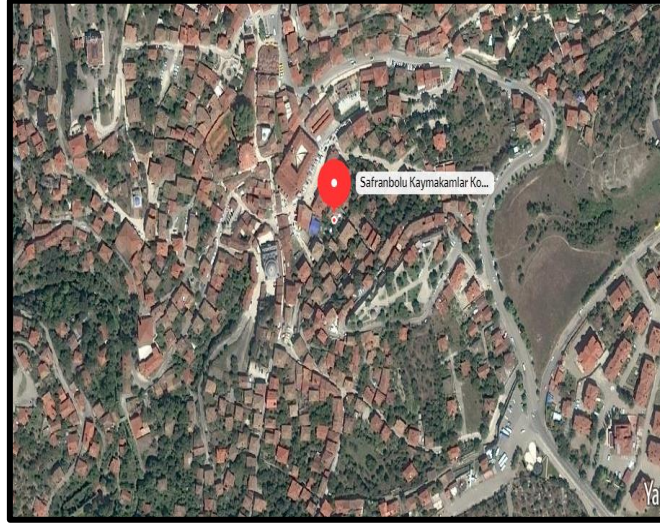
18 ve 19.yüzyıl inşa edilen Kaymakamlar Konağı Türk toplumunun geçmişini, kültürünü ve yaşama biçimi ile yapım teknolojisini yansıtmaktadır. Sahibi Safranbolu Kışlası kumandanlarından Hacı Mehmet Efendidir. Hacı Mehmet Efendi'ye yarbay karşılığı olan 'Kaim -Makam' denilmesi nedeniyle ailesi; dolayısıyla evleri halk arasında bu isimle isimlendirilmiştir. Kentsel dokusunu ve tüm mimari özelliklerini günümüze kadar korumuştur. Kültür Bakanlığı tarafından "Safranbolu'nun Korunması ve Sağlamlaştırılması" Projesi ile 1979 yılında kamulaştırılıp restorasyonunu tamamlanmış ve 16.12.1981 tarihinde Eğitim Merkezi olarak hizmete açılmıştır. Müze Ev olarak kullanılmaktadır. Üç katlı olan yapı iki ayrı sokaktan iki ayrı girişle(haremlik-selamlık) konağa girilmektedir [10].

### 2.2. Çalışma Alanı Seçimi

Safranbolu Batı Karadeniz bölgesinde Karabük'e 10 kilometre uzaklıkta olan ve 1994 yılından bu yana UNESCO Korunması Gerekli Tarihi Miras Listesi'nde yer alan önemli bir yerleşimdir. Osmanlı döneminde özellikle 17. Ve 18. yüzyıllarda kentsel açıdan gelişme göstermiş Safranbolu, hükümet konağı, camileri, hanları, hamamları, saat kulesi ve tarihi ticaret merkeziyle Osmanlı kenti görünümünü günümüzde de sürdürmektedir. Safranbolu'yu dünyada ve ülkemizde öne çıkartan, bir kültür kenti olarak anılmasına sebep olan ise geleneksel yaşam tarzına bağlı gelişen konut mimarisidir. Geleneksel Safranbolu evleri yerel malzemeye bağlı olarak taştan yapılmış zemin kat üzerine ahşap ve kerpicin kullanıldığı hımsı yapım tekniğiyle inşa edilmiş üst katlardan oluşmaktadır [10].

### 2.3. Konum, Ulaşım ve Yerleşim Özellikleri

Kaymakamlar Evi Safranbolu şehir merkezinde yer almaktadır. Cinci Hamamının Kuzey Doğusunda bulunmaktadır. Yol aks üzerinde bulunan konak Doğu-Batı yönünde kare geometrik form biçiminde düzenlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 2: Safranbolu yerleşim planı ve kaymakamlar konağı [11]

### 2.4. Çalışma Alanının Mimari Özellikleri

Zemin katı taş yapı malzemesinden inşa edilmiştir. Üst katları ahşap ve ahşap çatkı arasına kerpiç konulmuştur (Hımsı yapı). Konakta sarıçam ahşap malzemesi kullanılmıştır. 1. ve 2. katlarda sofa mevcuttur [12]. Birinci katın merdiven başındaki iki oda selamlık, karşıdaki bölüm ile üst kat Haremlik olarak inşa edilmiştir. Mahremiyet ön plan da tutulmuştur bu alanda bulunan dönme dolap, selamlık ile harem arasında yemek servisinin yapılmasını sağlamaktadır. Konakta bulunan odalar çekirdek bir ailenin bütün ihtiyacının karşılayacak niteliktedir. Her odada, dinlenme ve oturmak için sedirler, yüklük ve yüklük içerisinde gusülhane bulunmaktadır. Cephede pencereler konağın aydınlatmasını karşılayacak ve gün ışığı alabilecek şekilde tasarlanmıştır [12].



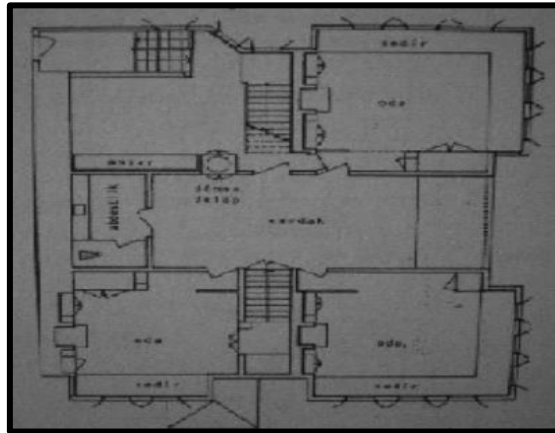


Şekil 3: Safranbolu gezi rehberi

Kaymakamlar konağı yaşama mekânları zemin ve birinci kat olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. Giriş batı yönünden bahçe üzerinden sağlanmaktadır. Cepheler muşabaklarla kaplanmıştır. Simetrik cephelere sahiptir. Cumbalar payandalarla desteklenmiştir.



Şekil 4: Ön cephe



Şekil 5: Kaymakamlar konağı orta kat sofası planı [13].

### 3. Sonuçlar

Safranbolu Kaymakamlar konağının Yeşil Bina olma kriterlerinin araştırıldığı çalışmanın bulguları aşağıda verilmiştir. Elde edilen değerler LEED sertifikası kapsamında puanlandırılmış ve değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan değerlendirme kriterleri ve Konağının değerlendirme sonucu aldığı puanlar Tablo 2’de verilmiştir.



**Tablo 2: LEED Sertifika Sistemi Önkoşul ve Krediler [14].**

Kategori / Kredi İsmi		LEED Puanı	Kaymakamlar Konağı
<b>Kredi No</b>	<b>Sürdürülebilir Arsa</b>	<b>26</b>	
Önkoşul 1	İnşaat Esnası Kirlilik Kontrolü		
Kredi 1	Arsa Seçimi	1	1
Kredi 2	Yapı Çevresi Yoğunluğu	5	
Kredi 3	Kirli Arazi İyileştirilmesi	1	
Kredi 4.1	Alternatif Ulaşım – Toplu Taşıma	6	5
Kredi 4.2	Alternatif Ulaşım – Bisiklet Yerleri ve Soyunma Odaları	1	
Kredi 4.3	Alternatif Ulaşım – Düşük Salımlı ve Yakıt Verimli Araçlar	3	1
Kredi 4.4	Alternatif Ulaşım – Otopark Kapasitesi	2	
Kredi 5.1	Arsa Geliştirme – Habitat Koruma ya da Yenileme	1	1
Kredi 5.2	Arsa Geliştirme – Maksimum Açık Alan	1	1
Kredi 6.1	Yağmur Suyu Tasarımı – Miktar Kontrolü	1	
Kredi 6.2	Yağmur Suyu Tasarımı – Kalite Kontrolü	1	
Kredi 7.1	Isı Adası Etkisi – Çatı Harici	1	
Kredi 7.2	Isı Adası Etkisi – Çatı	1	
Kredi 8	Işık Kirliliği	1	1
	<b>Su Verimliliği</b>	<b>10</b>	
Önkoşul 1	Su Tüketimi Azaltma – %20		
Kredi 1	Su Verimli Peyzaj	4	4
Kredi 2	Yenilikçi Atık Su Teknolojileri	2	
Kredi 3	Su Tüketimi Azaltma	4	3
	<b>Enerji ve Atmosfer</b>	<b>35</b>	
Önkoşul 1	Temel Test ve Devreye Alma		
Önkoşul 2	Minimum Enerji Performansı		
Önkoşul 3	Temel Soğutucu Yönetimi		
Kredi 1	Optimum Enerji Performansı	19	7
Kredi 2	Tesis-içi yenilenebilir Enerji	7	
Kredi 3	Gelişmiş Test ve Devreye Alma	2	
Kredi 4	Gelişmiş Soğutucu Yönetimi	2	
Kredi 5	Ölçme ve Doğrulama	3	
Kredi 6	Yeşil Enerji	2	





	<b>Malzeme ve Kaynaklar</b>	<b>14</b>	
Önkoşul 1	Geri Dönüştürülebilir Atıkların Toplanması		
Kredi 1	Binanın Tekrar Kullanımı – Duvar, Döşeme ve Çatı	4	4
Kredi 2	İnşaat Esnası Atık Yönetimi	2	2
Kredi 3	Malzemenin Yeniden Kullanımı	2	2
Kredi 4	Geri Dönüştürülmüş İçerik	2	2
Kredi 5	Yerel Malzemeler	2	2
Kredi 6	Hızla Yenilenebilir Malzemeler	1	1
Kredi 7	Sertifikalı Ahşap	1	1
	<b>İç Ortam Kalitesi</b>	<b>15</b>	
Önkoşul 1	Minimum İç Hava Kalitesi		
Önkoşul 2	Çevresel Sigara Dumanı Kontrolü		
Kredi 1	Temiz Hava Takibi	1	
Kredi 2	Arttırılmış Havalandırma	1	
Kredi 3.1	İnşaat Esnası İç Hava Kalitesi	1	
Kredi 3.2	İnşaat Sonrası İç Hava Kalitesi	1	
Kredi 4.1	Düşük Salımlı Malzemeler – Yapıştırıcı ve Astarlar	1	1
Kredi 4.2	Düşük Salımlı Malzemeler – Boya ve Kaplamalar	1	1
Kredi 4.3	Düşük Salımlı Malzemeler – Zemin Kaplamaları	1	1
Kredi 4.4	Düşük Salımlı Malzemeler – Kompozit Ahşap Ürünler	1	1
Kredi 5	Kimyasal ve Kirletici Kontrol	1	
Kredi 6.1	Sistemlerin Kontrolü – Aydınlatma	1	
Kredi 6.2	Sistemlerin Kontrolü – Isıl Konfor	1	
Kredi 7.1	Isıl Konfor – Tasarım	1	
Kredi 7.2	Isıl Konfor – Onay	1	
Kredi 8.1	Gün Işığı	1	1
Kredi 8.2	Görüş	1	
	<b>İnovasyon ve Yerel Öncelik</b>	<b>10</b>	
Kredi 1	Tasarımda İnovasyon	5	
Kredi 2	LEED Akredite Profesyonel	1	
Kredi 3	Yerel Öncelik	4	4
	<b>Toplam Puan</b>	<b>110</b>	<b>47</b>

Yeşil bina sertifikaları kapsamında Geleneksel Safranbolu Konaklarından olan Kaymakamlar Konağının mevcut durumu analiz edilmiştir. Kaymakamlar Konağı puanlandırılması LEED sertifikası kriterlerine göre incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede yapının “Platin” sertifikası alacak nitelikte olduğu tespit edilmiştir. Kaymakamlar konağının geleneksel yöntemlerle inşa edilmesi “Yeşil Bina” yapı olmasında etkili olduğu söylenebilir. Geleneksel Safranbolu evlerinde kullanılan malzemeler ve



malzeme kaynakları benzerlik gösterdiğinden yapılan çalışma Safranbolu evlerinin geneline atfedilebilir. Geleneksel yöntemlerle inşa edilen ve mevcudiyetini koruyan yapılara yönelik bir sistem önerisi çalışması yapılması önerilebilir.

#### 4. Kaynakça

- [1] Esin, T., Yüksek, İ., “Çevre dostu ekolojik yapılar”, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, 2206-2211 (2009).
- [2] URL-1. [http://www.emo.org.tr/ekler/935500c4791d68b\\_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=14](http://www.emo.org.tr/ekler/935500c4791d68b_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=14). Erişim tarihi:29.09.2019.
- [3] Candemir, B., Beyhan, B., and Karata, S., *İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri*, TUSIAD Yayın No: TÜSİAD-T/2012-10/533, 2012.
- [4] Öztürk, A., “Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Analizi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul, 2015.
- [5] Langmaid, J., *Choosing Building Services, A Pratical Guide To System Selection*, BSRIA Guide, London. 2004.
- [6] Yılmaz, B., “Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. 2009.
- [7] Erdede, S.B., Erdede, B., and Bektaş, S., “Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi”, *IV. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, 14-17 Ekim 2014, İstanbul, 2014.
- [8] Baştaoğlu, E., “Leed Yeşil Bina Sertifika Sistemi Uygulamalarının Değerlendirilmesi; Avrupa ve Türkiye”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. 2008,
- [9] Gazioğlu, A., (2012). “Enerji Etkin Bina Tasarımında Isıtma Enerjisi Harcamalarını Azaltmaya Yönelik Bir Geliştirme Çalışması”. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. 2012.
- [10] URL2. [https://yandex.com.tr/harita/?from=morda\\_new&ll=28.992517%2C41.031807&z=11](https://yandex.com.tr/harita/?from=morda_new&ll=28.992517%2C41.031807&z=11) Erişim tarihi:18.01.2019.
- [11] URL-3. Yandex harita. Erişim tarihi: 18.01.2019.
- [12] URL-4. <http://www.safranbolu.gov.tr/kaymakamlar-gezi-evi> Erişim tarihi: 20 Ocak 2019 tarihinde
- [13] Günay, R., *Safranbolu Evleri*, Yapı Yayınevi, İstanbul. 2003.
- [14] URL-5. LEED. (2018). <http://leed.usgbc.org/>. Erişim tarihi: 20.01.2019.
- [15] Bulut, B., (2014). “Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye İçin Bir Sistem Önerisi” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Ankara. 2014.





## A NEW APPROACH TO SOURCE ROCK OCCURRENCE: THE RELATIONSHIPS BETWEEN PETROLEUM SOURCE ROCK, OPHIOLITES, MANTLE PLUME, AND MASS EXTINCTION

Adil Ozdemir<sup>1</sup>, Yildiray Palabiyik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Adil Ozdemir Consulting, Ankara, Turkey

adilozdemir2000@yahoo.com

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul, Turkey

palabiyiky@itu.edu.tr

### Abstract

The understanding of the occurrence of petroleum source rocks is critical in oil and gas exploration. The factors controlling the occurrence and accumulation of the petroleum source rocks are related to the events and changes such as dynamics, chemistry, biology, etc. of an ocean system that have taken place through geological time. In recent years, a new definition and classification have been manifested for ophiolites. Since they are the rocks which form in an ocean, these new ophiolite definition and classification have made the examination of the relationship of ophiolites with the formation of petroleum source rock necessary. In this respect, the occurrence and emplacement ages of the known source rocks of oil and gas production fields and ophiolites have been compared in this study. The comparison shows that the tectonic and magmatic events (mass extinction as a result of the intrusion of a mantle plume, etc.) leading to the occurrence of ophiolites and petroleum source rocks are quite compatible with the ages of the source rocks of oil and gas production fields. Moreover, it has been observed that the distribution maps of the hydrocarbon production areas and ophiolites of the world are very well-matched. Consequently, it is revealed in this study that the occurrence of petroleum source rock has a very close relationship with ophiolites.

**Keywords:** *Source rock, Petroleum occurrence, Ophiolite, Mantle plume, Mass extinction*

### 1. Introduction

Source rock is a sedimentary rock which generated oil, currently generating oil or could generate oil (Tissot and Welte, 1984). Kerogens (organic matters) that contain in petroleum source rocks are divided into three main types depending on their chemical structure (Fig. 1) (Tissot and Welte, 1984; Dow, 1977). Types of kerogen: Type-I: Algal kerogen (best source, Lipid-rich), Type-II: Vegetable kerogen (good oil source, contains zooplankton/sapropelic), and Type-III: Woody kerogen (good natural gas source, charcoal).

Source rocks can be classified as potential (could generate oil), effective (currently generating oil), relic effective (generated oil) or spent (generated oil). A potential source rock is a rock that contains enough carbon- and hydrogen-rich organic matter to generate and expel hydrocarbons. A potential source rock contains adequate quantities of organic matter to generate petroleum, but only becomes an effective source rock when it generates bacterial gas at low temperatures, or it reaches the proper level of thermal maturity to generate oil. An effective source rock is an organic-rich rock that is currently generating and has expelled hydrocarbons. An effective source rock is generating or has generated and expelled petroleum. An active source rock is generating and expelling petroleum at the critical moment, most commonly, because it is within the oil window. A relic effective (inactive) source rock is an effective source rock that has ceased to generate and expel hydrocarbons due to thermal cooling (uplift) before exhausting its organic matter supply. Even though it has stopped generating petroleum, it still exhibits petroleum potential. Inactive source rock is not generating oil today, but in the past, it had been an active source rock. A spent (exhausted, depleted) source rock is an active source rock which has exhausted its ability to generate and expel hydrocarbons either through insufficient remaining organic matter or due to reaching over-maturity. A spent source rock has reached the post-mature stage of maturity and is incapable of further oil generation, but may still be capable of generating wet and dry gas. A petroleum system is a system containing active source rock. Active source rocks include rocks or sediments that are generating petroleum without thermal maturation. This once-active source rock may now be inactive or exhausted (depleted, spent) (Dow, 1977; Barker, 1979; Peters and Casa, 1994; Law, 1999).



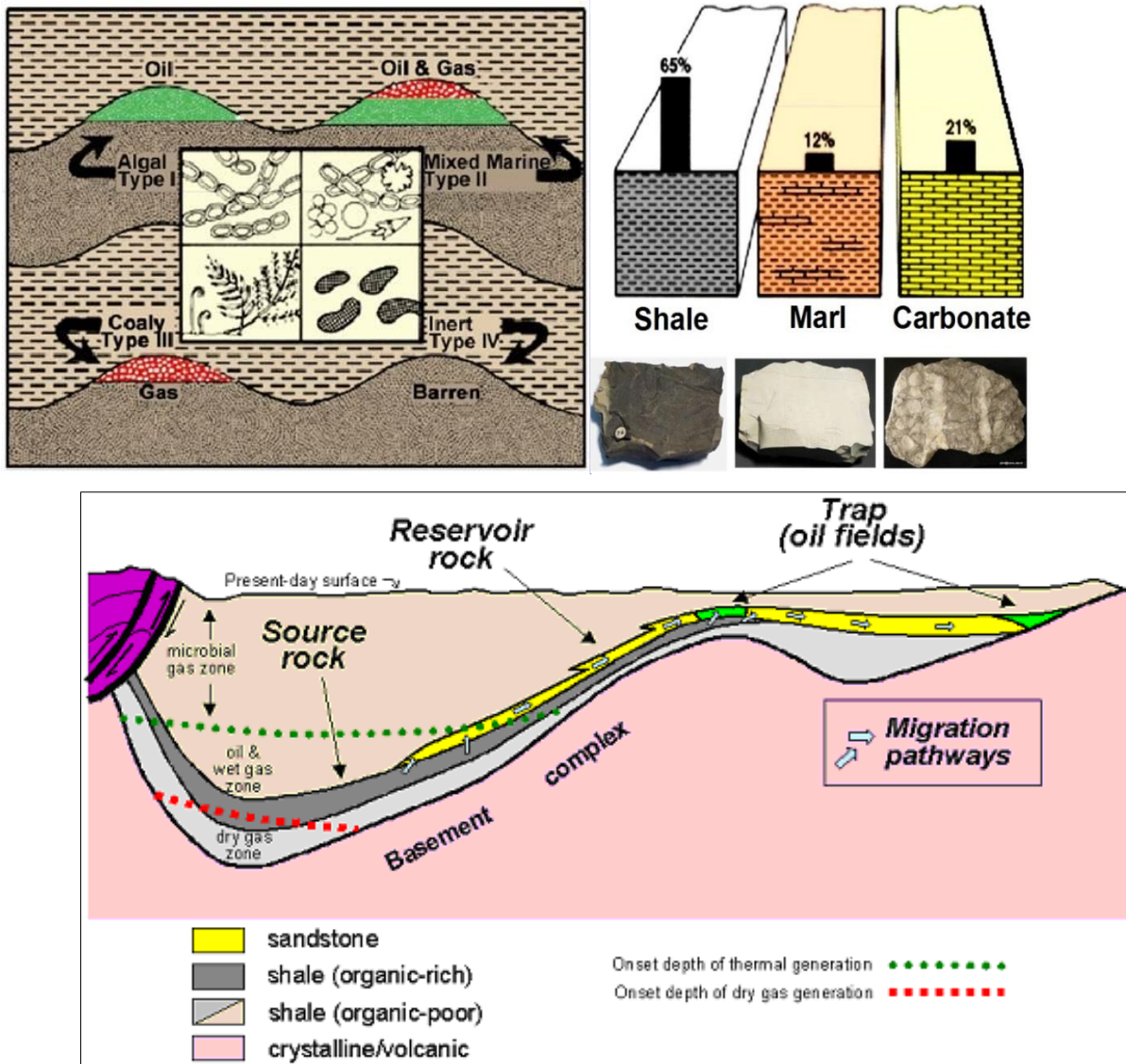


Fig. 1. Source rock types and components of a working petroleum system

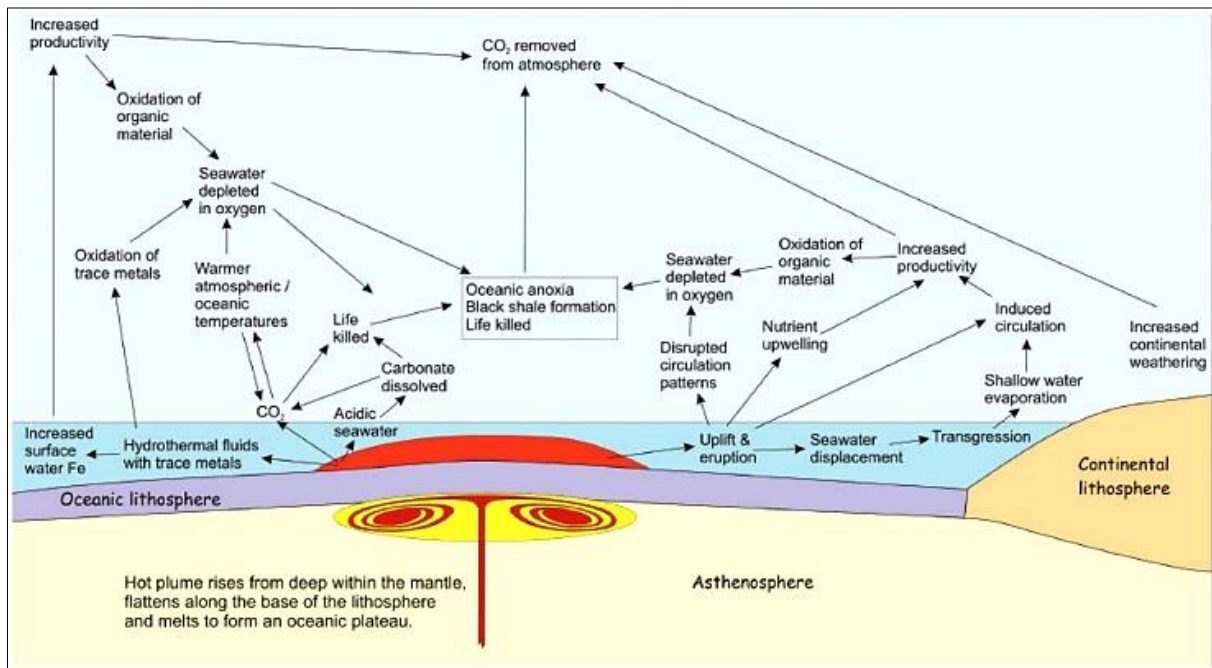
Thus, in basins/regions where the presence of hydrocarbon indicates (oil and gas seeps, hydrocarbon-rich surface and ground waters) but in the areas where the effective source rocks don't outcrop, there are two possibilities for the source of hydrocarbons in these waters: 1) In the region, there are effective petroleum source rocks (shale, mudstone, carbonate, etc.) completely covered by stratigraphic or tectonically younger or older units. 2) In the region, there are petroleum source rocks that have been relic effective (inactive) or exhausted (spent) and oil and/or reservoir in which hydrocarbons generated from these source rocks are trapped, which had been active in the past or spent. These relic effective (inactive) or exhausted (spent) source rocks in the region may be black, gray, and brown metamorphic rocks (schist, phyllite, slate, crystallized limestone, marble, and meta-sedimentary rocks) which are sedimentary rocks (shale, mudstone, etc.) before metamorphism. In this study, the factors and events (mantle plume, mass extinction, and ophiolites emplacement) affecting petroleum source rock formation are examined and a new approach is presented for the source rock formation model.

## 2. Mantle Plume, Mass Extinction And Source Rock Occurrence

The nature and causes of mass extinction in the geological past have been controversial scientific issues over the past thirty years. In the heart of these debates, there are the major mechanisms that direct world-accepted changes in environment and habitat, where four of the five major mass extinctions (the complete extinction of multiple species in the same geological time interval) are the closest causes: the eruption of the large igneous province (LIP)? or hitting one or more meteors or a combination of these two events? In recent years, there has been a revolution in our understanding of both the interplanetary environment and the eruptions of large igneous provinces (LIPs) and their environmental impact. The known "hit and destroy scenario" does not seem sufficient for mass extinction. The major causes of big mass extinctions are the massive comet disintegration leading to sequential volcanic eruptions and rapid climate change, oxygen depletion in the ocean, and destruction of the ozone layer. A rising magma (mantle plume) initiates



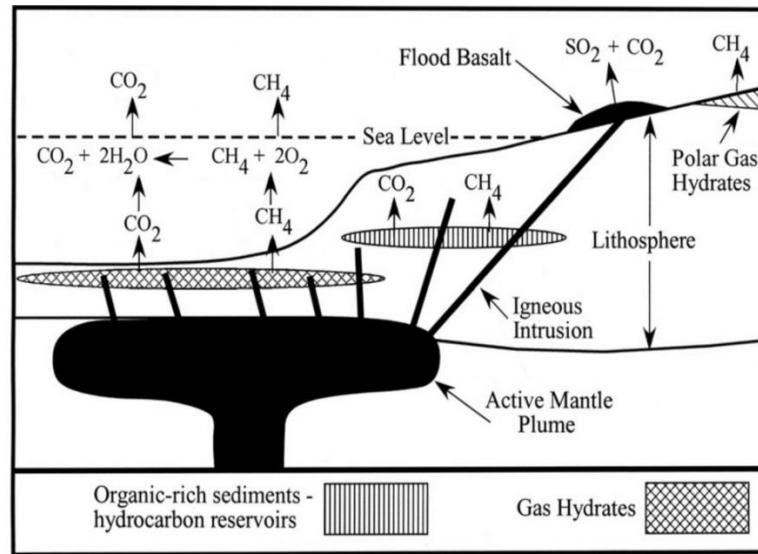
a chain of events that lead to global warming and mass extinction observed by oceanic flood basalt eruptions and a widespread global oceanic oxygen depletion. This phenomenon supports the hypothesis that a widespread global oceanic oxygen depletion disrupts the order of the oceans and atmosphere and occurrence of organic-rich black shale (petroleum source rock) (Fig. 2) (Kerr, 2005; Keller et al., 2012).



**Fig. 2. Black shale formation with petroleum source rock as a result of the possible physical and chemical effects of a mantle plume on the environment (Kerr, 2005)**

Heydari et al. (2008) examined the mass extinction at the Permian-Triassic. This biological catastrophe was promoted by major changes in the geochemical composition of the atmosphere and the ocean and the emergence of unprecedented precipitation characteristics from Precambrian to this period (deposition of siliciclastic-rich units). Intrusions of magmatic dyke accumulations associated with magma plume led to the release of large amounts of methane ( $\text{CH}_4$ ) as a result of decomposition of marine gas hydrates, secondary maturation of organic-rich sediments, and destruction of hydrocarbon reservoirs (Fig. 3). During the Lower Triassic period, the end of plateau basalt formation activity stopped the release of methane into the ocean. This situation ended the death environment on land and at sea. The interruption of  $\text{CO}_2$  production in the ocean increased the carbonate saturation of the seawater abruptly, resulting in a large amount of marine sedimentation. After intensive carbon release, the accumulation of marine carbonates with microbial activities in the environment was allowed. Several large mass extinctions of Phanerozoic accompanied temporary basalt eruptions. These two events were interpreted in a cause-and-effect relationship. Plateau basalt eruption causes a mass extinction (Heydari et al., 2008). The mass extinction described by Keller et al. (2012) and the geological periods of the petroleum source rock formations identified by Ulmishek and Klemme (1990) are consistent with each other. The reason for the Permian mass extinction is large-scale basaltic volcanism that began 251 Ma ago, covering thousands of  $\text{km}^2$  of land and observed in the earth's surface (trap volcanism).  $\text{CO}_2$  emitted by volcanic eruptions triggered global warming in the atmosphere with the greenhouse effect, and sulfur dioxide gas output caused abundant acid rain. According to a new assumption, although volcanism-warming is naturally accepted by the accumulation of  $\text{CO}_2$  in the atmosphere and global warming, these formations foresee that temperature-resistant and  $\text{CO}_2$  photosynthetic plants will not show the extinction (Öngen, 2009).





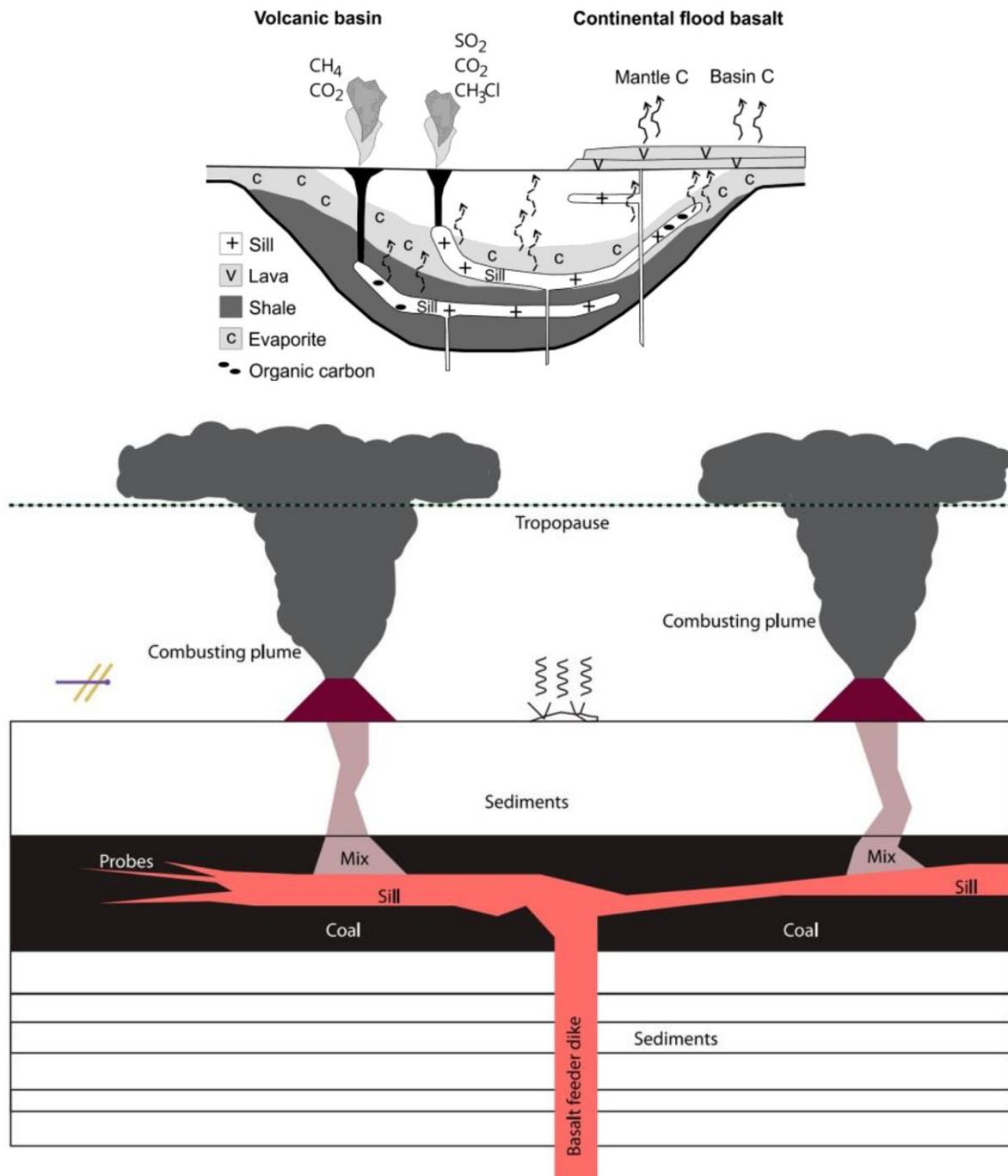
**Fig. 3. Intrusion on the continental margin of igneous dyke accumulations, terrestrial plateau basalt formation and schematic representation of mass extinction (from Heydari et al., 2008)**

Although the potential environmental impacts of continental flood basalt belts have been studied by many researchers, the possible effects of oceanic plateau eruption on the atmosphere, biosphere, and hydrosphere have received much less attention. The oceanic plateau basalt eruptions form a suitable and terrestrial causal mechanism for some second-degree mass extinction events. Crisis periods in oceanic environment in the geological record, which can be defined by the formation of black shales (petroleum source rock) which are indicators of low-oxygen or oxygen-free conditions (Fig. 2), are associated with especially around the Cenomanian-Turonian (Cretaceous-Tertiary) boundary (93.5 Ma), Aptian period (112-124 Ma) and oceanic plateau formation at the end of Jurassic (~ 200 Ma) in the deep ocean. The average spherical surface temperatures calculated for the Cretaceous periods are significantly higher than today. This probably due to a significant increase in global atmospheric  $CO_2$ . These events were accompanied by extinction events, which resulted in the depletion of approximately 20% of all known species. The events in the Cenomanian-Turonian (Cretaceous-Tertiary) and Aptian periods have been associated with the formation of oceanic plateaus. Black shales on the Cretaceous-Tertiary boundary contain trace element and radiogenic isotopic signatures consistent with a significant amount of input from the oceanic plateau material, and these signatures coincide with the onset of a positive  $\delta^{13}C$  isotope anomaly. The release of hydrothermal fluids has contributed directly to ocean warming and thus to oxygen depletion. Since the solubility of oxygen in hot seawater decreases significantly, rising  $CO_2$  levels due to increased volcanic activity lead to an increase in global temperatures (Figs. 2, 3 and 4) (Keller et al., 2012).

Svensen et al. (2015) investigated the relationship between large igneous provinces (LIPs), hydrothermal vent, and release of organic carbon. At present, mid-ocean ridges and back-arc spreading centers (back-arc basin) have modern seafloor hydrothermal vents (Fig. 5). These vents (black and white smokers) must have formed in similar tectonic environments during geological time. Due to the fact that both clastic and carbonate petroleum source rocks and crude oils are rich in metals and black and dark in color are, it seems reasonable to think that the petroleum source rock forms around hydrothermal vent on the seafloor as a result of a rising mantle plume (Fig. 2). Brault et al. (1988)'s study supports this opinion. They determined mature n-alkane hydrocarbons in the waters around the modern hydrothermal vents in the Eastern Pacific Rise. It has been reported that the thermal maturity of these hydrocarbons is more than that of hydrothermal hydrocarbons. This study, together with the previous data, shows that the hydrocarbons around the hydrothermal vents of oceanic crust carried above unconsolidated sediments originate from immature organic derivatives. Hydrothermal vents provide an ideal opportunity to study the evolution of organic matter in deep-sea environments and particularly the stage of catagenesis leading to early diagenesis/maturation and subsequent formation of petroleum-like products (Brault et al., 1988). Kendrick et al. (2011) stated that hydrocarbons migrate from a marine sedimentary basin to a shelf by maturing. Ozdemir (2019a, b) reported that the occurrence of the petroleum source rock is associated with a mantle plume and proposed a model based on mantle plume for the formation of a petroleum source rock in a rift basin. According to the results of these studies, mature petroleum hydrocarbons formed in sediments around the hydrothermal vent then migrate to the basin, accumulates, and are trapped. Dating of ore deposits (especially sulfides), organic-rich rocks, and hydrocarbons/oils by Re-Os isotope (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein and Hannah, 2014; Ozdemir and Palabiyik, 2019) also support the opinion that all these materials form around the hydrothermal vent which is a product of a mantle plume.







**Fig. 4. Schematic cross-section showing sill and dykes across a volcanic basin. Breccia pipes and hydrothermal vent formation in organic-rich shales. The chemical composition of sedimentary rocks heated by igneous intrusions has a significant effect on the composition of the metamorphic fluid. For example, organic-rich shale produces CH<sub>4</sub> during contact metamorphism, while coal produces CO<sub>2</sub>-derived fluids and also water. Many sedimentary basins with sill settlement may contain hydrogen-rich kerogen and oil and gas deposits, and fluids such as methane (CH<sub>4</sub>) and ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) can be enriched in the basin. When the limestones or dolostones are heated, the liquid produced by these rocks will be enriched with <sup>13</sup>C, or if these rocks contain organic matter or graphite, the <sup>13</sup>C-derived CH<sub>4</sub> will prevail (Svensen et al., 2015). (a: Svensen et al., 2015; b: Ogdén and Sleep, 2011)**



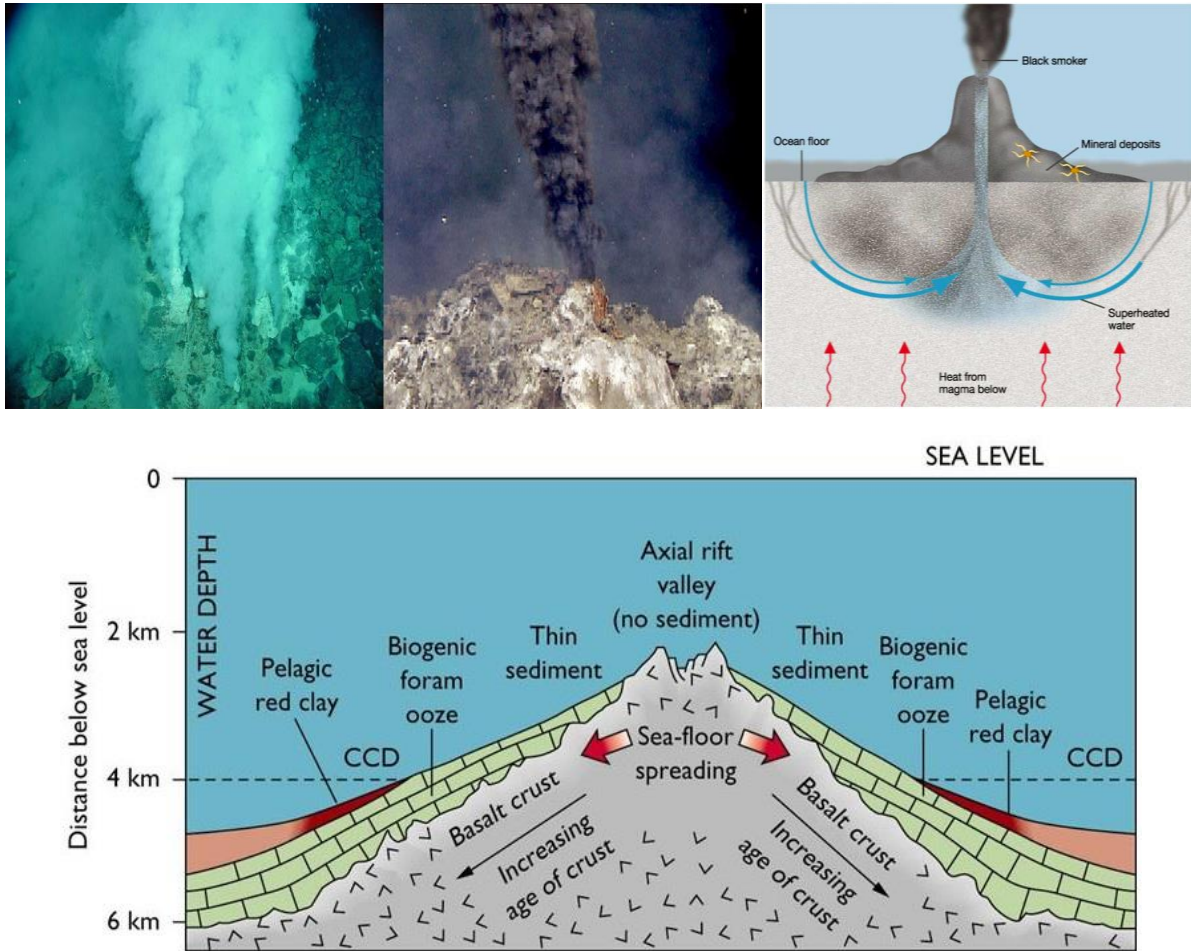


Fig. 5. Structure of a modern hydrothermal vent

### 3. Relationship Between Ophiolites and Formation of Petroleum Source Rock

The understanding of the occurrence of petroleum source rocks is of vital in oil and gas exploration. The parameters controlling the occurrence and accumulation of the petroleum source rocks are related to the events and changes such as dynamics, chemistry, biology, etc. of an ocean system that has occurred through geological time. Dilek and Furnes (2011) have proposed a new definition and classification for ophiolites. These new ophiolite definition and classification have made the examination of the relationship of ophiolites with petroleum source rock formation required because they are rocks formed in an ocean. In this regard, a comparison of the occurrence and accumulation ages of the known source rocks of petroleum production fields and ophiolites has been performed.

When the known source rocks of the giant oil and gas production fields prepared by different researchers are compared with the ages of ophiolites, it is seen that the ophiolites and source rock ages are quite compatible (Fig. 6). Besides, giant oil and gas fields' map of the world (Mann et al., 2003) and the global ophiolite distribution map (Dilek and Furnes, 2011; Deschamps et al., 2013) are very consistent. Ophiolites (including the mantle plume) have also large distribution in the Southeastern Anatolia Basin which is the main oil and gas production basin of Turkey. In the Thrace gas production basin, there are outcrops of ophiolites (Fig. 7). According to Dilek and Furnes (2011)' ophiolite classification is important for future oil and gas exploration examining the relationship of ophiolites with source rock formations in detail in countries (such as Turkey) where ophiolites are very common (Fig. 8).



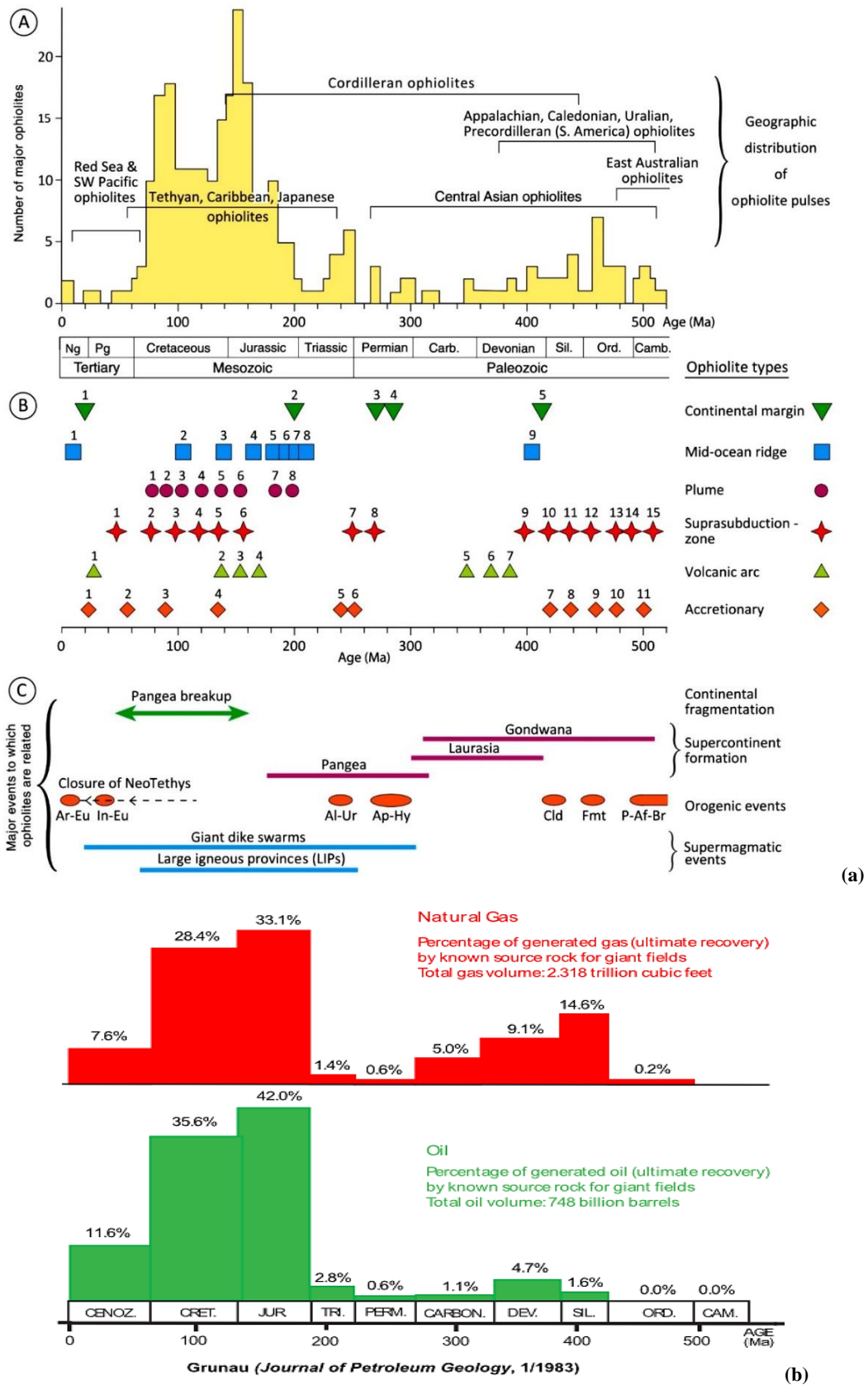
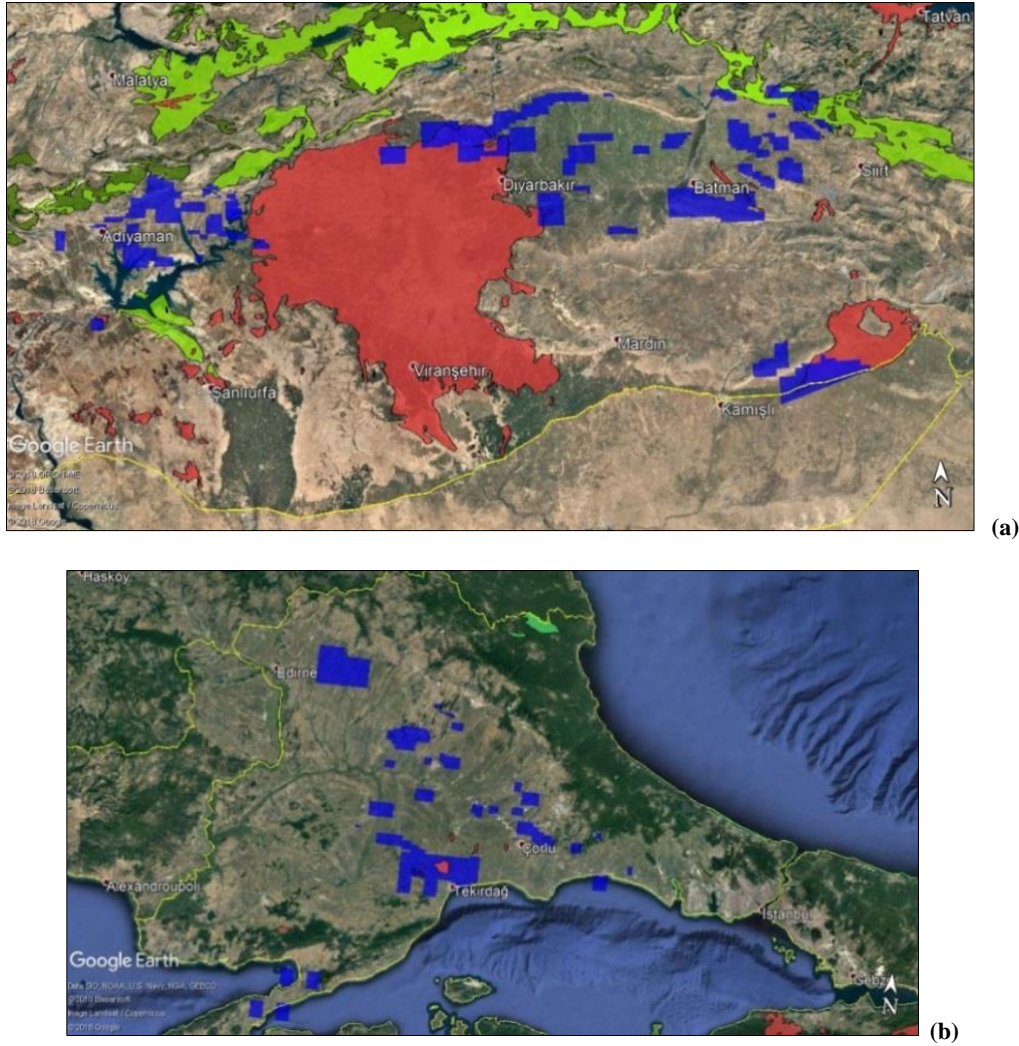


Fig. 6. The relationship between ages and proportions of oil and gas generated by known petroleum source rocks and ophiolites (a: Dilek and Furnes, 2011; b: Sorkabi, 2009). A. Geographic distribution of Phanerozoic ophiolites. B. Distribution of the presented samples of the main ophiolite types. C. Main events associated with ophiolites (Dilek and Furnes, 2011).







**Fig. 7. Distribution of ophiolitic rocks in Southeastern Anatolia and Thrace Basins (according to Dilek and Furnes' classification). In the map, the oil and natural gas production areas in the basins are shown in blue color; ophiolitic rocks and mélanges are in green color, and mantle plumes (basic/alkaline volcanic - hypabyssal basalt and dolerites) are in red color. Karacadağ basic basalt: Nikogosian et al. (2018), Southeastern Anatolia ophiolites; from MTA geological map of Turkey and Sarifakioglu et al. (2017), Thrace alkaline basalts: Kaymakçı et al. (2007).**

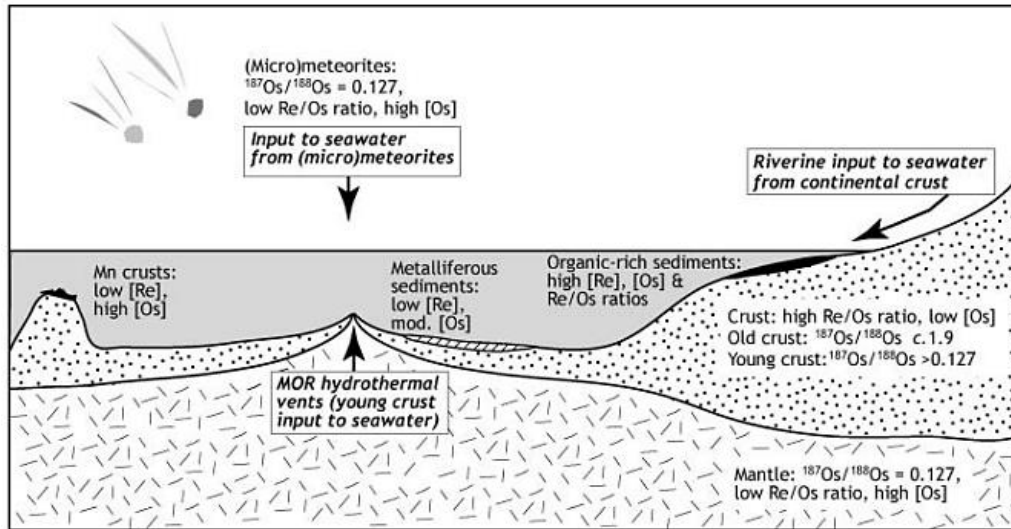
Ophiolites are parts of the oceanic lithosphere, which are pushed onto the continents as a result of tectonic events, starting from basalts to residual peridotites. Therefore, many ophiolites are closely related to subduction-related tectonic events and were interpreted in the spreading centers on subduction zones such as back-arc basins (Pearce et al., 1984) or to be under the influence of arc magmatism before thrusting on the continents during ocean opening (Ahmed and Arai, 2002; Boudier et al., 1988). Due to the low Re/Os content of mantle rocks, very precise primitive Os-isotopic compositions can be obtained. The detailed information about the tectonic environment can be obtained as a result of the integrated evaluation of Re-Os isotope systematics combined with detailed geochemical and microchemical analyses conducted on these rocks (Walker et al., 1996). It has been seen in many studies that detailed information about the tectonic environment which formed ophiolites can be obtained by making use of Re-Os isotope system (Luck and Allegre, 1991; Martin, 1991; Roy-Barman and Allegre, 1994; Snow and Reisberg, 1995; Walker et al., 1996; Brandon et al., 1996; Roy-Barman et al., 1998; Melcher et al., 1999; Brandon et al., 1999, 2000; Snow et al., 2000; Tsuru et al., 2000; Becker et al., 2001; Walker et al., 2002; Alard et al., 2002; Malitch et al., 2003; Batanova et al., 2008; Uysal et al., 2012; Dokuz et al., 2015). Hence, as a consequence of the Re-Os isotope analyses simultaneously performed in ophiolites, organic-rich rocks and/or hydrocarbons/oils in the same basin/region, it is considered that a close relationship, which is interpreted based on the geological age in this study, can also be established isotopically between ophiolites and petroleum source rocks because the age of the organic-rich rocks and hydrocarbons/oils can be directly determined by the Re-Os isotope system (Selby and Creaser, 2005; Ozdemir and Palabiyik, 2019). Besides, useful information can be obtained from these analyses to relate the occurrence environments of both source rocks with hydrocarbons/oils and ophiolites (Fig. 9).







**Fig. 8. Distribution of ophiolitic rocks in Turkey (according to Dilek and Furnes' new ophiolites classification and prepared from the MTA Turkey geological map and Sarıfakioglu et al., (2017). In the map, basic/alkaline/mafic volcanic - hypabyssal basalts and dolerites are in red color. In the map, the oil and gas production areas in the Southeastern Anatolia and Thrace basins are shown in dark blue color (see Fig. 7) and ophiolitic and melanges are shown in other colors.**



**Fig 9. Schematic profile of ocean-continent interface showing the three major osmium sources to seawater (Cohen, 2004).**

#### 4. Conclusion

The results of the study indicate that the tectonic and magmatic events (mass extinction as a result of the intrusion of a mantle plume, etc.) leading to the occurrence of ophiolites and petroleum source rocks are quite compatible with the ages of the source rocks of petroleum production areas. Moreover, it has been observed that the distribution maps of the hydrocarbon production areas and ophiolites are very well-matched. Therefore, ophiolites and the occurrence of petroleum source rock have been determined to be closely related to each other. Consequently, it can be concluded that the Re-Os isotope analyses are conducted in ophiolites, organic-rich rocks and/or hydrocarbons/oils in the same basin/region simultaneously, it is clear to mention that there exists a close relationship that can be isotopically obtained between ophiolites and petroleum source rocks that the same outcome can be reached by the approach based on the geological age in this study.



## 5. References

- Ahmed, A.H. and Arai, S., 2002. Unexpectedly high-PGE chromitite from the deeper mantle section of the Northern Oman ophiolite and its tectonic implications. *Contrib. Mineral. Petr.*, 143, 263-278
- Alard, O., Griffin, W.L., Pearson, N.J., Lorand, J.P., and O'Reilly, S.Y., 2002. New insights into the Re-Os systematics of sub-continental lithospheric mantle from in situ analysis of sulphides. *Earth and Planetary Science Letters* 203, 651-663
- Barker, C., 1979. Organic Geochemistry in Petroleum Exploration. AAPG Continuing Education Course Note Series 10, 159 p.
- Batanova, V.G., Brüggmann, G.E., Bazylev, B.A., Sobolev, A.V., Kamenetsky, V.S., and Hofmann, A.W., 2008. Platinum-group element abundances and Os isotope composition of mantle peridotites from the Mamonia complex, Cyprus. *Chemical Geology*, 248, 195-212
- Becker, H., Shirey, S.B., and Carlson, R.W., 2001. Effects of melt percolation on the Re-Os systematics of peridotites from a Paleozoic convergent plate margin. *Earth and Planetary Science Letters*, 188, 107-121
- Boudier, F., Ceuleneer, G., and Nicolas, A., 1988. Shear Zones, thrusts and related magmatism in the Oman ophiolite, initiation of thrusting on an oceanic ridge. *Tectonophysics*, 151, 275-296
- Brandon, A.D., Creaser, R.A., Shirey, S.B., and Carlson, R.W., 1996. Osmium recycling in subduction zones. *Science*, 272, 861-864
- Brandon, A.D., Norman, M.D., Walker, R.J., and Morgan, J.W., 1999.  $^{186}\text{Os}$ - $^{187}\text{Os}$  systematics of Hawaiian picrites. *Earth and Planetary Science Letters*, 174, 25-42
- Brandon, A.D., Snow, J.E., Walker, R.J., Morgan, J.W., and Mock, T.D., 2000.  $^{190}\text{Pt}$ - $^{186}\text{Os}$  and  $^{187}\text{Re}$ - $^{187}\text{Os}$  systematics of abyssal peridotites. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 177, 319-335
- Brault, M., Simoneit, B.R.T., Marty, J.C., and Salot, A., 1988. Hydrocarbons in waters and particulate material from hydrothermal environments at the East Pacific Rise, 13°N. *Organic Geochemical*, 12(3), 209-219
- Cohen, A.S., 2004. The rhenium-osmium isotope system: applications to geochronological and palaeoenvironmental problems. *J. Geol. Soc. London*, 161, 729-734
- Deschamps, F., Godard, M. Guillot, S., and Hattori, K., 2013. Geochemistry of subduction zone serpentinites: A review. *Lithos*, 178, 96-127
- Dilek, Y. and Furnes, H., 2011. Ophiolite genesis and global tectonics: Geochemical and tectonic fingerprinting of ancient oceanic lithosphere. *Geological Society of America Bulletin*, 123 (3-4), 387-411
- Dokuz, A., Uysal, İ., Dilek, Y., Karsli, O., Meisel, T., and Kandemir, R., 2015. Geochemistry, Re-Os isotopes and highly siderophile element abundances in the Eastern Pontide peridotites (NE Turkey): Multiple episodes of melt extraction-depletion, melt-rock interaction and fertilization of the Rheic Ocean mantle. *Gondwana Research*, 27(2), 612-628
- Dow, W.G., 1977. Petroleum Source Beds on Continental Slopes and Rises. AAPG Continuing Education Course Notes Series 5, p. D1-D37
- Heydari, E., Arzani, N., and Hassanzadeh, J., 2008. Mantle plume: The invisible serial killer - Application to the Permian-Triassic boundary mass extinction. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 264, 147-162
- Kaymakçı, N., Aldanmaz, E., Langereis, C., Spell, T.L., Gurer, O.F., and Zanetti, K.A., 2007. Late Miocene transcurrent tectonics in NW Turkey: evidence from paleomagnetism and  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating of alkaline volcanic rocks, *Geological Magazine*, 144(2), 379-392
- Kendrick, M.A., Phillips, D., Wallace, M., and Miller, J.McL., 2011. Halogens and noble gases in sedimentary formation waters and Zn-Pb deposits: A case study from the Lennard Shelf, Australia. *Applied Geochemistry*, 26, 2089-2100
- Kerr, A.C., 2005. Oceanic LIPs: The kiss of death. *Elements*, 1, 289-292
- Keller, G., Armstrong, H., Courtillot, V., Harper, D., Joachimski, M., Kerr, A., MacLeod, N., Napier, W., Palfy, J., and Wignall, P., 2012. Volcanism, impacts and mass extinctions. The Geological Society of London, Online version, <https://www.geolsoc.org.uk/Geoscientist/Archive/November-2012/Volcanism-impacts-and-mass-extinctions-2>
- Law, C.A., 1999. Evaluating source rocks. In: AAPG Special Volumes. Volume Treatise of Petroleum Geology/Handbook of Petroleum Geology: Exploring for Oil and Gas Traps, 3.1-3.34
- Luck, J-M. and Allegre, C.J., 1991. Osmium isotopes in ophiolites, *Earth Planet. Sc. Lett.*, 107, 406-415
- Mann, P., Gahagan, L., and Gordon, M.B., 2003. Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields, in Halbouty, M.T. (ed.), *Giant Oil and Gas Fields of the Decade 1990-1999*, AAPG Memoir 78, 15-105
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis, Ouro Preto*, 26(1), 49-66



- Malitch, K.N., Junk, S.A., Thalhammer, O.A.R., Melcher, F., Knauf, V.V., Pernicka, E., and Stumpfl, E.F., 2003. Laurite and Ruarsite from podiforme chromitites at Kraubath and Hochgrössen, Austria, New insights from osmium isotopes. *Can. Mineral.*, 41, 331-352
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis, Ouro Preto*, 26(1), 49-66
- Martin, C.E., 1991. Osmium isotopic characteristics of mantle-derived rocks. *Geochim. Cosmochim. Ac.*, 55, 1421-1434
- Melcher, F., Grum, W., Thalhammer, T.V., and Thalhammer, O.A.R., 1999. The giant chromite deposits at Kempirsai, Urals, Constraints from trace element (PGE, REE) and isotope data. *Miner. Deposita*, 34, 250-272
- Nikogosian, I.K., Bracco Gartner, A.J.J., van Bergen, M.J., Mason, P.R.D., and van Hinsbergen, D.J.J., 2018. Mantle sources of recent Anatolian intraplate magmatism: A regional plume or local geodynamic origin?, *American Geophysical Union*, doi: 10.1029/2018TC005219
- Ogden, D.E. and Sleep, N.H., 2011. Explosive eruption of coal and basalt and the end-Permian mass extinction. *Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences (PNAS)*, 109(1), 59-62. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118675109](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118675109)
- Ongen, İ.Ö., 2009. Jeolojik Zaman Sürecinde Yerküre'nin Evrimi (Tarihsel Jeoloji) Ders Notları. 52 s. (Yayımlanmamış) / *Earth's Evolution in Throughout Geological Time (Historical Geology) Lecture Notes*. 52 p. (in Turkish, unpublished)
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019. Use of Rhenium-Osmium (Re-Os) isotope for direct dating of organic-rich rocks and hydrocarbons/oils in petroleum geology: A review. *ISPEC 4th International Conference on Engineering & Natural Sciences*, October 18-20, Ankara, 46-59
- Ozdemir, A., 2019a. Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları (*Organichydrogeochemical evidences of Hasanoğlan-Ankara petroleum system*). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*. doi:10.5505/pajes.2018.12316 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Ozdemir, A., 2019b. Mamak (Ankara) çalışan petrol sisteminin jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı (*Mature hydrocarbon-rich waters as geochemical evidence of working petroleum system of Mamak-Ankara and potential trap area in the region*). *European Journal of Science and Technology*, 17, 244-260 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Pearce, J.A., Lippard, S.J., and Roberts, S., 1984. Characteristics and tectonic significance of suprasubduction zone ophiolites. in, Kokelaar, B.P. and Howells, M.F. (eds), *Marginal Basin Geology*. *J. Geol. Soc. London*, 16, 77-94
- Peters, K.E. and Cassa, M.R. 1994. Applied Source Rock Geochemistry. Chapter 5. In: Magoon, L.B. & Dow, W.G. (eds), *The Petroleum System - from Source to Trap*. *AAPG Memoir*, 60, pp. 93-120
- Roy-Barman, M. and Allegre, C.J., 1994. <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ratios of mid-ocean ridge basalts and abyssal peridotites. *Geochim. Cosmochim. Ac.*, 58, 5043-5054
- Roy-Barman, M., Wasserburg, G.J., Papnastassiou, D.A., and Chaussidon, M., 1998. Osmium isotopic compositions and Re-Os concentrations in sulfide globules from basaltic glasses. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 154, 331-347
- Sarıfakioğlu, E., Sevin, M., and Dilek, Y., 2017. Türkiye Ofiyolitleri. MTA Özel Yayın Serisi-35 Ophiolites of Turkey. MTA Special Edition Series-35 (in Turkish)
- Selby, D. and Creaser, R.A., 2005. Direct radiometric dating of hydrocarbon deposits using rhenium-osmium isotopes. *Science*, 308,1293-1295
- Stein, H. and Hannah, J., 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5\_36-1
- Snow, J.E. and Reisberg, L., 1995. Os isotopic systematics of the MORB mantle, results from altered abyssal peridotites. *Earth Planet Sc. Lett.*, 133, 411-421
- Snow, J.E., Schmidt, G., and Rampone, E., 2000. Os isotopes and highly siderophile elements (HSE) in the Ligurian Ophiolites, Italy. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 175, 119-132
- Sorkhabi, R., 2010. Why So Much Oil in the Middle East ?. *Geoexpo*, Vol. 7, No. 1
- Svensen, H., Fristad, K.E., Polozov, A.G., and Planke, S., 2015. Volatile generation and release from continental large igneous provinces. *Volcanism and Global Environmental Change*, eds. Anja Schmidt, Kirsten E. Fristad and Linda T. Elkins-Tanton. Published by Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415683.015>
- Tsuru, A., Walker, R.J., Kontinen, A., Peltonen, P., and Hanski, E., 2000. Re-Os isotopic systematics of the 1.95 Ga Jormua Ophiolite Complex, Northeastern Finland. *Chem. Geol.*, 164, 123-141
- Walker, R.J., Hanski, E., Vuollo, J., and Liipo, J., 1996. The Os isotopic composition of Proterozoic Upper Mantle, Evidence for chondritic Upper Mantle from the Outokumpu Ophiolite, Finland. *Earth Planet. Sc. Lett.*, 141, 161-173



Walker, R.J., Prichard, H.M., Ishiwatari, A., and Pimentel, M., 2002. The osmium isotopic composition of the convecting Upper Mantle deduced from ophiolite chromites. *Geochim. Cosmochim. Ac.*, 66, 329-345

Uysal, I., Ersoy, E.Y., Karşlı, O., Dilek, Y., Sadıklar, M.B., Ottley, C.J., Tiepolo, M., and Meisel, T., 2012. Coexistence of abyssal and ultra-depleted SSZ type mantle peridotites in a Neo-Tethyan Ophiolite in SW Turkey: constraints from mineral composition, whole-rock geochemistry (major-trace-REE-PGE), and Re-Os isotope systematics. *Lithos*, 132-133, 50-69





## A SHALLOW AND RELIABLE INDICATOR FOR DEEP OIL AND GAS ACCUMULATIONS IN THE SUBSURFACE: METALLIC ORE DEPOSITS

Adil Ozdemir<sup>1</sup>, Yildiray Palabiyik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Adil Ozdemir Consulting, Ankara, Turkey

adilozdemir2000@yahoo.com

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Department of Petroleum and Natural Gas Engineering, Istanbul, Turkey

palabiyiky@itu.edu.tr

### Abstract

Sedimentary basins are significant deposits for both fossil energy sources and metallic ore deposits. It has been reported in numerous studies that a close relationship exists between oil and gas reservoirs and metallic ore deposits. Besides, in many studies, it has been determined that both source rocks and petroleum resources have a high amount of metal concentrations. In ore deposits, for hand specimens and on a microscopic scale, metallic ores are spatially associated with hydrocarbons. Organic matter in sediments can occur in different forms such as kerogen, bitumen, solid carbon, hydrocarbon gas, and more, in fractures and inclusions in significant amounts of free oil. On a regional scale, both metallic ore deposits and hydrocarbon reservoirs or seeps are generally bounded by the same tectonic units of the basin and controlled by the similar structures (especially regional anticlines, domes or paleo-highs). The results of the study show that hydrocarbons and metals derived from sediment pores during diagenesis are deposited by the co-transportation process by the same hydrothermal fluid and so, ore and organic matter in host rocks have a common source. In other words, organic- and metal-rich sediments in a sedimentary basin are used as a source for both metallic ore deposits and hydrocarbon reservoirs. Metal- and hydrocarbon-rich fluids derived from sediments consolidated as a result of topographic uplift and the compression of the basin laterally migrate along aquifers and head towards the boundaries of the basin and paleo-highs through the faults in the main- and sub-basin. Thus, they constitute metallic ore deposits and hydrocarbon reservoirs characterized by different deposition and trapping mechanisms in different compartments. Metallic ores are deposited in faults, fracture zones, and unconformity surfaces in areas where ore fluids encounter appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Within the scope of the study, the usage of metallic ore deposits as an indicator in hydrocarbon exploration are investigated in the regions where there are no surface hydrocarbon shows (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, oil or gas fields), but there are the metallic ore deposits in operable scales. For this purpose, the results of the studies performed in four different regions of Turkey where there are the metallic ore deposits in operable-sizes have been presented. As a result of the study, it has been inferred that, in the regions where especially economic metallic ore deposits are located, they can be utilized as a shallow and reliable indicator for oil and gas exploration.

**Keywords:** *Oil and gas exploration, Ore deposit, Mineral, Mineralization, Geochemical indicator, Geothermal resources*

### 1. Introduction

Wallace Pratt, a successful oil explorer, stated that "where oil is first found, in the final analysis, is in the minds of men" (Pratt, 1952). Oil and gas fields are mainly located in sedimentary basins with source rocks containing hydrogen-rich organic matter. Sedimentary basins enclose important reservoirs for both energy sources and many metallic ore deposits. A close relationship of oil and gas reservoirs with metallic ore deposits has been set up in many studies listed as follows:

- Pb-Zn deposits: Barton (1967); Billings et al. (1969); Dozy (1970); Peling (1973). Rickard et al. (1975); Connan (1979); Carter (1981); Macqueen and Powell (1983); Sverjensky (1984); Eugster (1985); Giordano (1985). Oliver (1986); Gorzhevsky (1987); Montacer et al. (1988); Gize and Barnes (1987); Bethke and Marshak (1990); Levental (1990); Anderson (1991); Henry et al. (1992); Spirakis and Heyl (1992); Kesler et al. (1994); Eisenlohr et al. (1994); Gize and Barnes (1994); McGoldrick and Large (1998); Spangenberg and Macko (1998); Mossman (1999); Rantitsch et al. (1999); Cooke et al. (2000); Lee and Williams (2000); Rasmussen and Krapez (2000); Wallace et al. (2002); Gregg (2004); Huston et al. (2006); Spangenberg and Herlec, 2006; Warren (2006); Kendrick et al. (2011); Wu et al. (2013); Qiaoqing et al. (2014); Ostendorf et al. (2015); Saintilan et al. (2019),

- Au-Hg-Sb and Cinnabar (HgS) deposits: Mueller (1951); Bailey (1959); Geissman et al. (1967); Hausen and Kerr (1968); Radtke and Scheiner (1970); Chakhmakchev et al. (1981); Shabo et al. (1983); Radtke (1985); Ilchik et al. (1986); Hausen and Park (1986); Gorzhevsky (1987); Parnel (1988); Peabody and Einaudi (1992); Peabody (1993); Gize and Manning (1993); Hanor (1994); Nickholson (1994); Arehart (1996); Zhuang et al. (1999); Hulen and Collister (1999); Emsbo et al. (1999); Parnell and McCready (2000); Fan et al. (2003a); Bao (2011); Gu et al. (2002, 2012); Gaboury (2013); Wenzhi et al. (2015); Wang et al. (2017); Yan et al. (2017),

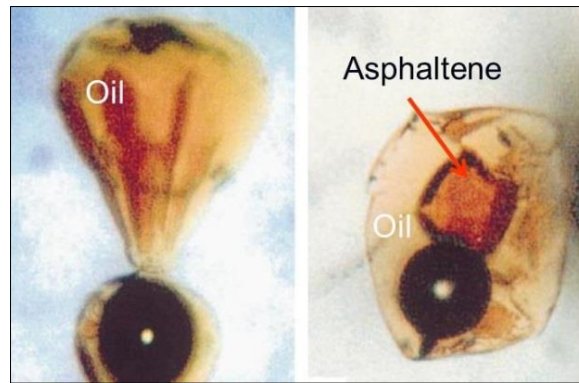
- Cu and U deposits: Kelly and Nishioka (1985); Eugster (1985); Jowett (1986); Sverjensky (1987); Gorzhevsky (1987); Mauk and Hieshima (1992); Sawlowicz, Z. (1993); McCready et al. (1999); Sun and Püttmann (2000); Rasmussen and Krapez (2000); Sawlowicz et al. (2000); Wilson et al. (2003); Wilson and Zentilli (2006); Cisternas and Hermosilla (2006); Cai et al. (2007); Rieger et al. (2008), Yang et al. (2009),



- Sn deposits: Harrison and Beer (1977); Pasava and Kribek (2001); Pasava et al. (2003),
- Mn deposits: Gorzhevskiy (1987),
- Ti deposits: Parnell (2003); Fan et al. (2003b) and so on as many more studies.

In some studies, the relationship of industrial raw materials with hydrocarbon reservoirs has been mentioned (Clay minerals: Weaver, 1960; F-Ba: Bouabdellah et al., 2013).

On a regional scale, both mineral deposits and hydrocarbon reservoirs or seeps are generally limited by the same tectonic units of the basin and controlled by similar structures (especially regional anticlines, domes or paleo-highs) (Gu et al., 2012). In the depositions, for a hand sample and a microscopic scale, metallic ores can be spatially related to hydrocarbons. Organic matter in sediments can occur in different forms such as kerogen, bitumen, solid carbon, hydrocarbon gas, and moreover, fractions and inclusions in significant amounts of free oil (Fig. 1) (Sawkins, 1984; Levental, 1990; Anderson, 1991; Peabody, 1993; Hulen and Collister, 1999; Parnell and McCready, 2000; Bao, 2011). Several important conclusions can be drawn from the existing database of the Mississippi Valley Type (MVT) deposits. For example, these types of deposits tend to form on or on the wings of basement uplifts, and it is clear from fluid inclusion studies that the main components of ore-forming fluids are the fluids (brines - connate waters - oilfield waters) migrated from adjacent basins (Sawkins, 1984). In many cases, mature and extremely mature oil and natural gas fields are considered suitable areas for mineralization (Broadbent et al., 1998; Wilson and Zentilli 2006; Xue et al., 2007). Especially, concentrations of certain metals in crude oil, oilfield water and solid bitumen (eg, V, Ni, Mo, U, Cu, Pb, Zn, Au, Ag, As, Sb and Hg) can reach concentrations suitable for mineralization (Carpenter et al. 1974; Sverjensky, 1984; Sawkins, 1984; Parnell, 1988; Curiale, 1993; Farrell and Mossman, 1994; Mossman, 1999; Williams-Jones and Migdisov, 2006).



**Fig. 1. Fluid inclusion data for oil reservoir water in Mississippi Valley Type (MVT) Pb-Zn ore samples**  
(<http://eps.mcgill.ca/~courses/c452/>)

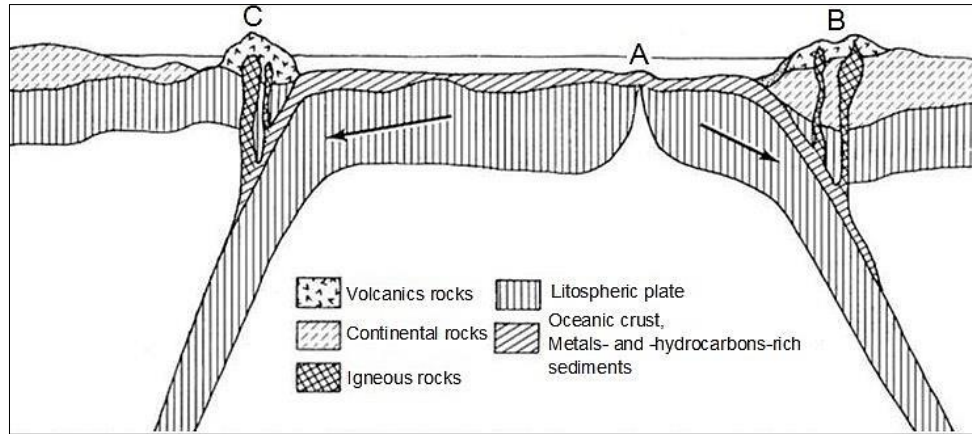
## 2. Plate Tectonics, Hydrocarbons, Ore Deposits, and Geothermal Resources

Plate tectonics provides a basis for understanding the distribution and origin of the mineral and energy resources. Energy resources and ore deposits may be related to plate tectonics in three ways (Condie, 2003):

1. The geological processes at the plate boundaries control the formation of energy resources and ore deposits.
2. In specific tectonic environments controlled by plate tectonics, specific mineral deposits and energy sources are formed.
3. The reconstructed parts of the fragmented supercontinents contain new mineral and energy resources.

Whereas time mineral and energy resources are associated with plate tectonics, it is important to know the relationship between resources and host rocks. If resources are syngenetic with host rocks, it means that they formed in the same tectonic setting. If mineral and energy resources are essentially secondary and later settled in the host rocks (e.g., carrying with hydrothermal fluids or oil migration, etc.), they may have formed in a different tectonic setting than host rocks (Condie, 2003). Petrochemical properties can be used successfully in areas where both certain structures (normal faults, nappes, etc.) can be observed and where metamorphism and orogenesis destroyed structural relationships to a certain extent. At this point, it is very important to note that both the old tectonic setting and ore deposits and hydrocarbon reservoirs occur where similar lithological communities are formed and are often repeated throughout the history of the earth and incorporated into the structures of the continents (Fig. 2). Thus, the environments forming ore deposits and hydrocarbon reservoirs are undoubtedly repeated over time. As the diversity, complexity, and arc metallogenesis of arc environments become more and more understandable, it will become an increasingly clear fact that tectonics is an important control in the formation of ore deposits and hydrocarbon reservoirs (Sawkins, 1984). The main ore deposits and energy sources in various tectonic settings are summarized in Table 1. Rona (2008) and Ozdemir (2018a) presented schematic illustrations associated with the occurrence environments and the tectonic relations of fossil energy resources (oil, gas, and coal), mineral deposits, and geothermal resources (Figs. 3 and 4).





**Fig. 2. Different ore formation environments and plate tectonics. (A) The mid-ocean ridge, (B) Subduction under continental margin, (C) Subduction under island arc. The arrows indicate the direction of movement of the plates.**

**Table 1. Main mineral deposits and energy resources in various tectonic settings (Condie, 2003)**

Tectonic setting		Mineral deposits	Energy deposits
1	Oceanic settings		
	a) Ophiolite	Cyprus-type Cu-Fe massive sulfides; podiform chromite	
	b) Ocean ridge		Geothermal
	c) Back-arc basin		Hydrocarbons
2	Subduction zone		
	a) Arc	Hydrothermal: Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Sb, Hg, Sn, W	Geothermal, hydrocarbons
		Porphyries: Cu, Mo, Sn	
		Massive sulfides: Cu, Pb, Zn	
	b) Foreland basin	Red bed U, V, Cu	Hydrocarbons, coal
c) Forearc basin	Foreland basin	Hydrocarbons	
3	Orogens		
	a) Highlands	Sn-W granites	
		Gemstones	
		Deposits from older tectonic settings	
	b) Foreland/hinterland basin	Redbed U, V, Cu	Hydrocarbons, oil shale, coal
Stratiform Pb-Zn-Ag			
4	Continental rifts	Stratiform Pb-Zn	Geothermal
		REE, Nb, U, Th, P, Cl, F, Ba, Sr associated with alkaline intrusives	
		Sn granites	
		Stratiform Cu	
		Evaporites	
5	Cratons, passive margins	Diamonds (kimberlites)	Hydrocarbons, coal
		Bauxite	



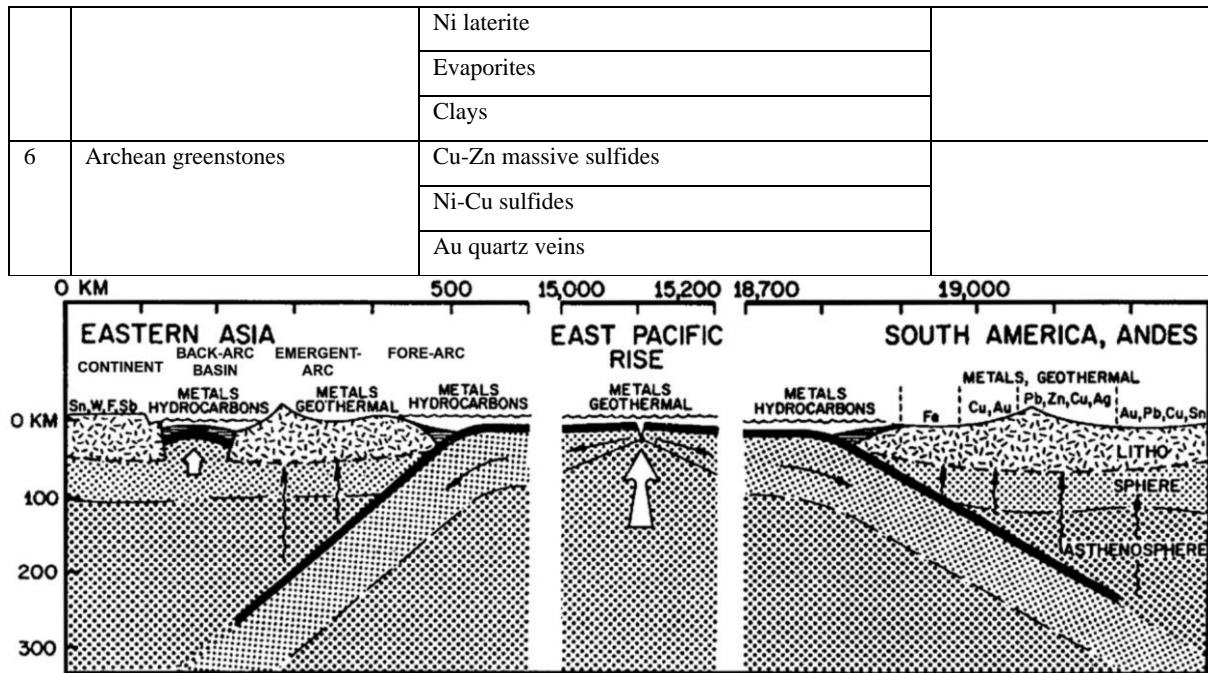


Fig. 3. Diagrammatic E-W cross-section of the Pacific Ocean between South America and Southeastern Asia showing settings for hydrothermal mineralization associated with convergent (subduction zones) and divergent (ocean ridges) plate boundaries and metallogenic zones of the Andes (Rona, 2008)

### 3. Occurrence Models of Ore Deposits And Hydrocarbon Reservoirs From Metal- and Hydrocarbon-Rich Fluids

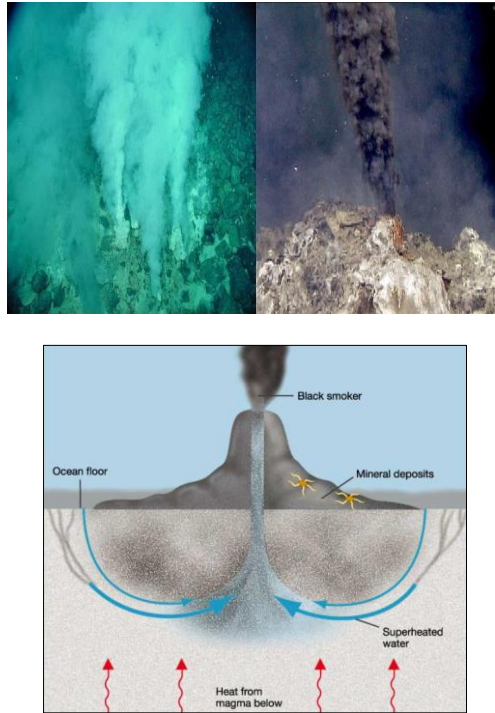
The results of the previous studies (references in the introduction part) addressing the relationship between metallic ores and hydrocarbons show that ore deposits and hydrocarbon reservoirs in the same sedimentary basin are formed as a result of joint transport and accumulation of metals and hydrocarbons formed in the same sedimentary basin by the same fluid. Ozdemir and Palabiyik (2019a) have stated that since both clastic and carbonate petroleum source rocks along with crude oils are rich in metals and black and dark colors, it seems reasonable to think that the petroleum source rock forms around hydrothermal vent (black and white smokers) on the seafloor as a result of a rising mantle plume (Fig. 5). In a sedimentary basin, organic and metal-rich sediments are used as resources for the formation of both ore deposits and hydrocarbon reservoirs. Metals and hydrocarbons formed in sediments around a hydrothermal vent are transported together with fluids separated from the pores of the sediments during diagenesis. These metal- and hydrocarbon-rich fluids, which are derived from the sediments which are consolidated as a result of the topographic elevation and compression of the basin, migrate laterally along the aquifers and moves vertically to the edges of the basin and elevations along the faults in the main and lower basins where mineralization and hydrocarbon accumulation occurs through different deposition and trapping mechanisms, and finally, form ore deposits and hydrocarbon reservoirs. Mineral deposits are deposited in areas where faults, fracture zones, and discordant surfaces meet the appropriate geochemical barriers. Hydrocarbons accumulate in stratigraphic, lithological, and structural traps. Due to the different deposition and trapping mechanisms, the deposition and accumulation areas of mineralizations and hydrocarbon reservoirs are spatially different to a certain degree (Fig. 6). Parnell and McCready (2000) have studied the paragenetic relationship between hydrocarbons and ores in many ore deposits in detail (Fig. 6).

Thermal phenomena in abnormal dimensions such as sedimentary basin rifting provide a driving force for migration of metal- and hydrocarbon-rich fluids and the formation of ore deposits and hydrocarbon reservoirs whereas syndepositional faults ensure an effective vertical channel for the transportation of metal- and hydrocarbon-rich fluid. Various models have been proposed by different researchers for the processes capable of forming ore deposits and hydrocarbon reservoirs of the fluids enriched by metals and hydrocarbons (Fig. 7).

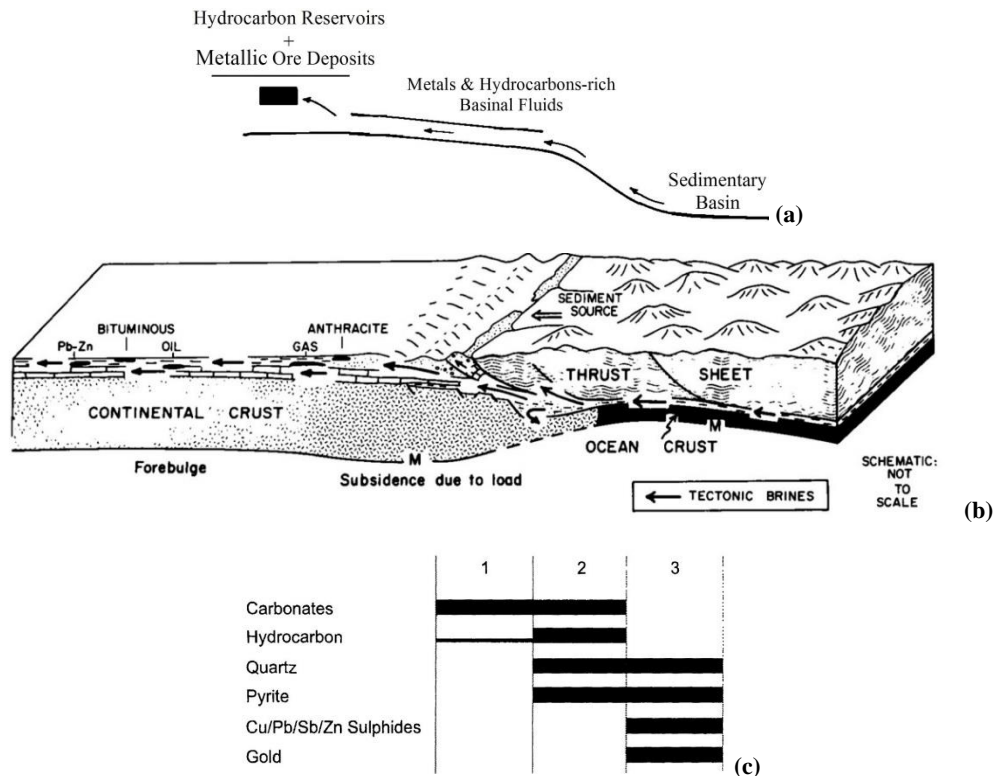






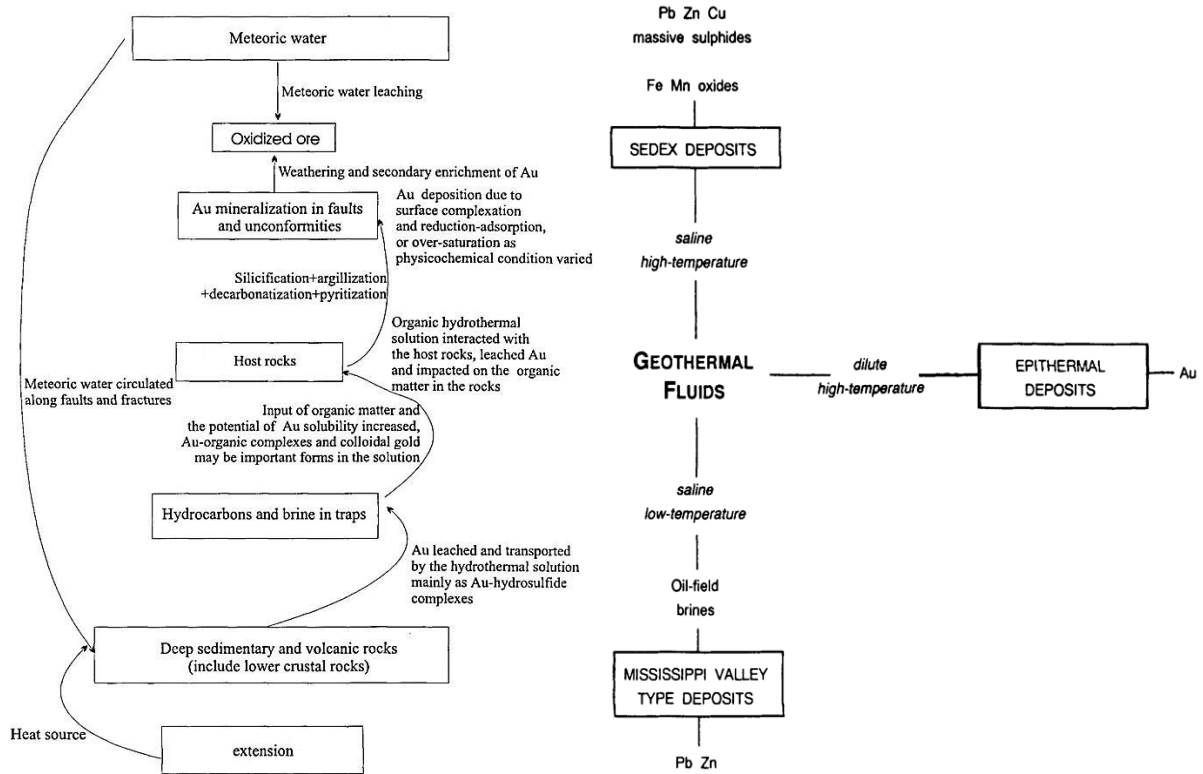


**Fig. 5. A modern seafloor hydrothermal vent**



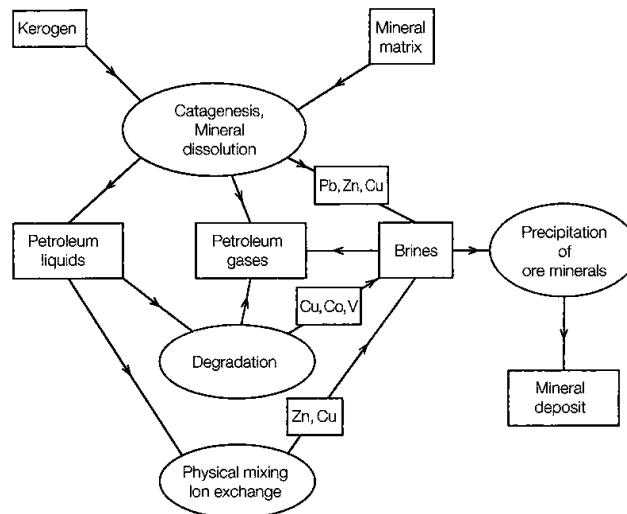
**Fig. 6. (a) Schematic representation of the formation of mineral deposits and hydrocarbon reservoirs by the migration of metal- and hydrocarbon-rich basin fluids formed in a sedimentary basin. (b) Gas and anthracite deposits are closer to orogenesis than oil and bituminous coal, respectively. During orogenesis, the sequential occurrence of hydrocarbon reservoirs and a Pb-Zn deposit in a basin of metal- and hydrocarbon-rich tectonic brines migrated from a marine sedimentary basin. Heavy arrows schematically illustrate the flow of tectonic brines expelled from buried sediments. Continental crust has a thickness of 35 km, the horizontal scale of the diagram is 500 km (Oliver, 1986). (c) Summary of paragenesis in gold-silver deposits in British Columbia (Parnell and McCready, 2000)**





(Ba, 2011)

(Nicholson, 1994)



Manning and Gize (1993)

Fig. 7. Some of the proposed models for the relationship between hydrocarbons and ore deposits

#### 4. Real Field Applications from Turkey Regarding the Usage of Metallic Ore Deposits as An Indicator in Hydrocarbon Exploration

Very recently, TPH (Total Petroleum Hydrocarbons) in water analysis has started to be used in petroleum exploration, which allows determination of hydrocarbon-rich waters and organic geochemical properties in basins/regions, where source rocks are not exposed at the surface as outcrops (covered basins) or has been exhausted (depleted) (Ozdemir, 2019a, b; c; Palabiyik et al., 2019; Karatas et al., 2019). Furthermore, in some recent studies, it has been determined that all organic geochemical analyses conducted on source rock and gas samples can also be applied to hydrocarbon-rich surface and ground waters determined by TPH in water analysis and that the same analysis and interpretation results in the same basins/regions have been reached (Ozdemir, 2018; Li et al., 2018). The



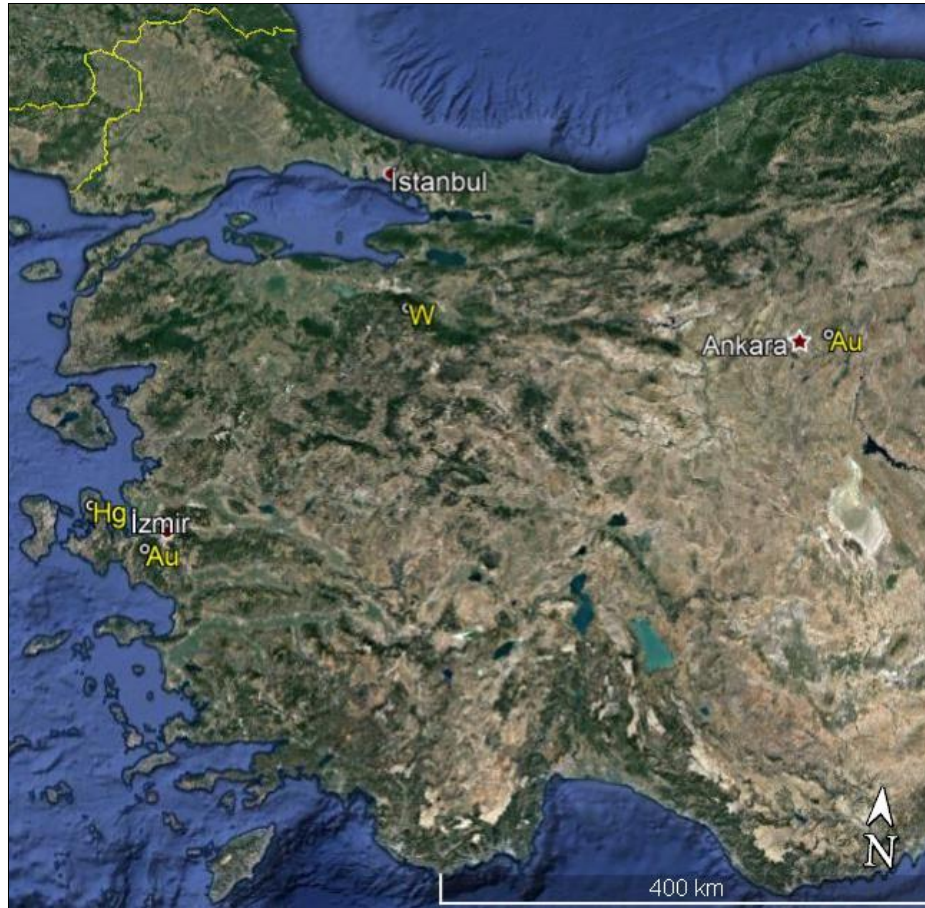


proposed TPH limit values for surface and ground waters are given in Table 2. Surface and underground waters exceeding the TPH values in Table 2 are defined as hydrocarbon-rich waters.

**Table 2. Recommended TPH limit values for surface and underground waters**

TPH (mg/L)	Reference
< 0.05	Li et al. (2018)
< 0.1	Zemo and Foote (2003)
< 0.5	Özdemir (2018b)
< 0.2	Surface Water Quality Regulation of Turkey (Appendix 5: Oil and Grease)
< 0.02	Water Pollution Control Regulation of Turkey (Appendix Table 1: Oil and Grease)

In the context of this study, to investigate the usage of metallic ore deposits as an indicator in hydrocarbon exploration in regions where there are no surface hydrocarbon shows (outcrop of source rocks, oil or gas seeps, etc.), but, where ore deposits in operable-size exist. Starting from this point, the results of the studies conducted in four different regions of Turkey where ore deposits in operable-size are available have been presented (Fig. 8).

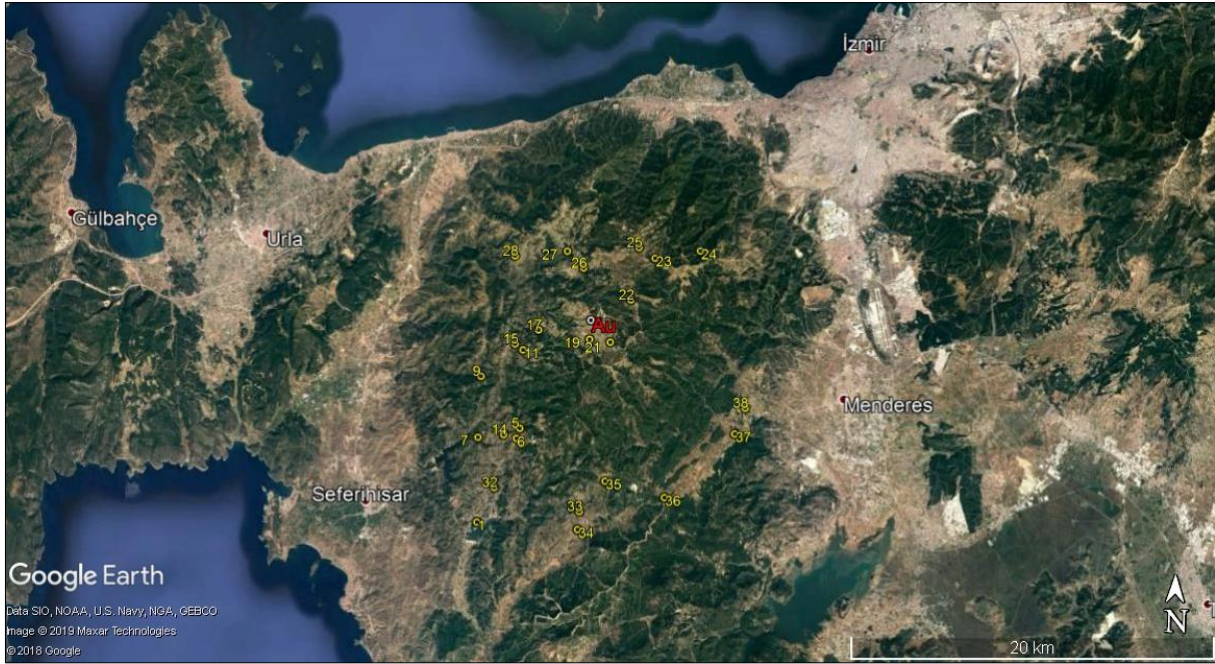


**Fig. 8. Map of locations of the selected metallic ore deposits in Turkey to investigate their usage as an indicator in hydrocarbon exploration (A: Gold, Hg: Mercury, W: Wolfram)**

#### 4.1. Seferihisar Uplift Gold Deposit (Izmir, Turkey)

The Seferihisar Uplift is located in Efemçukuru Gold Mine which has one of the largest proven gold reserves of Turkey (Figs. 8 and 9). Efemçukuru mineralization is a typical example of vein-type epithermal gold mineralization with stockwork and replacement. The veins are located in Late Cretaceous-Paleogene flysch facies, which are rocks of the İzmir-Ankara Zone in which rhyolites of Neogene volcanism have invaded. Gold mineralization is associated with a magmatic-hydrothermal activity. Mineralization is controlled by NW-SE oriented faults and occurs in the NE direction and at 60-80° dips (Oyman et al., 2003). The field has started to be operated in 2011 and the total amount of ore to be extracted is approximately 8.5 million tons. The average grade of the ore for the gold (Au) has been determined to be 7.31 g/ton (Tüprag, 2019).





**Fig. 9. Location map of the gold mine and the water samples taken from the Seferihisar Uplift (Au: Efemçukuru Gold Plant) (Karataş et al., 2019).**

Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses have been conducted on 25 samples taken from the water resources selected in the Seferihisar Uplift (Fig. 9). TPH values of all water samples are considerably higher than the hydrocarbon limit values (Table 2) required in surface and underground water (TPH: 0.40-0.79 mg/l). The Ph/n-C18 values of all water samples are  $< 1$  (Ph/n-C18: 0.03-0.36). According to these values, hydrocarbons in the water samples are non-biodegraded. According to the Carbon Preference Index (CPI) values (CPI: 0.84-1.56), the source of n-alkanes in the water samples is petrogenic hydrocarbons and organic-rich older sediments. According to the NAR (Natural n-Alkane Ratio) parameter (NAR: 0.06-0.31), the n-alkanes in the water samples are petrogenic hydrocarbons. According to the position of water samples in Pr/nC17 - Ph/nC18 and Pr/n-C17 - Pr/Ph plots, the source rocks which generated the hydrocarbons are in the high anoxic-anoxic-suboxic marine environment (Type II kerogen) and anoxic-suboxic transition environment (Type II-III kerogen) were deposited. The n-alkane hydrocarbons in water samples are mature petroleum hydrocarbons that are the evidence of the petroleum system in the study area (Karatas et al., 2019).

#### **4.2. Karaburun Peninsula Mercury Deposit (Izmir, Turkey)**

There are formerly operated mercury deposits in the Karaburun Peninsula (Figs. 8 and 10). All major mercury deposits in Turkey are epithermal and they have occurred in the depths varying from 1 m to 600 m as a result of upflowing hot springs (50-200 °C). The ore is located in veins or as disseminated in sandstones and schists (Gemici, 2008). In the studies of Gemici (2008) and Gemici and Oyman (2003), it has been determined that the surface and underground waters in the Karaburun Peninsula, especially in the regions where mercury deposits are present, contain high amounts of mercury.







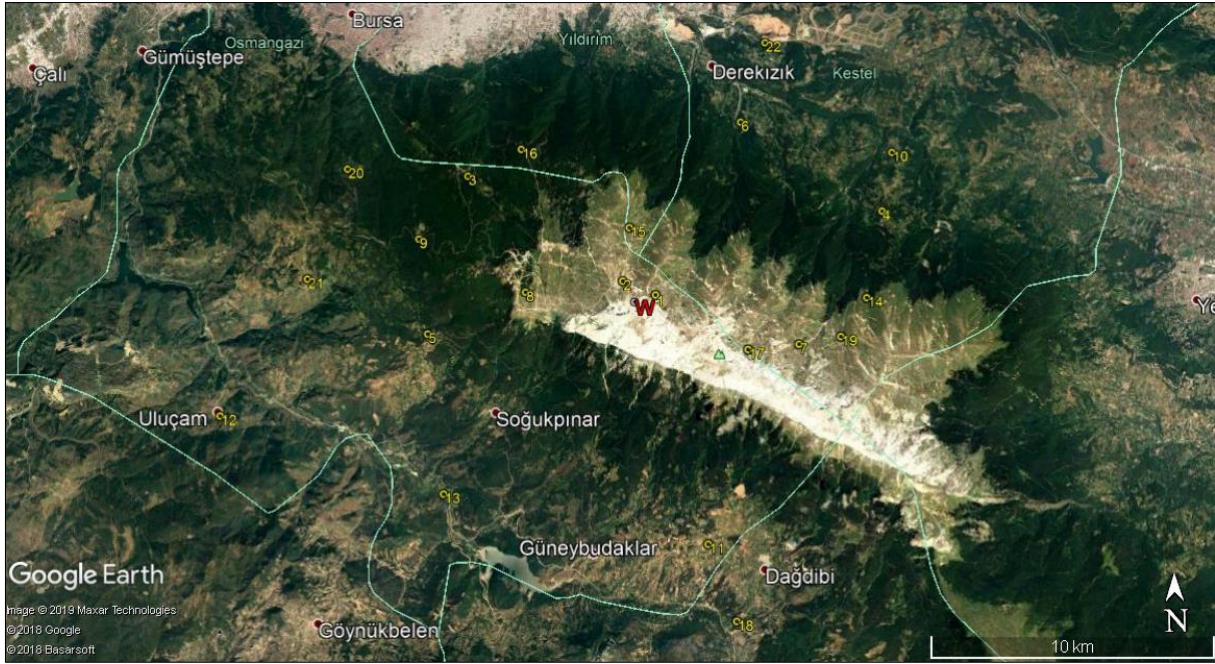
**Fig. 10. Location map of the water samples taken from the Karaburun Peninsula and formerly mercury mine operations (water samples: yellow circles, Hg: formerly operated mercury mines) (Karatas et al., 2019)**

Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses have been conducted on 23 samples taken from the water resources selected in the Karaburun Peninsula (Fig. 10). TPH values of all water samples are remarkably greater than the hydrocarbon limit values (Table 2) in surface and underground water (TPH: 0.40-0.71 mg/L). The Ph/n-C18 values of all water samples are  $< 1$  (Ph/n-C18: 0.02-0.29). According to these values, hydrocarbons in the water samples are non-biodegraded. According to the Carbon Preference Index (CPI) values (CPI: 0.73-2.10), the source of n-alkanes in the water samples is petrogenic hydrocarbons and organic-rich older sediments. According to the NAR (Natural n-Alkane Ratio) parameter (NAR: 0.00-0.37), the n-alkanes in the water samples are petrogenic hydrocarbons. According to the position of water samples in Pr/nC17-Ph/nC18 and Pr/n-C17-Pr/Ph plots, the source rocks that generated the hydrocarbons are in the high anoxic-anoxic-suboxic marine environment (Type II kerogen) and anoxic-suboxic transition environment (Type II-III kerogen) were deposited. The n-alkane hydrocarbons in water samples are mature petroleum hydrocarbons that are the evidence of the petroleum system in the study area (Karatas et al., 2019).

#### **4.3. Uludag Massif Wolfram Deposit (Bursa, Turkey)**

The Uludag Massif wolfram deposit is the contact and metasomatic mineralization of hydrothermal origin formed within granodiorite-marble contact and close contact marbles (Figs, 8 and 11). The main ore mineral in the deposit is scheelite. Proved reserve (0.437%  $WO_3$ ): 55,629,136 tons, Probable reserve: 4,967,170 tons, Inferred reserve: 3,788,030 tons (DPT, 2001). The previously operated deposit is not currently operated.





**Fig. 11. Location map of the water samples taken from the Uludag Massif and formerly wolfram mine operation (water samples: yellow circles, W: formerly operated wolfram mine) (Palabiyik et al., 2019)**

Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses have been conducted on 22 samples taken from the water resources selected in the Uludag Massif (Fig. 11). TPH values of all water samples are significantly higher than the hydrocarbon limit values (Table 2) in surface and underground water (TPH: 0.40-0.82 mg/l). The Ph/n-C18 values of all water samples are  $< 1$  (Ph/n-C18: 0.05-0.15). According to these values, hydrocarbons in the water samples are non-biodegraded. According to the Carbon Preference Index (CPI) values (CPI: 0.73-2.10), the source of n-alkanes in the water samples is petrogenic hydrocarbons and organic-rich older sediments. According to the NAR (Natural n-Alkane Ratio) parameter (NAR: 0.15-0.50), the n-alkanes in the water samples are petrogenic hydrocarbons. According to the position of water samples in Pr/nC17-Ph/nC18 and Pr/n-C17-Pr/Ph plots, the source rocks which generated the hydrocarbons are in the high anoxic-anoxic-suboxic marine environment (Type II kerogen) and anoxic-suboxic transition environment (Type II-III kerogen) were deposited. The n-alkane hydrocarbons in water samples are mature petroleum hydrocarbons that can be considered as the evidence of the petroleum system in the study area (Palabiyik et al., 2019).

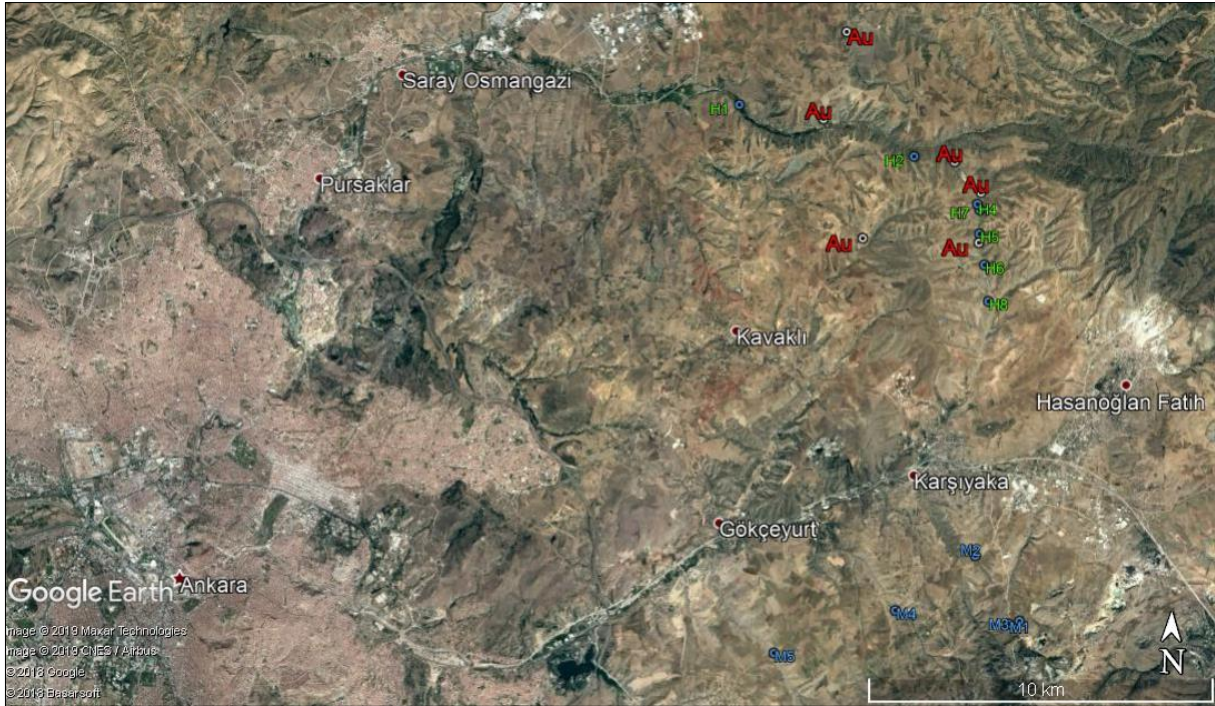
#### **4.4. Altındag Gold Mineralization (Ankara, Turkey)**

Au values of 3.31-15.49 g/ton from the analyzed rock samples in the Altındag Gold Exploration License have been obtained (Figs, 8 and 12) (Özdemir, 2019d). Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses have been performed on 7 samples taken from the water resources chosen in the Hasanoglan Region, Ankara (Fig. 12). TPH values of all water samples are considerably greater than the hydrocarbon limit values (Table 2) in surface and underground water (TPH: 23.39-45.31 mg/l). The Ph/n-C18 values of all water samples are  $< 1$  (Ph/n-C18: 0.63-0.99). According to these values, hydrocarbons in the water samples are non-biodegraded. According to the Carbon Preference Index (CPI) values (CPI: 1.01-1.25), the source of n-alkanes in the water samples is petrogenic hydrocarbons and organic-rich older sediments. According to the NAR (Natural n-Alkane Ratio) parameter (NAR: 0.01-0.39), the n-alkanes in the water samples are petrogenic hydrocarbons. According to the position of water samples in Pr/nC17-Ph/nC18 and Pr/n-C17-Pr/Ph plots, the source rocks that generated the hydrocarbons are in the reducing transition environment (Type II-III kerogen) were deposited. The n-alkane hydrocarbons in water samples are mature petroleum hydrocarbons. They are evidence of the petroleum system in the study area (Özdemir, 2019a).

On the other hand, this time, Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) analyses have been conducted on 5 samples taken from the water resources selected in the Mamak Region that is a different location of Ankara, Turkey (Fig. 12). TPH values of all water samples are remarkably higher than the hydrocarbon limit values (Table 2) in surface and underground water (TPH: 7.51-13.71 mg/L). The Ph/n-C18 values of all water samples are  $< 1$  (Ph/n-C18: 0.09-0.71). According to these values, hydrocarbons in the water samples are non-biodegraded. According to the Carbon Preference Index (CPI) values (CPI: 0.97-1.78), the source of n-alkanes in the water samples is petrogenic hydrocarbons and organic-rich older sediments. According to the NAR (Natural n-Alkane Ratio) parameter (NAR: 0.02-0.28), the n-alkanes in the water samples are petrogenic hydrocarbons. According to the position of water samples in Pr/nC17-Ph/nC18 and Pr/n-C17-Pr/Ph plots, the source rocks which generated the hydrocarbons are in the reducing transition environment (Type II-III kerogen) were deposited. The n-alkane hydrocarbons in water samples are mature petroleum hydrocarbons representing the evidence of the petroleum system in the study area (Özdemir, 2019c).







**Fig. 12. Location map of the water samples taken from the Hasanoglan and Mamak Regions and rock samples containing gold (Hasanoglan water samples: green circles, Mamak water samples: blue circles, Au: rock samples containing gold) (from Ozdemir, 2019 a,c, and d)**

### **5. Use of Re-Os Isotope System for Direct Dating of Hydrocarbon Reservoirs and Ore Deposits and Correlation With Each Other**

While correlating mineral deposits with hydrocarbons, it is important to know the relationship between resources and host rocks. Ore and hydrocarbon resources may have been occurred at the same age or at different ages. In this case, the Re-Os (Rhenium-Osmium) isotope system can be successfully used in areas where metamorphism and orogenesis destroyed structural relations. The Re-Os isotope system is used to determine the age of both ore deposits and organic-rich rocks/hydrocarbons/oils (Cohen, 2004; Marques, 2012; Stein and Hannah, 2014; Ozdemir and Palabiyik, 2019b). Wang et al. (2017) have conducted research for this purpose. In this study, Re-Os isotope ages of hydrocarbons and antimony mineralization in the region where both an antimony deposit and an oilfield have been discovered and antimony and hydrocarbons have been correlated with each other. Since the hydrocarbons entrapped in the antimony ore and the hydrocarbons in the oilfield are composed of similar components, the source of the antimony mineralization in the study area has been determined to be the oilfield in the same region. The following stages have been proposed for the formation of the oil reservoir and antimony mineralization (Fig. 13).

- (1) Petroleum generation occurred in the Late Permian (Re-Os isochron age:  $254.3 \pm 2.8$  Ma).
- (2) Oil reservoir provided liquid- and gas-phase hydrocarbons as a reducing agent to facilitate thermochemical sulfate-reducing and to form the sulfur required for antimony mineralization.
- (3) Antimony mineralization occurred in Jurassic (Re-Os isochron age:  $148 \pm 8.5$  Ma) and the occurrence of the oil reservoir is a prerequisite for antimony mineralization.





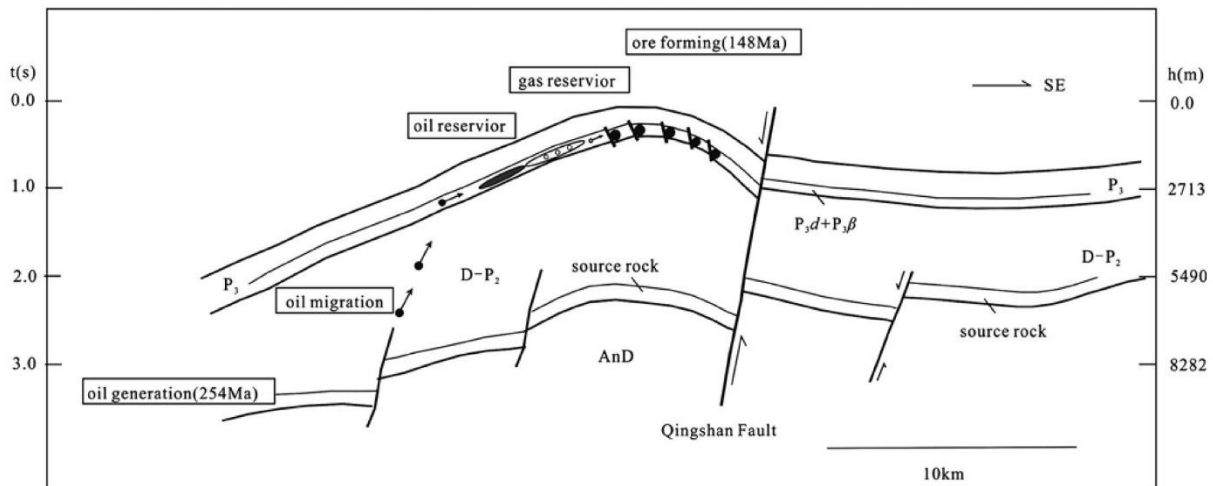


Fig. 13. Occurrence and depositing model of Qinglong antimony mineralization (Wang et al., 2017)

## 6. Conclusions

In this study, it has been observed that the tectonic and magmatic processes leading to the formation of metallic ore deposits and hydrocarbon reservoirs are very well-matched. Besides, the formation of metallic ore deposits and hydrocarbons have been determined to be closely related to each other. Therefore, it can be deduced that metallic ore deposits in the same basin/region can be used as a shallow and reliable indicator for hydrocarbon exploration. As a result of Re-Os isotope analyses to be carried out in metallic ore deposits and hydrocarbons in the same basin/region, geological ages of both metallic ore deposits and hydrocarbons can be estimated and correlated with each other. This identified relationship allows us to better predict the locations of oil and gas reservoirs under the guidance of metallic ore deposits. For this purpose, metallic ore deposits formed by Tethyan metallogenesis can be taken as the main reference in oil and gas exploration since oil formation is associated with marine environments. Moreover, Re-Os isotope analysis can provide useful information on tectonic settings where both metallic ore deposits and hydrocarbons are formed. Consequently, in the exploration of oil and gas reservoirs and the interpretation of the tectonic history of the basin/region, the usage of the known metallic ore deposits as a guide will be a new and reliable method for determining shallow and deep structures (traps) involved in oil and/or gas reservoirs likely to be discovered.

## 7. References

- Anderson, G.M., 1991. Organic maturation and ore precipitation in Southeast Missouri. *Economic Geology*, 86, 909-926
- Arehart, G.B., 1996. Characteristics and origin of sediment-hosted gold deposits: a review. *Ore Geology Review*, 11, 383-403
- Bailey, E.H., 1959. Froth veins formed by immiscible hydrothermal fluids in mercury deposits, California. *Bull. Geol. Soc. America*, 70, 661-664
- Bao, Z., 2001. Geochemistry of the Sediment-hosted Disseminated Gold Deposits in Southwestern Guizhou Province, China. Universite du Quebec, PhD Thesis, 245 p.
- Barton, P.B., 1967. Possible role of organic matter in the precipitation of the Mississippi Valley ores. in: *Genesis of Stratiform Lead-Zinc-Barite-Fluorite Deposits* (J.S. Brown, ed.), *Econ. Geol. Monograph* 3, 371-378
- Bethke, C.M. and Marshak, S., 1990. Brine migrations across North America - the plate tectonics of groundwater. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 18, 287-315
- Billings, G.K., Kesler, S.E. and Jackzwns, A., 1969. Relation of zinc-rich formation waters. northern Alberta, to the Pine Point ore deposit. *Economic Geology*, 64, 385-391
- Bouabdellah, M., Castorina, F., Bodnar, R.J., Banks, D., Jébrak, M., Prochaska, W., Lowry, D., Klügel, A., and Kaj Hoernle, K., 2013. Petroleum migration, fluid mixing, and halokinesis as the main ore-forming processes at the peridiapiric Jbel Tirremi fluorite-barite hydrothermal deposit, Northeastern Morocco. *Economic Geology*, 108, 1223-1256
- Broadbent, G., Myers, R., and Wright, J., 1998. Geology and origin of shale hosted Zn-Pb-Ag mineralization at the Century deposit, Northwest Queensland, Australia. *Economic Geology*, 93, 1264-1294
- Cai, C.F., Dong, H.L., Li, H.T., Xiao, X.J., Ou, G.X., and Zhang, C.M., 2007. Mineralogical and geochemical evidence for coupled bacterial uranium mineralization and hydrocarbon oxidation in the Shashagetai deposit, NW China. *Chemical Geology*, 236, 167-179
- Carpenter, A.B., Trout, M.L., and Pickett, E.E., 1974. Preliminary report on the origin and chemical evolution of lead- and zinc-rich oil field brines in central Mississippi. *Economic Geology*, 69, 1191-1206



- Carter, J.S., 1981. The connection between gaseous hydrocarbons and lead-zinc mineralisation. Ph.D. Thesis, University of London., 198 p.
- Chakhmakhehev, V.A., Kurganskaya, E.V., and Punanova, S.A., 1981. Distribution of trace elements in petroleum fractions. *Geochemical International*, 18, 177-181
- Chilingar, G.V., Buryakovskiy, L.A., Eremenko, N.A., and Gorfunkel, M.V. 2005. *Geology and Geochemistry of Oil and Gas (Developments in Petroleum Science, Volume 52)*, Elsevier B.V., 390 p.
- Cisternas, M.E. and Hermosilla, J., 2006. The role of bitumen in strata-bound copper deposit formation in the Copiapo area, Northern Chile. *Miner Deposita*, 41, 339-355
- Cohen A.S., Coe A.L., Bartlett J.M., and Hawkesworth C.J., 1999. Precise Re-Os ages of organic-rich mudrocks and the Os isotope composition of Jurassic seawater. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 167, 159-173
- Condie, K.E., 2003. *Plate Tectonics and Crustal Evolution (Fourth edition)*. Butterworth-Heinemann Publishing, 282 p.
- Connan, J., 1979. Genetic relation between oil and ore in some Pb-Zn-Ba ore deposits. *Spec. Publ. Geol. Soc. S. Afr.* 5, 263-274
- Cooke, D.R., Bull, S.W., Large, R.R., and Mccgoldrick, P.J., 2000. The Importance of Oxidized Brines for the Formation of Australian Proterozoic Stratiform Sediment-Hosted Pb-Zn (Sedex) Deposits. *Economic Geology*, 95(1), 1-18
- Curiale, J.A., 1993. Oil to source rock correlation-concepts and case studies. In: Engel, MH and Macko, S.A. (eds) *Organic Geochemistry*. 473-490
- Dozy, J.J., 1970. A geological model for the genesis of the lead-zinc ores of the Mississippi Valley, U.S.A. *Institute of Mining and Metallurgy Transactions, Section B* 79, 163-170
- DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Antimuan, Tungsten, Nikel, Vanadyum, Molibden, Kalay, Manganez). 79 s.
- Eisenlohr, B.N., Tompkins, L.A., Cathles, L.M., Barley, M.E., and Groves, D.I., 1994. Mississippi Valley-type deposits: products of brine expulsion by eustatically induced hydrocarbon generation? An example from northwestern Australia. *Geology*, 22, 315-318
- Emsbo, P., Hutchinson, R.W., Hofstra, A.H., Volk, J.A., Bettles, K.H., Baschuk, G.J., and Johnson, C.A., 1999. Syngenetic Au on the Carlin trend: implications for Carlin-type deposits. *Geology*, 27, 59-62
- Eugster, H. P., 1985. Oil shales, evaporites and ore deposits. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49, 619-635
- Fan, D., Tao, K., and Ye, J., 2003a. The giant Xikuangshan Sb-deposit hosted by the upper Devonian black shale series of Hunan, China. *Ore Geology Reviews*, 24, 121-133
- Fan, D., Tao, Z., Ye, J., Pasava, J., Kribek, B., Dobes, P., Varrin, I., and Zak, K., 2003b. Geochemistry and origin of the giant tin-polymetallic sulfide deposits hosted in the Devonian black shale series in the Dachang region of Southern China. *Ore Geology Reviews*, 24, 103-120
- Farrell, K.P.J. and Mossman, D.J., 1994. Origin, mode of emplacement, and trace element geochemistry of albertite at the type locality, Albert Mines, southeastern New Brunswick, Canada. *Energy Sources*, 17, 359-371
- Gaboury, D., 2013. Does gold in orogenic deposits come from pyrite in deeply buried carbon-rich sediments?: Insight from volatiles in fluid inclusions. *Geology*, 41, 1207-1210
- Geissman, T.A., Sun, K.Y., and Murdoch, J. 1967. Organic minerals. Picene and chrysene as constituents of the mineral curtisite. *Experientia*, 23, 793-794
- Gemici, Ü. and Oyman, T., 2003. The influence of the abandoned Kalecik Hg mine on water and stream sediments (Karaburun, Izmir, Turkey), *The Science of the Total Environment*, 312, 155-166
- Gemici, Ü., 2008. Evaluation of formerly mercury deposits in Western Anatolia in terms of environmental geology. *International Symposium on Medical Geology (Editor: Esref Atabey)*, 133-145 (in Turkish)
- Giordano, T.H., 1985. A preliminary evaluation of organic ligands and metal-organic complexing in Mississippi Valley-type ore solutions. *Economical Geology*, 80, 96-106
- Gize, A.P. and Barnes, H.L., 1994. Organic contributions to Mississippi Valley-type lead-zinc genesis-a critical assessment. In: Fontbote L, Boni (eds) *Sediment-Host Zn-Pb Ores*. Springer, 13-26
- Gize, A.P. and Manning, D.A.C., 1993. Aspects of the organic geochemistry and petrology of metalliferous ores. In *Organic Geochemistry: Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko (eds), 565-580
- Gize, A.P. and Barnes, H.L., 1987. The organic geochemistry of two Mississippi Valley-type lead - zinc deposits. *Economic Geology*, 82, 457-470
- Gorzhevskiy, D.I., 1987. On the role of organic matter in ore formation. *International Geology Review*, 29(2), 207-217



- Gregg, J.M., 2004. Basin fluid flow, base-metal sulphide mineralization and the development of dolomite petroleum reservoirs. Braithwaite, C. J. R., Rizzi, G., and Darke, G. (eds). *The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs*. Geological Society, London, Special Publications, 235, 157-175
- Gu, X.X., Zhang, Y.M., Li, B.H., Dong, S.Y., Xue, C.J., and Fu, S.H., 2012. Hydrocarbon- and ore-bearing basinal fluids: a possible link between gold mineralization and hydrocarbon accumulation in the Youjiang basin, South China. *Miner Deposita*, 47:663-682
- Gu, X.X., Liu, J.M., Schulz, O., Vavtar, F., and Zheng, M.H., 2002. Syngenetic origin for the sediment-hosted disseminated gold deposits in NW Sichuan, China: ore fabric evidence. *Ore Geology Review*, 22, 91-116
- Hanor, J.S., 1994. Origin of saline fluids in sedimentary basins. In: Parnell J (ed) *Geofluids: Origin, Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins*. Geological Society Special Publication, no. 78. Geological Society, London, 151-174
- Harrison, R.K. and Beer, K.E., 1977. Elateritic hydrocarbon from South Crofty Mine, Cornwall : a preliminary note. *Journal of Microscopy*, 109(1), 165-169
- Hausen, D.M. and Kerr, P.F., 1968. Fine gold occurrence at Carlin, Nevada, in: *Ore Deposits in the United States, Vol. 1* U. D. Ridge, ed.), American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, 908-940
- Hausen, D.M., and Park, W.C., 1986. Observations on the association of gold mineralization with organic matter in Carlin-Type ores, in: *Organics and Ore Deposits* (W.E. Dean, ed.), Proceedings of the Denver Region Exploration Geologists Society Symposium, 119-136
- Henry, A.L., Anderson, G.M., and Heroux, Y., 1992. Alteration of organic matter in the Viburnum Trend lead-zinc district of southeast Missouri. *Economic Geology*, 87, 288-309
- Hulen, J.B. and Collister, J.W., 1999. The oil-bearing, Carlin-type gold deposits of the Yankee basin, Alligator Ridge district, Nevada. *Economic Geology*, 94, 1029-1049
- Huston, D.L., Stevens, B., Southgate, P.N., Muhling, P., and Wyborn, L., 2006. Australian Zn-Pb-Ag ore-forming systems: a review and analysis. *Economic Geology*, 101, 1117-1157
- Ilchik, R.P., Brimhall, G.H., and Schull, H.W., 1984. Hydrothermal maturation of organic matter at the Alligator Ridge gold deposits, Nevada. *Economic Geology*, 81, 113-130
- Jowett, E.C., 1986. Genesis of Kupferschiefer Cu-Ag deposits by convective flow of Rotliegend brines during Triassic rifting, *Economic Geology*, 81, 1823-1837
- Karatas, A., Ozdemir, A., and Sahinoglu, A., 2019. Investigation of Oil and Gas Potential of Karaburun Peninsula and Seferihisar Uplift (Western Anatolia) by Iodine Hydrogeochemistry and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water Analysis. Marmara University, Project No (9505): SOS-A-100719-0267 (on-going)
- Kelly, W.C. and Nishioka, G.K., 1985. Precambrian oil inclusions in late veins and the role of hydrocarbons in copper mineralization at White Pine, Michigan. *Geology*, 13, 334-337
- Kendrick, M.A., Phillips, D., Wallace, M., and Miller, J.McL., 2011. Halogens and noble gases in sedimentary formation waters and Zn-Pb deposits: A case study from the Lennard Shelf, Australia. *Applied Geochemistry*, 26, 2089-2100
- Kesler, S.E., Jones, H.D., Furman, F.C., Sassen, R., Anderson, W.H., and Kyle, J.R., 1994. Role of crude oil in the genesis of Mississippi Valley-type deposits: evidence from the Cincinnati arch. *Geology*, 22, 609-612
- Lee, M.K. and Williams, D.D., 2000. Paleohydrology of the Delaware basin, western Texas: overpressure development, hydrocarbon migration, and ore genesis. *AAPG Bulletin*, 84, 961-974
- Leventhal, J.S., 1990. Organic matter and thermochemical sulfate reduction in the Viburnum Trend, Southeast Missouri. *Economic Geology*, 85, 622-632
- Liu, S., Qi, S., Luo, Z., Liu, F., Ding, Y., Huang, H., Chen, Z., and Cheng, S., 2018b. The origin of high hydrocarbon groundwater in shallow Triassic aquifer in Northwest Guizhou, China. *Environmental Geochemistry and Health*, 40(1), 415-433
- Manning, D.A.C. and Gize, A.P., 1993. The role of organic matter in ore transport processes. In *Organic Geochemistry: Principles and Applications*, M.H. Engel and S.A. Macko (eds), 547-563
- Mauk, J.L. and Hieshima, G.B., 1992. Organic matter and copper mineralization at White Pine, Michigan, U.S.A. *Chemical Geology*, 99, 189-211
- McCready, A.J., Annesley, I.R., Parnell, J., and Richardson, L.C., 1999. Uranium-bearing carbonaceous matter, McArthur River uranium deposit, Saskatchewan. in *Summary of Investigations 1999, Volume 2*, Saskatchewan Geological Survey, Sask. Energy Mines, Misc. Rep. 99-4.2
- McGoldrick, P. and Large, R., 1998. Proterozoic stratiform sediment-hosted Zn-Pb-Ag deposits. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(4), 189-196



- Macqueen, R.W. and Powell, T.G., 1983. Organic geochemistry of the Pine Point lead-zinc orefield and region, Northwest Territories, Canada. *Economic Geology*, 78, 1-25
- Marques, J.C., 2012. Overview on the Re-Os isotopic method and its application on ore deposits and organic-rich rocks. *Geochimica Brasiliensis*, Ouro Preto, 26(1), 49-66
- Montacer, M., Disnar, J.R., Orgeval, J.J., and Trichet, J., 1988. Relationship between Zn-Pb ore and oil accumulation processes: example of the Bou Grine Deposit (Tunisia). *Organic Geochemistry*, 13, 423-431
- Mossman, D.J., 1999. Carbonaceous substances in mineral deposits: implications for geochemical exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 66, 241-247
- Mueller, G., 1951. A genetical and geochemical survey of Derbyshire mineral deposits. Ph.D. thesis, University of London
- Nicholson, K., 1994. Fluid chemistry and hydrological regimes in geothermal systems: a possible link between gold-depositing and hydrocarbon-bearing aqueous systems. in Parnell, J. (ed.), *Geofluids: Origin, Migration and Evolution of Fluids in Sedimentary Basins*. Geological Society Special Publication 78, 221-232
- Oliver, J., 1986. Fluids expelled tectonically from orogenic belts: their role in hydrocarbon migration and other geologic phenomena. *Geology* 14:99-102
- Ostendorf, J., Henjes-Kunst, F., Mondillo, N., Boni, M., Schneider, J., and Gutzmer, J., 2015. Formation of Mississippi Valley-type deposits linked to hydrocarbon generation in extensional tectonic settings: Evidence from the Jabali Zn-Pb-(Ag) deposit (Yemen). *Geology*, 43, 1055-1058
- Oyman, T., Minareci, F. and Pişkin, Ö., 2003. Efemçukuru B-rich epithermal gold deposit (İzmir, Turkey). *Ore Geology Reviews*, 23, 35-53
- Ozdemir, A., 2018a. Relationships of formation, migration and trapping between petroleum and iodine. *Natural and Engineering Sciences*, 3(3), 110-153
- Ozdemir, A., 2018b. Suda TPH (Toplam Petrol Hidrokarbonları) analizinin petrol ve doğalgaz arama amaçlı kullanımı: Türkiye'den ilk önemli sonuçlar (*Usage of TPH -Total Petroleum Hydrocarbons in water analysis for oil and gas exploration: First important results from Turkey*). *Journal of Engineering Sciences and Design of Suleyman Demirel University*, 6(4), 615-636 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019a. A new approach to petroleum source rock occurrence: The relationships between ophiolites, mantle plume, mass extinction and petroleum source rock, IV. International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering (BILMES EN 2019), November 07 - 10, 2019, Ankara
- Ozdemir, A. and Palabiyik, Y., 2019b. Use of Rhenium-Osmium (Re-Os) isotope for direct dating of organic-rich rocks and hydrocarbons/oils in petroleum geology: A review. ISPEC 4th International Conference on Engineering & Natural Sciences, October 18-20, Ankara, Turkey, 46-59
- Ozdemir, A., 2019a. Hasanoğlan (Ankara) petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları (*Organichydrogeochemical evidences of Hasanoğlan-Ankara petroleum system*). Pamukkale University Journal of Engineering Sciences. doi:10.5505/pajes.2018.12316 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Ozdemir, A., 2019b. Büyük Menderes grabeni (Batı Anadolu) Neojen öncesi petrol sisteminin organik hidrojeokimyasal kanıtları ve potansiyel kapanlar (*Organic hydrogeochemical evidence of pre-Neogene petroleum system of the Buyuk Menderes graben and potential traps, Western Turkey*). *European Journal of Science and Technology*, (16), 325-354 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Ozdemir, A., 2019c. Mamak (Ankara) çalışan petrol sisteminin jeokimyasal kanıtı olarak olgun hidrokarbonca zengin sular ve bölgedeki potansiyel kapan alanı (*Mature hydrocarbons-rich waters as geochemical evidence of working petroleum system of Mamak-Ankara and potential trap area in the region*). *European Journal of Science and Technology*, 17, 244-260 (English version full-text available: [https://www.researchgate.net/profile/Adil\\_Oezdemir](https://www.researchgate.net/profile/Adil_Oezdemir))
- Ozdemir, A., 2019d. Geological and Geochemical Survey Report of Altındağ (Ankara) Orogenic Gold Mineralization Associated with Metamorphic Rocks, 100 p. (Unpublished)
- Palabiyik, Y., Ozdemir, A., and Sahinoglu, A., 2019. Investigation of Oil and Gas Potential of Uludag Massif (Northwestern Anatolia) by Iodine Hydrogeochemistry and Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) in Water Analysis, Istanbul Technical University, Scientific Research Project, Project No: 42217 (on-going)
- Parnell, J., 1988. Metal enrichments in solid bitumens. *Miner Deposita*, 23, 191-199
- Parnell, J., 2003. Titanium mobilization by hydrocarbon fluids related to sill intrusion in a sedimentary sequence, Scotland. *Ore Geology Review* 24, 155-167
- Parnell, J. and McCready, A., 2000. Paragenesis of gold- and hydrocarbon-bearing fluids in gold deposits. in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) *Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 38-52



- Pasava, J. and Kribek, B., 2001. Geochemistry of host rocks and role of organic matter in the precipitation of cassiterite - sulfide ores at the Dafulou deposit, Dachang tin field (south China). *Bulletin of the Czech Geological Survey* 76, 3-14
- Pasava, J., Kribek, B., Dobes, P., Zak, K., Fan, D., Zhang, T., and Boiron, M.Ch., 2003. Tin-polymetallic sulfide deposits in the eastern part of the Dachang tin field (South China) and the role of black shales in their origin. *Mineralium Deposita* 38, 39-66
- Peabody, C.E., 1993. The association of cinnabar and bitumen in mercury deposits of the California Coast Ranges. In: Parnell J, Kucha H, Landais P (eds) *Bitumen in Ore Deposits*. Springer, 178-209
- Peabody, C.E. and Einaudi, M.T., 1992. Origin of petroleum and mercury in the Culver-Baer cinnabar deposit, Mayacmas district, California. *Economic Geology*, 87, 1078-1103
- Peling, L.L., 1973. Bitumens associated with lead, zinc and fluorite ore minerals in North Derbyshire, England. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37(3), 401-417
- Pratt, W.E., 1952. Toward a philosophy of oil finding. *AAPG Bulletin*, 36, 2231-2236
- Qiaoping, H., Yitian, W., Xielu, L., Shaocong, C., Ran, W., Juan, Z., Ruiting, W., Junzhi, D., Shenwen, W., and Shuangyan, W., 2014. Evolution of ore-forming fluid of the Bafangshan-Erlihe Pb-Zn-Cu deposit in the Fengtai ore cluster, West Qinling, China: Evidence from stable isotopes and fluid inclusions. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 88(supp. 2), 165-167
- Radtke, A.S. 1985. *Geology of the Carlin gold deposit, Nevada*. US Geological Survey Professional Paper 1267, 124 p.
- Radtke, A.S. and Scheiner, B.J., 1970. Studies of hydrothermal gold deposition (I). Carlin gold deposit, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition. *Economic Geology*, 65, 87-102
- Rantitsch, G., Jochum, J., Sachsenhofer, R.F., Russegger, B., Schroll, E., and B. Horsfield, 1999. Hydrocarbon-bearing fluid inclusions in the Drau Range (Eastern Alps, Austria): implications for the genesis of Bleiberg-type Pb-Zn deposits. *Mineralogy and Petrology*, 65, 141-159
- Rasmussen, B. and Krapez, B., 2000. Evidence of hydrocarbon and metalliferous fluid migration in the Palaeoproterozoic Earaaheedy Basin of Western Australia. *Journal of the Geological Society*, 157(2), 355-366
- Rieger, A., Schwark, L., Cisternas, M.E., and Miller, A.H., 2008. Genesis and evolution of bitumen in Lower Cretaceous lavas and implications for strata-bound copper deposits, North Chile. *Economic Geology*, 103, 387-404
- Rickard, D.T., Willden, M., Marde, Y., and Ryhage, R., 1975. Hydrocarbons associated with lead-zinc ores at Laisvall, Sweden. *Nature*, 255, 131-133
- Rona, P.A., 2008. The changing vision of marine minerals. *Ore Geology Reviews*, 33, 618-666
- Saintilan, N.J., Spangenberg, J.E., Chiaradia, M., Chelle-Michou, C., Stephens, M.B., and Fontboté, L., 2019. Petroleum as source and carrier of metals in epigenetic sediment hosted mineralization. *Scientific Reports*, 9, 8283
- Sawkins, F.J., 1984. *Metals Deposits in Relation to Plate Tectonics*, Springer, 325 p.
- Sawlowicz, Z., Gize, A.P., and Rospondek, M., 2000. Organic matter from Zechstein copper deposits (Kupferschiefer) in Poland. *in: M. Glikson and M. Mastalerz (eds.) Organic Matter and Mineralisation: Thermal Alteration, Hydrocarbon Generation and Role in Metallogenesis*, 220-242
- Sawlowicz, Z., 1993. Organic matter and its significance for the genesis of the copper-bearing shales (Kupferschiefer) from the Fore-Sudetic monocline (Poland). In: J. Parnell *et al.* (eds). *Bitumens in are Deposits*, Springer-Verlag, Berlin, 431-446
- Shabo, Z.V., Alekseyeva, N.I., Mamchur, G.P., and Manzhaz, N.I., 1983. Organic compounds of the Slavyansk ore shows and their association with endogenic mineral formation. *International Geology Review*, 25, 299-308
- Spangenberg, J.E. and Macko, S.A., 1998. Organic geochemistry of the San Vicente zinc-lead district eastern Pucara Basin, Peru. *Chemical Geology*, 146, 1-23
- Spangenberg, J. E. and Herlec, U., 2006. Hydrocarbon biomarkers in the Topla-Mežica Zn-Pb deposits, Northern Karavanke/Drau Range, Slovenia: Paleoenvironment at the site of ore formation: *Economic Geology*, 101, 997-1021
- Spirakis, C.S. and Heyl, A.V., 1992. Organic matter (bitumen and other forms) as the key to localisation of Mississippi Valley-type ores. In: Parnell J, Kucha H, Landais P (eds) *Bitumen in Ore Deposits*. Springer, 381-398
- Stein, H. and Hannah, J., 2014. Rhenium-Osmium Geochronology: Sulfides, Shales, Oils, and Mantle. *Encyclopedia of Scientific Dating Methods*. 1-25, DOI 10.1007/978-94-007-6326-5\_36-1
- Sun, Y.Z. and Püttmann, W., 2000. The role of organic matter during copper enrichment in Kupferschiefer from the Sangerhausen basin, Germany. *Organic Geochemistry*, 31, 1143-1161
- Sverjensky, D.A., 1984. Oil field brines as ore-forming solution. *Economical Geology*, 17, 23-37





- Sverjensky, D.A., 1987. The role of migrating oil field brines in the formation of sediment-hosted Cu-rich deposits. *Economic Geology*, 82, 1130-1141
- Ministry of Agriculture and Forestry of Turkey, 2004. Water Pollution Control Regulation of Turkey (in Turkish), <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=>
- Ministry of Agriculture and Forestry of Turkey, 2016. Surface Water Quality Regulation of Turkey (in Turkish), <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>
- Tüpraç, 2019. <http://www.tuprag.com.tr/en/projects/efemcukuru-gold-mine/8/-introduction-and-purpose-of-the-project/29>
- Wallace, M.W., Middleton, H.A., Johns, B., and Marshallsea, S., 2002. Hydrocarbons and Mississippi Valley-type sulfides in the Devonian reef complexes of the eastern Lennard Shelf, Canning Basin, Western Australia. In: M. Keep and S.J. Moss (Editors), *Sedimentary Basins of Western Australia: Proceedings of Petroleum Exploration Society of Australia Symposium*, Perth, 3, 795-816
- Warren, J.K., 2006. *Evaporites: Sediments, Resources, and Hydrocarbons*, Springer-Verlag, 1035 p.
- Wang, P., Hu, Y., Liu, L., Jiang, X., Li, C., Chad, J.B., and Zhang, G., 2017. Re-Os dating of bitumen from paleo-oil reservoir in the Qinglong antimony deposit, Guizhou Province, China, and its geological significance. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, Vol. 91(6), 2153-2163
- Weaver, C.E., 1960. Possible uses of clay minerals in search for oil. *AAPG Bulletin*, 44(9), 1500-1518
- Wenzhi, Z., Suyun, H., Wei, L., Tongshan, W., and Hua, J., 2015. The multi-staged “golden zones” of hydrocarbon exploration in superimposed petroliferous basins of onshore China and its significance. *Petroleum Exploration and Development*, 42(1), 1-13
- Williams-Jones, A.E. and Migdisov, A.A., 2006. An experimental study of the solubility of gold in crude oil: implications for ore genesis. *Geochim Cosmochim Acta, Goldschmidt Conference Abstracts*, A703
- Wilson, N.S.F., Zentilli, M., and Spiro, B., 2003. A sulfur, carbon, oxygen, and strontium isotope study of the volcanic-hosted El Soldado manto-type Cu deposit, Chile: the essential role of bacteria and petroleum. *Economic Geology*, 98, 163-174
- Wilson, N.S.F. and Zentilli, M., 2006. Association of pyrobitumen with copper mineralization from the Uchumi and Talcuna districts, central Chile. *International Journal of Coal Geology*, 65, 158-169
- Wu, Y., Zhang, C., Mao, J., Ouyang, H., and Sun, J., 2013. The genetic relationship between hydrocarbon systems and Mississippi Valley-type Zn-Pb deposits along the SW margin of Sichuan Basin, China. *International Geology Review*, 55(8), 941-957
- Xue, C.J., Chi, G.X., and Qing, H.R., 2007. Organic petrology and geochemistry of the giant Jinding deposit, Lanping basin, northwestern Yunnan. *China Acta Petrologica Sin*, 23, 2889-2900 (in Chinese with English abstract)
- Yan, Q., Han, Z., and Wang, S., 2017. Geochemical characteristics of mercury in oil and gas. *International Conference on Environmental and Energy Engineering (IC3E 2017)*, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 63 012024, doi :10.1088/1755-1315/63/1/012024
- Yang, X., Ling, M., Sun, W., Luo, X., Lai, X., Liu, C., Miao, J., and Sun, W., 2009. The genesis of sandstone-type uranium deposits in the Ordos Basin, NW China: constraints provided by fluid inclusions and stable isotopes. *International Geology Review*, 51(5), 422-455
- Zemo, D.A. and Foote, G.R., 2003. The technical case eliminating the use of the TPH analysis in assessing and regulating dissolved petroleum hydrocarbons in groundwater. *Ground Water Monitoring & Remediation*, 23(3), 95-104
- Zhuang, H.P., Lu, J.L., Fu, J.M., Ren, C.G., and Zou, D.G., 1999. Crude oil as carrier of gold: petrological and geochemical evidence from the Lannigou gold deposit in southwestern Guizhou, China. *Science China D: Earth Sciences*, 42, 216-224



## TOPRAKTAKİ BİYOLOJİK KÖMÜR UYGULAMALARININ KARBON BİRİKİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Duyar<sup>1\*</sup>, Yasin Dönmez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

\* ahmetduyar@karabuk.edu.tr

<sup>2</sup> Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük/Türkiye

yasindonmez@karabuk.edu.tr

### Özet

Peyzaj ve tarım uygulamalarında kullanılan biyolojik kömür, küçük boyutlu odunsu malzemenin, kontrollü sıcaklık ve düşük O<sub>2</sub> ortamında ısıl dönüşümü ile üretilmiş ve geniş yüzey alana sahip bir odun kömürüdür. Biyolojik kömür tek düze bir madde olmadığı için, toprak kalitesi, verimlilik, toprakta ortalama kalma süresi bakımından çeşitlilik gösterebilir. Toprağa biyolojik kömür karıştırılması, toprağın karbon oranını artırmaktadır. Toprak içerisindeki kömür zaman içerisinde ayrılarak ve yıkanarak kaybolacaktır. Kömürün toprakta kalma süresi, toprak ve iklim şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle hem peyzaj görselliği hem de topraktaki karbon birikiminin sürdürülmesi bakımından toprağa biyolojik kömür karıştırmaya devam edilmelidir. Biyolojik kömürü toprak ıslahı için kullanmak iklim değişikliğini hafifletmek için potansiyel olarak yararlı bir seçenek olabilir. Toprağa biyolojik kömür karıştırmanın karbon tutma etkisinin güvenilirliğinin değerlendirilmesi için Biyolojik kömür kaynaklı emisyonların ve kömürün topraktaki tüm ayrışma ve yıkanma sürecinin bilinmesi gerekir. Herhangi bir orman ürünü kullanılmak yoluyla biyolojik kömürün hammaddesi üretmek, orman ekosistemlerinden karbon kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle, toprakta kullanılacak biyolojik kömürün hammaddesi park, bahçe ve ormanlardan çıkartılarak imha edilecek odunsu atık materyalden temini tercih edilmelidir. Bu konudaki en önemli soru, biyolojik kömür ile ıslah edilmiş toprakların karbon stoklarını ne kadar süre koruyabilecekleridir. Bunun için, uygulama yapılmadan önce toprağın karbon içeriği ortaya konmalı ve karıştırılan biyolojik kömür ile eklenen karbon miktarı belirlenmelidir. Bunlara ek olarak topraktaki ayrışma, erozyon ve yıkanma yoluyla meydana gelen karbon kayıplarının da bilinmesi gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Peyzaj, Odunsu malzeme, Ayrışma, Karbon stoku

### 1. Giriş

Son zamanlarda, organik maddelerin pirolizi yoluyla elde edilen biyolojik kömür, toprağın verimliliğin yanı sıra karbon tutumunu artırarak, toprakları ıslah etmek için yeni teknikler arasında önerilmektedir (Lehmann ve diğ., 2006; Sohi ve diğ., 2010). Biyolojik kömür, kontrollü yüksek sıcaklık ve düşük O<sub>2</sub> ortamı altında piroliz yoluyla ısıl dönüşümle üretilen ve genellikle küçük boyutlu ve yüksek yüzey alanıyla karakterize edilen kömürdür. Bu, bir tek maddeden ziyade, karbon bileşiği maddelerden oluşur ve toprak kalitesi, ürün verimi, ortalama toprakta kalma süresi ve sera gazı emisyonları üzerinde değişken etkiler göstermektedir (Wiedner ve diğ., 2013; Lal, 2016). Bitki biyokütlesinden üretilen gözenekli biyolojik kömür yapıları, hem toprak mikroorganizmalarına habitat sağlayabilecek (Lehmann ve diğ., 2011) hem de N ve P gibi besin maddelerinin bağlanabileceği (Brennan ve diğ., 2001) hücre duvarlarının yapısını korur (Haas ve diğ., 2009).

Biyolojik kömürün toprakta karbon tutma potansiyelini değerlendirmek için, biyolojik kömürün ve organik maddenin mineralizasyon potansiyelleri ve doğal toprak üzerindeki muhtemel etkilerinin yanı sıra, yıkanma nedeniyle olası karbon kayıpları ve bütünlük karbon dengesi göz önünde bulundurularak birlikte incelenmelidir (Naisse ve diğ., 2015). Biyolojik kömür uygulandığı arazide, yapısını ve aktivitesini etkileyecek fiziksel parçalanmaya ve yıpranmaya maruz kalabilir (Rumpel ve diğ., 2007; Nocentini ve diğ., 2010). Biyolojik kömür toprakta eskidikçe, çözünebilir parçaları artacağı (Jaffé ve diğ., 2013) için toprak mikroorganizmaları arasındaki etkileşimi önemli ölçüde değiştirebilecektir (Spokas, 2013).

Bu çalışmada, toprakta kullanılan biyolojik kömürün elde edilmesi, toprakta kullanılma amacı, uygulanma yöntemleri, toprağın karbon tutmasına katkısı konusunda incelemeler yapılmıştır. Çalışmamızın amacı, biyolojik kömürün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden yararlanılarak toprakların rehabilitasyonunu ve karbon tutma potansiyellerini değerlendirmektir.

### 2. Toprakta Kullanılan Biyolojik Kömürün Üretimi

Odunsu malzemeler, tarımsal artıklar, orman artıkları ile gıda, şeker veya meyve suyu işlenmesinden elde edilen atıklar dahil olmak üzere biyolojik kömür üretmek için geniş bir yelpazede biyokütle hammaddeleri mevcuttur (Novak ve diğ., 2009). Odunsu biyokütle, dünya çapında kömür üretimi için en önemli kaynaktır. Odunsu biyokütle, çeşitli miktarlarda hemiselüloz, selüloz, lignin ve az miktarda başka organik ekstraktif maddeler (yağlar, fitosteroller ve fenoller) ve inorganik bileşikler (azot, fosfor, kükürt, silisyum ve alkali toprak metalleri ile çeşitli iz mineralleri) içerir (Maia ve diğ., 2011). Elde edilen biyolojik kömürün yapısı, bitki türüne, bitki kısımlarına, toprak tipine, iklim koşullarına ve kullanılan besleme stokunun hasat zamanına bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir (Suliman ve diğ., 2016). Geleneksel kömür hammaddeleriyle birlikte alternatifler araştırılmıştır. İklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik biyolojik kömür araştırmasının itici gücü göz önüne alındığında, özellikle ilgi çekici olan, tarımsal artıklardan kömür



üretimidir. Karaosmanoğlu ve diğ. (2000) kolza tohumu ve ayçiçeği artıklarının çeşitli sıcaklıklarda ve ısıtma oranlarında pirolizi ile karbon bakımından zengin kömürler üretilirken, Türkiye bağlamında alaka düzeyi bakımından tarımsal atıkları geniş çapta araştırmıştır.

Piroliz, biyokütleyi sıvı yakıt, gaz ve odun kömürüne dönüştürmek için kullanılan temel anaerobik termokimyasal dönüşüm yöntemidir (Fu ve diğ., 2009). Biyokütle pirolizinin reaksiyon mekanizmaları, biyokütle bileşeninin çeşitliliğinden ve olası termokimyasal reaksiyonların çeşitliliğinden dolayı bir nebze karmaşıktır. Yavaş piroliz, kömür üretimi için geleneksel yöntemdir (Şekil 1). Ancak kömür, ısıtma hızından bağımsız olarak pirolizin genel ürünüdür (Demirbaş, 2004). Yüksek lignin ve mineral içeriğine sahip hammaddelerden daha yüksek biyolojik kömür verimi elde edilir. Benzer şekilde, biyolojik kömürlerin karbon içeriği, ham madde ve / veya üretim koşulları değiştirilerek değiştirilebilir. Biyolojik kömürün topraktaki işlevi çok karmaşıktır. Bu nedenle, bir toprak düzenleyici olarak kullanıma en uygun özellikleri anlamak için, belirli bir piroliz koşulları altında herhangi bir hammaddeden üretilen biyolojik kömürün özellikleri bilinmelidir (Zhao ve diğ., 2013).



Şekil 2: Biyolojik kömür üretim şeması.

Ülkemiz şartlarında, halen devam eden endüstriyel odun hammaddesi açığı göz önüne alındığında, biyolojik kömür üretimi için gerekli olan kömür hammaddesi ve piroliz işlemi için gerekli enerji kaynağı olarak en uygun kaynakların, farklı endüstri alanlarında kullanım imkânı olmayan tarım artıkları, orman üretim ve endüstrisi artıkları, park ve bahçelerden çıkarılan budama materyalleri olacağı düşünülmektedir. Aksi halde, farklı endüstrilerde kullanım olanağı bulabilecek odunsu materyalin bu alanda kullanılması, bir nevi israf ve ülkemiz için ekonomik bir kayıp olacaktır.

### 3. Biyolojik Kömürün Toprakta Kullanımı

Tarım alanlarında gübre ve kompost kullanımı gibi, toprakta depolanan organik karbonu arttırmak ve toprak besin maddelerinin kararlı hale getirilmesi için geleneksel yaklaşımlar yerine biyolojik kömür temelli bir strateji düşünmek gerekir. Topraktaki biyolojik kömürün ömrü, iklim değişikliğini azaltma kapsamında, biyoenerji, piroliz ve biyolojik kömür üretimini geleneksel biyoenerji stratejileriyle karşılaştırırken önemli bir unsurdur. Bununla birlikte, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarındaki dolaylı azalmanın değerlendirilmesinde biyolojik kömür kullanımı hayati öneme sahiptir. Biyolojik kömürün tarımsal kalkınmayı kolaylaştırmasına ve gelişmekte olan ülkelerdeki çiftçilerin sosyoekonomik koşullarının iyileştirilmesine katkısından kaynaklanan ilave faydalar olabilir (Sohi ve diğ., 2009).

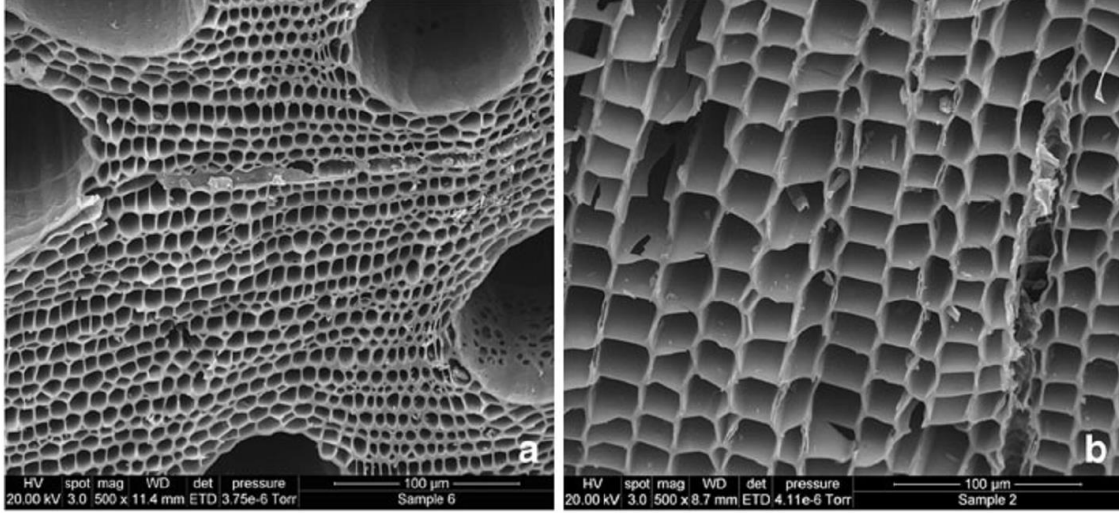
Biyolojik kömürün topraktaki temel kullanım amacı, toprak özelliklerinin iyileştirilmesidir. Her ne kadar ticari biyolojik kömür ürünleri toprakta kullanılmak üzere geliştirilse de karbon depolama yeterliliği, öngörülebilir kararlılık seviyelerinin kantitatif toprak analizi ile fiili bozulma oranlarını doğrulama gerektirecektir (Ogawa ve diğ., 2006). Biyolojik kömürün kararlılığını belirleyen özelliklerin belirlenmesi, üretim özelliklerinin optimize edilmesini ve standartlaştırılmasını sağlayacaktır. Uygulanmasını doğrulamak ve belirli biyolojik kömür ürünlerinin varlığını izlemek için, topraktaki miktarını açıkça tespit edip ölçmek için teknikler gereklidir. Ayrıca, biyolojik kömürün biyojeokimyasal özelliklerinin bilinmesi topraktaki biyolojik kömür ürünlerinin uygulama seviyesindeki etkilerinin anlaşılmasına da yardımcı olabilir. Topraktaki biyolojik madde ilave işlemlerin doğası hakkında özel bilgi sahibi olmak gerekir. Kömürün toprakta uzun ömürlülüğü için öngörülen kapasite, karbon tutma oranı ve toprak iyileştirici olarak değerini belirleyecek olan temel faktör biyolojik kömürün ortamla olan reaksiyonlarına bağlıdır (Sohi ve diğ., 2009).

Biyolojik kömür bazlı toprak yönetimi stratejilerinde, elde edilen toplam net karbon kazancından başka faydalar da elde edilebilmektedir. Bu, özellikle ilgi çekici bir beklentidir. Çünkü topraklardaki kil minerallerinin sınırlı bir yüzey alanı ve katyon değişim kapasitesi olduğu halde, biyolojik kömürün gözenekli yapısı nedeniyle (Şekil 2) besin maddesi saklama kapasitesi, diğer toprak organik maddeleri için öngörüldüğü gibi sınırlı değildir. Dolayısıyla, kendi başına bir karbon deposunu temsil etmenin yanı sıra, biyolojik kömür var olan karbonun miktarını etkileyerek, toprağın mevcut organik madde depolama kapasitesini artırabilir.





Bununla birlikte, biyolojik kömür ile rehabilite edilmiş toprakta yaprak ölü örtüsünün daha hızlı parçalandığını ifade edilmektedir (Wardle ve diğ., 2008). Biyolojik kömür toprağın bazı fizikokimyasal özelliklerini etkilemektedir; özellikle besin değişim kapasitesinde artış, asiditede dengeleme, katyon değişim kapasitesinde artış, su tutma kapasitesinde artış, hacim ağırlığında azalış ve adsorpsiyonda artış sağlamaktadır (Warnock ve diğ., 2007). Pratik bir bakış açısına göre, geliştirilen yöntemlerin, yaygın uygulama ve kullanımına imkân vermek için biyolojik kömürün ucuz ve kolay temin edilebilir olması ve araziye tatbikin de basit olması önemlidir.



Şekil 3: Biyolojik kömürün gözenek yapısına ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüsü a) okaliptüs kabuğu, b) çam kabuğu (Macías ve Arbestain, 2010)

Biyolojik kömür, toprak ıslahına yönelik faydalarına ek olarak park, bahçe ve yol refüjlerinde görsellik yönü ile de kullanım alanı bulmaktadır (Şekil 3). Park, bahçe ve refüjlerde doğal toprak veya ölü örtü dökümünün oluşturduğu monoton renkler yerine, kömürün sağladığı koyu renk peyzaj açısından tercih edilen bir özellik sağlamaktadır (Şekil 4). Bunlara ek olarak, biyolojik kömür iyi drenaj sağlaması (Trinklein, 2017) ve toprak mikrobiyotasını kontrol etmekte etkili olduğu için teraryum çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4: Parkta toprağa biyolojik kömür uygulaması







Şekil 4: Refüjde biyolojik kömür uygulaması

#### 4. Biyolojik Kömürün Toprağın Karbon Tutmasına Katkısı

Toprak hem karbon havuzu hem de karbondioksit kaynağı olarak dünya çapında karbon döngüsünde ve iklim değişikliği tehdidini azaltma konusunda önemli bir rol oynar. Toprak organik karbonu içeriği genellikle toprak verimliliğinin bir göstergesi olarak kullanılır (Lal, 2006). Doğal topraklara kıyasla, işlenen topraklarda karbon tutmayı artırma konusundaki ana vurgu, toprağa biyokütle veya diğer bitkisel artıklar biçiminde organik gübre ilavesini artırarak; gübre ve organik atıklar gibi dış kaynaklar yardımıyla toprak organik karbonunu artırma çabasıdır. Çok miktarda alternatif malzeme bulunmasına rağmen, topraktaki toplam organik karbon tutumu, özellikle de küresel toprak karbon havuzunun boyutuyla karşılaştırıldığında eklenen miktar nispeten düşüktür. Bir toprak dengede olduğunda, toprağa eklenen karbonun sadece %10'u bir yıldan fazla durağan olur. Bir geçiş sırasında, yeni dengeye ilerleme yavaştır, yıllık karbon artışı eklenen karbona göre daha düşüktür. Dengeye yaklaştıkça, yıllık birikim oranı azalır ve bir kez dengeye ulaşıldığında, dengeyi sürdürmek için düzenli karbon girişi gereklidir. Nihayetinde, toprak tipi, su rejimi ve iklim faktörlerine göre değişen özellikler ile toprakların organik madde ve karbon depolama kapasitesi sınırlanmaktadır (Gulde ve diğ., 2008).

Organik maddelerin pirolizi yoluyla elde edilen biyolojik kömür, toprağın verimliliğinin yanı sıra karbon tutumunu artırarak, toprakları ıslah etmek için yeni teknikler arasında önerilmektedir (Lehmann ve diğ., 2006; Sohi ve diğ., 2010). Biyokütleden yapay olarak üretilen biyolojik kömür, organik maddenin yüksek oranda kararlı hale getirilmiş bir formudur ve ayrışma hızı önemli ölçüde yavaşladığı için topraktan CO<sub>2</sub> salımı azalabilir. Biyolojik kömüre dönüşümle net bir karbon tasarrufu sağlayıp sağlamadığını karşılaştırmak için zamana bağlı izleme gerekecektir. Her ne kadar piroliz işlemi için ısı temini ve piroliz sırasında yayılan gazlar nedeniyle doğrudan salınan bir miktar CO<sub>2</sub> emisyonu olsa bile, aynı madde doğrudan toprağa karıştırılmış olsaydı, ayrışma sonucunda birkaç ay içinde benzer miktarda CO<sub>2</sub> açığa çıkabilecektir (Lehmann ve diğ., 2006). Toprakta ayrışmanın nispeten yavaş olduğu ılıman ortamlarda bile, piroliz senaryosundaki etkin emisyonun iki ila beş yıl içinde topraktan salınandan daha düşük olduğu hesaplanmaktadır (Gaunt ve Lehmann, 2008).

Biyolojik kömür üretiminde piroliz için gerekli ısı enerjisi de atmosfere bir miktar karbon salımına neden olmaktadır. Eğer biyolojik kömür üretimi için gerekli hammadde yeni, ek ve sürdürülebilir bir kaynak içeriyorsa, kısa vadede atmosfere göre pozitif görünen bir piroliz senaryosu için karbon dengesini (yani net emisyon) negatif hale getirilebilir. Bu kaynak, mevcut ürünlerin toprak üstü bitki örtüsünün sürekli büyüülmesi yoluyla yüksek net birincil üretkenlik durumunda tutarak elde edilebilir. Toprak üstünde yüksek net birincil üretim sağlamak, aynı zamanda kök gelişimi ve kök bölgesindeki bir artış ile toprak altında da yüksek üretkenlik sağlamaktadır. Biyolojik kömür stratejisinin karbon dengesini değerlendirirken, sadece biyolojik kömürle toprağa eklenen karbonun toprakta birikimi değil, toprağın iyileştirilmesi sonucunda ortaya çıkan biyokütle artışı da göz önüne alınmalıdır. Biyolojik kömür kullanımı topraktan CO<sub>2</sub> kaybı azaltacağı gibi, diğer toprak süreçleri üzerinde özellikle de topraktan N<sub>2</sub>O ve CH<sub>4</sub> salımının önlenmesinde etkilidir. Toprakta kaynaklanan doğal N<sub>2</sub>O emisyonları, toprak nemi durumunun ve muhtemelen toprak işlemenin bir sonucudur (Pekrun ve diğ., 2003). Topraktaki biyolojik kömür, toprak içindeki nem rejimini ve suyun fiziksel konumunu değiştirebileceği için, toprak işleme sistemlerinde oluşabilecek N<sub>2</sub>O emisyonunu azaltabilir. Bazı çalışmalar, biyolojik kömür ilavesinin metan emisyonlarını kısmen baskılayabileceğini göstermiştir (Sohi ve diğ., 2009).

#### 5. Sonuç ve Öneriler

Biyolojik kömür organik maddelerin pirolizi yoluyla elde edilen ve toprak rehabilitasyonunda kullanılabilen bir malzemedir. Yapısındaki yoğun karbon içeriği ve bünyesindeki inorganik besin maddeleri sayesinde toprak özelliklerini iyileştirmektedir. Biyolojik kömür ilave edilen topraklar hem kömürden gelen karbonun varlığı hem de toprağın verim gücünün artması nedeniyle bitkilerce daha fazla bitkisel kütle üretimi sonucunda toprağın karbon tutma kapasitesini artırmaktadır. Biyolojik kömür aynı zamanda peyzaj çalışmalarına görsel özellikler katmaktadır. Bu nedenle, tarım alanlarında olduğu gibi rekreatif park ve bahçelerde de biyolojik kömür yaygın olarak kullanım potansiyeline sahiptir.

Bu konudaki önerilerimiz şunlardır:

- ✓ İklim değişikliği ile mücadele tarım ve ormancılık uygulamalarının bir parçası olarak kabul edilmelidir.
- ✓ Toprakların ıslahı için biyolojik kömür uygulamaları bir alternatif olarak ele alınmalıdır.



- ✓ Peyzaj uygulamalarında biyolojik kömür uygulaması ile görsel temalar oluşturulabilir.
- ✓ Biyolojik kömür için ucuz ve sürdürülebilir hammadde sağlanmalıdır.
- ✓ Biyolojik kömür, insanların farklı amaçlarla kullanamayacağı nitelikteki tarım, orman, park ve bahçelerin organik atıklardan elde edilmelidir.

## 6. Kaynaklar

Brennan JK, Bandosz TJ, Thomson KT, Gubbins KE, 2001. Water in porous carbons. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 187–188, 539–568.

Demirbaş, A., 2004. *Effects of temperature and particle size on bio-char yield from pyrolysis of agricultural residues. Journal of analytical and applied pyrolysis*, 72(2), 243-248.

Fu, P., Hu, S., Xinag, J., Sun, L., Yang, T., Zhang, A., & Chen, G., 2009. Effects of pyrolysis temperature on characteristics of porosity in biomass chars. In 2009 International Conference on Energy and Environment Technology (Vol. 1, pp. 109-112). IEEE.

Gaunt, J.L., Lehmann, J., 2008. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science & Technology* 42, 4152-4158.

Gulde, S., Chung, H., Amelung, W., Chang, C., Six, J., 2008. Soil carbon saturation controls labile and stable carbon pool dynamics. *Soil Science Society of America Journal* 72, 605-612.

Haas TJ, Nimlos MR, Donohoe BS (2009) Real-time and postreaction microscopic structural analysis of biomass undergoing pyrolysis. *Energy & Fuels*, 23, 3810–3817.

Jaffé R, Ding Y, Niggermann J., 2013. Global charcoal mobilization from soils via dissolution and riverine transport to oceans. *Science*, 340, 345–347.

Karaosmanoğlu, F., Işığür - Ergüdenler, A., Sever, A., 2000. Biochar from the straw-stalk of rapeseed plant. *Energy and Fuels* 14, 336–339.

Lal R., 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degradation & Development*, 17, 197–209.

Lal, R., 2016. Biochar and Soil Carbon Sequestration. In: M. Guo, Z. He, S. M. Uchimiya, editors, *Agricultural and Environmental Applications of Biochar: Advances and Barriers*, SSSA Spec. Publ. 63. SSSA, Madison, WI. p. 175-198. doi:10.2136/sssaspecpub63.2014.0042.5

Lehmann J, Gaunt J, Rondon M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 403–427.

Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D., 2011. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 43, 1812–1836.

Macías, F., & Arbestain, M. C., 2010. Soil carbon sequestration in a changing global environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 15(6), 511-529.

Maia, C. M. B., Madari, B. E., & Novotny, E. H., 2011. Advances in biochar research in Brazil. *Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado Dyn. Soil Dyn. Plant*, 5, 53-58.

Naisse, C., Girardin, C., Lefevre, R., Pozzi, A., Maas, R., Stark, A., & Rumpel, C., 2015. Effect of physical weathering on the carbon sequestration potential of biochars and hydrochars in soil. *Gcb Bioenergy*, 7(3), 488-496.

Nocentini C, Certini G, Knicker H, Francioso O, Rumpel C., 2010. Nature and reactivity of charcoal produced and added to soil during wildfire are particle-size dependent. *Organic Geochemistry*, 41, 682–689.

Novak, J. M., Busscher, W. J., Laird, D. L., Ahmedna, M., Watts, D. W., & Niandou, M. A., 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil science*, 174(2), 105-112.

Ogawa, M., Okimori, Y., Takahashi, F., 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: three case studies. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 11, 429-444.

Pekrun, C., Kaul, H.-P., Claupein, W., 2003. Soil tillage for sustainable nutrient management. In: El Titi, A. (Ed.), *Soil tillage in agroecosystems*, 83-113. CRC Press.

Rumpel C, González-Pérez JA, Bardoux G, Largeau C, Gonzalez-Vila FJ, Valentin C., 2007. Composition and reactivity of morphologically distinct charred materials left after slash-and-burn practices in agricultural tropical soils. *Organic Geochemistry*, 38, 911–920.

Sohi S, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R., 2010. A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105, 47–82.



Sohi, S., Loez-Capel, E., Krull, E., Bol, R., 2009. Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report 05/09, 64 pp.

Spokas KA., 2013. Impact of biochar field aging on laboratory greenhouse gas production potentials. GCB Bioenergy, 5, 165–176.

Suliman, W., Harsh, J. B., Abu-Lail, N. I., Fortuna, A. M., Dallmeyer, I., & Garcia-Perez, M., 2016. Influence of feedstock source and pyrolysis temperature on biochar bulk and surface properties. Biomass and Bioenergy, 84, 37-48.

Trinklein, D. H., 2017. Terrariums.

*URL 1. <https://gardenerscott.wordpress.com/2012/06/04/using-biochar-in-the-garden/>*

Wardle, D.A., Nilsson, M.-C., Zackrisson, O., 2008. Fire-derived charcoal causes loss of forest humus. Science 320, 629.

Wiedner K, Rumpel C, Pozzi A, Maas R, Steiner C, Glaser B., 2013. Chemical evaluation of chars produced by thermochemical conversion (gasification, pyrolysis and hydrothermal carbonization) of agro-industrial biomass on a commercial scale. Biomass and Bioenergy, 59, 264–278.

Zhao, L., Cao, X., Mašek, O., & Zimmerman, A., 2013. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. Journal of hazardous materials, 256, 1-9.



## DÖKME YÜK VE GENEL KARGO GEMİLERİNİN KARIŞTIĞI DENİZ KAZALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Lutfi Tunçel<sup>1\*</sup>, Ercan Yüksekıldız<sup>2</sup>, Vahit Çalısır<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

ahmet.tuncel@iste.edu.tr

<sup>2</sup> Samsun Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Samsun, Türkiye

eyuksekyildiz@gmail.com

<sup>3</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye

vahit.calisir@iste.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Dünyada artan ithalat ve ihracat faaliyetleri doğrultusunda taşımacılık sektörü gelişimini sürdürmektedir. Taşımacılık sektörü içerisinde en fazla tercih edilen taşıma modu deniz yolu taşımacılığıdır. Deniz yolu taşımacılığının en önemli araçlarını ticari gemiler oluşturmaktadır. Artan taşımacılık faaliyetlerine paralel olarak dünya denizlerinde seyreden gemilerin sayılarında da fazlalaşma gerçekleştiği görülmektedir. Artan gemi sayısı ve deniz trafiğinde meydana gelen yoğunluk ile birlikte oluşan deniz kazalarının sayılarında da artışlar gözlemlenmektedir. Modern gemilerin taşıdıkları yük ve yakıt miktarlarının artması sonucu olası kaza sonrası katlanılması gereken maddi kayıp ve çevresel sorumlulukların boyutu da ciddi oranda artmaktadır. İnsan ölümleri ile de sonuçlanabilen deniz kazaları, denizde can ve mal emniyetinin sağlanabilmesi için aşılması gereken en önemli sorun olma özelliğini korumaktadır. Yapılan bu çalışmada Kasım 2008-Ekim 2018 tarihleri arasında çatışma ve karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin bayrak devletleri, grostonları ve meydana gelen deniz kazalarının kaza boyutları bakımından incelenmesi yapılmıştır. Elde edilen verilerin analizleri sonucunda bayrak devletlerinin risk değerlendirmesi yapılmış ve tavsiyelerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Dökme Yük Gemileri, Deniz Kazaları, Çatışma, Karaya Oturma, GISIS.

### 1. Giriş

Deniz yolu taşımacılığı taşınan yük miktarının fazla ve kullanılan yolun diğer taşıma türleri ile kıyaslandığında daha güvenli olması bakımından uzun mesafe yük taşımacılığında her zaman tercih konusu olmuştur. Diğer taşıma modları ile kıyaslandığında her ne kadar daha emniyetli olarak görülse de dünyada artan ithalat ihracat faaliyetlerine paralel olarak gemi sayılarının artması ve deniz trafiğinin daha yoğunlaşması kazaların meydana gelme olasılığını artırmıştır. Gemideki mürettebat, ticari mal, gemi ve deniz çevresi gibi çeşitli unsurların bir arada olmalarından dolayı denizcilik endüstrisinde emniyet her zaman temel unsur olarak değerlendirilmiştir (Akyüz, 2015).

Herhangi bir nesne, kişi ya da çevrenin meydana gelmesi beklenmeyen ya da isteğimiz dışında gerçekleşen bir olay sonucunda zarar görmesi durumu kaza olarak ifade edilebilmektedir (Grabowski vd., 2010; Kristiansen, 2013). Kazalar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Bunlardan birisi de deniz kazalarıdır. Çoğunlukla anlaşılması zor ve değişik nedenler sonucu denizde meydana gelen ve sonuçları bakımından can ve mal kayıplarına yol açabilen kaza türleri, deniz kazaları olarak değerlendirilebilmektedir (Akten, 2006). Risk, belirli tehlikeli bir olayın meydana gelme olasılığı ya da meydana gelme sıklığının birleşiminden oluşan unsur olarak ifade edilebilmektedir (Ringdahl, 2001). Genelde gemilerin denizde yapmış oldukları operasyonların emniyeti kesin değildir ve kaza riski her zaman mevcut bulunmaktadır (Gasparotti, 2010). Risk ihtimali içeren her türlü operasyonlarda emniyet kurallarına azami derecede önem gösterilmelidir. Deniz yolu taşımacılığında mevcut risk seviyelerinin genel ölçümü, kaza istatistiklerine dayanan çalışmaların incelenmesi ile tahmin edilebilmektedir (Soares ve Teixeira, 2001).

Deniz kazaları sonucunda insan ölümleri, yaralanmalar, maddi kayıplar, çevresel felaketler gibi sonuçlarla karşılaşılabilir. Meydana gelen deniz kazaları, kazaların meydana gelmesinde etkili olan başlangıç olayları bakımından sınıflandırmaya tabi tutulabilmektedirler.

Bunlar; çatışma, karaya oturma, çatma, yangın, patlama, tekne omurgasında meydana gelen hasarlar ya da su geçirmez kaportalarda meydana gelen tahribatlar, makine hasarları, gemi ya da teçhizatında meydana gelen hasarlar, alabora olma ya da meyil oluşumu, kayıplar, can kurtarma araçları ile meydana gelen kazalar ve diğer kaza türleri olarak kategorize edilebilmektedir (IMO, 2010).





Meydana gelen deniz kazalarının incelenmesi, kaza raporlarının oluşturulması ve açık erişime sunulması konusunda çalışmalar yapan ulusal ve uluslararası boyutta kurum ve kuruluşlar da bulunmaktadır.

## 2. Literatürde yapılan çalışmalar

Literatürde deniz kazaları üzerine yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların genellikle ticari gemiler üzerine denizde can ve mal emniyetinin korunması ve kazaları meydana getiren unsurların belirlenerek ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar olduğu görülmektedir. Ayrıca; meydana gelen kazaların istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucu literatüre kazandırılan çalışmaların varlığından da söz edilebilmektedir. Genel olarak, deniz kazaları üzerine birçok metodolojinin kullanıldığı çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmalardan içerisinde Hata Ağacı Analizinden yararlanan çalışmalar; Kontogiannis, Leopoulos ve Marmaras (2000) Piper Alpha platformunda meydana gelen kazayı, Antao ve Soares (2006) roro -yolcu (Ropax) gemilerinde meydana gelen yangın/patlama, alabora olma, karaya oturma ve çatışma kazalarını, Uğurlu (2011) petrol tankerlerinde oluşan çatma/çatışma, yangın/patlama ve karaya oturma deniz kazalarını, Li, Meng ve Qu (2012) körfezlerde ve dar su yollarında seyir emniyetini riske atabilecek etmenlerin belirlenmesini, Yıldırım (2012) konteyner gemilerinde oluşan karaya oturma deniz kazalarında insan faktörünün etkisini, Chen, Mou ve Li (2015) Şenzen Nehri'nde oluşan ve rapor edilen çeşitli türlerdeki deniz kazalarını, Uğurlu, Köse, Yıldırım ve Yüksekıldız (2015) petrol tankerlerinde oluşan çatışma ve karaya oturma deniz kazalarını incelemişlerdir.

Diğer metodolojilerden yararlanılarak yapılan çalışmalar; Wagenaar ve Groeneweg (1987) nedensellik ağı ve insan kaynaklı hataların sınıflandırılması yöntemini kullanarak kazalara sebebiyet veren insan hatalarının ortaya konulmasını, Le Blanc ve Rucks (1996) küme analizi yaparak Mississippi Nehri'nde meydana gelen deniz kazalarını, Kim, Wang, Wall ve Kwon (2005) Resmi Emniyet Değerlendirmesi (Formal Safety Assessment-FSA) yöntemini kullanarak yolcu gemilerinde meydana gelen yangın deniz kazalarını, Samuelides, Ventikos ve Gemelos (2009) istatistiksel olarak Yunan bayraklı ve 100 grostondan büyük gemilerde meydana gelen karaya oturma deniz kazalarına neden olan etmenleri, Asyalı ve Kızkapan (2012) Türkiye karasularında meydana gelen deniz kazalarını meydana getiren unsurları Ki-kare analizlerinden yararlanarak değerlendirmiş ve kazalara karışan gemileri istatistiksel olarak incelemişlerdir.

## 3. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmada Kasım 2008-Ekim 2018 tarihleri arasında dökme yük ve genel kargo tipi gemilerde meydana gelen çatışma ve karaya oturma deniz kazalarının bayrak devletlerine, kazaya karışan gemilerin grostonlarına ve meydana gelen deniz kazalarının kaza boyutları bakımından değerlendirmesi yapılmıştır. Yaklaşık 10 yıllık periyot içerisinde meydana gelen, çatışma ve karaya oturma olarak oluşan deniz kazalarına ait bilgiler, Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi (GISIS-Global Integrated Shipping Information System), Deniz Kazaları Araştırma Birimi (MAIB-Marine Accident Investigation Branch), Avustralya Taşıma Güvenliği Bürosu (ATSB-Australian Transport Safety Bureau), Ulusal Taşıma Güvenliği Kurulu (NTSB-National Transportation Safety Board) ve Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı (EMSA-European Maritime Safety Agency) veri tabanlarında bulunan kaza raporlarının incelenmesi sonucunda elde edilmiştir. İncelenen kaza raporlarından elde edilen temel bilgiler kullanılarak kazalara özgü tablolar oluşturulmuş ve tüm veri girişi tamamlandıktan sonra istatistiksel olarak değerlendirmeler yapılmıştır.

### 3.1. Veri tabanlarının tanıtılması

Çalışmada beş farklı kuruluşun veri tabanlarında bulunan kaza raporlarının incelenmesi sonucu elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Küresel Entegre Denizcilik Bilgi Sistemi modülü; Uluslararası Denizcilik Örgütü çatısı altında oluşturulan ve deniz kazaları ile ilgili raporların ve çeşitli boyutlarda bilgilerin verildiği bir veri tabanıdır. Sistem içerisinde çeşitli arama seçeneklerinin bulunması, kaza raporlarına ve detaylı bilgilere ulaşmayı kolaylaştırmaktadır (GISIS, 2019). Deniz Kazaları Araştırma Birimi; İngiltere'de Birleşik Krallık Ulaştırma Bölümü bünyesinde kurulmuş ve her yıl 1500-1800 arasında her tip gemi ile ilgili deniz kaza bilgilerinin alındığı kuruluştur (MAIB, 2019). Avustralya Taşıma Güvenliği Bürosu; taşımacılık ile ilgili konularda taşımacılık emniyetinin sağlanmasına yönelik bağımsız olarak araştırma, analiz ve raporlama birimlerine sahip kuruluştur (ATSB, 2019). Ulusal Taşıma Güvenliği Kurulu; Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan ve havayolu, denizyolu, demiryolu, boru hattı ve karayolu taşıma modlarında oluşan kazaların incelenmesinden sorumlu olan kuruluştur (NTSB, 2019). Özellikle Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin ulusal kaza araştırma merkezlerinin veri tabanlarına ulaşabilen ve oldukça geniş kaza raporlarına sahip bir diğer kuruluş da Avrupa Deniz Emniyeti Ajansı'dır. Bu kuruluş; deniz kaza arşivlerine sahip olmakla birlikte, Avrupa Birliği üye ülkelerinin sürdürülebilir, çevreye karşı duyarlı, emniyet ve güvenlik konularında sorunsuz bir denizcilik yapısına sahip olmaları amacıyla teknik destek sağlamaktadır (EMSA, 2019).

## 4. Araştırma Bulguları

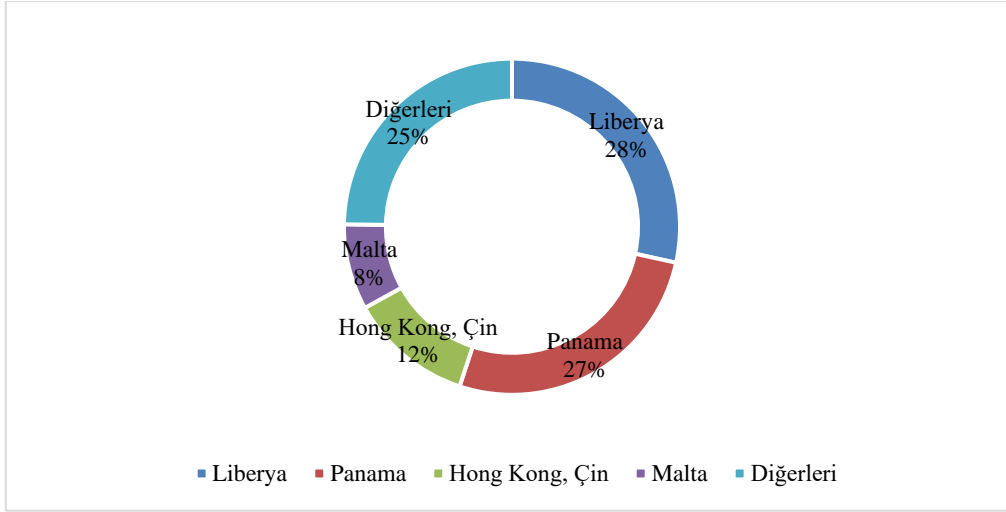
Kasım 2008-Ekim 2018 tarihleri arasında toplam 109 adet dökme yük ve genel kargo tipi geminin karışmış olduğu 104 adet çatışma deniz kazası incelenmiştir. Ayrıca, aynı tarihler arasında toplam 61 adet dökme yük ve genel kargo tipi geminin karıştığı karaya oturma deniz kazaları incelenmiştir. Çalışma verilerine; ATSB, EMSA, GISIS, MAIB ve NTSB veri tabanlarından ulaşılmıştır.

### 4.1. Çatışma deniz kazalarının gemilerin bayrak devletlerine göre değerlendirilmesi

Çatışma deniz kazalarına karışan gemilerin bayrak devletlerine göre sınıflandırmaları yapılmıştır. Gemilerin bayrak devletleri ile ilgili verilerin sınıflandırılması sonucu toplamda 19 farklı bayrak devleti bulunmuştur. Bulunan bayrak devletleri kazaya karışan gemi sayıları ile birlikte sırasıyla; Liberya (31 gemi), Panama (29 gemi), Hong Kong Çin (13 gemi), Malta (9 gemi), Kore Cumhuriyeti (5 gemi), Marşal Adaları (3 gemi), Hindistan (3 gemi), Türkiye (2 gemi), Singapur (2 gemi), Belize (2 gemi), Bahama (2 gemi), Cook Adaları (1 gemi), Çin (1 gemi), Litvanya (1 gemi), Şili (1 gemi), Estonya (1 gemi), İtalya (1 gemi), Belçika (1 gemi),



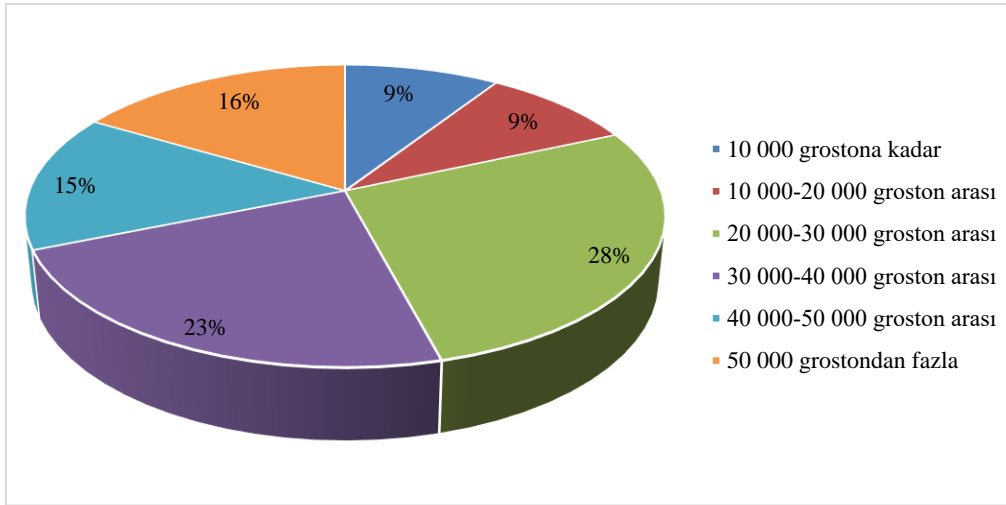
Saint Vincent ve Granada Adaları (1 gemi) olarak belirtilmiştir. Şekil 1’de çatışma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin bayrak devletlerine göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 1. Çatışma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin bayrak devletlerine göre dağılımları

#### 4.2. Çatışma deniz kazalarının gemilerin grostonlarına göre değerlendirilmesi

Çatışma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemiler grostonlarına göre 6 kategoride incelenmişlerdir. Bu kategoriler ve içerisinde bulundukları gemi sayıları sırasıyla; 10 000 grostona kadar olanlar (10 gemi), 10 000-20 000 groston arasında olanlar (10 gemi), 20 000-30 000 groston arasında olanlar (30 gemi), 30 000-40 000 groston arasında olanlar (25 gemi), 40 000-50 000 groston arasında olanlar (16 gemi) ve 50 000 grostondan fazla olanlar (18 gemi) olarak verilmiştir. Şekil 2’de çatışma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin grostonlarına göre dağılımları verilmiştir.



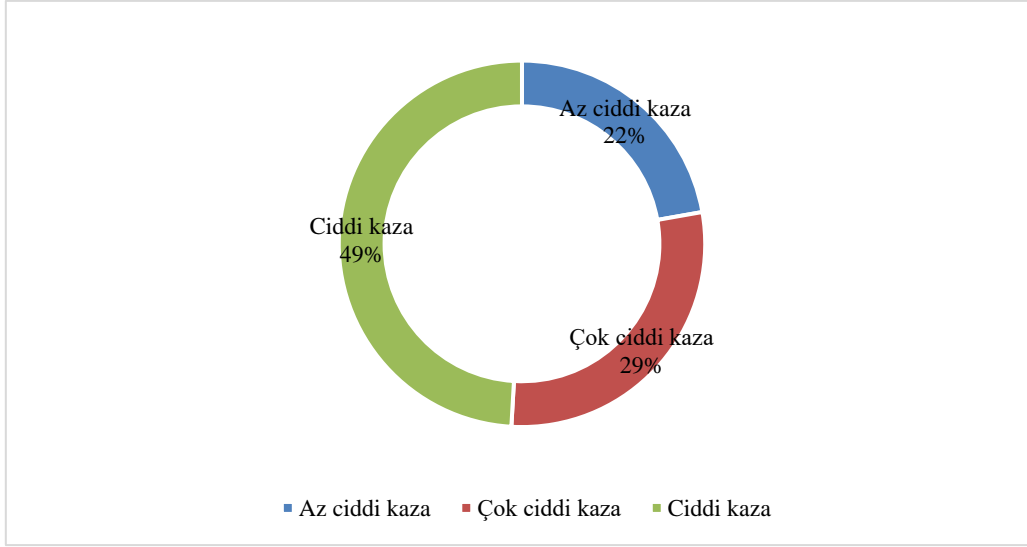
Şekil 2. Çatışma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin grostonlarına göre dağılımları

#### 4.3. Çatışma deniz kazalarının kaza boyutlarına göre değerlendirilmesi

109 adet dökme yük ve genel kargo tipi geminin karıştığı çatışma deniz kazalarından 108 tanesinin kaza boyutu bilgilerine ulaşılmıştır. Kaza boyutları; az ciddi kaza, ciddi kaza ve çok ciddi kaza olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Kaza boyutları ve içeriğinde bulunan gemi sayıları sırasıyla; az ciddi kaza (24 gemi), ciddi kaza (53 gemi) ve çok ciddi kaza (31 gemi) olarak verilmiştir. Şekil 3’de dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin karıştıkları çatışma deniz kazalarının kaza boyutları dağılımları verilmiştir.



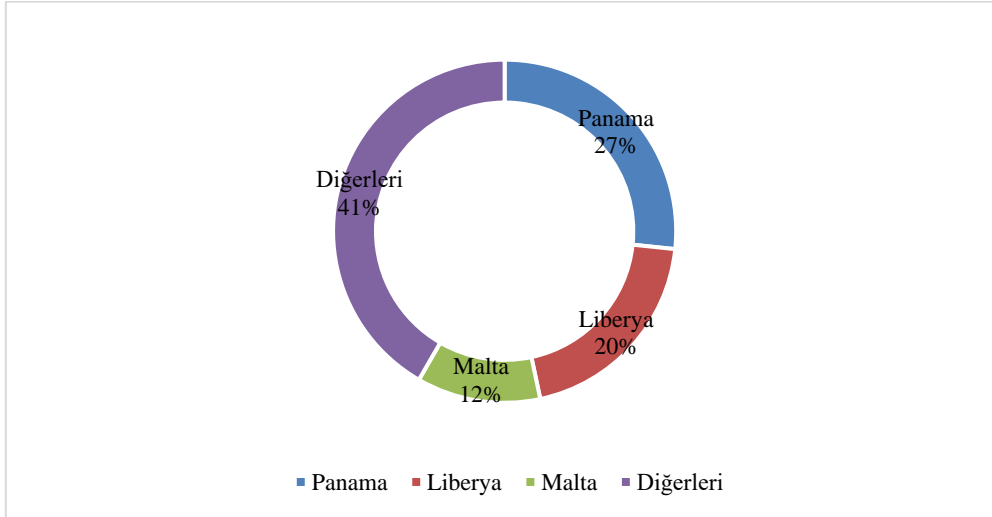




Şekil 3. Dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin karışıkları çatışma deniz kazalarının kaza boyutları dağılımları

#### 4.4. Karaya oturma deniz kazalarının gemilerin bayrak devletlerine göre değerlendirilmesi

Karaya oturma deniz kazalarına karışan gemilerin bayrak devletlerine göre sınıflandırmaları yapılmıştır. 60 adet geminin bayrak devletleri bilgisine ulaşılmıştır. Kalan 1 geminin bayrak devleti bilgisine ulaşılamamıştır. Toplamda 20 farklı bayrak devleti bulunmuştur. Bulunan bayrak devletleri kazaya karışan gemi sayıları ile birlikte sırasıyla; Panama (16 gemi), Liberya (12 gemi), Malta (7 gemi), Güney Kıbrıs (3 gemi), Marşal Adaları (2 gemi), Singapur (2 gemi), Şili (2 gemi), Yunanistan (2 gemi), Hong Kong Çin (2 gemi), Sierra Leone (2 gemi), Cayman Adaları Birleşik Krallık (1 gemi), Bangladeş (1 gemi), Saint Kitts ve Nevis (1 gemi), Çin (1 gemi), İran (1 gemi), Letonya (1 gemi), Komoros (1 gemi), Hindistan (1 gemi), İtalya (1 gemi), Birleşik Krallık (1 gemi) olarak bulunmuştur. Şekil 4’de karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin bayrak devletlerine göre dağılımları verilmiştir.

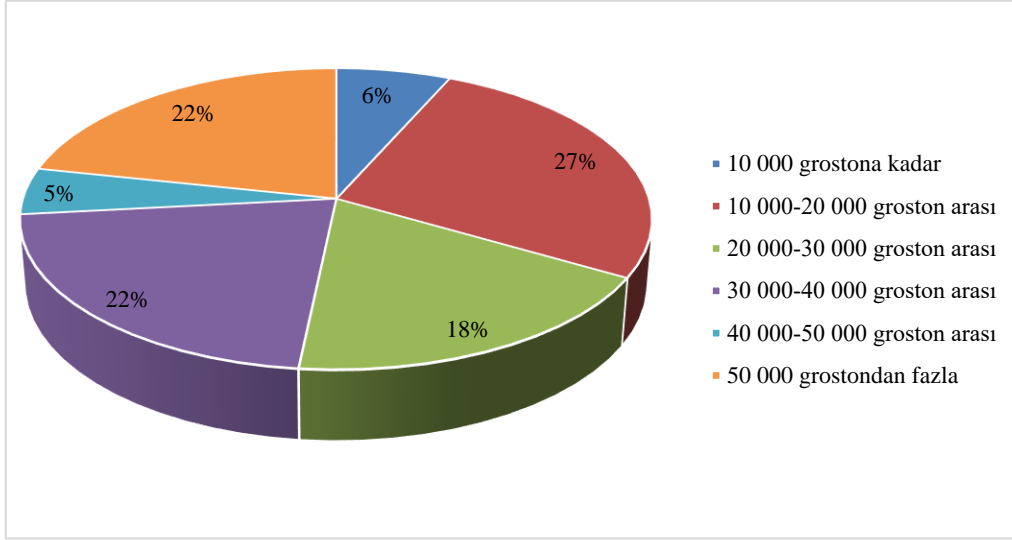


Şekil 4. Karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin bayrak devletlerine göre dağılımları

#### 4.5. Karaya oturma deniz kazalarının gemilerin grostonlarına göre değerlendirilmesi

Karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemiler grostonlarına göre 6 kategoride incelenmişlerdir. 61 adet gemiden 60’ının groston bilgisine ulaşılmıştır. Kalan 1 geminin groston bilgisine ulaşılamamıştır. Bu kategoriler ve içerisinde bulundukları gemi sayıları sırasıyla; 10 000 grostona kadar olanlar (4 gemi), 10 000-20 000 groston arasında olanlar (16 gemi), 20 000-30 000 groston arasında olanlar (11 gemi), 30 000-40 000 groston arasında olanlar (13 gemi), 40 000-50 000 groston arasında olanlar (3 gemi) ve 50 000 grostondan fazla olanlar (13 gemi) olarak bulunmuştur. Şekil 5’de karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin grostonlarına göre dağılımları verilmiştir.

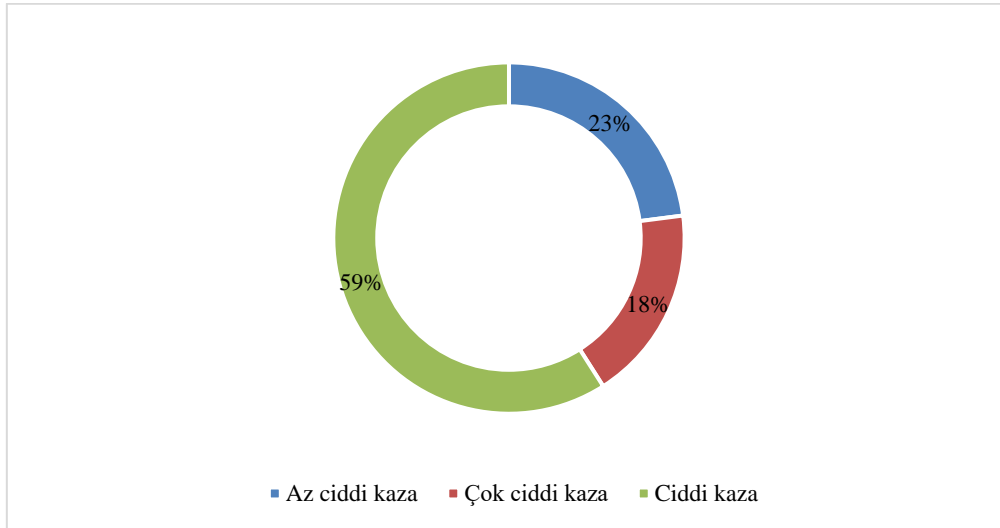




Şekil 5. Karaya oturma deniz kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin grostonlarına göre dağılımları

#### 4.6. Karaya oturma deniz kazalarının kaza boyutlarına göre değerlendirilmesi

61 adet dökme yük ve genel kargo tipi geminin karıştığı karaya oturma deniz kazalarından tümünün kaza boyutu bilgilerine ulaşılmıştır. Kaza boyutları; az ciddi kaza, ciddi kaza ve çok ciddi kaza olmak üzere üç farklı kategoride değerlendirilmiştir. Kaza boyutları ve içeriğinde bulunan gemi sayıları sırasıyla; az ciddi kaza (14 gemi), ciddi kaza (36 gemi) ve çok ciddi kaza (11 gemi) olarak verilmiştir. Şekil 6'da dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin karıştığı karaya oturma deniz kazalarının kaza boyutları dağılımları verilmiştir.



Şekil 6. Dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin karıştığı karaya oturma deniz kazalarının kaza boyutları dağılımları

### 5. Sonuç ve Öneriler

Dökme yük ve genel kargo tipi gemilerin hem taşıma kapasiteleri bakımından hem de teknolojik bakımdan gelişimleri hızla devam etmektedir. Kazaların önlenmesine yönelik alınan emniyet tedbirlerinin artırılması ve teknolojik tüm gelişmelere rağmen deniz kazaları artarak meydana gelmeye devam etmektedir. Yapılan bu çalışma ile yaklaşık 10 yıllık periyot içerisinde dökme yük ve genel kargo tipi gemilerde meydana gelen çatışma ve karaya oturma deniz kazalarının bayrak devletleri, gemilerin grostonları ve kaza boyutları bakımından değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre; Kasım 2008-Ekim 2018 tarihleri arasında incelenen bu tip gemilerde meydana gelen çatışma deniz kaza sayısı 104 olarak bulunmuştur. Çatışma kazalarına karışan bu tip gemilerin toplam sayısı ise 109 olarak belirlenmiştir. Meydana gelen çatışma deniz kazalarının 5 adeti dökme yük ve genel kargo tipi gemiler arasında meydana gelmiş olduğundan dolayı bu tür kazalara karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemi sayısının, oluşan çatışma kazaları sayısından fazla olduğu görülmektedir.



Çatışma deniz kazalarına karışan gemilerin bayrak devletleri değerlendirildiğinde; incelenen yıllar arasında gemi sayısı bakımından en fazla çatışma kazalarına karışan bayrak devletlerinin sırasıyla; Liberya, Panama, Hong Kong- Çin ve Malta olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu bakımdan bu bayrak devletlerini çatışma kazalarına en fazla maruz kalmalarından dolayı riskli bayrak grubu içerisinde değerlendirmek mümkündür. Yine meydana gelen çatışma kazalarının kaza boyutu bakımından değerlendirmesi yapıldığında, oluşan kazaların %22'sinin az ciddi kaza, %29'unun çok ciddi kaza ve %49'unun ise ciddi kaza kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Burada özellikle, ciddi kaza ve çok ciddi kaza kategorisinde yer alan kazaların oranları incelendiğinde toplamda %78 olduğu ve bundan da çatışma deniz kazalarının kaza boyutları bakımından oldukça tehlikeli bir kaza türü olduğu ortaya çıkmaktadır.

Dökme yük ve genel kargo tipi gemilerde meydana gelen karaya oturma kazalarına yönelik yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında; yaklaşık 10 yıllık periyot içerisinde meydana gelen karaya oturma deniz kazalarının sayısının 61 olduğu gözlemlenmiştir. En fazla karaya oturma kazalarına karışan dökme yük ve genel kargo tipi gemi sayısına sahip olan 3 bayrak devletinin sırasıyla; Panama, Liberya ve Malta olduğu bulunmuştur. Bu bakımdan bu bayrak devletleri karaya oturma deniz kazalarına en çok maruz kalmaları bakımından riskli kategoride değerlendirilebilir.

Dökme yük ve genel kargo tipi gemilerde meydana gelen karaya oturma deniz kazalarının kaza boyutlarına göre değerlendirmesi yapıldığında, meydana gelen kazaların %23'ünün az ciddi, %59'unun ciddi ve %18'inin de çok ciddi kaza kategorisinde yer aldığı görülmektedir. Burada, ciddi ve çok ciddi kaza kategorisinde yer alan kazaların toplam oranının %77 olduğundan dolayı, karaya oturma deniz kazalarının da oldukça tehlikeli bir kaza türü olarak değerlendirilebileceği sonucu çıkarılabilmektedir.

Hem çatışma hem de karaya oturma deniz kazalarına en sık maruz kalan gemilerin bayrak devletleri, gemiler üzerindeki denetimlerini artırmalı ve kazaların oluşumlarını önlemeye yönelik adımlar atmalıdırlar. Kazaların meydana gelmesinde etkili olan nedenler araştırılmalı ve bu sebeplerin ortadan kaldırılması için etkin çalışmalar yapılmalıdır. Bayrak devleti denetimlerinin yanı sıra, gemilerin bağlı oldukları klas kuruluşları ve liman devletlerinin de olası kazaları önlemeye yönelik gemilere yapmış oldukları bilgilendirmeleri ve denetimleri artırmalıdırlar.

İleride bu tür gemilerde meydana gelen kazaların kök sebeplerinin araştırılmasına ve kazaların oluşumu ardında yatan gizli sebeplerin ortaya çıkartılması bakımından literatüre katkı sunabilecek çalışmalar yapılabilir.

## 6. Kaynaklar

- Akten, N. (2006). Shipping accidents: a serious threat for marine environment. *Journal of Black Sea / Mediterranean Environment*, 12, 269-304.
- Akyuz, E. (2015). A hybrid accident analysis method to assess potential navigational contingencies: The case of ship grounding. *Safety science*, 79, 268-276.
- Antao, P., & Soares, C. G. (2006). Fault-tree models of accident scenarios of RoPax vessels. *International Journal of Automation and Computing*, 3(2), 107-116.
- Asyalı, E., & Kızılcapan, T. (2012). Türkiye kıyılarında 2004-2008 yıllarında uluslararası sefer yapan gemilerin karıştığı deniz kazalarının analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 4(2), 27-45.
- Australian Transport Safety Bureau (ATSB). About the ATSB. Erişim adresi: [https://www.atsb.gov.au/about\\_atsb/](https://www.atsb.gov.au/about_atsb/), Son Erişim Tarihi: 03.07.2019
- Chen, P., Mou, J., & Li, Y. (2015). Risk analysis of maritime accidents in an estuary: a case study of Shenzhen Waters. *Zeszyty Naukowe/Akademia Morska w Szczecinie*, 42(114), 54-62.
- European Maritime Safety Agency (EMSA). About us. <http://www.emsa.europa.eu/about.html>, Son Erişim Tarihi: 20.10.2019.
- Gasparotti, C. (2010). Risk assessment of marine oil spills. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 9(4), 527-534.
- Global Integrated Shipping Information System (GISIS). Marine Casualties and Incidents. Erişim adresi: <https://gisis.imo.org/Public/MCI/Search.aspx?Mode=Advanced>, Son Erişim Tarihi: 27.06.2019
- Grabowski, M., You, Z., Song, H., Wang, H., & Merrick, J. R. (2010). Sailing on friday: Developing the link between safety culture and performance in safety-critical systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans*, 40(2), 263-284.
- International Maritime Organization (IMO), (2010). Casualty Analysis Procedure, document FSI 17/WP.1, annex 2, United Kingdom.
- Kim, S. W., Wang, J., Wall, A., & Kwon, Y. S. (2005). Formal fire safety assessment of passenger ships. *Safety and Reliability* 26(1), 52-55.
- Kontogiannis, T., Leopoulos, V., & Marmaras, N. (2000). A comparison of accident analysis techniques for safety-critical man-machine systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(4), 327-347.
- Kristiansen, S. (2013). *Maritime transportation: safety management and risk analysis*. Routledge. United Kingdom.



- Le Blanc, L. A., & Rucks, C. T. (1996). A multiple discriminant analysis of vessel accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 28(4), 501-510.
- Li, S., Meng, Q., & Qu, X. (2012). An overview of maritime waterway quantitative risk assessment models. *Risk Analysis: An International Journal*, 32(3), 496-512.
- Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Erişim adresi: <https://www.gov.uk/government/organisations/marine-accident-investigation-branch/about>, Son Erişim Tarihi: 25.06.2019
- National Transportation Safety Board (NTSB). About the National Transportation Safety Board. Erişim adresi: <https://www.nts.gov/about/Pages/default.aspx>, Son Erişim Tarihi: 04.07.2019
- Ringdahl, L. H. (2001). *Safety Analysis*. New York: Taylor & Francis.
- Samuelides, M. S., Ventikos, N. P., & Gemelos, I. C. (2009). Survey on grounding incidents: Statistical analysis and risk assessment. *Ships and Offshore Structures*, 4(1), 55-68.
- Soares, C. G., & Teixeira, A. P. (2001). Risk assessment in maritime transportation. *Reliability Engineering & System Safety*, 74(3), 299-309.
- Uğurlu, Ö. (2011). Petrol Tankerlerinde Meydana Gelen Deniz Kazalarının Risk Analizi Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Uğurlu, Ö., Köse, E., Yıldırım, U., & Yüksekşıldız, E. (2015). Marine accident analysis for collision and grounding in oil tanker using FTA method. *Maritime Policy & Management*, 42(2), 163-185.
- Wagenaar, W. A., & Groeneweg, J. (1987). Accidents at sea: Multiple causes and impossible consequences. *International Journal of Man-Machine Studies*, 27, 587-598.
- Yıldırım, U. (2012). Konteyner Gemilerinin Karaya Oturma Kazalarında İnsan Faktörü Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.



## YÜNLÜ KUMAŞLARIN BUHAR GEÇİRGENLİĞİNE FARKLI TİPTE YUMUŞATICILARIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Asım Davulcu<sup>1\*</sup>, Tümay Yulet Nur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Kayseri

adavulcu@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

yulet.nur@hotmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Günümüzde kişilerin tekstil materyallerinden beklentileri kumaşlardan beklenen konfor özelliklerine paralel olarak artmaktadır. Konfor beklentileri giysilerin seçiminde önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir giysiden beklenen vücudun ısı tepkilerine uyum göstermesi, ısı ve su buharı transferini en etkin bir şekilde yapmasıdır. Giysi konforu, kullanıcı performansını etkileyen unsurlardan biridir. Konfor sağlayan iş giysilerinin tasarımının ve üretiminin yapılabilmesi için, giysinin kullanım alanları ve amacının bilinmesi, kullanıcı beklentilerinin iyi bilinmesi, fonksiyonel ve estetik görünüm özellikleri taşıması gereklidir. Tekstil terbiyesinde kumaş kullanım özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla farklı tipte yumuşatıcılar kullanılmaktadır. Bu çalışmada %100 yünlü dokuma kumaşların su buharı geçirgenliği özelliklerine etkileyen parametreler belirlenmiştir. Yumuşatıcı tipi, yumuşatıcı konsantrasyonu ve kurutma sıcaklığının yıkama öncesi ve yıkama sonrası kumaşların su buharı geçirgenliği özelliğine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar SPSS programı ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yün, kumaş, su buharı, terbiye.

### 1. Giriş

Tekstilde yün lifleri ve konfor ilişkisi ortaya konulurken konforun tanımını ve buna etki edecek olan yünün nasıl bir malzeme olduğunun da belirlenmesi gerekir. Giyim; sözlük anlamı “Giyilecek şey, elbise” olarak “tanımlanmaktadır [1]. Başlangıçta insanların temel fizyolojik gereksinimlerinden biri olarak ortaya çıkan giyim insanlığın gelişim süreci içerisinde farklı anlamlar kazanmıştır [2,3].İnsanın vücudunu doğanın etkilerinden korumak amacıyla kullandığı giysi, zaman içerisinde kendisine estetik görünüm sağlayan, sosyal ve toplumsal yaşamında sembol anlamlar içeren, üretiminde ekonomik ve teknolojik gelişimlere paralel olarak gelişim gösteren bir sektör olmuştur [4].Geleneksel olarak örtme, koruma, süsleme amaçlı kullanılmakta olan tekstil ürünlerinden gelişen teknolojiyle birlikte bu işlevlerine ek olarak diğer bazı ihtiyaçlara da cevap verecek nitelikte olması beklenmektedir. Bu şekilde estetik ve dekoratif özelliklerinden ziyade, öncelikle teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemeleri, teknik tekstiller olarak adlandırılmaktadır [5].Teknik tekstil tüketiminde en büyük pazar payı taşımacılık sektörüne aittir. Bu sektör toplam üretimin % 20’sini kullanmaktadır. Çevre şartlarının değişmesi sonucu vücut, fizyolojik kontrol mekanizmalarını (vazokonstriksiyon, vazodilasyon, titreme, terleme) devreye sokarak çevre ile ısı dengesi kurmaya çalışır. Ancak vücudun ürettiği ısıyla çevreye olan kayıpların birbirine eşit olması, ısı konforunun sağlanması için yeterli olmamaktadır. Nem absorpsiyonu, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği gibi özellikler de ısı konforu açısından önemli fonksiyonlardır. Konfor ve estetik, otomobil koltukları açısından oldukça önemli kriterlerdir. Koltuklarda ısı ve nem artışı, kişileri çok rahatsız eden unsurlardır. Bu nedenle koltuk döşemelerinde hava, su buharı ve ısı geçirgenliği uygun olan materyaller tercih edilmektedir. Yün lifleri de otomotiv koltuk döşemelerinde kullanılmaktadır ancak bilindiği gibi bu lifler çok pahalıdır ve genellikle üst sınıf arabalarda kullanılır. Yün su buharını absorbe eden higroskopik bir liftir ve bu nedenle polyestere nazaran daha iyi bir termal konfor sağlar [6]. İnsanın kendisini bir giysinin içinde konforlu hissedebilmesi için; giysinin vücut hareketlerini engellememesi, vücut ve çevre arasında ısı ve nem transferini büyük oranda sağlaması ve küçük bir hava alanı yaratması gerekmektedir. Bu noktada kumaşın, yumuşaklık, elastikiyet, nefes alabilme, şekil koruyabilme ve ısı konfor [ısı ve su buharı geçirgenliği gibi] özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bu özelliklere ilk bakışta örme kumaşlar, konfor özellikleri ile ön plana çıkmaktadır. İnsanların tekstil malzemesinden beklentileri artarken dokuma kumaşlardan beklenen konfor özellikleri de giderek artmaktadır. Dokuma kumaşların konfor özelliklerine etkisi olan parametrelerin belirlenmesi ve bu parametrelerin deneysel yollarla kumaştaki etki derecesinin ortaya konması oldukça önemlidir.

Bu çalışmada mikro, makro ve nano boyutta yumuşatıcı ile farklı konsantrasyon ve kurutma sıcaklıklarında işlem görmüş %100 yünlü dokuma kumaşların yıkama öncesi ve yıkama sonrası su buharı geçirgenliği özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar SPSS programı ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir.

### 2. Materyal ve Yöntem

#### 2.1. Materyal

##### Kumaş





Çalışma kapsamında %100 yün kumaş kullanılmıştır. Kullanılan kumaşlar daha çok takım elbise üretiminde kullanılmaktadır. Gramajı 275-285 g/m<sup>2</sup>, çözgü ipliği 80/2 Nm, atkı ipliği 40/1 Nm, bezayağı doku yapısına sahip çözgü sıklığı 28 tel/cm, atkı sıklığı 22 tel/cm olan yünlü kumaş kullanılmıştır.

### Kimyasallar

Kullanılan kimyasallar ticari ürünler olup etkileşim ve aplikasyon şartları üretici prospektüsüne göre hazırlanmıştır.

Makro Yumuşatıcı: Polisiloksilan türevi non-iyonik renksiz sıvı formda yumuşatıcı.

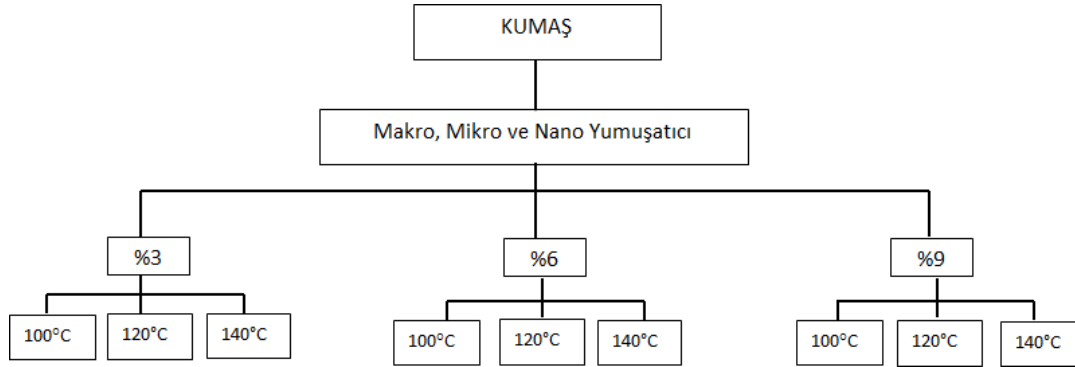
Mikro Yumuşatıcı: Zayıf katyonik yapıda renksiz sıvı formda silikon emülsyonu.

Nano Yumuşatıcı: Organopolisiloksilan türevi zayıf katyonik yapıda sıvı formda hidrofobik yapıda yumuşatıcı.

Asetik Asit: %99 saflıkta EKSOY firmasından temin edilmiştir.

### 3. Yöntem

%100 yünlü kumaşlara 3 farklı tipte makro, mikro ve nano yapıda yumuşatıcılarla üç farklı konsantrasyonda [%3, %6, %9 olacak şekilde] emdirme yöntemine göre aplikasyon işlemleri Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Thermal marka A42945T model dikey fulard cihazında gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar emdirme yöntemine göre %100 flotte alacak şekilde sıklıkla kumaş üzerine alınan yumuşatıcı miktarları ayarlanmıştır.



Şekil 1: Yapılan işlem aşamalarının şematik olarak gösterimi

Kurutma işlemleri 3 farklı sıcaklıkla [100°C, 120°C ve 140°C] 5'er dakika süre ile yapılmıştır. Yapılan işlemlere ait aşamalar Şekil 2.5'de verilmiştir. Yumuşatıcı tipi, miktarı ve kurutma sıcaklığının yünlü kumaşların konfor özelliklerine etkisinin tespitine çalışılmıştır. Yumuşatıcı ile işlem görmüş kumaşların yıkama öncesi ve yıkama sonrası su buharı geçirgenlik ölçümleri ASTM E 96-80 test standardına uygun olarak yapılmıştır. Buharlaştırma esasına dayalı olan bu test metoduna göre çok derin olmayan bir kap içine belirli oranda su konulmaktadır. Kapın üst kısmına kumaş numunesi yerleştirilerek kumaş yüzeyinden geçen su miktarı kapın içindeki suyun azalmasına göre belirlenmektedir. Su buharı geçirgenliğinde 3'er tekrar yapılmıştır. Tüm deney sonuçları SPSS 20 istatistik programı kullanılarak Tukey çoklu karşılaştırma analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir.

### 4. Bulgular

#### 4.1. Yıkama Öncesi Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi

Yıkama öncesi su buharı geçirgenliğine etki eden faktörler incelendiğinde en etkili faktörlerin sırasıyla yumuşatıcı tipi, yumuşatıcı konsantrasyonu ve sıcaklık olduğu görülmüştür (Tablo 1).



**Tablo 1: Yıkama Öncesi Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörler, ANOVA Tablosu**

	KARELER TOPLAMI	Serbestlik derecesi	KARELER ORTALAMASI	F	P
Doğrulanmış model	732,089a	26	28,157	17,464	,000
Kesinti noktası	592727,190	1	592727,190	367626,20	,000
Yumuşatıcı tipi	356,784	2	178,392	110,644	,000
Sıcaklık	123,686	2	61,843	38,357	,000
Konsantrasyon	214,964	2	107,482	66,663	,000
Yumuşatıcı tipi * sıcaklık	15,242	4	3,810	2,363	,064
Yumuşatıcı*Konsantrasyon	6,580	4	1,645	1,020	,405
Sıcaklık* konsantrasyon	6,874	4	1,719	1,066	,382
Yumuşatıcı * sıcaklık *Konsantrasyon	7,959	8	,995	,617	,760
Hata	87,065	54	1,612		
Toplam	593546,344	81			
Doğrulanmış Toplam	819,154	80			

Yıkama öncesi su buharı geçirgenliği üzerine yumuşatıcı tipi, yumuşatıcı konsantrasyonu ve sıcaklığı istatistiksel olarak etkisi olduğu görülmüştür. Faktörlerin keşifimlerinin su buharı geçirgenliğine anlamlı bir etkisi görülmemiştir.

#### 4.1.1. Yıkama Öncesi Sıcaklığın Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Üç farklı sıcaklıkta işlem görmüş kumaşların yıkama öncesi su buharı geçirgenlik özellikleri incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.16'da verilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü gibi yıkama öncesi su buharının geçirgenliğine sıcaklık seviyelerinin su buharı geçirgenliğine etkisi incelendiğinde 100°C ve 120°C sıcaklıklarda istatistiki olarak anlamlı bir fark yoktur ( $P>0,05$ ). 140°C'de sıcaklıkta ise istatistiki olarak anlamlı bir fark vardır ( $P<0,05$ ).

**Tablo 2: Yıkama Öncesi Sıcaklığın Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	Sıcaklık [I]	Sıcaklık [J]	Ortalama Farklılık	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	100°C	120°C	-0,79	0,34	0,064	-1,64	0,056
		140°C	-2,92	0,34	0,000	-3,77	-2,07
	120°C	100°C	0,79	0,34	0,064	-0,056	1,64
		140°C	-2,13	0,34	0,000	-2,98	-1,28
	140°C	100°C	2,92	0,34	0,000	2,07	3,77
		120°C	2,13	0,34	0,000	1,28	2,98

#### 4.1.2. Yıkama Öncesi Yumuşatıcı Tipinin Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Yumuşatıcı tipi değerleri için Post hoc tablosuna baktığımızda, micro ve macro arasında p değeri  $0,000<0,05$ , macro ile nano arasında p değeri  $0,000<0,05$  olduğu için anlamlı bir fark vardır. Micro ve nano arasında ise p değeri  $0,373>0,05$  olduğundan anlamlı bir fark yoktur( Tablo 3).



**Tablo 3: Yıkama Öncesi Yumuşatıcı Tipinin Su Buharı Geçirgenliği Üzerine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	[I] Yumuşatıcı Tipi	[J] Yumuşatıcı Tipi	Ortalama	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	Micro	Macro	-4,20*	0,34	0,000	-5,03	-3,36
		Nano	0,46	0,34	0,373	-0,36	1,29
	Macro	Micro	4,20*	0,34	0,000	3,36	5,03
		Nano	4,66*	0,34	0,000	3,83	5,50
	Nano	Micro	-0,46	0,34	0,373	-1,29	0,36
		Macro	-4,66*	0,34	0,00	-5,50	-3,83

#### 4.1.3. Yıkama Öncesi Yumuşatıcı Konsantrasyonun Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Yıkama öncesi yumuşatıcı konsantrasyonunun su buharı geçirgenliğine etkisi incelendiğinde %3, %6 ve %9 seviyelerinin aralarında anlamlı bir fark görülmüştür (Tablo 4).

**Tablo 4: Yumuşatıcı Konsantrasyonun Yıkama Öncesi Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	[I] Konsantrasyon	[J] Konsantrasyon	Ortalama Farklılıklar [I-J]	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	3%	6%	-1,94	0,34	0,000	-2,77	-1,1
		9%	-3,98	0,34	0,000	-4,82	-3,15
	6%	3%	1,94	0,34	0,000	1,1	2,77
		9%	-2,04	0,34	0,000	-2,88	-1,21
	9%	3%	3,98	0,34	0,000	3,15	4,82
		6%	2,04	0,34	0,000	1,21	2,88

#### 4.2. Yıkama Sonrası Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi

Yıkama sonrası su buharı geçirgenliğine etki eden faktörler incelendiğinde en etkili faktörlerin sırasıyla yumuşatıcı tipi, sıcaklık ve yumuşatıcı konsantrasyonu ve olduğu görülmüştür (Tablo 5).

**Tablo 5: Yıkama Sonrası Su Buharı Geçirgenliğine Etki Eden Faktörler, ANOVA Tablosu**

KAYNAK	KARELER TOPLAMI	Serbestlik derecesi	KARELER ORTALAMASI	F	P
Doğrulanmış Model	997,463a	26	38,364	22,379	,000
Kesinti noktası	504741,776	1	504741,776	294429,805	,000
Yumuşatıcı tipi	447,902	2	223,951	130,637	,000
Sıcaklık	365,667	2	182,833	106,652	,000
Konsantrasyon	132,455	2	66,227	38,632	,000
Yumuşatıcı* Sıcaklık	9,449	4	2,362	1,378	,254
Yumuşatıcı*Konsantrasyon	7,358	4	1,839	1,073	,379
Sıcaklık*Konsantrasyon	7,447	4	1,862	1,086	,373
Yumuşatıcı* Sıcaklık	27,185	8	3,398	1,982	,066
Hata	92,572	54	1,714		
Toplam	505831,811	81			
Doğrulanmış toplam	1090,035	80			



Yıkama sonrası su buharı geçirgenliği üzerine yumuşatıcı tipi, yumuşatıcı konsantrasyonu ve sıcaklığı istatistiksel olarak etkisi olduğu görülmüştür. Faktörlerin keşiflerinin su buharı geçirgenliğine anlamlı bir etkisi görülmemiştir.

#### 4.2.1. Yıkama Sonrası Sıcaklığın Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Üç farklı sıcaklıkta işlem görmüş kumaşların yıkama öncesi su buharı geçirgenlik özellikleri incelenmiş ve sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Sıcaklık seviyeleri kendi içinde birbiriyle karşılaştırıldığında sıcaklık değerinin artması su buharı geçirgenliği üzerinde anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür.

**Tablo 6: Yıkama Sonrası Sıcaklığın Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	Sıcaklık [I]	Sıcaklık [J]	Ortalama Farklılık	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	100°C	120°C	-3,912	,3563501	,000	-4,771	-3,0540
		140°C	-4,928	,3563501	,000	-5,787	-4,069
	120°C	100°C	3,912	,3563501	,000	3,054	4,7716
		140°C	-1,015	,3563501	,017	-1,8742	-,1566
	140°C	100°C	4,928	,3563501	,000	4,069	5,787
		120°C	1,0154	,3563501	,017	,1566	1,874

#### 4.2.2. Yıkama Sonrasında Yumuşatıcı Tipinin Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Yıkama sonrası yumuşatıcı tipinin su buharı geçirgenliğine etkisi incelendiğinde micro ve macro yumuşatıcı tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p < 0,05$ ). Micro ile nano tipte yumuşatıcılar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (Tablo 7).

**Tablo 7: Yıkama Sonrasında Yumuşatıcı Tipinin Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	[I] Yumuşatıcı	[J] Yumuşatıcı	Ortalama Farklılık [I-J]	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	micro	macro	-4,62	0,35	,000	-5,5	-3,74
		nano	0,66	0,35	,161	-0,21	1,54
	macro	micro	4,62	0,35	,000	3,74	5,48
		nano	5,28	0,35	,000	4,42	6,16
	nano	micro	-0,66	0,35	,161	-1,54	0,21
		macro	-5,28	0,35	,000	-6,16	-4,42

#### 4.2.3. Yıkama Sonrası Yumuşatıcı Konsantrasyonunun Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi

Yıkama sonrası yumuşatıcı konsantrasyonunun su buharı geçirgenliğine etkisi incelendiğinde %3, %6 ve %9 seviyelerinin aralarında anlamlı bir fark görülmüştür (Tablo 8).

**Tablo 8: Yıkama Sonrası Yumuşatıcı Konsantrasyonunun Su Buharı Geçirgenliğine Etkisi, Çoklu Karşılaştırma Tablosu**

	[I]	[J]	Ortalama Farklılık	Std. Hata	P	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Tukey HSD	3%	6%	-1,46	0,35	0,000	-2,34	-0,58
		9%	-3,13	0,35	0,000	-3,98	-2,25
	6%	3%	1,46	0,35	0,000	0,58	2,34
		9%	-1,66	0,35	0,000	-2,54	-0,78
	9%	3%	3,13	0,35	0,000	2,25	3,98
		6%	1,66	0,35	0,000	0,78	2,542



Konsantrasyon değerleri için Post hoc tablosuna bakıldığında her üç durum için de p değerleri 0,05'ten küçük olduğu için anlamlı bir fark vardır.

## 5. Sonuç ve Tartışma

Çalışma kapsamında %100 yünlü dokuma kumaşların su buharı geçirgenliği özellikleri yıkama öncesi ve yıkama sonrası incelenerek sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yıkama öncesi su buharı geçirgenlik özellikleri incelenmiş ve incelenen 3 faktöründe su buharı geçirgenliğine istatistiksel olarak etki ettiği görülmüştür. Sıcaklık seviyelerinin etkisi incelendiğinde 100°C ve 120°C sıcaklıklarda istatistiki olarak anlamlı bir fark olmadığı, 140°C'de ise istatistiki olarak anlamlı bir fark olduğu ve bu sıcaklıkta işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliğinin en yüksek olduğu görülmüştür. Yünlü mamülde sararma meydana gelmemesi durumunda işletmeler için tavsiye edilebilir kurutma sıcaklığı olarak 140 °C olduğu söylenebilir. Yumuşatıcı tipinde makro tipte yumuşatıcı ile işlem görmüş kumaşların su buharı geçirgenliği mikro ve nano tiplere göre daha yüksek çıkmıştır. Makro tipte yumuşatıcının hidrofilitesinin yüksek olması su buharı geçirgenliğini artırmış olabilir. Yıkama sonrası su buharı geçirgenlik özellikleri incelendiğinde su buharı geçirgenliğine etki eden faktörler incelendiğinde en etkili faktörlerin sırasıyla yumuşatıcı tipi, sıcaklık ve yumuşatıcı konsantrasyonu ve olduğu görülmüştür.

## 6. Kaynakça

- [1] Babaoğul, M., Şener, A., Öztop, H., “*Tekstil lifleri temel özellikler, kullanım ve bakım*”, Ankara: Gazi Kitabevi. 2010.
- [2] Balcı, H., “*Akıllı (Fonksiyonel) Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri.*” Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 271 s., 2006.
- [3] Eraslan, İ. H., Bakan, İ., Kuyucu, A. D. H., “*Türk tekstil ve hazır giyim sektörünün uluslararası rekabetçilik düzeyinin analizi*”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 7 (13): 265-300. 2008.
- [4] Kalın, M. B., “*Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması*”, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 98 s.. 2008.
- [5] Günsal, Ç., “*Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması*”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 196 s. 2007.
- [6] Çelebi, K., “*Poliester Örmeye Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi*”, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 96 s.. 2009.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma FYL-2016-6513 no'lu Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir.





## UŞAK İLİ DOĞAL VEJETASYONUNDA BULUNAN BAZI BİTKİLERİN SİLOLANABİLME OLANAKLARI

Asuman Arslan Duru<sup>1\*</sup>, Ercüment Osman Sarıhan<sup>2</sup>, İbrahim Bulduk<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Usak University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of Animal Science, Usak/Turkey.

<sup>2</sup> Usak University, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Department of Crop Science, Usak/Turkey.

<sup>3</sup> Usak University, College of Health, Department of Occupational Health and Safety, Usak/Turkey.

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışma, Uşak İli doğal vejetasyonunda bulunan sinir otu (*Plantago lanceolata* L.), gülhatmi (*Alcea rosea*) ve yemlik (*Tragopogon porrifolius*) bitkilerinin silolanabilme yeteneklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Doğada kendi halinde bulunan bu bitkiler toplanmış, 1.5-2 cm çapında doğranmış ve laboratuvar koşullarında 90 gün boyunca silolama yapılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde, sinirotundan oluşan silajların kuru madde, NDF, ADF ve propiyonik asit içerikleri diğer gruplara nazaran yüksek ( $P<0.001$ ) ve pH değeri düşük bulunmuştur ( $P<0.001$ ). Gülhatminden oluşan silajların organik madde içerikleri diğer gruplara göre düşük ( $P<0.01$ ), laktik asit içeriklerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.001$ ). En düşük ham kül ve bütirik asit içeriği, yemlikten oluşan silajlarda gözlenmiştir ( $P<0.001$ ). Araştırma silajlarında asetik asit içeriğine rastlanmazken, amonyak azot bakımından gruplar arası herhangi bir farklılık bulunamamıştır ( $P>0.05$ ). Duyusal analiz sonucuna göre, koku bakımından en yüksek puanı sinirotu silajı, en düşük puanı yemlik silajları almıştır ( $P<0.001$ ). Strüktür ve renk açısından silajlar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ( $P>0.05$ ). Sonuç olarak, sinirotundan iyi kalitede silaj elde edilebileceği ve diğer bitkilerin fermentasyon artırıcı katkı maddeleri kullanılarak silolama yeteneklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara gereksinim duyulduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sinirotu, gülhatmi, yemlik, silaj, uçucu yağ asitleri.

### 1. Giriş

Sinirotu bitkisi (*Plantago lanceolata* L.) değişik toprak tiplerinde kolaylıkla yetişebilen, *Plantaginaceae* familyasının çok yıllık bir üyesidir. Türkiye’de çayır ve mer’a alanlarının doğal türlerinden olan sinirotu hem insan gıdası olarak hem de hayvan beslemesinde kullanılan ayrıca fitokimyasal yapısıyla tıbbi özelliği de olan bir bitkidir (Kara, 2016). Türkiye ve Avrupa ülkelerinin çoğunda yaygın olarak bulunan (Davis, 1975), Sinirotu bitkisinin yaprakları dünyanın çeşitli yerlerinde yüzyıllardır yara iyileştirici olarak kullanılmaktadır. Bu özelliğinin yanında hastalıkları iyileştirici (deri, solunum, sindirim, üreme, dolaşım sistemi rahatsızlıklarına karşı) özelliği bulunmaktadır (Berit-Samuelsen, 2000). Bu bitkinin balgam söktürücü, antimikrobiyal, antiviral, antitoksin ve diüretik (Leung ve Foster 1996) özellikleri bulunmakta ve tümörlerin tedavisinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Fracoise ve ark, 1998).

Gülhatmi bitkisi, Anadolu’da oldukça yaygın görülen ebegümecigiller (*Malvaceae*) familyasından çok yıllık otsu bir bitkidir. Gülhatmi bitkisi, en az 4000 yıldır balgam söktürücü ve öksürük kesici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tıbbi olarak halk arasında; ağız ve boğaz yaraları ile apse, göz iltihabı, kan çıbanı gibi yaraların tedavisinde, nezle, solunum yolu ve böbrek rahatsızlıklarında, yanıklarda, zehirlenmelerde, diyare ve kabızlık tedavisinde kullanılmaktadır. Bitkinin bütün kısımları, ateş düşürücü, idrar söktürücü ve göğüs yumuşatıcı olarak kullanılmaktadır. Bu etkilerinin sebebi, içerdiği müsilaj hücreleridir (Baytop, 1984).

Anadolu’da yemlik olarak bilinen *Trogopogon porrifolius* L., Asteraceae familyasının bir cinsidir. Son yıllarda bu cinsin bazı türleri (*T. porrifolius*) üzerinde yapılan çalışmalarda bitkinin in-vitro, ve in-vivo ortamlarda antioksidant aktivitesinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bazı kanser hücrelerine karşı antikanser etkisinin olduğu ve karaciğer toksisitesine karşı hepatoprotektif bir potansiyelinin olduğu ifade edilmiştir (Tenkerian ve ark., 2011). Bu bitkinin içerisinde tekli doymamış ve esansiyel yağ asitleri, vitaminler, polifenoller ve fruktoligosakkaritler olduğu belirtilmiştir.

Yılın her döneminde ruminantların tükettikleri taze kaba yemlerin bulunması zor olması nedeniyle besin madde içeriklerini koruyarak saklanmaları önemlidir. Silolama, bu saklama yöntemlerinden biridir (Machin, 2011). Taze kaba yem sıkıntısı yaşanan mevsimlerde yeşil yemlerin silolanmasıyla kaba yem açığı giderilebilmektedir. Ayrıca hayvancılık işletmelerinin giderlerinin yaklaşık % 55-70’ini oluşturan yem giderlerinin maliyetini düşürmek için alternatif kaba yem kaynakları önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Uşak İli doğal vejetasyonunda bulunan ve hayvanların doğal hallerinde tüketmeyi sevdiği sinirotu, gülhatmi ve yemlik bitkilerinin ruminant beslemede kullanılabilecek önemli bir alternatif kaba yem kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma ile Uşak İli doğal vejetasyonunda bulunan gülhatmi, yemlik ve sinirotu bitkilerinin silolanabilme olanakları araştırılmıştır. Bu kapsamda, silolanan bu bitkilerin kimyasal kompozisyonları, duyusal analizleri ve fermentasyon özellikleri belirlenmiştir.



## 2. Materyal ve Yöntem

**Silo materyali:** Araştırmanın silo ana materyallerini Uşak İli Merkez İlçesi'nde doğada kendi halinde bulunan sinir otu (*Plantago lanceolata* L.), gülhatmi (*Alcea rosea*) ve yemlik (*Tragopogon porrifolius*) bitkileri oluşturmuştur. Doğada kendi halinde bulunan bu bitkiler toplanmış, 1.5-2 cm çapında doğranmış ve laboratuvar koşullarında 1 lt'lik anaerob plastik kavanozlara silolama yapılmıştır. Silolama, 90 gün boyunca devam etmiştir. Araştırma grupları, üç (3) paralel olmak üzere, % 100 sinirotu (*Plantago lanceolata* L.), % 100 gülhatmi (*Alcea rosea*), % 100 yemlik (*Tragopogon porrifolius*) olmak üzere toplamda üç (3) grup oluşturulmuştur.

**Kimyasal Analizler:** Araştırma sonunda elde edilen silajların kuru madde, organik madde, ham protein ve ham kül içerikleri belirlenmiştir (AOAC, 1999). Silajların ADF ve NDF içerikleri Van Soest (1982)'in bildirdiği şekilde Fiber Analyzer cihazı kullanılarak yapılmıştır (Ankom, 1998).

**Fermentasyon Özelliklerine Ait Analizler:** Silajlar açıldıkları anda pH değerlerini belirlemek için, 25 g silaj örneği üzerine 100 ml saf su ilave edilerek ve 5 dakika çalkalayıcı ile karıştırıldıktan sonra elde edilen sıvının pH'sı dijital pH metreyle ölçülmüştür (Polan ve ark., 1998). Yine 40 g silaj numunesi üzerine 360 ml saf su ilave edilmiş ve 5 dakika süreyle çalkalanarak karışım süzülümüş ve elde edilen süzükten 100 ml ayrılarak Kjeldahl distilasyon yöntemiyle silajların NH<sub>3</sub>-N tayini yapılmıştır (Broderick ve Kang, 1980). Aynı filtreden 2 ml alınarak silajların uçucu yağ asitleri (asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit) ve laktik asit içerikleri HPLC cihazında belirlenmiştir (Kolon: C18, 5 µm, 4.6 x 250-mm; Mobil Faz: Isocratic; 25-mM K-phosphate buffer; pH 2.4; Akış Hızı: 1.5 mL/min.; Kolon Sıcaklığı: 30 °C; UV Dedektör: Wavelength: 210 nm; Enjeksiyon Hacmi: 20 µL)

**Duyusal Analizler:** Silajların duyu analizi (renk, koku ve strüktür) ve kalite puanları, Alman Tarım Örgütü silaj değerlendirme cetveli kullanılarak 6 panelist tarafından yapılmıştır (DLG, 1987).

**İstatistiksel Analizler:** Araştırma sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi, SPSS paket programında ONE-WAY ANOVA prosedürüne göre analiz edilmiş olup, grupların farklılıkları için Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (SPSS, 2007).

## 3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Araştırma silajlarının kimyasal kompozisyonlarına ait veriler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1: Gülhatmi, sinirotu ve yemlik silajlarının kimyasal kompozisyonları**

Parametreler	GH	SO	YML	□ ±SD	P
KM, %	20.27±0.55 <sup>b</sup>	24.45±0.87 <sup>a</sup>	20.03±0.66 <sup>b</sup>	21.72±2.25	0.0001
OM, % KM	29.04±5.31 <sup>b</sup>	43.32±2.27 <sup>a</sup>	44.62±2.72 <sup>a</sup>	39.43±7.83	0.002
HK, % KM	14.96±1.30 <sup>a</sup>	13.85±0.11 <sup>a</sup>	11.08±0.24 <sup>b</sup>	13.50±1.78	0.001
HP, % KM	16.28±2.04 <sup>a</sup>	9.66±0.76 <sup>b</sup>	8.75±0.30 <sup>b</sup>	11.82±3.75	0.0001
NDF, % KM	23.19±2.56 <sup>c</sup>	34.84±1.56 <sup>a</sup>	28.13±1.74 <sup>b</sup>	29.33±5.46	0.0001
ADF, % KM	14.68±0.70 <sup>c</sup>	25.06±1.82 <sup>a</sup>	19.37±1.02 <sup>b</sup>	19.74±4.79	0.0001

<sup>a-c</sup>: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0.01).

GH: Gül hatmi; SO: Sinir otu; YML: Yemlik; KM: Kuru madde; OM: Organik Madde; HK: Ham Kül; HP: Ham protein; NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif; ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif.

Tablo 1'de görüldüğü üzere, sinirotu silajlarının kuru madde içeriğinin, gülhatmi ve yemlik silajlarına göre yüksek olduğu belirlenmiştir (P<0.001). Bununla birlikte, en düşük organik madde içeriği, gülhatmi silajlarında (P<0.001) iken, en düşük ham kül içeriği yemlik silajlarında görülmüştür (P<0.001). En yüksek ham protein içeriği, % 16.28 ile gülhatmi silajlarında gözlenirken, sinirotu ve yemlik silajlarında sırasıyla % 9.66 ve % 8.75 düzeylerinde kalmıştır (P<0.001). Silajlar NDF ve ADF içerikleri bakımından değerlendirildiğinde, diğer silaj gruplarına nazaran sinirotu silajlarının en yüksek içeriğe sırasıyla % 34.84 ve % 25.06 oranlarında sahip olduğu saptanmıştır (P<0.001). Ancak yemlik silajının da gülhatmi silajına göre istatistiksel olarak önemli düzeyde NDF ve ADF içeriği olduğu belirlenmiştir (P<0.001). Silajlık yem bitkilerinin kuru madde içerikleri silaj kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle silolama her ne kadar optimum koşullarda yapılsa da iyi kalitede silaj için gerekli fermentasyon koşulları sağlanmadığında, istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmaktadır. Silajın kuru madde düzeyinin yüksek olması durumunda silo iyi bir şekilde sıkıştırılamamaktadır. Silajın düşük kuru madde içeriğinde olması durumunda ise silolama esnasında önemli miktarlarda oluşan su kaybından dolayı silaj da besin madde kayıplarına neden olmaktadır (Bolsen ve ark., 1996). Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, araştırma silajlarında fermentasyon koşullarına bağlı besin madde kaybının az olduğu söylenebilir. Gülhatmi ve yemlik silajlarına yönelik hiçbir literatüre rastlanmaması ve sinirotu silajına yönelik literatürün sınırlı olması nedeniyle işletme koşullarında en çok silajı yapılan mısır ve yonca silajları ile karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Ke ve ark. (2015), yonca silajlarının kuru madde içeriğinin % 32.3; ham protein içeriğinin % 17.9; NDF içeriğinin % 48.6; ADF içeriğinin % 36.4; ham kül değerinin ise % 10.4 olduğunu belirtmişlerdir. Huisden ve ark. (2009), mısır silajlarının kuru maddesinin % 38.3; ham protein içeriğinin % 6.37; NDF içeriğinin % 55.8; ADF içeriğinin % 23.7; ham kül içeriğinin ise % 3.04 olduğunu tespit etmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2018), sinirotu silajlarının % 27.72; ham protein içeriğinin % 7.74; NDF içeriğinin % 38.18; ADF içeriğinin % 28.59; ham kül değerinin ise % 15.14 olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırma silajlarının bazı fermentasyon özelliklerine ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.



**Tablo 2: Gülhatmi, sinirotu ve yemlik silajlarının fermentasyon özellikleri**

Parametreler	GH	SO	YML	□ ±SD	P
pH	5.40±0.16 <sup>a</sup>	4.93±0.10 <sup>b</sup>	5.26±0.02 <sup>a</sup>	5.19±0.24	0.001
LA, %	0.6±0.17 <sup>a</sup>	0.14±0.02 <sup>b</sup>	0.18±0.14 <sup>b</sup>	0.31±2.29	0.0001
AA,%	0.00	0.00	0.00	0.00	
PA,%	0.00±0.00 <sup>c</sup>	0.06±0.11 <sup>a</sup>	0.05±0.05 <sup>b</sup>	0.04±0.29	0.0001
BA,%	0.22±0.62 <sup>a</sup>	0.10±0.002 <sup>c</sup>	0.13±0.15 <sup>b</sup>	0.15±0.59	0.002
NH <sub>3</sub> -N	2.18±0.68	1.54±1.90	1.39±0.19	1.70±0.98	0.79

<sup>a-c</sup>: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.001).

GH: Gül hatmi; SO: Sinirotu; YML: Yemlik; LA: Laktik asit; AA: Asetik asit; PA: Propiyonik asit; BA: Bütirik asit, NH<sub>3</sub>-N: Amonyak azot.

Araştırma silajları pH değeri bakımından değerlendirildiğinde, en düşük pH değerine sinirotu silajlarında olduğu belirlenmiştir (P<0.001). Gülhatmi ve yemlik silajlarının pH değerleri birbirlerine yakın olup, sırasıyla 5.40 ve 5.26 olarak saptanmıştır. Bununla birlikte gülhatmi silajlarının laktik asit içeriği, diğer silaj gruplarına nazaran önemli düzeyde yüksek bulunmuştur (P<0.001). Araştırma silajlarında asetik asit içeriğine rastlanmamışken, amonyak azot değeri açısından silajlar arasında nemli bir farklılık gözlenmemiştir (P>0.05). Diğer silaj gruplarına göre sinirotu silajlarının propiyonik asit içeriğinin yüksek (P<0.001), bütirik asit içeriğinin ise düşük olduğu belirlenmiştir (P<0.01).

Fermentasyon esnasında şekillenen pH, suda çözünabilir karbonhidrat ve organik asitlerin miktarı ve kompozisyonları, silajların kalitesini belirleyen önemli parametrelerdir (Bolsen ve ark., 1996). Silajların suda çözünabilir karbonhidrat içeriği, laktik asit bakterilerinin de üremesine sebep olduğundan fermentasyonun ilk aşamasında silo ortamındaki kısa sürede 4'ün altına düşmesi iyi kalitede bir silaj elde etmek için büyük önem taşımaktadır. Bütirik asit bakterileri, silajların fermentasyon esnasında asetik asit bakterilerinin en önemli rakibidir. Çünkü silo yemlerinde bütirik asit üretimiyle önemli miktarda besin madde kaybı meydana gelmektedir. Bu bakteriler, asetik asit bakterilerinin kullandığı karbonhidratları kullanarak ihtiyaçları olan besin maddelerini ya çok azaltırlar ya da tamamen tüketmektedirler. Bu nedenle silajlarda bütirik asit istenmemektedir. Silajlardaki organik asit kompozisyonu, yonca gibi zor silolanabilen yeşil yemler için istenen düzeyde olduğu belirlenmiştir. Araştırma silajlarından özellikle sinirotu silajlarının pH'sının diğer gruplara göre düşük olması, bütirik asit ve amonyak azot içeriğinin artmasını baskılamış ve kötü kalitede silaj oluşumunu engellemiştir. Gülhatmi ve yemlik silajlarının, sinirotu silajlarına kıyasla fermentasyon ortamının daha zayıf şekillendiği gözlenirse de, katkı maddesi desteğiyle iyi fermentasyon sağlanabileceği düşünülmektedir. Kleinschmit ve ark. (2005), mısır silajlarının pH değerinin 3.44, laktik asit içeriği % 8.21, asetik asit içeriği % 2.19, propiyonik asit içeriği % 0.03, amonyak azot içeriği 0.22 g/kg olarak bulmuşlardır. Denek ve ark. (2012), yonca silajlarının pH değerinin 4.58; laktik asit içeriğinin % 3, asetik asit içeriğinin % 1.24; propiyonik asit içeriğinin olmadığı, bütirik asit içeriğinin % 1.88; amonyak azot içeriğinin 52.6 g/kg TN olduğunu bildirmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2018), plantago silajlarının pH değerinin 3.95; laktik asit içeriğinin % 0.99, asetik asit içeriğinin % 0.68; propiyonik asit içeriğinin % 0.21 olduğunu, bütirik asit içeriği ve amonyak azot içeriğinin bulunmadığını saptamışlardır.

Sinirotu, gülhatmi ve yemlik silajlarının duyu analizlerine ait sonuçlar Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3: Gülhatmi, sinirotu ve yemlik silajlarının duyu özellikleri**

Parametreler	GH	SO	YML	□ ±SD	P
Koku	6.40±2.19 <sup>b</sup>	12.75±1.49 <sup>a</sup>	2.00±1.63 <sup>c</sup>	8.35±4.86	0.0001
Strüktür	3.60±0.55	3.25±1.04	2.50±1.00	3.19±0.95	0.23
Renk	1.80±0.45	1.25±0.71	1.25±0.50	1.41±0.62	0.26

<sup>a-c</sup>: Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.001).

GH: Gül hatmi; SO: Sinirotu; YML: Yemlik

Duyu özelliklerine (koku, renk, strüktür) göre 6 panelist tarafından araştırma silajları değerlendirildiğinde, sinirotu silajlarının kokusunun puanı, gülhatmi ve yemlik silajlarına göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu sonucuna varılmıştır (P<0.001). Panelistlere göre, yemlik silajları, koku bakımından yapılan değerlendirmede en kötü kokan silaj olmuştur (P<0.001). Diğer fiziksel değerlendirmelerden strüktür ve renk bakımından silajlar arasında önemli bir farklılık bulunamamıştır (P>0.05). Bu parametreler açısından en yüksek puanı, gülhatmi silajları almıştır. Silo yemlerinin DLG örgütünün görünüş ve fiziksel analizlerinin kalite sınıflandırılmasına göre toplamda 16-20 puan alan silajlar "Pekiyi", 10-15 puan alan silajlar "Memnuniyet Verici", 5-9 arası "Orta" ve son olarak 0-4 arası "İşe Yaramaz" sınıfında yer almaktadır. Araştırmanın açım gününde yapılan duyu analiz sonuçlarına göre en iyi sonuç, "Pekiyi" sınıfında yer alan sinirotu silajlarından elde edilmiştir. Gülhatmi silajları "Memnuniyet



Verici” iken, yemlik silajları “Orta” kalite sınıfında yer almıştır. Arslan Duru ve ark. (2018), yaptıkları sınırotu silajlarının “Pekiye” kalite sınıfında yer aldığını bildirmişlerdir. Geren (2001), mısır silajlarının da duyuşal özellikleri bakımından değerlendirildiğinde “Pekiye” sınıfında yer aldığını bildirmiştir. Gülhatmi ve yemlik silajlarının mısır silajına göre daha düşük kalite sınıfında bulunduğu anlaşılmaktadır.

#### 4. Sonuç

İyi kalitede bir silaj, fermentasyon özellikleri bakımından incelendiğinde, pH değeri yanında silajlardaki organik asit kompozisyonu ve amonyak azot varlığı diğer önemli unsurlardır. Bu çalışma kapsamında, kuru madde, NDF ve ADF içeriklerinin istenen seviyelerde olması, istenmeyen bütirik asit varlığının ve pH değerinin en düşük seviyede bulunması, araştırma silajlarından özellikle sınırotu silajlarında iyi sayılabilecek bir fermentasyon ortamının sağlandığını göstermektedir.

Sonuç olarak, sınırotundan iyi kalitede silaj elde edilebileceği ve diğer bitkilerin fermentasyon artırıcı farklı katkı maddeleri kullanılarak silolama yeteneklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara gereksinim duyulduğu sonucuna varılmıştır.

#### 5. Kaynaklar

Ankom, 1998. Procedures for fibre and in vitro analysis. Asseda <http://www.ankom.com>.

AOAC, (1999). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 16th Ed., Arlington VA.

Arslan Duru, A., Sarıhan, E. O., & Bulduk, İ., (2018). Determination of Ensiling Possibilities Of *Plantago lanceolata* L. International Journal of Agriculture, Forestry and Life Science, 2 (1): 2018, 36-43.

Berit Samuelsen, A., (2000). The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. A review. Journal of Ethnopharmacology vol: 71, issues 1-2, pp:1-21.

Bolsen, K.K., Ashbell, G. & Weinberg, Z.G., (1996). Silage fermentation and silage additives. Asian Austral J Anim Sci, 9 (5): 483-493, 1996. Davis, P.H., (1975). Flora of Turkey and The East Aegean Islands. Vol. 5. Edinburgh University Press.

Broderick, G.A., Kang, J.H., 1980. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. J. Dairy Sci., 63, 64-75.

Denek, N., Can A., Avcı, M. & Aksu, T., (2012). The effect of fresh and frozen pre-fermented juice on the fermentation quality of alfalfa silage. Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.,18(5): 785-790.

DLG, (1987). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. 4. Schweine. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt, Germany.

Fracoise F, A., Gargadennec, A. Gueiffier, J.L. Roussel & Andary. C. (1998). Effects of Cinnamic acid on polyphenol production in *Plantago lanceolata*. Phytochem. 49: 697-702.

Geren, H., (2001). Bornova Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Farklı Mısır Çeşitlerinde Ekim Zamanlarının Silaj Özelliklerine Etkisi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2001, 38(2-3):47-54.

Huisden, C.M., Adesogan, A.T., Kim, S.C. & Ososanya, T., (2009). Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. J. Dairy Sci. 92:690–697.

Kara, K., (2016). Permakültür Yem Bitkisi olarak Sınırotu (*Plantago*); Türkiye klinikleri hayvan besleme ve beslenme hastalıkları özel dergisi cilt:2, Sayı:1; 71-75.

Ke, W.C., Yang, F.Y., Undersander, D. J. & Guo, X.S., (2015). Fermentation characteristics, aerobic stability, proteolysis and lipid composition of alfalfa silage ensiled with apple or grape pomace Animal Feed Science and Technology 202 (2015) 12–19.

Kleinschmit, D.H., Schmit, R.J. & Kung, Jr., 2005. The Effects of Various Antifungal Additives on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. J. Dairy Sci. 88:2130–2139.

Leung, A.Y. & Foster. S., (1996). Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs, and Cosmetics. 2nd ed. New York, John Wiley & Sons.

Machin, D., (2011). The potential use of tropical silage for livestock production with special reference to smallholders.FAO Electronic conference on tropical silage. <http://jajo66.files.wordpress.com/2008/09/tropical-silage.pdf> (Erişim: 26.07.2011)

Polan C. E., Stive D. E. & Garrett J. L., (1998). Protein Preservation and Ruminal Degradation of Ensiled Forage Treated with Heat, Formic Acid, Ammonia, or Microbial Inoculant. Journal of Dairy Science, 81, 765-776.

SPSS, 2007.. SPSS for Windows Release 16.01. SPSS Incorporation. 2007.

Tenkerian C.A., (2011). Anticancer and antioxidant effects of *Tragopogon porrifolius* extract, Master Thesis, Lebanon, 2011.

Van Soest, P. J., (1982). Analytical systems for evaluation of feeds. In: P. J. Van Soest (Editor), Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press. Chapter 6, pp. 75-94. Ithaca, NY.



## KÖMÜR VE DOĞALGAZ YAKITLI TERMİK SANTRALLERİN RETSCREEN PROGRAMI İLE ÇEVRESEL VE EKONOMİK KIYASLAMALARI

Tuğba Güler Günaydin Tañç<sup>1</sup>, Hüseyin Turan Arat<sup>2</sup>, Bahattin Tañç<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Hatay, Türkiye

tuğbaglrgunaydin@gmail.com, bahattin.tanc@iste.edu.tr

<sup>2</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, Hatay, Türkiye

hturan.arat@iste.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Dünyanın ve ülkemizin enerji ihtiyacı her geçen yıl artan bir ivmeyle büyümektedir. Bunun doğrultusunda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimler artsa da hali hazırda kurulum planlamaları olan fosil kaynaklı güç santralleri de bulunmaktadır. Her ne kadar çevresel etkileri ve yatırım maliyetleri konusunda alternatif enerji kaynakları daha avantajlı olarak görülse de fosil kaynakların tamamen terk edilmesi önümüzdeki on sene içerisinde zor görünmektedir. Bu nedenle bu çalışmada İskenderun bölgesinde kurulması düşünülen kömür yakıtlı ve doğal gaz yakıtlı iki termik santral ekonomik ve çevresel olarak RETScreen programı ile analiz edilmiş ve gerekli karşılaştırılmaları tablolar yardımıyla verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kömür, Doğal gaz, termik santral, çevre etkileri.

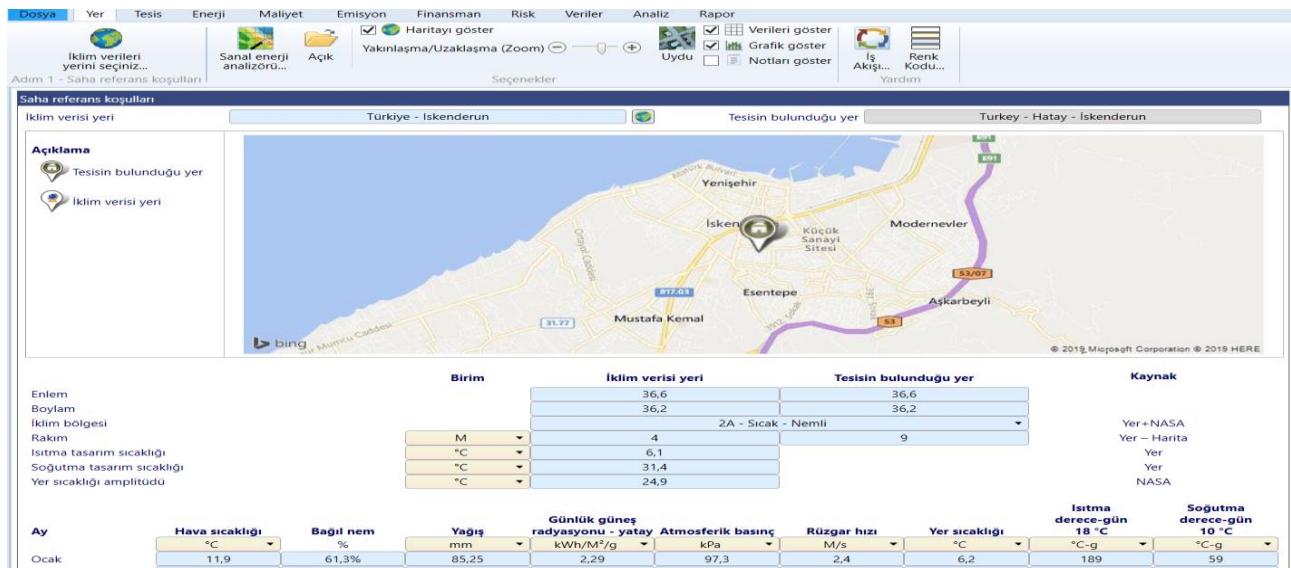
### 1. Giriş

Dünya enerji arzı ile talep arasındaki ilişkiye bakıldığında, artan enerji ihtiyacındaki büyük etki ile enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır [4]. Ülkeler, her ne kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapsalar da insanlığın enerji ihtiyacı da düzenli olarak artış gösterdiğinden dolayı hala karbon bazlı yakıt kullanan enerji kaynaklarına ihtiyaçları devam etmektedir. Ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynakları yanında, kömür ve doğalgaz yakıtlı termik santraller faaliyete alınmaya devam edilmektedir. Enerji ihtiyacımızın düzenli artması ülkemizi fosil yakıtlı enerji kaynaklarının kullanması gerekliliğini arttırdığı bu konjunktürde, bu çalışmanın amacı kömür ve doğalgaz yakıtı kullanan termik santrallerin emisyon değerlerinin mümkün olduğunca kontrol altına alınması ve maliyetsel olarak incelenmesidir.

### 2. Materyal ve Metot

#### 2.1. RetScreen Programı

RETScreen, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve kojenerasyon projeleri fizibilite analizleri ve aynı zamanda süregelen enerji performans analizleri için Temiz Enerji Yönetim Yazılımı sistemidir [1].



Şekil 2: RetScreen Programı Şematik Gösterimi





RETScreen, profesyonellere ve karar vericilere, potansiyel temiz enerji projelerini teknik ve finansal açıdan hayata geçirilebilirliğini belirleme, değerlendirme ve optimize etme olanağı vermektedir. Karar vermeye yardımcı olan bilgi yönetim yazılım platformu aynı zamanda yöneticilere tesislerinin gerçek performansını kolaylıkla ölçme ve doğrulama olanağı sağlarken ek enerji tasarrufları/üretim fırsatları sunmaktadır [1].

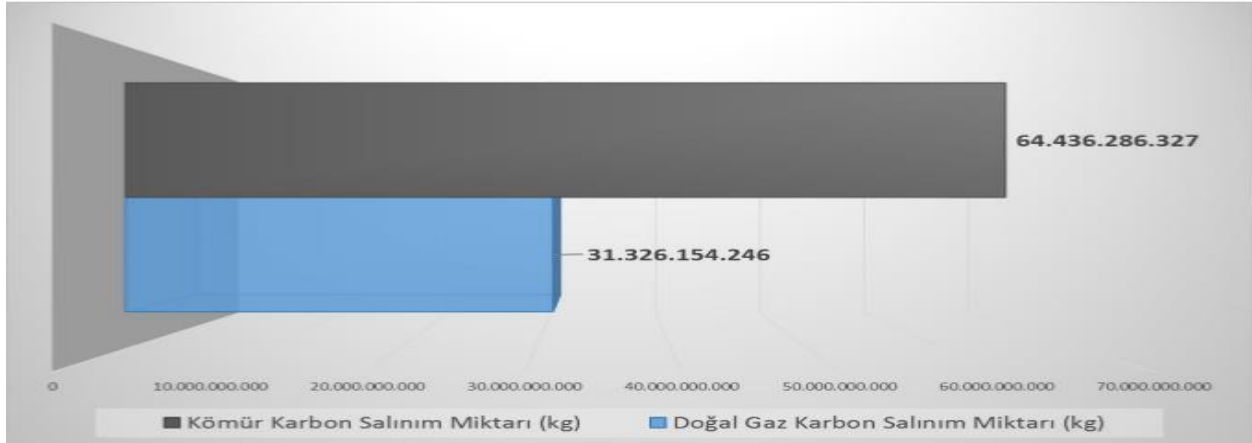


Şekil 2: RetScreen Programı Arayüzü

## 2.2. Yakıt Piyasası ve Sera Gazı Etkisi

Doğalgaz, Ekim 2019 ayı verileri doğrultusunda metreküp fiyatı 0.27 dolar olmuştur. Kömür ise yine Ekim 2019 verilerine göre 89 dolar/ton bariyerinde görünmektedir [2-3].

2019 yılı sanayi tüketim verilerine bakıldığında ise, 13,9 milyar standart m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimine sahip Türk sanayi sektörü, doğaya 31 milyar kg civarında karbon salınımı gerçekleştirmiştir. Eğer doğalgaz yerine, kömür kullanılsaydı karbon salınımı miktarı 64 milyar kg civarında olacaktı. Yani güncel karbon salınımı miktarının tam 2 katı karbon salınımı olacaktı [5].



Şekil 3: Türkiye Sera gazı emisyon değerleri

## 3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde İskenderun bölgesinde kurulması tasarlanan 500 MW gücünde 2 ayrı termik santral RetScreen programında simüle edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Hali hazırda İskenderun bölgesinde kurulu bulunan kömür yakıtlı termik santralden ise gerekli veriler temin edilecek ve ilerleyen çalışmalarda gerekli karşılaştırmalar ise yapılacaktır.



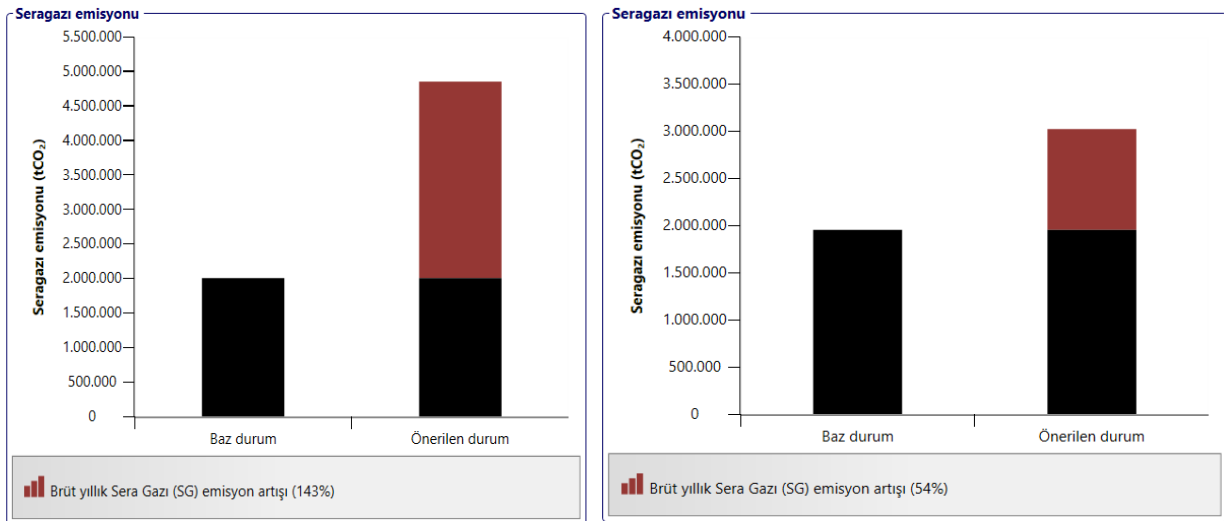
Tesis bilgisi	
Tesis türü	Güç tesisi
Tip	Gaz türbini
Açıklama	500.000 kW - Doğal gaz
Hazırlatan	Dr. Bahattin TANÇ
Hazırlayan	Tuğba Güler Günaydın TANÇ
Tesis adı	Doğalgaz Termik Santral
Adres	İskenderun
Şehir/Belediye	İskenderun
İl/Eyalet	Hatay
Ülke	Türkiye



Şekil 4: Retcreen Programı Arayüzü

Retcreen programı arayüzünde tanımlanan ve birçok örnek dosyaları ile karşılaştırma yapılarak, gerekli yakıt fiyatları, üretilen enerjinin satış fiyatları ve kullanılan türbin markalarına kadar gerekli optimizasyonlar yapılmış ve sisteme tanımlanmıştır. Gerekli veriler girildikten sonra yine Retcreen programının Google Earth programı vasıtasıyla İskenderun bölgesi iklimsel verileri otomatik olarak sisteme tanımlanmış ve her sene güncellenerek devam eden emisyon verileri ile sera gazı emisyon ölçüm verileri grafiksel olarak şekil 5.'de verilmiştir.

Şekil 5.'de görüldüğü üzere kömür yakıtlı termik santral, İskenderun bölgesindeki baz durumu 2m tCO<sub>2</sub> olan sera gazı değerini %143 seviyesinde arttırarak 5m tCO<sub>2</sub> seviyelerine çıkarmıştır. Doğalgaz yakıtlı termik santral ise yine baz durumu 2m tCO<sub>2</sub> olan sera gazı etkisini %54 oranında arttırarak 3m tCO<sub>2</sub> seviyesinin üstlerine taşımıştır.



Şekil 5: Sera Gazı Emisyonları

Termik santrallere maliyet açısından baktığımızda ise kömür yakıtlı termik santralin ön yatırım maliyeti 551.000 dolarken, doğalgaz yakıtlı termik santralin ön yatırım maliyeti ise 475.000 dolar tutarındadır. Yıllık maliyet tutarlarında ise kömür yakıtlı termik santral 152.000 dolar gidere sahip iken, gelir olarak ise 177.745 dolar gelir elde etmektedir. Böylelikle geri ödeme süresi 9.3 yıl olarak hesaplanmaktadır. Doğalgaz yakıtlı termik santral ise yıllık olarak 503.225 dolar gidere sahipken, gelir açısından ise 578.000 dolar gelir sağlamaktadır. Bu değerlere göre doğalgaz yakıtlı termik santralin geri ödeme süresi ise 4.5 yıl olarak hesaplanmaktadır İki termik santral arasındaki bu yıllık gider farkı, doğalgaz ve kömür yakıtları arasındaki fiyat farkından ortaya çıkmaktadır. Şekil 6.'da bu paragrafta anlatılan tüm veriler görsel olarak ele alınmıştır.



Maliyetler   Tasarruflar   Hasılat		
<b>İlk maliyetler</b>		
İlk maliyet	100%	\$ 551.102.589
<b>Toplam ilk maliyetler</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 551.102.589</b>
<b>Yıllık nakit akışı - Yıl 1</b>		
<b>Yıllık maliyetler ve borç ödemeleri</b>		
İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları)	\$	13.777.565
Yakıt maliyeti - önerilen durum	\$	104.578.476
Borç ödemeleri - 20 yıl	\$	33.633.345
<b>Toplam yıllık maliyetler</b>	<b>\$</b>	<b>151.989.385</b>
<b>Yıllık tasarruflar ve gelir</b>		
Elektrik ihraç geliri	\$	177.745.615
SG azaltım geliri	\$	0
Diğer gelir (maliyet)	\$	0
TE üretim geliri	\$	0
<b>Toplam yıllık tasarruflar ve gelir</b>	<b>\$</b>	<b>177.745.615</b>
<b>Net yıllık nakit akışı - Yıl 1</b>	<b>\$</b>	<b>25.756.230</b>

Maliyetler   Tasarruflar   Hasılat		
<b>İlk maliyetler</b>		
İlk maliyet	100%	\$ 475.000.000
<b>Toplam ilk maliyetler</b>	<b>100%</b>	<b>\$ 475.000.000</b>
<b>Yıllık nakit akışı - Yıl 1</b>		
<b>Yıllık maliyetler ve borç ödemeleri</b>		
Yakıt maliyeti - önerilen durum	\$	453.340.303
İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları)	\$	18.500.000
Borç ödemeleri - 20 yıl	\$	31.385.648
<b>Toplam yıllık maliyetler</b>	<b>\$</b>	<b>503.225.951</b>
<b>Yıllık tasarruflar ve gelir</b>		
Elektrik ihraç geliri	\$	578.160.000
SG azaltım geliri	\$	0
Diğer gelir (maliyet)	\$	0
TE üretim geliri	\$	0
<b>Toplam yıllık tasarruflar ve gelir</b>	<b>\$</b>	<b>578.160.000</b>
<b>Net yıllık nakit akışı - Yıl 1</b>	<b>\$</b>	<b>74.934.049</b>

Finansal sürdürülebilirlik		
Vergi öncesi İGO - özsermaye	%	20,5%
Vergi öncesi İGO - varlıklar	%	7,2%
Basit geri ödeme	yıl	9,3
Özsermaye geri ödeme	yıl	5,5

Finansal sürdürülebilirlik		
Vergi öncesi İGO - özsermaye	%	65%
Vergi öncesi DDGO - özsermaye	%	17,7%
Vergi öncesi İGO - varlıklar	%	23,2%
Vergi öncesi DDGO - varlıklar	%	10,8%
Basit geri ödeme	yıl	4,5
Özsermaye geri ödeme	yıl	1,7

a) Kömür

b) Doğal gaz

Şekil 6: a) Kömür b) Doğal gaz Maliyet Analizleri

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada İskenderun bölgesinde tasarlanan 2 farklı yakıt kullanan termik santraller RetScreen programında simule edilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Kömür yakıtlı Termik santralin sera gazı salınımı %143'lük bir arttırıma giderken, Doğal gaz kaynaklı termik santral ise sadece %54'lük bir sera gazı arttırımı yapmıştır.
- Kömür yakıtlı ve Doğal gaz yakıtlı termik santrallerin ön maliyetleri birbirlerine yakın görünse de, yıllık elde edilen gelirlere baktığımızda, doğal gaz yakıtlı termik santral kömür yakıtlı termik santrale göre 3 kat gelir elde etmektedir.
- Geri ödeme sürelerine baktığımız da ise kömür yakıtlı termik santral 9,3 sene olarak hesaplanırken, Doğal gaz yakıtlı termik santral ise neredeyse yarısı kadar kısa sürede 4.5 sene de kendini geri ödeyebilmektedir.
- Sonuç olarak aynı güce sahip 2 termik santral arasında, Doğal gaz yakıtlı Termik santral hem emisyonlar hem de maliyetler olarak kömür yakıtlı santralden daha avantajlıdır.

#### 5. Kaynakça

[1] <https://www.nrcan.gc.ca/energy/retscreen/7465>

[2] 2019 Temmuz ayı itibari ile elektrik ve doğalgaz fiyatları, tarife uygulamaları, maliyetleri arttıran etkenler ve yapılması gerekenler üzerine Oda Raporu, 2019.

[3] 2018 Taş kömürü Sektör Raporu, 2018.

[4] Tañç, B., Arat, H. T., Baltacıoğlu, E., & Aydın, K. (2019). Overview of the next quarter century vision of hydrogen fuel cell electric vehicles. International Journal of Hydrogen Energy, 44(20), 10120-10128.

[5] Karbon Emisyonu, Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Derneği, 2016.



# YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ İÇERİSİNDEKİ YAĞIŞ SULARININ YÖNETİMİ VE RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Can Hañcer, İlter Türkddoğan

Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

canhancer@hotmail.com, ilter@yildiz.edu.tr

\*Sorumlu Yazar

## Özet

Bu çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi içerisine düşen yağış sularının yönetimi ve sürdürülebilir bir kampüsün oluşturulması tasarlanmıştır. Bu kapsamda, kampüs içerisindeki mevcut yağmursuyu sistemlerinin (Drenaj Hatları, Sarnıçlar, Depolar) incelenmesi, yağış sularının hızla drenajını sağlamak için yeni sistemlerin planlanması ve bekletme depolarının mevcut sisteme entegre edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede, yağış sularının geri kullanımı ile sulama suyu ihtiyacının bir kısmının giderilmesi ve fazla yağışların vereceği zararın bekletme depoları ile kabul edilebilir seviyelere indirilebileceğinin gösterilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağmursuyu hasadı, Çevre Yönetim, Risk Değerlendirmesi

## 1. Giriş

Geçmişten günümüze, şehirleşmenin başladığı ilk günlerden itibaren, yağış sularının yönetimi, kullanımı toplumları meşgul eden bir konu olmuştur. Toplulukların suya olan ihtiyacı, onları akarsulara yakın yerlere yerleşmeye zorlamış ve suyun yönetimini yani suyun yerleşim alanlarından drenajını veya geri kullanım için depolanmasını zaruri hale getirmiştir. Bu yönetime ve suyun kullanımına en güzel örneklerden bir tanesi de Dünya üzerinde her yerleşim alanında görülebilen sarnıçlar olmaktadır. Zamanla gerek nüfusun hızlı artması gerekse şehirlerin hızla genişlemesi, yağış sularının hızla drene edilmesini ilk sıraya yerleştirmiş ve bu depolama yapılarını gereksiz hale getirmiştir. Sarnıçlar, günümüzde çoğunlukla birer tarihi eser olarak varlığını sürdürmektedir. Ancak, bu ve buna benzer yapıların kullanım amacı halen varlığını sürdürmekte ve hatta günümüz şehirlerinde taşkın önlenmesi veya etkisinin azaltılması gibi fonksiyonları da barındırmaktadır.

Günümüzde, tüm Dünya’da yağış şiddetlerindeki artış ve betonlaşmanın hızlanması ile bunların bir sonucu olarak yağış sularının oluşturduğu sıkıntılar gözle görülür durumdadır. Özellikle büyük şehirlerde yağmur sularının yönetimi dikkatle ele alınması gereken bir konu haline gelmiştir. Her yerleşim alanında, geçmişten günümüze kadar yapılan yağmursuyu drenaj sistemleri olsa da, değişen iklim koşulları ve devamında artan yağış şiddetleri bu sistemleri yetersiz hale getirmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, yağış suyunun hızlı bir şekilde drenajına ek olarak tekrar kullanımı da hedef haline getirmiştir. Bu sebepten, drenaj sistemine ek olarak hem depolama amacı hem de taşkın anında gelen fazla suyun bekletilmesi amacı ile bekletme depoları sistemlere entegre edilmiştir.

## 2. Metodoloji

Kampüs içerisindeki yağmursuyu sisteminin net olarak anlaşılması, tüm yağmursuyu sistemlerinin dizaynlarında olduğu gibi yağış havzalarının belirlenmesi ile mümkün olmaktadır. Havzayı oluşturan arazinin yapısı ve arazi yüzeyi, yüzey akışına dönüşen yağışın miktarını belirlemektedir. Bu tanımlama (akışa dönüşen yağış) tüm yağış modellerinin temelini oluşturmaktadır. Bu ve benzeri tüm çalışmalar, ölçülen yağış şiddetlerinin (çoğunlukla mm/dk) hangi miktarlarda yüzeyel akışa geçtiğinin tahmininde bulunmak veya mevcut yağmursuyu debi ölçümleri ile tasarımlarını devam ettirmek mecburiyetindedirler. Yağış akış modelleri, genellikle arazinin yapısına ve zemin özelliklerinin bir fonksiyonu olmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde ve tüm Dünya’da sıklıkla kullanılan rasyonel metot [1] değerlendirilmiştir. Basitçe rasyonel metot denklem 1’de gösterilmiştir.

$$Q = \alpha * C * i_{ort} * A \quad (1)$$

Burada;

Q,	Akışa Geçen Yağış Debisi (lt/sn)
C,	Akış Katsayısı
$i_{ort}$ ,	Yağış Şiddeti (lt/sn.ha)
A,	Havzanın Büyüklüğü (ha)
$\alpha$ ,	Kullanılan birimlere göre değişen bir katsayı olmaktadır.

Rasyonel metot kullanılmak üzere havzalar oluşturulmuş ve yağış şiddetleri (Tablo 1) Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir [2]. Ek olarak, yeni hatların tasarımında *İstanbul Su Ve Kanal İdaresi Yağmursuyu Projelendirme Şartnamesinde* bulunan 3 yıl tekerrürlü yağış şiddeti [3] projede kullanılmıştır.



**Tablo 1: Yağış şiddetleri**

	2 Yıl	5 Yıl	10 Yıl	25 Yıl	50 Yıl	100 Yıl
<b>Süreler</b>	<b>lt/sn.ha</b>					
<b>5 Dakika</b>	<b>203.68</b>	<b>296.36</b>	<b>353.36</b>	<b>420.03</b>	<b>466.37</b>	<b>509.37</b>
<b>10 Dakika</b>	<b>143.18</b>	<b>215.18</b>	<b>262.69</b>	<b>321.69</b>	<b>364.86</b>	<b>406.87</b>
<b>15 Dakika</b>	<b>116.23</b>	<b>174.13</b>	<b>211.79</b>	<b>258.24</b>	<b>291.69</b>	<b>324.14</b>
<b>30 Dakika</b>	<b>77.12</b>	<b>116.18</b>	<b>142.96</b>	<b>177.51</b>	<b>203.57</b>	<b>229.80</b>
<b>60 Dakika</b>	<b>47.86</b>	<b>70.17</b>	<b>85.59</b>	<b>105.62</b>	<b>120.90</b>	<b>136.43</b>

Yağış debilerinin ortaya çıkartılmasının ardından, mevcut hatların tahkiki ve yeni hatların tasarımı için borulardaki akış modellenmiştir. Bu aşamada, Darcy-Weisbach (Denklem 1) ve Colebrook-White (Denklem 2) denklemleri birlikte kullanılmıştır. Sıklıkla kullanılan bu modeller alt kısımda kısaca anlatılmıştır. Mevcut hatların tahkikinde ve yeni hatların tasarımında Colebrook-White pürüzlülük katsayısı 1.5 alınmıştır. Mevcut hatlar için bu değer hatların yeni yapılmasından kaynaklı 1.5 kabul edilmiştir.

Darcy-Weisbach

$$V = \sqrt{8 * g * R * J \div f} \quad (2)$$

Burada;

- v, Akım hızı (m/sn)  
f, Sürtünme katsayısı (Colebrook-White bağıntısı ile bulunabilir)  
g, Yerçekimi ivmesi (m<sup>2</sup>/sn)  
R, Hidrolik yarıçap (m)  
J Hidrolik eğim olmaktadır.

Colebrook-White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left[ \frac{k}{12 * R} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right] \quad (3)$$

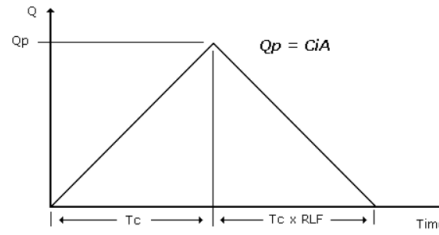
Burada;

- k, Pürüzlülük katsayısı (m)  
R, Hidrolik yarıçap (m)  
Re Reynolds sayısı olmaktadır.

Son olarak, mevcut yağmursuyu sisteminin problemleri kısmında kullanılmak üzere yağmursuyu geciktirme-depolama sistemi tasarlanmıştır. Depo, rasyonel metot kullanılarak oluşturulan hidrograflar yardımıyla tasarlanmıştır. Rasyonel metot ile oluşturulan bu hidrograflar oldukça basit olmakta ve birçok varsayım içermektedir. Ancak tüm bunlara rağmen yaklaşık bir değer temin edilebilmekte ve ayrıca sonuçlar belirli bir güvenli katsayısı ile çarpılarak daha da güvenli hale getirilebilmektedir. Rasyonel metot basitçe, sadece 2 sabit zaman ait değeri vermektedir. Bunlar, 0. dakika ve T<sub>c</sub> (Konsantrasyon Süresi) anındaki debi değerleri olmaktadır. Anlaşıldığı üzere 0. dakikada debi 0 olmakta, T<sub>c</sub> süresinde ise en yüksek değerine ulaşmaktadır. Elde edilen veriler girildiğinde ise Şekil 5'teki gibi bir grafik elde edilmektedir.







Şekil 5: Rasyonel metot hidrografi

### 3. Yağmursuyu Sisteminin Tasarımı

Kampüs içerisine düşen yağışların bütünsel çözümü için yağış havzaları oluşturulmuş ve mevcut hatların kapasite durumları incelenmiştir. Yapılan tahkikler sonucu hatların yeterlilikleri ortaya çıkmış, eksik görülen noktalara yeni hatlar tasarlanmış ve mevcut hattaki problemleri bölge için yağmursuyu deposu tasarlanmıştır. Çalışmalar bir sonraki bölümde anlatılmaktadır.

#### 3.1. Yağış Havzaları

Kampüsün tamamının yerleşimi tepeye konumlandığından, yağış havzaları Şekil 6Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.'deki gibi dört ana parçaya ayrılmıştır. Havzalardan; pembe renkli olan 17.33 hektar alanı, sarı renkli olan 8.73 hektar alanı, turuncu renkli olan 20.27 hektar alanı ve mavi renkli olan en büyük havza olmakla beraber 48.38 hektar alanı ifade etmektedir.

#### 3.2. Mevcut Yağmursuyu Sistemi

Kampüs içerisindeki atık su ve yağmursuyu ayrı ayrı toplanmaktadır. Mevcut yağmursuyu verileri İstanbul Su ve Kanal İdaresi (İSKİ) ve Yıldız Teknik Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından yapılan ölçümlerin derlenmesiyle oluşturulmuştur. Şekil 63'te gösterilen mavi hatlar mevcut yağmursuyu borularını ifade etmektedir. Kampüsteki 3 ana yağmursuyu havzasının toplanması için 4 ayrı yağmursuyu sistemi bulunmaktadır ve faal durumdadır. Bu sistemlerin biri, Orgeneral Eşref Bitlis Caddesi üzerinde yer alan toplayıcı hatta deşarj olmaktadır. Diğer üç sistem ise Yıldız Caddesi üzerindeki toplayıcı hatta deşarj olmaktadır. Bu deşarj hatlarından ilki kampüsün arka çıkışında olup, Ø800 mm çapındadır. Geri kalan deşarj noktaları Fen Edebiyat Fakültesinin alt kotunda, Kongre ve Kültür Merkezinin arkasında ve İnşaat Fakültesinin arkasında bulunmaktadır ve çapları Ø1000 mm'dir.



Şekil 6: Havzaların dağılımı



Şekil 7: Mevcut yağmursuyu

#### 3.3. Mevcut Yağmursuyu Sisteminin Değerlendirilmesi

Mevcut hatlar, 2 yıllık, 3 yıllık, 5 yıllık, 10 yıllık ve 25 yıllık yağış şiddet verileri kullanılarak incelenmiştir. Mevcut hatların, kampüs içerisindeki 4 ana havzanın 3 tanesinin drenajını sağladığı (pembe havza hariç) ortaya çıkartılmıştır. Diğer 3 havzada bulunan hatların, 3 yıllık yağış şiddeti (projelendirme kriteri) dikkate alındığında birkaç sorunlu hat dışında oldukça verimli çalıştığı görülmüştür. Alt kısımda verilen şekillerde kırmızı hatlar %90 ve üzeri doluluğu, mavi hatlar ise %90 altındaki doluluk oranları ifade etmektedir.





Şekil 8: 2 yıllık yağış şiddeti için tahkik Şekil 9: 3 yıllık yağış şiddeti için tahkik



Şekil 10: 5 yıllık yağış şiddeti için tahkik Şekil 11: 10 yıllık yağış şiddeti için tahkik Şekil 12: 25 yıllık yağış şiddeti için tahkik

Analiz sonuçlarından 2 yıl tekerrürlü yağışlar için doluluk oranı tahkiki yapıldığında mevcut hatlar, sorunsuz ve verimli çalışırken tekerrür aralığı arttıkça hatların yetersiz kaldığı görülmüştür. Bunun en büyük sebebi, hatların bu tekerrür aralığı için tasarlanmamış olmasıdır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda hatların çoğunlukla yeterli durumda olduğu görülmüş olup, bazı bölgelerde problemlerin olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut hatların, çalışma kapsamındaki tüm havzaları kapsamadığı ve yer yer yağışın yüzeysel akışa geçtiği tespit edilmiştir. Bahsi geçen yetersizlikleri gidermek için, tüm havzayı içerecek şekilde yeni hatların eklenmesi ve problemlili bölge için yağmursuyu deposunun kullanımı önerilmektedir.

### 3.4. Yeni Sistemlerin Eklenmesi

Mevcut yağmursuyu sisteminin incelenmesiyle yetersiz olan yerler İSKİ [1] projelendirme esaslarına uygun şekilde projelendirilmiştir. Sistem bir bütün olarak düşünülüp, yeni hatların eski hatlara etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 13'da görülen mavi hatlar mevcut hatları gösterirken, kırmızı ve turuncu hatlar ise yeni eklenen hatları göstermektedir. Tasarlanan yeni hatlarla kampüs içerisindeki yağışın drenajı hızla gerçekleşebilecektir. Ayrıca 3 yıllık yağış şiddetleri için yüzeysel akışa geçen suyun hatlara geçişi de sağlanmaktadır.

### 3.5. Problemlili Bölge ve Çözüm Alternatifleri

Şekil 13 ve Şekil 1310'da gösterilen bölge okulun ana giriş kapısının hemen yukarısında bulunmaktadır. Bu nokta, yaklaşık 50 hektarlık bir havzaya düşen suların toplandığı bölge hem de ana toplayıcı hattın geçtiği güzergah olması sebebi ile oldukça önemli durumdadır. Bu noktada için yapılan hidrolik hesaplarda görülmüştür ki, Şekil 10' da daha yakından da görülebilen mevcut Ø1000 mm çaplı hat şiddetli yağışlar için yetersiz durumdadır. Alan daha da dikkatle incelendiğinde görülecektir ki, bu hattın bulunduğu lokasyon önem arz etmektedir. Bu noktaya gelen tüm yağışlar, mevcut hattaki yetersizlik nedeniyle taşarak tekrar yüzeysel akışa geçmekte ve ana girişe giden yolda ciddi miktarda yüzeysel akışa sebep olmaktadır. Bu yetersizlik, mevcut hattın ömrünü de oldukça kısaltmakta ve daha büyük sorunlara neden olmaktadır.

Hattın maksimum kapasitesi 2434.06 lt/sn olmakla beraber, o bölgeye gelen 2 yıllık yağış debisi dahil tüm yağış debileri hattın kapasitesinden fazla olmaktadır (

Tablo 3). Çözüm olarak; hattın yenilenmesi, mevcut hatta paralel ek bir hattın eklenmesi ve yağmursuyu deposunun sisteme entegre edilmesi düşünülmüştür. Bunlar göz önünde bulundurulduğunda; yağmursuyu deposunun entegre edilmesi seçeneği hem kapasite aşımını hem yüksek tekerrürlü yağışlarda taşkınları önleyecek hem de kampüsün sulama suyu ihtiyacını giderecektir. Şekil 1310'da gösterilen hatta gelen yağış debileri ve hattın kapasite bilgileri alt kısımda verilmiştir.





Şekil 13: Eklenen yeni sistemler



Şekil 14: Problemlili noktanın gösterimi

Tablo 2: Mevcut hatta ait hidrolik veriler

Proje	Değerler	Birimler
Toplam Alan	30.36	ha
Ortalama Akış Katsayısı	0.69	-
Net Alan	21.06	ha
Toplanma Süresi	9.08	dk
Boru Kapasitesi	2434.06	lt/sn

Tablo 3: Hattta gelen yağış debileri

Tekerrür Aralığı	Yağış Şiddeti (10. Dk)	Bölgeye Gelen Yağış Debisi	Mevcut Hattın Kapasitesi	Yüzeysel Geçen Miktarı	Akış Debi
	lt/sn.ha	lt/sn	lt/sn	lt/sn	
2 Yıl	143.18	3015.42	2434.06	581.36	
3 Yıl	187.12	3940.86	2434.06	1506.80	
5 Yıl	215.18	4531.90	2434.06	2097.84	
10 Yıl	262.69	5532.36	2434.06	3098.30	
25 Yıl	321.69	6775.03	2434.06	4340.97	
50 Yıl	364.86	7684.22	2434.06	5250.16	
100 Yıl	406.87	8568.84	2434.06	6134.78	

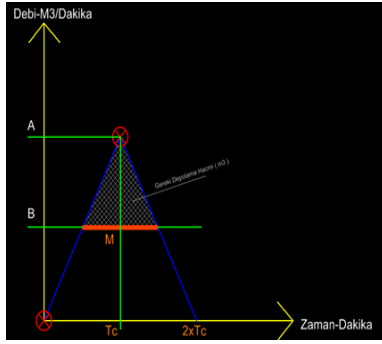
### 3.6. Yağmursuyu Deposunun Tasarımı

Yağmursuyu deposunun tasarımında rasyonel metot ile oluşturulan hidrograflar (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**) kullanılmıştır. Rasyonel metot, dikkatli kullanıldığı takdirde oldukça doğru sonuçlar verebilmektedir. Bu çalışmada, oldukça kullanışlı ve rahat kullanımı nedeniyle rasyonel metot kullanılmıştır. Rasyonel metot, seçilen bir noktaya gelen pik debinin ortaya çıkartılmasına olanak sağlamaktadır. Bu doğrultuda,  $T_c$  (konsantrasyon süresi) süresinin doğru hesaplanması ve o andaki yağış şiddetinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Deponun tasarımında kullanılan hidrolik hesaplamalar (yağış havzasının büyüklüğü, akış süresi), problemlili nokta baz alınarak hesaplanmıştır. Bu noktaya ait havzanın genişliği yaklaşık 30 hektar olurken, konsantrasyon süresi 9.08 dakika olmaktadır. Veriler

Tablo 3'te görülmektedir. Hesaplanan debi ve süreler ile ortaya çıkan hidrograf Şekil 11' de verilmiştir. Bilinen 2 noktaya (0. Dakika ve  $T_c$  süresindeki pik debi) göre oluşturulan bu hidrograf üçgen şeklinde olmaktadır. Söz konusu şekilde görülen kırmızı çizgi ise mevcut hatta ait kapasiteyi belirtmektedir.







Şekil 15: Rasyonel metod hidrografı



Şekil 16: Sulama deposunun yerleşimi

Şekil 15’de görülen B noktası hattın maksimum kapasitesini göstermekte olup, A noktası pik yağış debisini göstermektedir. Bu durumda, A ile B noktaları arasında kalan taralı bölge yüzeysel akışa geçen suyun hacmini ifade etmektedir. 2,3,5,10,25,50 ve 100 yıllık yağış debileri kullanılarak depo hacmi hesaplanırken, güvenli tarafa kalmak için bulunan değerlerin 1.25 katı alınmıştır. Elde edilen verilere göre, 10 yıl tekerrürlü yağışlarında sistemde tutulması amacı ile depo hacmi **1500 m<sup>3</sup>** seçilmiştir. Hesaplamalar ve sonuçları Tablo 4’te verilmektedir.

Tablo 4: Gerekli depolama hacimleri

Tekerrür Aralığı	Hesaplanan Hacim, m <sup>3</sup>	Kontrollü Hacim (1.25 Fazlası)
2 Yıl	61.06	91.59
3 Yıl	313.88	470.81
5 Yıl	529.06	793.58
10 Yıl	945.31	<b>1417.96</b>
25 Yıl	1515.31	2272.96
50 Yıl	1954.26	2931.39
100 Yıl	2392.84	3589.25

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi içerisindeki yağış sularının yönetimi ana hedef olmuştur. Bu doğrultuda, sürdürülebilir bir kampüs oluşturma çabası her daim projeye yol göstermiştir. Yapılan çalışmalar, kampüs içerisindeki hatların ne denli yeterli olduğunu, sistemin farklı tekerrürlü yağışlardaki durumunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan incelemeler sonucu elde edilen veriler değerlendirilmiş ve gerekli noktalara yeni hatlar planlanmıştır. Sisteme entegre edilen bu hatlar ile yağış sularının idaresinin kolaylaştırılması amaçlanmıştır. İncelemeler sonucu, yağmursuyu sistemin ana toplayıcı hatlarının, kampüs ana girişi tarafındaki kısmında, planlanan yeni sistemlere rağmen kapasitesinin yetersiz olacağı ön görülmüştür. Bölgenin, yüksek yağış miktarı potansiyeli ve oldukça kritik konumu nedeniyle çözümünün oldukça önem arz ettiği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda hem problemin çözümünü sağlayan hem de sürdürülebilir bir kampüs oluşturulması hedefine katkı sağlayacak olan yağmursuyu deposu tasarımı bu projenin konusu olmuştur.

Sorunlu bölgenin lokasyonu ne kadar sıkıntılı olsa da deponun yerleşimi için çok faydalı durumdadır. Depoya girecek ve çıkacak hatların cazibeli olarak sistemden çıkışının sağlanabilmesi deponun işletme maliyetlerini büyük oranda düşürmektedir. Deponun sisteme entegrasyonu çok sağlıklı şekilde olmaktadır. Tasarlanan deponun oldukça faydalı olacağı ve daha büyük projelerde buna benzer sistemlerin tasarımına yol göstereceği düşünülmektedir. Yıldız Teknik Üniversitesi için tasarlanan yağmursuyu deposunun;

- Mevcut problemli hattın kapasite probleminin çözülmesi ve hattın kullanım ömrünün arttırılması
- Düşük tekerrürlü yağışlarda meydana gelebilecek risklerin minimuma indirilmesi
- Yüksek tekerrürlü yağışlarda meydana gelebilecek risklerin minimuma indirilmesi
- Sürdürülebilir kampüs imajına katkı sağlaması
- Yağış sularının sulama suyu gibi ikincil kullanımlar için hazır tutulması gibi faydalarının olacağı düşünülmektedir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Türkdoğan İ., Yetilmezsoy K., *Su Getirme ve Kanalizasyon Uygulamaları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2015.  
[2] Meteoroloji Genel Müdürlüğü



[3] İSKİ Yağmursuyu Kanalizasyonu Proje Teknik Şartnamesi





## KÜRESEL ISINMA KAYNAKLI SU KALİTESİNDEKİ BOZULMALAR VE BALIK ÜRETİMİNE OLASI ETKİLERİ: ALMUS BARAJ GÖLÜ ÖRNEĞİ

Fatih Polat<sup>1</sup>, Celal Altıntaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Laboratuvar Teknolojisi Programı, Tokat, Türkiye

fatih.polat@gop.edu.tr

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Güvenlik Programı, Tokat, Türkiye

celal.altintas@gop.edu.tr

### Özet

Küresel ısınma sera gazlarının özellikle de CO<sub>2</sub>'in güneşten gelen kızılötesi ışınlarını absorbe etmesi sonucu yeryüzünün olması gerekenden daha fazla ısınması olarak tanımlanır. Artan teknolojik gelişmeler ve nüfus yoğunluğuna paralel olarak küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliklerinde de farklılaşmalar yaşanmaya başlamıştır. İklim değişimleri dünyanın bir çok bölgesini etkilediği gibi ülkemizi de etkilemeye başlamıştır. DMİ verilerine göre ülkemizdeki yıllık ortalama sıcaklık değişimi son 30 yılda 12,7 °C'den 14,0 °C'ye yükselmiştir. Bu artış son 9 yılda (2009-2018) yılları arasında 0,5 °C olmuştur. Sıcaklık canlı ve cansız ortamda gerçekleşen kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyen temel parametredir. Su ortamında sıcaklık artışına paralel olarak birçok kimyasal maddenin su canlılarına etki etme mekanizması değişmektedir. Aynı zaman da sıcaklık artışına karşı sudaki çözünmüş oksijen azalmakta bu azalışta oksijenli solunum yapan su canlılarının olumsuz etkiler yapmaktadır. Sıcak sularda bakteriler daha fazla çoğalmakta bu durum balık başta olmak üzere birçok su canlısının hastalanması ve ölümüyle sonuçlanmaktadır. Dolayısı ile küresel ısınmaya bağlı su kalitesindeki bozulmalar ekolojik kayıpların yanında balık üretimine bağlı ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Bu çalışmada bu ekonomik kayıplara örnek teşkil etmesi açısından 2009 yılı yıllık ortalama su sıcaklık değeri ile 2019 yılı yıllık ortalama su sıcaklık değerleri karşılaştırılarak, Almus Baraj Gölü'ndeki ağ kafes sistemlerinde ki alabalık üretiminin nasıl etkilendiği araştırılmıştır. 2009 yılında Almus Baraj Gölünün yüzey suyu yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,30 °C, yaz dönemi maksimum sıcaklık değeri Haziran-Eylül 22,14 °C olmuştur (Polat,2009). Buna rağmen Almus Baraj Gölü'nde bir ağ kafes sisteminde 40 g'lık yavrularda 3'er aylık dönemlerde 2 kez hasat yapılabilmektedir. 2019 yılında ise yüzeysel su sıcaklığı ortalama değeri 14,70°C, Haziran-Eylül 25 °C olmuş ve hasat sayısı 1'e düşmüştür. Temmuz-Ağustos ayında stoklanan balıklarda büyük oranlarda ölümlere rastlanılmıştır. Normal şartlarda 90 gün için 20 m<sup>3</sup> lük kapasiteli ağ kafese 500-1800 adet 50 g'lık yavru balık stoklanarak 250g porsiyon miktarına ulaştırılabilir (MEB, 2015). Almus Baraj Gölü üzerindeki kafes balıkçılığı üretim kapasitesi 5.383 ton iken 2018 yılı için üretim miktarı 4.636 ton olarak gerçekleşmiştir. Buradan hareketle mevcut şartlarda, yılda toplamda iki kez hasat yapıldığı takdirde, 9.272 ton üretim gerçekleştirilebileceği anlaşılmaktadır. 1 kg alabalığın 18 TL ortama fiyattan satıldığı (Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü) düşünülürse, küresel ısınmadan dolayı hasat azalışı nedeniyle uğranılan ekonomik kayıp; 83.448.000,00 TL olarak gerçekleşmiştir. Sonuçta küresel ısınmanın su sıcaklığını ve kalitesini değiştirmeye başladığı, teknolojik imkânların gelişmesine rağmen sıcaklık değişimine bağlı balık hastalıklarının arttığı ve bu durumun ekonomik kayıplara yol açmaya başladığı düşünülmektedir.

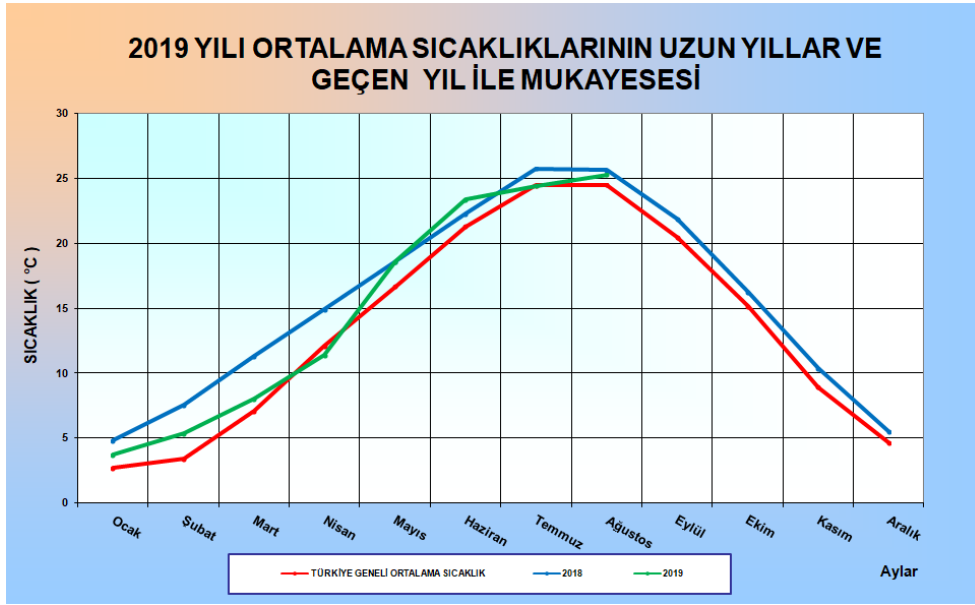
**Anahtar Kelimeler:** Küresel Isınma, Su Kalitesi, Alabalık, Ekonomik Kayıp

### 1. Giriş

Günümüzde ülkeleri gelişen ve gelişmekte olan ülkeler diye 2 ana kategoriye ayırdığımızda, gelişen ülkelerin çevreye verdikleri zararların, gelişmekte olan ülkelere göre çok daha yüksek olduğunu görürüz. Teknolojik ilerleme arttıkça buna bağlı olarak çevreye kontrollü veya kontrolsüz bırakılan atık miktarları da hızla artmaktadır. Bu atıklar bırakıldıkları çevre elamanlarına göre farklı kategorilerdeki kirlilik sınıflarını oluşturmaktadır. Teknolojiye dayalı kirlilikten birincil derecede zarar gören çevre elemanı havadır. Hava kirliliğinin sonuçları ise küresel ölçekte olmaktadır. Çünkü dünyanın bir bölgesinin yoğun bir kirliliğe maruz kalması neticesinde o bölgenin iklimlerinde farklılaşma gözlemlenmektedir. İklim farklılaşması ise hidrolojik döngüyü etkilemektedir. Sonuçta hidrolojik döngüde yaşanan aksaklıklar dünyanın diğer bölgelerini de olumsuz etkileyecek ve olay küresel boyuta taşınacaktır. Aslında sera gazlarının yol açtığı iklim değişikliğinin de küresel ısınma olarak adlandırılması bu olaylar zinciri ile de açıklanabilir. Küresel ısınma sera gazlarının özellikle de CO<sub>2</sub>'in güneşten gelen kızılötesi ışınlarını absorbe etmesi sonucu yeryüzünün olması gerekenden daha fazla ısınması olarak tanımlanır. Sera gazları klorofloro gazlar, NO<sub>x</sub>'ler, SO<sub>x</sub>' gibi sıralansa da küresel ısınmadan en fazla sorumlu olan gaz CO<sub>2</sub>. Normal şartlar altında CO<sub>2</sub> hava kirliliğine yol açan bir gaz olarak değerlendirilmezken, yapılan çalışmalar bu gazın infrared ışınlarını (IR-kızıl ötesi ışınlar) en fazla absorbe eden gaz olduğunu ortaya çıkarmıştır. CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazları yer kürenin üst tabakasında adeta bir sera gibi gökyüzünü kaplarlar. Güneşten gelen ışınlar yer yüzündeki materyaller tarafından absorbe edilir. Absorbsiyonun sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ile yerküre kendi doğal döngüsü içerisinde 1. kez ısınır. Bu arada güneşten gelen ışınların yerkürede absorblanması sonucu enerjileri azalan ve dalga boyları daha uzun dalga boylarına yükselen IR ışınları gökyüzüne doğru yükselir. İşte bu yükselen IR ışınlarının enerjisi CO<sub>2</sub> ve diğer sera gazları tarafından yeniden absorbe edilerek yer küreye 2. kez geri gönderilir. Böylece yerküre ısınması gerekenden daha fazla ısınmış olur. Bu olay böyle devam ettikçe ısınmanın miktarı artar ve buna küresel ısınma adı verilir. Küresel ısınma ile genel olarak dünyanın bazı bölgelerinde olmasından fazla miktarda ısınma ve kuraklık görülürken diğer bir bölümünde gereğinden fazla soğuma ve felaketler gözlemlenir. Sonuç uzun bir süreçte iklimlerde farklılaşma olarak karşımıza çıkar. Özellikle son yıllarda büyük bir çevre problemi



olarak görülen küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliği, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturmaktadır. Oluşan bu baskının sonucu olarak, çevre dengesi gün geçtikçe bozulmaktadır. Ekolojik dengenin bozulması ile ortaya çıkan çevresel sorunlar bugünün ve yarınların çözüm bekleyen en önemli konuları arasında yer almaktadır. Ekolojik dengenin bozulmasından en çok etkilenecek alanların başında su kaynakları gelmektedir. Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (NOAA) iklim değerlendirmelerine göre, 2018 yılında kara alanlarında ısınma 1.12°C olurken, okyanuslarda bu değer 0.66 °C olarak gerçekleşmiştir (Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2019). Su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi önemli ekonomik kayıplar getirmesinin ötesinde doğrudan canlı ve insan yaşamını tehdit edebilmektedir. Küresel ısınmanın en çok etkilediği alan tarımsal üretim faaliyetleridir. Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) iklim değerlendirmelerini sanayi devrimi öncesi(1850-1900) ve küresel ısınmanın bariz hale geldiği 1981-2010 yılları ortalama sıcaklık değerlerine göre sınıflandırmıştır. WMO'ya göre 2018 yılında küresel ortalama sıcaklıklar sanayi devrimi öncesine göre (1850-1900) 0.98°C artarken, küresel ısınmanın bariz hale geldiği 1981-2010 ortalaması dikkate alındığında ise küresel ortalama sıcaklıklar 0.38 °C artmıştır (Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2019). Tarımsal üretimin içinde üç tarafı sular ile çevrili ülkemizde balıkçılık faaliyetleri de ciddi bir paya sahiptir. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre ülkemizdeki yıllık ortalama sıcaklık değişimi son 30 yılda 13,5°C'den 15.4 °C'ye yükselmiştir. Bu değer, 1981-2010 normalinden (13.5 °C) 1.9°C daha yüksektir.



Şekil 1. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verilerine Göre 2019Yılı Ortalama Sıcaklıklarının Uzun Yıllar ve Geçen Yıl ile Mukayyesesi (T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2019).

Sıcaklık canlı ve cansız ortamda gerçekleşen kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonları etkileyen temel parametredir. Su ortamında sıcaklık artışına paralel olarak birçok kimyasal maddenin su canlılarına etki etme mekanizması değişmektedir. Aynı zaman da sıcaklık artışına karşı sudaki çözünmüş oksijen azalmakta bu azalışta oksijenli solunum yapan su canlılarında olumsuz etkiler yapılmaktadır. Sıcak sularda bakteriler daha fazla çoğalmakta bu durum balık başta olmak üzere birçok su canlısının hastalanması ve ölümüyle sonuçlanmaktadır. Dolayısı ile küresel ısınmaya bağlı su kalitesindeki bozulmalar ekolojik kayıpların yanında balık üretimine bağlı ekonomik kayıplar yaşanmasına da sebep olmaktadır. Bu çalışma Orta Karadeniz bölgesinde bulunan Tokat ilinin Almus İlçesindeki Almus Baraj Gölü özelinde yürütülmüş olup, sonuçlar ülkemizdeki diğer su kaynakları için de genellenebilir. Mezotrofik bir yapıya sahip olan Almus Baraj Gölü Türkiye'de entansif kafes kültürünün kolaylıkla yapılabileceği ender su kalitesi niteliklerine sahip baraj göllerinden bir tanesidir. Almus Baraj Gölünde yayın, sazan gibi balık türlerinden bulunmakla birlikte, Gölün Ataköy kesiminde kahve renkli benekli doğal alabalık türüne de rastlanılmaktadır. Göl bugünkü şartlar itibari ile enerji üretmek, sulama suyu temini ve balıkçılık amacıyla kullanılmaktadır. Gölün ilerleyen zamanlarda bu ender özellikleri ile su ürünleri sektöründe hak ettiği yeri bulmaya başlayacağı düşünülmektedir. Nitekim gölde 2018 yılı itibari ile mevcut olan balık üretim çiftliklerinin kapasiteleri 5.383.000 Kg/Yıl'dır ve mevcut çiftliklerin yanında bölgede daha büyük kapasiteye sahip balık çiftlikleri kurulması için girişimler hızla devam etmektedir(Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2019).Ancak şu an itibari ile mezotrofik bir yapıya sahip olan Almus Baraj Gölü, ilerleyen zamanlarda bilinçsizce yapılabilecek kontrolsüz yetiştiricilik ve avcılık neticesinde mezotrofanötrof bir yapıya doğru gidebilme süreciyle karşı karşıya kalabilir. Bu süreci hızlandıracak en büyük faktörlerden bir tanesi de küresel ısınmadır. Bu çalışmada bu ekonomik kayıplara örnek teşkil etmesi açısından 2009 yılı yıllık ortalama su sıcaklık değeri ile 2019 yılı yıllık ortalama su sıcaklık değerleri karşılaştırılarak, Almus Baraj Gölündeki ağ kafes sistemlerinde ki alabalık üretiminin nasıl etkilendiği araştırılmıştır.



## 2. Materyal Metot

### 2.1. Araştırma Yerinin Tanımı

Almus Baraj Gölü Yeşilirmak nehri üzerinde, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi, Tokat ili Almus İlçesinin 3.5 km kuzeydoğusunda, Tozanlı Çayı'nın Omala Boğazı'na karıştığı noktada 05.10.1966 tarihinde; hidroelektrik enerjisi üretmek, tarım alanlarına sulama suyu sağlamak ve taşkın kontrolü amacıyla işletmeye açılmıştır. Baraj Gölünün normal su kotundaki göl hacmi 950,00 hm<sup>3</sup>, göl alanı ise 31,30 km<sup>2</sup>'dir. Yıllık enerji üretimi 99GWh, sulama alanı 21 350 ha, taşkın kontrol alanı 20 000 ha'dır. Barajda yaşayan balık çeşitleri: Alabalık, Sazan, Yayın, Çaybalığı (Tuna), Kaya balığıdır(Tokat İli Çevre Durum Raporu, 2014).Almus İlçesinin iklimi, Karadeniz bölgesi iklimi ile Orta Anadolu'nun kara iklimi arasında geçiş iklimidir. Ortalama olarak yağış 54.42 mm olup, ocak, şubat, mart, nisan ile mayıs aylarında maksimum düzeye yükselir. En az yağış düşen aylar Temmuz ve Ağustos aylarıdır(Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı Almus İlçe Raporu, 2018).

### 2.2. Ekonomik Kayıpların Hesaplanması

Araştırmada normal şartlarda tatlı sulardaki ağ kafes sistemlerinde stoklanan 50g'lık yavru balıkların mart-haziran ve eylül-aralık ayında 2 kez hasat edildiği ve alabalık gelişimi için istenen optimum su sıcaklık aralığının 16-20±1 °C olması gerektiği literatür bilgisi dikkate alınmıştır. Normal şartlarda 90 gün için 20 m<sup>3</sup> lük kapasiteli ağ kafese 500-1800 adet 50 g'lık yavru balık stoklanarak 250g porsiyon miktarına ulaştırılabilir (MEB,2015).

Küresel ısınma ile birlikte baraj suyunda meydana gelen sıcaklık artışlarının alabalık üretim miktarı ve toplam gelir düzeyinde nasıl bir değişikliğe yol açtığı Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Almus Baraj Gölü Ortalama Su Sıcaklığı, Alabalık Üretim Miktarı ve Elde Edilen Toplam Gelirdeki Değişim**

Almus Baraj Gölü Yaz Dönemi Ortalama Su Sıcaklığı (°C)	Alabalık Kafes Üretim Kapasitesi (Kg/Yıl)	Alabalık Üretim Miktarı (Kg/Yıl)	Alabalık Hasat Sayısı	Toplam Alabalık Üretim Kapasitesi (Kg/Yıl)	Toplam Alabalık Üretim Miktarı (Kg/Yıl)	Baz Yıl (2019) Ortalama Alabalık Satış Fiyatı (TL/Kg)	Toplam Gelir (TL/Yıl)
22,14	5.383.000	4.636.000	2	10.766.000	9.272.000	18	166.896.000
25	5.383.000	4636.000	1	5.383.000	4.636.000	18	83.448.000

Tablo 1'de 2009 yılı yaz döneminde 22,14 °C olan göl suyu sıcaklığının son 10 yıl içerisinde 25 °C'lere kadar çıktığı görülmektedir. Artan göl suyu sıcaklığı toplam hasat sayısını 2'den 1'e düşürmüş, bunun sonucunda da toplam alabalık üretim miktarı yarı yarıya düşerek 4.636.000 Kg seviyesinde gerçekleşmiştir. Alabalık üretiminin yarı yarıya düşmesi sonucu alabalık satışından elde edilen gelirler de aynı oranda düşerek 83.448.000 TL seviyesine gerilemiştir. Bir başka ifadeyle küresel ısınma sonucu alabalık hasadının ve dolayısıyla alabalık üretimin düşmesinin ekonomik kaybı 83.448.000 TL olarak gerçekleşmiştir.

## 3. Sonuçlar

2009 yılında Almus Baraj Gölünün yüzey suyu yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,30 °C, yaz dönemi maksimum sıcaklık değeri Haziran-Eylül 22,14 °C olmuştur(Polat,2009). Buna rağmen Almus Baraj Gölünde bir ağ kafes sisteminde 40 g'lık yavrularda 3'er aylık dönemlerde 2 kez hasat yapılabilmektedir. 2019 yılında ise yüzeysel su sıcaklığı ortalama değeri 14,70°C, Haziran-Eylül 25 °C olmuş ve hasat sayısı 1'e düşmüştür. Temmuz-Ağustos ayında stoklanan balıklarda büyük oranlarda ölümlere rastlanılmıştır. Normal şartlarda 90 gün için 20 m<sup>3</sup> lük kapasiteli ağ kafese 500-1800 adet 50 g'lık yavru balık stoklanarak 250g porsiyon miktarına ulaştırılabilir (MEB,2015). Almus Baraj Gölü üzerindeki 31 adet işletmeye ait kafes balıkçılığı üretim kapasitesi 5.383 ton iken 2018 yılı için üretim miktarı 4.636 ton olarak gerçekleşmiştir. Buradan hareketle mevcut şartlarda, yılda toplamda iki kez hasat yapıldığı takdirde, 9.272 ton üretim gerçekleştirilebileceği anlaşılmaktadır. 1 kg alabalığın 18 TL ortama fiyattan satıldığı (Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü) düşünülürse, küresel ısınmadan dolayı hasat azalışı nedeniyle uğranılan ekonomik kayıp; 83.448.000,00 TL olarak gerçekleşmiştir.

Sonuçta küresel ısınmanın su sıcaklığını ve kalitesini değiştirmeye başladığı ve bu durumun ekonomik kayıplara yol açmaya başladığı tespit edilebilmiştir. Küresel ısınma senaryolarının çok fazla tartışılmadığı dönemlerde birçok baraj gölü için entansif kafes balıkçılığına bağlı su kalitesi modelleme çalışmaları yapılmıştır. Bu modellerin büyük kısmı fosfor taşıma kapasitesi üzerine kurulmuştur(Polat,2009). Günümüzde ise bu modellerin üzerine küresel ısınma faktörü mutlaka ilave edilmeli, ve planlamalar buna göre yapılmalıdır. Nitekim balık üreticileri Almus Baraj Gölünde bile 10 yıl öncesine kadar yavru balıkları porsiyon boyuna getirmek için 2 dönem üretim yapabiliyorken bugün bir dönem üretim yapabilmektedir. Aslında balık üretimindeki azalmanın sebebi yavru temininden kontrolsüz yapılan aşılama ve ilaç kullanımı gibi sebeplere de bağlanabilirse de, gelişen imkanlar doğrultusunda üretimin azalmak yerine artması beklenen bir durumdur. Yapılan çalışma, Almus Baraj Gölü özelinde yürütülmüş olup, sonuçlar ülkemizdeki diğer su kaynakları için de genellenebilir. Nitekim ülkemizde sayıları 600-800 arasında değişen irili ufaklı baraj gölleri bulunmaktadır. Bu baraj gölleri ülkemizin değişik bölgelerinde bulunmakta ve o bölgelerdeki bölgesel ısınma durumlarına göre



küresel ısınmadan farklı farklı etkilenebilmektedir. Bu baraj gölleri içerisinde ülkemiz alabalık üretiminde en büyük paya sahip olan Keban Baraj Gölü gibi büyük baraj gölleri de yer almaktadır. Aynı çalışmanın başta Keban Baraj Gölü olmak üzere Türkiye'deki diğer baraj gölleri içinde yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

#### 4. Kaynaklar

- [1]. MEB,2015, Denizcilik, Alabalık Yetiştiriciliği, 1-56 s.
- [2]. Polat, F., 2009, Almus baraj gölünde bazı fizikokimyasal parametrelerin coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi ve gölün fosfor taşıma kapasitesinin belirlenmesi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 1-139s.
- [3]. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı, 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi, 2019, Ankara.
- [4]. Tokat İli 2014 Yılı Çevre Durum Raporu, 2014, T.C. Tokat Valiliği Çevre ve Şehircilik İL Müdürlüğü, Tokat.
- [5]. Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı Almus İlçe Raporu, Tokat, 2018.
- [6]. T.C. Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Tokat, 2019.



## ÖTROFİKASYON VE EKONOMİK ETKİSİ: ALMUS BARAJ GÖLÜ ÜZERİNE BİR ÖRNEK OLAY ANALİZİ

Fatih Polat<sup>1</sup>, Celal Altıntaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Laboratuvar Teknolojisi Programı, Tokat, Türkiye

fatih.polat@gop.edu.tr

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sosyal Güvenlik Programı, Tokat, Türkiye

celal.altintas@gop.edu.tr

### Özet

Geçmişten günümüze iç su ortamlarının evülasyon süreçleri incelendiğinde bazı göl göletlerin yaşamlarını yüz yıllar boyunca sürdürdüğü görülürken, bazı göllerin ise 10 yıllar ile sınırlı bir ömre sahip olduğu görülür. Bu olayın başlıca sorumlusu ötrofikasyondur. Ötrofikasyon su ortamlarına doğal ya da antropojenik yollar ile azot ve fosforlu bileşikler başta olmak üzere nutrientlerin aşırı derecede karışması sonucu, aerobik(oksijenli) hayatın bitip, anaerobik hayatın oluşmaya başlamasıyla bataklik oluşumudur. Ötrofikasyona uğrayan bir su ortamında balık başta olmak üzere birçok su canlısı yaşayamaz ve toplu ölümler başlar. Böyle sular içme suyu olarak kullanılamaz. Çevresine kötü kokular ve hastalık yayar. Bu nedenle rekreasyonel amaçla da kullanılamaz. Merkezi hükümetler kirlenmekte olan bir su ortamını düzeltmek için büyük emek ve çaba sarfederler. Ekolojik kayıpların yanında ekonomik kayıpların boyutudaazinsanmayacak kadar çoktur. Bu çalışmada üzerinde doğal ve kafes balıkçılığı yapılan, suları içme, sulama ve elektrik üretimi amaçlı kullanılan Almus Baraj Gölünün ötrofikasyona uğradığı durumda ki ekonomik zarar hesaplanmaya çalışılmıştır. Ulaşılan veriler ışığında Almus Baraj Gölü'nün ötrofikasyona uğraması halinde bir yılda tarımsal faaliyetlerden 870.396.800,00 TL, enerji üretiminden 60.328.285,44 TL, balıkçılık faaliyetlerinden elde edilen gelirden ise 87.257.868,00 TL kayıba yol açacağı sonucuna varılmıştır. Üretim gerçekleştirilen bu üç alanda toplamda gelir kaybı 1.017.982.953,44 TL civarında olacaktır. Ayrıca bu gelir kaybının içerisinde devletin vergi ve fon kaybının, gelir üzerinden alınan vergiler hariç, toplam 82.614.797,99 TL olacağı hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında ötrofikasyonun çevresel sonuçlarının yanında ekonomik sonuçlarında dikkatle araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ötrofikasyon, Ekonomi, Almus, Baraj Gölü

### 1. Giriş

İnsanoğlu sürekli bir tüketim içerisinde yaşamını sürdürürken ne yazık ki bıraktığı atıklar ile gelecek nesillere kirli bir çevre bırakmaktadır. Çevrenin en önemli unsurlarından bir tanesi de su kaynaklarıdır. Arz üzerinde su miktarı yaklaşık 1.4 milyar km<sup>3</sup> olup, bu suların % 97,5'i tatlı suların oluşmaktadır. Tatlı suların ise yaklaşık %70'lik kısmı buzullardan oluşmaktadır. Geriye kalan kısım ise bu çalışmaya konu olan göl ve göletlerin de içinde bulunduğu tatlı suların oluşmaktadır. Yani aslında dünyada ki tatlı su miktarı sonsuz olmayıp büyük bir titizlikle korunmaya muhtaçtır.

Tatlı sular içerisinde önemli su kaynakları arasında göl, gölet ve baraj gölleri yer alır. Birçok göl geçmiş zamanlarda yaşanmış olan tektonik çöküntüler sonucu oluşmuş olup, durgun su kaynakları olarak nitelendirilir. Bunun yanında baraj gölleri ise üzerinde balıkçılık faaliyetleri elektrik üretimleri sulama amaçlı kullanım ve rekreasyonel faaliyetler başta olmak üzere birçok faaliyetin yapıldığı hareketli su kaynaklarıdır. Günümüzde tatlı sular evsel ve endüstriyel atıklar başta olmak üzere antropojenik faaliyetler ile hızla kirlenmektedir. Su kirliliği, su ortamının çevresine insanoğlu tarafından doğrudan ve dolaylı olarak verilen madde veya enerji sonucunda su canlıları için zararlı olan, insan sağlığını tehdit eden, balıkçılık dahil olmak üzere su ortamındaki aktiviteyi değiştiren, suyun içme ve kullanma suyu olarak kullanımında kalitesini ve özelliğini değiştiren faktörlerin tümüdür (Sunlu, 1998). FAO (Food Agricultural Organisation)'ya göre ise su kirliliği; canlılara zarar veren, insan sağlığı için tehlikeli, balıkçılığı engelleyici, su kalitesini bozucu etkiler yapabilecek maddelerin suya atılmasıdır.

İç sularda insanoğlu tarafından bilinçsizce yapılan uygulamalar sonucunda ötrofikasyon süreci hızlanmakta ve göller yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Küçük kıyusal ekosistemler, mineral besin elementlerinin miktarındaki artışa karşı ilk tepki veren bölgelerdir. Bu nedenle de baraj gölleri gibi iç sularda, küresel ölçekte bir sorun olan ötrofikasyon ile ilgili bazı değişkenlerdeki varyasyonun varlığının tespit edilmesi, çalışılan bölgenin, bu önemli çevre sorunu konusundaki durumunun belirlenmesine katkıda bulunmaktadır. Göllerdeki fosfor ve azot gerekli yoğunluklarda verimliliği artırırken, belirli düzeyin üzerindeki yoğunluklar sularda ötrofikasyona sebep olduklarından zararlı etkilere yol açmaktadır. İç sular ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda trofik statü sınıflandırılması ve kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinin belirlenmesi, gölün su kalitesi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ötrofikasyon, normal olarak kirlenmemiş doğal sularda da görülen bir olaydır. Antropojenik aktiviteler sulara başlangıçta bol miktarda besin girmesine sebep olur. Bunun sonucu bitkiler 6 daha iyi gelişir. Ancak bu gelişme bir yerden sonra zararlı olmağa başlar. Çünkü sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Bu da hayvanların ölmelerine sebep olur. Bununla da kalmaz, böyle sulardan etrafa pis kokular yayılır. Böyle bitkilerin aşırı derecede büyümelerini ve su canlılarına özellikle de balıklara zarar vermelerini önlemek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların temelinde bitkilerin yetişmesi için esas olan elementlerden birinin konsantrasyonunu herhangi şekilde ayarlamak ve su bitkilerinin büyümelerini kontrol altına almak düşüncesi yatar. Ancak fosfor, azot veya karbonun zaten doğal sularda da bulunması ve buna ilave olarak





antropojenik kaynaklardan da sulara karışması bu çalışmaları oldukça zor bir hale sokmaktadır. Bütün bu söylenenlere rağmen bu elementlerden birinin konsantrasyonunun kontrol altına alınması hususundaki çalışmalar devam etmekte ve en çok fosfor üzerinde durulmaktadır. (Polat, 2009, Gündüz, 1998).

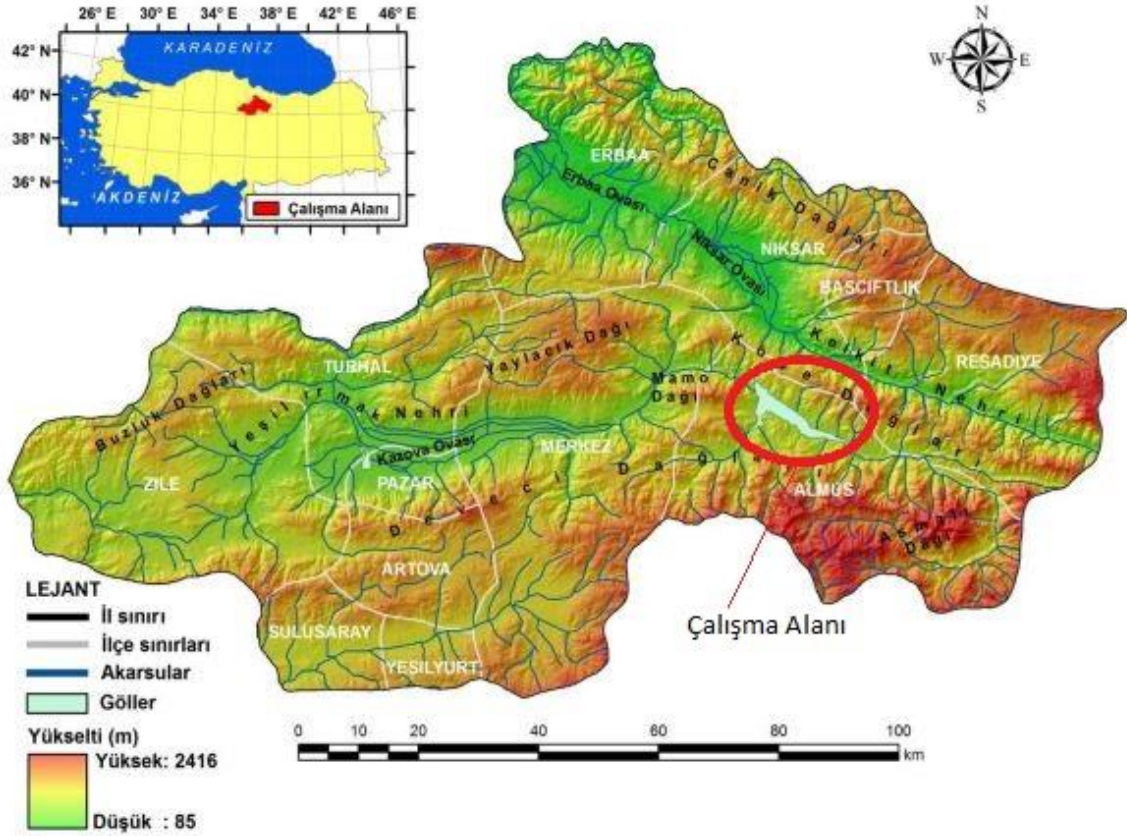
Bir göl yada baraj gölünün ötrofikasyona uğramadan kendi kendini idame edebilmesi için taşıma kapasitesinin bilimsel olarak hesaplanması gerekmektedir. Bilimsel çevrelerce yapılan bu çalışmaların doğrulukları uluslararası standartlara dayandırılarak kanıtlandıktan sonra merkezi hükümetlerce de paylaşılmalı ve buna göre göl ve baraj göllerinin gelecekleri planlamalıdır. Aslında ötrofikasyon normal şartlar altında yüzyıllar boyunca süren doğal bir süreçtir. Ancak antropojenik faaliyetler sonucu suya karışan azot, fosfor başta olmak üzere birçok inorganik ve organik kökenli kirleticiler ötrofikasyonu 10 yıllık süreçlere kadar düşürebilir. Göllerin ötrofikasyon aşamaları oligotrof, mezotrof, ötrof ve distrof olmak üzere 4 aşamadan oluşur. Oligotrof göller ötrofikasyonun ilk aşaması olup kirlenmemiş, suları berrak, çözünmüş oksijence zengin sular olarak tanımlanır. Mezotrof göller oligotroftan ötrofa geçiş gölleridir. Ötrof göller içerisinde besleyici elementlerin bol olduğu, fitoplankton ve zooplanktonca zengin, balık başta olmak üzere birçok su canlısını barındıran suları sarı yeşil ve tonlarında olan derinliği az ve bazı bölgelerinde çözünmüş oksijenin sınır değer olan 4 mg/L'nin altına düştüğü sular olarak tanımlanır. Ötrofikasyonun son aşaması olan distrof göller ise bataklık görünümlü su ortamlarıdır. Distrof göller oldukça sığ olan, suları kötü kokulu, asidik özelliğe sahip göller olup, içerisinde aerobik solunum yapan canlılar yaşayamaz. Özetle ötrofikasyon, sulara azot ve fosfor başta olmak üzere karışan anorganik ve organik kökenli bileşiklerin aşırı derecede girmesi sonucu , aerobik hayatın bitip anaerobik hayatın oluşmaya başlamasıyla bataklık oluşmasıdır. Ötrofikasyona uğrayan bir su ortamında balık başta olmak üzere birçok su canlısı yaşayamaz ve toplu ölümler başlar. Böyle sular içme suyu olarak kullanılamaz. Çevresine kötü kokular ve hastalık yayar. Bu nedenle rekreasyonel amaçla da kullanılamaz. Merkezi hükümetler kirlenmekte olan bir su ortamını düzeltmek için büyük emek ve çaba sarf ederler. Ekolojik kayıpların yanında ekonomik kayıpların boyutu da azımsanmayacak kadar çoktur. Bu çalışmada konu alınan Almus Baraj Gölü Yeşilirmak nehri üzerinde, Tokat ili Almus İlçesinin 3.5 km kuzeydoğusunda, Tozanlı Çayı'nın Omala boğazına karıştığı noktada 05.10.1966 tarihinde; hidroelektrik enerjisi üretmek, tarım alanlarına sulama suyu sağlamak ve taşkın kontrolü amacıyla işletmeye açılmıştır. Çalışmanın amacı baraj göllerinin ötrofikasyona uğraması sonucu oluşacak ekolojik kayıpların yanında ekonomik kayıpları da hesaplayabilmektir. Almus Baraj Gölünün trofik statüsü ile ilgili geçmişte yapılan bilimsel çalışmalara bakıldığında, Baraj Gölünün mezotrofik seviyede trofik statüye sahip olduğu görülmektedir(Polat, 2009). Yani Almus Baraj Gölü geçiş oligotroftanötrofa doğru geçiş aşamasında olan ve su kalitesi açısından dikkatle takip edilmesi gereken bir baraj gölüdür. Bu Baraj Gölü Yeşilirmak nehrinin doğduğu bir baraj gölü olduğundan dolayı burada oluşabilecek zararın boyutu Yeşilirmak Havzasındaki birçok alanı etkileyebilecektir. Ayrıca Yeşilirmak'ın suları Samsun'da Bafra'ya ulaşarak Karadeniz'e ulaşmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışma böyle stratejik bir baraj gölünün ötrofikasyona uğraması durumunda oluşacak ekonomik kayıpların hesaplanması üzerine kurulmuştur.

## 2. Materyal Metot

### 2.1. Araştırma Yerinin Tanımı

Bu çalışma Orta Karadeniz bölgesinde bulunan Tokat ilinin Almus İlçesindeki Almus Baraj gölünde yürütülecektir. Almus barajı, Yeşilirmak üzerinde sulama, taşkın kontrolü ve enerji üretimi amaçlı olarak 1964 – 1966 yılları arasında inşa edilmiştir. Toplam göl alanı 31,30 km<sup>2</sup>'dir. 21.350 hektarlık bir alana sulama hizmeti vermektedir. Barajda alabalık, sazan, yayın, çay balığı, kaya balığı türlerinde yaşayan balık çeşitleri bulunmaktadır. Baraj gölü 45° 24' 45" - 40° 20' 35" Kuzey ile 36° 54' 10" - 37° 03' 17" Doğu koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 1).





Şekil 1. Almus Baraj Gölü

Baraj Gölü ile ilgili teknik bilgiler Tablo 1’de verilmiştir (DSİ).

Tablo 1. Almus Baraj Gölü ile İlgili Teknik Bilgiler (DSİ)

Baraj Gölü Özelliği	Açıklama
Tipi	Toprak dolgu
Gövde Hacmi	3.405.000 m <sup>3</sup>
Kret Kotu	810,50 m
Kret Uzunluğu	370,50 m
Temelden Yükseklik	95,00 m
Talvegden Yükseklik	78,00 m
Temel Jeolojik Yapısı	Andezit
Maksimum Su Kotu	807,50 m
Normal Su Kotundaki Göl Hacmi	950.00 hm <sup>3</sup>
Normal Su Kotundaki Göl Alanı	31,30 km <sup>2</sup>
Yıllık Enerji Üretimi	99 GWh
Sulama Alanı	21.350 ha
Taşkın Kontrol Alanı	20.000 ha

(Tokat Valiliği Tokat Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tokat İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Tokat, 2019).



Tokat İli, Almus İlçesi'nde Yukarı Yeşilirmak Havzası içerisinde yer alan Almus Baraj Gölü, balık faunası açısından daha zengin ve kültür balıkçılığı için de son derece uygun limnolojik koşullar içermektedir. Almus İlçesi; balıkçılık ve hayvancılıkla uğraşan, nüfusu dört bin ile yedi bin arasında değişen, yoksul ve işsiz insanların yoğun olduğu; gelişmişlik sıralamasında 726'ncı, sosyo-ekonomik gelişmişlik endeksinin -0.7 ve gelişmişlikte de beşinci grubunda yer alan, terör söylentileri nedeniyle yatırımın gelmediği; dışarı göç veren Anadolu'nun tipik küçük yerleşim birimlerinden birisi konumdadır. Bölge insanının geçim kaynaklarının başında balıkçılık gelmektedir.

Almus Baraj Gölü'nde gerçek ve tüzel kişi olmak üzere toplamda 31 adet su ürünleri yetiştiriciliği yapılan işletme mevcuttur. Bu işletmelerin proje kapasiteleri 6.159,00 Ton/Yıl'dır. Mevcut üretim kapasiteleri 5.383,00 Ton/Yıl'dır. 2018 Yılı toplam üretim miktarı 4.636 Ton/Yıl olarak gerçekleşmiştir. Almus Baraj Gölü'nde istihsal hakkı S.S. Almus Su Ürünleri Kooperatifi'ne ait olup 12 adet ruhsatlı teknesi mevcuttur. 2018 Yılı sazan ve yayın balığı toplam avcılık üretimi sırasıyla 26.268,00 Kg/Yıl ve 3.660,00 Kg/Yıl olarak gerçekleşmiştir (Almus İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Almus İlçesi 2018 Yılı Balık Üretim İstatistikleri; Tablo 4).

## 2.2. Ekonomik Kayıpların Hesaplanma Yöntemi

Ötrofikasyon sonucu ortaya çıkabilecek ekonomik kayıpların hesaplanmasında istatistiksel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Uğranılan ekonomik kayıp tarım, enerji ve balıkçılık faaliyetleri çerçevesinde hesaplanarak ortaya konulmuştur. Tarımsal kaybın hesaplanmasında Almus Baraj Gölü'nün toplam sulama alanı ele alınmış ve toplam sulama alanı üzerine ekili tarım arazileri oranı uygulanarak; sulamadan mahrum kalınacak alan tespit edilmiştir. Almus Baraj Gölü Tokat İli Kazova Mevkii'ni suladığı için burada en çok üretimi gerçekleştirilen tek bir ürün olan domates ele alınmıştır. Dönümde elde edilecek olan domates ürününden hareketle domateste yaşanabilecek toplam ürün kaybı ve ortalama piyasa satış fiyatından da milli ekonomiye yapacağı negatif etki ve kamu gelirleri kayıpları ortaya konmuştur. Enerji çerçevesinde ekonomik kayıpların hesaplanmasında ise barajın yıllık enerji miktarı ele alınarak ortalama 1 KW enerji satış fiyatı üzerinden hesaplama yapılarak milli ekonomiye yapacağı negatif etki ve kamu geliri kayıpları ortaya konmuştur. Balıkçılık sektörü bazında ise kayıplar, Almus İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan üretim verileri ve gölde üretimi gerçekleştirilen alabalık, sazan ve yayın balığının ortalama Kg satış fiyatları üzerinden hesaplanarak; ekonomik kayıplar ve kamu geliri kaybı ortaya konmuştur.

**Tablo 2. Ötrofikasyon Sonucu Tarımsal Üretimde Meydana Gelebilecek Gelir Kaybı Tahmini**

Sulanan Alan Toplamı (Dönüm)	Sulanan Tarımsal Alan	Elde Edilen Ortalama Ürün* (Kg/Dönüm)	Toplam Ürün (Kg)	(1)Ürün Fiyatı (TL)	(2)KDV (TL)	Ürün Bedeli* (1+2)	Toplam Hasılat (TL)	Kayıbı	Kamu Kaybı**	Geliri
213.500	76.518	6.500	497.369.600	1,62	0,13	1,75	870.396.800,00		64.473.837,04	

(Tokat Valiliği Tokat Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Tokat İli 2018 Yılı Tarım İstatistikleri, Tokat, 2019).

\* Çiftçiler ile yapılan görüşmeler sonucu belirlenen ortama rakamlardır.

\*\*Kamu geliri kaybı hesaplanmasında gelir dışı vergilendirilecek kayıplar esas alınmıştır (KDV).

**Tablo 3. Ötrofikasyon Sonucu Enerji Üretiminde Meydana Gelebilecek Gelir Kaybı Tahmini**

Üretilen Enerji (GWH)	Üretilen Enerji (KWH)	Kayıp Elektrik (KWH)	Tüketilen Elektrik (KWH)	Birim Fiyatı* (TL)	Toplam Hasılat (TL)	Kamu Geliri Kaybı** (TL)
99	99.000.000	14.058.000	84.942.000	0,71	60.328.285,44	11.677.415,18

(Tokat Valiliği Tokat Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tokat İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Tokat, 2019).

\*Mesken ve sanayi elektriğinin 1 Kw ortalama satış fiyatı ele alınmıştır.

\*\*Enerji faturasında kamuya irat kaydedilen tüm unsurlar hesaplamaya dahil edilmiştir.

**Tablo 4. Ötrofikasyon Sonucu Balık Üreticiliğinde Meydana Gelebilecek Gelir Kaybı Tahmini**

Alabalık			Sazan			Yayın			Toplam Üretim (Kg)	Toplam Hasılat (TL)	Kamu Geliri Kaybı** (TL)
Üretim (Kg)	Br Fiyat* (TL)	Tutar (TL)	Üretim (Kg)	Br Fiyat* (TL)	Tutar (TL)	Üretim (Kg)	Br Fiyat* (TL)	Tutar (TL)			
4.636.000	18,75	86.925.000,00	26.268	11,00	288.948,00	3.660	12,00	43.920,00	4.665.928	87.257.868,00	6.463.545,78

(Almus İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Almus İlçesi 2018 Yılı Balık Üretim İstatistikleri).

\* Almus İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden alınan birim satış fiyatları ortalaması esas alınmıştır.



\*\*Kamu geliri kaybı hesaplanmasında gelir dışı vergilendirilecek kayıplar esas alınmıştır (KDV).

**Tablo 4. Ötrofikasyonun Milli Gelire ve Kamu Gelirlerine Toplam Negatif Etkisi**

Tarım		Enerji		Balıkçılık		Toplam	
Hasılat Kaybı (TL)	Kamu Geliri Kaybı (TL)	Hasılat Kaybı (TL)	Kamu Gelir Kaybı (TL)	Hasılat Kaybı (TL)	Kamu Geliri Kaybı (TL)	Hasılat Kaybı (TL)	Kamu Geliri Kaybı (TL)
870.396.800,00	64.473.837,04	60.328.285,44	11.677.415,18	87.257.868,00	6.463.545,78	1.017.982.953,44	82.614.797,99

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada üzerinde doğal ve kafes balıkçılığı yapılan, suları içme, sulama ve elektrik üretimi amaçlı kullanılan Almus Baraj Gölünün ötrofikasyona uğradığı durumda günlük kurları dikkate alınarak ekonomik zarar ortaya konmaya çalışılmıştır. 76.518 daa tarımsal alan sulayan Almus Baraj Gölü üzerinde yapılan kafes balıkçılığı ve av balıkçılığı faaliyetlerinden toplamda 4.665.928 kg balık üretimi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca göl sularından üretilen toplam enerji miktarı 99.000.000 Kwh olup kayıp kaçak oranı düşüldüğünde baraj gölünün, toplam elektrik tüketiminin 84.942.000 Kwh'lık kısmını karşıladığı anlaşılmıştır. Ulaşılan veriler ışığında Almus Baraj Gölü'nün ötrofikasyona uğraması halinde bir yılda tarımsal faaliyetlerden 870.396.800,00 TL, enerji üretiminden 60.328.285,44 TL, balıkçılık faaliyetlerinden elde edilen gelirden ise 87.257.868,00 TL kayba yol açacağı sonucuna varılmıştır. Üretim gerçekleştirilen bu üç alanda toplamda gelir kaybı 1.017.982.953,44 TL civarında olacaktır. Ayrıca bu gelir kaybının içerisinde devletin vergi ve fon kaybının, gelir üzerinden alınan vergiler hariç, toplam 82.614.797,99 TL olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında ötrofikasyonun çevresel sonuçlarının yanında ekonomik sonuçlarının da dikkatle araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çalışmada Almus Baraj Gölü Türkiye'deki Baraj Gölleri içerisinde örnek olay olarak seçilen bir baraj gölüdür. 2009 verilerine göre Türkiye'de 677 adet baraj gölü bulunmaktadır. (DSİ,2009) Bu rakam iç sular potansiyelimizin yaklaşık %30'na tekabül etmektedir. Bugün gelinen nokta da baraj göllerinin sayısı hızla artmaktadır. Ülkemizdeki baraj göllerinden birçoğu, Almus Baraj Gölü ile kıyaslandığında örneğin Keban Baraj Gölü, Atatürk Baraj Gölü vb. çok daha stratejik öneme sahiptir. Bu baraj göllerinin de çok büyük kısmı eğer önlem alınmaz ise ötrofikasyon tehdidi ile karşı karşıya kalabilir. Bu nedenle her bir baraj gölü için ayrı ayrı su kalitesi izleme programlarının belirlenmesi ve ötrofikasyona sebep olabilecek etkilerin zamanında uygun müdahaleler ile giderilmesi tavsiye edilmektedir.

### 4. Referanslar

- [1] Sunlu, U., 1998, Su Kirliliğinin Oluş Nedenleri, E.Ü. Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Karaburun-İzmir.
- [2] Polat, F., 2009, Almus Baraj Gölünde Bazı Fizikokimyasal Parametrelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Değerlendirilmesi ve Gölün Fosfor Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Elazığ.
- [3] Gündüz, T., 1998, Çevre Sorunları Kitabı, A.Ü. Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Gazi Büro Kitabevi Tic. Ltd. Şti., Ankara, 73-83s.
- [4] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- [5] Zengin M, Buhan E (2007). Almus-Ataköy baraj göllerinde (Yeşilirmak havzası, Tokat) balıklandırma sonrası balık faunasında görülen değişimin değerlendirilmesi. Türk Sucul Yaşam Dergisi, 5-8: 267-277.
- [6] Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü 2009 Yılı Faaliyet Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- [7] T.C. Takat Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Takat İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Tokat, 2019
- [8] Tokat Valiliği Tokat Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Tokat İli 2018 Yılı Tarım İstatistikleri, Tokat, 2019.
- [9] Almus İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Almus İlçesi 2018 Yılı Balık Üretim İstatistikleri



## GÜÇ SİSTEMİNDE İKİ AŞAMALI GÜRBÜZ BİR YÖNTEM İLE DURUM KESTİRİMİ

Cenk Andic<sup>1\*</sup>, Ali Öztürk<sup>2</sup>, Salih Tosun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar A.B.D.

cnkandic@gmail.com

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

aliozturk@duzce.edu.tr

<sup>3</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

salih Tosun@duzce.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Güç sisteminde durum kestirimi, güç sisteminin modellenmesi, izlenmesi, işletilmesi ve kontrol edilmesi işlemlerinin en önemli bir bölümüdür. Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) ve Fazör Ölçüm Birimleri (FÖB)'ten elde edilen ölçüm verileri ile sistemde bulunan baraların gerilim genlik ve açı değerleri bulunmaktadır. Ancak yapılan her bir ölçüm, ölçmeden kaynaklanan bir hata ya da verilerin kontrol merkezine iletilmesi esnasında bir miktar gürültü hatası içermektedir. Güç sistemlerinde durum kestiriminin amacı ise ölçüm hatalarını minimize edecek şekilde baraların gerilim fazörlerini bulabilmektir. Durum kestirimi problemi genellikle Ağırlıklı En Küçük Kareler (AEKK) yöntemi ile çözülmektedir. Ancak yanlış ölçüm sonuçları hesaba katıldığında (kaldıraç noktaları), AEKK yönteminin sonuçları yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada ise AEKK yöntemine alternatif olarak, IEEE'nin 14 baralı test sistemi üzerinde iki aşamalı gürbüz bir yöntem kullanılarak durum kestirimi gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada SCADA'dan elde edilen ölçüm verileri kullanılarak doğrusal olmayan bir durum tahmincisi olan Tekrarlı Yeniden-Ağırlıklandırılmalı En Küçük Kareler (TYEKK) yöntemi ile durum kestirimi yapılmaktadır. İlk aşamada her bir ölçümün bir miktar hata içerdiğini ve bu hataların Gauss dağılımına sahip olduğu varsayımı kabul edilmiştir. İkinci aşamada ise TYEKK yönteminin durum kestirimi sonuçlarının doğruluğunu test etmek amaçlı ise PMU cihazlarından elde edilen ölçüm verileri ile doğrusal bir durum tahmini yapılmaktadır. İki aşamalı gürbüz durum kestirimcisinin performansını denetlemek için ölçüm veri grubuna bir kötü veri (yanlış ölçüm) eklenmiştir. Hatalı ölçüm verisini elimine etme başarısı açısından iki aşamalı gürbüz durum kestirimcisinin sonuçları ile geleneksel AEKK yönteminin sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda iki aşamalı gürbüz durum kestirimcisinin kabul edilebilir doğruluk değerine sahip olduğu ve hatalı veriyi başarıyla elimine ettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İki Aşamalı Gürbüz Durum Kestirimcisi, Durum Kestirimi, Hatalı Veri, Güç Sistemleri.

### 1. Giriş

Enerji yönetim sistemindeki durum tahmini ile elde edilen doğru durum bilgisi, güç sistemlerindeki çeşitli uygulamalar için örneğin, statik güvenlik analizi, beklenmedik durum (arıza) analizi ve optimal yük dağıtımı vb. uygulamalar için önemlidir [1]. Durum tahmininin amacı, bir dizi ölçümler ve doğru şebeke parametreleri verilen mevcut sistemin durumu için en iyi tahmini almaktır [2]. Bu nedenle, bir tahmin edicinin performansı, elde edilen ölçümlerin doğruluğuna ve ölçüm veri grubuna uygun görülen tahmin modeline bağlıdır. Bununla birlikte her ölçümde her ne kadar istenirse de bir miktar cihazların gürültüsü ya da ölçüm hataları adı verilen kötü veri (bad data) içermektedir. Şebekenin bazı parametreleri ise ortamın ya da zamanın değişmesi ile farklılık göstermektedir. Örneğin iletim hatlarının empedans değerleri ortamın sıcaklığına bağlı olarak değişebilir ve bu durum durum tahmin modelinde belirsizlikleri ifade etmektedir. Buna ek olarak, yeterli alan bilgisi veya ölçüm cihazlarının kalibrasyon eksikliği hatalı sıfır enjeksiyonların oluşmasına sebep olabilmektedir [3]. Bu nedenle, tüm bu belirsizlikleri hesaba katan ölçüm gürültüsü pratik olarak değeri bilinmemektedir. Ölçüm cihazlarından elde edilen ölçümlerdeki hatayı bulabilmek için çeşitli yöntemler önerilmektedir, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ölçümlerindeki hatayı ele almak ve Phasor Measurement Unit (PMU) ölçümleri kullanılarak geliştirilmiş SCADA hata işleme yöntemlerine sahip çeşitli yöntemler önerilmektedir [4]. Ölçümlerde meydana gelen hatayı en aza indireyecek şekilde çeşitli gürbüz tahmin ediciler kullanılmaktadır (en küçük medyan karesi, M-tahmin edicisi vb.). Tahmin edicilerin amacı ölçümlerde meydana gelen hatayı belirlemek daha sonrası iyi ya da kötü olarak sınıflandırmak ve kötü olan ölçüm hatalarını elimine etmektir. [5]-[9]. Her bir ölçümde hata meydana gelmektedir ve bazı yöntemlerde hataların Gauss dağılımına sahip olduğu varsayılmaktadır. Ek olarak, PMU cihazlarından gelen ölçümler gürbüz tahmin edicinin performansını kötü verilere karşı oldukça arttırmaktadır.

Bu çalışmada ise iki aşamalı gürbüz durum tahmin edicisi kullanılmaktadır. İlk aşamada SCADA sisteminden gelen ölçüm verilerini kullanarak lineer olmayan bir durum tahmini yapılmaktadır. İkinci aşamada ise, ilk aşamadan elde edilen durum tahmini sonuçlarının doğruluğunu arttırmak için PMU cihazından gelen ölçüm verileri ile ilk aşamadan gelen durum tahmini sonuçları kullanılarak lineer durum tahmini yapılmaktadır. Scheweppe tipi Huber M-tahmin edicisi ile projeksiyon istatistiklerini kullanarak kötü ölçüm verileri ve





atalı sıfır enjeksiyon değerleri yok edilebilmektedir. Durum tahmin edicisinin doğru ölçeklendirilmesi ile Gauss dağılımına sahip olmayan ölçüm gürültüsünün etkileri etkili bir şekilde sınırlandırılmaktadır.

## 2. İki Aşamalı Gürbüz Tahmin Modeli

İki aşamalı gürbüz tahmin modelinde, ilk aşamada SCADA sisteminden elde edilen ölçüm verilerini kullanarak gürbüz lineer olmayan tahmin yapılmaktadır. İkinci aşamada ise ilk aşamadan elde edilen tahmin sonuçları ile PMU cihazlarından elde edilen ölçüm verileri kullanılarak gürbüz lineer tahmin yapılmaktadır.

### 2.1. Aşama 1: SCADA Ölçümleri Kullanılarak Gürbüz Lineer Olmayan Durum Tahmini

Projeksiyon istatistikleri kullanılarak Gauss olmayan ölçüm hataları büyük ölçüde sınırlandırılmış olur. Gürbüz tahmin edici, ölçüm veri grubuna kötü verilerin karışması durumunda dahi Denklem 1’de belirtilen amaç fonksiyonunu minimize etmeyi hedeflemektedir.

$$J = \sum_{i=1}^m w_i^2 \rho(rs_i) \quad (1)$$

Denklem 1’de belirtilen  $w_i$ , kaldıraç noktalarının etkisini sınırlandırmak için kullanılan ağırlık matrisidir Açık hali Denklem 2’de gösterilmektedir.

$$w_i = \min\left(1, \frac{d^2}{PS_i^2}\right) \quad (2)$$

Denklem 2’de belirtilen  $d$ , Gauss dağılımında iyi istatistiksel verimlilik sağlamak için  $d=1.5$  alınmaktadır.  $d$  için daha doğru bir değer atamak için Chi-square yöntemi kullanılmaktadır. Denklem 2’de belirtilen  $PS_i$  ise  $i$ . ölçümdeki kaldıraç noktalarının belirlenmesi için kullanılmaktadır.  $\rho(\cdot)$  amaç fonksiyonudur. Standart tahmin ediciler ölçüm hatalarını minimize ederken, gürbüz tahmin ediciler fonksiyonu minimize etmektedir. Lineer olmayan Huber- $\rho$  fonksiyonu amaç fonksiyonu olarak tercih edilmektedir ve Denklem 3’te gösterilmektedir [10].

$$\rho(rs_i) = \begin{cases} \frac{1}{2} rs_i^2 & |rs_i| < c \\ c|rs_i| - c^2/2 & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (3)$$

Denklem 3’te belirtilen  $rs_i$ ,  $i$ . ölçümde meydana gelen ölçüm artışının ölçeklendirilerek standartlaştırılmasıdır.  $rs_i = r_i/s.w_i$  şeklinde artık değerler standartlaştırılır ve  $s$  değeri ise Denklem 4’te ifade edilmektedir. Ölçümler, aykırı ölçümler içerdiğinden standart sapma değişimi iyi bir ölçü değildir. Denklem 3’te belirtilen  $c$  ise Huber- $\rho$  fonksiyonun ayar sabiti olarak ifade edilir.

$$s = 1.4826 \cdot b_m \cdot \text{median}_i |r_i - \text{median}_j(r_j)| \quad (4)$$

Denklem 4’te belirtilen  $b_m$  ve Denklem 5’te belirtilen  $f_m$  doğrulama faktörüdür. Denklem 4, Gauss dağılıma sahip ölçüm hataları için geçerlidir. Eğer ölçüm hataları Gauss olmayan bir dağılıma sahip ise  $s$  değeri Denklem 5’te ifade edilmektedir.

$$s = 1.1926 \cdot f_m \cdot \text{lomed}_{i=1, \dots, m} \text{lomed}_{j \neq i} |r_i - r_j| \quad (5)$$

Denklem 1’in minimize edilmesi için, denklemin 1. Dereceden kısmi türevi alınıp sıfıra eşitlenmektedir. Aşağıda Denklem 6’da gösterilmektedir.

$$\frac{\partial J}{\partial x} = \sum_{i=1}^m -\frac{w_i a_i}{s_i^2} \psi(rs_i) = 0 \quad (6)$$

Denklem 6’da yer alan  $\psi(rs_i) = \partial \rho(rs_i) / \partial rs_i$  olarak ifade edilmektedir.  $a_i$  ise Jacobian matrisin ( $H = \partial h / \partial x$ )  $i$ . köküdür. İşlemler [10]’da belirtildiği üzere devam edilir ve iterasyon, yakınsama şartını sağlayana kadar devam etmektedir. Yakınsama şartı Denklem 7’de gösterilmektedir.

$$|\Delta x_k|_\infty = |x_{k+1} - x_k|_\infty \leq 10^{-2} \quad (7)$$

1. aşama ile lineer olmayan durum tahmini sonucu elde edilmektedir.

### 2.2. Aşama 2: PMU Ölçümleri Kullanılarak Gürbüz Lineer Durum Tahmini

Aşama 2’de ise 1. aşamadan elde edilen sonuçlar ile PMU cihazından elde edilen ölçüm verileri kullanılarak lineer durum tahmini yapılmaktadır. Şekil 1’de PMU cihazından gelen ölçümler ve ilk aşamadan elde edilen durum tahmini sonucu oluşan matris gösterilmektedir.



$$M = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ V_I \end{bmatrix}_{SE} \\ \begin{bmatrix} V_R \\ V_I \end{bmatrix}_{PM} \\ \begin{bmatrix} I_R \\ I_I \end{bmatrix}_{PM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \\ H_{31} & H_{32} \\ H_{41} & H_{42} \\ H_{51} & H_{52} \\ H_{61} & H_{62} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ V_I \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{VR}^{SE} \\ e_{VI}^{SE} \\ e_{VR}^{PM} \\ e_{VI}^{PM} \\ e_{IR}^{PM} \\ e_{II}^{PM} \end{bmatrix}$$

Şekil 1. İkinci aşama ile elde edilen yeni durum matrisi.

Şekil 1’de belirtilen *SE* ilk aşamadan elde edilen durum tahmini sonuçlarıdır, *PM* kısmı ise PMU cihazından elde edilen çözümlerin rotasyonel matris ile çarpılmış halidir. *R* ve *I* ile belirtilenler ise gerilim ve akımın reel ve imajiner bileşenleridir. Yeni durum matrisinin matris ile kısa gösterimi Denklem 8’de gösterilmektedir.

$$[M] = [H'].[V] + [e] \quad (8)$$

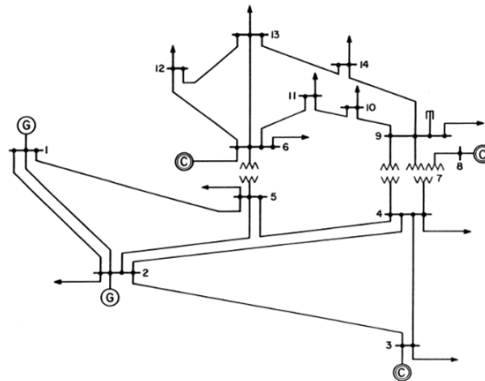
Lineer olarak durum tahmini yapılması bir farklı gösterim olarak Denklem 9’da gösterilmektedir.

$$Z = Ax + e \quad (9)$$

Denklem 9’da belirtilen  $Z = [x_s \ x_p]^T$  arttırılmış ölçüm vektörüdür,  $x_s$  ise ilk aşamadan elde edilen gürbüz durum vektörüdür ve  $A = [I \ M]^T$  şeklinde bir sabit matristir;  $I$  ise birim matristir ve  $M$  matrisi, PMU ölçümleri ile durum vektörü arasındaki ilişkiyi temsil eden bir sabit matristir.  $e$  hata vektörü ise  $e = [e_s \ e_p]^T$  olarak ifade edilmektedir. Kovaryans matrisi köşegenel olduğu için işlemlerin devamında Cholesky ayrıştırma yöntemi kullanılmaktadır. İşlemlerin devamı [10]’da gösterilmektedir.

### 3. Problemin Tanıtılması

Şekil 2’de IEEE-14 baralı test sistemi gösterilmektedir. Durum tahmininin amacı sistemdeki 14 baranın gerilim genlik ve açı değerlerinin ( $V\angle\delta$ ) bulunulmasıdır. Durum tahmini için gerekli olan ölçüm veri grubu Tablo 1’de gösterilmektedir.



Şekil 2. IEEE-14 baralı test sistemi.



**Tablo 1. IEEE-14 baralı test sistemi için gerekli ölçüm veri grubu (p.u.) [11].**

<i>Ölçüm Sırası</i>	<i>Ölçüm Değeri</i>	<i>Baradan</i>	<i>Baraya</i>
<b>Gerilim Genlik Büyüklüğü</b>			
1	1.0600	1	0
<b>Gerilim Açı Değeri</b>			
2	0.0000	1	0
<b>Aktif Güç Enjeksiyonu</b>			
3	-0.9420	3	0
4	-0.4780	4	0
5	0.0000	8	0
6	-0.0900	10	0
7	-0.0350	11	0
8	-0.0610	12	0
9	-0.1490	14	0
<b>Reaktif Güç Enjeksiyonu</b>			
10	0.0439	3	0
11	0.0390	4	0
12	0.1736	8	0
13	-0.0580	10	0
14	-0.0180	11	0
15	-0.0160	12	0
16	-0.0500	14	0
<b>Aktif Güç Akışı</b>			
17	1.5683	1	2
18	0.7319	2	3
19	-0.5446	4	2
20	0.2809	4	7
21	-0.4061	5	2
22	0.1774	6	13
23	-0.0728	11	11
24	0.0161	12	13
<b>Reaktif Güç Akışı</b>			
25	-0.2039	1	2
26	0.0357	2	3
27	0.0339	4	2
28	-0.0942	4	7
29	-0.0163	5	2
30	0.0716	6	13
31	-0.0335	11	6
32	0.0074	12	13



IEEE-14 baralı test sisteminde durum tahmini için en çok kullanılan yöntem olan Weighted Least Squares (WLS) ile 2 aşamalı gürbüz tahmin etme yöntemi uygulanmaktadır. Benzetim sonuçları Bölüm 4'te verilmektedir. Eğer Tablo 1'de belirtilen ölçüm veri grubuna kötü veri (bad data) olarak ifade edilen yanlış ölçüm sonucu eklendiği varsayılırsa belirtilen iki yöntemin kötü veriyi durum tahmini sonuçlarına yansıtma performansları ya da kötü veriyi elimine etme performansları Bölüm 4'te verilmektedir.

#### 4. Benzetim Sonuçları

Tablo 1'de verilen ölçüm verilerini kullanılarak WLS yöntemi ile 2 aşamalı gürbüz tahmin yöntemi IEEE-14 baralı test sistemi için durum tahmini sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. İki yöntemin durum tahmini sonuçları, IEEE-14 baralı test sisteminin gerçek durum vektörü değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Gerçek durum vektörü ise [11] çalışmadan elde edilmiştir. Tablo 3'te ise iki yöntemin durum tahmini sonuçlarının gerçek durum vektörü ile karşılaştırılmasının hatasız olarak en büyük hata, ortalama hata olarak değerlendirilmesi gösterilmektedir.

**Tablo 2. Durum kestirimi sonuçları.**

<i>2 Aşamalı Gürbüz Durum Kestirimi</i>				<i>Weighted Least Squares</i>			<i>Gerçek Durum Değerleri</i>		<i>Durum Vektörü</i>	
<i>Bara Sırası</i>	<i>Gerilim Genlik (p.u.)</i>	<i>Gerilim (°)</i>	<i>Açı</i>	<i>Gerilim Genlik (p.u.)</i>	<i>Gerilim (°)</i>	<i>Açı</i>	<i>Gerilim Genlik (p.u.)</i>	<i>Gerilim (°)</i>	<i>Gerilim</i>	<i>Açı</i>
1	1.0600	0.0000		1.0584	0.0000		1.06	0		
2	1.0450	-4.9800		1.0451	-5.0258		1.045	-4.98		
3	1.0100	-12.7200		1.0046	-12.7546		1.01	-12.72		
4	1.0186	-10.3200		1.0083	-10.2142		1.019	-10.32		
5	1.0203	-8.7800		1.0118	-8.7264		1.020	-8.779		
6	1.0698	-14.2200		1.0700	-14.4443		1.070	-14.22		
7	1.0619	-13.3700		1.0457	-13.2372		1.062	-13.37		
8	1.0900	-13.3700		1.0800	-13.2371		1.090	-13.37		
9	1.0561	-14.9500		1.0305	-14.8206		1.056	-14.95		
10	1.0511	-15.1000		1.0299	-15.0364		1.051	-15.10		
11	1.0569	-14.8000		1.0461	-14.8553		1.057	-14.79		
12	1.0550	-15.0800		1.0533	-15.2946		1.055	-15.08		
13	1.0502	-15.1600		1.0466	-15.3285		1.050	-15.16		
14	1.0356	-16.0400		1.0193	-16.0727		1.036	-16.04		

Tablo 2'de belirtildiği üzere 2 aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemi sonuçlarının, WLS yöntemi sonuçlarından daha başarılı olduğu görülmektedir.

Eğer Tablo 1'deki 18. ölçüm olarak gösterilen ( $P_{23} = 0.7319$  p.u.) değeri, ( $P_{23} = 1.00$  p.u.) olarak değiştirilirse iki yöntemin durum tahmini sonuçları nasıl değişeceği Tablo 3'te gösterilmiştir. Kötü veri değeri az gibi görünse de bu çalışmada  $S_{BAZ} = 100$  MVA alındığı için aslında 26.81 MW'lık bir yanlış ölçüm değerinden bahsedilmektedir. Bu değer ölçüm cihazının ölçme tolerans payını oldukça aşan bir değer olduğu için yeni  $P_{23}$  ölçüm verisi kötü veri olarak adlandırılabilir.



**Tablo 3. Kötü veri içeren durum tahmini sonuçları.**

<i>Tekrarlı Yeniden Ağırlıklılandırılmalı En Küçük Kareler Yöntemi</i>		<i>En Ağırlıklı En Küçük Kareler Yöntemi</i>		<i>Gerçek Değerleri</i>		<i>Durum</i>	<i>Vektörü</i>
<i>Bara Sırası</i>	<i>Gerilim Genlik (p.u.)</i>	<i>Gerilim (°)</i>	<i>Açı</i>	<i>Gerilim Genlik (p.u.)</i>	<i>Gerilim (°)</i>	<i>Açı</i>	<i>Gerilim Genlik (°)</i>
1	1.0599	0.0000	1.0619	0.0000	1.06	0	
2	1.0449	-4.9800	1.0485	-5.0100	1.045	-4.98	
3	1.0094	-12.8000	1.0079	-12.7117	1.01	-12.72	
4	1.0179	-10.4000	1.0118	-10.1828	1.019	-10.32	
5	1.0201	-8.7800	1.0152	-8.6985	1.020	-8.779	
6	1.0697	-14.3984	1.0686	-15.4700	1.070	-14.22	
7	1.0612	-13.4500	1.0442	-13.1873	1.062	-13.37	
8	1.0893	-13.4500	1.0785	-13.1888	1.090	-13.37	
9	1.0560	-14.7723	1.0290	-16.2000	1.056	-14.95	
10	1.0510	-14.9884	1.0184	-16.3500	1.051	-15.10	
11	1.0568	-14.8089	1.0447	-16.0400	1.057	-14.79	
12	1.0549	-15.2491	1.0518	-16.3300	1.055	-15.08	
13	1.0501	-15.2828	1.0452	-16.4100	1.050	-15.16	
14	1.0355	-16.0257	1.0178	-17.2900	1.036	-16.04	

Tablo 3'ten görülebileceği üzere  $P_{23}$  ölçüm verisinde meydana gelen değişiklik, her iki yönteminde durum tahmini sonuçlarını olumsuz yönde etkilemektedir. Tablo 1'de verilen 32 ölçüm veri grubundan sadece bir tanesinde kötü veri olduğu durumda dahi durum tahmini sonuçları önemli ölçüde bozulmaktadır. İki yöntemin durum tahmini sonuçlarında 2 aşamalı gürbüz durum kestiriminin daha doğru sonuçlar verdiği gözükmektedir.

## 5. Sonuçlar

Güç sistemlerinin işletilmesi, kontrol edilmesi ve planlanması için durum tahmininin yapılması gerekmektedir. Durum tahmini problemi için genellikle WLS yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemi ile WLS yönteminin durum tahmini sonuçları karşılaştırılmıştır. Tablo 2'den görüleceği üzere iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemi gerilim genlik ve fazör değerlerinde neredeyse sıfır hata ile oldukça başarılı sonuçlar elde etmektedir. Gerilim genliğindeki mutlak hata oranlandığında, iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemiyle elde edilen durum tahmini sonuçlarının yaklaşık 65 kat daha iyi olduğu gözükmektedir. Gerilim açısı olarak oranlandığında ise iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yönteminin 20 kat daha iyi sonuç verdiği gözükmektedir. Sistemin ölçüm veri grubuna bir adet kötü veri eklenildiğinde ise Tablo 3'ten anlaşılacağı üzere iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemi başarısını korumaktadır. Durum tahmin edicileri gerçek sistemde kullanılmak istenildiğinde ölçü trafolarında meydana gelebilecek herhangi bir hatadan kaynaklanan yanlış ölçümler karşısında tahmin edicinin hatalı veriyi elimine etme performansı oldukça önemlidir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre iki aşamalı gürbüz durum kestirimi yöntemi güç sistemlerinde durum tahmini problemi için oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.

## 6. Kaynakça

- [1] Huang, Y. F., Werner, S. F., Huang, J., Kashyap, N., and Gupta, V. "State Estimation In Electric Power Grids: Meeting New Challenges Presented By The Requirements Of The Future Grid," *IEEE Signal Proc Mag.* c. 29, s. 5, ss. 33–43, 2012.
- [2] Abur, A. and Gómez-Expósito, A. *Power System State Estimation-Theory And Implementation*, New York: Marcel Dekker, 2004.
- [3] Pires, R. C., Mili, L. And Lemos, F. "Constrained Robust Estimation Of Power System State Variables And Transformer Tap Positions Under Erroneous Zero-Injections," *IEEE Trans. Power Syst.*, c. 29, s. 3, ss. 1144–1152, 2014.
- [4] Zhao, J. B., Zhang, G. X., Scala, M. L. and Zhang, J. H. "Multistage Phasoraided Bad Data Detection And Identification," in *Proc. IEEE Power Eng. Soc. General Meeting*, ss. 26-30, 2015.
- [5] Monticelli, A. "Electric Power System State Estimation," *Proc. IEEE*, c. 88, s. 2, ss. 262–282, 2000.





- [6] Mili, L., Phaniraj, V. and Rousseeuw, P. "Least Median Of Squares Estimation In Power Systems," *IEEE Trans. Power Syst.*, c. 6, s. 2, ss. 511–523, 1991.
- [7] Chen, J. and Abur, A. "Placement Of Pmus To Enable Bad Data Detection In State Estimation," *IEEE Trans. Power Syst.*, c. 21, s. 4, ss. 1608– 1615, 2006.
- [8] Korres, G. N. And Manousakis, N. M. "State Estimation And Bad Data Processing For Systems Including PMU And SCADA Measurements," *Elect. Power Syst. Res.*, c. 81, s. 7, ss. 1514–1524, 2011.
- [9] Gou, B. and Kavasseri, R. G. "Unified PMU Placement For Observability And Bad Data Detection In State Estimation," *IEEE Trans. Power Syst.*, c. 29, s. 6, ss. 2573–2580, 2014.
- [10] Zhao, J., Gexiang, Z., and Massimo, L. S. "A two-Stage Robust Power System State Estimation Method With Unknown Measurement Noise." *2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM)*. ss. 1-5, 2016.
- [11] Andiç, C., Öztürk, A. and Tosun, S. "Güç Sisteminde Durum Kestiriminin Tekrarlı Yeniden-Ağırlıklandırılmalı En Küçük Kareler Yöntemi İle İncelenmesi," *Basımda IMASCON-19 Bahar*, 2019.



## KARGA ARAMA ALGORİTMASI KULLANILARAK VALF NOKTA ETKİLİ EKONOMİK YÜK DAĞITIMI PROBLEMİNİN ÇÖZÜLMESİ

Cenk Andıç<sup>1\*</sup>, Ali Öztürk<sup>2</sup>, Salih Tosun<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar A.B.D.

cnkandic@gmail.com

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

aliozturk@duzce.edu.tr

<sup>3</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

salih Tosun@duzce.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Ekonomik Yük Dağıtım (EYD) problemi, termik üretim birimleri içeren güç sistemlerinin işletilmesinde oldukça önemlidir. Termik üretim birimlerinin girdi olarak hammadde yakmalarından dolayı işletilmeleri esnasında bir yakıt maliyetleri oluşmaktadır. EYD problemi sistemdeki yükün talep ettiği aktif gücün, termik üretim birimlerinin yakıt maliyetleri göz önünde bulundurularak karşılanmasıdır. Termik üretim birimlerinin valf nokta etkileri ihmal edildiğinde yakıt maliyet fonksiyonu 2. dereceden bir fonksiyon ile ifade edilmektedir. EYD problemleri karmaşık olmasından dolayı sezgisel yöntemler ile çözülmektedir. Bu çalışmada ise yakıt maliyeti fonksiyonuna buhar türbinlerinin valf nokta etkileri dahil edilmiştir. Böylelikle optimal çözümün bulunması oldukça zorlaşmıştır ve konveks olmayan bir problem haline dönüşmüştür. Valf nokta etkili EYD problemi, iki farklı güç sistemi üzerinde çeşitli sınırlamalar altında, Karga Arama Algoritması (KAA) kullanılarak çözülmüştür. KAA'nın sonuçları, çeşitli sezgisel yöntemlerin (Genetik Algoritma, Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması) sonuçları ile karşılaştırılmıştır. EYD problemi için KAA sonuçlarının optimal çözümleri verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Karga Arama Algoritması, Ekonomik Yük Dağıtım, Valf Nokta Etkisi

### 1. Giriş

Teknolojinin büyümesi ile birlikte güç sistemlerinde enerji talebi her geçen gün artmaktadır ve bu durum güç sistemlerinin yapısını daha da karmaşıklaştırmaktadır. Enerji talebinin artması ve talebi karşılayacak enerji kaynaklarının yetersiz kalması sebebiyle güç sistemlerinin işletiminin planlanması ve en uygun koşullarda işletilmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle güç sistemlerinde EYD, reaktif güç optimizasyonu ve optimal güç akışı çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Güç sistemlerinin daha verimli işletilebilmesi için EYD probleminin çözümü artarak önem kazanmaktadır. EYD problemi yükün talep ettiği güce, santrallerin üretebilecekleri kapasite limitleri dikkate alınarak, jeneratörlerin yakıt maliyetlerinin en aza indirgenmesinden ibarettir [1]. Güç sistemlerinde jeneratörlerin yakıt maliyetlerinin en aza indirilmesi işleminde jeneratörlerin ürettikleri güçler, jeneratörlerin çalışma sınır aralıkları olan en büyük ve en küçük limit aralığında optimal değerde olması beklenmektedir [2].

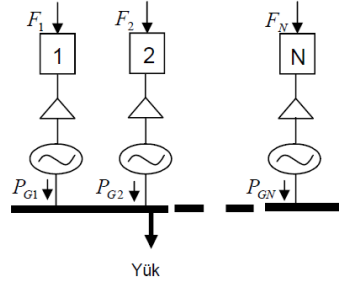
Günümüzde EYD probleminin çözülmesinde uygulanan matematiksel yöntemlere alternatif bir şekilde güvenilen, hızlı ve etkili optimizasyon algoritmaları olan sezgisel yöntemler uygulanmaktadır. Bouktir v.d [3] çoklu Parçacık Sürüsü Optimizasyon (PSO) algoritmasını uygulayarak çevresel ve EYD problemini araştırmışlardır. Younes v.d [4] IEEE'nin 3 farklı güç sisteminde en az yakıt maliyetinde jeneratörlerin aktif ve reaktif güç değerlerini Genetik Algoritma (GA) uygulayarak elde etmişlerdir. Cai v.d [5] kaotik karınca sürüsü optimizasyon algoritmasını uygulayarak EYD sorununu araştırmışlardır. Sinha v.d [6] evrim programlama yöntemlerinin EYD sorununun çözümündeki başarımını incelemişlerdir. Prasanna v.d [7] IEEE'nin güç sisteminde hem evrim programlama algoritması hem de tabu arama algoritmasını dahil eden bir melez fuzzy izlemine ilgili algoritma ile EYD sorununu incelemişlerdir. Selvakumar ve Thanushkodi [8] yeni PSO algoritması uygulayarak EYD sorununu incelemişlerdir. Wang ve Singh [9] değişiklik yapılmış PSO algoritmasını uygulayarak IEEE'nin bir güç sisteminde çevresel etkileride dahil edilen EYD sorununu çözmüşlerdir. Demirören ve Zeynelgil [10] GA uygulayarak çevresel etkileri dahil etmiştir ve EYD sorunuyla ilgilenmişlerdir. Altun ve Yalçınöz [11] GA, hopfield ve fazla saklı tabakalı yapay sinir ağı yöntemlerini uygulayarak EYD problemini araştırmışlardır. Mohamed ve Koivo [12] çoklu optimizasyon algoritmasını değerlendirerek mikro şebekeli bir güç sisteminde ekonomik ve çevresel yönden EYD problemini çözmüşlerdir. Yalçınöz ve Short [13] EYD sorununu hopfield yapay sinir ağını uygulayarak değerlendirmişlerdir. Mousa [14] hibrit karınca optimizasyon tekniğini uygulayarak EYD sorununu hem iktisadi hem de çevresel açıdan SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> gaz emisyonlarını en aza indirecek şekilde incelemiştir. Jeddi ve Vahidinasab [15] modifiye edilmiş uyum arama yöntemi ile EYD sorununu hem çevresel hem de ekonomik olarak gerçek bir güç sistemini incelemiştir. Dosoglu v.d [16] simbiyotik organizmalar arama yöntemi kullanarak EYD problemini farklı test kısıtlamaları olan çeşitli test durumları ile incelemişlerdir.



Bu çalışmada ise EYD problemi için 2016 senesinde öne sürülen Karga Arama Algoritması (KAA) kullanılmıştır. KAA yöntemi ile [17] çalışmasında yer alan 6 baralı test sistemi ve IEEE 30 baralı test sisteminde ilk olarak valf nokta etkisiz olarak EYD problemi çözülmüştür. İkinci olarak daha gerçekçi bir maliyet analizi yapabilmek için valf nokta etkisi dahil edilerek problem yeniden çözülmüştür. KAA'dan elde edilen sonuçlar, Genetik Algoritma (GA) ve Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması (SOAA) sonuçları ile karşılaştırılmıştır ve KAA'nın daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

## 2. Ekonomik Yük Dağıtımı

EYD problemi, güç sistemlerindeki artan yük taleplerini jeneratörlerin yakıt maliyetini en aza indirmek amaçlı, jeneratörlerin çalışma sınır aralığını göz önünde bulundurarak eş zamanlı olarak paylaşılması ile çözülür. Ekonomik yük dağıtımı, belirli kısa periyotlar ile istenilen yük istikametinde sistemde bulunan tüm üretim birimleri için güç paylaşılmasıdır [18]. Şekil 1'deki güç sisteminde yükün talep ettiği gücün, N adet termik santral tarafından karşılanması gösterilmektedir. Şekil 1'deki  $F_1, F_2, \dots, F_N$  ifadeleri her bir termik santralin yakıt maliyetini temsil etmektedir.



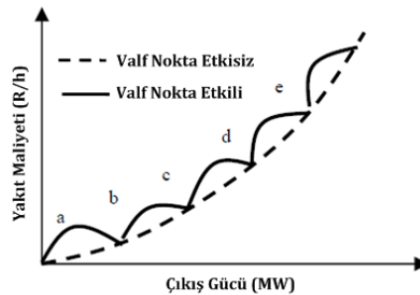
Şekil 1. Yükün talep ettiği gücü karşılayan N adet termik yakıtlı santral [20].

Yük tarafından talep edilen güçler, güç sisteminde bulunan termik santraller arasında paylaşılmaktadır. Termik santraller bu çıkış gücünü üretebilmek için yakıt yakmaktadırlar ve her bir termik santralin yakıt maliyeti fonksiyonu farklıdır. Ekonomik yük dağıtımının amacı, sistemde bulunan tüm termik santrallerin yakıt maliyet toplamını en aza indirecek şekilde şebekenin işletilmesidir, Denklem 1'de problemin amaç fonksiyonu ifade edilmektedir [1-16].

Amaç fonksiyonu;

$$C = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{Gi}) = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2) \quad (1)$$

Denklem 1'de yer alan  $P_{Gi}$ : i. termik santralin ürettiği aktif güç değeridir.  $a_i, b_i$  ve  $c_i$  ise yakıt maliyet fonksiyonu katsayılarıdır. Termik üretim birimlerinin yakıt maliyetleri Denklem 1'de gösterildiği gibi 2. Dereceden bir fonksiyon ile ifade edilir. Ancak gerçekte buhar türbinlerinin çıkış gücünü ayarlamak için valfler kullanılmaktadır. Valfler türbine giden buhar basıncı ayarlar iken verimliliği maksimum tutmayı hedeflemektedir. Eğer çıkış gücünde bir artma meydana gelirse, giriş gücünü arttırmak için valfler nozle'ları sırası ile uyararak devreye alır ancak kontrol mekanizması verimliliği maksimize etmeye çalışırken çıkış gücünde bir dalgalanma meydana gelir ve bu etkiye valf nokta etkisi adı verilir. Valf nokta etkisi ile EYD problemi konveks olmayan bir probleme dönüşür ve global çözüm noktası olmayan karmaşık bir problem halini alır. Şekil 2'de termik üretim birimlerinin valf nokta etkisiz ve etkili giriş-çıkış karakteristik eğrisi gösterilmektedir [17].



Şekil 2. Valf nokta etkili termik üretim birimlerinin giriş-çıkış karakteristikleri.

Denklem 2'de ise valf nokta etkisi dahil edilen bir termik santralin yakıt maliyet fonksiyonu verilmektedir.

$$C = \text{Min} \sum_{i=1}^N F_i(P_{Gi}) = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2 + |d_i \sin(e_i (P_{Gi}^{min} - P_{Gi}))|) \quad (2)$$



Denklem 2’de yer alan  $|d_i \sin(e_i(P_{Gi}^{min} - P_{Gi}))|$  ifadesi valf nokta etkisini ifade etmektedir.  $d_i$  ve  $e_i$  ise valf nokta etkisini gösteren yakıt maliyet fonksiyonu katsayılarıdır.

Bu problemde kısıt fonksiyonlarından biri olarak jeneratörlerin çalışma sınır değerleri Denklem 3’de belirtilmiştir, jeneratörlerin üretim güçleri belirtilen sınır değerleri arasında olmak zorundadır ve diğer kısıt fonksiyonu olan sistemin güç dengesi eşitliği ise Denklem 4’de gösterilmiştir.

Kısıt fonksiyonları;

$$P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max} \quad i = 1, \dots, N \quad (3)$$

$$KF = \sum_{i=1}^N P_{Gi} - P_D - P_L = 0 \quad (4)$$

Denklem 4’te gösterilen  $P_{Gi}$  sistemdeki termik santrallerin ürettikleri güç miktarını,  $P_D$  sistemden bulunan yüklerin talep ettiği güç miktarını ve  $P_L$  ise sistemde meydana gelen iletim kayıplarını temsil etmektedir. Denklem 5’te ise iletim kayıplarının  $P_L$  formülü gösterilmektedir. Denklem 5’te ise belirtilen  $B_{ij}$  kayıp matrisinin elemanlarını temsil etmektedir.

$$P_L = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^N B_{0i} P_i + B_{00} \quad (5)$$

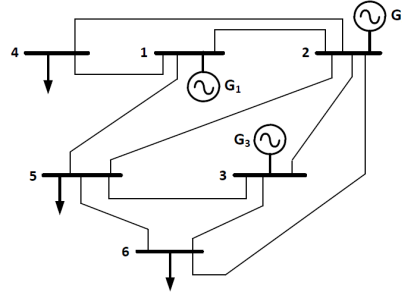
Özetle, Denklem 5’de gösterilen denklem aslında KAA’da amaç fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. Amaç fonksiyonunda kullanılan değişkenlere ( $P_{Gi}$ ), Denklem 3’te belirtilen limit değerleri aralığında rastgele değerler verilmektedir. Denklem 4’te ise termik santrallerin ürettikleri güç değeri güç dengesi açısından talep edilen güçleri ve kayıpları karşılamak zorundadır.

### 3. Problemin Tanıtılması

Bu çalışmada [17]’de yer alan 2 örnek test sistemi için EYD problemi valf nokta etkisiz ve etkili olarak KAA kullanılarak çözülmüştür. İlk olarak 6 baralı bir test sisteminde EYD problemi incelenmiştir. İkinci olarak IEEE 30 baralı test sistemi için EYD problemi çözülmüştür.

#### 3.1. 6 Baralı Test Sistemi

Şekil 3’te 3 jeneratöre sahip 6 baralı test sistemi gösterilmektedir. Bu sistemin KAA kullanılarak minimum işletme maliyeti sağlayacak şekilde jeneratörlerin en uygun çalışma koşulları belirlenerek EYD problemi çözülmüştür.



Şekil 3. 6 baralı 3 jeneratörlü test sisteminin tek hat şeması [17].

Tablo 1’de 6 baralı test sisteminde bulunan 3 jeneratörün çalışma sınır güç aralıkları ( $P_{min}-P_{max}$ ), yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları ( $a_i$ ,  $b_i$  ve  $c_i$ ) ile valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyon katsayıları ( $d_i$  ve  $e_i$ ) verilmektedir.

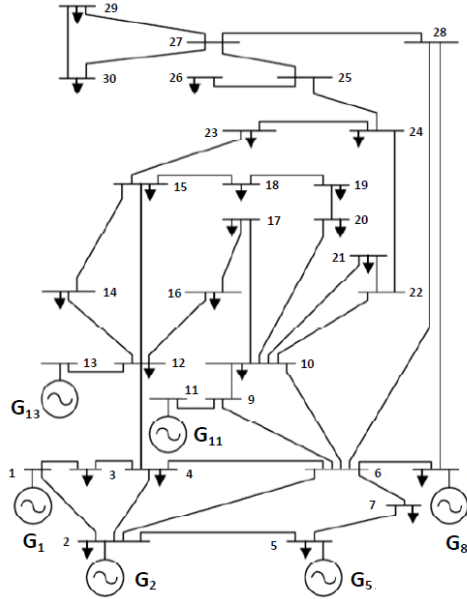
Tablo 1. 6 baralı test sisteminin yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları ve üretim sınır değerleri [17].

Bara Numarası	1	2	3
a	213.1	200.0	240.0
b	11.669	10.333	10.833
c	0.00533	0.00889	0.00741
d	130.0	90.0	100.0
e	0.0635	0.0598	0.0685
$P_{(min)}$ (MW)	50	37.5	45
$P_{(max)}$ (MW)	200	150	180



### 3.2. IEEE 30 Baralı Test Sistemi

Şekil 4'te 6 jeneratöre sahip IEEE 30 baralı test sistemi gösterilmektedir. Bu sistemin KAA kullanılarak minimum işletme maliyeti sağlayacak şekilde jeneratörlerin en uygun çalışma koşulları belirlenerek EYD problemi çözülmüştür.



Şekil 4. IEEE 30 baralı test sisteminin tek hat şeması [17].

Tablo 2'de ise IEEE 30 baralı test sisteminde bulunan 6 jeneratörün çalışma sınır güç aralıkları ( $P_{min}$ - $P_{max}$ ), yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları ( $a_i$ ,  $b_i$  ve  $c_i$ ) ile valf nokta etkili yakıt maliyet fonksiyon katsayıları ( $d_i$  ve  $e_i$ ) verilmektedir.

Tablo 2. IEEE 30 baralı test sisteminin yakıt maliyet fonksiyonu katsayıları ve üretim sınır değerleri [17].

Bara Numarası	1	2	3	4	5	6
a	150.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
b	2.0	2.5	1.00	3.25	3.00	3.0
c	0.0016	0.0100	0.0625	0.00834	0.025	0.025
d	50.0	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0
e	0.0630	0.0980	0.0	0.0	0.0	0.0
$P_{(min)}$ (MW)	50	20	15	10	10	12
$P_{(max)}$ (MW)	200	80	50	35	30	40

### 3.3. Karga Arama Algoritması

KAA, kargaların kendi aralarında etkileşim halinde olduğu düşüncesine dayanır. Kargaların etkileşiminden olan kasıt birbirlerinin uçuşlarını izlemeleri, izledikleri kargaların yiyeceklerini nereye sakladıklarını gözlemeleri ve yuvanın sahibi olan karganın yuvayı terk ettikten sonra izleyen karganın gelip yiyecekleri çalmasından esinlenilmiş bir algoritmadır. Bu yaklaşım optimizasyon yöntemi adı altında ilk kez Askarzadeh aracılığıyla 2016 senesinde sunulmuştur [18].

KAA, kargaların akıllıca davranışlarını temel alan, metasezgisel bir geliştirilmiş sürü algoritmasıdır. KAA'nın temel ilkeleri aşağıda listelenmiştir:

- Kargalar sürü şeklinde yaşarlar.
- Her bir karganın hafızasında yuvalarının konumu vardır.
- Kargalar yiyeceklerinin fazlasını yuvalarında depo ederler.
- Kargalar, diğer kargaların yiyeceklerini çalmak için birbirlerini izlerler.

KAA'sı, karga sürüsünde yer alan kargaların rastgele sahip oldukları konumlar ile başlar. Temel ilkelerde belirtildiği üzere kargalar, yiyeceklerinin fazlasını yuvalarında depo ederler ve her bir karga yuvasının konumunu ezberler. Karga sürüsünde yer alan iki





karganın ( $i$  ve  $j$ ) davranışlarını inceleyecek olursak,  $j$ . karganın yuvasına uçtuğunu varsayalım ve  $i$ . karga,  $j$ . kargayı takip etmeye başlar. Kargalar akıllı bir kuş oldukları için,  $i$ . karga  $j$ . karganın yuvasında yiyecekler depoladığını tahmin etmektedir ve bu sebeple onu takip etmektedir. Burada, iki durumun olması söz konusudur, ilk olarak  $j$ . karga takip edildiğini fark edecek ve yuvasına gitmekten vazgeçip  $i$ . karganın kafasını karıştırmak amacıyla arama uzayında rastgele bir yere gidecektir. Eğer  $i$ . karga rastgele gittiği yerde hafızasındaki mevcut konumdan daha çok yiyecek var ise  $i$ . karga yuvası olarak hafızasındaki konumu bulduğu yeni konum ile güncelleyecektir. İkinci durum olarak  $j$ . karga takip edildiğini fark etmeyecek ve yuvasına uçmaya devam edecektir. Bu durumda da eğer  $j$ . karganın yuvasındaki yiyecek,  $i$ . karganın yuvasındakinden daha çok ise  $i$ . karga hafızasındaki yuvanın konumunu,  $j$ . karganın yuvasının konumuyla güncelleyecektir, bu durumun algoritma şeması Şekil 5'te gösterilmiştir.

```

x(i,:)=xnew(i,:);
if ft(i)<fit_mem(i)
    em(i,:)=xnew(i,:);
    fit_mem(i)=ft(i);
end

```

Şekil 5. Karga hafızasının güncellenmesi.

Kargaların takip edildiğini fark edip etmemesi olarak ifade edilen farkındalık olasılığı (awareness probability), KAA'nın ayar parametrelerinden biridir. Farkındalık olasılığının algoritmada yer alması, algoritmaya sezgisellik katmıştır. Farkındalık olasılığı, KAA için Denklem 6'da gösterilmektedir.

$$x^{i,iter+1} = \begin{cases} x^{i,iter} + r_i x f l^{i,iter} x(m^{i,iter} - x^{i,iter}) & r_j \geq AP^{i,iter} \\ \text{bir rastgele konum} & \text{diğer durumda} \end{cases} \quad (6)$$

KAA için diğer ayar parametresi ise uçuş mesafesi (flight length)'dir. Uçuş mesafesi karganın uçabileceği menzili temsil etmektedir. Eğer takip edilen  $j$ . karga,  $i$ . karganın uçuş mesafesinin dışında ise menzilin dışında kalmasından dolayı  $i$ . karga,  $j$ . kargayı takip edemeyecektir. Algoritmada belirtilen iterasyon sayısı boyunca, bu işlemler yineleneyecektir. Her bir karganın iterasyon boyunca, yeni yerler keşfetmesi, yeni yerlerin mevcut en iyi konum ile karşılaştırılması ve mevcut konumdan daha iyi bir değer ise hafızada tutulan konumun güncellenmesi işlemleri zaman almaktadır. Bu sebeple algoritmanın hesaplama süresi diğer algoritmalara göre daha uzun sürmektedir. Şekil 6'da KAA'nın akış şeması gösterilmektedir [18].

```

Arama uzayındaki N karga sürüsünün konumunu rastgele başlat
Kargaların konumlarını değerlendir
Her karganın hafızasını sıfırla
while iter < iter_max
    for i = 1 : N (sürüde bulunan tüm N kargalar)
        Takip etmek için kargalardan rastgele birini seçin (örneğin j)
        Bir farkındalık olasılığı tanımlayın
        if r_j ≥ AP^{i,iter}
            x^{i,iter+1} = x^{i,iter} + r_i x f l^{i,iter} x(m^{i,iter} - x^{i,iter})
        else
            x^{i,iter+1} = arama uzayında rastgele bir konum
        end if
    end for
    Yeni konumların uygulanabilirliği kontrol et
    Kargaların yeni konumlarını değerlendir
    Kargaların hafızasını güncelle
end while

```

Şekil 6. Karga algoritmasının akış şeması.

### 3.4. Karga Arama Algoritmasının Probleme Uygulanması

Denklem 2'de EYD probleminin yakıt maliyetini en aza indirmek için kullanılan amaç fonksiyonu belirtilmektedir.

Amaç fonksiyonu.

$$AF = \text{Min} \sum_{i=1}^N (a_i + b_i P_{Gi} + c_i P_{Gi}^2 + |d_i \sin(e_i (P_{Gi}^{\text{min}} - P_{Gi}))|) \quad (7)$$

Denklem 2'de belirtilen  $a_i$ ,  $b_i$  ve  $c_i$  katsayıları jeneratörlerin yakıt maliyetini temsil eden fonksiyonun katsayılarıdır,  $d_i$  ve  $e_i$  ise jeneratörlerin valf nokta etkisini temsil etmektedir. 2 farklı test sistemi için ayrı ayrı EYD problemi çözümü KAA kullanılarak



yapılmıştır. Termik jeneratörlerin yakıt maliyeti fonksiyonlarında yer alan  $a_i$ ,  $b_i$ ,  $c_i$ ,  $d_i$  ve  $e_i$  katsayıları 2 test sistemi için Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmektedir. KAA’nın amacı, belirli değişken kısıtları altında Denklem 7’de verilen amaç fonksiyonunun en aza indirgenmesidir. EYD problemi için değişken kısıtları ise Denklem 8 ve 9’da gösterilmektedir.

Kısıt fonksiyonları;

$$\sum_{i=1}^N P_{Gi} - P_D - P_L = 0 \quad (8)$$

$$P_{Gi}^{min} \leq P_{Gi} \leq P_{Gi}^{max} \quad (9)$$

Denklem 8’de üretilen güç ile tüketilen güç dengesi şartı, birinci kısıt olarak belirtilmektedir. Jeneratörlerin ürettiği güçlerin toplamı, yükün talep ettiği gücü ve iletim hatlarında meydana gelen kayıpları karşılamak zorundadır. Yükün talep gücü,  $P_D$  olarak ifade edilmiştir. 6 baralı test sisteminde yüklerin sistemden talep ettiği toplam güç miktarı 210 MW’tır. 210 MW’lık talep edilen güç sistemde bulunan 3 termik jeneratör tarafından karşılanmaktadır. IEEE 30 baralı test sisteminde yüklerin sistemden talep ettiği toplam güç miktarı 283.4 MW’tır. 283.4 MW’lık talep edilen güç değeri sistemde bulunan 6 adet termik jeneratör tarafından karşılanmaktadır.

EYD probleminde jeneratörlerin yakıt maliyet fonksiyonunu en aza indirecek şekilde, yükün talep ettiği gücü ( $P_D$ ), sistemde bulunan jeneratörler tarafından paylaştırılacaktır. Ancak Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterildiği üzere her bir jeneratörün çalışma sınır aralığı vardır. Denklem 9’da ise jeneratörlerin bu maksimum ve minimum sınır değerleri dikkate alınarak güç paylaşımı yapılması, ikinci kısıt olarak belirtilmektedir.

Bu çalışmada 2 farklı test sistemi için sistemde bulunan termik santrallerin üretim güçlerini bulabilmek amaçlı, Karga arama algoritması kullanılmıştır. İlk başta kargaların konumları belirlenen alt ve üst sınır değerleri aralığında rastgele verilmektedir bu durum Denklem 10’da gösterildiği üzere algoritmaya sezgisellik katmaktadır.

$$X_c(j) = [u(j) - (l(j) - l(j)) * rand] \quad (10)$$

Karga sürü sayısı 50 olarak tercih edilmiştir. İterasyonlarda yerel noktaya takılmaması için ise farkındalık olasılığı (Awareness probability) 0.1 olarak tercih edilmiştir. Uçuş mesafesi (flight length) KAA literatürde kullanılan çalışmalarda iki olarak alındığı için bu çalışmada da 2 olarak tercih edilmiştir. İterasyon sayısı 1000 olarak tercih edilmiştir.

#### 4. Benzetim Sonuçları

##### 4.1. 6 Baralı Test Sistemi İçin Benzetim Sonuçları

6 baralı test sisteminde 3 adet termik jeneratör bulunmaktadır. Yükün sistemden talep ettiği 210 MW’lık gücü minimum maliyet ile kısıtlar göz önünde bulundurularak jeneratörler tarafından KAA kullanılarak paylaştırılmıştır. Valf nokta etkisinin önemini daha net anlaşılabilmesi için valf nokta etkisiz ve etkili durum için EYD problemi KAA ile en az 40 kez koşurulmuştur ve sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir. Elde edilen sonucu karşılaştırmak adına EYD problemi eşdeğer parametre değerleri kullanılarak Genetik Algoritma ve Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması ile çözülmüştür.

**Tablo 3. 6 baralı test sistemi için valf nokta etkili ve etkisiz karga arama algoritmasının sonuçları ile diğer algoritma sonuçlarının karşılaştırılması.**

	Valf Nokta Etkisiz Karga Arama Algoritması	Valf Nokta Etkili Karga Arama Algoritması	Valf Nokta Etkili Genetik Algoritma	Valf Nokta Etkili Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması
$P_{G,1}$ (MW)	50.00000000000001	<b>50.00000000000001</b>	52.052786	53.87583
$P_{G,2}$ (MW)	88.0736204789798	<b>88.8619004113403</b>	85.337243	39.08313
$P_{G,3}$ (MW)	71.9263795210201	<b>71.1380995886596</b>	71.7888	119.0936
Maliyet (\$/h)	3046.41251165644	<b>3054.36937243642</b>	3063.07506	3218.2801
Geçen Süre (s)	0.947337	<b>1.508559</b>	1.274594	1.384506

Tablo 3’te göre 3 jeneratörlü sistemin valf nokta etkisini dikkate almadan KAA kullanılarak ekonomik yük dağıtım yapıldığında 3046.41 \$/h’lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Ancak daha gerçekçi bir ekonomik maliyet analizi yapabilmek için buhar türbinlerinin valf etkileri edildiğinde 3054.37 \$/h’lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. 3 jeneratörlü bir sistem için saatlik yaklaşık 8 \$’lık bir fark ortaya çıkmaktadır. Ekonomik yük dağıtım analizinde bu fark oldukça önemlidir. KAA’dan elde edilen sonuçları karşılaştırmak adına iki farklı algoritma yöntemi ile aynı problem aynı kısıtlar ve parametreler ile çözülmüştür. Tablo 3’teki maliyet sonuçları karşılaştırıldığında 3054.37 \$/h ile en az maliyet işletimini öne süren algoritma KAA algoritması olduğu görülmektedir.



## 4.2. IEEE 30 Baralı Test Sistemi İçin Benzetim Sonuçları

IEEE 30 baralı test sisteminde 6 adet termik jeneratör bulunmaktadır. Yükün sistemden talep ettiği 283.4 MW'lık gücü minimum maliyet ile kısıtlar göz önünde bulundurularak jeneratörler tarafından KAA kullanılarak paylaştırılmıştır. Valf nokta etkisinin öneminin daha net anlaşılabilmesi için valf nokta etkisiz ve etkili durum için EYD problemi KAA ile en az 40 kez oluşturulmuştur ve sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir. Elde edilen sonucu karşılaştırabilmek adına EYD problemi eşdeğer parametre değerleri kullanılarak Genetik Algoritma ve Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması ile çözülmüştür.

**Tablo 4. IEEE 30 baralı test sistemi için valf nokta etkili ve etkisiz karga arama algoritmasının sonuçları ile diğer algoritma sonuçlarının karşılaştırılması.**

	<b>Valf Nokta Etkisiz Karga Arama Algoritması</b>	<b>Valf Nokta Etkili Karga Arama Algoritması</b>	<b>Valf Nokta Etkili Genetik Algoritma</b>	<b>Valf Nokta Etkili Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması</b>
<b>P<sub>G,1</sub> (MW)</b>	199.9999	<b>188.16935</b>	126.0274	156.4047
<b>P<sub>G,2</sub> (MW)</b>	28.83802	<b>44.145906</b>	45.5969	39.25646
<b>P<sub>G,3</sub> (MW)</b>	16.71554	<b>15.0008658</b>	44.3836	24.66088
<b>P<sub>G,4</sub> (MW)</b>	14.55242	<b>10.0295448</b>	22.8669	34.71098
<b>P<sub>G,5</sub> (MW)</b>	10.22441	<b>10.2548691</b>	23.9335	11.79998
<b>P<sub>G,6</sub> (MW)</b>	13.11115	<b>15.8438604</b>	20.4932	16.55313
<b>Maliyet (\$/h)</b>	879.5693	<b>896.787</b>	921.6528	940.89
<b>Geçen Süre (s)</b>	9.404734	<b>10.100763</b>	2.794339	2.300299

Tablo 4'e göre 6 jeneratörlü sistemin valf nokta etkisini dikkate almadan KAA kullanılarak ekonomik yük dağıtımı yapıldığında 879.5693 \$/h'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. 6 jeneratörlü bir sistemin yüklenmesi düşük (283.4 MW) olduğu için maliyet değeri Bölüm 4.1'den daha düşük çıkmaktadır. Ancak daha gerçekçi bir ekonomik maliyet analizi yapabilmek için buhar türbinlerinin valf etkileri edildiğinde 896.787 \$/h'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. 6 jeneratörlü bir sistem için saatlik yaklaşık 17 \$'lık bir fark ortaya çıkmaktadır. Ekonomik yük dağıtımı analizinde bu fark oldukça önemlidir. KAA'dan elde edilen sonuçları kıyaslayabilmek adına iki farklı algoritma yöntemi ile aynı problem aynı kısıtlar ve parametreler ile çözülmüştür. Tablo 3'teki maliyet sonuçları karşılaştırıldığında 896.787 \$/h ile en az maliyet işletimini öne süren algoritma KAA algoritması olduğu gözükmektedir.

## 5. Sonuçlar

Güç sistemlerinin ekonomik olarak işletilmesi için termik üretim birimlerinin yakıt maliyeti göz önünde bulundurularak üretimin paylaştırılması gerekmektedir. Üretim birimlerinin yakıt maliyeti fonksiyonu genellikle ikinci dereceden bir denklem ifade edilmektedir. Bu denklem konveks olduğu için global çözümü mevcuttur. Ancak üretim birimlerinde çıkış gücündeki verimliliği maksimum tutabilmek için kontrol valfleri kullanılmaktadır. Buhar türbindeki valflerin nokta etkisi, maliyet fonksiyonuna yansıtıldığında daha gerçekçi bir maliyet elde edilmektedir. Ancak bu sefer yakıt maliyet denklemi konveks olmayan bir yapı almaktadır ve çözülmesi zorlaşmaktadır. Bu yüzden denklemin çözülmesinde sezgisel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise Karga Arama Algoritması (KAA) kullanılmıştır. 2 farklı test sisteminde valf nokta etkili ve etkisiz EYD problemi çözülmüştür. 6 baralı (3 termik jeneratörlü) test sisteminde Valf nokta etkisi dahil edildiğinde yakıt maliyeti 8 \$/h artmıştır ve gerçek değerlere daha çok yaklaşmıştır. IEEE 30 baralı (6 jeneratörlü) test sisteminde ise valf nokta etkisi ile yaklaşık 18 \$/h artış söz konusudur. Güç sisteminin yakıt maliyeti hakkında hesaplama yaparken, daha gerçekçi bir sonuç elde edebilmek için valf nokta etkisinin hesaba katılması gerekmektedir. Bu çalışma, güç aktarımında gerçekleşen kayıplar ya da termik santrallerin çevresel emisyon değerlerine belirli sınırlar altında tutma gibi durumlar eklenerek ilerletilebilir.

## 6. Kaynakça

- [1] Yalçınöz, T., Yavuzer, T. and H. Altun, "Tabu Araştırma Algoritması Kullanılarak Ekonomik Yük Dağıtım Probleminin Çözümü," *ELECO*, Türkiye, 2002.
- [2] Döşoğlu, M. K., Duman, S. and A. Öztürk, "Genetik Algoritma Kullanılarak Ekonomik Dağıtım Analizi: Türkiye Uygulaması," *Journal of Polytechnic*, c. 12, s. 3, ss. 167-172, 2009.
- [3] Bouktir, T., Labdani, R. and L. Slimani, "Economic Power Dispatch of Power System with Pollution Control Using Multiobjective Particle Swarm Optimization," *University of Sharjah Journal of Pure & Applied Science*, c. 4, s. 1, ss. 54-77, 2007.
- [4] Younes, M., Rahli, M. and Koridak, L. A. "Economic Power Dispatch Using Evolutionary Algorithm," *Journal of Electrical Engineering*, c. 54, s. 4, ss. 211-217, 2006.
- [5] Cai, J., Ma, X., Li, L., Yang, Y., Peng, H. and Wang., X., "Chaotic Ant Swarm Optimization to Economic Dispatch," *Electric Power Systems Research*, c. 77, s. 1, ss. 1373-1380, 2007.



- [6] Sinha, N., Chakrabarti, R. and Chattopadhyay, K. P. “Evolutionary Programming Techniques for Economic Load Dispatch,” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, c. 7, s. 1, ss. 83-94, 2003.
- [7] Prasanna, S. T. and Somasundaram, P. “Multi-Area Security Constrained Economic Dispatch by Fuzzy-Stochastic Algorithms,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technolohg*, c. 5, s. 1, ss. 88-64, 2009.
- [8] Selvakumar, I. A. and Thanushkodi, K. “Anti-Predatory Particle Swarm Optimization: Solution to Nonconvex Economic Dispatch Problems,” *Electric Power Systems Research*, c. 78, s. 1, ss. 2-10, 2008.
- [9] Wang, L. and Singh, C. “Stochastic Economic Emission Load Dispatch Through a Modified Particle Swarm Optimization Algorithm,” *Electric Power Systems Research*, c. 78, s. 1, ss. 1466-1476, 2008.
- [10] Demirören, A. and Zeynelgil, L. H. “Çevresel/Ekonomik Yük Dağıtımında Genetik Algoritmanın Kullanılması ,” *ELECO*, Türkiye, 2002.
- [11] Altun, H. and Yalçınöz, T. “Comparison of genetic algorithm, hopfield and mlp neural network techniques for a constrained optimization problem,” Yapay Zekâ ve Yapay Sinir Ağlar Uluslararası Türkçe Sempozyumu’nda sunuldu, Çanakkale, 2003.
- [12] F. A. Mohamed ve N. H. Koivo, “Environmental/Economic power dispatch of microgrid using Multiobjective optimization,” International Conference on Renewable Energies and Power Quality’nde sunuldu, Valencia, 2009.
- [13] T. Yalçınöz ve J. M. Short, “Neural Networks Approach for Solving Economic Dispatch Problem With Transmission Capacity Constraints,” *IEEE Transactions on Power Systems*, c. 13, s. 2, ss. 307-313, 1998.
- [14] Mousa, A. A. A. “Hybrid Ant Optimization System for Multiobjective Economic Emission Load Dispatch Problem Under Fuzziness,” *Swarm and Evolutionary Computation*, c. 18, s. 1, ss. 11-21, 2014.
- [15] Jeddi, B. and Vahidinasab, V. “A Modified Harmony Search Method for Enviromental/Economic Load Dispatch of Real/World Power Systems,” *Energy Conversion and Management*, c. 78, s. 1, ss. 661-675, 2014.
- [16] Dosoglu, M. K., Guvenc, U., Duman, S. and Sonmez, Y. “Symbiotic Organisms Search Optimization Algorithm for Economic/Emission Dispatch Problem in Power Systems,” *Neural Computing and Applications*, c. 29, s. 3, ss. 721-737, 2018.
- [17] Özyön, S., Yaşar., C. And Temurtaş, H. “Valf Nokta Etkili Konveks Olmayan Ekonomik Güç Dağıtım Problemlerinin Harmoni Arama Algoritmasıyla Çözümü,” *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 1, s. 28, ss. 35-52, 2012.
- [18] Yalçınöz, T., Altun, H. And Uzam, M. “Economic Dispatch Solution Using a Genetic Algorithm Based on Arithmetic Crossover,” *IEEE Power Technology Proceedings*, c. 2, s. 1, ss. 4-15, 2001.
- [19] Askarzadeh, A. “A Novel Metaheuristic Method for Solving Constrained Engineering Optimization Problems: Crow Search Algorithm,” *Computer and Structures*, c. 169, s. 1, ss. 1-12, 2016.



## GÜNEŞ PİLLERİ İLE DESTEKLENMİŞ OTONOM MODEL UÇAK

Cüneyd Demir

*Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon Programı, Kırşehir, Türkiye*

*cuneyd.demir@ahievran.edu.tr*

### Özet

Güneş pilleri ile desteklenmiş otonom model uçak gerek dış gerekse iç tehlikelere karşı tehdidin yoğun olduğu bölgelerde arazinin hızlı ve kesin sonuçlar ile gözetlenmesi, haritalandırılması ve bu görevleri gerçekleştirirken üzerindeki pilin enerjisi kadar değil daha fazla havada kalabilmesini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır.

Tasarımı yapılan model uçak radyo kontrollü olarak uzaktan kumandayla kontrol edilmektedir. Ekstra olarak üzerine yerleştirilen kart ile otonom özellik kazandırılmıştır. Kumanda sistemi ile sürücü model uçağı oto-pilottan çıkararak manüel moda geçirip istediği yöne doğru hareket ettirebilmektedir.

Güneş pilleri ile desteklenmiş otonom model uçağın planlama yapısı, güneş enerjisi destekli ve karar mekanizmasıyla önceden belirlenmiş koordinatlar üzerinde uçuşunu gerçekleştiren bir yapı üzerine oturtulmuştur. Model uçağın kanatlarına monte edilen güneş hücrelerinden sağlanan enerjinin uygun konvertör ile pil enerjisine dönüştürülerek havada kalış süresi artırımı yapılmıştır. Böylece güneş enerjisinin insansız hava araçları üzerinde ne kadar önemli olduğu ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Güneş pili, Otonom model uçak, İnsansız hava aracı*

### 1. Giriş

Tarihin başlangıcından bu yana insanoğlu hep savaşmış ve bunun için ordular kurmuştur. İnsansızlaşma da tıpkı diğer alanlarda olduğu gibi gelişimine askeri alanda başlamıştır. Asıl amacı hayatı kolaylaştırmak olması gereken bilimsel araştırmalar, çoğunlukla askeri teknolojileri geliştirmek amacıyla kullanılmış, silahın veya sistemin üretim maliyetini düşürmek isteyen devletlerde ilgili askeri teknolojinin bir bölümünü sivil sektörün ihtiyacına yöneltmişlerdir.

İnsansız hava araçlarının askeri tarihçesine bakılacak olursa, İHA misyonuna en yakın hava aracı ilk defa 1861 yılında Charles Perley geliştirilmiştir. Zamanlayıcı ile bomba bırakma mekanizmasına olan balon, düşman hattına gönderilerek belirli bir süre sonra bombanın aşağıya bırakılmasını sağlamıştır (Web 1). 1890 yılında William Eddy, fotoğraf çekebilme mekanizmasına sahip olan bir uçurtma geliştirmiştir. Bu uçurtma ile Amerika ile İspanya arasında savaşlarda yüzlerce fotoğraf çekmiş ve böylece büyük bir başarı sağlamıştır (Web 2). 1917 yılında Peter Cooper ve Elmer A. Sperry'nin tarafından geliştirilen otomatik cayroskopik stabilizör yardımı ile Curtiss-Sperry ilk radyo kontrollü uçan torpidosudur (Web 3). Bahsedilen bu araçlardaki ortak özellik, yeniden kullanılmama ve geri dönememesidir. Dolayısıyla bahsedilen bu araçlar günümüz insansız hava aracı tanımına net bir şekilde uymamaktadır. 1930'lu yıllarda geri dönebilen ilk otomatik uçakların geliştirilmeye başlanmıştır. İngiltere'nin geliştirdiği Queen Bee adlı radyo kontrollü uçak "Sahte, Hedef/Yem" araç olarak üretilmiştir. 1944'de Almanların geliştirdiği radyo frekansı ile yönlendirilen insansız uçak veya bomba sınıfında değerlendirilen V-1 füzeleri savaşın bitiminde ortaya çıkmıştır ve büyük korkular salmıştır. I. Dünya Savaşı zamanında tel ile yönetilen kısa menzilli, basit insansız sistemler veya model uçaklar hesaba katılmadığında, II. Dünya Savaşı sırasında Alman ordusunun kullandığı ve radyo frekansı ile yönlendirilen V-1 füzesinin insansızlaşma literatüründe ilk insansız araç olarak yer aldığı ifade edilebilir. 1951 yılında jet motorlu ilk insansız hava aracı Teledyne Ryan firması eliyle geliştirilmiş Firebee adında ki insansız hava aracıdır (Nader, 2007). Askeri alanda insansızlaşmanın tarihi her ne kadar 1900'ü yılların başı olarak gösterilse de II. Dünya Savaşında ve sonrasında üretilen bazı basit model insansız sistemler dahil edilmezse, İsrail'in ürettiği ve daha sonralarında ABD ile 1980'lerde ortak kullandığı RQ serisi Pioneer model insansız hava aracı askeri alanda insansızlaşmanın miladı kabul edilebilir. Pioneer'in diğer insansız sistemlere oranla daha üstün olduğu durum, GPS teknolojisinin insansız sistemlerde kullanılmaya başlanmasıdır.

İnsansız hava araçları içinde canlı bulunmadan uçabilen ayrıca verilen görevleri uzaktan yönlendirilerek veya otonom bir şekilde yerine getirebilen hava araçları olarak tanımlanabilirler. Artık günümüz teknolojisinden sonra balistik veya yarı balistik araçlar, seyir füzeleri ve top mermileri bu tanıma girmezler. İnsansız hava araçları üzerlerine aldıkları faydalı yükler ile daha özgün ve kritik işler yapabilirler. Alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerji sistemlerinin insansız hava araçlarında faydalı bir yük olarak kullanımı başlamıştır. Böylece insansız hava araçları havada kalış sürelerini artırmışlardır.

### 2. İnsansız Araçlar

İnsansız araçlar, içerisinde ya da üstünde insan unsuru bulundurmayan, uzaktan ya da otonom bir şekilde yönetilebilen ve daha önceden kararlaştırılmış görevleri yerine getiren kritik teknolojilerdir.

Savaş bölgesinde ve savaş öncesindeki üstünlük gayeleri, terörizme karşı savaş, kapalı alan güvenliği, uzay araştırmaları, bilimsel uygulamalar ve diğer çeşitli istek ve gereksinimler nedeniyle, devletlerin insansız araçlara duyduğu ihtiyaç teknolojiyle aynı paralellikte artmaktadır. Bu durumdan ötürü insansız araçlara yapılan yatırımlar sürekli katlanarak artmakta ve bu alanda geliştirilen teknolojiler ile birlikte önemli üstünlük ve avantajları da beraberinde getirmektedir (Web 5).





İnsansız araçlar; kara, hava, deniz ve uzay araçları şeklinde sınıflandırma yapılır. İnsansız araçlar görev yaptığı bölge itibariyle dört kategoride sınıflandırılmışlardır (Buckley, 2010).

1. İnsansız kara araçları (İKA)
2. İnsansız hava araçları (İHA)
3. İnsansız deniz araçları (İDA)
4. İnsansız uzay araçları (İUA)

### 2.1. İnsansız Hava Araçları

Aracın içerisinde bir insan tarafından yönlendirilmeyen uydular aracılığıyla veya dünya yüzeyinde bulunan bir yer istasyonu vasıtasıyla kontrol edilebilen casusluk amacı ile kullanılan araçlardır. İlerleyen zaman ile birlikte silah sistemi veya füze sistemi yerleştirilmiş ve bunları istenilen doğrultularda kullanabilen çeşitleri de savaş aracı olarak kullanılmaktadır. Görüntü işleme ve GPS sistemlerinin geliştirilmesiyle, uzaydaki uydu ve dünya yüzeyindeki yer istasyonlarının yanında araca izleyeceği yolun GPS koordinatları ve harita görüntüleri yüklenerek aracın GPS ve kamera/radar alıcıları ile tespit ettiği verileri kendine yüklenen veriler ile karşılaştırarak görevini yerine getirdikten sonra kalktığı yere dönebilmesi sağlanabilir (Web 6).

Askeri maksatlı insansız hava araçlarıyla ilgili farklı sınıflandırmalar bulunmaktadır. Bu sınıflandırma çeşitlerinde bir İHA modeli birden fazla sınıfta bulunabildiği gibi aynı sınıflanma modelinde birden fazla kategoriye ait özellikleri de taşıyabilmektedir (Akyürek, Yılmaz ve Taşkiran, 2012).

İnsansız hava araçlarının kullanım alanları şunlardır; Keşif, gözetleme, iletişim desteği, hedef belirleme, sinyal istihbaratı, harekât yönetimi, iletişimin sağlanması, kimyasal, biyolojik, radyolojik ve nükleer madde keşfi, muharebe, arama-kurtarma, saldırı, savunma, elektronik harp, mayın tespiti, karşı elektronik harp, bilgi harekâtı, dijital haritacılık, sinyal bozma, emniyet hizmetleri, yangın ve acil durum hizmetleri, enerji sektörü ve iletişim ağı hizmetleri, tarım, ormancılık ve balıkçılık alanında kullanımı, dünya gözlemlemesi ve erken uyarı hizmetleri, iletişim ve yayımlama kategorisi, sınır güvenliği hizmetleri, yol keşfi, özel kuvvet desteği, GPS sinyali algılama ve iletme, kara araçlarının tespiti ve yok edilmesi, deniz araçlarının tespiti ve yok edilmesi, denizaltıların tespiti ve yok edilmesi gibi birçok alanda kullanımı mevcuttur (Snyder, 2011)-(TSPO, 2006).

İnsansız hava araçlarının en önemli özelliği insanlı uçaklardan daha ucuz olmaları ve bakım masraflarının oldukça düşük olmasıdır. İnsansız hava araçları pilotlu uçakların ihtiyaç duyduğu birçok sisteme ihtiyaç duymamaktadırlar. Bir adet F-22 uçağının yerine 4,2 milyon dolar mal olan 40 adet insansız hava aracı üretilebilmektedir (Guest, 2011). Uçuş pilotunun 1 saatlik eğitiminin maliyeti 2108 dolarken, insansız hava aracı operatörünün 1 saatlik maliyeti 150 dolardır (SAB, 2011). Sonuç olarak bir pilotun maliyeti operatörün maliyetinin yaklaşık 14 katıdır (Plaga, 2010). Operatör; klimalı bir ortamda ve rahat koltuğunda, kilometrelerce uzaklıktaki düşman ile stres yaşamadan savaşabilirken, insanlı uçağın pilotu ise hem uçağı kullanmakta hem de karşısındaki düşman ile savaşmaktadır.

İnsansız araçlardaki güneş enerjisi desteği günümüzde çok yaygın şekilde ilerlemektedir. Özellikle insansız hava araçlarının görevi yerine getirme konularına bakıldığında güneş enerjisi sağlayacak olan ekipmanların bu araçlarda kullanılması sağlıklı sonuçlar getirmiştir. Başta Amerika ve İngiltere olmak üzere bazı ülkeler bilimsel çalışma olarak güneş enerjisi destekli insansız hava araçları üzerinde büyük çalışmalar yapmaktadırlar. Örneğin; Şekil 1'de görülen İHA güneş enerjisi desteği ile dünyanın etrafını hiç inmeden dolaşma üzerine tasarlanmıştır.



Şekil 1: Güneş enerjisi destekli bir insansız hava aracı

### 3. Güneş Pilleri ile Desteklenmiş Otonom Model Uçak

İnsansız hava araçlarından gerek dış gerekse iç tehlikelere karşı zayıf vermeden arazinin hızlı ve kesin sonuçlar ile taranması, haritalandırılması ve kara kuvvetlerinin karşı saldırıda bulunma durumunda askeri üslerin tespit edilmesi istenmektedir. Tehlikenin önceden fark edilmesi ile askeri araçların ve kara kuvvetleri personellerinin zarar görmemesi insansız hava araçlarının kullanılma sebeplerinden bir diğeridir (Kaplanıran, 2007).



Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle günümüzde büyük bir önem kazanmıştır. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş ve çevresel bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Sağladığı avantajlardan dolayı hava araçlarında güneş enerjisinin kullanımı göz önünde bulundurulmaktadır (Web 4).

Arazi tarama, görüntü alma ve harita çıkarma amacıyla kullanılmak üzere uzaktan kumandalı, otonom bir model uçak tasarlanmak istenmiştir. Doğal afetler sonucu oluşan hasar tespiti için belirlenmesinde model uçağın kullanılması düşünülmektedir. Güneş enerjisi ile uçuş süresi artırılmış otonom insansız hava aracının planlama yapısı, güneş paneli destekli ve verilen koordinatlar boyunca uçuşunu tamamlayan bir sistem üzerine oturtulmuştur. Sonuç olarak "Güneş Pilleri ile Desteklenmiş Otonom Model Uçak" doğaya zarar vermeden güneşten sağladığı enerjiyi depo ederek normalinden daha fazla uzun mesafe uçuşlar için dizayn edilmiştir.

Tasarlanan model uçak sürücüsüz olup otonom bir yapıdadır ve radyo kontrollü olarak, uzaktan kumanda ile kontrolü sağlanmaktadır. Önceden belirlenen koordinatlar boyunca uçuşunu tamamlayabilen model uçak ayrıca uzaktan kumandalı bir sisteme sahip olan model uçak oto-pilottan çıkarılarak manuel moda geçirilip istenilen yöne doğru hareket ettirilebilmektedir. Model uçak tek pervaneli olup bir DC fırçasız motor çalışmaktadır. Model uçağın uzunluğu 1500 mm / 59 in, kanat açıklığı 2500 mm / 98,4 in, yüzey alanı 55 dm<sup>2</sup> olarak tasarlanmıştır. Mekanik aksamın tasarımında aerodinamik gövde yapısı göz önünde bulundurularak tasarımı gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda model uçakta araziyi görebilme ve çekim alabilme için kamerada sistemi yerleştirilmiştir. Üretim aşamasında kullanılacak malzemenin dayanıklı ve mukavemetli olması gereklidir. Model uçağın kanatlarına monte edilen güneş hücrelerinden sağlanan enerjinin uygun konvertör ile pil enerjisine dönüştürülerek havada kalış süresi artırımı gerçekleştirilmiştir. Güç çıkışı artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilmiştir. Model uçak için kullanılacak olan güneş pilleri bir tanesi 0,5 V değerinde gerilim verebilmektedir. Bunlar kendi aralarında seri veya paralel bağlanarak Li-Po pil için uygun değer oluşturulmuştur. Şekil 2’de Solidworks programında tasarlanan model uçak gösterilmiştir.



**Şekil 2: Solidworks tasarımı**

Hava basıncı altındaki model uçağın hava ortamında ki aerodinamikliği gözetilerek prototip üretilmiştir. Kanat üzerine gelen havanın hızı en yüksek seviyededir. Dolayısıyla kanat üzerindeki hızın yüksek olması basıncın düşük olması demektir. Basıncın yüksek olduğu yerlerde hız düşük, basıncın düşük olduğu yerlerde ise hız yüksektir. Kanadın alt yüzeyindeki basınç üst yüzeydeki basınçtan daha yüksektir böylece basınç değişimi farkından yukarı yönünde bir kaldırma kuvveti oluşmaktadır. Uçağın uçabilmesi içinse bu çok önemli bir faktördür. Böylelikle model üzerinde ki bu basınç değişiklikleri sayesinde kanatlarda yukarı doğru bir kaldırma kuvveti oluşmaktadır. Bu basınç dağılımlarını kanat üzerine yüklediğinde kanat zorlanacaktır ve kanat belli bir oranda yükselmeye çalışacaktır. Kısacası tasarlanan model uçağın uçuşunun sağlanması için oldukça aerodinamik yapıda olması gerekmektedir.

Güneş enerjisi ile uçuş süresi artırılmış otonom model uçak projesinde hem hafif olan hem de diğer köpük malzemelerine nazaran daha dayanıklı olan fotoblok (sıkıştırılmış köpük) malzemesi kullanılmıştır. Aerodinamik ölçülerde ortaya çıkarılan model uçak, taşımada kolaylık sağlanması için 4 ana parçanın birbirine bağlanmasından oluşmaktadır. Bunlar; gövde, 2 adet kanat ve kuyruk. Sistemde, toplamda kanatlar da 2 adet, kuyruk da 2 adet ve ön tekerlek de 1 adet olmak üzere toplamda 5 adet servo motor kullanılmıştır. Motora bağlı olan ESC çıkışı ve 5 adet servo motor çıkışları APM cihazına bağlanmıştır. Böylelikle daha önceden bilgisayar vasıtasıyla APM cihazında oluşturulan yazılım ile belirli koordinatlar doğrultusunda kalkış, uçuş ve iniş güvenli bir şekilde sağlanmıştır. Şekil 3’de koordinatlar uydu üzerinden işaretlenmiştir. Üretimi gerçekleştiren model uçağın çokça test uçuşu yapılmış ve her defasında olumlu sonuç elde edilmiştir.





Şekil 3: Mission Planner uçuş koordinatlarının oluşturulması (APM)

Hareket kontrol biriminin yapısı kısaca şöyledir. DC motor, sürücü (ESC) tarafından kontrol edilecektir. Fırçasız motoru direkt olarak batarya ile bağlanırsa kısa devre olacağından dolayı ESC kartı kullanılmak zorundadır. ESC motora giden elektrik basıncını yani voltajı düşürerek motorun hangi devirde döneceğini ayarlar. Referans konum ve gerekli koordinatlar, APM (oto-pilot) kartı tarafından ESC'ye verilecektir. Böylece araç hareketini gerçekleştirecektir. Şekil 4'de gerçekleştirilen bir test uçuşu görülmektedir. Şekil 5'de ise üretimi gerçekleştirilmiş model uçağın görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4: Test uçuşu



Şekil 5: Üretilen model uçak

Üretimi gerçekleştirilen projede enerji desteği sağlayabilmek için kanatlar üzerine toplamda 54 güneş pili yerleştirilmiştir. 27'er olarak ayrılan güneş pillerinin hepsi birbirine seri olarak bağlanmıştır. Tanesi 0.5 V gerilim veren güneş pilleri toplamda 27 V gerilim ortaya çıkarmıştır. 27 V gerilim, güneş pillerinden gelen iletken uçları MPPT cihazına bağlanmış ve Li-po pile destek enerji sağlanmıştır. MPPT kelimesinin Türkçe kelime karşılığı Maksimum Güç Noktası Takipçisidir. Belirli periyotlarda elde edilen gücün tepe değerini takip ederek yüke yollanmasını sağlar. Şarj kontrolü MPPT, pili şarj etmek için tasarlanmış bir karttır. Enerji transferi olarak maksimum güç noktasında kullanılan yüksek verimli bir DC / DC dönüştürücü kullanır. Tüm sistemlerde elde edilen enerjiden maksimum seviyede yararlanmak, bu elektronik cihazlar sayesinde mümkün hale gelmiştir (Web 7). Daha sonrasında güneş pillerinin



ve birbiri arasında bağlantı sağlayan iletken tellerin zarar görmemesi için üzerine epoksi reçine adı verilen şeffaf bir karışım dökülerek koruma sağlanmıştır. Şekil 6'da model uçağa güneş pilleri yerleştirilmiş halidir.



**Şekil 6: Güneş pilleri yerleştirilmiş hali**

Model uçak 1500 mm / 59 in uzunluğunda, 2500 mm / 98.4 in kanat açıklığı olan, 55 dm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip olan, 4957 g / 174.8530 oz ağırlığında olacak şekilde üretilmiştir. Mekanik aksamın tasarımında aerodinamik gövde yapısı göz önünde bulundurulmuştur. Bütün ekipmanları ile birlikte model uçağın toplam ağırlığı 4957 gram olarak ölçülmüştür. Model uçağın güvenli uçuşu 4 dakika olarak saptanmıştır. Bu süre güneş enerjisi ile 4 dakika 30 saniyeye çıkarılmıştır. Güneş pilleri sayesinde 30 saniyelik bir kazanç elde edilmiştir.



**Şekil 7: Güneş pilleri ile desteklenmiş otonom model uçak**

#### 4. Sonuç

İnsansız hava araçlarının otonom veya dünya yüzeyinde bulunan bir yer istasyonu vasıtasıyla yönlendirilebiliyor olması insanlı uçakların idamesi için gerekli yaşamsal sistemler ve kokpit için gerekli yer ve mürettebatın getirdiği ağırlık yükü gibi maliyet kalemleri, insanlı uçakların manevra ve operasyon kabiliyetinin insan kabiliyetleriyle sınırlanması gibi operasyonel kabiliyetle ilgili kalemler, düşman tarafından fark edilme ya da vurulabilme olasılığının düşük olması üstünlük kalemleri insansız hava araçlarını daha tercih edilir kılmaktadır. İnsansız sistemler daha az maliyetle üretilmekte ve bakım masrafları da daha düşük bir maliyet gerektirmektedir. İnsansız sistemler, insanlı sistemlerin sahip olduğu aynı ekipmanla daha uzun süre görev yapabilmektedirler. Bütün ülkelerin ordularında yetiştirilmesi en zor ve maliyetli personel gruplarının başında pilotlar gelir. Bu sebeple uçak ile birlikte yetiştirilmiş pilotun da kaybedilmesi ordular için hem maddi hem de kabiliyet olarak çok önemli bir kayıptır. İnsansız hava araçlarının maliyetinin insanlı hava araçlarına nazaran daha düşük olması orduları cezbetmektedir. Bu yüzden artık ülkeler insansız araç filoları kurma yoluna girmişlerdir. Artık insansız araçlar hususunda tüm dünya devletleri yoğunlaşırken üzerine bazı faydalı yük alma konusunda çalışmaları artırmışlardır. İnsansız hava aracı içerisindeki batarya enerjisi kadar havada kalabildiği için ve bu görev süresinin artırılması icap etmiştir. Bunun içinde en uygun sistem güneş enerji sistemi olarak seçimi yapılmıştır.

Tasarlanıp üretilen "Güneş pilleri ile desteklenmiş otonom model uçak" doğaya zarar vermeden güneşten sağladığı enerjiyi kullanarak hava da kalma süresi uzatılmıştır. Yapılan projenin geliştirilmesiyle azami uçuş süresinden daha fazla sürede arazinin hızlı bir biçimde taranmasını ve haritalandırılmasını gerçekleştirmiştir.





## 5. Kaynakça

- Akyürek, S., Yılmaz, M.A. ve Taşkıran, M. (2012). "İnsansız Hava Araçları Muharebe Alanında ve Terörle Mücadelede Devrimsel Dönüşüm" Bilgesam Rapor No:53, 1-2.
- Buckley O. D., Johnson J. J. et al. (2010). "An Integrated Command and Control Architecture Concept for Unmanned Systems in the Year of 2030", The Master Thesis, Naval Postgraduate School, California, USA, p. 2, 25-38, 49-85, 91-115, 195-200, 240-243.
- Guest J. (2011). "Advancing Weapons Technology and the Future of Warfare: Strategic, Legal and Ethical Perspectives", The Master Thesis, University of Canterbury, England, p. 2-7, 15, 23-66.
- Kaplankıran, Ö. (2007). "Mini İHA Etrafındaki Akışın Sayısal Olarak İncelenmesi, Hava Harp Okulu, HUTEN.
- Nader C. E. (2007). "An Analysis of Manpower Requirements for the United States Marine Corps Tiers II&III Unmanned Aerial Systems Family of Systems Program", The Master Thesis, Naval Postgraduate School, California, USA, p. 3-16, 25-33, 44-53, 62-64.
- Plaga J. A. (2010). "711 HPW/HP Research, Analysis, and Consultation for UAS", Presentation, Air Force Research Laboratory, USA, p. 17-26.
- SAB (Scientific Advisory Board). (2011)., "Operating Next-Generation Remotely Piloted Aircraft for Irregular Warfare", US. Air Force, USA, p. 10-32.
- Snyder D. J. (2011). "Design Requirements for Weaponizing Man-Portable UAS In Support of Counter-Sniper Operations", The Master Thesis, Naval Postgraduate School, California, USA, p. 7-17, 36-83.
- TSPO (Technology Solutions Program Office). (2006). "DHS/US. Customs and Border Protection", Presentation, US Department of Homeland Security, USA, p. 4.
- Web 1, (2019), [https://en.wikipedia.org/wiki/Union\\_Army\\_Balloon\\_Corps](https://en.wikipedia.org/wiki/Union_Army_Balloon_Corps), (Erişim Tarihi: 25/10/2019)
- Web 2, (2019), [https://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Abner\\_Eddy](https://en.wikipedia.org/wiki/William_Abner_Eddy), (Erişim Tarihi: 26/10/2019)
- Web 3, (2019), [https://en.wikipedia.org/wiki/Union\\_Army\\_Balloon\\_Corps](https://en.wikipedia.org/wiki/Union_Army_Balloon_Corps), (Erişim Tarihi: 24/10/2019)
- Web 4, (2019), <http://www.bilgiustam.com/gunes-enerjisinden-nasil-elektrik-elde-edilir>, (Erişim Tarihi: 25/10/2019)
- Web 5, (2019), <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/ugv.htm>, (Erişim Tarihi: 27/10/2019)
- Web 6, (2019), [https://www.turkcebilgi.com/insansiz\\_hava\\_araclari](https://www.turkcebilgi.com/insansiz_hava_araclari), (Erişim Tarihi: 23/10/2019)
- Web 7, (2019), <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/mppt-nedir-nasil-calisir>, (Erişim Tarihi: 26/10/2019)





# MODEL BİR İKA İÇİN MECANUM TEKERLEK TASARIMI VE ÜRETİMİ

Cüneyd Demir

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon Programı, Kırşehir, Türkiye

cuneyd.demir@ahievran.edu.tr

## Özet

İçine girdiğimiz uzay çağı ile birlikte insansız kara araçlarının sorunsuz bir biçimde çok yönlü hareket kabiliyetiyle ilerlemesi istenmektedir. Hareket kabiliyetlerinden biri olan tekerlekli hareket için tasarlama ve üretme aşamaları daha kolaydır. Bundan dolayı tekerli hareket çokça tercih edilir. Bu doğrultuda, insansız kara araçlarına ekstra bir özellik olarak kazandırılacak manevra kabiliyeti en yüksek olan mecanum tekerlek sistemi tasarlanmak istenmiştir.

Bu çalışmada mecanum tekerlek tasarımı yapılmış ve tasarlanan mecanum tekerleğin 3B yazıcı ile üretimi gerçekleştirilmiştir. CAD tasarımı ve FDM prototip imalatı aşamaları uygulanmıştır. 3B yazıcı teknolojilerinin uygulandığı bu tasarım ile birlikte hem arazide hem de kapalı ortamda insansız kara araçları, dönüş becerisi yüksek ve keskin bir hareket yeteneği sağlayan mecanum tekerlek sistemini ABS filament malzemesine uygunluğa ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *İnsansız kara araçları, Mecanum tekerlek sistemi, 3B yazıcı teknolojileri*

## 1. Giriş

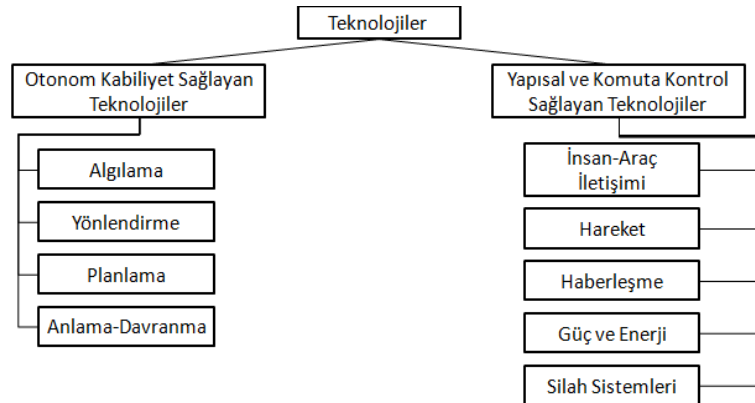
İnsansız kara araçları, herhangi bir insan girişimi olmadan otonom bir şekilde, istenilen bölgede istenilen görevleri gezgin bir şekilde yerine getiren robotlardır [1]. Farklı amaçlara yönelik olarak muhtelif algılayıcılarla teçhiz edilen ve farklı algoritmalar ile kontrol edilen insansız kara araçları çizgi, ışık ve ses gibi fiziksel girdileri kendi kendine algılayıp otomatik olarak hareket edebildikleri gibi operatör yardımıyla manuel olarak da kontrol edilebilmektedirler [2, 3].

İnsansız kara araçlarının hareket mekanizmaları çok önemlidir. Hareket mekanizması araçta çokça parametreyi etkilemek ile birlikte uygun tekerleğin seçimi ve robot şasisi üzerindeki tekerlek konfigürasyonlarının oluşturulması sonucu yüksek bir verimle aracın kullanımını gerçekleştirmektedir.

İnsansız kara aracı çalışmaları 1970 yıllarında, bacakları bulunan makinelerin icat edilebileceğine yönelik çalışmalar ile başlamıştır. Çalışmalar esnasında hareketini yürüyerek gerçekleştiren bir makineden önce bir robot oluşturulmasının gerekli olduğu ve bu robotun belli başlı ekipmanlar ile teçhiz edilerek istenilen gayeye uygun bir hale getirilebileceği ortaya çıkmıştır. İlerleyen süreçte yapılan çalışmalarda sivilden ziyade askeri sistemlere uyarlanma anlayışı ortaya çıkmış ve insansız kara araçlarının tasarlanıp üretilmesi için çalışmalar başlatılmıştır [4].

İnsansız kara aracının günümüz tanımı yapılmak istenirse; yüksek hareket yeteneğine sahip dayanıklı bir araç platformu üzerine göreve özel farklı faydalı yüklerin entegre edilebildiği, ayarlanabilir otonomi seviyesine sahip, modüler kontrol konsolu ile uzaktan komuta edilebilen zemine temas ederek intikalini sağlayan yeni nesil insansız araçlar, insansız kara aracı olarak adlandırılır.

Taktik ve teknik ihtiyaçlar doğrultusunda insansız kara araçlarında bulunması gereken otonom davranış kabiliyeti sağlayan teknolojiler ile yapısal ve komuta kontrol teknolojiler olmak üzere iki ana grup altında incelenebilir. Gerçekleştirilen çalışmalarda insansız kara araçları için farklı teknolojik gruplamalar yapılsa dahi insansız kara araçlarını genel çerçevede şekildeki gibi, birbirini tamamlayan ve teker teker içerisinde birbiriyle bağlantılı olan iki ana grupta toplamak sistem yapısını daha iyi tanımlamaktadır (Şekil 1) [5].



Şekil 1: İnsansız kara aracındaki yer alan temel teknolojiler [5]



İnsansız kara araçlarının çeşitli sınıflandırmaları vardır [8]. Bunlar:

- Operatör müdahalesine göre: Uzaktan kumandalı, otonom.
- Hareket kabiliyetine göre: Tekerlekli, paletli, ayaklı, müteferrik.
- Aldığı göreve göre: Ayaklı, taşıyıcı, silahlı keşif aracı.
- Yetkin olma durumuna göre: Telsiz operatörlü, yarı-otonom, platform merkezli otonom, ağ merkezli otonom.
- ABD Savunma Bakanlığı bu kategorileri ağırlığa göre sınıflandırmıştır [3].

## 2. İnsansız Kara Araçlarının Hareket Yeteneği

İnsansız kara araçlarının yapısında tekerlekli, paletli ve ayaklı sistemler olmak üzere üç kategori öne çıkmaktadır. Ayrıca müteferrik (tekerlekli-paletli, tekerlekli-ayaklı) sistemlerin bir arada olduğu insansız kara aracı, dünyadaki birçok kara bölgesinde görev yapabilecek yetenektedir [6].

- Tekerlekli
- Paletli
- Ayaklı
- Müteferrik (Tekerlekli-Paletli, Sürünme Kabiliyetli vs.)

İnsansız kara araçlarının hareket yeteneğine göre intikal edebilmelerinin karşılaştırılması Tablo 1’de gösterilmiştir. Tabloya göre insansız kara araçlarının özellikleri şunlardır [7]:

- Tekerlekli insansız kara aracında bulunan özellikler: Düşük derecede kompleks yapı, iyi derecede ivmelenme, iyi derecede çeşitli arazilerde hareket edebilme, kolay bakım-onarım, yüksek hıza çıkabilme, yüksek enerji ihtiyacı.
- Paletli insansız kara aracında bulunan özellikler: Orta derecede kompleks yapı, zayıf ivmelenme, iyi derecede çeşitli arazilerde hareket edebilme, orta derecede bakım-onarım, yüksek hıza çıkabilme, yüksek enerji ihtiyacı.
- Ayaklı insansız kara aracında bulunan özellikler: Yüksek derecede kompleks yapı, zayıf derecede ivmelenme, mükemmel derecede çeşitli arazilerde hareket edebilme, zayıf derecede bakım-onarım, düşük hızla hareket, az enerji ihtiyacı.

**Tablo1: İnsansız kara araçlarının hareket kabiliyetine göre karşılaştırılması [7]**

<b>PARAMETRELER</b>	<b>TEKERLEKLİ</b>	<b>PALETLİ</b>	<b>AYAKLI</b>
<b>Kompleks Yapı</b>	Düşük	Orta	Yüksek
<b>İvmelenme</b>	İyi	Zayıf	Zayıf
<b>Çeşitli Arazi Hareketi</b>	İyi	İyi	Mükemmel
<b>Bakım-Onarım</b>	İyi	Orta	Zayıf
<b>Hız</b>	Yüksek	Yüksek	Alçak
<b>Enerji İhtiyacı</b>	Yüksek	Yüksek	Alçak

Tekerlekli ve paletli sistemlerin önemli parametrelere göre karşılaştırılması Tablo2’de gösterilmektedir [9].

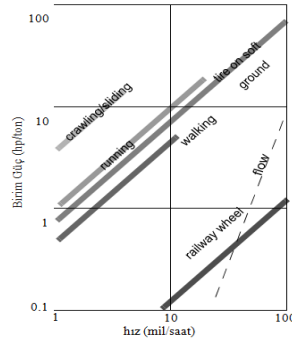
**Tablo 2: Tekerlek-palet karşılaştırması [9]**

<b>Özellikler</b>	<b>Stabilite</b>	<b>Manevra Kabiliyeti</b>	<b>Kontrol Edilebilirlik</b>	<b>Sağlamlık</b>	<b>Maliyet</b>	<b>Bakım</b>	<b>Araziye Uyum Sağlama</b>
<b>Tekerlekli</b>	Yüksek	Orta	Orta	Düşük	Düşük	Kolay	Orta
<b>Paletli</b>	Yüksek	Yüksek	Zor	Yüksek	Yüksek	Zor	Yüksek

### 2.1. Tekerlekli Hareket

Tekerlek genel olarak insanlı araçlarda ve insansız araçlarda açık ara en popüler hareket mekanizması olmuştur. Şekil 2’de gösterildiği gibi, çok iyi bir verimlilik elde eder ve bunu basit bir mekanik uygulama ile yapar [10].





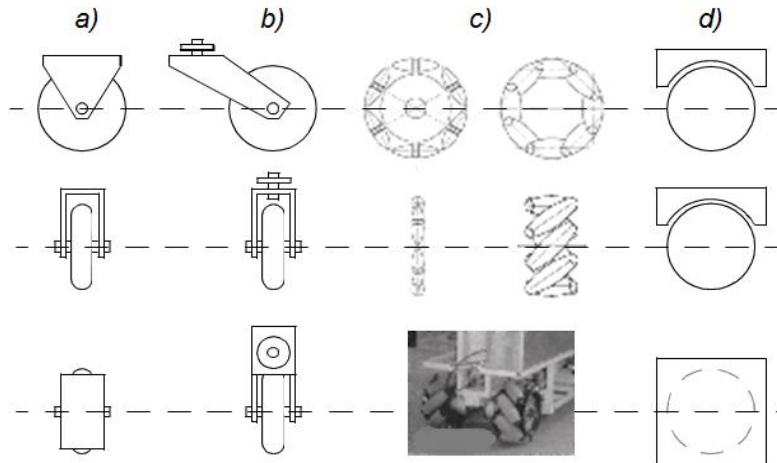
Şekil 2: Çeşitli hareket mekanizmalarının erişilebilir hızına karşı spesifik güç [10]

Denge genellikle tekerlekli insansız kara aracı tasarımlarında bir tasarım problemi değildir. Çünkü bütün tekerlekler zeminle temas halinde olduklarından tekerlekli insansız kara araçlarının tasarlanmasında sorun yaşanmamaktadır. Tekerlek sayısı dikkate alındığında, iki tekerlekli insansız kara araçları stabil olabilirken, üç tekerlekli insansız kara araçları da durağan dengeyi sağlayabilmektedirler. Tekerlekli insansız kara aracı tasarımlarında dengeden ziyade; çekiş ve stabilite, manevra kabiliyeti ve kontrol problemlerine odaklanılması gerekmektedir. İnsansız kara aracı tekerlekleri istenen arazinin tümünü kapsayacak biçimde yeterli çekiş ve stabilite sağlaması araç için en önemli unsurlardır.

Ayrıntılı olarak tekerlek ele alınırsa spesifik kuvvetli yönleri ve zayıf yönleri ile farklı tekerlek tipleri olduğundan bir insansız kara aracının hareket kabiliyeti için belirli formlar verdiği bütün tekerlek konfigürasyonları vardır [10].

İnsansız kara araçlarında kullanılan tekerlek cinsi kapalı ortam ve açık ortam olmak üzere birbirinden ayrılır. Kapalı ortam yani bina içinde, standart, kastor, küresel ve mecanum tekerlekleri olmak üzere temel 4 tekerlek cinsi kullanılır. Kapalı ortama ait tekerlek bilgisi ilerleyen kısımlarda detaylıca anlatılmıştır. Açık ortam da kullanılan tekerlekler insansız kara aracının büyüklüğüne göre diğer sivil ve zırhlı araçların kullanılabilirdiği tekerlek cinslerini kullanmaktadır [11].

Şekil 3'de görüldüğü gibi kapalı alanlarda kullanılan dört temel tekerlek sınıfı vardır. Kinematikleri oldukça farklıdır ve bu nedenle tekerlek tipi seçimi insansız kara aracının genel kinematığı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir [11]. Standart tekerlek ve kastor tekerlek tek dönme eksenine sahiptir ve dolayısıyla çok yönlülüğü bulunmaktadır. Bu iki tekerlek arasındaki temel fark, yön belirleme hareketi sırasında standart tekerlek zemin ile etkileşim halinde bulunan dönme merkezinin kayması gibi yan etkilere maruz kalmaz, ancak kastor tekerlek dönme merkezinden etkilenir ve yön belirleme hareketi boyunca insansız kara aracının gövdesine etki eden kuvvetin sahip olduğu eksen boyunca döner. Standart tekerleğin, motorlu tekerlek aksı ve temas noktasının etrafında dönme olmak üzere iki serbestlik derecesi vardır. Kastor tekerleğin de yön belirleme ekleminin etrafında dönme ve temas noktasının etrafında dönme olmak üzere iki serbestlik derecesi vardır [12].



Şekil 3: a) Standart tekerlek b) Kastor tekerlek c) Mecanum tekerlek d) Küresel tekerlek [11]

Çok yönlü tekerlekler insansız kara araçlarında sık sık kullanılan bir tertibattır. Çok yönlü tekerlekleri sahip oldukları serbestlik derecelerine göre, çokça değişik gruplar oluşturabilirler. Çok yönlü insansız kara araçlarının özelliklerinden birisi tekerlek doğrultusu değişmeden muhtelif doğrultularda hareket edebiliyor olmasıdır. Üzerine yerleştirilen pasif hareket yapan silindirik küçük tekerleklerden dolayı çok yönlü bir mekanizma haline gelmiştir [11].

Hangi tekerleğin kullanıldığına bakılmaksızın, tüm araziler için tasarlanmış insansız kara araçlarında ve üçten fazla tekerlek bulunan insansız kara araçlarında zemine tekerlek temasını sağlamak için genellikle bir süspansiyon sistemi gereklidir. Süspansiyon için en

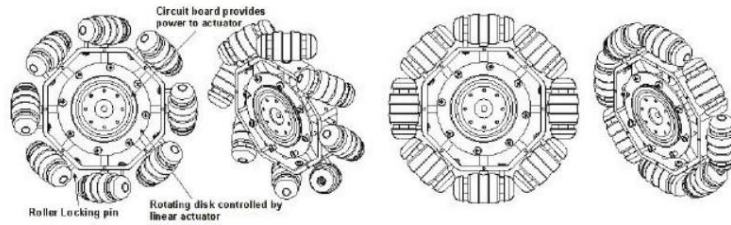


basit yaklaşımlardan biri, tekerleğin kendisine esneklik naksetmesidir. Örneğin, kastor tekerlek kullanan dört tekerlekli kapalı alan insansız kara aracında, üreticiler ilkel bir süspansiyon oluşturmak için deforme olabilen yumuşak kauçuğu tekerleğin üzerine uyguladılar. Bu sınırlı çözüm, insansız kara aracının düz olmayan araziler için daha gelişmiş bir süspansiyon sisteminin önüne geçemedi [12, 13].

İnsansız kara araçları, standart bir karayolu şebekesi için tasarlanmış otomobillerin aksine, çok çeşitli şartlardaki uygulamalar için tasarlanmıştır. Otomobillerin hepsi benzer tekerlek konfigürasyonlarını paylaşır çünkü tasarım ortamında standart çevre için manevra kabiliyetini, kontrol edilebilirliği ve stabiliteyi en üst düzeye çıkaran asfalt ile kaplı bir karayolu bölgesi vardır. İnsansız kara araçlarının karşılaştığı çeşitli ortamlar için bu nitelikleri en üst düzeye çıkaran tek bir tekerlek konfigürasyonu yoktur. Dolayısıyla insansız kara araçlarının tekerlek konfigürasyonlarında büyük bir çeşitlilik görülmektedir. Nitekim, karayolu şebekesinde kullanılmak üzere tasarlanmış insansız kara araçları hariç, zayıf manevra kabiliyeti nedeniyle otomobilin Ackerman tekerlek konfigürasyonu çok az sayıda insansız kara aracında kullanılır [14].

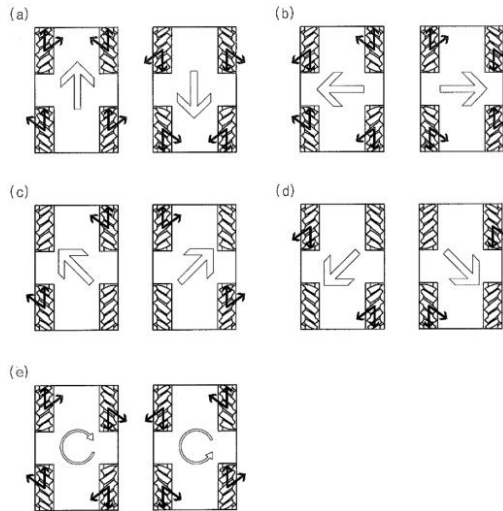
### 2.1.1. Mecanum Tekerlek Mekanizması

Mecanum tekerlek, merkez tekerlek ile tekerlek etrafında bir açıyla konumlanmış belirli sayıdaki silindirden meydana gelmektedir. Tekerlek doğrultusunda standart bir kuvvet için, açılı periferik silindirlere gelen kuvvetin bir bölümünü tekerleğin dönme doğrultusunda çevirmektedir. Bağımsız her tekerleğin doğrultusu ve hızına bağlı olarak, sonuçta elde edilen bütün kuvvetlerin kombinasyonu istenilen doğrultuda bir toplam kuvvet oluşturmaktadır. Bu sayede, tekerleklerin kendi doğrultularını değiştirmelerine gerek kalmaksızın aracın istenilen doğrultuda serbest bir şekilde hareket etmesi sağlanmaktadır. Şekil 4'de mecanum tekerlek mekanizması belirli açılar ile gösterilmiştir [15].



Şekil 4: Mecanum tekerlek mekanizması [15]

Motorların yönüne bağlı olarak, tekerlek daima (iç ve dış kuvvetler üretebildikleri gibi) ileri ve geri yönde kuvvetler üretebilmektedir. Bu kuvvetler açılı periferik silindirlere kaynaklanmaktadır. Bu kuvvetlerin kombinasyonuna göre sistem farklı yönlerde hareket edebilmektedir. Şekil 5'de mecanum tekerleklere sahip bir tekerleklerinin hareket yönüne göre mobil robotun hareket yönü gösterilmektedir [15].



Şekil 5: Mecanum tekerleklerin yönlerine göre insansız kara aracının hareket yönü [15]

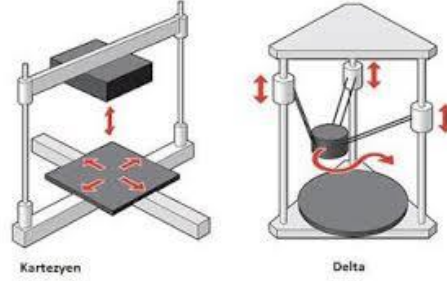
## 3. Materyal ve Yöntem

### 3.1. Örnek Bir Mecanum Tekerlek Tasarımı ve İmalatı

3B yazıcı teknolojilerinin kullanıldığı bu çalışmada, CAD tasarımı, FDM prototip imalatı, elektronik devre programlanması ve bileşenlerin montajı aşamaları uygulanmıştır.



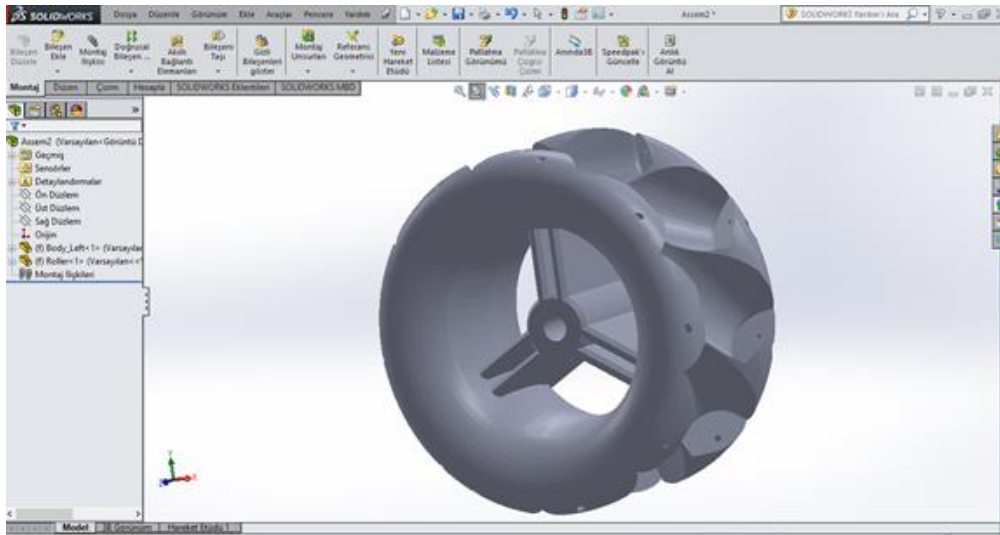
3B yazıcı teknolojilerinde kullanılan termoplastik plastik filament parça işlem sırasında ısıtılarak yeniden şekillendirilir. Termoplastikler yüksek sertlik ve çarpma dayanımı özelliğine de sahiptirler. Akrilonitril bütadien stiren (ABS), kimyasal formülü (C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>:C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>:C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>N)<sub>n</sub> kalıp yolu ile üretilen ürünlerde çok yaygın olarak kullanılan hafif ve sert bir polimerdir [16]. Bu plastik malzemeler özel rulolara sarılarak, belirli çap ve renk özelliklerinde yazıcılarda kullanılmaktadır. Şekil 6'da kartezyen ve delta çalışma alanına sahip FDM 3B yazıcı çalışma şekli görülmektedir.



Şekil 6: Kartezyen ve Delta tip FDM yazıcı çalışma prensibi

3B yazıcıların çalışma prensibi bilgisayar ortamında hazırlanmış herhangi bir üç boyutlu bir nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesine ve her bir katmanın eritilen hammadde dökülerek üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanmaktadır. FDM tip 3B yazıcılar için genellikle 1,75 mm ve 3 mm olmak üzere iki farklı çapta filament malzemeler kullanılmaktadır [17]. PLA filamentler, mısır nişastası ve şeker kamışı gibi bitkisel ürünlerden elde edilen plastiklerden yapılır. Bu nedenle yeşil plastik olarak adlandırılır. Diğer plastik türlerine göre doğada daha çabuk yok olur ve çevreye zarar vermez. Genellikle gıda ürünlerinin ambalajlarında kullanılır. ABS filamentler, petrol kökenli hammaddeler kullanılarak elde edilir. PLA'ya göre daha dayanıklıdır daha zor kırılır. Bu nedenle, kasklar, lego parçaları, araba tamponları gibi dayanıklılık gereken alanlarda yaygın olarak kullanılır [18].

Bu çalışmada, bilgisayarlı çizim ve tasarım işlemleri Solidworks programında yapılmıştır. Bilgisayar destekli tasarım veya daha çok kullanılan kısaltılmış biçimiyle CAD terimi, mühendislik tasarımcılarının tasarımlarını geliştirmek ve değiştirmek için bilgisayardan ana öğe olarak yararlandıkları işlemi tanımlamak için kullanılır. 3B FDM yazıcıyla üretiminde ilk adım, herhangi bir CAD yazılımı ile veya bir lazer ya da optik bir tarayıcı yardımı ile tersine mühendislik yaparak parçanın 3D modelinin oluşturulmasıdır. CAD yazılımları ile hızlı prototipleme makineleri arasında veri transferini sağlamak için bir veri ara yüzüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri ara yüzü STL (Stereo Lithography) formatıdır. Şekil 7'de kullanıcı tarafından Solidworks programıyla tasarlanmış mecamun tekerlek gövdesi görülmektedir.



Şekil 7: Solidworks programıyla gövde tasarımı

3B yazıcı olarak Zortrax M200 modeli kullanılmıştır. M200 modeli 200x200x185 mm üretim hacmi ve 0,09 mm baskı hassasiyetiyle 3B modellerinin üretimine imkân vermektedir. Isıtılabilir delikli tabla teknolojisi ve otomatik kalibrasyon sistemi bulunan cihazla hassas üretim yapılabilmektedir. Şekil 8' de Zortrax M200 yazıcı sistemi ve baskı tablası görülmektedir.



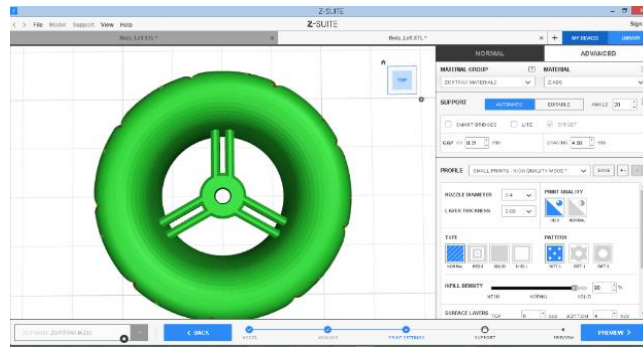




Şekil 8: Zortrax M200 yazıcı

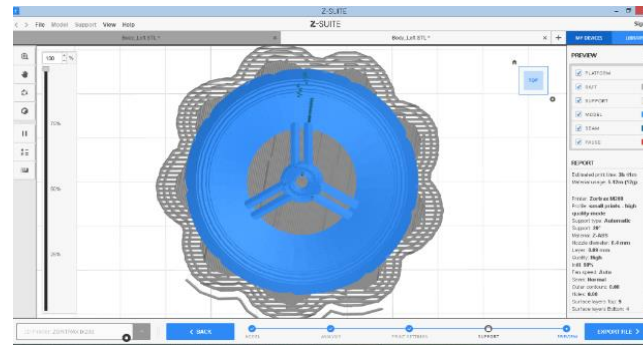
Filament malzeme yüksek sıcaklığa sahip bir nozul yardımı ile eritilerek katmanlar halinde inşa edilir. ABS filamentlerin çalışma sıcaklığı yaklaşık olarak  $\sim 220-225\text{ C}^0$  arasındadır. Çalışma yüzeyinin sıcak yüzey olması gereklidir. (\*.stl) formatına dönüştürülen 3B tasarım modelleri çeşitli programlar kullanılarak 3B yazı için gerekli baskı parametreleri ayarlamaları yapılabilir.

Z-Suit yazılımı kullanılarak baskı kalınlığı, malzeme tipi, doluluk oranları, destek parçasının üretim şekli vb., birçok değişken kontrol edilebilir [18]. Fan tasarımının tamamlanmasından sonra, bu tasarım STL formatındaki matematiksel hesaplanmış katmanlara dönüşümü yapılmaktadır. Şekil 9’da Z-Suit yazılımı kullanılarak, STL dönüşümü yapılmış modelin üç boyutlu yazıcı için baskı ayarlamalarının yapıldığı ara yüz görülmektedir. Kullanılacak filament tipinin ABS olarak belirlenmiş, katman kalınlığı 0,09 mm ve baskı yüzey kalitesi hassas olarak ayarlanmıştır. Doluluk oranı deneme baskısı için %90 olarak seçilmiştir.



Şekil 9: Mecanum ana gövdesinin baskı ayarları

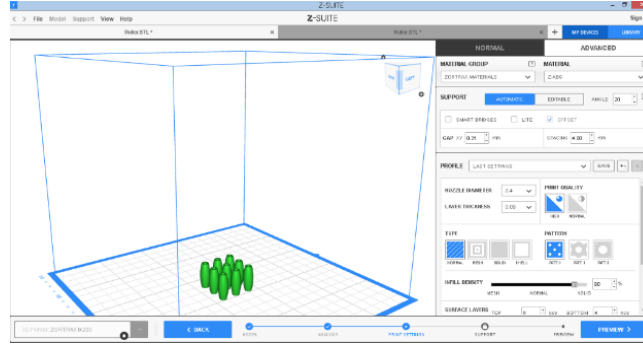
Şekil 10’da ise yapılan baskı ayarlamaları sonrasında sadece tekerlek gövdelerinden birisi için yaklaşık baskı süresinin 3 saat 41 dakika ve 12 gram malzeme kullanılacağına dair baskı ön raporu ve baskı için gerekli destek parçası yerleşimi görülmektedir. Bu tekerlek ana gövdesi için toplamda 4 adet üretileceği için, baskı süresi ve malzeme miktarı da aynı oranda artmaktadır.



Şekil 10: Tekerlek ana gövdesi için Z-Suit raporu



Şekil 11'de mecanum tekerleği üzerine takılan yan hareket tekerlekleri için yapılan baskı ayarlamaları görülmektedir. Her bir ana teker üzerinde 9 adet yan hareket tekerleği tasarlanmıştır. ABS malzemeden, 0,09 mm baskı kalınlığı ve 9 adet yan tekerlek baskısının Z-Suit programı için yapılan baskı ayarlamaları görülmektedir. Bu ayarlamalar sonrasında baskı zamanı 2 saat 18 dakika ve 8 gr malzeme hesaplanmıştır. 4 ayrı tekerin her biri için 9 adet yan hareket tekerleği olacağından, yan hareket tekerleri imalatı için toplam 36 gr malzeme kullanılacaktır.



Şekil 11: Silindirik rulolar için Z-suit ayarları

Tasarım sonucunda mecanum tekerlekler 3B yazıcı ile üretimi gerçekleştirilmiştir ve Şekil 12'de üretimi gerçekleştirilmiş mecanum tekerleğin farklı açılardan görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 12: İmal edilen mecanum tekerlek

#### 4. Sonuç

İnsansız kara araçlarının geliştirmesi iki kategoride toplanabilir. Mevcut güvenlik birimlerinin yerine geçerek, stratejik ya da taktik harekât gerçekleştirebilecek insansız kara araçları ve bu birimlere her türlü operasyonda hava ve arazi şartlarında destek sağlayacak insansız kara araçlarıdır. Güvenlik temelli askeri konseptler; asayiş, taarruz, savunma, meskûn mahalde ya da arazide antiterör operasyonları ile her türlü savaş dışı hareketleri kapsamaktadır. Bu durumda insansız kara aracının her türlü arazi şartları kapsamında görev yapabilmeleri çok önemlidir. Dolayısıyla insansız kara araçları hareket sistemleri üzerine farklı çalışmalar yapılmalı ve açık ya da kapalı ortamda görev yapacak insansız kara araçlarına uygun tekerlek yapıları geliştirilmelidir.

Bu çalışmada, her biri 2 serbestlik derecesine sahip bir mekanizmadan meydana gelen çok yönlü swedish mekanizmalı tekerlekler tasarlanmış ve 3B yazıcı ile basılmıştır. Tasarımı ve denetimi yapılan çok yönlü mobil robotun tekerlekleri üzerine yerleştirilen silindirik rulolu serbest dönen küçük tekerlekler sayesinde tekerleğin hareket kapasitesi artırılmıştır. Bu küçük silindirik tekerlekler sayesinde robot tekerleklerinin açılma doğrultuları değiştirilmeden sadece tekerleklerin hareket doğrultuları değiştirilerek üzerine takıldığı insansız kara aracına istenilen noktaya gitmesini sağlayacak duruma getirmiştir.

Mecanum tekerlek mekanizması takılacağı insansız kara araçlarına birçok alanda iş kolaylığı sağlamaktadır. İnsansız kara aracının çalışması sırasında çok büyük alanlar kaplamadan daha küçük ve çok dar alanlarda dahi araca kazandırılan çok yönlü hareket yeteneği sayesinde çok rahat bir şekilde manevra yaparak görevini yerine getirmesi sağlanmıştır.

#### 5. Kaynakça

1. Okutkan O. (2006). Yapay zekâ ile mobil robot kontrolü (Master's Thesis). [Mobile robot control with artificial intelligence] [Thesis in Turkish] İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
2. Mobil keşif robotu tasarımı (Master's Thesis) [Mobile exploration robot design][Thesis in Turkish]. 2010. İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
3. Çin E. (2015). Çok Yönlü Hareket Edebilen Forklift Prototipi imalatı (Master's Thesis). [Manufacturing of omnidirectional forklift prototype] [Thesis in Turkish]. Çorum. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.



4. Karel A. (2010). "İnsansız Kara Araçları" Savunma Sanayi Gündemi Dergisi. (12) s. 27-33.
5. National research Council. (2002). Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles, Washington, D.C., USA.
6. Aksoy R. ve Kurnaz S. (2009). "İnsansız Kara Araçları ve Muharebe Gereksinimleri" Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi. 4 (1): s. 1-10.
7. Yuqiao Z. (2009). AM 17 Field Ruggedized UGV. The Master Thesis. National University of Singapore, Singapore, s. 1-5.
8. BAST (Board on Army Science and Technology), (2002). "Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles", Technical Report ISBN: 0-309-50365-5, Committee on Army Unmanned Ground Vehicle Technology, National Research Council, Washington, D.C., USA, s. 1-135.
9. K. İren, Endüstriyel Çizgi Takip Eden Robot Cihazı Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi. Ankara, 2013.
10. Todd, D.J. (1985). Walking Machines, an Introduction to Legged Robots. Kogan Page Ltd.
11. Byun, K.S. and Song J.B. (2003). "Design and construction of continuous alternate wheels for an omnidirectional mobile robot", J Robot Syst. 20(9): s. 569-579.
12. Kurt, Z. (2007). Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalamaya Yönelik Akıllı Algoritmaların Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
13. West, M., Asada, H. (1997). "Design of ball wheel mechanism for omnidirectional vehicles with full mobility and invariant kinematics". J Mech Des. 119(2): s. 153-161.
14. Siegwart R., Nourbakhsh I.R., Scaramuzza D. (2011). Introduction to Autonomous Mobile Robots. Massachusetts Institute of Technology, London, England.
15. Web 1, (2019). <https://www.elektrikport.com/universite/mecanum-tekerlekli-mobil-robotlar/17033#ad-image-0>. Erişim Tarihi: 31.10.2019
16. Web 2, (2019). [https://tr.wikipedia.org/wiki/Akrilonitril\\_b%C3%BCtadien\\_stiren](https://tr.wikipedia.org/wiki/Akrilonitril_b%C3%BCtadien_stiren). Erişim Tarihi: 30.10.2019.
17. Web 3, (2019). <https://www.tasarimdanimalata.com/filament-alirken-nelere-dikkat-edilmeli/>. Erişim Tarihi: 28.10.2019.
18. Bozdemir M. (2018). Silah kabzasının 3b yazıcılarla tasarım ve imalatı [Design and manufacture of gun handles with 3D printers] [Article in Turkish]. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 2(1):57-68.



## YENİ TEST METODU İLE SAC METAL MALZEMELERİN GERİESNEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Elif Malyer

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu MYO, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü

elif.malyer@cbu.edu.tr

### Özet

Geri esneme nedeniyle sac metal ürünlerde geometrik tamlık önemli problemlerden biridir. Deneme-yanılma yöntemi, maliyeti ve üretim zamanını arttırmasına karşın geri esneme miktarının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada yeni ve basit bir test yöntemi tasarlanarak denenmiştir. Çalışmada 1mm kalınlığında AA1050-H14, AA2024-T3, AA5754-H11, AA6061-T6 alüminyum sac metal malzeme deney numunesi malzemesi, bükme hızı, bükme derinliği, zımba radüsü çalışmada işlem değişkeni, olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda önerilen yöntemin kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla, eta/DYNAFORM 5.9.2 ticari yazılımından yararlanılmıştır. Deney ve analiz çalışmalarının sonuçları önerilen yöntemin, deneme-yanılma yöntemi yerine kullanılabileceğini ve zımba radüsü, bükme derinliği ve bükme hızının belirtilen malzemelerin geri esneme özelliklerine geleneksel yöntemlerdeki ile benzer etkilerinin olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** V bükme, Geri esneme, Geometrik tamlık, Alüminyum alaşımı, Mekanik özellikler, Sonlu elemanlar yöntemi

### 1. Giriş

Sac metal şekillendirme işlemi, otomotiv endüstrisi, ambalaj endüstrisi ve ev aletleri endüstrisi gibi birçok alanda uygulanan bir üretim yöntemidir [1-3]. Bükme işlemi de bu üretim yöntemleri arasında en geniş uygulama alanına sahip işlemlerden biridir [4-9]. Son yıllarda, yüksek dayanımları, düşük yoğunlukları ve iyi korozyon dirençleri ile sac metal alüminyum alaşımlarının bu endüstri alanlarındaki kullanımı yaklaşık dört kat arttığı tespit edilmiştir [10, 11]. Günümüzde bahsi geçen yöntemlerle şekillendirilen bu hafif malzemelerden elde edilen parçaların küçülmesi buna karşın parçanın ölçüsel ve geometrik tolerans aralığının daralması beraberinde bazı problemleri de beraberinde getirmektedir [2, 10]. Bu durum onlarca yıldan beri başarılı bir şekilde uygulanıyor olmasına karşın halen tam anlamıyla anlaşılabilen işlem sürecini yeniden araştırma ya da tanımlama ihtiyacı doğurmuştur [1].

Bu süreç içerisindeki en temel problem ise geri esnemedir [12-16]. Geri esneme, dış yükler kaldırıldığında ürün şeklinde görülen elastik değişim olarak adlandırılabilir [1, 17]. Geri esneme birçok işlem değişkeninden etkilenmektedir. Araştırmacılar bu değişkenleri iki grupta incelemişlerdir. Bunlardan ilki şekillendirilebilirliğe etki eden malzeme özellikleri, ikincisi ise işlem parametreleridir. Malzeme özellikleri: elastikiyet modülü, akma ve çekme dayanımı, uzama, pekleşme üsteli, plastik anizotropi, gerinme hızı duyarlılığı üsteli; işlem parametreleri: deformasyon hızı, sıcaklık, sürtünme ve yağlama, sac baskı kuvveti, takım geometrisi ve ölçüsü, malzeme kalınlığı şeklinde sıralanabilir [18]. Araştırmacılar nihai ürünün belirlenen geometrisinin elde edilmesinde önemli ve belirleyici bir parametre olan geri esnemenin tanımlanabilmesi amacıyla L-bükme, V- bükme U bükme gibi deneysel test yöntemleri geliştirilmiştir. Ayrıca takımın ve işlem parametrelerinin geri esnemeye etkilerini araştırmak ve geri esneme kestirimi yapabilmek amacıyla sayısal analiz yöntemleri (SAY) de kullanılmaktadır [12-14]. Ancak sayısal analiz araçları henüz gerekli yeterliliğe ve güvenilirliğe sahip olmadığı bildirilmiştir [19]. Literatür incelendiğinde geri esnemenin tahmini konusunda birçok çalışma yapıldığı ve birden çok yaklaşım geliştirildiği görülmektedir. Baseri ve ark. (2011), 0.5, 0.7 ve 1mm kalınlıklarında çelik sac kullanarak V bükme yapmışlar. İşlem değişkeni olarak zımba radüsü, sac malzeme kalınlığı, sac malzemenin hadde yönüne göre konumunu seçmişler ve deneyler sonucu elde edilen değerlerle V bükme işleminde geri esneme değerlerini yapay sinir ağı yöntemi ile kestirimini gerçekleştirmişlerdir [14]. Canteli ve ark. (2009) bölgesel yüksek sıcaklıklarda serbest bükme modelinin prensiplerini analiz etmişlerdir [6]. Chatti (2010) sayısal analiz yöntemleri kullanarak elastoplastik formülasyonun şekillendirme işlemine ve geri esnemeye etkilerini incelemiştir [12]. HE De-heu ve ark. (2010) Ti alaşımı sac metal malzemelerin gerdirerek şekillendirmesinde geri esneme miktarını hem deneysel hem de nümerik olarak incelemişlerdir [13]. Ingaro ve ark. (2009) iki farklı çelik sac malzemeye “S” şekilli “U” kanal bükme işlemi yaparak işlem değişkenlerinin geri esneme miktarına etkisini incelemişler ve sayısal analiz yöntemleri ile elde edilen geri esneme sonuçları ile deneysel verileri karşılaştırmışlardır [19]. Laurent ve ark. (2010) geri esnemenin kestirimi için derin çekilen parçalardan halka şeklinde kesitler çıkararak açmışlar ve geri esneme miktarını ölçerek elde ettikleri değerleri sayısal analiz programı değerleri ile karşılaştırmışlardır [20]. Mohammadi ve ark. (2012) geri esneme miktarını azaltabilmek için Laser destekli bükme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Isıl işlem gören bölgenin karakterini ve boyutlarını tanımlamış, ısıl işlem gören bölge ile ısıl işlem görmemiş bölgeyi karşılaştırmışlardır. Bu işlem için belirlenen işlem parametreleri ise sayısal analiz programı yardımıyla belirlenmiştir. İşlem sonucunda laser desteği ile gerçekleştirilen bükme işleminde geri esneme miktarının %43 kadar azaldığını tespit etmişlerdir [21]. Yu ve ark. (2009) TRIP çeliklerinin elastik olmayan toparlanma davranışlarını ve bu davranışların geri esneme miktarına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında geri esneme davranışını incelemek üzere 1mm kalınlığındaki TRIP çeliğine U kanal bükme işlemi uygulamışlardır. Geri esneme tahmini için ise LS\_DYNA programı kullanmışlar. Deneysel sonuçlarla sayısal sonuçları karşılaştırmışlardır. Simülasyon yardımıyla farklı elastik modülü değerleri gerekir yaptıkları kestirim sonuçlarının sabit elastik modül değeri girerek elde edilen deneysel sonuçlara daha yakın olduğunu belirlemişlerdir. Bulgularına göre yük boşaltılırken meydana gelen gerilim toparlanması elastik ve elastik olmayan toparlanmanın birleşimidir, 0.22 gerilme oranında meydana gelen elastik olmayan toparlanma toplam toparlanmanın %20'sini geçmektedir. Daha kesin geri esneme kestirimi yapabilmek için elastik olmayan toparlanmanın geri esneme üzerindeki etkisinin hesaba katılması gerektiğini vurgulamışlardır [22]. Yilamu ve ark. (2010) farklı kalınlık ve özelliklerdeki özel çeliğin geri esneme özellikleri



karşılaştırmak üzere sabit şartlarda “V” bükme deneyleri gerçekleştirmişler ve her bir kalınlık ve özelliklerdeki malzemelerin geri esneme miktarlarını ölçmüşler ve farklı malzeme modelleri kullanarak sayısal analizlerini gerçekleştirmişler, deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Yoshida Uemori modelinin geri esneme tahmininde daha başarılı olduğunu ve Bauschinger etkisinin mutlaka hesaplamalara dâhil edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [23]. Wang ve ark. (2013) Mg alaşımlarının geri esneme davranışlarını sıcaklıkla değişimini incelemişlerdir. Bunun için 50 -300°C arasındaki sıcaklıklarda malzemelere farklı radüslerdeki zımbalarla V bükme işlemi uygulamışlar, K değerinin (tarafsız eksen sabitinin) artan sıcaklık ve zimba radüsü ile azaldığını tespit etmişlerdir [24]. Toros ve ark.(2012) 1,5mm kalınlığında TRIP800 çeliğinin geri esneme davranışlarını belirlemek üzere V bükme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Aynı çalışmaları Dynaform ile de gerçekleştirerek sayısal analiz ile deneysel sonuçlar arasındaki farkı incelemişlerdir. Sayısal analiz işlemlerini gerçekleştirirken ise birden farklı malzeme metodu kullanarak işlem yapmışlar. YLD2000-2d anisotropic yield criteria'nın geri esnemenin tahmininde en başarılı yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir [16]. Tıprakmas ve ark. (2010) AA1100 alüminyum alaşımı malzemeye V bükme işlemi uygulamış ve sonuçları sayısal analiz programlarından elde ettiği değerlerle kıyaslamıştır. Bükme açısı, malzeme kalınlığı ve zimba radüsünü işlem değişkeni olarak belirlemişlerdir. Sac malzeme kalınlığının geri esnemeye en çok etki eden parametre olduğunu belirtmişlerdir [25]. Öztürk ve ark. (2009) DP600 çeliğinin farklı sıcaklıklarda çekme ve geri esneme davranışlarını incelemiş, artan sıcaklıkla malzemenin şekillendirilebilirlik özelliklerinin iyileştiğini ve geri esneme miktarının düştüğünü tespit etmişlerdir [26].

Literatürde dikkati çeken şudur ki Kardes Sever ve ark (2012) bükmede meydana gelecek geri esnemenin öngörülmesi ile ilgili çalışmalarında "V" bükme işlemlerinde geri esnemenin açılal olarak tespitinde görüntü işleme metodunu kullanarak sonuçları temassız ölçüm cihazından elde edilen sonuçlarla karşılaştırmışlar ve yöntem hassasiyetinin bu işlemde kullanılabilir kadar yüksek olduğunu bildirmişlerdir [27].

Sanayide uygulanan bükme koşullarını belirlemek için deneysel yaklaşım yerine bilgisayar simülasyonlarından yararlanmak, şekillendirme uygulamasında sorunları önceden belirlediği için maliyetten ve zamandan tasarruf sağlar. Bu çalışmada farklı sac malzemelerin maksimum bükme açısı, derinlik, geri esneme miktarı, incleme gibi bilgilerine kısa sürede deneysel olarak ulaşmak amacıyla her firmada uygulanabilecek deney düzeneği tasarlanmış ve bu düzeneğe ile farklı alüminyum alaşımlarının bükme işlemlerini gerçekleştirilerek incelenmiştir. Adı geçen işlemde meydana gelecek geri esneme miktarını sayısal analiz programı yardımıyla mümkün olan tamlıkta ön görebilmek ve deneysel sonuçlarla hesaplamalar karşılaştırılmıştır. Bu amaçla eta/DYNAFORM 5.9.2 ticari sayısal analiz programı kullanılmıştır. Ayrıca özel cihaz ve kalifiye eleman gerektiren ölçüm işlemleri yanında imaj işleme proseslerinden yararlanmak da yine maliyeti olumlu yönde düşüreceği açıktır. Bu nedenle numune imajı üzerinden MATLAB yazılımı yardımıyla ölçümler alınarak bu tür ölçümlerin hassasiyeti ve uygulamada kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Malzemeler

Çalışmada 1mm kalınlığında dört farklı alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Bunlar 1050-H14, 2024-T3, 5754-H111 ve 6061-T6 'dır. Malzemelerin kimyasal kompozisyonları, spektral analiz ile elde edilerek Tablo 1-4'te verilmiştir.

**Tablo 1: AA1050-H14'ün %kimyasal kompozisyonu**

Element	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Ga	V	Al
%Ağırlık	0,104	0,265	0,014	0,001	0,002	0,001	0,020	0,009	0,008	kalan

**Tablo 2: AA2024-T3'ün %kimyasal kompozisyonu**

Element	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Cu	Zr	Al
%Ağırlık	0,08	0,12	0,53	1,49	<0,01	0,04	0,036	4,48	<0,01	kalan

**Tablo 3: AA5754-H111'in %kimyasal kompozisyonu**

Element	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Cu	Ga	V	Cr	Al
%Ağırlık	0,4	0,4	0,5	3,6	<0,01	0,04	0,036	0,1	<0,01	0,05	0,3	kalan

**Tablo 4: AA6061-T6'nın %kimyasal kompozisyonu**

Element	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Cu	Cr	Al
%Ağırlık	0,77	0,42	0,12	0,93	0,01	0,03	0,05	0,23	0,17	kalan



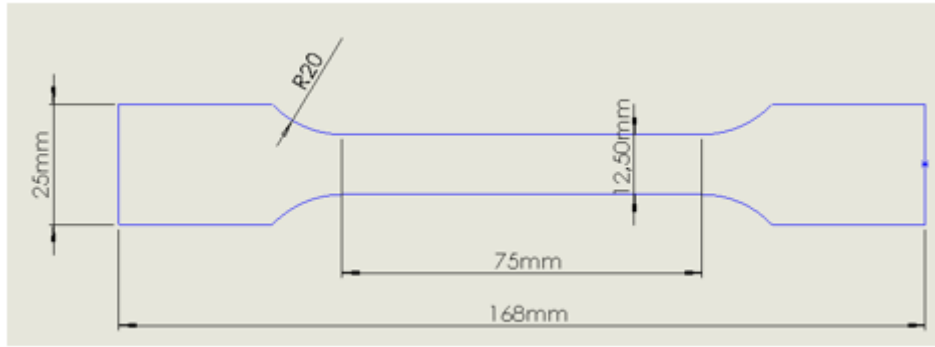


## 2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Çalışmada çekme ve bükme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney numuneleri lazer kesme ile hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan test numunelerinin boyutları Şekil 1 ve 2’de verilmiştir. Her bir deney en az üçer kez tekrarlanmıştır. Gerek duyulduğunda tekrar sayısı artırılmıştır ve sonuçlar tekrarların ortalaması olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: Bükme deney numunesi



Şekil 2: ASTM E8 standardına göre çekme deney numunesi

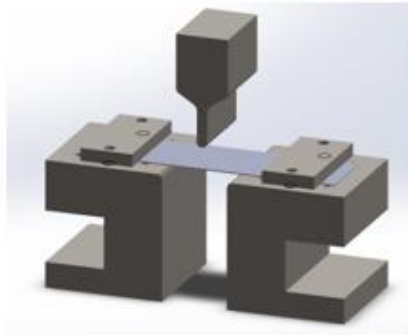
## 2.3. Deney Parametreleri

### 2.3.1. Çekme deneyleri

Bükme deneyleri, zımba hızının malzemenin şekillendirme özelliklerine etkisini incelemek amacıyla farklı hızlarda gerçekleştirildiği için çekme deneyleri de bükme deneylerindeki benzer olarak, 1mm/dak, 5mm/dak ve 15mm/dak hızlarında yapılmıştır. Böylece malzemelerin farklı şekillendirme hızlarında sergilediği farklı mekanik özellikleri tespit edilebilmiştir. Tüm deneyler oda sıcaklığında ve malzemenin hadde yönüne paralel yönde gerçekleştirilmiştir.

### 2.3.2. Bükme deneyleri

Bükme işlemleri 3-eksen CNC frezede ve malzeme hadde yönüne dik yönde gerçekleştirilmiştir. İşlemler için 4mm, 8mm ve 16mm olmak üzere üç farklı radüse sahip zımba ve kalıp aralığı değiştirilebilir iki parçadan oluşan dişi kalıp ve baskı plakası tasarlanarak işlenmiştir. Oluşturulan kalıp seti Şekil 3’te verilmiştir. Bükme deneylerinde kullanılan işlemlerde zımba radüsü (4, 8, 16mm), zımba hızı (1, 5, 15mm/dak), kalıp açıklığı (50mm), bükme derinliği (10, 20 ve 30mm) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3: Bükme deneylerinin gerçekleştirildiği kalıp



Bükme deneylerini gerçekleştirmek üzere Tablo 5'te belirtildiği ve açıklandığı şekliyle parça programı yazılarak uygulanmıştır.

**Tablo 5: Bükme işleminde kullanılan NC kodları**

NC kodlar	Açıklama
G90 G54 G00 X0 Y0;	G90: mutlak programlama, G54: iş parçası sıfır noktası, G00: Rapid hız
G46 Z10 H1 M19;	Takım boy telafisi seçimi M19: fener milini sabitleme
Z1	Zımbayı sac malzemenin 1mm üzerine gönderme
G01 Z-10 F1;	Takımı istenilen hızla istenilen bükme derinliğine gönderme
Z10	Zımbanın sac malzeme üzerinden kaldırılması

#### 2.4. Dataların İşlenmesi

Deneylerde oldukça fazla veri toplanmıştır. Bu verilerin işlenmesi ve kullanılması çalışmada önemli yere sahiptir. Çekme cihazlarından transfer edilen veriler Tablo 6'da örnek verildiği gibidir. Çekme deneyi esnasında ölçülen çekme kuvveti F ve referans çizgilerinin yer değiştirme miktarı ( $\Delta l = l - l_0$ ) Eşitlik (1) ve (2)'de verilmiş olan mühendislik gerilmesinin ( $\sigma_{müh}$ ) ve deformasyonun ( $\epsilon_{müh}$ ) hesaplanmasında kullanılmıştır. Ayrıca gerçek gerilme ve birim deformasyon değerleri de Eşitlik (3) ve (4)'de verilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{müh} = F/A \quad (1)$$

$$\epsilon_{müh} = \Delta l/l_0 \quad (2)$$

$$\sigma_{ger} = \sigma_{müh}(1 + \epsilon_{müh}) \quad (3)$$

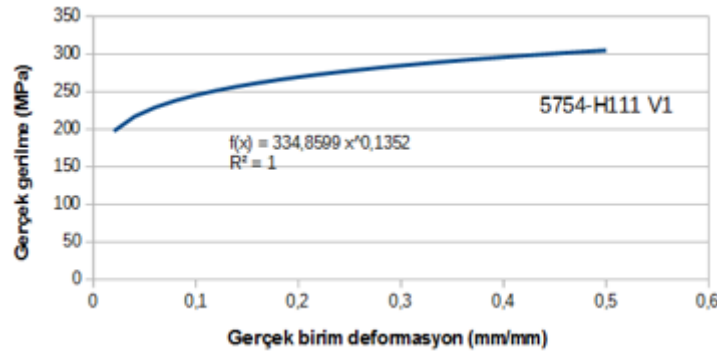
$$\epsilon_{ger} = \ln(1 + \epsilon_{müh}) \quad (4)$$

**Tablo 6: Cihazın transfer ettiği verilerden örnek kısım.**

1- 1			
Time	Force	Stroke	Ext.1
sec	kN	mm	mm
0	0,009375	0	0
0,05	0,00625	0,004	0,00625
0,1	0	0,015	0,003125
0,35	0,2125	0,077	0,009375
0,4	0,278125	0,09	0,015625
0,45	0,31875	0,102	0,01875
0,5	0,36875	0,115	0,034375
0,55	0,415625	0,127	0,025
0,6	0,45	0,14	0,015625
0,65	0,5	0,152	0,034375
0,7	0,5625	0,165	0,05
0,75	0,6	0,177	0,040625
0,8	0,653125	0,19	0,05



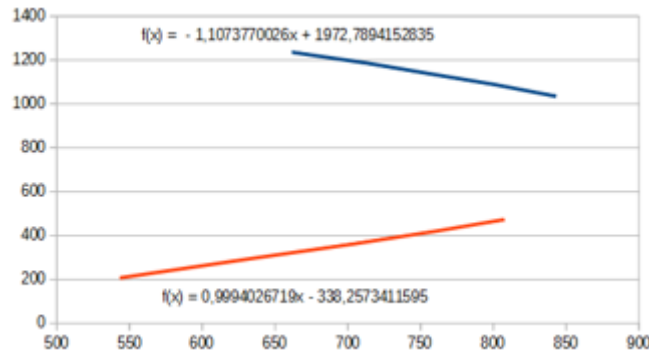
Elde edilen gerçek gerilme-gerçek birim deformasyon miktarı eğrilerinin plastik deformasyon bölgesi kullanılarak simülasyon programında kullanılacak eğriler elde edilmiştir. Şekil 4’te simülasyon programı için elde edilen malzeme dosyası (.csv) örnek olarak verilmiştir.



Şekil 4: Simülasyon programına yüklenen malzeme eğrisi örneği

Bükme işlemleri gerçekleştirildikten sonra bükülen numunelere fotoğraflanmış ve fotoğraflar üzerinden Matlab paket programı ile bükme açısı ölçümü gerçekleştirilmiştir. İmaj işleme sürecinde kullanılan komutlar ve işlevleri Tablo 7’de verilmiştir. Belirtilen paket program kullanılarak bükülen numunenin iki kolu üzerinden istenilen sayıda nokta toplanmış ve bu noktaların koordinat sistemi üzerindeki yerleri belirlenebilmektedir. Elde edilen veriler işlenmiş ve iki eğri arasındaki açı Eşitlik (5) kullanılarak belirlenmiştir.

$$(m_1 - m_2) / (1 + m_1 \cdot m_2) \quad (5)$$



Şekil 5: Matlab ile elde edilen veriler ile bükme açısının elde edilmesi

Tablo 7: Matlab için kullanılan formüller ve açıklamaları

Formül	Açıklama
N=imread('52.jpg')	52 nolu (adlı) numunenin imajının program tarafından okunması
imshow(N)	İmajın açılması
[x,y]=ginput(20)	İmaj üzerinden 20 adet nokta toplanabilmesi için gerekli komut

Bükme işlemlerinde kullanılan kalıp elemanlarının modellenmesi Solidworks yazılımı ile yapılmış ve IGES formatına aktarılmıştır. Malzeme parametreleri ve IGES dosyaları simülasyon programı olarak kullanılan eta/DYNAFORM 5.9.2 yazılımına aktarılmıştır.

Simülasyon için “36\*MAT\_3-PARAMETER\_BARLAT” malzeme modeli kullanılmıştır. İşlemlerin oda sıcaklığında gerçekleştirildiği varsayılmıştır. Simülasyon işlemlerinde malzeme tanımlanırken malzeme yoğunluğu, elastisite modülü, poisson sabiti, Lankford parametreleri malzemeye göre tanımlanmış ve Tablo 8’de verilmiştir. Malzeme hadde yönü U+ (x-eksenine paralel), mesh elemanı shell olarak tanımlanmıştır. Sac malzeme için mesh size 4, kalıp elemanları için ise 5 kullanılmıştır. Sürtünme katsayısı alüminyum standart (0,17), sac malzeme ile zımba arasındaki mesafe 0,6mm tanımlanmıştır. Önce kapanma işlemi sonrasında ise bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde baskı plakasının uyguladığı kuvvet 2000N olarak atanmıştır. Zımba hızı ise deneysel şartlardakilerle benzer seçilmiştir. Zımbanın hareket miktarı 10, 20 ve 30mm olarak belirlenmiş, her 0,5mm de bir sonuç alınacak şekilde programlama yapılmıştır. Çözümleme sonucunda implicit çözücü ile geri esneme analizi gerçekleştirilmiştir.



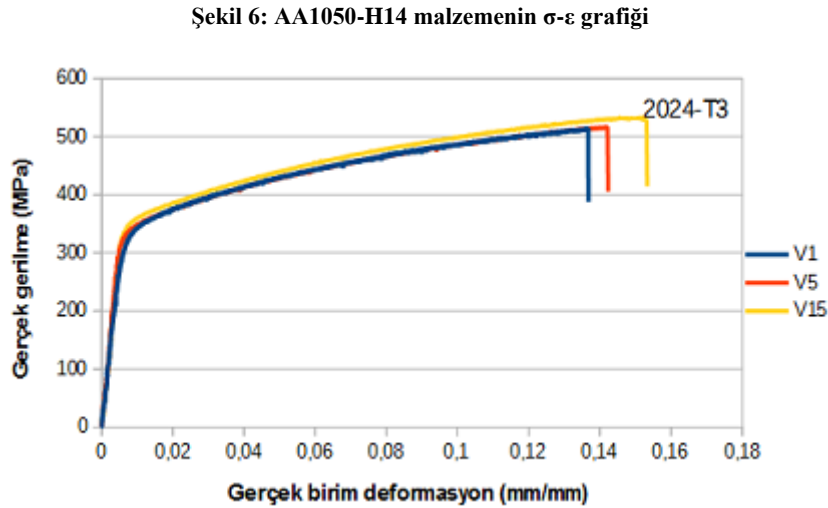
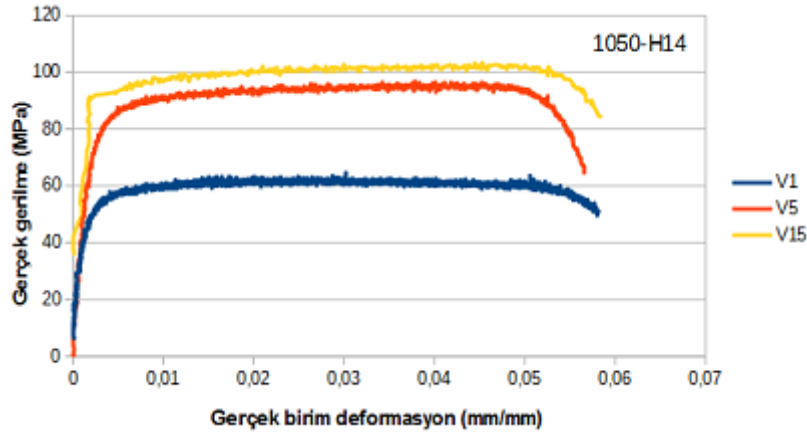
**Tablo 8: Malzeme tanımlama amacıyla kullanılan malzeme özellikleri**

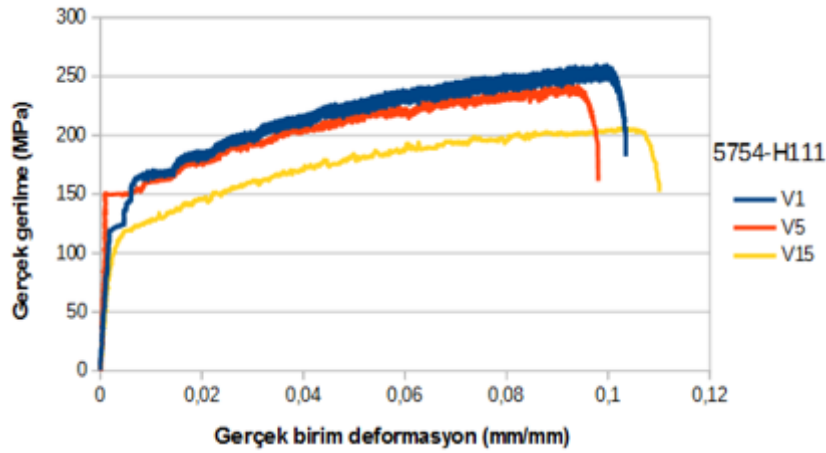
Malzeme	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Elastisite modülü (Pa)	Poisson sabiti	R00	R45	R90
AA1050-H14	2,71 e-009	71000	0,33	0,51	0,75	0,48
AA2024-T3	2,78 e-009	73100	0,33	0,72	0,99	0,82
AA5754-H111	2,66e-009	68000	0,33	0,663	0,86	0,717
AA6061-T6	2,7e-009	68900	0,33	0,66	0,77	0,84

## 2.5. Bulgular

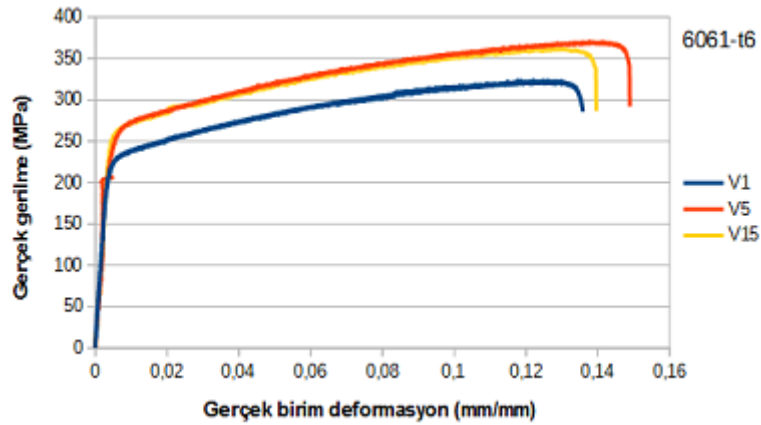
### 2.5.1. Çekme deneyleri

Belirtildiği üzere çalışmada kullanılan tüm malzemelerin farklı hızlardaki mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Çekme deneyleri sonucu elde edilen veriler işlenerek Şekil 6, 7, 8 ve 9'da verilen gerçek gerilme-gerçek birim deformasyon eğrileri elde edilmiştir. Gerçekleştirilen çekme deneyleri sonucunda elde edilen grafikler literatürde belirtilenlerle benzerlik göstermektedir. Grafiklerden de görüldüğü üzere tüm malzemelerde çekme hızı arttıkça maksimum gerilme miktarı artarken AA5754-H111 alaşımında çekme hızı arttıkça maksimum gerilme miktarının azaldığı gözlenmektedir. Malzemenin çekilmesi esnasında lüders bantları gözle görülür oranda belirginleşmiştir.





Şekil 8: AA5754-H111 malzemenin  $\sigma$ - $\epsilon$  grafiği



Şekil 9: AA6061-T6 malzemenin  $\sigma$ - $\epsilon$  grafiği

### 2.5.2. Bükme deneyleri

Bükme deneyleri CNC freze tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Bükme işlemi ile elde edilen numunelerin bükme açıları CMM ile ölçülmüştür. CMM ölçümleri için bağlama kalıbının kullanılması ölçüm hassasiyetini etkilemiştir. Numuneler aynı zamanda fotoğraflanarak matlab paket programı ile imaj üzerinden bükme açısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm işlemleri için kullanılan yöntem Bölüm3'te belirtilmiştir. Diğer yandan eta/DYNAFORM yazılımı ile gerçekleştirilen simülasyon işlemleri ile de bükme açıları tespit edilmiştir. Gerek hedeflenen bükme açıları gerekse CMM, matlab ve analiz programı ile elde edilen bükme açısı değerleri elde edilmiştir.

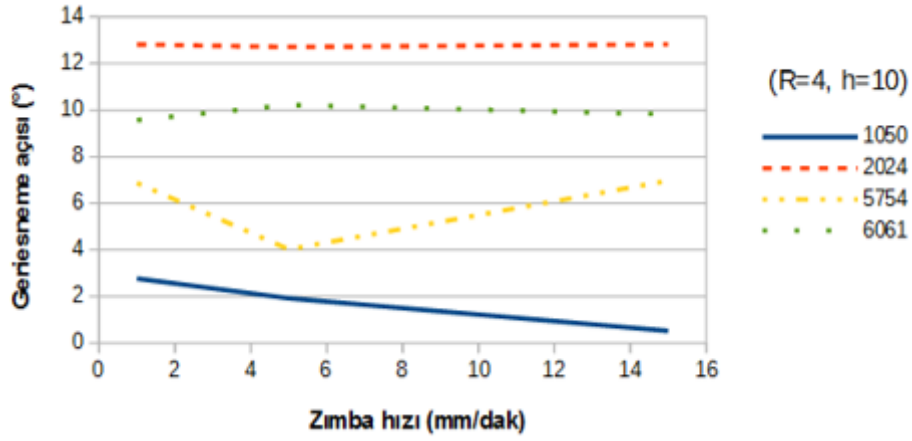
Ayrıca işlem değişkenlerinden biri olarak seçilen zımba hızı ya da diğer bir deyişle bükme hızının geri esneme miktarına etkisi incelenmiştir. Şekil 10'da deneylerin genelini iyi bir şekilde sergileyecek örnek bir grafik verilmiştir. Görüldüğü üzere AA1050-H14 alaşımının şekillendirilmesinde işlem hızının oldukça etkili olduğu ve hız arttıkça geri esnemenin azaldığı diğer alaşımların şekillendirilmesinde bu değişkenin AA1050-H14 alaşımına göre daha az etkide bulunduğu ve hız arttıkça geri esnemenin arttığı gözlemlenmiştir.

İşlem değişkenlerinden bir diğeri de zımba radüsüdür. Şekil 11'de yine deney sonuçlarının genelini tanımlayan grafik sunulmuştur. Literatürde de belirtildiği üzere tüm alaşımlarda zımba radüsü arttıkça geri esneme miktarının arttığı gözlemlenmiştir.

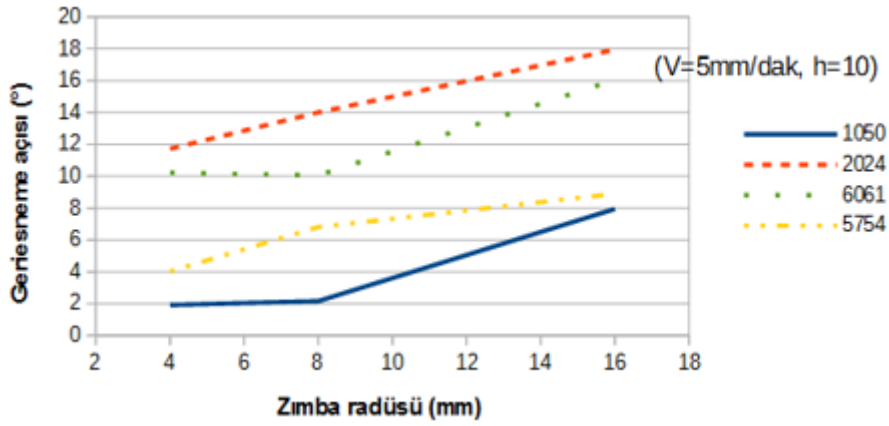
Bükme işlemleri sonucunda elde edilen numuneler üzerinden hem CMM ile ölçüm gerçekleştirilmiş hem de MATLAB ile imaj işlenerek ölçümler yapılmış ve eta/DYNAFORM ile analizler gerçekleştirilmiştir. Tüm yöntemlerle elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bunları ifade eden grafikler Şekil 12, 13, 14 ve 15'te verilmiştir.



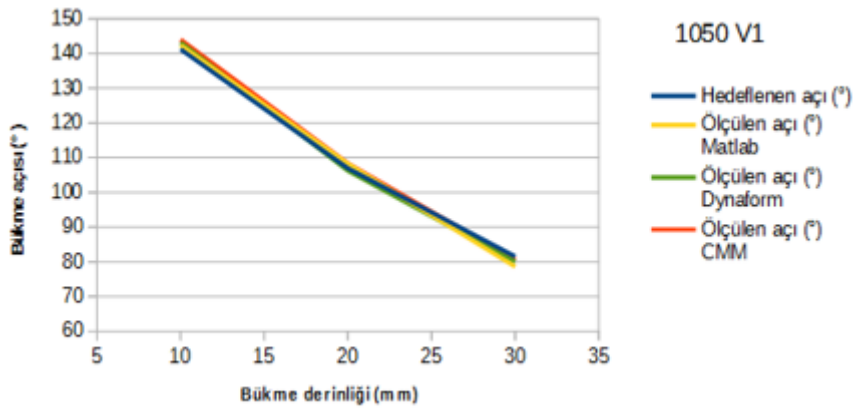




Şekil 10: Zımba hızının geri esneme açısına etkisi

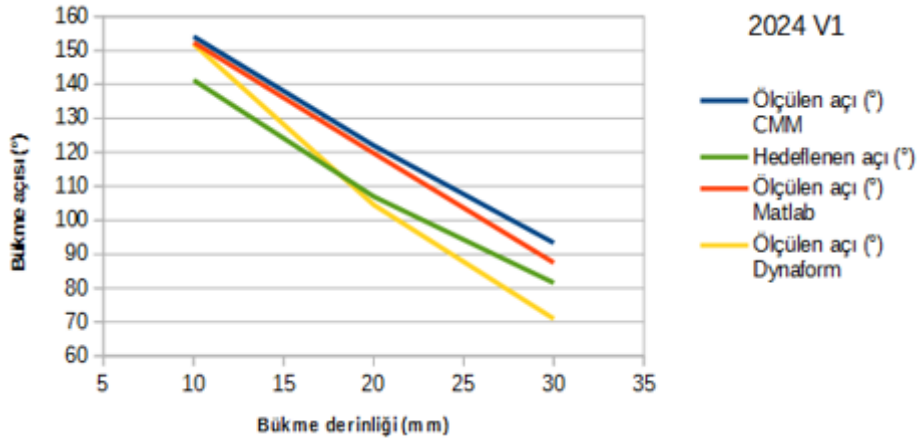


Şekil 11: Zımba radüsünün geri esneme açısına etkisi

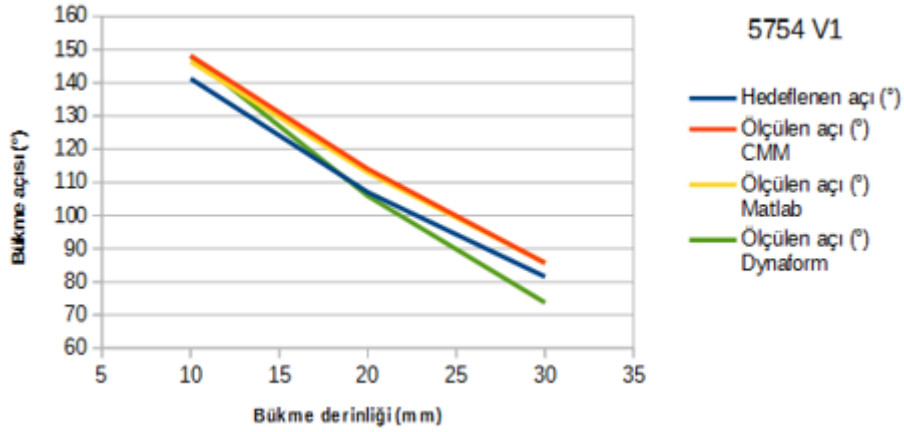


Şekil 12: Sayısal analiz ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (AA1050-H14)

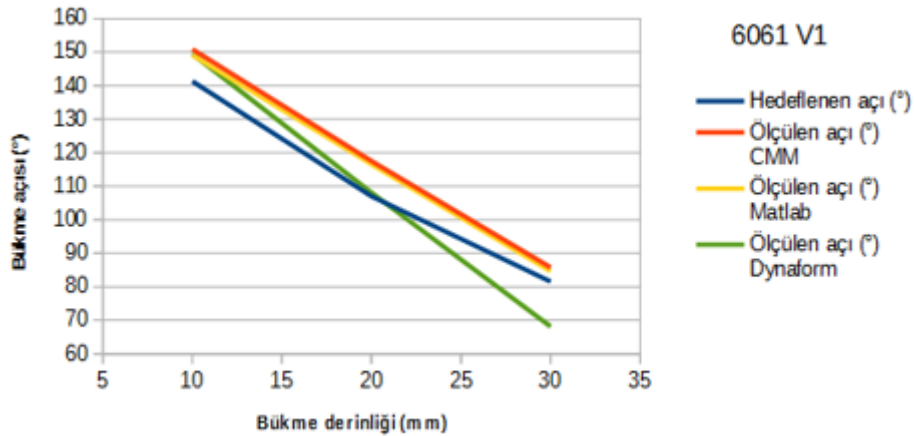




Şekil 13: Sayısal analiz ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (AA2024-T3)



Şekil 14: Sayısal analiz ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (AA5754-H111)



Şekil 15: Sayısal analiz ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (AA6061-T6)

### 3. Sonuçlar

AA1050-H14, AA2024-T3, AA5754-H111 ve AA6061-T6 alaşımlarının CNC freze tezgâhı kullanılarak bükülebilirliği, bükülen numunelerin MATLAB yazılımı yardımıyla imaj üzerinden bükme açısının ölçülebilirliği ve eta/DYNAFORM 5.9.2 sonlu eleman yazılımı kullanılarak analizlerinin gerçekleştirilebilirliği araştırılmıştır. Belirtilen kalıp ve parça program kullanılarak her dört alaşımın da belirlenen işlem değişkenleri ile CNC freze tezgâhında sorunsuz olarak bükme işlemi gerçekleştirilmiştir.



CNC tezgâhında baskı plakası kullanılarak yapılan bükme deneylerinden elde edilen sonuçların literatürde belirtilen standart şartlarda elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Tüm deney malzemeleri değerlendirildiğinde geri esneme miktarının malzemelerin akma dayanımına hassasiyet gösterdiği akma dayanımı arttıkça geri esneme miktarının arttığı gözlemlenmiştir [29-32]. Zımba radüsü arttıkça geri esneme tüm şart ve malzemelerde artmıştır [33]. Zımba hızındaki artış en çok AA1050-H14 alaşımında etkiye bulunmuş hız arttıkça geri esneme azalmış diğer alaşımlarda belirtilen malzemeye kıyasla daha az etkiye bulunduğu ve hız arttıkça geri esnemenin arttığı tespit edilmiştir.

İşlemlerde kullanılacak CNC tezgâhının hassasiyeti düşütülerek çalışmada bükme açısının ( $^{\circ}$ ) derece yerine bükme derinliği cinsinden belirlenmek istenmesi bükme açısının geri esneme miktarına etkisinin incelenmesini zorlaştırmıştır. Açılar tamsayı olarak elde edilememiştir. Bükme derinliği arttıkça germe miktarı da artmaktadır. Bükme derinliği arttıkça Ouakdi ve arkadaşlarının da belirttiği gibi tüm şart ve malzemelerde geri esnemenin azaldığı görülmüştür [34].

Sonuçlar incelendiğinde ve Şekil 12, 13, 14 ve 15 'te de görüldüğü üzere temassız ölçüm cihazı ile alınan ölçümlere çok yakın sonuçların elde edilmesi, çalışılan şartlarda imaj işleme yönteminin daha pahalı olan temassız ölçüm cihazı ile ölçüm yöntemine alternatif olabileceğini göstermektedir.

Çalışmada sayısal analiz yazılımı ile bükme işlemlerinin simülasyonu da gerçekleştirilebilmiştir. Bu işlemler üç adımda tamamlanmıştır. İlk adımda çekme deneylerinden elde edilen malzeme verileri işlenerek programa tanıtılmış, ikinci adımda bükme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Son adımda ise bükme işlemlerinden elde edilen modele geri esneme analizi başarıyla uygulanmıştır.

#### 4. Kaynakça

- [1] Meinders T., Burchitz I. A., Bonte M. H. A., Lingbeek R. A., “Numerical Product Design: Springback Prediction, Compensation and Optimization”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 48, 499-515, 2008.
- [2] Ling Y. E., Lee H. P., Cheok B. T., “Finite Element Analysis of Springback in L- bending of Sheet Metal”, *Journal of Materials Processing Technology*, 168, 296-302, 2005.
- [3] Zhang Q. F., Cai Z. Y., Zhang Y., Li M. Z., “Springback Compensation Method for Doubly Curved Plate in Multi-Point Forming”, *Materials and Design* 47, 377–85, 2013.
- [4] Baseri H., Bakhshi-Jooybari M., Rahmani B., “Modeling of Spring-Back in V-die Bending Process by Using Fuzzy Learning Back-propagation Algorithm”, *Expert Systems with Applications* 38,8894–900, 2011.
- [5] Liu J. G., Fu M. W., Lu J., Chan W. L., “Influence of Size Effect on the Springback of Sheet Metal Foils in Microbending”, *Computational Materials Science*, 50, 2604-14, 2011.
- [6] Canteli J.A., Cantero J.L., Miguélez M.H., “Theoretical Analysis of Air Bending at High Temperature”, *Journal of Materials Processing Technology* 209, 1342–50, 2009.
- [7] Gisario A. , Barletta M., Conti C., Guarino S., “Springback Control in Sheet Metal Bending by Laser-Assisted Bending: Experimental Analysis, Empirical and Neural Network Modelling”, *Optics and Lasers in Engineering* 49, 1372–83, 2011.
- [8] Réche D. , Besson J., Sturel T., Lemoine X., Gourgues-Lorenzon A.F., “Analysis of the Air-bending Test Using Finite-Element Simulation: Application to Steel Sheet”s, *International Journal of Mechanical Sciences* 57, 43–53, 2012.
- [9] Panthi S.K., Ramakrishnan N., Ahmed M., Singh S. S., Goe M.D., “Finite Element Analysis of Sheet Metal Bending Process to Predict the Springback”, *Materials and Design* 31, 657–62, 2010.
- [10] Joseph, C. D., “Experimental Measurement and Finite Element Simulation of Springback in Stamping Aluminium Alloy Sheets for Auto- Body Panel Application”, (M. Sc.), Mississippi State University, Department of Mechanical Engineering, 2003.
- [11] Kahraman, M., “Levha Malzemelerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Geri Esnemesinin İncelenmesi”, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [12] Chatti S., “Effect of the Elasticity Formulation in Finite Strain on Springback Prediction”, *Computers and Structures*, 88, 796–805, 2010.
- [13] He D., LI D., LI X., JIN C., “Optimization on Springback Reduction in Cold Stretch Forming of Titanium-Alloy Aircraft Skin”, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 20, 2350-57, 2010.
- [14] Lim H., Lee M.G., Sung J.H., Kim J.H., Wagoner R.H., “Time-Dependent Springback of Advanced High Strength Steels”, *International Journal of Plasticity* 29, 42–59, 2012.
- [15] Wagoner R. H., Lim H., Lee M. G., “Advanced Issues in Springback”, [International Journal of Plasticity](#), 45, 3-20, 2013.
- [16] Toros S., Polat A., Ozturk F., “Formability and Springback Characterization of TRIP800 Advanced High Strength Steel”, *Materials and Design* 41, 298–305, 2012.
- [17] Vladimirov I. N., Pietryga M. P., Reese S., “Prediction of Springback in Sheet Forming by a New Finite Strain Model with Nonlinear Kinematic and Isotropic Hardening”, *Journal of Materials Processing Technology* 209, 4062–75,2009.
- [18] Nasrollahi V., Arezoo B., “Prediction of Springback in Sheet Metal Components with Holes on the Bending Area,Using Experiments”, *Finite Element and Neural Networks, Materials and Design* 36, 331–6, 2012.



- [19] Ingarao G., Di Lorenzo R., Micari F., “Analysis of Stamping Performances of Dual Phase Steels: A Multi-objective Approach to Reduce Springback and Thinning Failure”, *Materials and Design* 30, 4421–33, 2009.
- [20] Laurent H., Gréze R., Oliveira M. C., Menezes L. F., Manach P. Y., Alves J. L., “Numerical Study of Springback Using the Split-Ring Test for an AA5754 Aluminum Alloy”, *Finite Elements in Analysis and Design* 46, 751–9, 2010.
- [21] Mohammadi A., Vanhove H., Van Bael A., Duflou J. R., “Bending Properties of Locally Laser Heat Treated AA2024-T3 Aluminium Alloy”, *Physics Procedia* 39, 257 – 64, 2012.
- [22] Yu H. Y., “Variation of Elastic Modulus During Plastic Deformation and its Influence on Springback”, *Materials and Design* 30, 846–850, 2009.
- [23] Yilamu K., Hino R., Hamasaki H., Yoshida F., “Air Bending and Springback of Stainless Steel Clad Aluminum Sheet”, *Journal of Materials Processing Technology* 210, 272–8, 2010.
- [24] Wang L., Huang G., Zhang H., Wang Y., Yin L., “Evolution of Springback and Neutral Layer of AZ31B Magnesium Alloy V-bending under Warm Forming Conditions”, *Journal of Materials Processing Technology* 213, 844–50, 2013.
- [25] Thipprakmas S., “Finite Element Analysis of Punch Height Effect on V-bending Angle”, *Materials and Design* 31, 1593–8, 2010.
- [26] Öztürk F., Toros S., Kılıç S., “Tensile and Spring-Back Behavior of DP600 Advanced High Strength Steel at Warm Temperatures”, *Journal of Iron and Steel Research International*, 16, 41-6, 2009.
- [27] Kardes Sever N., Mete O. H., Demiralp Y., Choi C., Altan T., “Springback prediction in bending of AHSS-DP 780”, *Proceedings of NAMRI/SME vol 42*, 2012.
- [28] Tekarslan Ö., Şeker U., Gerger N., “Bükme kalıplarında 0,75mm kalınlığındaki çelik sac malzemelerin Geri eseme miktarlarının Belirlenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 13, 1, 15-22, 2007.
- [29] Li X., Yang Y., Wang Y., Bao J., Li S., “Effect of the material-hardening mode on the springback simulation accuracy of V-free bending”, *Journal of materials processing technology*, 123, 209-211, 2002.
- [30] Esat V., Darendeliler H., Gökler M. İ., “Finite element analysis of springback in bending of aluminium sheets”, *Materials and design*, 23, 223-229, 2002.
- [31] Panthi S. K., Ramakrishnan N., Ahmed M., Singh S. S., Goel M. D., “Finite element analysis of sheet metal bending process to predict the springback”, *Materials and design*, 31, 657-662, 2010.
- [32] Fei D., Hodgson P., “Experimental and numerical studies of springback in air v-bending process for cold rolled TRIP steels”, *Nuclear engineering and design*, 236, 1847-1851, 2006.
- [33] Forcellese A., Fratini L., Gabrielli F., Micari F., “The evolution of springback in 3D stamping and coining processes”, *Journal of materials processing technology*, 80-81, 108-112, 1998.
- [34] Ouakdi E. H., Louahdi R., Khirani D., Tabourot L., “Evaluation of springback under the effect of holding force and die radius in a stretch bending test”, *Materials and design*, 35, 106-112, 2012.

**NOT: Bu çalışma 113M816 nolu TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.**



## KANATLI ETİ ÜRETİMİNDE İZLENEBİLİRLİK

Engin Yaralı

*Anan Menderes Üniversitesi. Çine Meslek Yüksekokulu. Çine/Aydın/Türkiye*

*eyarali@adu.edu.tr*

### Özet

Son yıllarda çok tartışılan ve öne çıkan konulardan biri olan gıda güvenliği sistemi, gıda ve yem olarak kullanılan her türlü hammadde ve yardımcı maddelerin, çiftlikten çatala olan tedarik zinciri boyunca sağlığa zararlı olmayacak şekilde üretimi için tasarlanan prosesleri kapsamaktadır. İzlenebilirlik ise bu anlamda ürün ve prosesi geriye doğru takip ederek sorunları belirlemeyi; ileriye doğru izleyerek te geri toplama gibi bir sistemin oluşturulmasını hedefler. Bu sistemin kurulması ve işletilmesi, gıda zincirinin karmaşık yapısı ve sektörel sorunlar nedeni ile oldukça zordur. Bunun için geleneksel üretim metotları yerine elektronik bilgi sistemleri ve teknolojilerinin hayata geçirilmesi gereklidir. Kaliteli ve güvenilir bir kanatlı eti üretiminde uygulanacak olan izlenebilirlik sistemi, yeni teknolojilerin işletmelere entegre edilmesi ile ürüne olan güveni artıracaktır. Kanatlı eti sektöründe izlenebilirlik aşamaları, eti için beslenecek hayvanın kümeslerde kaldığı süreçle başlayıp, kesim ve haşlama-tüy yolma üniteleri, iç organ çıkarma, soğutma sistemleri, et ürününe dönüştürülecek işleme ve üretim prosesleri, ambalajlama, paketleme, nakliye, depolama, satış ve tüketicinin sofrasına gelinceye kadar uzayan bir zinciri kapsamaktadır. Kanatlı eti üretiminde bu anlamda, barkod ve radyo dalgaları ile çalışan etiketler (RFID etiket) kullanılmakta olup, feedTRace adında bir izlenebilirlik sistemi geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** *Gıda zinciri, izlenebilirlik, gıda izlenebilirliği, kanatlı eti*

### 1. Giriş

Yeterli ve güvenli gıdaya ulaşmak insanoğlunun gündemini daima en çok meşgul eden konulardan birisidir. Gıda maddelerinde; özellikle de son yıllarda gelişen analiz yöntemlerinin de etkisiyle birçok yeni sorun alanı tespit edilmiş; gıda kaynaklı kimi krizler yaşanmış, artan iletişim imkânları ile bilgi paylaşımı hızlanmış ve tüketici daha bilinçli hale gelmiştir. Gıdalarda var olan başlıca tehlikeler; mikrobiyolojik, ilaç kalıntıları, gıda katkı maddeleri, çeşitli kimyasal bulaşanlar, mikotoksinler, radyoaktif bulaşanlar, GDO (genetiği değiştirilmiş gıdalar), veteriner ilaç kalıntıları, çeşitli amaçla kullanılan hormonlar vb. olarak söylenebilir (Saner ve Ataman, 2011).

Gıdalardan kaynaklanan sağlık sorunları, gıda zehirlenmeleri ve olası tehlikeler tüketicilerde gıdalara karşı güvensizlik yaratmıştır. Buna bağlı olarak tüketicilerin, gıda güvenliği ve kalitesi konusundaki duyarlılıkları artmış ve tüketiciler bu anlamda etkili yöntemlerin uygulanmasını isteyen tepkiler ortaya koymaya başlamışlardır. Tüketiciler ayrıca çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan sürdürülebilir, hayvan hakları, sağlığı ve refahına dayalı tarımsal üretim istemektedirler. Sonuçta tüm bu beklenti ve istekler, devlet yönetimlerini gıda güvenliği ile sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma için birtakım tedbirler almaya ve yasal düzenlemeye gitmeye zorlamıştır. Nitekim Avrupa Birliği'nde 2002 yılında Avrupa Gıda Yasası olarak adlandırılan 178/2002 sayılı yasa yürürlüğe konulmuş ve gıda güvenliği düzenlemeleri 2005 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Ülkemizde ilk olarak 05.06.2004 tarihinde 5179 sayılı "Gıdaların Üretimi, Tüketimi Ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun" esas olarak, iç ve dış pazarda gıda ve tarım ürünleri için izlenebilirlikle ilgili AB mevzuatı ile uyumlaştırma düzenlemeleri yapılmıştır. 01.04.2014 tarihinde 27892sayılı Resmi Gazetede 2011/19 numaralı tebliğ ile gıda maddelerinin etiketleme kurallarında değişiklikler tanımlanmıştır. 2011 yılında 5996 sayılı yasa ile tarım ve gıda ürünleri için işletmelere ve tedarikçilere izlenebilirliği sağlamak üzere bir sistem oluşturma zorunluluğu getirilmiştir (Cebeci, 2006).

İzlenebilirlik sistemi ithalatta dahil olmak üzere, üretim, nakliye ve pazarlama aşamaları olmak üzere, birincil üretimden son tüketiciye kadar olan aşamaların tümünü kapsar ve ilgili gıdada gıda güvenliğini sağlamak amaçlar. İzlenebilirlik sistemi, hammadde ve yardımcı maddelerin işletmeye girişinden başlayıp, daha sonra izlediği ara işlemleri, sonrasındaki prosesleri ve oluşan ürünün tüketiciye ulaşana kadar takip edilmesini sağlamaktadır.

İzlenebilirlik sisteminin üç temel unsuru vardır:

1. Tüm hammadde, yardımcı maddeler ve diğer girdilerin, birim veya parti olarak tanımlanması
2. Hammadde, yardımcı maddeler ve diğer girdilerin nereden, ne zaman ve nereye hareket ettiklerine ilişkin bilginin toplanması ve saklanması
3. Bu iki veriyi birbiri ile ilişkilendirecek bir sistemin kurulması.

Etkin bir şekilde yürütülen izlenebilirlik sistemi, insan sağlığına tehdit eden bir durum ortaya çıktığında, ürünlerin nerelere dağıtıldığının tespit edilmesinde ve piyasadan toplatılmasında önemli rol oynamaktadır. (Aarnisalo ve ark., 2007; Ammendrup, 2015; Saner ve Ataman, 2011).

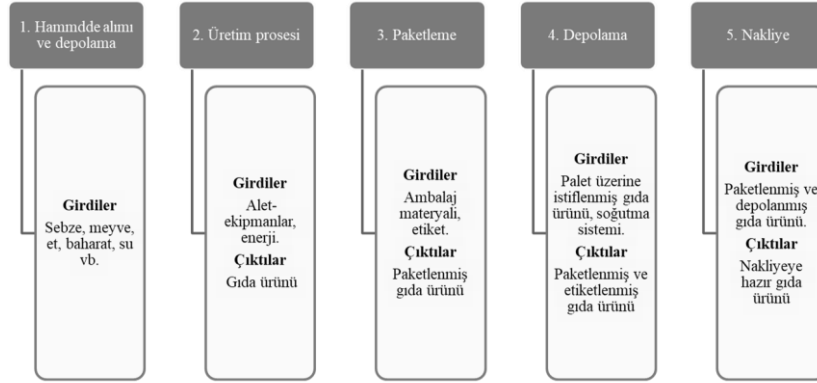
### 2. Gelişme

Gıda zinciri içerisinde izlenebilirliğin oluşturulabilmesi için, bu zincirde yer alan tüm tarafların sorumluluklarını yerine getirmesi gerekmektedir. Bu sistemde temel olarak yer alan dış izlenebilirlik; hammadde ve yardımcı maddelerin alımından başlayan ve





tedarikçi ile üretim yeri arasındaki bağlantıyı kapsamaktadır. İç izlenebilirlik ise, üretim yerinde hammadde girişinden son ürün çıkışına kadar olan izlenebilirliktir. Ortaya çıkan ürün, kendine ait özel bilgileri içerecek şekilde belirlenmeli ve ürün ile hammadde ve yardımcı maddeler arasında bağlantı sağlanmalıdır. Bu izlenebilirlik sistemi, ürün daha büyük partide paketlendiğinde de (paletlerde, kasalar veya konteynırlarda) devam etmelidir (ITC, 2015).



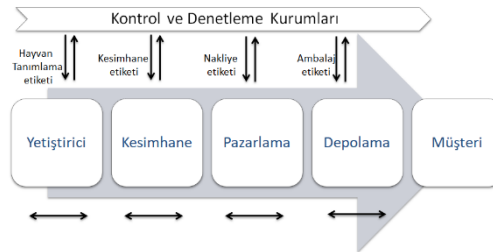
Şekil 1. İzlenebilirlik sisteminde yer alan girdi ve çıktı örnekleri

Şekil 1’ de izlenebilirlik sisteminde yer alan girdi ve çıktı örnekleri örnek olarak verilmiştir. Bu anlamda, ürün tanımlama sistemleri, bilgi toplama, analiz, veri depolama ve aktarma teknolojileri kullanılmakta ve bu tür sistemler içinde yer alan ölçüm/algılama ekipmanları ile veri toplama yaygın ve son derece doğru (>% 99) olarak yapılabilmektedir. Bu araçlar, ürün kodlarını, parti/lot numaralarını, fatura verilerini, siparişlerini tarar ve kaydeder (ITC, 2015).

Gıda izlenebilirliğinde birincil tanımlama birtakım biyolojik işlemlerle belirlenen kimliğidir. İkincil veya etiket tabanlı tanımlama ise ürünün tanımlanması amacıyla bir dizi alfa-sayısal karakter dizilimi kullanan tekniklerden oluşmaktadır. Tanımlama veya kimlik bilgisi diğer veri/bilgilerle kombine edilebilir. İzlenebilirlik sisteminde barkod, karekod etiketler ve Radyo Frekansıyla Tanımlama (Radio Frequency Identification veya RFID) teknolojileri en yaygın olarak kullanılanlardır (Ribo, 2015).

Kanatlı eti üretiminde birinci derecede önemli olan, kullanılan yemin güvenli olmasıdır ve bunu sağlamak için kullanılan yem ve katkıların analizlerinin yapılması ve güvence altına alınması sağlanmalıdır. Buradaki süreç beslenecek hayvanın kümeşte kaldığı süreçle başlayıp, kesimhanede kesimi, karkas parçalama alanları, ürüne dönüştürülecekse işleme ve üretim prosesleri, ambalajlama, paketleme, sevkiyat, depolama, satış ve tüketicinin sofrasına gelineye kadar uzayan bir zinciri kapsamaktadır. Günümüzde piliç eti ambalajlarında son işleyici/paketleyicinin adı, adresi, ürünün ağırlığı, son kullanma tarihi vb bilgiler yer almasına karşın, piliç etinin nerede ve nasıl üretildiği; nasıl taşındığı ve depolandığına ilişkin bilgilere ulaşamamaktadır. Bu anlamda ürün hakkında sağlanan bilgilerin tam anlamıyla yeterli olduğunu söylemek yanlıştır (Çiftçioğlu, 2013; Ribo, 2015).

Kanatlı endüstrideki bir izlenebilirlik standardını tanımlamanın ilk adımı, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın katılımıyla birlikte geliştirilen ortak bir dilin kurulması gerekliliğidir. Bu anlamda ilk kayıtlar kümeşlerde başlamaktadır. Yetiştiriciler, teslimattan en az 24 saat önce kesilmek üzere gönderilen hayvanlara dair tanımlama verilerini kesimhaneye vermelidir. Sonra bu hayvanlara dair ilgili veriler işlem sonrasında iletişim kurmak için kullanılmalıdır. Bu veriler, tedarik zinciri boyunca tüketici biriminin son etiketlemesine kadar kullanılabilir. Bu anlamda kesimhane aşamasında, kümeşlerde tutulan kayıtlar ile bağlantılı bir sistem kurulmalıdır. Bunun için; kesimhanede günde kesimi yapılan her parti için ayrı bir parti numarası kesimhane ile ilişkilendirilmelidir. Kesimle beraber kesim tarihi ve üretim tarihi; kesim işlemi bittikten sonra elde edilen ürünlere ait bilgiler bu alanlara transfer edilmelidir. Şekil 2’ de kanatlı eti üretim zinciri gösterilmektedir.



Şekil 2. Kanatlı eti üretim zinciri



**Tablo 1. Kanatlı işleme tesislerinde izlenebilirlikte önemli takip işlemleri ve temel veriler**

	Yetiştirici	Kesimhane	Depolama	Müşteri/Pazar
<b>Kritik izleme ve takip işlemleri</b>	Menşei Doğum Parti/lot oluşturma Semirtme	Kesim Sınıflandırma Paketleme Soğutma/Dondurma Paletleme Tartma Etiketleme Parti /lot no oluşturma	Toplama Kümeleme	Satış yeri içi işleme Paketleme Teşhir etme Satış
<b>Temel veri öğeleri</b>	Doğum yeri ve tarihi Parti /lot seri numarası Semirtme yeri Semirtme dönemi İrk Tedarikçi kimlik no	Kesim tarihi ve yeri Kesim zamanı Onay numarası Yeni ürün kimliği Miktar veya net ağırlık Yeni parti numarası Son kullanma tarihi	Depolama lokasyonu Depolama sıcaklığı Gönderici/Tedarikçi kimlik no Lojistik birim no Ürün parti no Ambalaj bilgileri	Satış dönemi Depolama lokasyonu Tedarikçi kimlik no Ürün kimlik no Parti/lot veya seri no

İzlenebilirlik sisteminde, doğrusal (linear) barkodlar perakende ve tedarik zincirinde uzun yıllardan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Ribo, 2015). Örneğin Avrupa'da genellikle 13 basamaklı EAN (Avrupa Numaralandırma Birliği) kodu kullanılır. Bunun yanında ABD ve Kanada'da 12 basamaklı bir UPC kodu (Uniform Ürün Kodu-UPC-A) vardır. EAN-UCC elektronik izleme ve takip sistemleri, ürünleri, lokasyonları ve yapılan işlemleri doğru ve standart bir şekilde tanımlayan sistem olarak kabul edilmektedir (Schwägele, 2005). Bu anlamda kullanılan QR Code ise, Japonya'da geliştirilen 2 boyutlu bir barkod sistemidir. Adını İngilizcede Çabuk Tepki anlamına gelen Quick Response kelimelerinin baş harflerinden alan bu sistemin içeriği bir metin, web sitesi adresi, video link dahil herhangi bir veri olabilir. QR Code okuyucu bir yazılım vasıtasıyla bir cep telefonu rahatlıkla kodu okuyabilir ve ilgili ürün veya servis sayfasını açabilir. Radyo dalgaları ile çalışan etiketler (RFID etiket), barkod sistemlerine göre daha güvenilir ve gelişen teknoloji ile maliyeti hızla düşen sistemlerdir. Sistem; ürüne/hedefe kalıcı olarak sabitlenmiş bir elektronik tanımlayıcı (çip/etiket), tanımlayıcı gören anten ve okuyucusu ve veri alışverişi ve kayıtları tutmayı sağlayan bir yazılımdan oluşmaktadır (Industry Guideline, 2015)

Türkiye'de daha çok uluslararası düzeyde veri ve bilgi standartları olan ve Birleşmiş Milletlerce de kabul görmüş olan EAN-UCC izlenebilirlik sistemi kullanılmaktadır. Barkot üzerindeki numaranın farklı bir başka ürüne verilmiş olması olanaklı değildir. Söz konusu numaralar dünyanın her tarafında tanındığından uluslararasıdır. Barkot numaraları içerdiği kontrol hanesi ile doğru veri aktarımı sağladığından işletmeler yer değiştiren ürünü kolaylıkla tanımlar. İlave olarak, ürünün gönderilme, teslim edilme veya alınma, depolanma işlemlerini meydana getiren veriler işletmeler tarafından paylaşılabilir (Anonim, 2004).

Gıda zincirinde yukarıda sözü edilen yaklaşımları realize etmek ve bilgi ve iletişim sistemine dayalı bir tam izlenebilirlik sistemini örneklemek üzere 2007 yılında TÜBİTAK tarafından desteklenen bir proje kapsamında feedTRace adında bir izlenebilirlik sistemi geliştirilmiştir. feedTRace izlenebilirlik sistemi, tüketicilerin ürün hakkındaki bilgilere erişmesini satış noktalarında ürün tezgâhları yanına yerleştirilen internet bağlantılı telefon, bilgisayar veya terminallerle sağlamaktadır. Ürünlerin ambalajında bulunan eşsiz bir ürün kimlik numarası (izlenebilirlik kodu) sorgulama arayüzündeki arama kutusuna girilerek ya da barkod ve RFID etiketlerinden otomatik olarak okunmak suretiyle sistem veritabanında sorgulanarak elde edilen bilgiler tüketiciye gösterilmektedir. (Cebeci, 2014).

Bütün sistemlerin çalışma prensibi; ürünün tanımlanması, izlenmesi ve ürün ve ürün hareketleri hakkında kayıtların tutulmasına dayalıdır. Bu aşamada en kritik nokta; başlangıçta ürün veya hammaddelerin mutlaka kendine özgü ve değişmesi/değiştirilmesi mümkün olmayacak numara veya kodlar taşımasıdır. Ürünün üretim aşamalarında bu numara ve kodların bir sonraki adımın sağlıklı atılması açısından büyük önemi vardır. Kanatlı eti üretim sürecinde belirtilen tüm bu özellikleri taşıyan bir sistemi kurmak zor olmakla beraber, üretim ve tüketim zincirinde ihtiyaca ve işlemin özelliğine göre bir veya birkaç sistemin kombinasyonu uygulanarak talepler karşılanabilir. Örneğin, kümes numarası ile başlayan sistem, kesimde elektronik etiket, parçalama ünitesinde ete ve paket üzerine yapılan etiketler ve pazarlama aşamasında barkod veya RFID sistemi ile tamamlanarak tüm zincir izlenebilir hale getirilebilir (ITC, 2015).



### 3. Sonuç

İnsan sağlığı, gıda güvenliği ve kalitesini garanti eden izlenebilirlik sistemi, son yıllarda işletmeler ve devlet kurumları için önemli yer tutmaktadır. İzlenebilirlik sistemleri, hammaddeye, kullanılan yardımcı maddelere ve katkı maddelerine, ürün çeşitliliğine, prosese ve işletmenin teknolojik olanaklarına göre değişmektedir. Bu değişkenler doğrultusunda izlenebilirlik sistemleri kağıt tabanlı uygulamalardan bilgisayar tabanlı sistemlere geçmiştir. Bilgisayar destekli gıda zinciri izleme sistemleri ve modellemesi (Bello ve ark., 2004), gıda paketlemesinde geliştirilen yeni yöntemler (akıllı ambalajlama, nanokompozit uygulamalar, vb.) (Lehr, 2015), kablosuz sensörler (Ruiz-Garcia ve ark., 2009), moleküler belirteçler, RFID (Radyo Frekans Tanımlama) tabanlı izleme sistemleri (Bernardi ve ark., 2007) üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Coğrafi kökeni belirlemeye yönelik spektroskopik yöntemler (Castro-Puyana ve Herrero, 2013; Herrero ve ark., 2012) ve izotop ve mineral maddeler bazında yapılan çalışmalar (Bontempo ve ark., 2011) en yeni yaklaşımlar olarak ortaya çıkmaktadır.

Sistemin Ülkemizde uygulanabilmesi için bazı önemli sorunların üstesinden gelinmesi gerekir. Bunlardan birisi kayıtdışı üretimdir. Bu açıdan, devletin tüm resmi kurumları ile bu mücadeleyi yürütmesi gerekmektedir. İkinci olarak, birincil üretim olarak ifade edilen ve gıda zincirinin ilk basamağı olan bitkisel ve hayvansal üretimin yapıldığı işletmelerin küçük ve orta büyüklük ölçeğinde oluşu ve eğitim eksikliğidir. Diğer bir sorun ise üretim ve proses aşamasında kendini göstermekte olup, burada da aynı şekilde küçük ve orta ölçekli işletmeler çok ve dağıktır. Ülkemizde son ürünün tüketiciye ulaşmaya kadar birçok aracıdan geçtiği düşünülür ise iş daha da karmaşıklaşmaktadır. Kanatlı eti üretiminde Türkiye, var olan modern tesisleri, standartlara uygun üretim yöntemleri ve pazar payı açısından avantajlı durumdadır. Üretim maliyetlerinin yüksek olması ise sektörü zora sokmaktadır.

### 4. Kaynaklar

- Aarnisalo K, Heiskanen S, Jaakola K, Landor E, Raaska L. Traceability of Foods and Foodborne Hazards. *Vit Research Noes* 2395 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2395.pdf>. 2007. (Erişim tarihi: 20.01.2018).
- Ammendrup S. Traceability General Principles of Food Law. Ciheam. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza, Spain. Innovative technologies to enhance the traceability of the food chain. Kurs Notları, 23-27 Mart 2015.
- Anonim. Tarım Sektöründe İzlenebilirlik, TOBB; <https://www.gsl.tobb.org.tr>. 2004. (Erişim tarihi: 20.01.2018).
- Bello LL, Mirabella O, Torrisi N. Modelling and Evaluating Traceability Systems in Food Manufacturing Chains. 13th International Workshops On Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. DOI:10.1109/ENABL.2004.44, 2004.
- Bernardi P, Demartini C, Gandino F, Montrucchio B, Rebaudengo M, Sanchez E. Agri-Food Traceability Management Using a RFID System with Privacy Protection. 21st International Conference On Advanced Networking and Applications (Aina'07), 2007.
- Bontempo L, Camin F, Manzocco L, Nicolini G, Wehrens R, Ziller L, Larcher R. Traceability Along the Production Chain of Italian Tomato Products On the Basis of Stable Isotopes and Mineral Composition. *Rapid Commun. Mass Spectrom*; 25, 899-909, 2011.
- Castro-Puyana M, Herrero M. Metabolomics Approaches Based On Mass Spectrometry for Food Safety, Quality and Traceability. *Trends in Analytical Chemistry*, (52), 74-87. 2013.
- Cebeci Z. Gıda İzlenebilirliğinde Bilgi Teknolojileri. Ulusal Tarım Kurultayı, 15-17 Kasım 2006; Çukurova Üniversitesi, Adana. Bildiriler s. 189-195, 2006.
- Cebeci Z. Geleneksel Gıdalar İçin Bilişim Teknolojilerine Dayalı İzlenebilirlik Sistemleri. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 17-19 Nisan, Adana. Bildiriler Kitabı, pp. 29-34. Adana: Çukurova Üniversitesi, 2014.
- Çiftçiöğlü G. Üretimden Tüketime Et ve Et ürünlerinde İzlenebilirlik. Gıda Teknolojisi. <http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2013/01/uretimden-tuketime-et-ve-et-urunlerinde-izlenebilirlik>. 2013. (Erişim tarihi: 20.01.2018)
- Industry Guideline. Global Meat and Poultry Traceability. Guideline, Part 5. Poultry Supply Chain. [https://www.gsl.org/docs/traceability/GS1\\_Global\\_Meat\\_and\\_Poultry\\_Guideline\\_Part5\\_Poultry\\_Meat\\_Supply\\_Chain.pdf](https://www.gsl.org/docs/traceability/GS1_Global_Meat_and_Poultry_Guideline_Part5_Poultry_Meat_Supply_Chain.pdf). 2015. (Erişim tarihi: 22.11.2018).
- Herrero M, Simo C, Garcia-Canas V, Ibanez E, Cifuentes A. Foodomics: MSBased Strategies in Modern Food Science and Nutrition. *Mass Spectrometry Reviews*, 31, 49-69. by Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA). *Food Control*, 19, 1-8, 2012.
- ITC. Traceability in Food and Agricultural Products. Bulletin No: 91; [http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Exporting\\_Better/Quality\\_Management/Redesign/EQM%20Bulletin%2091-2015\\_Traceability\\_FINAL%2014Oct15\\_web.pdf](http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Exporters/Exporting_Better/Quality_Management/Redesign/EQM%20Bulletin%2091-2015_Traceability_FINAL%2014Oct15_web.pdf). (Erişim tarihi: 20.01.2018). 2015.
- Lehr H. Current Traceability System, Traceability of Food Products of Plant Origin. Ciheam. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza, Spain. 2015; Innovative technologies to enhance the traceability of the food chain. 23-27 Mart. Kurs Notları, 2015.
- Ribo O. Current Traceability System Including Examples Identifying Critical Points and Needs. Ciheam. Mediterranean Agronomic Institute of Zaragoza, Spain. Innovative technologies to enhance the traceability of the food chain. 23-27 Mart. Kurs Notları, 2015.
- Ruiz-Garcia L, Lunadei L, Barreiro P, Robla JI. A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of The Art and Current Trends. *Sensors*, 9, 4728-4750, 2015.
- Saner S, Ataman P. Gıda Zincirinde izlenebilirlik. *Gıda Güvenliği Dergisi*. 48-50, 2011.



Schwägele F. Traceability from a European perspective. *Meat Science* (71), pp. 164.173, 2005.



## ÜNİVERSİTELER İLE ORTAK GERÇEKLEŞTİRİLEN BULUŞLAR VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

Esra Güler

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği Ankara, Türkiye

esra.guler@tai.com.tr

### Özet

Günümüzde çok disiplinli çalışmalar sonucu geliştirilen yüksek katma değerli yenilikçi ürünler, disiplinler arası keskin sınırların ortadan kalkmasını sağlamıştır. İlgili teknolojik gelişmeler farklı yetkinliklere sahip teknoloji odaklarının birbiriyle etkin iş birliği mekanizmaları oluşturmasını sağlamaktadır. Üniversiteler ve araştırma merkezlerinde yürütülen bilimsel çalışmalar ile elde edilen teknolojik kazanımların teknoloji transferi yoluyla sanayiye aktarılması ve ürüne dönüşmesi mümkün kılınmaktadır. Üniversiteler, eğitim öğretim fonksiyonlarının yanında araştırma-geliştirme faaliyetleri ile topluma bilimsel alanda öncülük etme, sanayi ile iş birliği çerçevesinde yenilik yaratma, sanayi ile ortak çalışmaların sonucunda patent, faydalı model gibi bilginin ürüne veya hizmete dönüşmesi sorumluluklarını başarıyla yerine getirmektedir. Üniversite-sanayi iş birliği ve bu iş birliği sonucu elde edilen patent, faydalı model vb. çıktılar, üniversitelerin girişimcilik endekslerinde sıralamalarını etkileyen önemli göstergeler olarak ortaya çıkmaktadır. Artan küresel rekabet ortamında ve özellikle disiplinler arası çalışma gerektiren havacılık ve uzay sektöründe etkin Ar-Ge ve yenilik ağı mekanizmalarıyla üniversite sanayi iş birliği modellerini işler kılmak da önem arz etmektedir. Çeşitli iş birliği modelleri mümkün olmakla birlikte yaygın olarak devlet-üniversite-sanayiye içine alan ve “üçlü sarmal modeli” olarak adlandırılan dinamik model uygulanmaktadır. TUSAŞ 2012 yılında oluşturulan Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü ile üniversite sanayi iş birliği çalışmaları için üçlü sarmal modelini benimsemiş ve ilgili faaliyetlerini bu modele göre yürütmektedir. Sınai Mülkiyet Kanunu uyarınca hazırlanan güncel “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik” ile yükseköğretim kurumlarıyla birlikte oluşturulan ortak buluşların nicelik ve nitelik bakımından artırılması, teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada, üniversiteler ile ortak gerçekleştirilen buluşlara yönelik uygulamalar ve fikri hakların yönetimi ana hatları ile ele alınmış, Türkiye’de üniversite ve sanayinin birlikte oluşturduğu buluşlar hukuki boyutu ile birlikte irdelenmiştir. Ayrıca gelişim için öneriler de sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Araştırma geliştirme, Yenilik, Buluş, Patent, Üniversite sanayi iş birliği*

### 1. Giriş

Disiplinler arası keskin sınırların ortadan kalkması ve teknolojinin 21. yüzyılda artan ivme ile gelişmesi, üretim yapan “sanayi toplumu” kavramından teknolojiye haiz olan “bilgi toplumu” kavramına geçişte önemli kilometre taşları olmuştur. Bilgiyi üreten ya da sahip olan şirket veya devletler, ekonomik anlamda da üstünlüğe sahip olmaktadır. Günümüzde firmaların değerleri içinde yaklaşık % 80 maddi olmayan varlıklar (*intangible*) yer alırken yaklaşık %20 sini maddi (*tangible*) varlıklar oluşturmaktadır [1]. Bilgi, patent, marka, lisanslama vb. değerleri kapsayan maddi olmayan varlıkların, finansal değerlerde büyük payı alması, teknoloji transferini önemli kılmaktadır. Teknoloji transferi ise farklı yetkinliklere sahip teknoloji odaklarının birbiriyle iş birliği oluşturmasını mümkün ve gerekli kılmaktadır. Bünyesinde bilimsel araştırmalar sonucu mevcut olan bilgiyi sanayi ile iş birliği sonucu patent, faydalı model vb. somut çıktılara dönüştürmek, katma değere sahip ürünler elde etmek gibi yeni misyonlara sahip olan üniversiteler, bu sayede topluma fayda sağlamaktadır. İş birliği sayesinde bilgi sanayi ile buluşmakta ve ticarileşmektedir. Bu bağlamda hukuki alanda özellikle fikri mülkiyet haklarına yönelik yapılan düzenlemeler, ticarileştirilen üniversite araştırma projelerinde tarafların konumları, araştırma projelerinin fon kaynakları bulmasına yönelik düzenlemeler dikkat çekmektedir [2]. Etkin Ar-Ge ve yenilik ağı mekanizmaları ile üniversite sanayi iş birliğinin sağlanması önem arz etmektedir. Bu kapsamda, üniversite ile sanayinin iş birliğine gitmesi tarafların cephelerinde farklı gerekçelere dayanmaktadır. (Tablo 1)





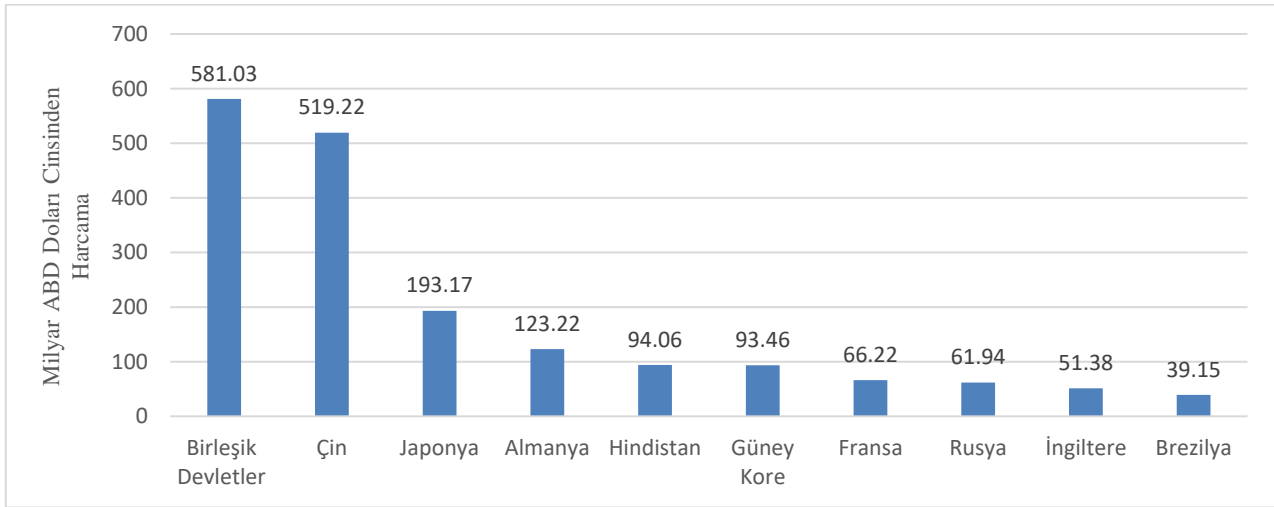
**Tablo 1: Üniversite sanayi işbirliği gerekçeleri [3]**

<i>Üniversite</i>	<i>Sanayi</i>
✓ Üniversitelerde mevcut akademik bilgilerin pratikte uygulanmasına zemin hazırlamak	✓ Üniversitelerin araştırma altyapısı, laboratuvar hizmetleri gibi imkânlarından yararlanmak
✓ Üniversite bünyesinde sahip olunan bilgiyi ticarileştirerek ekonomik kazanç elde etmek	✓ Geri kalınmış teknoloji alanlarında ilerleme kaydedebilmek ve güncel teknolojileri yakalayabilmek
✓ Akademik çalışmalar için finansal destek sağlamak	✓ Endüstriyel projelerdeki spesifik problemlere çözüm sağlayabilmek
✓ Öğrenciler için staj / mezunlar için iş imkânları oluşturmak	✓ Nitelikli insan kaynağına, yüksek donanımlı bilimsel/teknik iş gücüne ulaşmak
✓ Bölgesel / ulusal gelişmeye katkıda bulunmak	✓ Ar-Ge kapasitesini artırmak & rekabet avantajı elde etmek

Bu çalışmada, üniversiteler ile ortak gerçekleştirilen buluşlara yönelik uygulamalar ve fikri hakların yönetimi ana hatları ile ele alınmış, Türkiye’de üniversite ve sanayinin birlikte oluşturduğu buluşlar hukuki boyutu ile birlikte irdelenmiştir.

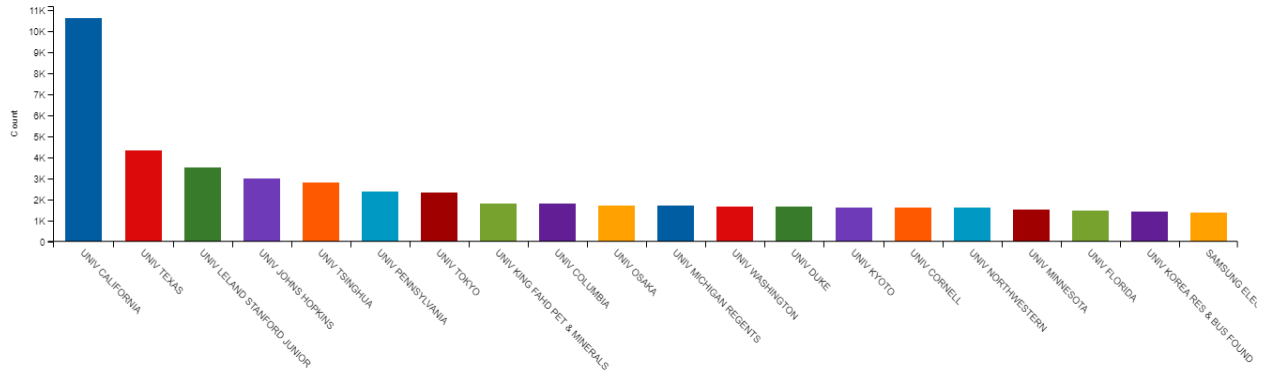
## 2. Dünyada Üniversite Sanayi İş Birliği

Ülkelerin teknolojiyi üreten, haiz olan ve geliştiren yapıya sahip olmalarının temelinde Ar-Ge faaliyetlerinde izledikleri politikalar ve destekler yer almaktadır. Şekil 1’de 2019 yılı Ar-Ge harcamaları dağılımına bakıldığında Birleşik Devletlerin 581 milyar dolar ile en fazla Ar-Ge yatırımı yapan ülke olduğu görülmektedir. Çin, Japonya ve Almanya gibi ülkeler sıralamada Birleşik Devletleri takip etmektedir. Ar-Ge harcamaları dağılımına bakıldığında ekonomisi güçlü devletlerin Ar-Ge faaliyetlerini önemseydiği ve bunun sonucunda da pozitif yansımaları ekonomilerinde gözlemlenmiştir.



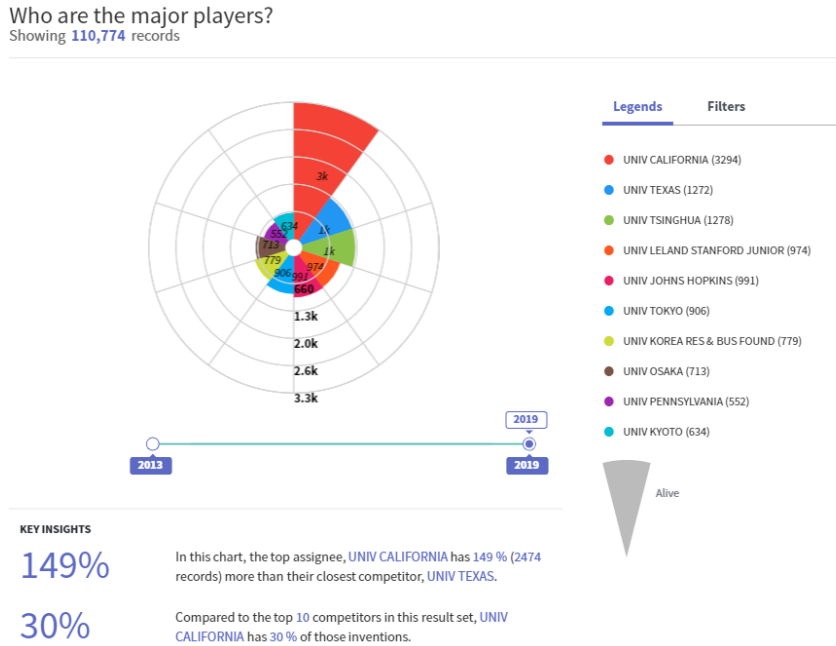
**Şekil 3: 2019 yılında dünya genelinde brüt araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) harcamalarına göre lider ülkeler (milyar ABD doları) [4]**





Şekil 2: 2013 - 2019 yılları arasında en çok patent başvurusu yapan 20 üniversite

Şekil 2’de Patent Veri Tabanı Analiz Programı kullanılarak yapılan teknolojik trend analizinde son beş yılda (2013-2019 yılları) üniversitelerin patent başvurusu dağılımına bakıldığında ilk dört üniversite; California, Texas, Stanford ve Johns Hopkins Üniversiteleri Birleşik Devletler üniversiteleridir. Dağılımda en çok başvuru yapan yirmi üniversitenin on üç tanesi Birleşik Devletler üniversiteleridir (California, Texas, Stanford, Johns Hopkins, Pennsylvania, Columbia, Michigan Regents, Washington, Duke, Cornell, Northwestern, Minnesota, Florida Üniversiteleri). Bu durum Şekil 1’deki dağılımda bahsedilen Ar-Ge yatırımlarını buluşlar ile belgeleyip ticarileştirerek ekonomiye kazanç sağladıklarını destekler niteliktedir. Üniversitelerin patent başvuruları dağılımında son 5 yılda Çin’den bir üniversite (Tsinghua Üniversitesi), Japonya’dan üç üniversite (Tokyo, Osaka ve Kyoto Üniversiteleri), Güney Kore’den iki üniversite (Korea Üniversitesi ve Samsung - Üniversite Ortak Başvuruları) görülmektedir. Dünya genelinde ülkelerin Ar-Ge yatırımları dağılımı (Şekil 1) ve üniversitelerin patent başvuruları dağılımına (Şekil 2) birlikte bakıldığında paralellik gösterdiği gözlenmiştir. Ar-Ge yi destekleyen ekonomisi güçlü devletlerin bunun sonucunda uzun vadede kazançlı geri dönüşünü aldığı görülmektedir.



Şekil 3: 2013 - 2019 yılları arasında en çok yaşayan patente sahip 10 üniversite

Şekil 3’te Patent Veri Tabanı Analiz Programı kullanılarak yapılan bir başka analiz; son beş yılda (2013-2019 yılları) en çok yaşayan (aktif) patente sahip üniversiteler dağılımı yer almaktadır. Yaşayan patent, başvuru sürecinden itibaren koruması devam eden, herhangi bir sebepten ötürü (ücretlerin ödenmemesi, koruma süresinin dolması (normal şartlarda 20 yıl), patent sahibinin kendi isteği üzerine patent haklarından vazgeçmesi vs.) askıya alınmayan patentleri ihtiva etmektedir. Mevcut teknolojiler hakkında bilgi veren yaşayan patentler, yeni olan teknoloji ve/veya ürünlere de yön vermektedir. Bu bağlamda Şekil 3’teki infografik data incelendiğinde



ilk iki üniversitenin, California ve Texas Üniversiteleri, yine Birleşik Devletlerden olduğu görülmektedir. Teknolojinin küresel dağılımında önemli bir özne olan Birleşik Devletler, en çok yaşayan patente sahip on üniversite dağılımında beş üniversite (California, Texas, Stanford, Johns Hopkins ve Pennsylvania Üniversiteleri) ile en fazla üniversiteye sahip devlettir. Dağılımda bir Çin (Tsinghua Üniversitesi), üç Japonya (Tokyo, Osaka ve Kyoto Üniversiteleri) ve bir Güney Kore (Korea Üniversitesi) üniversiteleri bulunmaktadır.

Günümüzde Birleşik Devletlerin sahip olduğu ekonomik yetkinlik ve güç; Ar-Ge çalışmalarını, bu çalışmalar sonucu gerçekleşen patent başvurularını, akabinde lisanslama/lisans satın alma süreçlerini, pazar özelinde ihtiyaç giderme amacı taşıyan yenilikçi bir ürün, süreç veya servis sunan yeni kurulmuş büyüme gösteren kurumları (start-up) ya da ana şirketten daha niş bir konuya odaklanan yan bağımsız şirketler yaratan kurumları (spin-off) ve tüm bunların akabinde nihai hedef olarak ticarileştirme süreçlerini geçmişten günümüze disiplinli bir şekilde gerçekleştirmesi ile elde edilmiştir. Tüm bu süreçlerin başarılı bir şekilde ilerleyebilmesi tek bir kurumun işi yürütmesinden ziyade disiplinler arası kurum / kuruluşların iş birliğine gitmesi ile mümkün olmaktadır. Ar-Ge çalışmalarının katma değerli ürünlere dönüşme sürecinin ilk yaşam bulduğu ülkelerden biri Birleşik Devletlerdir. 1951’de temel taşları atılan Stanford Araştırma Parkı veya bilinen ismi ile Silikon Vadisi, üniversiteye bağlı bir işletme parkının araştırma ve geliştirmeye odaklanan ve böylelikle üniversite ve toplum için gelir getiren önemli ve başarılı bir üniversite sanayi iş birliği teşkil etmektedir. Mikrodalga teknolojisini geliştirerek uydu teknolojisine ve parçacık hızlandırıcılarına temel oluşturmak, radyasyon onkolojisi tedavileri, tıbbi cihazlar ve tıbbi teşhis için yazılım geliştirmek, kişisel bilgisayar teknolojisinde gelecek nesil grafik ve ses yeteneklerinin temelini oluşturmak gibi çok sayıda değerli buluş ve teknolojik atılım gerçekleştirilmiştir. Hewlett-Packard, tıbbi elektronik cihazlara, kimyasal analiz cihazlarına, ana bilgisayarlara, lazer yazıcılara ve elde tutulan hesap makinelerine giden elektronik ölçüm cihazları geliştirmiştir. Xerox kişisel iş istasyonları, Ethernet kabloları ve kişisel bilgisayar faresi gibi buluşlar icat etmiştir. Lockheed’in uzay ve füze bölümü Uluslararası Uzay İstasyonu için kritik bileşenler geliştirmiştir. Tesla’nın elektrikli araç ve akü prototipleri geliştirilip monte edilmektedir [5]. Toplum yaşantısına dâhil edilen bu buluşların fikir evresinden somut ve katma değere sahip çıktılara dönüşmesi prosesi uzun soluklu iş birlikleri bünyesinde başarı kazanmaktadır.

### 3. Türkiye’de Üniversite Sanayi İş birliği

Üniversite sanayi iş birliği dünyada olduğu gibi ülkemizde de özellikle son yıllarda artan bir ivme ile izlenen bir yol olmaktadır. Kanunlar ve teşvikler ile gerçekleştirilen iş birlikleri için çeşitli modeller mümkün olmakla birlikte yaygın olarak devlet-üniversite-sanayiye içine alan ve “üçlü sarmal modeli” (triple helix) olarak adlandırılan dinamik model kullanılmaktadır. Bu model, tarafların birbirlerinin rollerini üstlenmesi esasına dayanmaktadır [6]. Devlet ise kanunlar ve düzenlemeler ile normatif çerçevede tarafların fonksiyonlarını gerçekleştirmesine imkân tanımaktadır. Böylelikle bilimsel ve girişimci kültür harmanlanıp bürokrasinin yol göstermesi ile sağlıklı bir iş birliği ekosistemine ortam sağlanmaktadır.

Tablo 2’de Türkiye’de üniversite sanayi iş birliğinin oluşmasında ve gelişmesinde belirleyici rol oynayan önemli girişimler yer almaktadır. Kanunların yürürlüğe girmesi ile uygulamalara rehberlik edilmesi kritik önem teşkil etmektedir.

**Tablo 2: Türkiye’de Üniversite Sanayi İş birliği Kilometre Taşları [7]**

<i>Türkiye’de Üniversite Sanayi İşbirliği Kilometre Taşları</i>
❖ Beş Yıllık Kalkınma Planları
❖ TÜBİTAK’ın kurulması ve akabinde yıllar içindeki destek ve teşvikleri
❖ Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı kurulması ve faaliyetleri
❖ KOSGEB Teknoloji Geliştirme Merkezleri
❖ Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı’nın kurulması
❖ Sanayi Tezleri (San-Tez) Programı
❖ Sınai Mülkiyet Kanunu - Çalışan Buluşları
❖ Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik

#### 3.1. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş birliğinde Fikri Haklar

Türkiye’de 6769 sayılı *Sınai Mülkiyet Kanunu* 10 Ocak 2017 tarihinde yürürlüğe girmiştir [8]. Yeni Sınai Mülkiyet Kanunu çalışan buluşlarına, yükseköğretim kurumlarında doğan buluşlara, kamu destekli buluşlara kılavuzluk etmektedir. Bu bağlamda 551 sayılı 24 Haziran 1995 tarihinden söz konusu yeni mülkiyet kanunu yürürlüğe girene kadar geçen sürede yürürlükte kalan Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname’de açıklığa kavuşmayan konuların netlik kazanması, özellikle üniversite buluşlarında izlenmesi gereken rotanın belirlenmesi ve konu ile ilgili önemli hususların açıklanması yeni kanun ile sağlanmaktadır.

##### 3.1.1. Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik

“Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik” 22/12/2016 tarihli ve 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanununun 113 ilâ 122 nci maddelerine dayanılarak



hazırlanmıştır ve 29 Eylül 2017 tarihinde Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik ile özel sektörde, üniversitelerde, kamuda bu konuda farkındalık oluşturmak, buluş yapmaya teşvik etmek, ekosistemi daha sağlıklı bir yapıya kavuşturmak ve patentlerin ticarileşmesini sağlayarak reel ekonomiye kazandırmak amaçlanmaktadır. Ülkemizde bu alanda uygulamaya konulan ilk düzenleme olmak ile birlikte ve kamu kurumları, üniversiteler, özel sektör ve çalışanlar başta olmak üzere geniş bir paydaş kitlesini ilgilendirmesi nedeniyle, etkin bir şekilde uygulanması, Sınai Mülkiyet Kanununun bu alanla ilgili düzenlemelerdeki amacına ulaşması açısından büyük önem taşımaktadır [9]. Yönetmelik üç ana kısımdan oluşmaktadır; *Çalışan Buluşları ile İlgili Bedel Tarifesi ve Uyuşmazlık Halinde İzlenecek Tahkim Usulü*, *Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar*, *Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlar*. Bu bağlamda Yönetmelik; özel ve kamu kesiminde çalışanlar, kamu iktisadi teşebbüsleri ile bağlı ortaklıklarında ve iştiraklerinde çalışanların buluşlarına ilişkin hususları ve hizmet buluşu sahibi olan çalışanlara, yükseköğretim kurumlarında gerçekleştirilen buluşlara ilişkin bildirim yükümlülüğü, hak sahipliği, başvuru yapılması, itiraz işlemleri ve buluştan elde edilen gelirin paylaşımına ilişkin hususları, kamu kurum ve kuruluşları tarafından desteklenen projelerde ortaya çıkan buluşlara ilişkin hususları kapsamaktadır [10].



Şekil 4: Yönetmelik kısımları

Yönetmelikte çalışan buluşları “hizmet buluşu” ve “serbest buluş” olarak nitelendirilmektedir. *Hizmet buluşu*, çalışanın, bir işletme veya kamu idaresinde yükümlü olduğu faaliyeti gereği gerçekleştirdiği veya iş yerinin faaliyet gösterdiği alanlar içinde, büyük ölçüde işletme veya kamu idaresinin deneyim ve çalışmalarına dayanarak iş ilişkisi sırasında yaptığı buluşlar olarak tanımlanmaktadır. *Serbest buluş* ise, Birinci Kısım kapsamında hizmet buluşlarının dışında kalan buluşları, İkinci Kısım kapsamında ise yükseköğretim kurumlarında gerçekleştirilen buluşların dışında kalan buluşlar olarak tanımlanmaktadır [11].

#### 3.1.1.1. Birinci Kısım: Çalışan Buluşları ile İlgili Bedel Tarifesi ve Uyuşmazlık Halinde İzlenecek Tahkim Usulü

Yönetmelikte “*çalışan*”; özel hukuk sözleşmesi veya benzeri bir hukuki ilişki gereğince başkasının hizmetinde olan ve bu hizmet ilişkisini işverenin gösterdiği belli bir işle ilgili olarak kişisel bir bağımlılık içinde ona karşı yerine getirmekle yükümlü olan kişiler ile kamu görevlileri şeklinde ifade edilmektedir. “*Çalışan buluşu*” ise çalışan tarafından gerçekleştirilen patent veya faydalı modellerle korunabilir nitelikte olan hizmet buluşları veya serbest buluşlar olarak tanımlanmaktadır [12]. Bu tanımlar doğrultusunda birinci kısım, çalışan buluşları ve bildirim yükümlülüğü, işverenin hizmet buluşu üzerindeki hak talebi (tam ve kısmi hak talepleri), işverenin yükümlülüğü alt başlıklarını içermektedir.

Tablo 3: Çalışan buluşları ve bildirim yükümlülüğü [13]

Bildirim ve Hak Talebi	
1)	Çalışan hizmet buluşunu <b>yazılı olarak ve geciktirmeksizin</b> işverene bildirmekle yükümlüdür.
2)	Çalışan <b>teknik problemi, çözümünü ve hizmet buluşunu nasıl gerçekleştirdiğini</b> bildiriminde açıklamak zorundadır.
3)	Çalışan, bildiriminde, <b>kendisine işiyle ilgili olarak verilen yazılı ve sözlü talimatları, yararlanmış olduğu işletme deneyim ve çalışmalarını, varsa buluşun gerçekleşmesinde katkısı olan diğer çalışanları, bu çalışanların katkılarının türünü ve kapsamını ve ayrıca kendisinin ve diğer çalışanların buluştaki katkı paylarını</b> belirtir.
4)	<b>Bildirim eksik yapılması halinde</b> işveren, bildirim kendisine ulaştığı tarihten itibaren <b>iki ay içinde</b> eksikliklerin giderilmesini çalışana bildirir.
5)	İşveren, <b>bildirim eksikliklerinin giderilmesinde gerekirse çalışana yardımcı olur.</b>
6)	<b>Serbest buluşlara ilişkin bildirim yükümlülüğü ve teklifte bulunma yükümlülüğü</b> hakkında <i>Sınai Mülkiyet Kanununun 119</i> (Serbest buluş, bildirim yükümlülüğü ve teklifte bulunma yükümlülüğü) <b>uncu</b> maddesi hükümleri uygulanır.



- 7) Çalışan, birinci fıkra uyarınca bildirim yükümlülüğünü yerine getirmemesi nedeniyle işveren aleyhine doğan zararlardan sorumludur. Birinci fıkra uyarınca **işverene bildirimde bulunulmaksızın** hizmet buluşuna ilişkin patent başvurusu yapılması veya patent alınması halinde patent başvurusu sahibine veya patent sahibine karşı *Sınai Mülkiyet Kanununun 110 ve 111* inci maddelerine göre dava açılabilir.

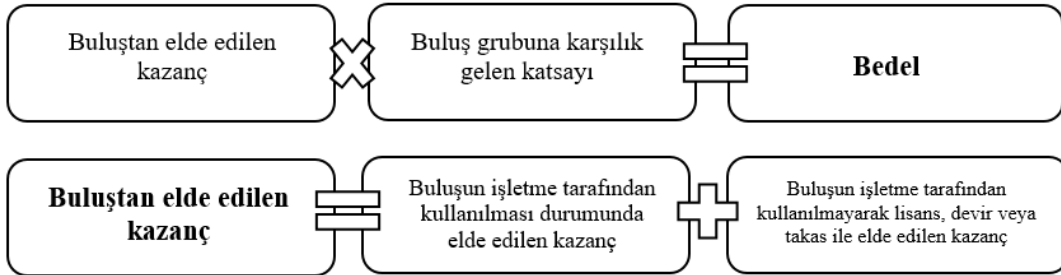
İşveren, hizmet buluşu ile ilgili olarak *tam veya kısmi hak talebinde* bulunabilmektedir. İşveren, bu talebini çalışana **yazılı olarak** ve usulüne uygun yapılan **bildirim**in kendisine ulaştığı tarihten **dört ay içinde** bildirmelidir [14].



Şekil 5: Hak sahipliği talebi [15]

**Tam hak talebinde** bulunduğu hizmet buluşu için işverenin patent başvurusu yapma yükümlülüğü hakkında *Sınai Mülkiyet Kanununun 116* (Hizmet buluşu için patent başvurusu yapılması) **ncı** maddesi hükümlerinin uygulandığı belirtilmektedir. İşverenin, söz konusu buluşa ilişkin, buluşun korunabilir nitelikte olmadığına Türk Patent Marka Kurumu tarafından veya buluş konusu patent hakkında açılmış bir dava sonucu mahkeme tarafından karar verilmiş olması **istisna durumları dışında**, tam hak talebinde bulunduktan sonra buluşun korunmaya değer olmadığını ileri sürerek bedelin ödenmesinden kaçınamayacağı da ifade edilmiştir [16].

Bedelin belirlenmesinde *hizmet buluşunun ekonomik değeri, çalışanın işletmedeki görevi ve işletmenin hizmet buluşunun gerçekleştirilmesindeki katkısı* etkenleri belirleyici unsurlar olmaktadır. Bedel, buluştan elde edilen kazanç ile buluşun ait olduğu gruba karşılık gelen katsayı çarpılarak bulunmaktadır [17].



Şekil 6: Bedelin belirlenmesi [18]

*Bedel ve ödeme şekli* işverenin, hizmet buluşuna ilişkin tam veya kısmi hak talebinde bulunmasını takiben işveren ile çalışan arasında imzalanan sözleşme veya benzeri bir hukuk ilişkisi hükümlerince belirlenmektedir.

İşletme tarafından kullanılan buluşlar için birinci fıkrada belirtilen kapsamda buluştan elde edilen kazancın **belirlenmiş olmaması halinde** buluştan elde edilen kazanç;

- *Kıyas*
- *İşletmenin buluştan sağladığı belirlenebilen yarar*
- *Tahmin*

yöntemlerinden biri ile hesaplanmaktadır.



**Tablo 4: İşletme tarafından kullanılan buluşlardan elde edilen kazanç [19]**

Kıyas	İşletmenin Buluştan Sağladığı Yarar	Tahmin
<p>✚ Buluştan elde edilen kazanç, benzer nitelikteki ürün ve usullerle ilgili lisans ve satış sözleşmesindeki bedel dikkate alınarak belirlenen buluşun birim değeri ile ürün sayısı, ürün ağırlığı ya da parça sayısı çarpılarak hesaplanmaktadır.</p> <p>✚ <u>Kıyaslanabilir nitelikte bir serbest buluşun bulunmaması halinde</u> buluştan elde edilen kazanç ürünün satış fiyatına buluşun katkısı dikkate alınarak hesaplanmaktadır.</p>	<p>✚ <i>Yarar</i>, buluşun kullanılması sonucu işletmenin masrafları ile gelirleri arasında doğan pozitif fark şeklinde tanımlanmaktadır. Buluştan elde edilen kazanç, işletme muhasebesi esaslarına göre masraf ve gelirler karşılaştırılarak bulunan meblağ şeklinde açıklanmaktadır.</p>	<p>✚ <u>Buluştan elde edilen kazancın kıyas yöntemiyle ve işletmenin buluştan sağladığı belirlenebilen yarara göre hesaplanmadığı durumda</u>, buluştan elde edilen kazanç tahmin yöntemiyle belirlenmektedir. Buluştan elde edilen kazancın belirlenmesinde işverenin, buluşu benzer nitelikte bir serbest buluş yapandan satın almak isteseydi ödemek zorunda kalacağı makul bedel esas alınarak kazanç belirlenmektedir.</p>

İşletme tarafından **kullanılmayan** buluştan elde edilen kazanç;

- Lisans sözleşmesi
- Satış sözleşmesi
- Takas sözleşmesi

yapılarak hesaplanmaktadır.

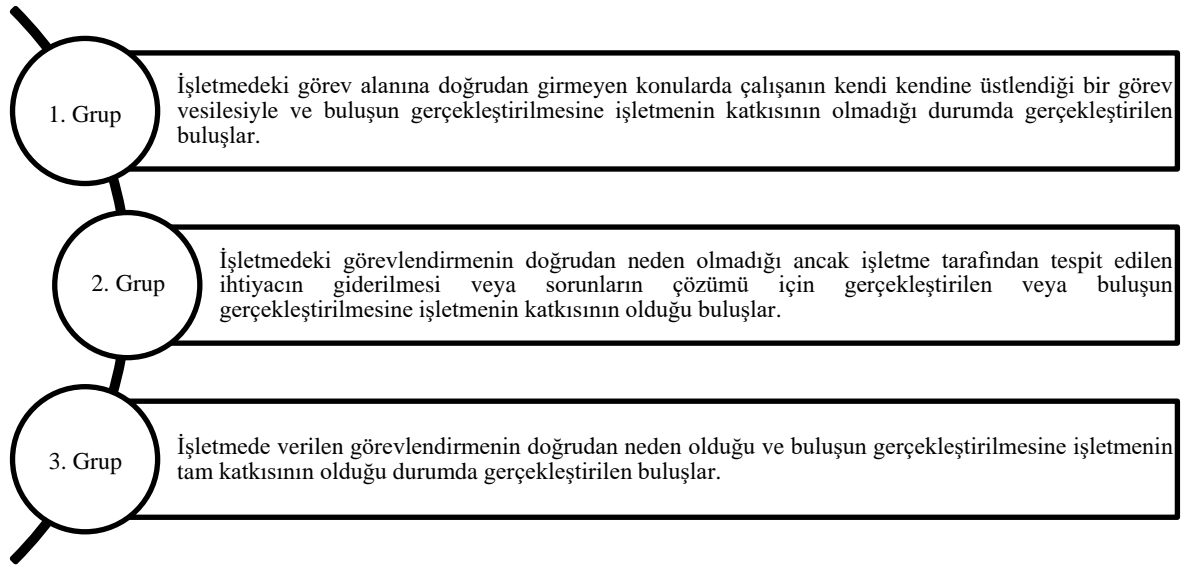
**Tablo 5: İşletme tarafından kullanılmayan buluşlarda buluştan elde edilen kazanç [20]**

Lisans Sözleşmesi	Satış Sözleşmesi	Takas Sözleşmesi
<p>✚ Buluştan elde edilen kazanç, lisans verilmesinden sağlanan <b>net gelire</b> eşit olmaktadır.</p> <p>✚ <b>Net gelir</b>, lisans verilmesinden sağlanan brüt gelirden buluşun gerçekleştirilmesinden sonra geliştirilmesi için yapılan masraflar, buluşu kullanılabilir duruma getirebilmek için yapılan masraflar ve lisans verilmesi ile ilgili olarak yapılan harcamalar <b>düşülerek</b> bulunmaktadır.</p> <p>✚ <b>Net lisans gelirinin tespitinde</b>, brüt gelirden işverenin lisans veren olarak patent hakkının korunması için üstlenilen her türlü masraflar düşülmektedir. Patent haklarına yönelik tecavüzlerin önlenmesi ve teminat verilmesi ile ilgili masraflar da brüt gelirden düşülmektedir.</p>	<p>✚ Buluştan elde edilen kazanç, buluşun satılmasından sağlanan <b>net gelire</b> eşit olmaktadır.</p> <p>✚ <b>Net gelir</b>, buluşun satılmasından sağlanan brüt gelirden, buluşun gerçekleştirilmesinden sonra geliştirilmesi için yapılan masraflar, buluşu kullanılabilir duruma getirebilmek için yapılan masraflar ve buluşun satışı ile ilgili olarak yapılan harcamalar <b>düşülerek</b> bulunmaktadır.</p>	<p>✚ Hizmet buluşunun işletme tarafından kullanılmayarak takas edilmek suretiyle değerlendirilmesi halinde buluşun işverenin takas sözleşmesinden sağladığı toplam kardaki payını belirleyebilmek için öncelikle bu kâr miktarının tespitine çalışılmaktadır. <u>Bunun mümkün olmaması halinde</u> buluş değeri <i>tahmin</i> yöntemiyle belirlenmektedir.</p>

Hizmet buluşu, *buluş sahibi çalışanın işletmedeki görevi, işletmenin hizmet buluşunun gerçekleştirilmesindeki katkısı ve çalışanın hizmet buluşunu gerçekleştirdiği durum* gözetilerek üç gruba ayrılmaktadır:







Şekil 7: Buluşun ait olduğu grubun belirlenmesi [21]

İşletmenin katkısı, buluşu yapana sağladığı teknik araç ve gereç desteği; enerji, ham maddeler ve işletmenin, buluşun gerçekleştirilmesinde önemli ölçüde katkı sağlamış olan alet ve cihazları ihtiva etmektedir. Buluşun gerçekleştirilmesi için tahsis edilen işgücü, teknik araç ve gereçler gibi değerlendirilmektedir. Buluşu yapanın kendi işgücü ile araştırmalar, laboratuvar tesis ve cihazları için buluştan bağımsız olarak yaptığı genel masraflar, bu madde anlamında teknik araç ve gereç **sayılmaz**.

Hizmet buluşu için **çalışana ödenecek bedel**, buluştan elde edilen kazanç ile buluş grubuna karşılık gelen katsayı çarpılarak hesaplanmaktadır. Buluştan elde edilen kazancın, **asgari ücretin net miktarının 150.000 katını aşan miktarı** için işverenin bedel ödeme zorunluluğu **yoktur**.

Tablo 6: Buluşun ait olduğu gruplara ve buluştan elde edilen kazançta göre çalışana ödenecek bedelin hesaplanmasında kullanılacak katsayılar [22]

Buluşun ait olduğu grup	Buluştan elde edilen kazancın net asgari ücret miktarının						
	1.000 katına kadarki bölümü için katsayı	1.000 ile 5.000 katı arasındaki miktar için katsayı	5.000 ile 10.000 katı arasındaki miktar için katsayı	10.000 ile 25.000 katı arasındaki miktar için katsayı	25.000 ile 50.000 katı arasındaki miktar için katsayı	50.000 ile 100.000 katı arasındaki miktar için katsayı	100.000 ile 150.000 katı arasındaki miktar için katsayı
1. grup	0,0060	0,0050	0,0040	0,0030	0,0020	0,0010	0,0006
2. grup	0,0040	0,0030	0,0020	0,0016	0,0012	0,0008	0,0005
3. grup	0,0020	0,0015	0,0012	0,0010	0,0008	0,0006	0,0004

Aksi sözleşmede kararlaştırılmamışsa bedel işletmenin buluştan elde ettiği kazancın muhasebeleştirildiği dönemdeki net asgari ücret miktarının tablodaki katlarına denk gelen katsayılar dikkate alınarak hesaplanmakta ve yıllık dönemler halinde ödenmektedir. Bir yılı aşan dönemler halinde ödeme yapılmasının kararlaştırılması durumunda, **ödemenin gerçekleştirileceği döneme ait** net asgari ücret miktarı alınmaktadır. Buluşun birden çok çalışan tarafından gerçekleştirilmiş olması halinde her bir çalışan için ödenecek bedel, **çalışanın kendi buluş grubuna göre** verilen katsayılar göre hesaplanan bedel miktarı ile çalışanın **kendi katkı payı çarpılarak** bulunmaktadır. Hizmet buluşunun lisans verilerek değerlendirilmesi halinde, bedel ödeme tarihleri, lisans gelirlerinin tarihlerine denk getirilmektedir. Bedelin hesaplanmasında esas alınacak süre kural olarak patent hakkının sona ermesiyle son bulmaktadır.

### 3.1.1.2. İkinci Kısım: Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar

Yönetmelikte “yükseköğretim kurumları” ifadesi ile 2547 sayılı *Yükseköğretim Kanununun 3 üncü maddesinin birinci fıkrasının (c) bendinde tanımlanan yükseköğretim kurumları, Millî Savunma Bakanlığı'na bağlı yükseköğretim kurumları ve İçişleri Bakanlığı'na bağlı yükseköğretim kurumları* ifade edilmektedir. Söz konusu kurumlarda gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar veya araştırmalar sonucunda gerçekleşen buluşlar bu kısımda belirtilen hususlar dâhilinde ilerleme kaydetmektedir. Buluşu yapan kişinin/kişilerin yükseköğretim kurumunda edindikleri deneyim ve çalışmalara dayanarak veya yükseköğretim kurumunun araç ve gereçleri



kullanılarak gerçekleştirilen buluşlar, “hizmet buluşu” olarak değerlendirilmektedir. Bu buluşların dışında kalan buluşlar “serbest buluş” sayılmaktadır. Yönetmelik ile üniversitelerdeki patent potansiyelinin harekete geçirilmesi hedeflenmektedir [23]. Hak sahipliğine ilişkin düzenleme, patent başvurusu yapma, patenti ticarileştirme, geliri paylaşırma gibi kritik süreçlerde takip edilmesi gereken rota yönetmelikte açıklanmaktadır.

2547 sayılı Yükseköğretim Kanununun 3 üncü maddesinin birinci fıkrasının (1) bendinde tanımlanan *öğretim elemanları* ile *stajyerlerin* ve *öğrencilerin dışında kalan* yükseköğretim kurumu çalışanları tarafından gerçekleştirilen buluşlar için **çalışanların buluşlarına** ilişkin hükümler uygulanmaktadır. Söz konusu yükseköğretim buluşu yapan kişilerin diğer kamu kurum ve kuruluşları veya özel kuruluşlarla belirli bir sözleşme kapsamında yapmış oldukları çalışmalar sonucunda ortaya çıkan buluşlar üzerindeki hak sahipliğinin belirlenmesinde, diğer kanunlardaki hükümler saklı kalmak kaydıyla **sözleşme hükümleri** esas alınmaktadır.

**Tablo 7: Yükseköğretim kurumlarında gerçekleştirilen buluşlarda bildirim yükümlülüğü [24]**

<i>Bildirim Yükümlülüğü</i>	
1)	Yükseköğretim kurumlarında yapılan bilimsel çalışmalar veya araştırmalar sonucunda gerçekleştirilen buluşlar, buluşu yapan tarafından <b>yazılı olarak</b> ve <b>geciktirmeksizin</b> yükseköğretim kurumu tarafından belirlenen ilgili birime bildirilir. Yükseköğretim kurumu böyle bir birim belirlemediyse yükseköğretim kurumu tarafından belirlenene kadar buluş bildirimini rektörlüğe yapılır. İlgili birim buluşun gizliliğine ilişkin her türlü önlemi almakla yükümlüdür.
2)	Buluş bildiriminde <b>buluşun konusu, teknik problem, problemin çözümü</b> ve <b>buluşun nasıl gerçekleştirilmiş olduğu</b> açıklanır.
3)	Buluş birden çok kişi tarafından gerçekleştirilmişse bildirim birlikte yapılabilir. Bildirimde buluşu yapanların adları ve buluş üzerindeki katkı payları belirtilir. Aksi takdirde katkı paylarının eşit olduğu kabul edilir.
4)	Buluşun farklı yükseköğretim kurumundaki kişiler tarafından gerçekleştirilmiş olması halinde, <u>buluşu yapanlar buluş bildirimini kendi yükseköğretim kurumlarına ayrı ayrı yaparlar.</u>
5)	Buluşu yapan kişilerin, buluşu kendi yükseköğretim kurumları dışında farklı yükseköğretim kurumlarının imkânlarını da kullanarak gerçekleştirmiş olmaları halinde, buluşu yapan kişiler buluş bildirimini kendi yükseköğretim kurumlarına ve imkânlarından yararlanan yükseköğretim kurumlarına ayrı ayrı yaparlar.
6)	Yükseköğretim kurumunun ilgili birimi, buluş bildirimini kaydeder ve bildirim kendisine ulaştığı tarihi, bildirimde bulunan kişi veya kişilere geciktirmeksizin ve yazılı olarak bildirir.
7)	Buluş bildiriminin eksik yapılması halinde yükseköğretim kurumu, bildirim kendisine ulaştığı tarihten itibaren <b>iki ay içinde</b> eksikliklerin giderilmesini buluşu yapana bildirir.
8)	Buluşu yapan, yedinci fıkra uyarınca yapılan bildirimde belirtilen eksiklikleri, bildirim kendisine ulaştığı tarihten itibaren <b>bir ay içinde</b> giderir.
9)	Buluşu yapan, bildirim yükümlülüğünü yerine getirmemesi nedeniyle yükseköğretim kurumu aleyhine doğan zararlardan sorumludur. Yükseköğretim kurumlarında gerçekleştirilen buluşa ilişkin, yükseköğretim kurumuna bildirimde bulunulmaksızın patent başvurusu yapılması veya başvuru yapıldığına ilişkin bildirim yapılmaması veya bu kapsamdaki başvurulara patent alınması halinde patent başvurusu sahibine veya patent sahibine karşı <i>Sınai Mülkiyet Kanununun 110 ve 111 inci maddelerine</i> göre dava açılabilir.

Yükseköğretim kurumuna **bildirim yapılmaksızın** patent başvurusu yapılmışsa, patent başvuru tarihinden itibaren **bir ay içinde** yükseköğretim kurumuna bildirilmesi gerekliliği yönetmelikte belirtilmiştir. Bildirimle birlikte patent başvurusuna ait tüm bilgi ve belgeler de verilmelidir. Yükseköğretim kurumunun, **hak sahipliği talebine** ilişkin kararını, buluş veya başvuru bildiriminin yükseköğretim kurumuna ulaştığı tarihten itibaren **dört ay içinde** buluşu yapana **yazılı olarak** bildirmek zorunda olduğu aksi takdirde buluşun “serbest buluş” olarak kabul edildiği ifade edilmiştir. Hak sahipliği yönünde talep olması durumunda buluş “yükseköğretim buluşu” olmaktan; “hizmet buluşu” olarak değerlendirilmekte ve gelir paylaşımı yoluna gidilmektedir.

Yükseköğretim kurumu, buluşu yapan ile yükseköğretim kurumunun anlaşmaları halinde karar tarihinden itibaren **en geç altı ay içinde** patent başvurusunda bulunmak zorundadır. Yükseköğretim kurumu, patent başvurusunun kendi başvurusu olarak kabul edilmesini ve işlem görmesini, hak sahipliği talebine ilişkin kararı da ekleyerek belirtilen süre içinde Türk Patent Marka Kurumu’na sunmak durumundadır.

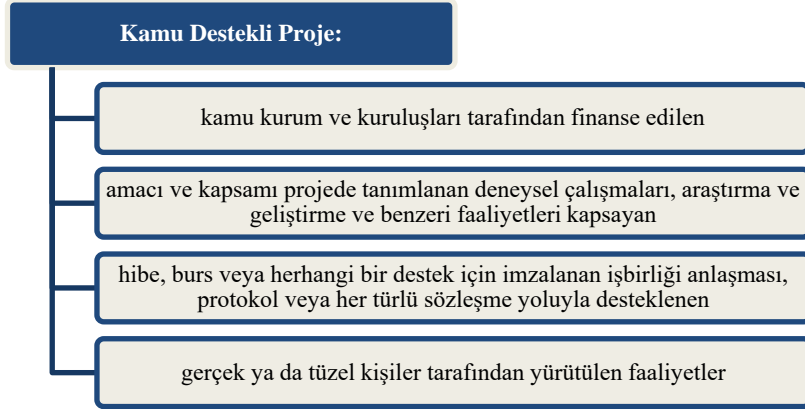
Buluştan elde edilen gelirin paylaşımında, buluşun kullanımından, lisans verilmesinden, devredilmesinden veya diğer yollarla ticarileştirilmesinden elde edilen gelirlerin tamamı esas alınmaktadır. Buluştan elde edilen gelirin yükseköğretim kurumu ve buluşu yapan arasındaki paylaşımı, **buluşu yapana gelirin en az üçte biri verilecek** şekilde belirlenmektedir. Bedel ve ödeme şekli, yükseköğretim kurumunda gerçekleştirilen buluşa ilişkin yükseköğretim kurumunun hak sahipliği talebinde bulunmasını takiben, yükseköğretim kurumu ile buluşu yapan arasında imzalanan **sözleşme** veya **benzeri bir hukuk ilişkisi** hükümlerince belirlenmektedir. Buluşu yapanın birden fazla olması durumunda, buluşu yapana verilen miktarın paylaşımı buluş üzerindeki katkı payları oranında gerçekleştirilmektedir. Buluştan elde edilen gelirin yükseköğretim kurumu hissesi ilgili yükseköğretim kurumu bütçesine öz gelir olarak kaydedilmekte ve başta bilimsel araştırmalar olmak üzere yükseköğretim kurumunun ihtiyaçlarının



karşılanması için kullanılmaktadır. Buluştan elde edilen gelirden yükseköğretim kurumuna kalan miktarın öncelikle, araştırma geliştirme ve buluşların başvuru, tescil ve ticarileştirilmesi faaliyetlerine ilişkin yapılan harcamaların finansmanı için kullanılması esastır. Yükseköğretim kurumu, kusuru nedeniyle başvuru işlemlerinin veya patent hakkının sona ermesine sebep olursa buluşu yapanın uğradığı zararı tazmin etmekle yükümlüdür. Buluşu yaparsa, başvuru işlemlerinin veya patent hakkının sürdürülebilmesi için yükseköğretim kurumunun ihtiyaç duyduğu bilgileri sağlamakla yükümlüdür [25].

### 3.1.1.3. Üçüncü Kısım: Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlar

Yönetmelikte bu kısımda, bilginin ticari çıktılara dönüşümü ile kamu kaynaklı projelerde ortaya çıkan buluşların ekonomiye kazandırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 8: Kamu destekli proje tanımı [26]

Kamu destekli projelerde müşteri kurum olan kamu kurum ve kuruluşları, buluşun doğrudan kendi ihtiyaçları için kullanıma ilişkin **bedelsiz bir lisans hakkına** sahip olmaktadır. Bu lisans hakkı, kamu kurum ve kuruluşunun ihtiyaçları ile sınırlı olmak üzere buluş konusu ürünün üretilmesini, ürettirilmesini, kullanılmasını veya ithal edilmesini, patent konusu olan bir usulde bu usulün kullanılmasını veya usul ile doğrudan doğruya elde edilen ürünlerin kullanılmasını da kapsamaktadır.

Tablo 8: Kamu destekli projelerde ortaya çıkan buluşlarda bildirim yükümlülüğü [27]

Bildirim Yükümlülüğü
1) Kamu destekli proje kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar, araştırma geliştirme ve benzeri faaliyetler sırasında ortaya çıkan buluşlar, kamu destekli projelerde ortaya çıkan buluşlar olarak kabul edilir. Proje desteğinden faydalanan gerçek ya da tüzel kişinin bu buluşları destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşuna <b>yazılı olarak ve geciktirmeksizin</b> bildirmesi zorunludur.
2) Buluş bildiriminde <b>buluşun konusu, teknik problem, bu problemin çözümü ve buluşun nasıl gerçekleştirilmiş olduğu</b> açıklanır.
3) Destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşu, buluş bildiriminde eksiklik tespit etmesi durumunda bildirim kendisine ulaştığı tarihten itibaren <b>iki ay içinde</b> buluşu yapana eksikliklerin giderilmesi için bildirimde bulunur.
4) Proje desteğinden faydalanan kişi, üçüncü fıkra uyarınca tespit edilen eksiklikleri, bildirim kendisine ulaştığı tarihten itibaren <b>bir ay içinde</b> giderir.
5) Varsa müşteri kurum, bildirim usulüne uygun yapıp yapılmadığı konusunda destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşları ile birlikte hareket eder.
6) Proje desteğinden faydalanan kişi, birinci fıkra uyarınca bildirim yükümlülüğünü yerine getirmemesi nedeniyle destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşu ve varsa müşteri kurum aleyhine doğan zararlardan sorumludur.

Buluş bildiriminin destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşuna yapıldığı tarihten itibaren **bir yıl içinde** proje desteğinden faydalanan kişi, buluş konusu üzerinde hak sahipliği talep edip etmediği konusundaki tercihini kamu kurum ve kuruluşuna yazılı olarak bildirmek durumundadır. Bu süre içinde hak sahipliği talep etmediğini yazılı olarak bildirirse veya hak sahipliğine ilişkin tercihini yazılı olarak bildirmezse destek sağlayan kamu kurum veya kuruluşu buluş için hak sahipliğini bedelsiz alabilmektedir. Proje desteğinden faydalanan kişi, buluş konusu üzerinde hak sahipliği talep edip etmediği konusundaki tercihini kamu kurum ve kuruluşuna bildirene kadar veya böyle bir bildirimde bulunmadıysa usulüne uygun buluş bildirimini yaptığı tarihten itibaren bir yılın bitimine kadar buluşa patent veya faydalı model verilmesini etkileyecek nitelikte açıklamalarda bulunamaz. Yabancı ülkelerin kurum ve kuruluşlarıyla yapılan işbirliği çerçevesinde yürütülen ortak projeler sonucunda ortaya çıkan buluşlara ilişkin hak sahipliğinin belirlenmesinde, ilgili projeyi yürüten ortakların kendi aralarında yaptıkları sözleşme veya özel düzenlemeler esas alınmaktadır [28].



Proje desteğinden faydalanan kişi, buluşa ilişkin olarak hak sahipliği talebinde bulunması durumunda hak sahipliği talebinin kamu kurum ve kuruluşuna bildirim tarihinden itibaren **dört ay içinde**, proje desteğinden faydalanan kişi ile destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşunun anlaşmaları halinde karar tarihinden itibaren en geç altı ay içinde, buluş için patent başvurusu yapmakla yükümlüdür. Belirtilen sürede patent başvurusu yapılmamışsa destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşu buluş için hak sahipliğini alabilir ve patent başvurusunda bulunabilir. Birinci fıkrada belirtilen süreden sonra patent başvurusu yapılmışsa destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşu buluş için hak sahipliğini alabilir ve patent başvurusunun kendi başvurusu olarak işlem görmesini isteyebilir. Bu durumda destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşu, başvurunun kendi başvurusu olarak kabul edilmesi ve işlem görmesi talebini geciktirmeksizin Kuruma bildirir. Kurum, bildirim tarihi itibarıyla başvuru sahibi değişikliğini Sicile kaydeder. Proje desteğinden faydalanan kişi yapılan patent başvurusuna ilişkin tüm bilgi ve belgeleri destek sağlayan kamu kurum ve kuruluşuna verir.

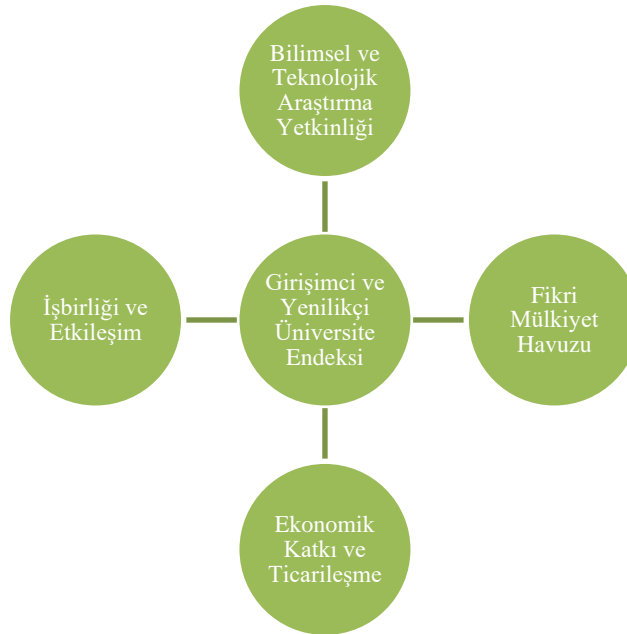
### 3.2. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş Birliğinin Taraflar İçin Gerekliliği

Bilgi toplumu olarak adlandırılan günümüz toplumlarında ilerleyen teknoloji ile eş zamanlı olarak ilerleyebilmek adına dünyada özellikle Birleşik Devletler, Japonya, Güney Kore, Çin gibi ülkelerde özümşenen üniversite sanayi iş birliklerini ülkemizde de işleyen dinamik bir mekanizma olarak yaşantımıza dâhil etmemiz gerekmektedir. Teknolojinin bulunduğu noktadan ileri taşınma eğilimini gerçekleştirebilmek ve ekonomide bunun meyvesini kazanabilmek amacı ile üniversite sanayi iş birliklerine ülkemizde gereken önemi vermemiz gerekmektedir.

#### 3.2.1. Üniversite Cephesinde İş Birliğinin Gerekliliği

Teknolojik ilerlemeler üniversitelerin yapısında köklü değişikliklere neden olmaktadır [29]. Ekonomik kalkınmanın temelinde bilimsel bilgi olan günümüzde ülkeler gelişme yarışı için teknolojiye hızla yönelmektedir. Bu hususta, bilgi ve sanayi merkezlerini birleştirerek üniversitelerdeki bilimsel bilgiyi pratiğe yenilikçi üretim olarak aktararak ileri teknolojiye sahip olmaktadır.

Üniversiteler geçmişten günümüze eğitim, araştırma ve girişimci üniversite şeklinde üç ana yapıya ayrılmaktadır [30]. Günümüzde yaygın olan girişimci üniversite modelinde katma değer doğuran güçlü bağlar kurarak endüstri ile iş birliği yapmak esastır. Kurumlar arası etkin bilgi akışı sağlanarak keskin sınırların kaldırıldığı, sorunlara çözüm odaklı ve pratikte deneyimleri yansıtan çoklu disiplinleri bünyesinde barındıran eğitim yaklaşımları benimsenmektedir [31]. Bu bağlamda bilimsel projeler / araştırmalar, patent / lisans alma, sanayi ile iş birliği yapma, ticarileştirme vb. faaliyetler ile üniversiteler daha stratejik ve dinamik bir yapı almaktadır. Söz konusu faaliyetler, üniversitelerin girişimcilik endekslerinde sıralamalarını etkileyen önemli göstergeler olarak da ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu'nun 23. toplantısında alınan "Üniversitede yenilikçiliğin ve girişimciliğin tetiklenmesi amacıyla politika araçlarının geliştirilmesi" kararı kapsamında "Girişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksi" adı verilen endeks oluşturulmuştur [32]. 4 boyuttan oluşan 19 gösterge kapsamında verilerin TÜBİTAK, YÖK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜRKPATENT, KOSGEB, Avrupa Birliği Eğitim ve Gençlik Programları Merkezi Başkanlığı, TTGV, TÜBA ve Üniversiteler tarafından sağlandığı "Girişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksi Gösterge Seti" ile üniversitelerin performanslarının daha çıktı ve etki odaklı bir yaklaşımla ölçülebilmesini sağlamak amacıyla bir güncelleme çalışması yürütülmüştür [33].



Şekil 9: Girişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksinin Boyutları [34]

Şekil 9'daki dört boyut ve Tablo 9'daki on dokuz gösterge incelendiğinde araştırma - geliştirmenin, işbirliklerinin, bu işbirlikleri sonucu oluşan fikri mülkiyet havuzunun (patent, faydalı model, tasarım vs.) ve nihayetinde ticarileşme ile ekonomik katkının üniversitelerin değerinin belirlenmesinde önemli belirtiler olduğu görülmektedir. Ar-Ge sonucu yeniliklerin patentler/faydalı



modeller ile yaşantıya implemente edilip bu şekilde sürekli ilerleyen/gelişen dinamik bir yapıya sahip olmak günümüz üniversitelerinin hem hedefi hem sorumluluğu haline gelmektedir.

**Tablo 9: Güncellenen Girişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksi Boyutları [35]**

<p><b>Boyut 1: Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Yetkinliği</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bilimsel yayın sayısı</li><li>• Atıf Sayısı</li><li>• Ar-Ge ve yenilik destek programlarından alınan proje sayısı</li><li>• Ar-Ge ve yenilik destek programlarından alınan fon tutarı</li><li>• Ulusal &amp; uluslararası bilim ödül sayısı</li><li>• Doktora mezun sayısı</li></ul>	<p><b>Boyut 2: Fikri Mülkiyet Havuzu</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Patent başvuru sayısı</li><li>• Patent belge sayısı</li><li>• Faydalı model / tasarım belge sayısı</li><li>• Uluslararası patent başvuru sayısı</li></ul>
<p><b>Boyut 3: İşbirliği ve Etkileşim</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Üniversite sanayi işbirliğinde yapılan Ar-Ge ve yenilik projeleri sayısı</li><li>• Üniversite sanayi işbirliğinde yapılan Ar-Ge ve yenilik projelerinden alınan fon tutarı</li><li>• Uluslararası işbirliği ile yapılan Ar-Ge ve yenilik proje sayısı</li><li>• Uluslararası Ar-Ge ve yenilik işbirliklerinden elde edilen fon tutarı</li><li>• Dolayımındaki öğretim elemanı/öğrenci sayısı</li></ul>	<p><b>Boyut 4: Ekonomik Katkı ve Ticarileşme</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Akademisyenlerin teknoparklarda, kuluçka merkezlerinde, TEKMER'lerde ortak veya sahip olduğu faal firma sayısı</li><li>• Üniversite öğrencilerinin ya da son beş yıl içinde mezun olanların teknoparklarda, kuluçka merkezlerinde, TEKMER'lerde ortak veya sahip olduğu faal firma sayısı</li><li>• Akademisyenlerin teknoparklarda, kuluçka merkezlerinde, TEKMER'lerde ortak veya sahip olduğu firmalarda istihdam edilen kişi sayısı</li><li>• Lisanslanan patent/faydalı model/tasarım sayısı</li></ul>

### 3.2.2. Sanayi Cephesinde İş Birliğinin Gerekliliği

Günümüzde üretimin çeşitliliği ve giderek artan rekabet ortamı sürdürülebilirlik adına yenilik yapmayı zorunlu kılmaktadır. Yenilikçi üretim için bilginin üretilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir [36]. Yenilikçi üretim tek bir kurumun çabası / yeteneği / girişimi dâhilinde gerçekleştirilebilecek bir olgudan ziyade etkin bir ekosistem oluşturma gerekliliğini doğurmaktadır. Ekosistemde sanayi cephesine bakıldığında öncelikle üniversitelerin bilimsel / teknolojik danışmanlıklarına ve sonraki aşamalarda belki de üniversiteden doğan ileri teknoloji tabanlı şirketlere (spin-off) ihtiyaç duyulmaktadır. Ortak geliştirilen teknolojinin patenti ve lisanslama yoluna gitmesi ile yeni fikirlerin geliştirilmesinde başlangıç noktası olan üniversiteden sanayiye teknoloji transferi ve söz konusu teknolojinin eğilim yönü sanayiye aktarılmaktadır. Böylece sanayide temel ve empirik uygulamalar yerini mevcut Ar-Ge faaliyetlerinden maksimum düzeyde faydalanan, sorunlara çözüm odaklı ilerleyen bir yapıya bırakmaktadır.

### 3.3. Türkiye Özelinde Üniversite Sanayi İş Birliğinin Gelişimi İçin Sunulan Öneriler

Gelişmiş ülkelerin kalkınmalarında en önemli faktörlerin başında doğru uygulanmış bilim ve teknoloji politikalarının varlığı göze çarpmaktadır [37]. Üniversitelerin artık makale, bildiri, yayından ziyade patent öncelikli odaklı ilerlemesi gerekmektedir. Üniversitelerde gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetlerinin / projelerin mutlaka nitelikli patent çıktılarına yönelmeleri önem arz etmektedir. İş birliklerinden ve/veya üniversitelerden doğan patentlerin sonucunda gerçekleşen mutualist çerçevede tarafların mütakabil kazanç sağladıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Birleşik Devletlerde Stanford Üniversitesi emsali ile tek bir üniversitenin iş birlikleri ekosistemini benimsediğinde sağladığı / sağlattığı kazançlar incelendiğinde üniversitelerimizde de bu ekosistem bilincini yaymak ve nitelikli patentler ile hem bölgesel hem ulusal anlamda ilerleme kaydetmek gerekmektedir. Ülkemizde çeşitli destek/teşvik mekanizmaları ile devam eden bu yöndeki mevcut çalışmalar ile farkındalığın artırılması önem arz etmektedir. Bu hususta önemli sayılabilecek birtakım öneriler Tablo 10'da verilmiştir.





**Tablo 10: Üniversite Sanayi iş birliği için bazı öneriler [38]**

➤ İş birliklerinin taraflar için mütakabil katma değer sağlayan bir süreç olduğu bilinç & kültürü oluşturulmalıdır.
➤ Sanayi ile üniversiteyi bir araya getirecek / bağlayacak teknoent, ortak araştırma merkezi vb. gibi mekanizmalar artırılmalıdır.
➤ Üniversitelerin akademik atama ve yükseltmelerinde, sektörel iş birlikleri, proje yapımı, tasarım tescili/patent başvuru sayısı vb. hususların etkin faktörler olması sağlanmalıdır.
➤ Lisansüstü tezlerde konu seçiminde öncelikli olarak sektördeki bir problemin çözümüne dönük spesifik konu belirlenmeleri yapılmalıdır.
➤ Tarafları (üniversite - sanayi) iş birliğine özendirici / yapıcı kanallar oluşturulmalıdır.
➤ Kamunun mevcut destek & teşvikleri (TÜBİTAK destekleri, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı destekleri, Küçük ve KOSGEB destekleri vb.) artırılmalı ve verimli uygulamalar için uygun alt yapı sağlanmalıdır.
➤ Sektör temsilcileri ve üniversitedeki ilgili akademisyenlerin etkileşimleri sağlanmalı, karşılıklı ihtiyaçlar gözetilerek iş birliğine elverişli ekosistem oluşturulmalıdır.
➤ Öğrencilere etkin staj programları sunulmalı ve hem öğrencilerin pratik kazanımı sağlanmalı hem de dinamik akademik bilgilerinden faydalanarak karşılıklı kazanım sağlanmalıdır.

#### 4. Değerlendirme

Günümüz dünyasında ülkelerin gelişmişliklerinin temelini, akademiye üretilen bilginin teknolojiye ve üretime dönüştürülerek ekonomiye aktarılması oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bilime, teknolojiye, Ar-Ge'ye ve yeniliğe kaynak ayıran ülkelerin sosyal ve ekonomik refah sağlama açısından diğer ülkelere göre daha ileri seviyede oldukları görülmektedir [39]. Yeniliğin, ekonomik ve sosyal gelişmenin kilidi ise üniversite sanayi işbirliğidir [40]. Temel amacı eğitim sağlamak, araştırma - geliştirme faaliyetleri yürütmek olan üniversitelere ekonomik ve sosyal kalkınmaya katkı sağlamak görevinin de eklenmesi ile üniversiteler temelde değişime gitmiş ve işbirlikleri ile ekosistemde faal bir rol almıştır. Yeni teknolojiler / yenilikçi ürünler geliştirebilen, pazarlayabilen, fikri becerilerini ekonomik değere çevirebilen ve bu sayede de rekabette oyunda kalabilen kurumların sürdürülebilirliğini devam ettirebildiği görülmüştür. Üniversitelerdeki çalışmaların ticarileştirilebilmesi ve fikri mülkiyet haklarının korunması adına hukuki düzenlemeler getirilmiştir. Teknoentler, Ar-Ge merkezleri, teknoloji transfer ofisleri, kariyer merkezleri, ortak geliştirilen öğrenci projeleri vb. yapılar ile ülkemizde üniversiteler cephesinde işbirliklerine destek olan ara yüzler mevcuttur. Ara yüzler ile temel hedef üniversite ve araştırma merkezlerindeki akademik bilgi ve araştırma potansiyelinin teknolojik ürünlere dönüştürülerek ticarileştirilmesini sağlamak ve buna elverişli ekosistemi yaratmak için köprü vazifesi görmektedir [41].

Bilim, teknoloji, Ar-Ge ve yenilik ekosisteminin sürdürülebilmesi adına kamu teşviki önem arz etmektedir. Bu hususta bilimsel çalışmaların katma değere dönüşmesini sağlayacak çeşitli güncel kamu destek / teşviklerinden bazıları; 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu ve bu kanuna dayanarak hazırlanan Yönetmelik (bkz. 3.1.1.), 4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Uygulama Yönetmeliği, 5746 sayılı Araştırma, Geliştirme ve Tasarım Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun, TÜBİTAK 1501 - Sanayi Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı, TÜBİTAK 1505 - Üniversite-Sanayi İşbirliği Destek Programı, TÜBİTAK 1513 - Teknoloji Transfer Ofisleri Destekleme Programı, TÜBİTAK 1602 - TÜBİTAK Patent Destek Programı gibi kanun / programlardır. Kamu - Üniversite - Sanayi - İşbirliği (KÜSİ)'nin geliştirilmesi için KÜSİ Stratejisi ve Eylem Planı, Ulusal Bilim Teknoloji ve Yenilik Stratejisi (2011-2016)'inde yer alan "Üniversite-Sanayi İşbirliği Stratejisi'nin hazırlanması" eylemi gereği Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı koordinasyonunda hazırlanmıştır [42]. Türkiye Kamu - Üniversite - Sanayi - İşbirliği (KÜSİ) Strateji ve Eylem Planı doğrultusunda altı temel hedef belirlenmiştir. Bu hedefler;

- İşbirliğinde kurumsal yapılanma, iletişim ve algıyı oluşturmak,
- Hukuki düzenlemeleri yapmak,
- Finansal kaynakları ve destek mekanizmalarını geliştirmek,
- KÜSİ paydaşlarının idari ve teknik altyapısını geliştirmek,
- Nitelikli insan kaynağını geliştirmek,
- Fikri Sınai Mülkiyet Haklarını korumak ve ticarileştirmek şeklindedir [43].

(KÜSİ) Strateji ve Eylem Planında belirlenen hedefler ve diğer kamu destek / teşvikleri topyekûn genel çerçeveden incelenip yorumlandığında ülkemizde konudaki bilinç ve farkındalığın giderek arttığı, gereken önemin kanunlar ile hukuk ortamında da verilmeğe başlandığı, somut ve başarılı örneklerin artırılması için dayanaklar tekvin edildiği görülmektedir.

#### 5. Kaynakça

[1] Kiper, M. , "Dünyada ve Türkiye'de Üniversite-Sanayi İşbirliği ve Bu Kapsamda Üniversite-Sanayi Ortak Araştırma Merkezleri Programı (ÜSAMP)", 2010





- [2] Yüksel, U. , “Üniversite Sanayi İşbirliğinde Bir Araç Olarak Teknoparklar”, *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Sempozyumu*, 2003
- [3] Alkan, R. M. , “Üniversite-Sanayi İşbirliği İçin Bazı Öneriler\*”, *Üniversite Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu (ÜSİMP) 7. Ulusal Kongresi*, 2014
- [4] “<https://www.statista.com/statistics/732247/worldwide-research-and-development-gross-expenditure-top-countries/>”
- [5] “<https://stanfordresearchpark.com/about>”
- [6] Sakınç, S. , Bursalıoğlu, S. , “Yükseköğretimde Küresel Bir Değişim: Girişimci Üniversite Modeli”, *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 2012
- [7] Temel, S. , Sukan, F. , “ULUSAL AR-GE İNOVASYON BULMACAMIZ VE EKSİK PARÇALAR”, *ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ*, 2015
- [8] Özkan, S. , “Çalışan Buluşları, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlar”, *TÜRK PATENT Çarşamba Seminerleri*, 2018
- [9] “<https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/allNews/newsDetail?newsId=863>”
- [10] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [11] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [12] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [13] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [14] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [15] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [16] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [17] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [18] Özkan, S. , “Çalışan Buluşları, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlar”, *TÜRK PATENT Çarşamba Seminerleri*, 2018
- [19] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [20] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [21] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [22] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [23] Özkan, S. , “Çalışan Buluşları, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlar ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlar”, *TÜRK PATENT Çarşamba Seminerleri*, 2018
- [24] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [25] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [26] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [27] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017



- [28] Türk Patent ve Marka Kurumu, “Çalışan Buluşlarına, Yükseköğretim Kurumlarında Gerçekleştirilen Buluşlara ve Kamu Destekli Projelerde Ortaya Çıkan Buluşlara Dair Yönetmelik”, *Resmî Gazete*, 2017
- [29] Erdil, E. , Pamukçu, M. T. , Akçomak, İ. S. , Erden, Y. , “DEĞİŞEN ÜNİVERSİTE-SANAYİ İŞBİRLİĞİNDE ÜNİVERSİTE ÖRGÜTLENMESİ”, *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 2013”
- [30] Tunalı, H. , Toprak, B. , “Dünyada ve Türkiye’de Üniversite Sanayi İşbirliği ve Yenilikçi Üretim”, *SİYASET, EKONOMİ ve YÖNETİM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ*, 2017
- [31] Sakınc, S. , Bursalıoğlu, S. , “Yükseköğretimde Küresel Bir Değişim: Girişimci Üniversite Modeli”, *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 2012
- [32] Er, F. , Yıldız, E. , “Türkiye Girişimci ve Yenilikçi Üniversite Endeksi 2016 ve 2017 Sonuçlarının ORESTE ve Faktör Analizi ile İncelenmesi”, *alphanumeric journal*, 2018
- [33] “[https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue\\_gosterge\\_seti\\_2018.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue_gosterge_seti_2018.pdf)”
- [34] “[https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue\\_gosterge\\_seti\\_2018.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue_gosterge_seti_2018.pdf)”
- [35] “[https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue\\_gosterge\\_seti\\_2018.pdf](https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/18842/gyue_gosterge_seti_2018.pdf)”
- [36] Tunalı, H. , Toprak, B. , “Dünyada ve Türkiye’de Üniversite Sanayi İşbirliği ve Yenilikçi Üretim”, *SİYASET, EKONOMİ ve YÖNETİM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ*, 2017
- [37] Dağlı, İ. , Oğuztürk, B. S. , “PLANLI DÖNEMDEN GÜNÜMÜZE TÜRKİYE’DE ULUSAL BİLİM VE TEKNOLOJİ POLİTİKALARININ DEĞİŞİMİ”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2018
- [38] Alkan, R. M. , “Üniversite-Sanayi İşbirliği İçin Bazı Öneriler\*”, *Üniversite Sanayi İşbirliği Merkezleri Platformu (ÜSİMP) 7. Ulusal Kongresi*, 2014
- [39] “[http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim\\_3a457.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim_3a457.pdf)”
- [40] Tunalı, H. , Toprak, B. , “Dünyada ve Türkiye’de Üniversite Sanayi İşbirliği ve Yenilikçi Üretim”, *SİYASET, EKONOMİ ve YÖNETİM ARAŞTIRMALARI DERGİSİ*, 2017
- [41] Yalçıntaş, M. , “ÜNİVERSİTE - SANAYİ - DEVLET İŞBİRLİĞİNİN ÜLKE EKONOMİLERİNE ETKİLERİ: TEKNOPARK İSTANBUL ÖRNEĞİ”, *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 2014
- [42] “[http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim\\_3a457.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim_3a457.pdf)”
- [43] “[http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim\\_3a457.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/yonetim_3a457.pdf)”



## DOĞANCI BARAJ GÖLÜ SU KALİTESİNİN TBA YARDIMIYLA DEĞERLENDİRİLMESİ

Feza Karaer<sup>1</sup>, Ayşe Kurt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Müh. F., Çevre Müh. Böl., / Bursa, Türkiye

karaer@uludag.edu.tr

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi, Çevre ve Sağlık Teknolojilerinde İhtisaslaşma Koordinatörlüğü / Düzce, Türkiye

kurtayse1987@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışmada, Doğancı Baraj Rezervuarı üzerindeki dört adet gözlem istasyonundan, 2002-2010 yılları arasında ölçülmüş 27 adet su kalitesi parametresi değerlendirilmiştir. Veriler, SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılarak, Temel Bileşenler Analizi uygulamaları sonucu mevsimsel değişimlere bağlı şekilde değerlendirilmiştir. Temel Bileşenler Analizine uygulanan 27 parametre sırasıyla, Sıcaklık, pH, Bulanıklık, AKM, TÇM, Geçici Sertlik, Kalıcı Sertlik, Toplam Sertlik, Toplam Alkalinite, Kalsiyum Sertliği, Magnezyum Sertliği, Serbest Karbondioksit, Toplam Demir, Toplam Mangan, Klorür, Sülfat, Nitrat Azotu, Nitrit Azotu, Silisyum Dioksit, Amonyum Azotu, Çözünmüş Oksijen, Orto Fosfat Fosforu, İletkenlik, Organik Madde Miktarı, Sodyum, Potasyum ve BOİ'dir. Parametreleri içeren analiz sonrası matrisler 5-6 bileşene indirgenmiştir. İndirgenen bileşenlerle su kalitesi izleme çalışmalarına devam edilmesinin uygun olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Yapılan analizle su kalitesi araştırmalarında çok fazla sayıda parametrenin ölçülmesi yerine önceden dikkatlice seçilmiş, daha az sayıdaki kritik parametrelerin tespitinin yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, Doğancı barajı, Temel bileşenler analizi

### 1. Giriş

Bu çalışmanın temel amacı, Doğancı Baraj Gölü'nün 2002 - 2010 yılları arası veri dönemine ait su kalitesinin; mevsimsel olarak istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan "Temel Bileşenler Analizi (TBA)" kullanılarak değerlendirilmesidir. Bu amaçla, rezervuar üzerinde belirlenmiş 4 farklı gözlem istasyonundan temin edilmiş su numunelerine ait; BUSKİ Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesisleri laboratuvarlarında 2002-2010 yılları arasında haftalık olarak analizi yapılmış, kirletici kaynaklar hakkında fikir verebileceği ve rezervuarda birbiriyle bağlantılı değiştiği düşünülen 27 parametre (Sıcaklık, pH, Bulanıklık, AKM, TÇM, G. Sertlik, K. Sertlik, T. Sertlik, T. Alkalinite, Ca Sertliği, Mg Sertliği, Serbest CO<sub>2</sub>, Top. Demir, Top. Mangan, Klorür, Sülfat, Nitrat Azotu, Nitrit Azotu, Silisyum Dioksit, Amonyum Azotu, Ç.O., Orto Fosfat Fosforu, İletkenlik, Organik Madde Miktarı, Sodyum, Potasyum, BOİ) seçilmiştir. Bu parametreler üzerinde TBA uygulanarak, bunların 5-6 adet parametreye indirgenmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir. Böylece rezervuarlara ait su kalitesi belirlenmesi araştırmalarında çok fazla sayıda parametrenin ölçülmesi yerine önceden dikkatlice seçilmiş, daha az sayıda kritik parametrelerin tespiti sağlanmıştır.

Rezervuar kirlenmesindeki temel taşınım yolları arasında akarsular ve atmosfer yer almaktadır. Akarsularla taşınan çözünmüş ve askıdaki katı madde miktarlarının önemli bir bölümü erozyon ve kimyasal çözünme sonucu oluşmaktadır. Bu girdilerde arazi kullanımındaki değişim ve asit yağmurları gibi nedenlerle artış olabilmektedir. Rezervuarların drenaj alanındaki kaya tipi, suyun inorganik bileşimini belirleyen en önemli unsurdur. Atmosferle kirlilik (kükürt ve azot oksitleri, hidrokarbonlar, endüstri emisyonları vb.) taşınımı da önemli boyutta olmaktadır (Anonim 2001). Rezervuara özgü kalite bozulmalarının bir çeşidi de ötrofikasyondur. Eysel ve bazı endüstriyel atıksular ile tarımsal drenaj suları azot ve fosforca zengindir. Bu maddelerin suda belirli sınırların üzerine çıkması fotosentezle aşırı alg üremesine ve organik madde miktarının artmasına yol açmaktadır. Ötrofikasyon olayı bir defa başladıktan sonra besin maddelerinin girişi tamamen önlense bile ötrofikasyonun olumsuzlukları (alg patlaması, bulanıklığın artması, organik madde ve oksijen ihtiyacının artması, dipte oluşan anaerobik ortam nedeniyle H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub> vb. gazların açığa çıkması) uzun bir süre daha devam etmektedir (Forsberg 1998).

Günümüzde gittikçe artan bir kirlenme riskiyle karşı karşıya olan rezervuarların korunması ve yönetimi farklı yaklaşımlarla çözülmeye çalışılmaktadır. Sonuç olarak, kamuoyu gündeminde yer alan su kaynaklarının, kirlenmesi ve kontrolüne çözüm olarak getirilebilecek yönetim ve koruma planlarına temel teşkil edebilecek su kalitesi belirleme çalışmaları yapılmaktadır. Dolayısıyla su havzası içerisinde, havza özelliklerine uygun olarak gerçekleştirilen çeşitli arazi kullanım planı uygulamaları sonucunda ortaya çıkabilecek atık yüklerinin, rezervuarın su kalitesi ve ekolojisine yapacağı muhtemel etkilerin önceden belirlenmesi ve buna göre ilgili planlarda gerekli değişikliklerin yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için yöneticilerin elindeki en uygun araç su kalitesi parametreleri olmaktadır (Genç 1998).

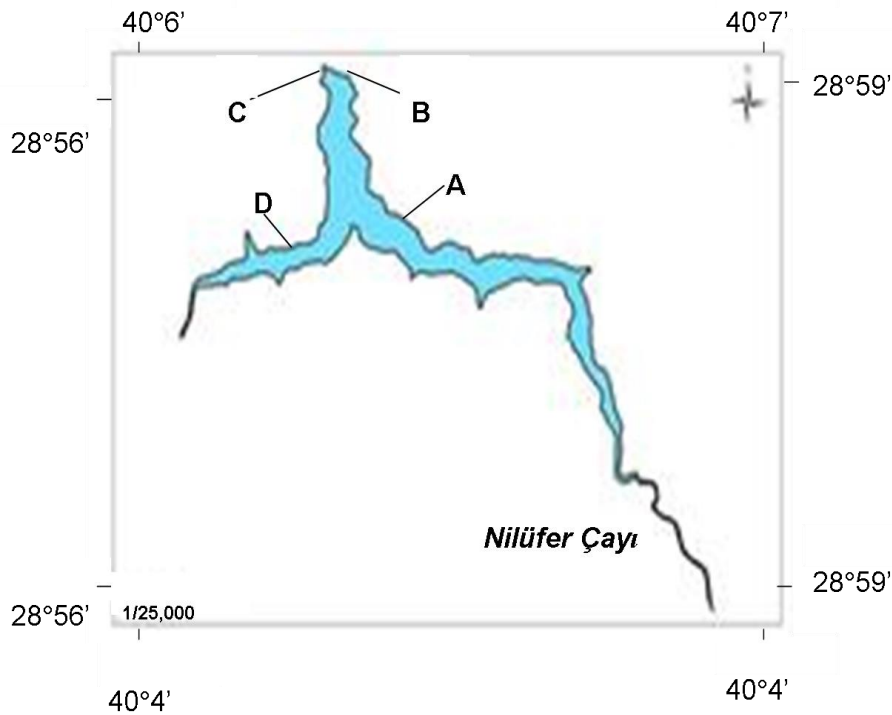


## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma alanının tanıtılması

Çalışma alanı olan Doğancı Barajı, Bursa İli'nin Osmangazi İlçesi'nde, Nilüfer Çayı üzerinde, şehre içme suyu temin etmek amacıyla DSİ tarafından 1975-1983 yılları arasında inşa edilmiş bir barajdır. (Anonim 2007a). Yeri Nilüfer Çayı üzerinde bulunan Doğancı Köyü'nün 3 km membaındadır. Suyunu iki koldan almaktadır. Bunlardan biri Uludağ'ın güney yamaçlarında yer alan Keles bölgesinden doğan Nilüfer Çayı, diğeri ise Orhaneli kısmından gelip katılan Sultaniye koludur (Anonim 2007c). Baraj bugün şehrin toplam su ihtiyacının ortalama % 80'lik bölümünü karşılamaktadır.

Barajı besleyen derelerin drenaj alanları birbirleriyle birleştiğinden, derelere ait yapılacak su kalitesi ölçüm sonuçlarının, havzada yayılı kaynaklardan gelen tüm kirliliği temsil edeceği varsayılmaktadır (Anonim 2011f). Şekil 1'de Doğancı Barajı yerleşkesi ve barajdan numune alınan noktalar belirtilmiştir.



Şekil 1. Doğancı Barajı yerleşkesi ve numune alınan noktalar (BUSKİ 2011, DSİ 2011)

### 2.2. Temel Bileşenler Analizi (TBA)

İstatistiksel analiz yöntemlerinden olan Faktör Analizi, birbirinden farklı fakat aynı zamanda birbiriyle ilişkili teknikleri içermektedir. Bunlar: **Temel Bileşenler Analizi**, Temel Faktör Analizi, İmge Faktörleştirilmesi, Maksimum Olasılık Faktörleştirilmesi, Alfa Faktörleştirilmesi, Ölçülemeyen En Küçük Kareler Faktörleştirilmesi, Genelleştirilmiş veya Ölçülemeyen En Küçük Kareler Faktörleştirilmesi'dir. Sayılan bu yöntemlerden, en yaygın olarak kullanılanı, "Temel Bileşenler Analizi (TBA)" yöntemidir (Kleinbaum ve ark. 1998). Bu yöntemde, değişkenler arasındaki maksimum varyansı açıklayan birinci bileşen hesaplanmaktadır. Kalan maksimum miktardaki varyansı açıklamak için ikinci bileşen hesaplanmakta ve bu durum böylece devam etmektedir (Albayrak ve ark. 2008).

Temel Bileşenler Analizinde, aralarında yüksek korelasyon olan değişkenler setinin bir araya getirilmesi suretiyle bileşen adı verilen genel değişkenlerin oluşturulması söz konusudur. Burada amaç:

- Değişken sayısını azaltmak,
- Değişkenler arası ilişkilerdeki yapıyı ortaya çıkarmak, başka bir ifade ile değişkenleri sınıflandırmaktır (Mrklas ve ark. 2006).

TBA veriler arasındaki ilişkilere dayalı, verilerin anlamlı ve özet biçimde sunulmasını sağlayan çok değişkenli bir istatistiksel analiz türü, yani k değişkenli olayda birbiriyle ilişkili değişkenleri bir araya getirerek, az sayıda ortak, ilişkisiz değişkeni bulma yöntemidir. Bir başka deyişle, boyut indirgeme ve bağımlılık yapısını yok etme yöntemidir (Harman 1976, Mardia ve Ark. 1989, Tatlıdil 1996).



Temel Bileşenler Analizi geometrik olarak, ortak özelliğe sahip olan değişkenler üzerinden yeni bir boyut (B1) geliştirmektedir. Bu boyut iki veya daha fazla boyutlu durumdaki değişkenler arasındaki uzaklıkları (veya varyansı) olanaklar ölçüsünde en yakın şekilde korumaktadır. Bu yeni boyut (B1) bir "temel bileşen" olarak adlandırılmaktadır. Şayet iki orijinal boyut veya değişken yerine daha fazla sayıda boyutla analize başlanırsa, (B1)'den başka bir yeni boyut (B2) daha tanımlanabilmektedir. Bu (B2) boyut bir diğer "temel bileşen"dir. Böylece her değişken her bir boyut üzerinde bir koordinata sahip olan koordinatlar seti ile belirlenebilmektedir. Her yeni boyut orijinal değişkenlerin kombinasyonudur. Dolayısıyla, bu yeni boyutla elde edilen değişken en yüksek korelasyonu olan orijinal değişken ile çok sıkı bir ilişki içinde olmaktadır. Analizin amacı, boyut azaltma esnasında varyanstaki azalmanın, yani kaybolan varyansın, minimum bir düzeyde tutulmasıdır. Ancak, yine de hata yapma oranının yüksek olduğu belirtilmektedir (Albayrak ve ark. 2008). TBA'da n tane bireyin k tane özelliğini gösteren X ham veri matrisinden elde edilen standartlaştırılmış Z veri matrisi kullanılmaktadır.

Bu durum, temel bileşenler analizi modelinin

$z_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) ile  $f_1, f_2, \dots, f_m$  ortak bileşenleri arasındaki doğrusal ilişki modeli,

$$z_j = a_{j1}f_1 + a_{j2}f_2 + \dots + a_{jm}f_m + b_j u_j \quad (1)$$

olup, modeldeki  $a_{jm}$ , j'inci değişkenin m'inci bileşen üzerindeki yükü veya ağırlığı;  $u_j$ , özel veya artık bileşen;  $b_j$ , artık bileşene ilişkin katsayıdır.

Burada verilerin, (1)'de tanımlanmış bir modele uyduğu varsayılmakta ve bu varsayım ortak bileşenler ile artık bileşenlerin aşağıdaki koşulları sağlama zorunluluğunu gerektirmektedir:

$$\begin{aligned} E(\{f_m\}) &= 0; \text{Var}(\{f_m\}) = 1 \\ E(\{u_j\}) &= 0; \text{Kov}(\{u_j\}; \{u_j\}) = 0 \\ \text{Kov}(\{f_m\}; \{u_j\}) &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Ortak bileşenlerin birbirleriyle ve artık bileşenle ilişkisiz olacağı varsayımı altında, standartlaştırılmış değişken  $z_j$  'lerin varyansına ilişkin bağıntı,

$$\begin{aligned} \text{Var}(z_j) &= a^2_1 + a^2_2 + \dots + a^2_{jm} + b^2_j = 1 \\ &= v^2_j + b^2_j \text{ dir.} \end{aligned} \quad (3)$$

$v^2_j$ , j'inci değişkenin ortak bileşen varyansı;  $b^2_j$ , ortak bileşenlerin açıklayamadıkları kısmı kapsayan artık bileşen varyansıdır (Albayrak ve ark. 2008). Bulunan  $v^2_j$  değerlerinin tümü 1'e eşit ya da yakınsa korelasyon matrisinin faktörleştirilmesinin iyi olduğu belirtilmektedir. Eğer bazı  $v^2_j$  değerleri küçük ( $v^2_j < 0$ ) ise, bu durumda en az bir bileşenin daha çıkartılması gerektiği düşünülmektedir.

Optimal bileşen sayısına karar vermede kullanılan en yaygın bir başka kriter de,

$$\begin{aligned} m \\ \sum_{j=1}^k v^2_j \geq \underline{\alpha} \end{aligned} \quad (4)$$

biçimindeki oran değeri olup, bu oran değerinin 2/3'ten büyük olması, faktörleşmenin iyi olduğu anlamına gelmektedir. Aksi durumda başka bileşenlere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Böyle durumlarda bileşen sayısı bir artırılarak tüm hesaplamalar yeniden yapılmakta ve işlemler yukarıdaki koşul sağlanıncaya kadar sürdürülmektedir (Albayrak ve ark. 2008).

Bundan başka diğer bir test de olabilirlik oran değeri üzerine kurulmuş olup,

$$-2 \log \lambda = (n - 1) * \{ \log \frac{|\underline{\Delta}|}{|\underline{S}|} + I_z(S \Delta^{-1})k \} \sim X^2_{(r_i)}, i = 1, 2 \text{ için} \quad (5)$$

test istatistiğinden yararlanılmaktadır. Burada

$\lambda$ , özdeğerler,

$\Delta$ , kovaryans matrisi,

S, değişken ile bileşen arasındaki ilişki matrisi,

$r_i$ , serbestlik derecesi olup, bileşen sonuçlarının dik veya eğik olması durumunda farklılık göstermekte ve:

$$r_1 = \frac{1}{2} * \{ (k - m)^2 - (k + m) \}, \text{ dik döndürmelerde}$$

$$r_2 = \frac{k}{2} * (k - 2m - 1), \text{ eğik döndürmelerde kullanılmaktadır (Mardia ve Ark. 1989).}$$



Faktörleştirmedeki somut gösterge ise Ferguson başta olmak üzere birçok araştırmacı tarafından geliştirilen ve birçok farklı ifadesi bulunan ‘‘Parsimony’’ ölçüsüdür (Tatlidil 1996). Bu kavram, olabildiğince az sayıda boyutla k değişkenli sistemin açıklanmasıdır.

Genel olarak Parsimony ölçüsü (PÖ),

$$P\ddot{O} = \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^m (a_{jl}a_{j\tau})^2 \quad (6)$$

biçiminde gösterilmektedir ve bu değerin minimum olduğu duruma en iyi çözüm adı verilmektedir.

Ayrıca,  $A = (a_{jl})$  ilk faktör matrisi,  $D = (d_{jl})$  dönüşümünden sonra ulaşılan bileşen matrisi,  $T = (t_{\tau})$  dik dönüşüm matrisi olmak üzere,

$$D = AT = \sum_{l=1}^m d_{jl}^2 = \sum_{l=1}^m a_{jl}^2 = v_j^2 \quad (7)$$

bağıntısından yararlanılan Ferguson, PÖ değerini  $MaxP\ddot{O} = \sum_{j=1}^k \sum_{l=1}^m d_{jl}^4$  biçiminde

tanımlamıştır.

Elde edilen bileşenlere daha iyi yorum verebilecek biçimde yeni bileşenlere çevirme olarak ifade edilen bileşen döndürmede iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, eksenlerin konumları değiştirilmeden 90°lik açı ile döndürülen dik döndürmedir. İkinci yöntem ise, eksenlerin birbirlerine dik olmasına gerek duyulmayan, ama her bileşenin birbirinden bağımsız olarak döndürüldüğü eğik döndürmedir. Aslında pek çok ilişkili değişkenden az sayıda ilişkisiz ve kolay yorumlanabilir bileşenlere ulaşmak, TBA analizinin temel amacı olduğuna göre, bileşenler tarafından açıklanan varyans miktarının döndürmeden etkilenmemesi gerekmektedir. Bu gereksinim dik dönüşümleri ön plana çıkartmaktadır. Ancak, bazı durumlarda dik döndürme en iyi bileşen kümesine ulaşmakta yeterli olmamaktadır (Harman 1976, Mardia ve Ark. 1989, Tatlidil 1996). Dik döndürme, bazen hangi bileşenlerin hangi parametrelere ilişkin yükleri taşıması gerektiği ile ilgili özellikleri tam olarak vermediğinden dolayı döndürmeden amaçlanan basit yapıya ve anlamlı bileşenlere ulaşamamaktadır. Böyle durumlarda eğik döndürme gündeme gelmektedir. Eğik döndürmenin dik döndürmeden her zaman daha üstün olduğu savunulmaktadır. Dik faktörlerde yükler -1 ile + 1 arasında iken eğik döndürmede bazı yüklerin 1’den büyük olması durumları ile de karşılaşılabilir ve bu değerler 1 olarak değerlendirilmekte, bu durum yüklerin mükemmel olduğu anlamına gelmektedir (Tatlidil 1996).

### 2.3. Analiz bulguları

Veriler SPSS 15.0 istatistik paket programından yararlanılarak gerçekleştirilen TBA analizi uygulamaları sonucu çeşitli bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular 2002-2010 yılları arası veri dönemine ait olarak mevsimsel değişimlere bağlı şekilde değerlendirilmiştir.

#### 2.3.1. Kış Ayları

Çizelge 1’de belirtildiği gibi, KMO testi % 86’dır. 0,86>0,50 olduğu için veri setinin büyüklüğünün TBA analizi için çok uygun olduğu belirlenmiştir (0,86>0,80).

**Çizelge 1. Kış ayları için KMO ve Bartlett testi sonuçları**

Kaiser-Meyer-Olkin Sample Adequacy Criteria		0,860
Bartlett Döndürülmüş Alan Testi	Varsayılan Ki-Kare	3970,204
	Df	276
	Sig.	0,000

Çizelgede belirtildiği gibi Bartlett testi anlamlıdır (Sig. 0,00<0,05 veya 0,00<0,01). Değişkenler arasında yüksek korelasyonlar mevcut olduğundan dolayı, veri setinin TBA analizi için uygun olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2’de kış ayları için özdeğer istatistiğine bağlı bileşen sayısı verilmiştir. Özdeğer istatistiği 1’den büyük olan 5 bileşen söz konusudur. Birinci bileşen toplam varyansın %35,078’ini, birinci ve ikinci bileşenler %51,199’ünü açıklamaktadır. Beş bileşenin tamamı ise toplam varyansın %81,719’ünü açıklamaktadır.



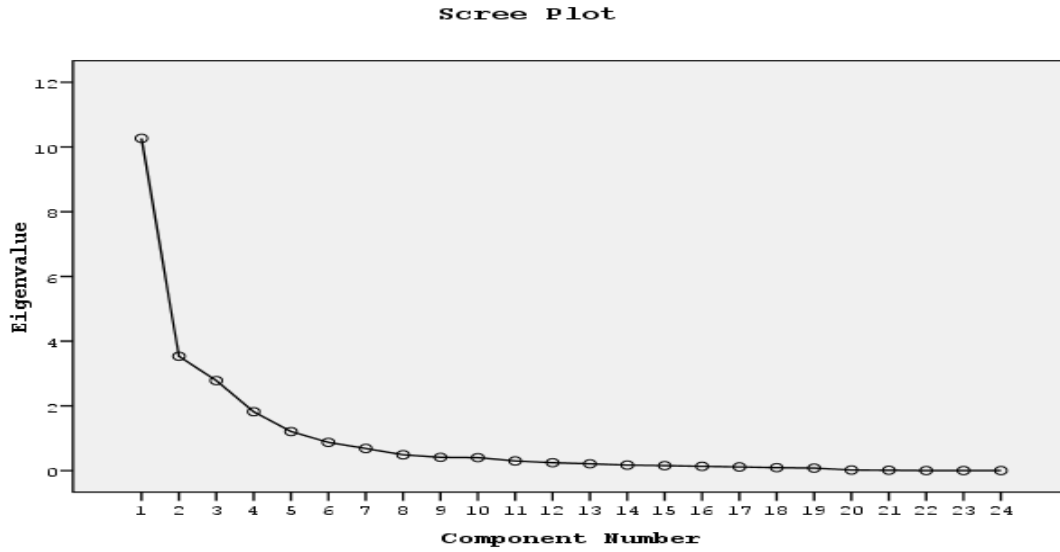


Şekil 2’de bileşen analizi çizgi grafiğinde eğimin kaybolmaya başladığı noktanın işaret ettiği sayıda bileşen sayısı belirlenmiştir. Buna göre, dördüncü bileşenden itibaren çizgi grafiği eğimini önemli ölçüde kaybetmeye başlamaktadır. Bu nedenle bileşen sayısı 5 ile sınırlandırılmıştır.

**Çizelge 2. Kış ayları için özdeğer istatistiğine bağlı bileşen sayısı ve açıklanan varyans yüzdesi**

Bileşen	İlk Özdeğerler			Kare Yüklemelerinin Ekstraksiyon Sonuçları			Kare Yüklemelerinin Döndürme Sonuçları		
	Toplam	Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif Yüzde (%)	Toplam	Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif Yüzde (%)	Toplam	Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif Yüzde (%)
1	10,268	42,783	42,783	10,268	42,783	42,783	8,419	35,078	35,078
2	3,534	14,725	57,508	3,534	14,725	57,508	3,869	16,121	51,199
3	2,782	11,593	69,101	2,782	11,593	69,101	3,246	13,527	64,725
4	1,821	7,587	76,688	1,821	7,587	76,688	2,540	10,584	75,309
5	1,207	5,031	81,719	1,207	5,031	81,719	1,538	6,410	81,719
6	0,873	3,638	85,357						
7	0,685	2,853	88,210						
8	0,489	2,038	90,248						
9	0,410	1,708	91,956						
10	0,402	1,674	93,630						
11	0,299	1,246	94,876						
12	0,245	1,020	95,896						
13	0,211	0,878	96,774						
14	0,170	0,708	97,482						
15	0,154	0,640	98,122						
16	0,133	0,553	98,675						
17	0,114	0,474	99,149						
18	0,091	0,377	99,526						
19	0,079	0,329	99,855						
20	0,018	0,076	99,931						
21	0,012	0,048	99,979						
22	0,003	0,012	99,991						
23	0,002	0,007	99,998						
24	0,000	0,002	100,000						





**Şekil 2. Kış ayları için bileşen analizi çizgi grafiği**

Kış ayları için döndürülmüş bileşen matrisi Çizelge 3’de verilmiştir. Beş bileşen ve her bir değişkenin bileşenler altındaki ağırlıkları (değişkenler ve bileşenler arasındaki korelasyon katsayısı) incelendiğinde: birinci bileşen; on değişkeni kapsamaktadır. Bunlar; Toplam Alkalinite, Geçici Sertlik, Toplam Sertlik, Magnezyum Sertliği, İletkenlik, Top. Çöz. Madde, Kalsiyum Sertliği, Sodyum, Serbest Karbondioksit, Potasyum değişkenleridir.

**Çizelge 3. Kış ayları için döndürülmüş bileşen matrisi**

	Bileşenler				
	1	2	3	4	5
Toplam Alkalinite	0,972	- 0,178	0,054	- 0,057	0,005
Geçici Sertlik	0,971	- 0,177	0,063	- 0,059	- 0,001
Toplam Sertlik	0,956	- 0,197	0,043	0,128	0,003
Magnezyum Sertliği	0,919	- 0,115	- 0,126	0,161	- 0,051
İletkenlik	0,885	- 0,252	0,295	0,111	0,006
Top. Çöz. Madde	0,862	- 0,252	0,312	0,089	0,009
Kalsiyum Sertliği	0,842	- 0,266	0,239	0,058	0,071
Sodyum	0,785	0,034	0,404	- 0,224	0,166
Serbest Karbondioksit	0,662	0,010	0,563	0,028	- 0,226
Potasyum	0,646	0,004	0,543	- 0,033	0,349
Bulanıklık	- 0,278	0,925	- 0,031	- 0,017	- 0,032
AKM	- 0,251	0,919	- 0,094	- 0,085	- 0,026
Toplam Demir	- 0,183	0,881	- 0,031	- 0,021	0,011
Organik Madde	- 0,183	0,760	- 0,114	0,145	- 0,124
Top. Mangan	0,147	0,682	0,425	- 0,189	0,226
pH	- 0,495	- 0,059	- 0,728	- 0,058	0,230
Silisyum Dioksit	- 0,022	0,104	- 0,704	- 0,099	- 0,198
Çözünmüş Oksijen	- 0,560	0,043	- 0,697	- 0,156	0,111



Nitrit-Azotu	- 0,025	- 0,014	0,647	0,208	0,544
Sülfat	0,083	0,036	0,190	0,869	0,006
Kalıcı Sertlik	- 0,345	- 0,029	- 0,070	0,835	0,006
Nitrat-Azotu	0,321	- 0,112	0,165	0,735	0,137
Sıcaklık	- 0,211	- 0,045	0,002	- 0,525	- 0,498
Amonyum	- 0,053	- 0,043	0,062	0,049	0,771

### 2.3.2. İlkbahar Ayları

Kış aylarına benzer şekilde, ilkbahar ayları için de TBA temel aşamaları uygun bulunmuş ve bileşen sayısı 5 ile sınırlanmıştır.

Beş bileşen ve her bir değişkenin bileşenler altındaki ağırlıkları (değişkenler ve bileşenler arasındaki korelasyon katsayısı) Çizelge 4'de verilmiştir.

**Çizelge 4. İlkbahar ayları için döndürülmüş bileşen matrisi**

	Bileşenler				
	1	2	3	4	5
Top. Sertlik	0,966	0,074	0,056	- 0,041	0,002
Geçici Sertlik	0,960	0,046	- 0,173	0,027	- 0,077
Magnezyum Sertliği	0,871	0,155	0,073	- 0,154	- 0,089
İletkenlik	0,816	0,046	0,119	0,386	0,124
Kalsiyum Sertliği	0,790	- 0,127	- 0,005	0,205	0,158
Top. Alkalinite	0,763	0,089	- 0,133	0,036	- 0,137
Top. Çöz. Madde	0,663	0,078	0,103	0,379	0,245
Bulanıklık	- 0,072	0,949	0,079	0,010	0,042
AKM	- 0,009	0,863	- 0,130	- 0,039	0,065
Top. Demir	0,232	0,762	- 0,264	- 0,027	- 0,024
BOİ	- 0,063	0,719	0,292	- 0,114	0,005
Top. Mangan	0,239	0,618	0,061	0,354	- 0,081
pH	0,286	0,568	0,296	- 0,321	0,352
Organik Madde	- 0,084	0,521	- 0,065	- 0,356	0,225
Sülfat	- 0,052	0,077	0,906	0,099	0,198
Kalıcı Sertlik	- 0,272	0,080	0,840	- 0,245	0,294
Nitrat	0,334	- 0,198	0,637	0,143	- 0,297
Potasyum	0,372	- 0,088	- 0,045	0,721	0,141
Sodyum	0,503	- 0,079	- 0,326	0,695	- 0,006
Silisyum Dioksit	0,448	0,056	- 0,224	- 0,679	0,002
Klorür	0,053	- 0,049	0,209	0,200	0,746
Amonyum	0,071	0,082	- 0,036	- 0,035	0,714
Sıcaklık	- 0,292	- 0,467	- 0,383	0,115	- 0,576



Çizelge 4'e göre;

Birinci bileşen; yedi değişkeni kapsamaktadır. Bunlar; Top. Sertlik, Geçici Sertlik, Magnezyum Sertliği, İletkenlik, Kalsiyum Sertliği, Top. Alkalinite, Top. Çöz. Madde değişkenleridir. Bu bileşenin 6,007 öz değere ve % 26,119'lık bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. İkinci bileşen; yedi değişkeni kapsamaktadır. Bulanıklık, AKM, Top. Demir, BOİ, Top. Mangan, pH, Organik Madde alt başlıklarından oluşmaktadır. Bu bileşenin Öz değerinin 4,077 ve % 17,726'lık bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü bileşen; Sülfat, Kalıcı Sertlik, Nitrat alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 2,637 ve % 11,466 bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. Dördüncü bileşen; Potasyum, Sodyum, Silisyum Dioksit (diğer değişkenlere zıt etkili) değişkenleri alt başlıklarından oluşmaktadır. Öz değeri 2,340 ve % 10,174'lük bir varyansa sahiptir. Beşinci bileşen; Klorür, Amonyum, Sıcaklık (diğer değişkenlere zıt etkili) alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 1,953 ve % 8,490'luk bir varyansa sahiptir. Bu beş faktör toplam varyansın % 73,976'sını açıklamaktadır. Dik döndürme yöntemi ile elde edilen bu dağılımın değişkenlerin dağılımı açısından diğer yöntemlere göre daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

### 2.3.3. Yaz Ayları

İlkbahar aylarına benzer şekilde, ilkbahar ayları için de TBA temel aşamaları uygun bulunmuş ve bileşen sayısı 5 ile sınırlanmıştır.

Beş bileşen ve her bir değişkenin bileşenler altındaki ağırlıkları Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5. Yaz ayları için döndürülmüş bileşen matrisi**

	Bileşenler				
	1	2	3	4	5
Top. Sertlik	0,952	-0,100	-0,026	-0,043	-0,028
Top. Alkalinite	0,929	0,030	-0,043	-0,009	0,292
İletkenlik	0,929	0,068	-0,061	0,084	-0,023
Geçici Sertlik	0,927	0,027	-0,043	-0,010	0,292
Top. Çöz. Madde	0,921	0,055	-0,065	0,085	-0,003
Magnezyum Sertliği	0,766	0,371	0,117	0,098	-0,095
Sıcaklık	-0,054	0,863	-0,043	0,186	0,238
Silisyum Dioksit	0,318	-0,774	-0,009	-0,028	0,338
Sodyum	0,443	0,696	0,236	0,047	0,316
Potasyum	0,354	0,676	0,074	-0,039	0,132
Klorür	0,244	0,618	0,155	-0,009	-0,260
Nitrat	0,197	-0,512	-0,096	-0,226	-0,457
pH	0,034	0,208	0,937	0,033	-0,015
Serbest Karbondioksit	0,077	-0,156	-0,922	-2,14E-005	0,090
Çöz. Oksijen	-0,052	-0,106	0,892	-0,120	0,044
Top. Mangan	0,045	0,008	-0,114	0,920	0,004
Top. Demir	0,071	-0,110	-0,095	0,819	0,196
Bulanıklık	-0,077	0,240	0,458	0,709	0,030
AKM	0,105	0,314	0,400	0,699	0,287
Amonyum	0,050	0,114	-0,324	0,698	-0,339
Sülfat	-0,099	-0,069	0,261	-0,058	-0,837
BOİ	0,321	-0,007	0,250	0,034	0,537

Çizelge 5'e göre;



Birinci bileşen; altı değişkeni kapsamaktadır. Bunlar; Top. Sertlik, Top. Alkalinite İletkenlik, Geçici Sertlik, Top. Çöz. Madde, Magnezyum Sertliği değişkenleridir. Bu bileşenin 5,600 öz değere ve % 25,453'lük bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. İkinci bileşen; altı değişkeni kapsamaktadır. Sıcaklık, Nitrat, Sodyum, Potasyum, Klorür, Silisyum Dioksit alt başlıklarından oluşmaktadır. Öz değeri 3,352 ve % 15,236 bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü bileşen; pH, Çöz. Oksijen, Serbest Karbondioksit (diğer değişkenlere zıt etkili) alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 3,274 ve % 14,881 bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. Dördüncü bileşen; Amonyum, Top. Demir, Bulanıklık, AKM, Top. Mangan değişkenleri alt başlıklarından oluşmaktadır. Bu bileşenin öz değeri 3,133 ve % 14,242'lik bir varyansa sahiptir. Beşinci bileşen; BOİ ve Sülfat (diğer değişkenlere zıt etkili) alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 1,980 ve % 9,000'lük bir varyansa sahiptir. Bu beş faktör toplam varyansın % 78,812'sini açıklamaktadır. Dik döndürme yöntemi ile elde edilen bu dağılımın değişkenlerin dağılımı açısından diğer yöntemlere göre daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

### 2.3.4. Sonbahar Ayları

Yaz aylarına benzer şekilde, ilkbahar ayları için de TBA temel aşamaları uygun bulunmuş ve bileşen sayısı 6 ile sınırlanmıştır.

**Çizelge 6. Sonbahar ayları için döndürülmüş bileşen matrisi**

	Bileşenler					
	1	2	3	4	5	6
Top. Alkalinite	0,969	- 0,001	- 0,022	0,097	0,110	0,003
Top. Sertlik	0,948	- 0,018	0,207	0,089	0,107	- 0,014
Geçici Sertlik	0,914	- 0,020	- 0,073	0,099	0,089	0,027
İletkenlik	0,860	0,018	0,326	0,284	0,132	0,029
Top. Çöz. Madde	0,860	0,018	0,326	0,284	0,133	0,029
Kalsiyum Sertliği	0,824	- 0,007	- 0,126	0,144	0,393	0,129
Potasyum	0,804	- 0,040	0,013	0,250	- 0,255	- 0,008
Serbest Karbondioksit	0,717	0,142	0,092	0,477	- 0,179	- 0,050
Magnezyum Sertliği	0,696	- 0,012	0,476	- 0,007	- 0,234	- 0,151
Sodyum	0,674	- 0,025	- 0,134	0,101	- 0,382	0,170
AKM	- 0,018	0,943	- 0,074	0,060	0,039	0,087
Bulanıklık	- 0,006	0,940	- 0,044	0,086	0,033	0,064
Top. Demir	0,020	0,892	- 0,003	- 0,054	0,050	- 0,030
Kalıcı Sertlik	- 0,064	- 0,055	0,938	- 0,043	- 0,009	- 0,042
Sülfat	0,166	0,020	0,882	0,006	- 0,045	0,023
Klorür	0,190	- 0,184	0,648	0,158	- 0,004	0,374
Amonyum	0,192	- 0,062	- 0,039	0,867	0,065	0,010
Top. Mangan	0,504	0,121	0,081	0,761	- 0,046	0,018
Çöz. Oksijen	- 0,404	- 0,176	- 0,073	- 0,585	0,470	0,125
Sıcaklık	- 0,561	0,061	- 0,157	0,020	- 0,734	0,046
Silisyum Dioksit	- 0,022	0,416	- 0,267	- 0,026	0,707	0,113
BOİ	- 0,048	- 0,015	0,191	0,159	0,206	0,768
Organik Madde	0,087	0,170	- 0,075	- 0,215	- 0,136	0,768

Çizelge 6'ya göre;

Birinci bileşen; on değişkeni kapsamaktadır. Bunlar; Top. Alkalinite, Top. Sertlik, Geçici Sertlik, İletkenlik, Top. Çöz. Madde, Kalsiyum Sertliği, Potasyum, Serbest Karbondioksit, Magnezyum Sertliği, Sodyum değişkenleridir. Bu bileşenin 7,778 öz değere ve % 33,819'lük bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. İkinci bileşen; üç değişkeni kapsamaktadır. AKM, Bulanıklık, Top. Demir alt başlıklarından oluşmaktadır. Bileşenin öz değeri 3,515 ve % 14,058 bir varyansa sahip olduğu görülmektedir. Üçüncü bileşen; pH,



Serbest Karbondioksit (diğer değişkenlere zıt etkili), Çöz. Oksijen alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 2,884 ve %12,539 bir varyansa sahip olduğu görülmektedir.

Dördüncü bileşen; Amonyum, Top. Mangan değişkenleri alt başlıklarından oluşmaktadır. Öz değeri 2,296 ve %9,981'lik bir varyansa sahiptir. Beşinci bileşen; Sıcaklık (diğer değişkenlere zıt etkili), Silisyum Dioksit alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 1,854 ve %8,060'lık bir varyansa sahiptir. Altıncı bileşen; BOİ, Organik Madde alt başlıklarından oluşmuştur. Öz değeri 1,439 ve %6,259'luk bir varyansa sahiptir. Bu altı faktör toplam varyansın %82,692'sini açıklamaktadır. Dik döndürme yöntemi ile elde edilen bu dağılımın değişkenlerin dağılımı bakımından diğer yöntemlere göre daha uygun olduğu gözlemlenmiştir.

### 3. Sonuç

Doğancı baraj gölü su kalitesini en iyi temsil eden bileşenleri bulmayı hedefleyen araştırma sonuçları orijinal değişkenlerin birbirleriyle yüksek oranda ilişkili olması nedeniyle olumlu bulunmuştur. Değişkenler arası ilişkiler tespit edilmiş, TBA yöntemiyle bileşen sayısını azaltmak mümkün olmuştur. İndirgenen bileşenlerle su kalitesi izleme çalışmalarına devam etmenin uygun olduğu sonucu ortaya çıkmış olsa da elde edilen sonuçların istatistiksel bir değerlendirme yöntemi sonucu olduğu belirtilmelidir. Mevsimsel analiz sonucuna göre, tüm mevsimlerde su kalitesini açıklayan bazı ortak değişkenlerin ortaya çıkması çalışmanın da etkin yürütüldüğünü göstermektedir. İzleme istasyonlarında 27 parametre arasında 11 parametrenin (T sertlik, B.Sertlik, magnezyum sertliği, iletkenlik, T.alkalinite, TÇK, bulanıklık, AKM,T demir, organik madde, T.mangan) iki bileşende de yer alması nedeniyle öne çıktığı görülmektedir.

Doğancı Barajı su kalitesi iklimsel ve hidrojeolojik değişikliklere göre zamana bağlı farklılık gösterebilecektir. İzleme çalışması yapan kuruluşlardan, DSİ ve BUSKİ başta olmak üzere diğer kurum ve kuruluşların su kalitesi ile ilgili daha kapsamlı araştırma sonuçlarıyla istatistiki bilgileri karşılaştırmaları önem arz etmektedir. Rezervuara giren kirleticilerin büyük bir kısmı akarsular, drenaj ve heyelan yoluyla taşınmasına karşılık atmosferle (azot oksitleri, hidrokarbonlar, endüstri gaz atıkları, vb.) taşınımının da dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Rezervuara akarsularla taşınan çözümlü ve askıdaki katı madde miktarının önemli bir bölümü heyelan ve erozyondan kaynaklandığı gerekçesiyle bölgede arazi kullanımı ve ağaçlandırma konusunda çalışmalar yapılması yararlı olacaktır. Yamaçların doğal dengesini bozmadan drenaj kanalları açarak, geçirimli tabakaların bünyelerine fazla su alması önlenmeli, heyelan ihtimali olan yamaçlarda yol ve kazı çalışmaları dikkatli yapılmalı, yamacın etek kısımlarına istinad duvarları yapılmalıdır. Bu önerilerin yöneticiler tarafından “Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği” uyarınca Havza Koruma Planlarına dahil edilmesi gereği de saptanmıştır. Kirliliğin önlenmesi için yapılacak çalışmalarda indirgenen bu parametrelerden istifade edilebileceği, ayrıca su kalitesinin belirlenmesinde fayda-maliyet analizlerinin esas alınması ve önceden dikkatlice seçilmiş daha az sayıdaki, kritik parametrelerin izleyici kurumlarca değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

### 4. Kaynakça

- [1] Albayrak, A.S., Eroğlu, A., Kayış, A., Kalaycı, Ş., *Faktör Analizi: SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Editör: Kalaycı, Ş., Ankara, 426s., 2008.
- [2] Anonim, 2001, Ammonia İn Drinking Water. Guidelines For Drinking Water Quality, [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/ammonia.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/ammonia.pdf)(12.10.2011).
- [3] Anonim, 2007a, İçme Suyu Yatırımları, BUSKİ, Bursa.
- [4] Anonim, 2007c, Sertlik Giderimi, <http://www.frmt.com/fizik-kimya/768039-ters-ozmozlo-sertlik-giderimi-fizikokimya.html>(24.09.2010).
- [5] Anonim, 2011f, [www.buski.gov.tr](http://www.buski.gov.tr)
- [6] DSİ, Sözlü görüşme, DSİ, Bursa I. Bölge Müdürlüğü, Bursa, (Görüşme tarihi: 20.08.2011).
- [7] Forsberg, C., *Which Policies Can Stop Large Scale Eutrophication*, Water Science and Technology, 37(3), 193-200, 1998.
- [8] Genç, H., *Doğancı Barajı Havza Yönetiminde Rezervuar Matematik Modellemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üni., Çevre Mühendisliği, Bursa, 1998
- [9] Harman, H.H., *Modern Factor Analysis*, The University of Chicago Pres, New York, 1976.
- [10] Kleinbaum, D.G., Kupper, L.L., Muller, K.E. and Nizam, A., *Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods*, Duxbury Press, London, 1998.
- [11] Mardia, K.V., Kent, J.T., and Bibby, J.M., *Multivariate Analysis*, Academic Press, Seventh Edition, London, 1989.
- [12] Mrklas, O., Bentley, L.R., Lunn, S.R.D., “Principal Component Analyses Of Groundwater Chemistry Data During Enhanced Bioremediation” *Water, Air and Soil Pollution*, 169: 395–411, 2006.
- [13] Tatlıdil, H., *Uygulamalı çok Değişkenli İstatistiksel Analiz*, Cem Web Ofset Ltd.Com, Ankara, 187s., 1996.





## ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLIC CONTENT OF PEPINO SLICES DRIED WITH DIFFERENT METHODS

Gülçin Yıldız<sup>1</sup>, Şenel Ecem Berk<sup>2</sup>, Gökçen İzli<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Iğdır University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

<sup>2</sup> Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Food Engineering Department

gokcen.izli@btu.edu.tr, ecem.berk@btu.edu.tr

\* Corresponding Author

### Abstract

In this study, the effects of the convective, microwave and combined microwave-convective drying techniques on the antioxidant capacity and total phenolic content of pepino samples were determined. Experiments using a laboratory microwave-convective oven have been performed with two different microwave powers (90W and 160W) and drying temperatures (50°C and 75°C). The antioxidant capacity and total phenolic content values of the samples obtained from all drying conditions were found to be significantly different ( $p < 0.05$ ). Among the different drying treatments, an increase in total phenolic content values of pepino samples with an increasing microwave power and drying temperature was observed. The closest total phenolic content value to the fresh pepino (619.43±2.38 mg GA/100 g on dry weight) was obtained from the samples dried at 160W-75°C application (595.47±4.09 mg GA/100 g on dry weight). While the highest antioxidant capacity (10.35±0.72 µmol trolox/g of dry weight) was determined in the fresh sample, the lowest antioxidant capacity was observed in convective-dried samples at 50°C (2.75±0.06 µmol trolox/g of dry weight) ( $p < 0.05$ ). All in all, this study concludes that microwave drying shortens the drying time and can improve the final product quality in terms of antioxidant capacity and total phenolic content

**Keywords:** *Pepino, Antioxidant capacity, Total phenolic content*

### 1. Introduction

Pepino fruit (*Solanum muricatum* L.) is an exotic fruit that belongs to *Solanaceae* family. The Pepino fruit is originated in Andean region and today this fruit is cultivated in several countries such as Spain, Italy, France, Netherlands, the United States, Israel, Turkey, Korea and China. Thus, the demand for pepino has significant increased especially throughout Europe. The fruit is low in calories, very rich in minerals such as calcium, phosphorus, and potassium, and contains significant amounts of vitamin C, as well as carotenoids, which give the yellow color to the flesh. The pepino recognized for beneficial attributes for human-health, like anti-inflammatory, anticarcinogenic, and antidiabetic properties. Besides, pepino fruit contains a high percentage of their fresh weight as water (approximately 92%). The pepino can be consumed in different ways as a dessert fruit, and as an ingredient of fruits salads, in juices, or in ice cream [1]. That's the fact that preserving the foodstuff fresh is the most appropriate way in order to pursue its nutrimental value. However, most storage conditions depend on low heat are difficult to manage all through the distribution chain. On the other hand, drying is a proper substitute for post-harvest handling. Fruits, vegetables and their derivate are exposing to the drying process in order to improve storage stability, minimize packaging conditions and lower transport load. More than 20% of the world perishable crops are dried to increase shelf-life and develop food security. It was reported that a drying is a critical process to get rid of water for degradation of microbial spoilage and deterioration reactions to protect bioactive complexes and extend the shelf life [2].

Pepino is a high-moisture food having around 90% moisture and there is no available report about the effectiveness of microwave-convective drying of pepino fruit compared to convective or microwave alone drying. The purpose of the study was to establish the optimum drying condition for pepino fruit based on dried product quality. The important quality characteristics (total phenolic content and antioxidant capacity) of pepino dried at microwave combined with convective drying were investigated and compared with the results of fresh, convective and microwave dried pepino samples.

### 2. Materials and methods

#### 2.1. Raw material

Fresh pepino samples were bought from a local market in Bursa, Turkey (2016) and stored under the refrigeration conditions (4±0.5 °C) prior to drying process. The fruits were arranged by eliminating injured and chosen for uniform size and color. Pepino samples were sliced to pieces 4 ± 0.03 mm thick and diameter of 20 ± 0.04 mm (Nicer Dicer, China). The initial moisture content on a dry basis was found as 8.96 (g water/g dry solid) by oven drying (ED115 Binder, Tuttlingen, Germany) to constant weight at 105 ± 5°C.



## 2.2. Drying process

A laboratory microwave-convective oven (Whirlpool AMW 545, Italy) which operates at ~230 V, 50 Hz and a frequency of 2450 MHz was performed for the drying experiments. The drying experiments were conducted using three different drying methods: convective, microwave and microwave-convective drying. The system was operated in convective mode at an air velocity of  $1 \text{ m s}^{-1}$  with air temperatures of 50 and 75 °C; in microwave mode at output power levels of 90 and 160 W; and in microwave-convective mode at four different combinations of power level and temperature (90 W–50 °C, 90 W–75 °C, 160 W–50 °C, and 160 W–75 °C). Pulsed microwave power mode (30 sec on/30 sec off) was applied. All drying experiments were performed on a rotating glass plate with a 400 mm diameter at the base of the oven, which was 210 x 450 x 420 mm in size. The drying process continued until the moisture content of pepinos fell down 0.10 (g water/g dry solid) moisture content. About 50 g sample were used for each drying experiment.

## 2.3. Preparation of sample extracts

1 g of homogenized fresh and dried pepino samples were added into 4.5 mL of methanol/water blend (80/20 v/v) at 25 °C and shaken at 140 rpm (Biosan OS-20, Latvia) during 2 hours. The supernatant was obtained at the end of centrifuge (10.000 g, 15 min) (Sigma 3K30, UK). By using the same conditions, two extractions were performed with pellet. The supernatant was filtered with a 0.45 µm PTFE membrane filter in order to determine TPC and ATC of the samples. Extraction procedures were performed three times.

## 2.4. Total phenolic content (TPC)

Total phenolic content of the extracts was quantified according to the Folin–Ciocalteu test. The technique includes the degradation of Folin–Ciocalteu indicator (Sigma-Aldrich, Germany) by phenolic ingredients. In shortly, the pepino extract (0.25 mL) was added into 1.25 ml of Folin–Ciocalteu reagent and 15 ml of distilled water on a vortex mixer (WiseMix VM-10, Daihan, Korea). Following the 8 min waiting in the dark, 3.75 mL of 7.5%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  was put into the mixture and the volume was completed up to 25 mL with distilled water. Finally, the absorbance was read at 765 nm with a spectrophotometer (Optizen 3220 UV, Mecasys, Korea) after 2 h incubation time at room temperature and dark medium. Gallic acid (concentration range 5-50 mg/L) calibration curve ( $y=0.1432x - 0.0648$ ,  $R^2=0.9827$ ) was used as a reference standard and the results were described as mg gallic acid equivalents per 100 g (mg GA/100g) on dry weight (d.w).

## 2.5. Antioxidant capacity (ATC)

1,1-diphenyl-2picryl hydrazyl radical (DPPH) was utilized to examine the antioxidant capacity of pepino extracts. 0.1 mL of diluted sample extract was mixed with a 3.9 mL DPPH methanolic solutions (2.5 mM) and vortexed (Wise-Mix VM-10, Daihan, Korea) from 15 to 30 sec, and then incubated in the dark at 25 °C for 30 min. At the end of the time, the absorbance of the solutions was read at 515 nm by using a spectrophotometer (Optizen 3220 UV, Mecasys, Korea). A curve of Trolox was prepared ( $y=1852.7x - 5.3993$ ,  $R^2=0.9879$ ) using various concentrations of standard (0.1-1.0 mM), and µmol of Trolox equivalents per gram dry weight (d.w.) of samples was obtained.

## 2.6. Data analysis

The results were analyzed using JMP (Version 7.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Differences among the mean values were obtained by Fisher's least significant difference (LSD) test at  $\alpha = 0.05$ .

## 3. Results and discussion

The experimental results show that the time required to reduce the moisture content was dependent on the drying method. Drying took longest with microwave drying at 90 W (490 min) and was much faster with microwave-convective drying at 160 W–75 °C (80 min) (Table 1).



**Table 1. Effect of different drying treatments on the drying time of pepino fruit**

Drying method	Drying time (min )
<i>Convective</i>	
50°C	320
75°C	180
<i>Microwave</i>	
90W	490
160W	230
<i>Microwave- Convective</i>	
90W-50°C	210
90W-75°C	130
160W-50°C	110
160W-75°C	80

Total phenols are linked to the color, taste, and nutritional quality of food products, so their existence is a vital biological property. A significant decrease in the TPC was observed in the dried samples. The highest TPC (619.43 mg GA/100 g d.w.) was recorded in the fresh sample while the lowest TPC (317.27 mg GA/100 g d.w.) was observed at 50 °C alone treated samples. Rather than convective and microwave alone drying, the combined microwave convective drying method led to significantly higher total phenolic content (Table 2). The decrease in the TPC of dried pepino samples might be associated with the decomposition of heat liable phenolic compounds. One of the mechanisms related to the decrease of phenolic acids was explained by the induction of thermal deterioration of the phenolic compounds at elevated temperatures. On the other hand, drying process at low temperatures that result in long drying times may support a decrease of TPC [3]. It can be seen clearly; a rise in drying time caused a degradation of phenolic compounds with respect to corresponding drying temperature and/or microwave power. This indicates that the phenolics were more exposed to thermal effect. Moreover, 160W combination drying treatments showed higher TPC compared to 90W combinations in general. It can be said Maillard reaction that can cause new phenolic compounds to form during drying treatments lead to increasing the TPC of 160W combinations.

The changes in antioxidant capacity of dried pepino samples are presented in Table 2. A significant decrease of ATC in all dried samples was observed. The ATC of fresh sample was found as 10.35  $\mu\text{mol Trolox/g d.w.}$ . On the other hand, the antioxidant capacity was observed between 2.75-6.81  $\mu\text{mol Trolox/g d.w.}$  for the dried samples. While the lowest antioxidant capacity was observed for the samples dried at 50 °C (2.75  $\mu\text{mol Trolox/g d.w.}$ ), the highest antioxidant capacity among the dried samples was detected for the samples dried at 160W-75 °C (6.81  $\mu\text{mol Trolox/g d.w.}$ ) and 160W-50 °C (6.34  $\mu\text{mol Trolox/g d.w.}$ ) samples (Table 2). Larrauri et al. [4] also observed the decrease in the ATC of dried red grape fruits. The decrease in antioxidant capacity might be associated to the decreased amount of phenolic compound. In several studies, it was shown that there is a positive relationship between a TPC and ATC in various products such as lime and carrots [5], strawberry, mulberry, plum, apple, apricot [6] and red pepper [7].



**Table 2. Effect of different drying treatments on the total phenolic content and antioxidant capacity of pepino fruit**

Drying method	Total phenolic content (mg GA/100g)	Antioxidant capacity ( $\mu\text{mol Trolox/g}$ )
Fresh	619.43 $\pm$ 2.38 A	10.35 $\pm$ 0.72 A
<i>Convective</i>		
50°C	317.27 $\pm$ 4.30 H	2.75 $\pm$ 0.06 F
75°C	357.96 $\pm$ 2.94 G	3.38 $\pm$ 0.31 E
<i>Microwave</i>		
90W	376.22 $\pm$ 3.89 F	3.34 $\pm$ 0.06 E
160W	413.51 $\pm$ 4.93 D	4.86 $\pm$ 0.18 D
<i>Microwave- Convective</i>		
90W-50°C	369.92 $\pm$ 4.35 F	4.75 $\pm$ 0.24 D
90W-75°C	401.01 $\pm$ 3.87 E	5.72 $\pm$ 0.33 C
160W-50°C	538.59 $\pm$ 4.11 C	6.34 $\pm$ 0.07 B
160W-75°C	595.47 $\pm$ 4.09 B	6.81 $\pm$ 0.09 B

Kanner et al. [8] proposed that the high ATC of fruits could be attributed to the synergistic effects of natural phenolic compounds. In our study, we also witnessed the synergetic effect between total phenolic content and antioxidant capacity. Correlation coefficient between TPC and antioxidant capacity was found to be positive ( $R^2=0.8125$ ). While the dried samples showed both lower TPC and ATC, the fresh pepino samples showed both higher ATC and TPC.

#### 4. Conclusion

In the present study, the effect of microwave, convective and microwave-convective drying treatments on the total phenol content and antioxidant capacity of pepino fruit were investigated. The results verified that the drying time was significantly reduced by combining microwave treatment with conventional drying. A microwave-convective combination treatment of 160W-75°C offered the shortest drying time, at an average of 1 h 20 min; followed by 160W-50°C, 90W-75°C and 90W-50°C. The effects of microwave and combined microwave-convective drying techniques on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pomelo samples were compared. Both TPC and ATC of dried pepino samples at different conditions showed lower values compared to the fresh sample. A positive relationship was observed between the content of total phenols and ATC of pepino samples. In overall, the findings of this study are important in terms of providing a novel method to produce microwave-convective dried pepino fruits with a significantly improved product quality. The results of this study showed that 160W-75°C combination is the optimum drying treatment with regard to drying time and can be used to get a high-quality product with a higher antioxidant capacity, total phenolic content.

#### 5. References

- [1] Rodríguez-Burruezo, A., Prohens, J., & Fita, A. M. (2011). Breeding strategies for improving the performance and fruit quality of the pepino (*Solanum muricatum*): A model for the enhancement of underutilized exotic fruits. *Food Research International*, 44(7), 1927-1935.
- [2] Yildiz, G., & İzli, G. (2019). Influence of microwave and microwave-convective drying on the drying kinetics and quality characteristics of pomelo. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(6), e13812.
- [3] İzli, N., İzli, G., & Taskin, O. (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 64-74.
- [4] Larrauri, J. A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(4), 1390-1393.
- [5] Duh, P. D., Tu, Y. Y., & Yen, G. C. (1999). Antioxidant activity of water extract of HarugJyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 32, 269-277.
- [6] Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M., & Saari, N. (2012). Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plant Research*, 6, 161-167.



- [7] Zhou, L., Cao, Z., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. (2016). Degradation kinetics of total phenolic compounds, capsaicinoids and antioxidant activity in red pepper during hot air and infrared drying process. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 842-853.
- [8] Kanner, J., Frankel, E., Granet, R., German, B. & Kinsella, J. E. (1994). Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 64-69.



## DIETARY SUPPLEMENT: ISSUE OF SAFETY AND EFFECTIVENESS

Gülçin Yıldız<sup>1\*</sup>, Gülşen Bayat<sup>1</sup>, Gökçen İzli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Iğdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com, gulsen.bayat@igdir.edu.tr

<sup>2</sup> Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Food Engineering Department

gokcen.izli@btu.edu.tr

\* Corresponding Author

### Abstract

Some people, due to apparent nutritional demand, take the advantage of using a vitamin and mineral supplement such as:

- women of childbearing age (need more calcium & iron),
- pregnant and/or lactating women,
- kids & teenagers with irregular eating habits,
- seniors,
- vegetarians and/or vegans (might be deficient in key nutrients), and
- people with eating disorders and/or medical conditions (such as deficiency diseases, absorption issues, and lactose intolerance.).

However, many people who use dietary supplements are in a good condition in terms of health and just want to be in better condition. The problem is: does the use of dietary supplement really make people healthier than before?

**Keywords:** Dietary supplement, safety, health, multivitamins, nutrition.

### 1. Introduction

Nowadays, approximately 60 % U.S. adults use dietary supplements, particularly multivitamins [1]. Several people are hoping to become better or recover themselves by using vitamins, minerals and other types of dietary supplements on a daily basis. Some people take multivitaminS or other supplements to guarantee they are having all the daily nutrients they need, while others take specific particular supplements therapeutically since they think these supplements would be helpful to treat health conditions [2]. But do we really need all those supplements?

In a perfect planet, actually nobody need dietary supplements. The balanced diet that we have consist of all the vitamins, minerals and other nutrients what we need. On the other hand, specialists pointed out that supplements are useful for people who have some kind of nutritional deficiency, such as anemia or osteoporosis.

Some people, due to specific nutritional requirements, take the advantage of using a vitamin and mineral supplement such as:

- women of childbearing age (need more minerals such as calcium and iron),
- pregnant and/or lactating women,
- kids and teenagers with irregular eating habits,
- seniors,
- vegetarians and/or vegans (might be deficient in key nutrients), and
- people with eating disorders and/or medical conditions such as deficiency diseases, absorption issues, lactose intolerance [3].

However, many people who use dietary supplements are in a good condition in terms of health and just want to be in better condition. The problem is: does the use of dietary supplement really make people healthier than before? For individuals who have certain vitamin deficiencies or food allergies, they do help, but for the general public health, probably not.

### 2. Literature Review

Firstly, if we look at the definition of dietary supplement as described by Congress in the Dietary Supplement Health and Education Act, which became law in 1994:





A dietary supplement is a product (rather than tobacco) that is intended to supplement the diet; includes one or more dietary ingredients (containing vitamins, minerals, herbs, or other botanicals, amino acids, and other substances) or their constituents; is intended to be taken by mouth as a pill, capsule, tablet, or liquid; and is labeled on the front panel as being a dietary supplement.

A new dietary ingredient is a dietary ingredient that was not sold in the United States in a dietary supplement before October 15, 1994. The U.S. Food and Drug Administration (FDA) requires particular safety info from a manufacturer intending to market a dietary supplement including a new dietary ingredient. This info is not required for older dietary supplement ingredients [4].

There is a confusion between “dietary supplement” and “drug” terms. They are not the same. Even though dietary supplements are regulated by the FDA as foods, they are regulated separately from other foods & drugs. Whether a product is categorized as a dietary supplement, conventional food/drug is depending on its intended usage. Most frequently, categorization of a dietary supplement is regulated by the info provided by the manufacturer on the product label or in accompanying literature, despite the fact that several food and dietary supplement product labels do not contain this piece of info.

The kinds of claims that might be made on the labels of dietary supplements & drugs can show difference.

Drug manufacturers can claim that their product would:

- diagnose,
- cure,
- mitigate,
- treat, and
- prevent a disease.

Such claims might not be made in accordance with the law for dietary supplements.

The label of a dietary supplement or food product can include 1 of 3 kinds of claims:

- The first one is a health claim,
- A second one is a nutrient content claim, and
- A third one is the structure/function claim.

Product labels including such claims have also contain a disclaimer which says: "This statement has not been evaluated by the FDA. This product is not intended in order to diagnose, treat, cure, or prevent any disease" [5].

Another challenging topic is regulation of dietary supplement. Dietary supplement usage isn't regulated as strictly as drugs. For instance, FDA doesn't need any evidence that dietary supplements are safe or efficient before they are sold. But, supplement manufacturers must follow a few do's and don'ts when it comes to labeling and making specific claims on their products.

The label on a dietary supplement bottle might state the supplement addresses:

- a nutrient deficiency,
- supports health, or
- may have an impact on some function or structure of the body -- if these claims are approved by research.

Each type of claim has a certain meaning:

- A nutrient content claim declares the almost accurate amount of the dietary additive in the food.
- Health claims show an interaction between using the dietary substance and altering disease liability, if there is enough proof. These claims are organized or managed by the FDA.
- Structure or function claims explain how the dietary substance can affect the human body. These claims are not determined by the FDA, so it is depending on each supplement manufacturer to be honest and correct with these claims.

Besides the regulating label claims, FDA regulates dietary supplements in different ways. Supplement ingredients sold in the USA before October 15<sup>th</sup>, 1994, are not required to be reviewed by FDA for their safety before they are marketed because they are presumed to be safe depend on their history of use by humans. For a new dietary ingredient (one not sold as a dietary supplement before 1994) the manufacturer must inform FDA of its intent to market a dietary supplement including the new dietary ingredient and provide information on how it determined that reasonable evidence exists for safe human use of the product. FDA may either refuse to allow new ingredients into or remove existing ingredients from the marketplace for safety reasons.

Contrary to drug products, there are no provisions in the law for FDA to "approve" dietary supplements for safety or effectiveness before they get in touch with the consumer. When a dietary supplement is marketed, FDA has to confirm that the food is not safe to limit its usage or take away it from the market. On the other way, before being admitted to market, manufacturers of a drug product have to obtain FDA approval by providing convincing proof that it is both safe and efficient. The label of a dietary supplement



product is required to be correct and not confusing. If the label does not meet this requirement, FDA might remove the food from the marketplace [6].

Most of the dietary supplements are safe if you follow the label instructions accurately, however extreme doses of specific nutrients may have powerful biological impacts on people body. For instance, the fat-soluble such as vitamins A and D might build up to toxic levels in your body when taken in large doses over long periods of time. Large doses of vitamin C can cause diarrhea. Mineral supplements might be dangerous as well. For instance, both selenium and iron supplements may be toxic in large amounts [2].

### 3. Conclusion

All in all;

1. Multivitamin and other dietary supplements would not replace an unhealthy diet.

Focusing on getting adequate amounts of

- fruit & vegetable,
  - low-fat dairy products,
  - whole grains,
  - lean meats,
  - fish,
  - poultry,
  - nuts,
  - seeds, and
  - legumes is important.
2. Some vitamins including:
    - Vit. D,
    - Vit. A, and
    - Vit. B6 may not be good for the health of people if taken in extremely large amounts for extended periods of time [2].

Therefore, people should follow the dosage instruction on the label.

3. Some dietary supplements may interact with medications, so people should warn their doctors about the dietary supplements they are using.
4. Dietary supplements are not required by federal law to be analyzed for safety and effectiveness before they are marketed, hence the amount of scientific evidence available for different supplement ingredients varies widely.

Some additives in dietary supplements have been analyzed in details. For instance, scientists are familiar with the fact that some minerals and vitamins including calcium and vitamin D are essential to keep bones strong and prevent bone loss. Other supplements, for example different herbal products, require much more research in order to discover their value.

Scientists may use different ways to figure out dietary supplements for their potential health advantages and limitations. They can check into thoroughly:

- history of use,
- manage laboratory experiments by cell or tissue cultures, and
- analyses with animals.

Researches on human beings such as:

- individual case reports,
- observational studies, and
- clinical trials provide the most direct evidence of a dietary supplement's impacts on health and patterns of use [6].

### 4. References

- [1] <http://www.cnn.com/2011/HEALTH/04/13/supplements.dietary/index.html>
- [2] [http://nutrition.about.com/od/therapeuticnutrition1/a/supplement\\_safety.htm](http://nutrition.about.com/od/therapeuticnutrition1/a/supplement_safety.htm)



- [3] [http://www.helpguide.org/life/supplements\\_dietary\\_nutritional\\_herbal.htm](http://www.helpguide.org/life/supplements_dietary_nutritional_herbal.htm)
- [4] <http://ods.od.nih.gov/factsheets/dietarysupplements-HealthProfessional>
- [5] <http://www.shapefit.com/supplements.html>
- [6] <http://arthritis.about.com/od/supplement/a/factsupplements.htm>



# INVESTIGATION OF IMMOBILIZATION PROCESS OF SCREEN PRINTED CARBON ELECTRODE FOR AN ADVANCED BIOSENSOR: A DETAILED CHARACTERIZATION

Yucel Koc<sup>1</sup>, Ugur Morali<sup>1</sup>, Salim Erol<sup>1</sup>, Huseyin Avcı<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> *Eskisehir Osmangazi University, Department of Chemical Engineering, Eskisehir, Turkey*

*yckoc@gmail.com, umorali@ogu.edu.tr, esalim@ogu.edu.tr*

<sup>2</sup> *Eskisehir Osmangazi University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Eskisehir, Turkey*

*havci@ogu.edu.tr*

*\*Corresponding Author*

## Abstract

Recently, electrochemical methods are of growing interest. Electrochemical methods used in the development of sensors have many advantages such as high sensitivity, short response time, and low cost. Screen-printed electrodes (SPEs) are one of the electrochemical devices utilized as sensors that are used in a wide range of applications from health to food. In this study, the surface functionalization of commercially available screen-printed carbon electrodes (SPCE) were carried out, and the layers formed on SPCE surface were examined by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and cyclic voltammetry (CV) method. Textural and micro-structural properties of SPCE were investigated by scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray (EDX) spectroscopy. Bonding of a self-assembling monolayer (SAM), an antibody, and an antigen on SPCE were also successfully achieved. After each layer formation, EIS tests were performed using the redox probe potassium ferricyanide ( $K_3Fe(CN)_6$ ) at the both optimum concentration and parameters. The impedance data were presented in the Nyquist curves. The Nyquist plot provides charge transfer resistance ( $R_{ct}$ ) when employed along with the equivalent circuit model. The results showed that the  $R_{ct}$  values increased with the formation of additional layers. The increasing resistance showed a successful achievement of the immobilization process.

**Keywords:** *Biosensor, Screen-Printed Carbon Electrode, Immobilization, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Cyclic Voltammetry*

## 1. Introduction

Screen-printed electrodes (SPEs) are widely used in electrochemical sensor systems owing to the advantageous features including low-cost, ease of use, high reproducibility, and high sensitivity. The presented advantages of SPEs enable these electrodes use in different type of applications such as analytical chemistry, biochemistry, medicine, environmental protection, food safety, and pharmacy. Compared to the conventional electrodes, the SPEs exhibit rapid analysis and reliable results<sup>1</sup>. The SPEs also provide in situ analyses<sup>2</sup>. Therefore, techniques in electrochemical processes. EIS is a non-destructive measurement that can provide beneficial insights into the identification and quantification of electrode characteristics<sup>3</sup>. EIS measurements allow discriminating time constants related to the processes occurring at the electrolyte/electrode interfaces<sup>4</sup>. Cyclic voltammetry analyses provide information for the electrochemical reaction mechanisms between the electrolyte and SPEs. Compared to the conventional CV method, EIS measurements provide more detailed it is of great significance to characterize the features of the SPEs. To determine the characteristic properties of the SPEs, numerous methods have been applied. Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and cyclic voltammetry (CV) are the most widely used information about the electrochemical processes<sup>5</sup>.

In this study, the immobilization of SPCEs was carried out to prepare the SPE-based biosensor. EIS analysis was performed by using potassium ferricyanide to present the steps of stable immobilization onto the SPCEs surface. The changes on the surface of SPCEs were characterized by SEM and EDX.

## 2. Materials and Method

Immobilization and electrochemical experiments were performed on commercial screen printed carbon electrode. Cyclic voltammetry and impedance spectroscopy were used to monitor changes associated with immobilization steps.

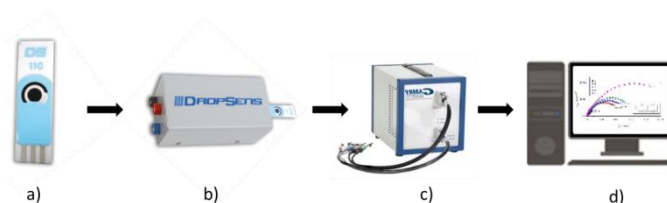
### 2.1. Materials

Commercial 110 AT SPCEs with the electrode surface area of  $0.1256 \text{ cm}^2$  were purchased from Metrohm DropSense. EIS and CV measurements were performed using a Gamry 3000 Potentiostat/Galvanostat/ZRA connected to a desktop computer. The experimental setup for the electrochemical measurements is presented in Figure 1. The external morphology of SPCEs was characterized by a Hitachi Regulus 8230 scanning electron microscope (SEM) at 20 kV. The elemental composition of SPCEs surface was also investigated by using combined SEM-EDX instrument mentioned above.



## 2.2. Methods

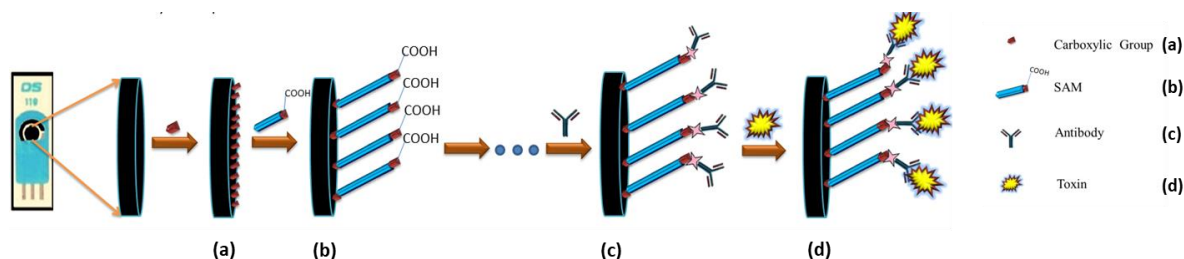
The surface of SPCE is first coated with a self-assembled monolayer (SAM) using 11-mercaptoundecanoic acid (11-MUA), followed by immobilization of streptavidin (SPV) by covalent bonding with 11-MUA through the carbodiimide reaction in an immobilization procedure. The SPCE was rinsed by anhydrous ethanol and 11-mercaptoundecanoic acid (MUA, 10 mM prepared in anhydrous ethanol, Sigma). After one-hour incubation of MUA, it is rinsed with ethanol and Dulbecco's phosphate-buffered saline to remove unbound thiols. Then desired layers were formed on the surface of SPCEs. Then, antibodies were attached to SPV via strong interaction between SPV and biotin. The electrochemical characterization of SPCEs was carried out based on the change of electron transfer kinetics of redox probe potassium ferricyanide ( $5 \text{ mM K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ). CV measurements were performed at a potential range of 0-1.6 V and 100 mV/s scan rate. Impedance measurements were performed at the open circuit potential with the 10 kHz-100 mHz frequency range.



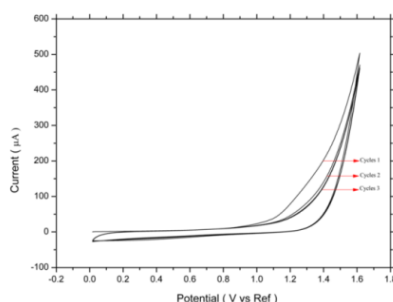
**Fig. 1 Experimental setup; a) screen printed carbon electrode (SPCE), b) SPCE connector, c) Gamry instruments reference 3000 Potentiostat, d) Desktop computer**

## 3. Result and Discussion

The immobilization steps are presented in Figure 2. The surface was activated through the formation of carboxylic groups on the SPCE. The activation of surface was achieved by the CV with the phosphate-buffered saline solution. The cyclic voltammogram is presented in Figure 3. In the second step (Figure 2.b), the surface of SPCE was functionalized by immobilizing a self-assembling monolayer (SAM) from spacers containing thiol groups on one end and carboxyl groups on the other terminal. SAM formation enables the surface to be more stable for the subsequent interactions. After the functionalization step, antibody was attached to the antigen via strong interaction. In the end, the SPCE can attach the toxin onto its surface.



**Fig. 2 Schematic diagram of immobilization of SPCE: (a) surface activation, (b) self assembled monolayer (SAM), (c) antibody, (d) toxin capture**

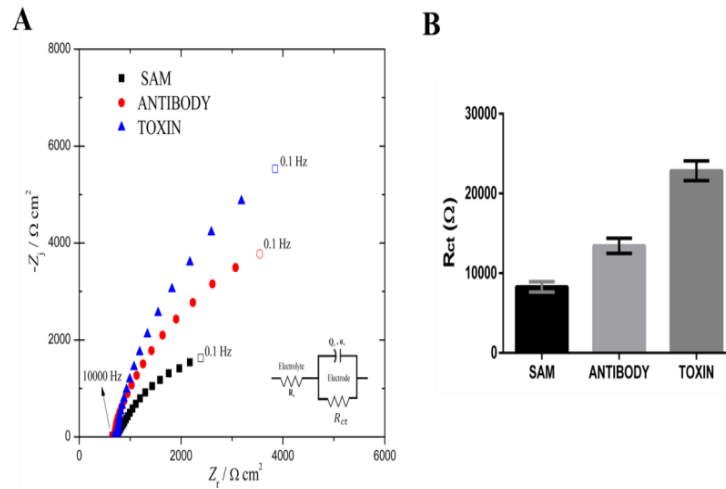


**Fig. 3 Cyclic voltammograms of SPCE recorded in 0-1.6 V potential range and 100 mV/s scan rate, three cycles in acetate buffer solution with pH=4.6**

The impedance response for the immobilization steps including SAM, antibody, and toxin attachment is presented in Figure 4. The impedance data were modeled to capture the physically meaningful circuit parameters. An equivalent circuit was used to reflect the impedance behavior of the immobilization steps. The equivalent circuit consists of three elements.  $R_e$ , CPE, and  $R_{ct}$  parameters represent the ohmic resistance, capacitive behavior, and charge-transfer resistance, respectively. The impedance data could not be described simply by a Randles circuit design since the Nyquist plot is not a perfect semi-circle. The high frequency response was

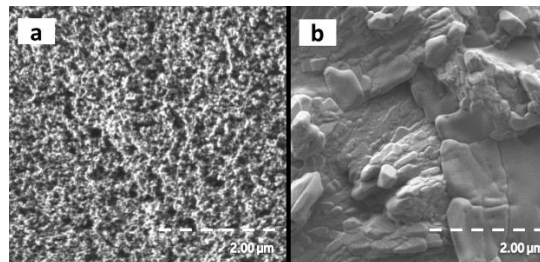


modeled by using a constant-phase element (CPE) with  $\alpha_c$  and  $Q_c$ . The modeling results showed that the charge-transfer resistance increased after each of the immobilization steps. The increase in  $R_{ct}$  demonstrated the formation of layers on the SPCE.



**Fig. 4 Electrochemical impedance spectroscopy analysis for the immobilization steps: (A) Nyquist representation of the impedance responses and the equivalent circuit model used to fit the impedance data; (B) charge transfer resistance values during the immobilization steps**

SEM images of the surface of SPCE are presented in Figure 5. The surface after the immobilization was smoother while the bare electrode surface was rough. Compared with the surface of immobilized SPCE, the surface of bare electrode was more uniform. The SEM images indicated that the additional layer formed on the bare electrode surface after the immobilization. The thicker surface caused the increase in  $R_{ct}$ . EDX analyses showed that the working surface of bare electrode consisted of carbon (96 wt.%), oxygen (3 wt.%) and chlorine (1 wt.%). After the immobilization processes, the elemental composition of the surface was changed. The contents of carbon, nitrogen, oxygen, and chlorine were 70 wt.%, 12 wt.%, 14 wt.%, and 2 wt.%, respectively.



**Fig 5. SEM images of surface of SPCE: (a) bare SPCE before immobilization, (b) after immobilization**

#### 4. Conclusions

This work provides a detailed characterization of the screen-printed carbon electrodes. The applied of cyclic voltammetry in 0-1.6 V potential range formed additional layers on the surface of SPCE. Electrochemical impedance responses were modeled by the developed equivalent circuit model. The charge-transfer resistance values obtained by the equivalent circuit modeling and the subsequent analyses including SEM and EDX demonstrated formation of layers on the surface of SPCE after the immobilization steps. This work provides guidance for the characterization and optimum use of commercially available screen printed electrodes.

**Acknowledgments:** The authors would like to thank Scientific Research Projects Funds (BAP 2018-2065) of Eskisehir Osmangazi University for the support of this study. The authors also thank Genetic Engineering and Biotechnology Institute of TUBITAK Marmara Research Center for their great help.

#### 5. References

- [1] Heba M. Mohamed, Screen-printed disposable electrodes: Pharmaceutical applications and recent developments, Trends in Analytical Chemistry 82 (2016) 1–11
- [2] Meng Li, Da-Wei Li, Guangli Xiu, Yi-Tao Long, Applications of screen-printed electrodes in current environmental analysis, Current Opinion in Electrochemistry 2017, 3 :137–143





- [3] Tokihiko Yokoshima, Daikichi Mukoyama, Kazuhiro Nakazawa, Yuhei Gima, Hidehiko Isawa, Hiroki Nara, Toshiyuki Momma, Tetsuya Osaka, Application of Electrochemical Impedance Spectroscopy to Ferri/Ferrocyanide Redox Couple and Lithium Ion Battery Systems Using a Square Wave as Signal Input, *Electrochimica Acta* 180 (2015) 922–928
- [4] Dominique Koster, Guoqing Du, Alberto Battistel, Fabio La Mantia, Dynamic impedance spectroscopy using dynamic multi-frequency analysis: A theoretical and experimental investigation, *Electrochimica Acta* 246 (2017) 553–563
- [5] Murat Ates, Review study of electrochemical impedance spectroscopy and equivalent electrical circuits of conducting polymers on carbon surfaces, *Progress in Organic Coatings* 71 (2011) 1–10



## EĞİLMEYE ÇALIŞAN BETONARME KİRİŞLERDE CFRP İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİNİN DENEYSEL OLARAK İRDELENMESİ

İbrahim Hakkı Erkan<sup>1\*</sup>, Ceyhun Aksoylu<sup>2</sup>, Salah Alshlash<sup>3</sup>, Musa Hakan Arslan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

iharkan@ktun.edu.tr

caksoylu@ktun.edu.tr

saleh.alshlash6@gmail.com

mharslan@ktun.edu.tr

\*Sorumlu Yazar

### Özet

Günümüzde inşaat sektöründe geleneksel onarım/güçlendirme (O/G) malzemeleri dışındaki malzeme kullanımı gündeme gelmektedir. Bu malzemeler içerisinde çekme dayanımı çelik elemanlara göre 10 ila 14 kat daha fazla olan CFRP malzemeler tercihen ilk sırayı oluşturmaktadır. Bu malzemelerin dayanıklı oluşu ve yapının ağırlığını artırmadan işlevinin etkili olması tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada Konya Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarında boyutları 12.5x25x250 cm olan dikdörtgen kesitli biri referans toplam 4 adet kiriş üretilerek test edilmiştir. Çalışmada ilk olarak referans kiriş göçme konumuna kadar statik yüklemeye tabi tutulmuş ardından geriye kalan 3 kiriş sırasıyla %1, %2 ve %3 deplasman hasar seviyelerine kadar yük ve deplasman yükleme protokolüne göre deney sonlandırılmıştır. Çalışmada ön hasarlı eğilme kirişlerinin CFRP ile O/G'si araştırıldığından kirişlerin eğilme kapasitelerine ulaşabilmeleri için  $\Phi$ 5/10cm etriye seçilmiştir. Ayrıca sünek davranışın deneylerde gözlenmesi amacıyla denge altı donatı oranı 0.0117 olarak seçilmiştir. Deney düzeneğinde eğilme hasarının gözlenmesi için kesme açıklığı/faydalı yükseklik (a/d) oranı 3.11 olarak ayarlanmıştır [1]. Çalışma sonucunda %1, %2 ve %3 hasar seviyelerine sahip kirişlerin O/G'si sonucunda sırasıyla kapasitede %20, %0 (deney hatası) ve %23 artış göstermiştir. Ayrıca yük-deplasman, ve süneklik değerleri karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CFRP Malzeme, Onarım/Güçlendirme, Ön Hasarlı Kiriş, Eğilme Kirişi.

### 1. Giriş

Yapı elemanlarının süneklik, rijitlik, yük taşıma kapasitesi gibi özelliklerini geri kazandırmak adına yapılan işlemlere onarım, kapasitenin daha da artırılması durumuna ise güçlendirme denilmektedir. Yapılması planlanan onarım/güçlendirme (O/G) yöntemi seçilirken dikkat edilmesi gereken önemli noktalardan birisi uygulanacak yöntemin yapı için ne kadar önemli olduğudur. Yurt, okul, hastane, aktif çalışan fabrika gibi yapıların O/G'si çok hızlı şekilde yapılması gerekmekte olduğundan maliyetli ve zor bir güçlendirme yöntemi seçilmemelidir. Bunun için diğer güçlendirme yöntemlerine göre daha hızlı, pratik ve zaman tasarrufu sağlayan karbon fiber (CFRP) uygulamaları seçilmesi muhtemel en etkili yöntemlerin başında gelmektedir. CFRP malzemesi, kirişlerin eğilme kapasitelerinin iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. CFRP ile güçlendirilmiş kirişlerin eğilme performansını görmek için CFRP'nin kullanımının yapıldığı ve farklı sargılama (tam sargı, yarım sargı, şeritler halinde sargı vb.) tekniklerin uygulandığı literatürde çalışmalar mevcuttur [2-15].

Bu çalışmada ön hasarlı betonarme kirişlerin CFRP malzemesi ile O/G'sini incelemek üzere yapılmıştır. Bunun için çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada TDY-2007 yönetmeliğinde belirtilen hasar sınırlarına göre kirişlere ön yükleme yapılmıştır. Bu hasarlar sırasıyla minimum hasar (%1), belirgin hasar (%2) ve ileri hasar (%3) deplasman seviyeleridir. Bunun ardından her bir deplasman hasar seviyesindeki numuneler CFRP malzemesi eğilme bölgesi dâhil yarım sargılı olacak şekilde kiriş boyunca uygulanmıştır. Yapılan çalışma ile CFRP'nin ön hasarlı kirişler üzerindeki etkinliği anlaşılmasına çalışılmıştır.

### 2. Materyal ve Metod

Çalışma kapsamında biri referans toplam 4 adet  $\frac{1}{2}$  ölçekli betonarme eğilme kiriş numunesi üretilmiştir. Kirişlerin üretim aşamaları aşağıda detaylandırılmıştır.

#### 2.1. Eğilme Kiriş Numunelerinin Hazırlanması

Konya Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarında 125x250x2500 mm boyutlarında eğilme kiriş numuneleri hazırlanmıştır. Kalıpların hazırlanması, donatıların yerleştirilmesi ve betonun döküm işlemi laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Etriye kancaları piyasadaki mevcut yapı stoğunu temsil etmesi adına 90° bükülmüştür. Şekil 1'de numunelerin hazırlanış aşamaları gösterilmektedir [16].





**Ahşap kiriş kalıplarının hazırlanması**



**Donatı ve etriye yerleşimi**



**Numunelere beton döküm aşaması**

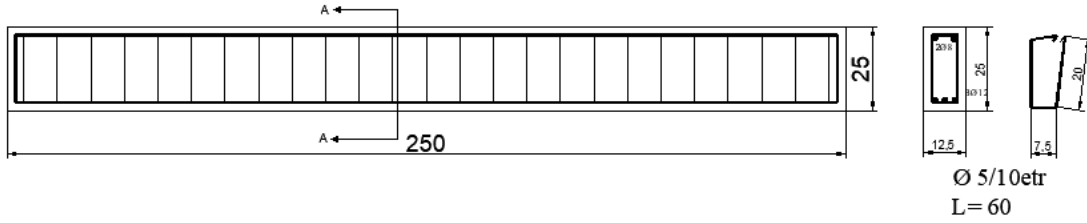




Üretilen betonarme eğilme kirişler

Şekil 1. Hazırlanan kiriş numuneleri

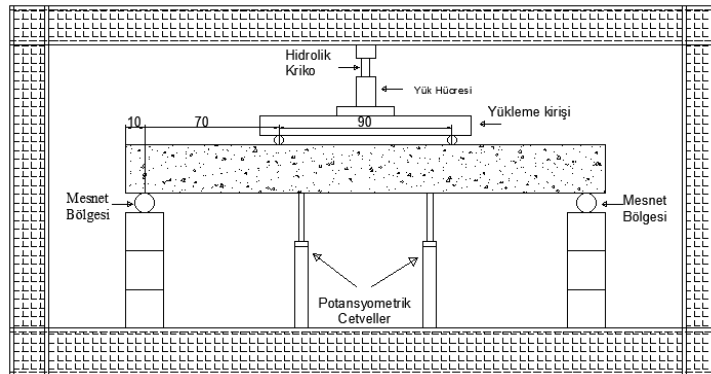
Laboratuvar ortamında kirişlere beton mikseri ile pompasız dökümü gerçekleştirilen hazır betonun silindirik basınç dayanımı 26.35 MPa olarak hesap edilmiştir. Eğilme kirişlerinde çekme donatısı olarak 3Ø12 ve basınç bölgesinde 2Ø8 montaj donatısı B420c donatı sınıfı olarak kullanılmıştır. Kullanılan S220 tipi düz etriye donatıları, 5 mm çapında ve 100 mm aralığında olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2) [17].



Şekil 2. Tipik eğilme kiriş detayı

### 3. Deneysel Çalışma

Hazırlanan betonarme eğilme kirişleri laboratuvar ortamında düşey yükleme düzeneğinde test edilmiştir. Kirişlerde eğilme hasarını oluşturmak amacıyla kesme açıklığı/faydalı yükseklik (a/d) oranı 3.11 olarak seçilirken [18, 19] etriye aralıkları sıklaştırılmıştır. Hasar seviyelerini tespit etmek için referans numune göçme moduna kadar yüklenmiştir. Referans deney numunesinin maksimum yük taşıma kapasitesi ve süneklik için deplasman kontrolleri dikkate alınarak ön hasar verilmesi planlanan kirişlerin deplasman hasar seviyeleri %1 %2 ve %3 olarak seçilmiştir. İlk aşamada ön hasarlı kirişleri oluşturmak için sırasıyla 14 mm, 28 mm ve 40 mm deplasman seviyelerine kadar kirişler yüklenmiştir. Daha sonra bu kirişler CFRP malzemesi ile eğilme bölgesi boyunca sarılarak yeniden teste tabi tutulmuştur. Deney sırasında anlık okumalar 8 kanallı veri okuma sistemi ile yapılmıştır. Ayrıca düşey deplasmanlar düşey cetveller (potansiyometrik cetvel) ile yapılırken yük okumaları yük ölçerler (Loadcell) yardımıyla yapılmıştır. Deney düzeneği Şekil 3'de gösterilmiştir.



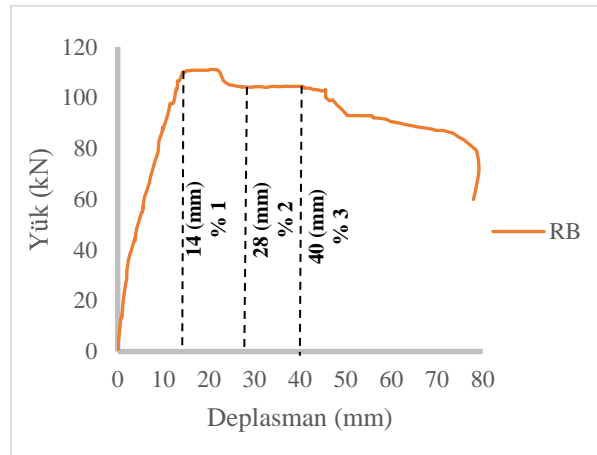


Şekil 3. Yükleme düzeneği

Toplam 3 adet numuneye ait ön hasarlı fotoğraflar ve O/G sonrası göçme modları ve yük-deplasman ilişkileri Şekil 4’de gösterilmiştir. Ayrıca referans numuneye göre rijitlik, süreklilik ve enerji tüketme kapasiteleri Tablo 1’de verilmiştir. Çalışmada referans kiriş BRB (Reference Bending Beam), ön hasarlı kirişler PDB (Pre-Damaged Beams) ve güçlendirilen kirişler BBS (Strengthening Bending Beams) olarak isimlendirilmiştir.



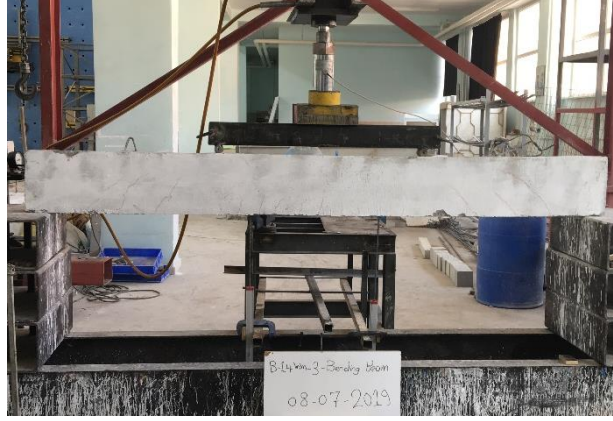
Referans kiriş



Referans kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafiği



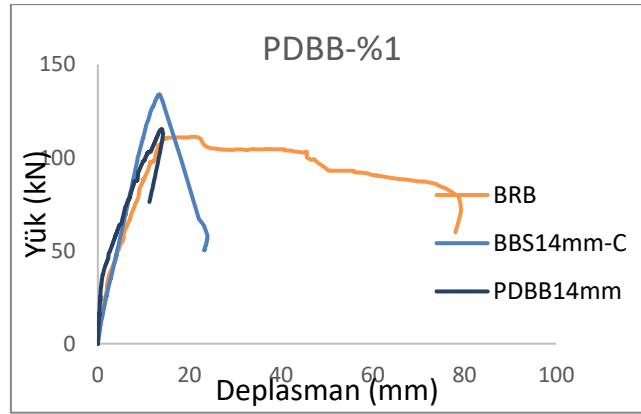




**%1 Hasarlı kiriş (PDB-%1)**

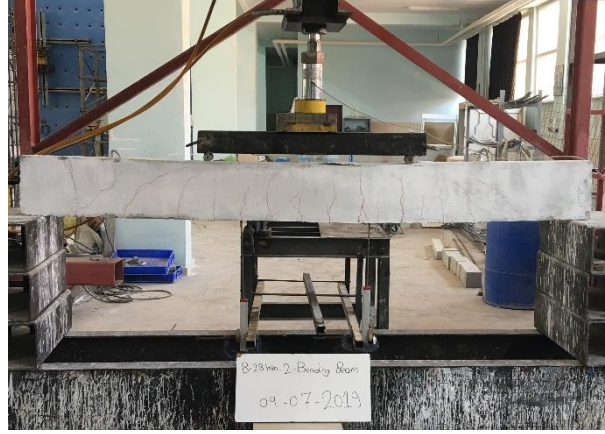


**%1 hasarlı kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu**



**%1 hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri**

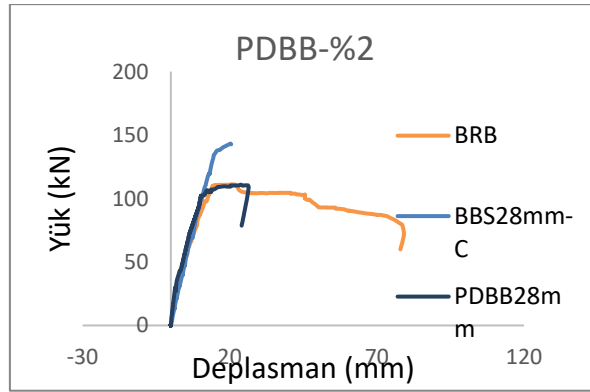




**%2 Hasarlı kiriş (PDB-%2)**

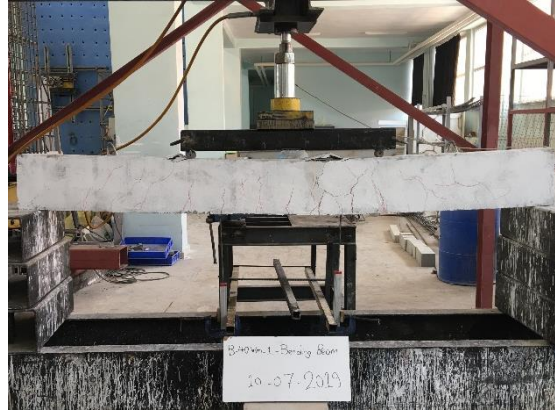


**%2 Hasarlı kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu**



**%2 Hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri**

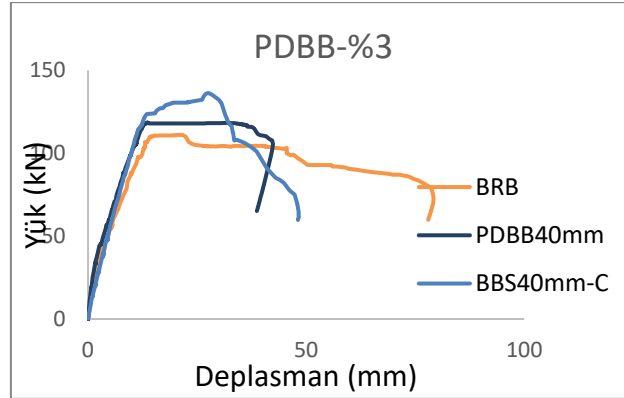




**%3 Hasarlı kiriş (PDB-%3)**



**%3 Hasarlı kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu**



**%3 Hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri**

**Şekil 4. Ön hasarlı kiriş numuneleri ve O/G sonrası halleri**

Ön hasarlı eğilme kirişlerinden %2 hasar seviyesinde olan numunede yükleme esnasında işçilik hatasından dolayı (paspayının fazla bırakılması), yükün 124.25 kN'a ve deplasmanında 20.3 mm değerine ulaştığı anda kırılmıştır. Şekil 4'de gösterildiği üzere kirişin sağ mesnete yakın tarafındaki kiriş ucunda asal çekme gerilmelerinin maksimum olduğu anda beton şiddetli şekilde kesme hasarına uğramıştır. CFRP'nin kirişin alt bölgesinin rijitliğini artırması daha zayıf olan mesnet bölgesinden kırılmasına yol açmıştır. Buradan bir kez daha anlaşılması gereken önemli nokta uygulamada belirtilen paspayına mutlak surette uyulması gerektiğidir. Aksi halde bir bölgenin iyileştirilmeye çalışılması hasarın istenmeyen başka bir yerde oluşumuna yol açabilmektedir.



#### 4. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada eğilme kırışlarının farklı ön hasarlı yüklemeleri ve ardından CFRP ile O/G'leri sonucunda taşıma kapasitesi, süneklik, rijitlik ve enerji tüketme kapasiteleri açısından karşılaştırılmıştır. Aşağıda elde edilen sonuçlar verilmiştir:

1. Ön hasar seviyesi %1, %2 ve %3 olan kırışlerin CFRP ile güçlendirilmesi sonucunda referans kırışe göre sırasıyla %20, %0 (deney hatası) ve %23 değerinde kapasite artışları gözlenmiştir.
2. Ön hasar seviyesi %1, %2 ve %3 olan kırışlerin referans numuneye göre süneklikleri açısından karşılaştırıldığında ilk iki hasar seviyesinde süneklik gözlenmezken, %3 hasar seviyesi için süneklik katsayısı 2.75 olarak hesap edilmiştir.
3. Referans numuneye göre hasar seviyeleri %1, %2 ve %3 olan kırışlerin O/G sonrası tüketilen enerji kapasiteleri karşılaştırıldığında referans numunenin enerji tüketme kapasitesine ulaşmadıklarını göstermektedir.
4. Referans numuneye göre hasar seviyeleri %1, %2 ve %3 olan kırışlerin O/G sonrası başlangıç rijitlik değerleri sırasıyla 1.64 kat, 0 kat (deney hatası) ve 0.65 kat olduğu görülmüştür. Buradan anlaşılan CFRP malzemesinin uygulama aşamasında betona yapışma durumunun oldukça hassas yapılması gerektiğidir. Görüldüğü üzere kayda değer bir artış sağlamamıştır. Bunun için CFRP uygulamasının tam sargılama şeklinde yapılması daha uygun olacaktır.
5. CFRP uygulamasının yük taşıma kapasitesini artırmış olması tek başına yeterli şartları sağlamamaktadır. Bununla birlikte sistemin sünekliğinin ve enerji tüketme kapasitesinin de depremlili durumlar düşünüldüğünde iyileştirilmiş olması gerekir. Yapılan bu çalışmada CFRP ile yapılan O/G sonucunda kırışlerden istenmeyen kesme davranışı sergileyerek kapasitelerine ulaştığı görülmüştür.
6. Yeni yapılacak çalışmalarda CFRP malzemesinin şeritler halinde tam sargı olarak uygulanması eğilme kapasitesinin yanında sistemin enerji tüketme kapasitesi ve sünekliğini artıracak literatürdeki çalışmalar göz önüne alındığında söylenebilir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Doğangün, A., "Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 Ve Deprem Yönetmeliği-2007 Ye Uygun". Birsen yayınevi, 2008.
- [2] Abdalla, H., "Evaluation Of Deflection In Concrete Members Reinforced With Fibre Reinforced Polymer (FRP) Bars," Composite Structures, vol. 56, no. 1, pp. 63-71, 2002.
- [3] Acar, D., "Çelik Levha ve Karbon Kumaşlarla Güçlendirilmiş Betonarme Kırışlerin Davranış ve Dayanımı " Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2014.
- [4] Aksoylu, C. Özkılıç, Y. O. Yazman, Ş. Gemi, L. and Arslan, M. H., "The Numerical Study of The Effects of Steel Reinforcement Ratio to Behavior of Prefabricated Purlins," in 2nd International Congress on Engineering and Architecture (ENAR), Marmaris 2019, pp. 1759-1765.
- [5] Alam, M. A. Al Riyami, K. J. C. and Materials, B., "Shear Strengthening Of Reinforced Concrete Beam Using Natural Fibre Reinforced Polymer Laminates," vol. 162, pp. 683-696, 2018.
- [6] Ali, M. M. Oehlers, D. J. and Park, S.-M., "Comparison Between FRP And Steel Plating Of Reinforced Concrete Beams," Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol. 32, no. 9, pp. 1319-1328, 2001.
- [7] Çetinkaya, N. Kaplan, H. and Şenel, Ş. M., "Betonarme Kırışlerin Lifli Polimer (FRP) Malzemeler Kullanılarak Onarım Ve Güçlendirilmesi," Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 10, no. 3, pp. 291-298, 2011.
- [8] Kim Y. et al., "Shear Strengthening Of Reinforced and Prestressed Concrete Beams Using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Sheets and Anchors," 2012.
- [9] Diagana, A. Li, C. and Delmas, Y., "CRFP Contribution To Shear Capacity Of Strengthened RC Beams," Engineering Structures, vol. 23, no. 10, pp. 1212-1220, 2001.
- [10] Sharif, A. Al-Sulaimani, G. Basunbul, I. Baluch, M. and Ghaleb, B., "Strengthening Of Initially Loaded Reinforced Concrete Beams Using FRP Plates," Structural Journal, vol. 91, no. 2, pp. 160-168, 1994.
- [11] Wu Z. and Yin, J., "Fracturing Behaviors Of FRP-Strengthened Concrete Structures," Engineering Fracture Mechanics, vol. 70, no. 10, pp. 1339-1355, 2003.
- [12] Yazman, Ş. Aksoylu, C. Özkılıç, Y. O. Gemi, L. and Arslan, M. H., "Experimental And Numerical Investigation Of Prefabricated Thinned Ended Purlins With And Without CFRP Composites," in 2nd International Congress on Engineering and Architecture (ENAR), Marmaris, 2019, pp. 575-579.
- [13] Gemi, L. Aksoylu, C. Yazman, Ş. Özkılıç, Y. O. and Arslan, M. H., "Experimental investigation of shear capacity and damage analysis of thinned end prefabricated concrete purlins strengthened by CFRP composite," vol. 229, p. 111399, 2019.
- [14] Alshlash, S. Aksoylu, C. Erkan, İ. H. and Arslan, M. H., "Ön Hasarlı Eğilme Kırışlerinin Çelik Plakalar İle Güçlendirilmesi," in The International Aluminium-Themed Engineering and Natural Sciences Conference in (IATENS'19), Seydişehir/TURKEY, 2019, pp. 767-766.



- [15] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H., "Ön Hasarlı Kesme Kirişlerinin Çelik Plakalar İle Onarımı/Güçlendirilmesi," in The International Aluminium-Themed Engineering and Natural Sciences Conference in (IATENS'19), Seydişehir/TURKEY, 2019, pp. 761-766.
- [16] Alshlash, S., "Betonarme Kirişlerde Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin Deneysel Olarak İrdelenmesi ve Maliyet Analizi," Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2019.
- [17] TS500., "Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları". TÜRK STANDARDI 2000.
- [18] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H., "Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kirişlerin Hasar Seviyelerine Yönelik Deneysel Çalışma," in International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus), İstanbul, 2019, pp. 118-128.
- [19] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H. "Kesme Önlemi Alınmamış Betonarme Kirişlerin Hasar Seviyelerine Uygun Etkin Onarım Yöntemlerinin Deneysel Olarak Araştırılması. ," in International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus), İstanbul, 2019, pp. 129-137.



## ÖN HASARLI KESME KİRİŞLERİNİN CFRP İLE ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

Salah Alshlash<sup>1\*</sup>, Ceyhun Aksoylu<sup>2</sup>, İbrahim Hakkı Erkan<sup>3\*</sup>, Musa Hakan Arslan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

saleh.alshlash6@gmail.com

caksoylu@ktun.edu.tr

iharkan@ktun.edu.tr

mharslan@ktun.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Betonarme kirişlerin kesme dayanımı kesme donatısı olan etriyeler ile sağlanır. Kesme dayanımı yetersiz kiriş elemanların kapasitelerini artırmak için farklı güçlendirme teknikleri uygulanmaktadır. Yapılan güçlendirmeler ilgili kesite dıştan etriye ilavesi şeklinde olup kesiti artırmaya yönelik yapılmaktadır. Ancak bu durumda yapının ağırlığı ve rijitliği değiştiğinden bu yöntem optimum olmayabilir. Bunların dışında yapının mevcut davranışını değiştirmeden dışarıdan sargılama ile uygulanan karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) alternatif olabilmektedir. CFRP şeritlerin uygulanması oldukça kolay, pratik ve betona güçlü bir şekilde yapışmasından dolayı betonarme kirişin doğrusal olmayan davranışının araştırılmasına gerek yoktur. Çünkü CFRP polimerlerin davranışı doğrusaldır ve yüksek birim deformasyon kabiliyetine sahiptir.

Bu çalışmada ön hasarlı kesme kirişlerinin CFRP ile onarım/güçlendirmesi (O/G) araştırılmıştır. Bunun için biri referans toplam 4 adet kesme kirişi üretilmiştir. Boyutları 12.5x25x250 cm olan kesme kirişleri,  $\Phi$ 5/35cm etriye ve %1.17 boyuna donatı oranına sahiptir. Çalışmada ilk olarak referans kiriş göçme moduna kadar yüklenmiştir. Ardından diğer üç kiriş sırasıyla referans kiriş kapasitesinin %50, %65 ve %85 kapasitelerine kadar ön hasara uğratılmıştır. Ön hasarlı kirişler CFRP polimer mazemesi ile 5 cm'lik şeritler halinde yarım sargılı olarak kirişlerin kesme bölgelerine epoksi esaslı yapıştırıcı ile yapıştırılarak O/G'si gerçekleştirilmiştir. %50, %65 ve %85 seviyelerinde hasarlı kirişlerin O/G'si yapıldıktan sonra referans kirişe göre sırasıyla kapasitelerinde %41, %43 ve %46 artış sağlandığı belirlenmiştir. Ayrıca yük-deplasman, ve rijitlik değerleri karşılaştırılarak sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** CFRP Malzeme, Onarım/Güçlendirme, Ön Hasarlı Kiriş, Kesme Kirişi.

### 1. Giriş

Son yıllarda yapı sektöründe onarım/güçlendirme (O/G) işlerinde karbon fiber takviyeli (CFRP) polimerlerin kullanımı gündeme gelmektedir. Hafif, kolay uygulanabilir, yüksek çekme mukavemeti ve çelik levhalar üzerindeki kullanım esnekliği başlıca tercih sebepleri arasında sayılabilir. Özellikle betonarme yapılarda O/G işlemleri için CFRP kullanımının gereksinimi ve etkinliğini araştırmak dünya çapında araştırmacıların ilgisini çekmiştir. CFRP'nin önemli özelliklerinden birisi de uzun ömürlü, çevre koşullarına(korozyon vb.) karşı dirençli ve bakım masraflarının düşük olmasıdır. Tüm yapısal elemanların O/G ihtiyaçları olabilmektedir. Bunun nedeni olarak tasarım ve yapım kusurları, kullanım amacının değişmesi, yapısal elemanların zarar görmesi ve yeni yönetmelik koşullarına uymak sayılabilir. Bu sebeplerden dolayı yapı elemanlarının mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla O/G yöntemleri arasında CFRP kullanılarak önlem alınabilir. CFRP uygulamasında iyi bir aderans sağlamak çok önemlidir. Bunun için CFRP ile beton arasında yapıştırıcı olarak epoksi kullanımı yaygındır. Literatürde CFRP kullanımına yönelik farklı çalışmalar mevcuttur. Bunlardan Arslan ve diğ [1], çalışmalarında biri referans toplam 12 adet betonarme kesme kiriş deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Kesme bölgesinde üç farklı delik çapı oluşturduktan sonra bu bölgeleri CFRP ile güçlendirerek kirişlerin davranışlarının süneklik ve yük taşıma kapasitesi bakımından arttığını belirtmişlerdir. Diğer bir çalışmada Gemi ve diğ [2], inceltmiş uçlu aşık kirişlerin uç bölgelerinin artan düşey yük etkisi ile kesme hasarına uğradığını belirtmişlerdir. Yapmış oldukları biri referans toplam 5 adet güçlendirme neticesinde uç bölgenin iyileştirilmesi amacıyla CFRP kullanımının etkili bir teknik olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca yapılan güçlendirme ile hasarın uç bölgeden uzaklaştığını, sünek davranışın ön plana çıkarak yük taşıma kapasitesindeki artışa dikkat çekmişlerdir. Literatürde CFRP kullanımı ile betonarme yapı elemanlarının iyileştirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur [3-14].

Bu deneysel çalışma ön hasarlı kirişlerin CFRP ile O/G'sini kapsamaktadır. Bunun için toplam 4 adet kesme kirişi üretilmiştir. Bunlardan ilki referans kiriştir. Daha sonraki üç kesme kirişi sırasıyla referans kirişin taşıma gücüne göre %50, %65 ve %85 kapasitesine kadar ön yüklemeye tabi tutulmuştur. Farklı hasar seviyelerine ulaşan kesme kirişleri CFRP şeritlerin yarım sargılı olarak uygulanması ile yeniden test edilmiştir. Daha sonra ön hasarlı kirişlerin CFRP uygulaması sonrası davranış değişimleri değerlendirilmiştir.





## 2. Materyal ve Metod

Deneysel bir çalışma olarak gerçekleştirilen O/G işlemleri Konya Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarında 1/2 ölçekli dikdörtgen kesitli betonarme kesme kirişlerinin hazırlanmasıyla başlamıştır. Üretim detayları aşağıda verilmiştir.

### 2.1. Betonarme Kesme Kiriş Numunelerinin Hazırlanması

Laboratuvar ortamında üretilen kirişler Şekil 1'de görülen 250×25×12,5 cm boyutlarına sahiptir. Kirişlerde kesme hasarını gözlemlemek amacıyla kesme açıklığı/faydalı yükseklik (a/d) oranı 3.11 olarak seçilmiştir [15-17].



Ahşap kiriş kalıplarının hazırlanması



b) Donatı ve etriye yerleşimi



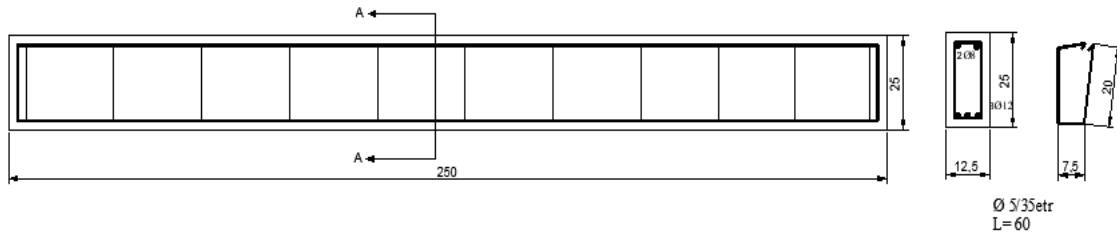
c) Numunelere beton döküm aşaması



d) Üretilen betonarme kesme kirişler

Şekil 1. Hazırlanan kiriş numuneleri

Numunelerde boyuna donatı B420c tipi, çekme donatısı olarak nervürlü 3Ø12 ve montaj donatısı olarak da 2Ø8 kullanılmıştır. Kirişlerde enine sargı olarak etriye donatıları Ø5/35 cm aralıklarla S220 donatı tipi olarak seçilmiştir. Şekil 2'de kesme kirişlerine ait tasarım detayları verilmiştir.



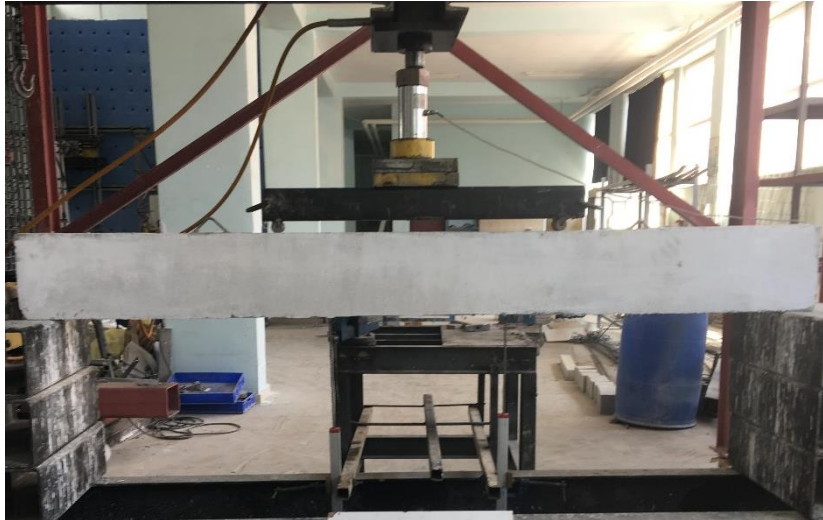
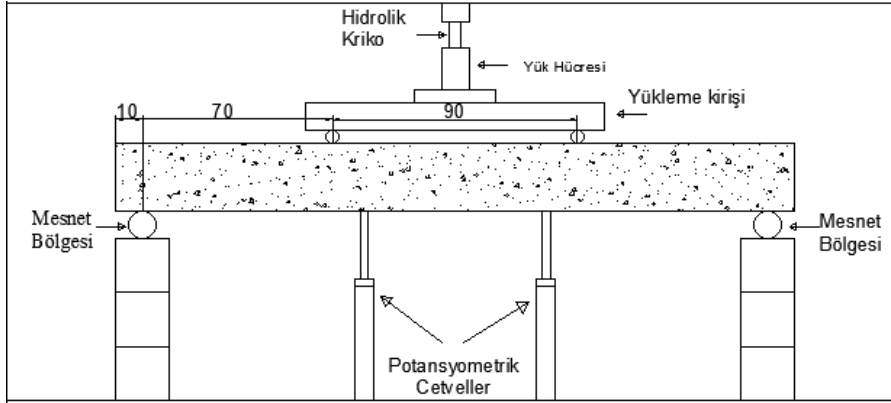
Şekil 2. Tipik eğilme kiriş detayı





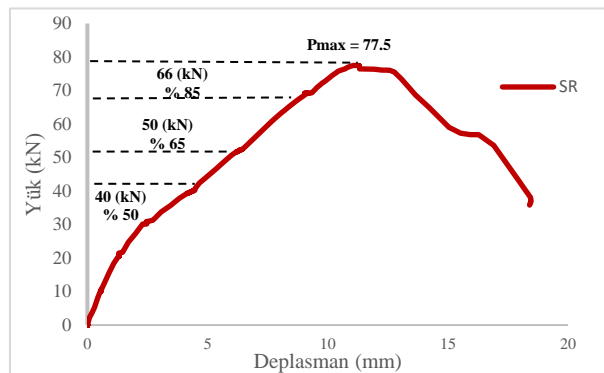
### 3. Deneysel Çalışma

Şekil 3’de de gösterildiği üzere üretilen betonarme kesme kirişleri, laboratuvarında bulunan yükleme düzeneğinde teste tabi tutulmuştur. İlk olarak referans kiriş maksimum yük taşıma kapasitesine kadar yüklenerek göçme mekanizması gözlenmiştir. Referans kirişin yük taşıma kapasitesine göre sırasıyla %50, %65 ve %85 yük seviyeleri için diğer üç kiriş ön yüklemeye tabi tutularak hasara uğratılmıştır. Hasara uğratılan kirişler 5 cm genişliğindeki CFRP şeritler ile O/G işlemine tabi tutulmuştur. O/G’si tamamlanan kirişler ise yeniden göçme moduna kadar düşey yüklemeye tabi tutularak yük-deplasman değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 3. Yükleme düzeneği

Şekil 4’de sırasıyla referans kirişin göçme modu, ön hasarlı kirişler ve CFRP ile O/G’leri yapılmış durumları gösterilmektedir. Çalışmada referans kirişi SRB (Shear Reference Beam), ön hasarlı kirişler PDSB (Pre-Damaged Shear Beam) ve O/G’si yapılmış kirişler ise SB(R/S) (Shear Beam (Repair/Strengthening) olarak tanımlanmıştır.



Referans kiriş





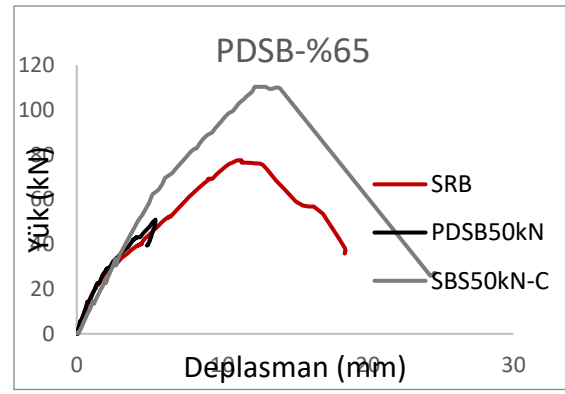
b) %50 Hasarlı kiriş (PDB-%50)



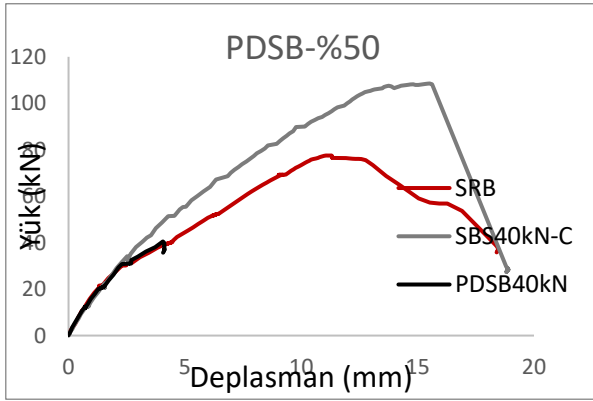
f) (PDSB-%65) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu



c) (PDSB-%50) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu



g) %65 hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri



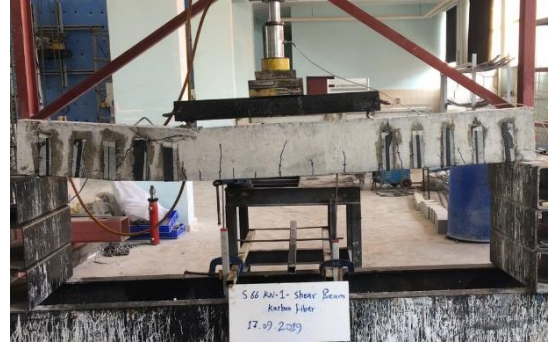
d) %50 hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikler



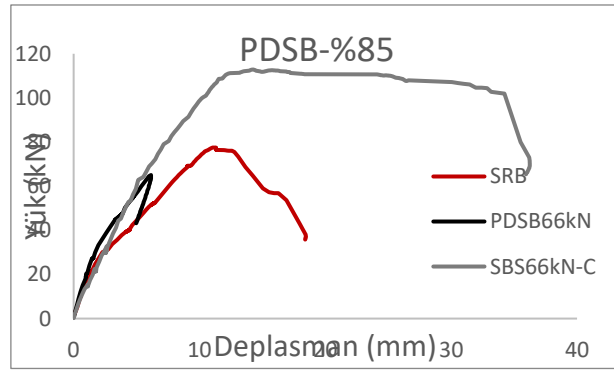
h) %85 Hasarlı kiriş (PDB-%85)



e) %65 Hasarlı kiriş (PDB-%65)



i) (PDSB-%85) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu



j) %85 Hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri

Şekil 4. Ön hasarlı kiriş numuneleri ve O/G sonrası halleri

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada CFRP tekniği ile güçlendirilen kesme kirişlerinin farklı ön hasarlı yüklemeleri sonucunda O/G'leri yapılarak taşıma kapasitesi, süneklik rijitlik, başlangıç rijitliği ve enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. Aşağıda elde edilen sonuçlar verilmiştir. Elde edilen sonuçların bu çalışma kapsamı ile sınırlı olduğu ve sınırlı sayıda elemandan çıkan sonuçları yansıttığı düşünülmelidir.

1. Ön hasar seviyesi %50, %65 ve %85 olan kirişlerin CFRP ile O/G'si sonucunda referans kirişe göre sırasıyla %41, %43 ve %46 değerinde kapasite artışları gözlenmiştir. Dolayısıyla yapılan iyileştirme kapasite artışını da beraberinde getirdiğinden bir güçlendirme uygulamasıdır.
2. Ön hasar seviyesi %50, %65 ve %85 olan kirişlerin referans numuneye göre süneklikleri açısından karşılaştırıldığında ilk iki hasar seviyesinde süneklik gözlenmezken, %85 hasar seviyesindeki kirişlerin O/G'leri sonrası için sünek davranış gözlenmiş olup maksimum deplasman değeri ise 34.23 mm olarak tesbit edilmiştir. Ayrıca süneklik katsayısı 3.46 olarak hesap edilmiştir. Tipik bir eğilme kirişi için süneklik değerinin 4-5 arasında olması uygun iken CFRP uygulamasının kesme hasarlı kirişlerin eğilme kirişlerine doğru davranış değişimini yansıtması yöntemin etkinliğini göstermektedir.
3. Referans numuneye göre hasar seviyeleri %50, %65 ve %85 olan kirişlerin O/G sonrası tüketilen enerji kapasiteleri karşılaştırıldığında, referans numunenin enerji tüketme kapasitesi 976.01 joule olarak hesap edilmiştir. Diğer üç ön hasarlı kirişin O/G'leri sonrası enerji tüketme kapasiteleri referansa göre sırasıyla 1.35 kat, 1.71 kat ve 3.45 kat artış sağladığı görülmüştür.
4. Referans numuneye göre hasar seviyeleri %50, %65 ve %85 olan kirişlerin başlangıç rijitlik değerleri karşılaştırıldığında %65 hasarlı olan numunenin O/G sonrası değerleri %50 azalma gösterirken %50 ve %85 kesme ön hasarlı numunelerde sırasıyla %150 ve %45 artış gözlenmiştir.

Sonuç olarak, CFRP ile O/G yönteminde referans kirişe göre maksimum taşıma kapasitesinde artış olduğu görülmüştür. Bu tekniğin kesme hasarı olan kirişler için düşünülebileceği söylenebilir. Ayrıca kirişlerin süneklik değerlerinin artışında tipik bir eğilme kiriş davranışı gözlenmemiştir. Bu durum CFRP uygulamasının yarım sargılı olarak gerçekleştirilmesine bağlı olduğu söylenebilir. CFRP uygulamasında elyaf matris ara yüzey ayrılması (debonding) ve tabaka ayrılması (delaminasyon) hasarı gözlenmiştir. İleriki çalışmalarda CFRP'nin tam sargılı olması durumuna göre ön hasarlı kirişlerin incelenmesi daha kapsamlı değerlendirme imkânı sunacaktır.





## 5. Kaynakça

- [1] Arslan, M. H. Aksoylu, C. Gemi, L. Yazman, Ş. and Özkılıç, Y. O., "Effect of Circular Holes in Shear Region on the Behavior of CFRP Strengthened RC Beams," in 4th Eurasian Conference on Civil and Environmental Engineering (ECOCEE), İstanbul, 2019, pp. 860-865.
- [2] Gemi, L. Aksoylu, C. Yazman, Ş. Özkılıç, Y. O. and Arslan, M. H., "Experimental investigation of shear capacity and damage analysis of thinned end prefabricated concrete purlins strengthened by CFRP composite," vol. 229, p. 111399, 2019.
- [3] Abdalla, H. Torkey, A. Haggag, H. and Abu-Amira, A., "Design Against Cracking At Openings In Reinforced Concrete Beams Strengthened With Composite Sheets," Composite Structures, vol. 60, no. 2, pp. 197-204, 2003.
- [4] Aksoylu, C. Özkılıç, Y. O. Yazman, Ş. Gemi, L. and Arslan, M. H., "The Numerical Study of The Effects of Steel Reinforcement Ratio to Behavior of Prefabricated Purlins," in 2nd International Congress on Engineering and Architecture (ENAR), Marmaris 2019, pp. 1759-1765.
- [5] Aksoylu, C. Yazman, Ş. Özkılıç, Y. Gemi, L. and Arslan, M. H., "İnceltilmiş Uçlu Betonarme Prefabrik Aşıkların Kesme Kapasitelerinin CFRP uygulaması ile Artırılması," in International Science and Academic Congress (INSAC'19), Konya, 2019, vol. 1, no. 1, pp. 285-291.
- [6] Alam, M. A. Al Riyami, K. J. C. and Materials, B., "Shear Strengthening Of Reinforced Concrete Beam Using Natural Fibre Reinforced Polymer Laminates," vol. 162, pp. 683-696, 2018.
- [7] Alshlash, S., "Betonarme Kirişlerde Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin Deneysel Olarak İrdelenmesi ve Maliyet Analizi," Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2019.
- [8] Aykaç B. and Acar, D., "Betonarme Kirişlerin Diştan Yapıştırılmış Karbon Kumaş Ve Çelik Levhalardan Oluşan Kompozit Malzemeye Güçlendirilmesi," J Journal of the Faculty of Engineering Architecture of Gazi University, vol. 29, no. 1, 2014.
- [9] Çetinkaya, N. Kaplan, H. and Şenel, Ş. M., "Betonarme Kirişlerin Lifli Polimer (FRP) Malzemeler Kullanılarak Onarım Ve Güçlendirilmesi," Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, vol. 10, no. 3, pp. 291-298, 2011.
- [10] Hawileh, R. Abdalla, J. Nawaz, W. Alzeer, A. Muwafi, R. and Faridi, A., "Strengthening reinforced concrete beams in flexure using hardwire steel fiber sheets," in Proceedings of the 7th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2014), International Institute for FRP in Construction (IIFC), 2014, p. 284.
- [11] Kim Y. et al., "Shear Strengthening Of Reinforced and Prestressed Concrete Beams Using Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Sheets and Anchors," 2012.
- [12] Diagana, A. Li, C. and Delmas, Y., "CRFP Contribution To Shear Capacity Of Strengthened RC Beams," Engineering Structures, vol. 23, no. 10, pp. 1212-1220, 2001.
- [13] Sharif, A. Al-Sulaimani, G. Basunbul, I. Baluch, M. and Ghaleb, B., "Strengthening Of Initially Loaded Reinforced Concrete Beams Using FRP Plates," Structural Journal, vol. 91, no. 2, pp. 160-168, 1994.
- [14] Wu Z. and Yin, J., "Fracturing Behaviors Of FRP-Strengthened Concrete Structures," Engineering Fracture Mechanics, vol. 70, no. 10, pp. 1339-1355, 2003.
- [15] Doğangün, A., "Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 Ve Deprem Yönetmeliği-2007 Ye Uygun," Birsen yayınevi, 2008.
- [16] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H., "Eğilme Etkisi Altındaki Betonarme Kirişlerin Hasar Seviyelerine Yönelik Deneysel Çalışma," in International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus), İstanbul, 2019, pp. 118-128.
- [17] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H., "Kesme Önlemi Alınmamış Betonarme Kirişlerin Hasar Seviyelerine Uygun Etkin Onarım Yöntemlerinin Deneysel Olarak Araştırılması. ," in International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus), İstanbul, 2019, pp. 129-137.



## KESME KAPASİTESİ YETERSİZ ÖN HASARLI BETONARME KİRİŞLERİN “DİKİŞ DEMİRLERİ” İLE ONARIM/ GÜÇLENDİRİLMESİ

Salah Alshlash<sup>1</sup>, Ceyhun Aksoylu<sup>2</sup>, İbrahim Hakkı Erkan<sup>3</sup>, Musa Hakan Arslan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

saleh.alshlash6@gmail.com

caksoylu@ktun.edu.tr

iharkan@ktun.edu.tr

mharslan@ktun.edu.tr

\*Sorumlu Yazar

### Özet

Deprem sırasında bir binanın yaşayabileceği en kötü tecrübe kesme hasarı ile ani güç tükünmesi sonucu yıkılmasıdır. Kesme hasarı kesme kapasitesinin yetersiz olduğu kiriş, kolon ve perdelerde deprem sırasında ortaya çıkmaktadır. Türkiye’de kesme kapasitesi yetersiz kirişlerin bulunduğu çok sayıda betonarme bina mevcuttur. Bu binaların incelenmesi durumunda kesme donatısı yetersizliğine bağlı olarak kesme bölgelerinde tipik eğik kesme çatlaklarının olduğu görülmektedir. Kesme kapasitesi yetersiz kirişlerin güçlendirilmesine yönelik literatürde önerilen farklı yöntemler mevcuttur. Yapılan çalışmalar uygulamada pratik, etkili ve zaman kazanımı açısından değerlendirildiğinde birçok yöntem uygun olmamaktadır. Ekonomik şartlar, rehabilite edilecek bina sayısının on binlerle ifade edilmesi ve Türkiye’de özellikle nüfusun çok yoğun olduğu bölgelerin depremselliklerinin fazla olmasından dolayı sürekli deprem tehdidi nedeniyle hem ekonomik hem de kolay uygulanabilir bir yöntem ile betonarme elemanların kesme hasarını engellemeye yönelik inovatif çözümlere ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada davranışın daha kolay inceleneceği betonarme kiriş örnekleri üzerinden yeni bir güçlendirme metodu olan “dikiş demirleri” yada “çatlak kilit sistemleri” nin test edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hasara uğratılmış kesme kirişlerinin dikiş demirleriyle çatlak uzamasını engellemeye yönelik bir dizi deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada biri referans toplam dört kesme kiriş numunesi hazırlanmıştır. İlk aşamada referans kiriş güç tükenmesine erişinceye kadar düşey yük altında yüklenmiştir. Ardından diğer üç kiriş, referans numunenin kesme kapasitesinin %50, %65 ve %85 kapasitelerine kadar yüklenerek ön hasarlı duruma getirilmiştir. Ön hasarlı kirişler sırasıyla “dikiş demirleriyle” onarım/güçlendirme’ye tabi tutulmuştur. Numuneler 12.5x25x250 cm boyutlarında olup kesme hasarı oluşması için  $\Phi 5/35$ cm aralıklı seyrek etriye ve 0.0117 oranında boyuna donatıya sahiptir. Dört noktalı yükleme deneyinde kesme açıklığı/faydalı yükseklik oranı yaklaşık 3.1 olarak seçilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda %50, %65 ve %85 ön hasarlı kesme kirişlerinin dikiş demirleri ile onarım/güçlendirilmesi neticesinde referans kirişe göre kesme kapasitelerinde sırasıyla %17, %43 ve %50 oranında artışlar sergilenmiştir. Bu çalışmayla %85 ön hasarlı kirişin dikiş demirleri ile onarım/güçlendirmesi neticesinde kapasitedeki artışın oldukça fazla olması ve kirişin kesme hasarından tipik eğilme hasarına doğru davranış sergilemesi bu yöntemin oldukça pratik ve etkili bir yöntem olarak ilerleyen süreçte uygulamada kullanılabilecek başlıca yöntemler arasında yer alacağını düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dikiş Demirleri, Kilit sistem, Onarım/Güçlendirme, Ön Hasarlı Kiriş, Kesme.

### 1. Giriş

Betonarme yapılar zamanla dış etkilere, yapısal hatalardan veya kullanım değişiminden dolayı dayanım kaybı yaşayabilmektedir. Dayanım kaybı yaşayan elemanları mevcut kapasitelerine ulaştırmak veya daha üst bir kapasiteye çıkarmak için onarım ve güçlendirme uygulamaları yapılmaktadır. Özellikle betonarme kirişlerde istenmeyen kesme hasarının önlenmesi için alınacak önlemler bir hayli önemlidir. Bunun için kesme kapasitesi yetersiz betonarme elemanların güçlendirilmesi için literatürde çeşitli yöntemler önerilmektedir. Önerilen yöntemlerden seçim yapılırken dikkat edilmesi gerekli bazı hususlar vardır. Yapılacak onarım/güçlendirme işinde amaca uygun yöntem en önemli aşamayı oluşturmaktadır. Bu yöntem seçildikten sonra dikkat edilmesi gerekli ikinci adım yöntemin pratik ve uygulanabilir olup olmadığıdır. Son olarak ise yöntemin maliyet ve zaman kazanımı açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda sıradan bir seçim yapmaktan ziyade teknik anlamda düşünülerek karar verilmesi gerekmektedir. Kirişlerin performansları, mekanik özellikleri ve güçlendirme yöntemlerinin maliyeti göz önüne alınarak en uygun onarım/güçlendirme yönteminin seçimi için literatür incelendiğinde farklı çalışmaların olduğu görülmektedir. Ancak burada kirişler üzerinde etkisinin anlamak üzere dikiş demirlerine yönelik çalışmalardan bahsetmek faydalı olacaktır. Dikiş demirleri uygulamada genellikle döşemelerde ve genişlemeye devam eden çatlakları önlemede kullanılmaktadır. Uygulama şekli oluşan çatlakla dik olarak yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Literatürde dikiş demirlerine yönelik çalışma sınırlı sayıdadır. Bunlardan Hamoush ve Ahmad [1] bir adet deneysel kiriş numunesinde kullandıkları U şeklinde dikiş demirlerini analitik olarak doğrulamışlardır. Ayrıca çatlak davranışını kontrol etmek için dikiş yönteminin etkinliğinden bahsetmişlerdir. Contrasto [2], almış olduğu patentli çalışmada betonarme döşemelerde kesme kapasitesini artırmak amacıyla döşeme üzerinde oluşan çatlakları I şekilli dikişlerle onarmışlardır.



Dikiş demirlerinin incelendiği başka çalışmalar da mevcuttur [3, 4]. Bu çalışmalarının hiç birinde kesme etkisi altında kiriş testleri gerçekleştirilmemiştir. Daha çok ayrılmış iki beton kütlelerin birleştirilmesi üzerine yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Bu deneysel çalışmada [7] literatürdeki diğer konvansiyonel güçlendirme yöntemlerine göre daha pratik, etkili ve düşük maliyetli yeni bir teknik önerilmektedir. Bu teknikle kesme hasarı olan elemanların onarım/güçlendirilmesi daha pratik olacaktır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların olumlu olması ayrıca deprem hasarı görmemiş kesme etkin elemanlarda hasar öncesi alınacak dikiş-kilit demiri tedbiri ile kesme hasarının oluşmamasını sağlayacak bir sistem içinde önemli motivasyon oluşacaktır.

Çalışmada biri referans toplam 4 adet betonarme kiriş üretilmiştir. Referans kiriş numunesi göçme anına kadar statik yüklemeye tabi tutulmuştur. Daha sonra referans numune kapasitesinin %50, %65 ve %85 yük seviyesine kadar kirişlere ön hasar verilmiştir. Ön hasarlı kirişler tarafımızca isimlendirilen “U şeklinde dikiş demirleriyle” epoksi yapıştırıcısı kullanılarak çatlaklara dik gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu U şekilli dikişler Ø5 düz çelik çubuklar yardımıyla uygulanmıştır. Onarım/güçlendirilmesi yapılan kirişler yeniden teste tabi tutularak referans kirişe göre değişimi incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

Güçlendirme amacıyla önerilen “Dikiş demirleri” yada “çatlak kilit sistemleri” çelik çubuklardan yapılmaktadır. Kirişler üzerinde çatlaklar tespit edildikten sonra bu çatlaklara dik olacak şekilde matkap yardımıyla 4 cm derinliğinde delikler açılmıştır. Daha sonra delikler hava ile temizlenmiştir. Bu aşama aderans için oldukça önemlidir. Yerleştirilmesi planlanan 5 mm çapındaki demir çubuklar her iki tarafından 90° eğilerek U şekline getirilmiştir. U şekilli dikiş demirleri epoksi yapıştırıcısıyla açılan deliklere yerleştirilmiştir. Dikiş demirlerin uzunlukları çatlak uzunluklarına göre ayarlanmıştır. Kirişte hasar seviyesi arttıkça kullanılan dikiş demirlerinin sayısı artmıştır. Bu çalışma ön hasarlı kirişlerin önerilen yeni bir teknikle güçlendirilmesini kapsamaktadır. Bunun için Konya Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Laboratuvarında 4 adet betonarme dikdörtgen kesitli, ½ ölçekli kirişler hazırlanmıştır.

### 2.1. Kesme Kirişlerin Hazırlanması

Üretilen betonarme kesme kirişlerin boyutları 12.5×25×250 cm'dir (Şekil 1). Kirişlerde kesme hasarını gözlemek için kesme açıklığı/faydalı yükseklik (a/d) oranı 3.1 olarak seçilmiştir [5, 6].



Ahşap kiriş kalıplarının hazırlanması



b) Donatı ve etriye yerleşimi



c) Numunelere beton döküm aşaması



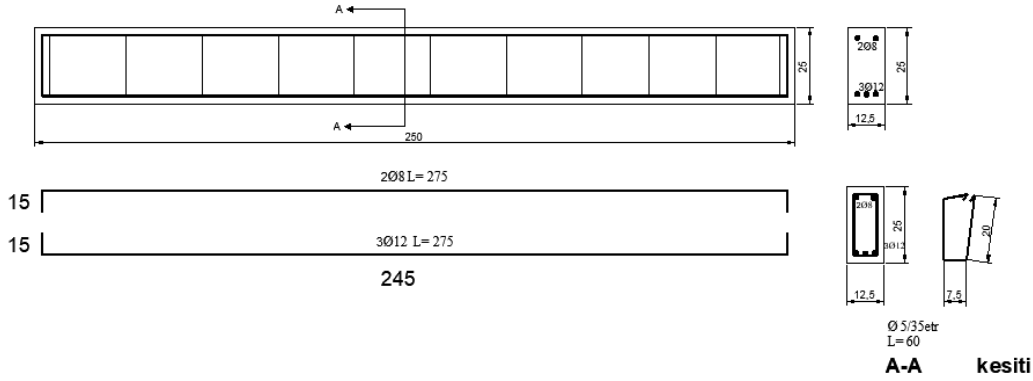
d) Üretilen betonarme kesme kirişler

Şekil 1. Üretilen kiriş numuneleri





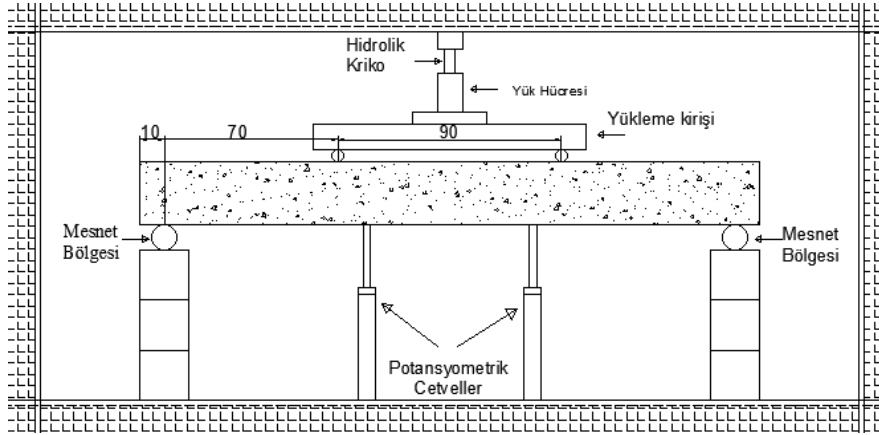
Kiriş numunelerinde boyuna donatı B420c tipi kullanılmıştır. Çekme bölgesinde 3 adet nervürlü Ø12 ve basınç bölgesinde 2 adet nervürlü Ø8 donatı kullanılmıştır. Kirişlerde enine donatılar Ø5/35 cm aralıklarla S220 donatı tipinde kullanılmıştır. Kesme kirişlerin donatı tasarımı ve detayları Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Tipik eğilme kiriş detayı

### 3. Yükleme Düzenegi ve Deneysel Çalışma

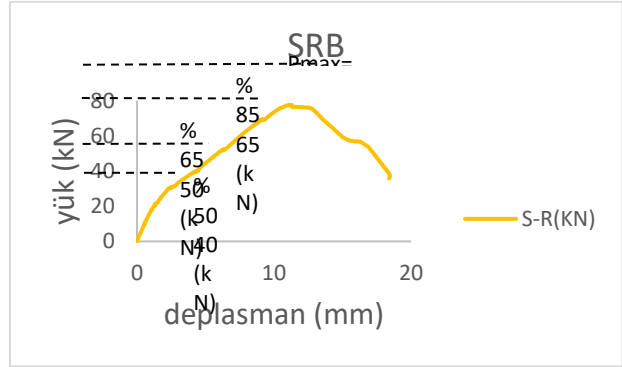
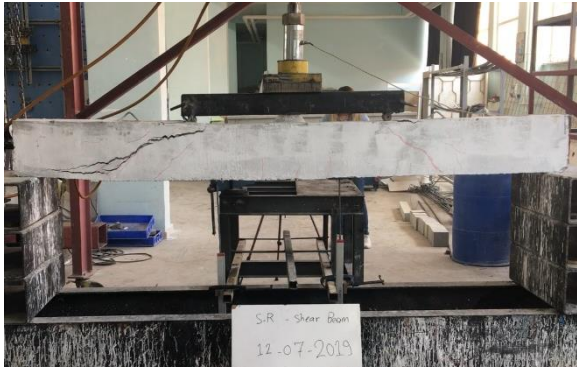
Kesme kirişlerine ait yükleme düzenegi Şekil 3’de gösterilmiştir. İlk olarak referans kiriş maksimum yük taşıma kapasitesine kadar yüklenmiştir. Ön hasar seviyeleri ise referans kirişin yük taşıma kapasitesinden sırasıyla %50, %65 ve %85 ‘e karşılık gelen yükler olarak seçilmiştir. Daha sonra ön hasarlı kirişler dikiş demirleri ile güçlendirilmiştir. Dikişlerin boyutları ve yerleri hasara göre ayarlanmıştır. Yeniden güçlendirilen kirişler düşey yüklemeye tabi tutularak göçme moduna kadar yüklenmiştir.



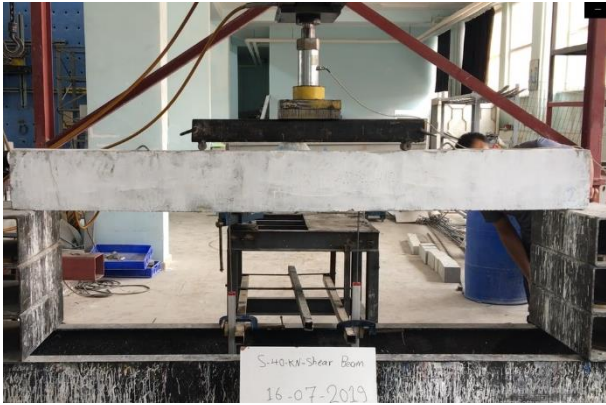
Şekil 3. Yükleme düzenegi



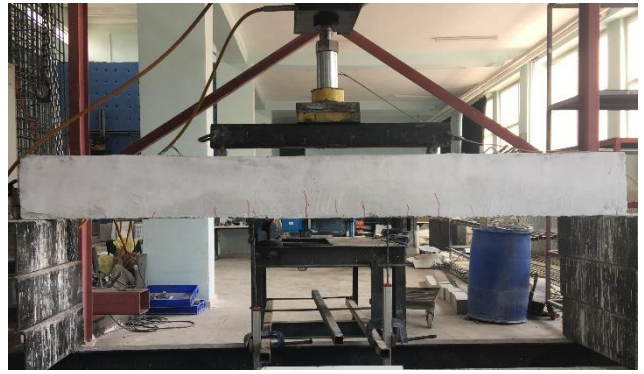
Göçme anındaki fotoğraflar ve ilgili grafikler sırasıyla referans kiriş, ön hasarlı kirişler ve onarımı/güçlendirilmesi yapılan kirişler için Şekil 4’de gösterilmiştir. SRB (Shear Reference Beam) referans kiriş, PDSB (Pre-Damaged Shear Beam) ön hasarlı kirişler ve SB(R/S) (Shear Beam (Repair/Strengthening)) onarım veya güçlendirilen kirişler olarak isimlendirilmiştir.



Referans kiriş



b)%50 Hasarlı kiriş (PDB-%50)

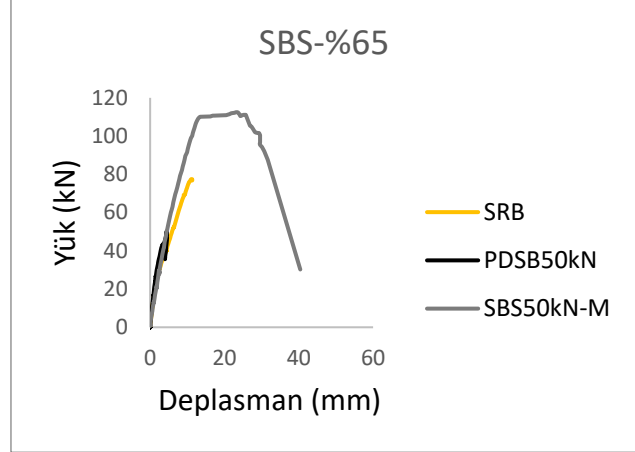
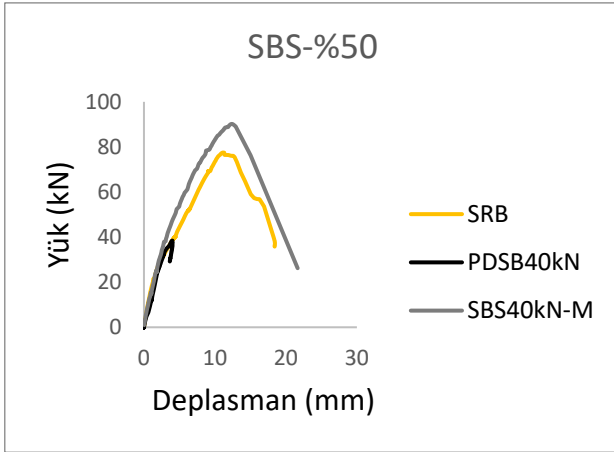


e)%65 Hasarlı kiriş (PDB-%65)



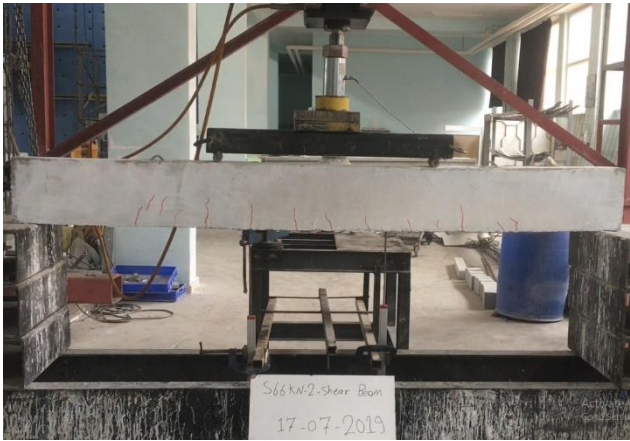
c)(PDSB-%50) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu f)(PDSB-%65) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu





d)%50 hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikler

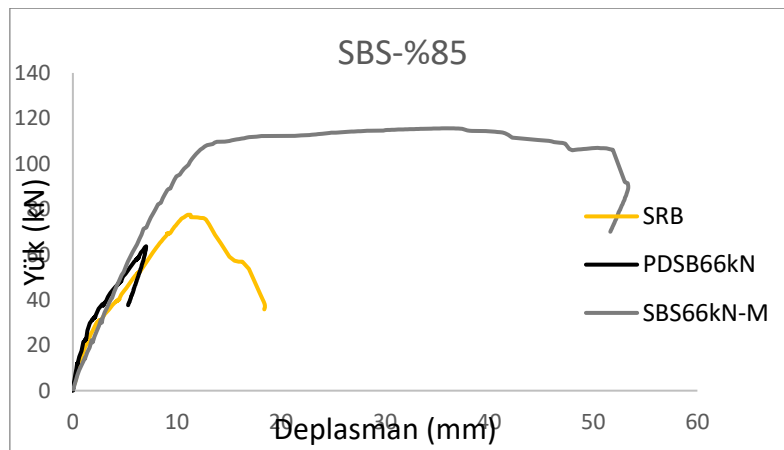
g)%65 hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikler



h)%85 Hasarlı kiriş (PDB-%85)



i) PDSB-%85) Nolu kirişin güçlendirme sonrası göçme durumu



j)%85 Hasarlı kirişin O/G sonrası yük-deplasman grafikleri

Şekil 4. Ön hasarlı kiriş numuneleri ve O/G sonrası halleri

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada yazarlar tarafından ileriki süreçte literatürde bir hayli yaygın kullanılacağını düşündükleri yeni bir güçlendirme tekniği ortaya konulmuştur[7]. Yazarlar tarafından literatüre “dikiş demirleri” yada “çatlak kilit sistemleri” olarak tanımlanan yeni teknik pratik, kolay uygulanabilir ve diğer güçlendirme yöntemlerine göre oldukça uygun maliyeti ile ön plana çıkmaktadır. Yapılan





çalışmada kesme kırışlarına öncelikle %50, %65 ve %85 seviyelerinde hasarlar verilmiştir. Ardından “dikiş demirleri” ile güçlendirilen numunelerin yük taşıma kapasitesi, süneklik rijitlik ve enerji tüketme kapasiteleri referans kırışla karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır:

1. Dikiş demirleri ile onarım/güçlendirmeleri yapılan %50, %65 ve %85 ön hasar seviyesindeki kırışlar yük taşıma kapasiteleri bakımından referans kırışe göre sırasıyla %16, %40 ve %37 değerinde artış sağlamıştır. Dolayısıyla bu yöntem yük taşıma kapasitesine olumlu etki yapan etkili bir yöntemdir.
2. Ön hasar seviyesi %50, %65 ve %85 olan kırışların referans numuneye göre süneklikleri karşılaştırıldığında dikiş sayısı artışına bağlı olarak süneklik değerleri artmaktadır. Bu sayede kesme kırışları tipik eğilme kırış davranışına yönelmektedir. Çalışmada %50 kesme ön hasarlı kırış de sünek davranışı görülmezken, %65 ve %85 ön hasarlı kırışların güçlendirilmesi sonucu sırasıyla süneklik katsayıları 2.83 ve 4.86 olarak elde edilmiştir. Tipik bir eğilme kırışında süneklik katsayısının 4 ile 5 arasında olduğu bilindiğinden ileri hasar seviyesindeki bir kırışın “dikiş demirleri” ile güçlendirilmesinin oldukça etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ön hasarlı kırışların(%50, %65, %85) güçlendirilmesi sonucu göçme yüküne karşılık gelen deplasman değerleri sırasıyla 12.78mm, 26.27mm ve 51.88 mm olarak tespit edilmiştir.
3. Dikiş demirleri ile güçlendirilen %50, %65 ve %85 seviyelerindeki kesme ön hasarlı kırışların enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırıldığında, referans numuneye göre sırasıyla 1.32 kat, 3.42 kat ve 5.5 kat artış sağlandığı görülmüştür.
4. Kırışların başlangıç rijitlik değerleri karşılaştırıldığında hasar seviyeleri %50, %65 ve %85 olan kırışların güçlendirme sonrası referans numuneye göre değişimi hesaplanmıştır. %85 hasarlı numunenin O/G sonrası referans numuneye benzer rijitliğe sahipken, %50 ve %65 ön hasarlı kırışlar sırasıyla 3.5 ve 2.7 kat sahip çıkmıştır.
5. Kesme hasar seviyeleri arttıkça kullanılan dikiş demirleri sayısı da artmaktadır. Dikiş demir sayısının artması kırışın tipik eğilme kırış davranışına yönelmesini sağlamıştır.

Sonuç olarak, yazarlar tarafından “Dikiş demirleri” yada “*çatlak kilit sistemleri*” ile tanımladıkları yeni güçlendirme tekniği ile betonarme ön hasarlı kesme kırışların onarım ve güçlendirmesinde etkileyici sonuçları ile kullanılabilirliğini göstermiştir. Bu yöntemle güçlendirilen kesme kırışları hem göçme yükü bakımından hem de süneklik bakımından etkili bir yöntem olarak göz önüne çıkmaktadır.

## 5. Kaynakça

- [1] Hamoush, S. and Ahmad, S., "Concrete crack repair by stitches," vol. 30, no. 7, pp. 418-423, 1997.
- [2] Contrasto., S., "Concrete internal metal stitching," ed: Google Patents, 1998.
- [3] Kaya, Y., "Yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında kullanılabilir kısmi bağlı ankraj detayı ve yüzey temizliği koşulları altında ankrajların eksenel çekme davranışlarının incelenmesi," Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [4] SANSAK, M. F., "Ankraj çubuklarının çekme davranışlarının deneysel olarak incelenmesi/Experimental investigation of pull out behaviors of anchors bars," 2019.
- [5] Doğançün, A., "Betonarme Yapıların Hesap Ve Tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 Ve Deprem Yönetmeliği-2007 Ye Uygun." Birsen yayınevi, 2008.
- [6] Erkan, İ. H. Aksoylu, C. Alshlash, S. and Arslan, M. H., "Kesme Önlemi Alınmamış Betonarme Kırışların Hasar Seviyelerine Uygun Etkin Onarım Yöntemlerinin Deneysel Olarak Araştırılması. ," in International Conference on Multidisciplinary Sciences (icomus), İstanbul, 2019, pp. 129-137.
- [7] Alshlash, S., "Betonarme Kırışlarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin Deneysel Olarak İrdelenmesi ve Maliyet Analizi," Yüksek Lisans, İnşaat Mühendisliği, Konya Teknik Üniversitesi, Konya, 2019.



## BAKIR-KROM-ZİRKONYUM ALAŞIMLARININ ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ, MEKANİK VE TRİBOLOJİK DAVRANIŞLARI

İlhan Çelik

Samsun Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

ilh.celik@gmail.com, ilhan.celik@samsun.edu.tr

### Özet

Bir makine elemanının tasarımında, yüksek sıcaklıklardaki çalışma koşullarına uygun mekanik özelliklerin yanı sıra elektrik ve ısı iletkenliğinin de yüksek olması gerekebilmektedir. Bu gibi durumlarda; yüksek mukavemet değerleri, iyi yorulma dayanımları, mükemmel elektrik ve ısı iletkenlikleri, yüksek sıcaklıklardaki iyi ısıl kararlılıkları ve korozyona karşı üstün dirençleri nedeniyle bakır-krom-zirkonyum (Cu-Cr-Zr) alaşımları tercih edilen alaşımların başında yer almaktadır. Demiryolu sektöründe temas elemanları, elektrik direnç kaynak elektrotları ve motor parçaları olarak kullanılan Cu-Cr-Zr alaşımları, özellikle son yıllarda kırılma tokluğu değerlerinin iyileştirilmesiyle termonükleer reaktör parçaları dâhil kritik fonksiyonel uygulamalarda da tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada, literatürdeki Cu-Cr-Zr alaşımlarının mekanik, tribolojik ve elektrokimyasal özelliklerinin incelendiği çalışmalar irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Cu-Cr-Zr alaşımları, aşınma, korozyon

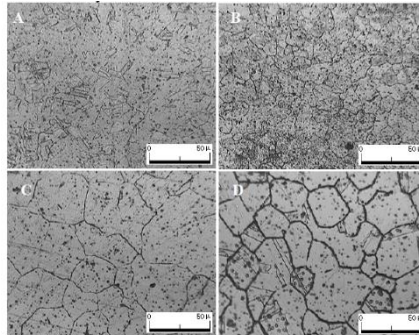
### 1. Giriş

1920'li yılların sonlarında Cu-Zr alaşımlarının ilk başarılı laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmesine karşın, ticari olarak kullanılmaları 1930'lu yılların ortalarında direnç kaynağında elektrot malzemesi ve elektronik uygulamalarda ise destekleyici tel olarak mümkün olmuştur. Cu-Zr alaşımlarının elektrik iletkenlikleri arzu edilen seviyelerde olmasına rağmen oda sıcaklığı gibi düşük sıcaklık değerlerinde yeterli mekanik özelliklere sahip olmaması kullanım alanlarını kısıtlayıcı bir etken olmuştur. Cu-Cr alaşımları ise oda sıcaklığında çok daha iyi mekanik özellikler sergilemişlerdir. Ancak Cu-Cr alaşımlarında yüksek sıcaklıklarda tane büyümesinin engellenememesi en büyük dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu alaşıma Zr ilave edildiğinde, çözünme sıcaklığı düşmekte ve tane büyümesi mekanizması engellendiği tespit edilmiştir. Bu sayede, üçlü Cu-Cr-Zr alaşımı hem elektrik iletkenliği yüksek hem de farklı sıcaklık değerlerinde üstün mekanik özellik sergileyen bir malzeme olarak elde edilmiştir [1].

Cu-Cr-Zr alaşımları; yüksek dayanım, iyi yorulma dayanımı, mükemmel elektriksel ve termal iletkenliği, yüksek sıcaklıklarda iyi termal stabilite, korozyona karşı üstün direnç ve kolay imal edilebilirlik gibi özelliklere sahiptir [2-5]. Bu özellikleri nedeniyle demiryolu bağlantı elemanları, nokta kaynak elektrotları ve termonükleer reaktör parçaları dâhil kritik fonksiyonel uygulamalarda Cu-Cr-Zr alaşımları kullanılmaktadır [6]. Bu alaşımların mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla literatürde çoğunlukla geleneksel yaşlandırma işlemi uygulandığı görülmektedir [7-10]. Ancak özellikle son yıllarda Cu-Cr-Zr alaşımının özelliklerini iyileştirmek için farklı işlemler de uygulanmaktadır [11, 12].

### 2. Yaşlandırma

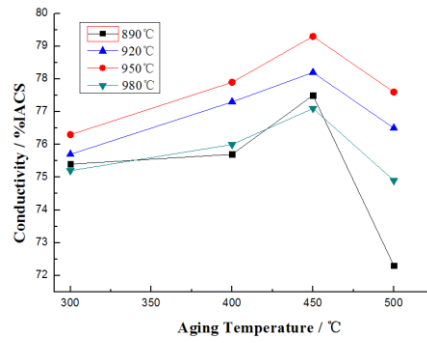
Yongqiang ve arkadaşları [13], Cu-Cr-Zr alaşımının elektrik iletkenliğine ısıl işlemin etkisini inceledikleri çalışmada, su verme işleminden önce numuneleri 890, 920, 950 ve 980 °C sıcaklıklarında 20 dakika boyunca çözündürme işlemine tabi tutmuşlardır. Akabinde numunelere 350, 400, 450 ve 500 °C'de yaşlandırma işlemi uygulamışlardır. Farklı sıcaklıklarda yapılan çözündürme işlemlerinden sonra 450 °C'de 3 saat boyunca yapılan yaşlandırma işlemi sonucunda el edilen içyapılar incelendiğinde (Şekil 1), çözündürme sıcaklığı arttıkça tane büyüklüğünün ve ikinci faz oranının da arttığı görülmektedir.



Şekil 4: (a) 890 °C, (b) 920 °C, (c) 950 °C, (d) 980 °C'de çözündürme işlemi ve sonrasında 450°C'de 3 saat boyunca yaşlandırma işlemi uygulanmış alaşımın mikro yapısı [13]







Şekil 2: Yaşlandırma sıcaklığı ile alaşımın iletkenliği arasındaki ilişki, yaşlandırma süresi 3 saat [13]

Alaşım oluştuğunda alaşımın iletkenliği azalmıştır. Bunun ana sebebi, diğer atomların Cu matrisinde çözünerek, kafesin distorsiyonuna neden olması ve böylece elektron saçılmasına yol açmasıdır. Ek olarak, alaşımın elektrik iletkenliğine alaşımlardaki bileşenlerin elektrokimyasal etkileşiminin (örneğin bant aralığı, elektron bulutunun dağılımı) tesir ettiği tespit edilmiştir (Şekil 2) [13].

### 3. Aşırı Plastik Deformasyon (APD)

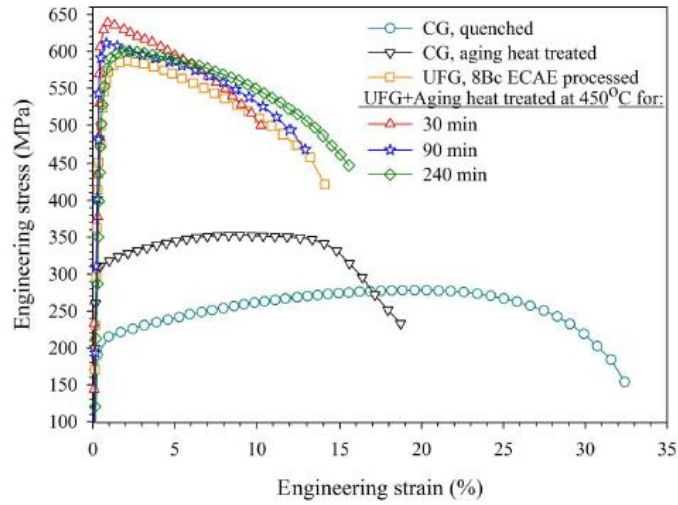
Cu-Cr-Zr alaşımlarının mekanik özelliklerini iyileştirmek için araştırmacılar her ne kadar yaşlandırma işlemine yoğunlaşsa da, farklı tekniklerle de olumlu sonuçlar alan çalışmalar bulunmaktadır [14-16]. Bu bağlamda araştırmacılar, yaşlandırma işlemiyle ve APD yöntemleriyle elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Tablo 1'de yaşlandırma ile APD işlemleri sonucunda elde edilen değerler verilmiştir [17].

Tablo 1: CG ve UFG Cu-Cr-Zr alaşımlarının çekme deneyi sonuçları [17] (σy: akma dayanımı, UTS: çekme dayanımı, εu: üniform uzama, εf: kopma uzaması)

	Yapılan İşlem	Yaşlandırma Sıcaklığı (°C)	Yaşlandırma Süresi (dakika)	σy (MPa)	UTS (MPa)	εu (%)	εf (%)
CG	Su verilmiş	-	-	218	274	22	36
	Yaşlandırılmış	475	300	295	380	9	16
UFG	APD Uygulanmış	-	-	516	572	2	15
	Yaşlandırılmış	450	30	618	627	0.9	9.5
			90	601	611	1	11.1
			240	557	601	1.6	17

Sonuçlar göstermektedir ki sadece APD uygulanması durumunda bile Cu-Cr-Zr alaşımının akma dayanımı, yaşlandırma işleminden sonra elde edilen akma dayanımından yaklaşık %75 daha yüksek değerlere ulaşmıştır. APD işleminden sonra yapılan yaşlandırma işlemiyle dayanım değerlerindeki artış oranı daha da artmıştır. Ancak APD işleminden sonra 240 dakika boyunca yapılan yaşlandırma işlemi neticesinde, daha az sürelerde yapılan yaşlandırma işlemlerine göre daha düşük dayanım değerleri elde edilmiştir. Artan yaşlandırma süresiyle birlikte daha uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan numunelerde yeniden kristalleşme ve tane büyümesi gibi mekanizmaların etkisiyle dayanım değerlerinde düşüş gözlenirken süneklik değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3) [17].

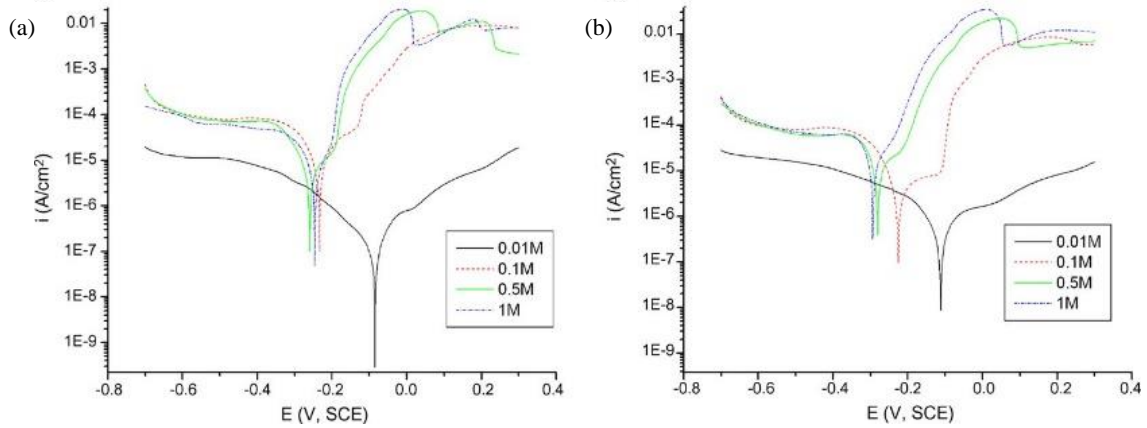




Şekil 3: Mühendislik gerilmesi – mühendislik uzama grafiği [17]

Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da elde edilirken, APD uygulandıktan sonra yapılan yaşlandırma işlemi sonucunda elde edilen akma dayanımı, sadece yaşlandırma uygulanmış numunelerinkine göre yaklaşık 2.5 kat arttığı tespit edilmiştir [11]. Cu-Cr-Zr alaşımının elektrik iletkenliğini azaltmadan dayanım değerlerinin artırılmaya çalışılması büyük önem arz etmektedir. Nitekim 1950’li yılların ortalarında yapılan çalışmalar, saf bakırın elektrik iletkenliğine yakın, %90 oranında elektrik iletkenliğine sahip dayanıklı bakır alaşımları elde etme üzerine yoğunlaşmıştı [1]. APD uygulanarak çok ince taneli yapıya kavuşan Cu-Cr-Zr alaşımlarının elektrik iletkenliği %35 seviyesine kadar düşerken, APD işleminden sonra uygulanan yaşlandırma işlemiyle elektrik iletkenliği seviye 2 kat artarak %70 seviyelerine kadar çıkmaktadır [11].

Elektrokimyasal açıdan incelendiğinde ise alaşımlama yaparken saf bakırın sahip olduğu yüksek korozyon direncinin çok fazla azalmaması arzu edilmektedir. Bakırın dayanım değerlerinin iyileştirilerek daha fazla yapısal uygulamada kullanılabilmesinin önünü açmak için yapılan çalışmalarda, elektrik iletkenliğinin yanı sıra korozyon direnci de incelenmektedir. Saf bakıra Cr ve Zr elementlerinin ilave edilmesiyle hem düşük sıcaklıklarda hem de yüksek sıcaklıklarda dayanıklı bir alaşım elde edilmektedir. Ancak Cr ve Zr elementlerinin sinerjik etkileri nedeniyle korozyon direncinde azalma meydana gelmiştir (Şekil 4). Korozyon direncindeki azalmaya en fazla etkiyi Zr elementi, oluşan Cu<sub>2</sub>O tabakasını bozarak etki yapmaktadır [18].



Şekil 4: NaCl çözeltilerinde malzemelerin potansiyodinamik polarizasyon eğrileri: (a) Cu ve (b) CuCrZr [18]

#### 4. Sonuç

Cu-Cr-Zr alaşımları, bakırın özellikle elektrik iletkenliğinden yararlanılmak istenen uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmiş bir malzemedir. Her ne kadar saf bakıra göre yüksek mukavemetli olsa da çoğu yapısal uygulama için yeterli dayanıma sahip değildir. Elektrik iletkenliğini çok fazla azaltmadan dayanımını artırmak için pek çok araştırma yapılmış ve bunlarda genellikle yaşlandırma üzerine yoğunlaşmıştır. Son yıllarda ise Cu-Cr-Zr alaşımının mikro yapısını mikron altı tane boyutuna indirerek dayanımını artırma çalışmaları yapılmıştır. Mikron altı tane boyutu ile dayanım değerlerinde çok yüksek artışlar sağlanmış ancak elektrik iletkenliğinde de ciddi düşüşler görülmüştür. APD yöntemlerinden sonra yapılan yaşlandırma ile malzemenin dayanım değerlerinde çok fazla



değişiklik olmadan elektrik iletkenliğinde %100 artış sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, Cr ve Zr elementlerinin saf bakıra ilavesiyle oluşan kötü korozyon direncinin ise uygun yüzey mühendisliği teknikleriyle üstesinden gelinebileceği düşünülmektedir.

## 5. Kaynaklar

- [1] P. Eşiz, "CuCrZr alaşımlarının ergitilmesi, dökülmesi ve ısıtma işlem problemlerinin giderilmesi," Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2003.
- [2] N. Liang, J. Liu, S. Lin, Y. Wang, J. T. Wang, Y. Zhao, *et al.*, "A multiscale architected CuCrZr alloy with high strength, electrical conductivity and thermal stability," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 735, pp. 1389-1394, 2018.
- [3] I. Batra, G. Dey, U. Kulkarni, and S. Banerjee, "Microstructure and properties of a Cu–Cr–Zr alloy," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 299, pp. 91-100, 2001.
- [4] I. Sağlam, D. Özyürek, and K. Çetinkaya, "Effect of ageing treatment on wear properties and electrical conductivity of Cu–Cr–Zr alloy," *Bulletin of Materials Science*, vol. 34, pp. 1465-1470, 2011.
- [5] U. Holzwarth and H. Stamm, "The precipitation behaviour of ITER-grade Cu–Cr–Zr alloy after simulating the thermal cycle of hot isostatic pressing," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 279, pp. 31-45, 2000.
- [6] Q. Liu, X. Zhang, Y. Ge, J. Wang, and J.-Z. Cui, "Effect of processing and heat treatment on behavior of Cu–Cr–Zr alloys to railway contact wire," *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 37, pp. 3233-3238, 2006.
- [7] J.-Y. Park, J.-S. Lee, B.-K. Choi, B. G. Hong, and Y. H. Jeong, "Effect of cooling rate on mechanical properties of aged ITER-grade CuCrZr," *Fusion Engineering and Design*, vol. 83, pp. 1503-1507, 2008.
- [8] A. Ivanov, A. Nikolaev, G. Kalinin, and M. Rodin, "Effect of heat treatments on the properties of CuCrZr alloys," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 307, pp. 673-676, 2002.
- [9] G. Kalinin, A. Ivanov, A. Obushev, B. Rodchenkov, M. Rodin, and Y. Strebkov, "Ageing effect on the properties of CuCrZr alloy used for the ITER HNF components," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 367, pp. 920-924, 2007.
- [10] M. Merola, A. Orsini, E. Visca, S. Libera, L. Moreschi, S. Storai, *et al.*, "Influence of the manufacturing heat cycles on the CuCrZr properties," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 307, pp. 677-680, 2002.
- [11] G. Purcek, H. Yanar, O. Saray, I. Karaman, and H. Maier, "Effect of precipitation on mechanical and wear properties of ultrafine-grained Cu–Cr–Zr alloy," *Wear*, vol. 311, pp. 149-158, 2014.
- [12] H. Li, S. Xie, X. Mi, P. Wu, and Y. Li, "Texture of deformed Cu–Cr–Zr alloys," *Journal of University of Science and Technology Beijing, Mineral, Metallurgy, Material*, vol. 15, pp. 434-439, 2008.
- [13] Q. Yongqiangdd, W. Yucheng, H. Xinmin, W. Yan, C. Jiewu, H. Yu, *et al.*, "Effect of Heat Treatment on Conductivity of Cu-1.0 Cr-0.12 Zr Alloy," *Advanced Materials Research*, 2014.
- [14] A. Vinogradov, V. Patlan, Y. Suzuki, K. Kitagawa, and V. Kopylov, "Structure and properties of ultra-fine grain Cu–Cr–Zr alloy produced by equal-channel angular pressing," *Acta materialia*, vol. 50, pp. 1639-1651, 2002.
- [15] K. V. León, M. Munoz-Morris, and D. Morris, "Optimisation of strength and ductility of Cu–Cr–Zr by combining severe plastic deformation and precipitation," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 536, pp. 181-189, 2012.
- [16] R. Mishnev, I. Shakhova, A. Belyakov, and R. Kaibyshev, "Deformation microstructures, strengthening mechanisms, and electrical conductivity in a Cu–Cr–Zr alloy," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 629, pp. 29-40, 2015.
- [17] O. Saray, "Biaxial deformation behavior and formability of precipitation hardened ultra-fine grained (UFG) Cu–Cr–Zr alloy," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 656, pp. 120-129, 2016.
- [18] Y. Zhang, J. Zi, M. Zheng, and J. Zhu, "Corrosion behavior of copper with minor alloying addition in chloride solution," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 462, pp. 240-243, 2008.



## FARKLI YÜZEY MODİFİKASYON YÖNTEMLERİNİN Tİ-6AL-4V ALAŞIMININ MEKANİK VE TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

İlhan Çelik

Samsun Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

ilh.celik@gmail.com, ilhan.celik@samsun.edu.tr

### Özet

Saf titanyum hafifliğinin yanı sıra yeterli korozyon direncine sahip bir metaldir. Ayrıca biyouyumluluğunun bulunması medikal sektörde sıklıkla kullanılmasını sağlamaktadır. Saf titanyumun sahip olduğu dayanım değerleri birçok uygulama için (örneğin dental uygulamalar) yeterli iken yüksek dayanım istenen uygulamalarda yetersiz kalmaktadır. Nispeten hafif olması ve korozyona karşı direncinin de yüksek olması nedeniyle kullanım alanlarını genişletmek için alaşımlama tekniği kullanılarak Ti-6Al-4V alaşımı geliştirilmiştir. Özellikle havacılık sektöründe kullanılmak üzere tasarlanan Ti-6Al-4V alaşımı, sahip olduğu biyouyumluluk nedeniyle günümüzde medikal sektöründe de yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Ti-6Al-4V alaşımının mukavemet değerleri yüksek olsa da aşınma direnci yeterli seviyelerde olmamaktadır. Bu sorunu çözebilmek adına farklı yüzey işlemleriyle pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, özellikle son yıllarda literatürde Ti-6Al-4V alaşımına uygulanmış yüzey modifikasyon yöntemleri incelenmiş ve irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ti-6Al-4V alaşımı, aşınma, korozyon

### 1. Giriş

Yer kabuğunda rezerv olarak yaklaşık %0.6 oranında bulunan titanyum; aynı zamanda meteorlarda, taşlarda, güneşte bulunabildiği gibi insan vücudunda ve bitkilerde de bulunabilmektedir [1]. Demir, alüminyum ve magnezyumdan sonra yer kabuğunda en fazla bulunan metaldir. En önemli mineral kaynağı, rutile (TiO<sub>2</sub>) ve ilmenite (FeTiO<sub>3</sub>) (Şekil 1) olan titanyum, ilk kez, 1791'de rahip ve amatör maden bilimci olan Wilhelm Gregor tarafından bilinmeyen bir element olarak keşfedilmiştir [2].



Şekil 5: Ilmenite minerali [3]

Saf titanyumun nispeten hafifliği ve dayanım/ağırlık oranının yüksek olması nedeniyle pek çok mühendislik uygulamasında kullanmaya elverişlidir. Korozyona karşı direncinin de yüksek olması nedeniyle mühendislerin ilgi odağı haline gelmiştir. Ancak bütün bu iyi yönlerine karşın bazı uygulama alanları için yeterli dayanıma sahip olmaması kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır. Saf titanyumun dayanım değerlerini iyileştirmek için alaşımlama yönteminden yararlanılmış ve özellikle havacılık sektöründe kullanılmak üzere Ti-6Al-4V alaşımı üretilmiştir. İlerleyen dönemlerde Ti-6Al-4V alaşımının biyouyumlu olduğunun öğrenilmesiyle biyomedikal sektörde de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır [4, 5].

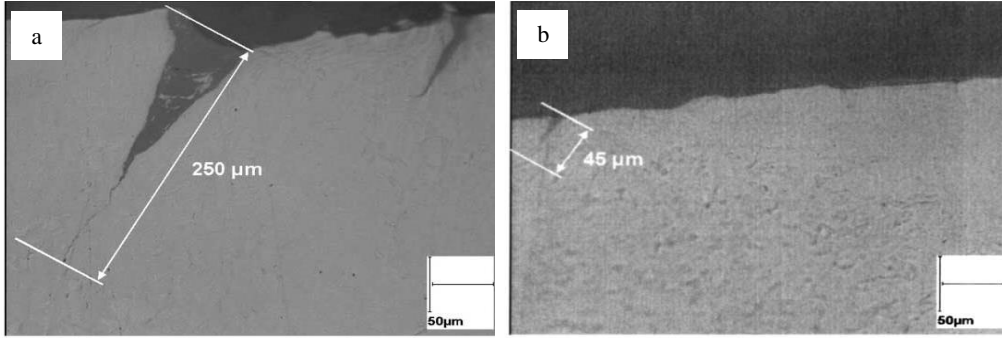
Oksijene karşı ilgisi yüksek olan titanyum, oda sıcaklığı gibi düşük sıcaklıklarda bile, oksijenle etkileşime girerek yüzeyinde TiO<sub>2</sub> oluşmaktadır. Yüzeyde meydana gelen oksidasyon özellikle 500°C gibi yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça hızlı bir şekilde meydana gelmektedir [6]. Titanyumun yüzeyinde oluşan bu oksit tabakası, sürtünmenin olduğu uygulamalarda kolay bir şekilde kopmakta ve temas eden yüzeyler arasında kaldığında abrasif etkiye neden olmaktadır. Yüzeyden kopan oksit parçalarının bulunduğu kısımlar yeniden oksitlenmekte ve abrasif etki nedeniyle tekrar kopmaktadır. Böylece sürekli oluşan bu kısır döngü sonucunda malzeme hızla aşınmaya maruz kalmaktadır. Oksidatif aşınma [7] olarak adlandırılan bu durumun olumsuz etkilerini gidermek için pek çok araştırmacı tarafından titanyum alaşımlarına farklı tekniklerle yüzey işlemleri uygulanmıştır.

### 2. Shot Peening

Metallik malzemelerin yüzeylerinde oluşturulan deformasyon ve gerilme ile yorulma dayanımlarının artırılmasına yardımcı olan shot peening yöntemi, Ti-6Al-4V alaşımına da uygulanmıştır. İşlem sonrasında alaşımın yüzeyinde mikro çatlaklar oluşması olumsuz bir durum olsa da, yapılan fretting aşınma testlerinde işlemsiz malzemeye nazaran daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 2'de



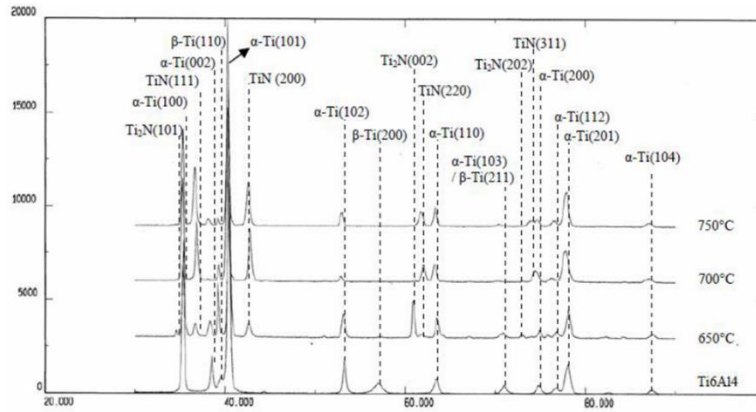
görülebileceği üzere aşınma testi sonrasında, shot peening uygulanmış numunenin yüzeyindeki çatlakın işlemsiz numunedekine göre daha küçük boyutlarda olduğu tespit edilmiştir [8].



Şekil 2: Fretting aşınma testi sonrası numune yüzeyleri: (a) İşlemsiz, (b) İşlem uygulanmış [8]

### 3. Plazma Nitrürleme

Ti-6Al-4V alaşımının zayıf tribolojik özelliklerini iyileştirmek ve yüzey sertliğini arttırmak için yaygın olarak kullanılan yüzey işlemlerinden biri plazma nitrürlemedir [9]. Termokimyasal bir yüzey işlemi olarak sınıflandırılabilen plazma nitrürleme yöntemiyle, Ti-6Al-4V alaşımının yüzeyinde  $\delta$ -TiN ve  $\epsilon$ -Ti<sub>2</sub>N fazları oluşmaktadır (Şekil 3) [10]. Plazma nitrürleme işlemi sonrasında malzemenin yüzeyinde bileşik tabaka ve bileşik tabakanın altında da difüzyon tabakası oluşmaktadır. Bu sayede malzemenin aşınma direncinde iyileşme meydana gelmektedir [11, 12].



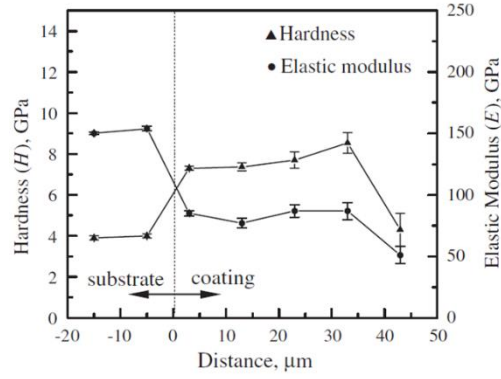
Şekil 3: Farklı nitrürleme sıcaklıklarında 2 saat nitrürlenmiş Ti-6Al-4V alaşımının XRD grafiği [12]

### 4. Mikro-ark Oksidasyon (MAO)

MAO işlemi ile hem aşınma hem de korozyon direnci yüksek sert bir yüzey elde edilebilmektedir. MAO yönteminin pek çok araştırmacı tarafından kullanılmasının en önemli nedenlerinden biri, elde edilen kaplamanın taban malzemeye adezyonunun yüksek olmasıdır. Çevreye zarar vermemesi ve sahip olduğu yüksek işlem hızı en önemli avantajları arasındadır. Ayrıca yüksek aşınma direnci ve elde edilen kaplamanın sertliği de öne çıkan avantajlardandır [13]. Ti-6Al-4V alaşımının yüzeyinde, darbeli bir bipolar güç kaynağı kullanılarak bir Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sistem çözeltisinde mikro-ark oksidasyonu ile seramik kaplamalar yapılmıştır. Kaplamalar esas olarak rutil ve az miktarda anataz TiO<sub>2</sub> ihtiva etmekte ve elektrolit bileşenlerinin amorf bileşikler de bulunmaktadır. MAO işlemi sonrasında malzemenin yüzey sertliğinde artış olduğu görülmüş ve bu da aşınma direncinde iyileşmeye katkı sağlamıştır [14].



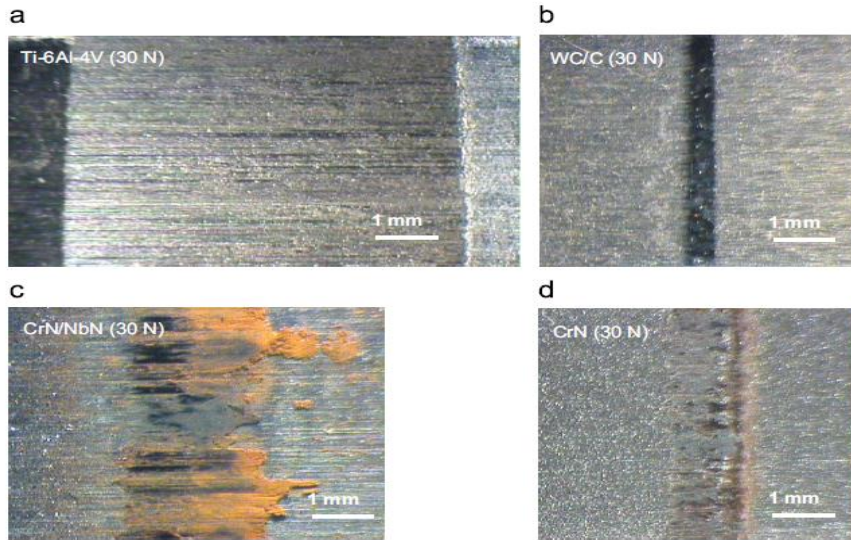




Şekil 4: Ti-6Al-4V alaşımının yüzeyinde oluşan mikro ark oksidasyon kaplaması boyunca sertlik ve elastik modül dağılımı [14]

## 5. PVD

Vakum ortamındaki hedef malzemenin buharlaştırma ve saçılma ile atomların yüzeyden koparılarak kaplanacak taban malzemenin yüzeyine atom veya iyon olarak çöktürülmesi esasına dayanan PVD yöntemi, yüzey işlemi olarak sıklıkla kullanılan bir tekniktir [12]. Ti-6Al-4V alaşımına PVD yöntemiyle pek çok değişik türde kaplama yapılmıştır. Ti-6Al-4V alaşımının yüzeyinde PVD tekniğiyle CrN, CrN/NbN ve WC/C tabakalarının elde edildiği çalışmada, bütün PVD kaplamaların taban malzemenin aşınma direncini artırdığı tespit edilmiştir (Şekil 5) [15].



Şekil 5: Aşınma testi sonrası oluşan yüzeyler: Kaplanmamış (a), WC/C (b), CrN/NbN (c) ve CrN (d) kaplanmış Ti-6Al-4V [15]

## 6. Akımsız Ni-B Kaplama

Nikel iyonlarının bir indirgeyici etkisiyle indirgenerek taban malzeme yüzeyinde nikel metaline dönüştüğü bir işlem olan akımsız nikel kaplama tekniği [16], aslında oldukça yeni bir teknik olmasına rağmen 1844 yılında Wurtz tarafından, nikelin sulu çözeltisinin hipofosfit ile indirgenerek bir yüzeye biriktirilmesi ile keşfedilmiştir [17]. Ti-6Al-4V alaşımının yüzeyinde akımsız Ni-B kaplamaların, indirgeme maddesi olarak hem dimetilamin boran hem de sodyum borohidridin kullanıldığı nikel klorür sulu çözeltilerinde elde edildiği bir çalışmada, 1000Hv yüzey sertliğine ulaşılmıştır [18]. Amorf bir yapıya sahip olan akımsız Ni-B kaplamalar, 400°C gibi yüksek sıcaklıklarda belli bir süre ısıtılınca tutulduğunda kristalin bir yapıya kavuşmakta ve sertlik değerleri artmaktadır.

## 7. Sonuç

Ti-6Al-4V alaşımı havacılık sektöründen biyomedikal sektörüne kadar çeşitli alanlarda kendisine kullanım imkânı bulan bir malzemedir. Üstün dayanım özelliklerine karşın zayıf tribolojik özellikleri nedeniyle temasın olduğu uygulamalarda kullanımı sınırlı kalmaktadır. Bu durumun üstesinden gelmek için pek çok araştırmacı tarafından çeşitli yüzey işlemleri uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Özellikle biyoyumumluluğu yüksek kaplamaların Ti-6Al-4V alaşımının biyomedikal sektördeki kullanım oranını daha artıracığı düşünülmektedir.



## 8. Kaynaklar

- [1] M. A. Kaynar, "Titanium ve hidroksiapatit yüzeylerde tükürük proteinlerinin adsorpsiyonu ile ilgili karşılaştırmalı çalışmalar," Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1991.
- [2] G. Lütjering and J. C. Williams, *Titanium*, Second ed. Newyork, USA: Springer Press, 2007.
- [3] "https://www.pinterest.ie/pin/815714551229618605/," (Erişim tarihi: 15.11.2019).
- [4] J. Ferrero, "Candidate materials for high-strength fastener applications in both the aerospace and automotive industries," *Journal of materials engineering and performance*, vol. 14, pp. 691-696, 2005.
- [5] İ. H. Uzun and F. Bayındır, "Dental uygulamalarda titanium ve özellikleri," *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, vol. 2010, pp. 213-220, 2010.
- [6] N. Umetsu, S. Sado, K. Ueda, K. Tajima, and T. Narushima, "Formation of Anatase on Commercially Pure Ti by Two-Step Thermal Oxidation Using N<sub>2</sub>-CO Gas," *Materials Transactions*, vol. 54, pp. 1302-1307, 2013.
- [7] K. G. Budinski, "Tribological properties of titanium alloys," *Wear*, vol. 151, pp. 203-217, 1991.
- [8] V. Fridrici, S. Fouvry, and P. Kapsa, "Effect of shot peening on the fretting wear of Ti-6Al-4V," *Wear*, vol. 250, pp. 642-649, 2001.
- [9] Y. Zhao, S. M. Wong, H. M. Wong, S. Wu, T. Hu, K. W. Yeung, *et al.*, "Effects of carbon and nitrogen plasma immersion ion implantation on in vitro and in vivo biocompatibility of titanium alloy," *ACS applied materials & interfaces*, vol. 5, pp. 1510-1516, 2013.
- [10] S. G. Lakshmi, D. Arivuoli, and B. Ganguli, "Surface modification and characterisation of Ti-Al-V alloys," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 76, pp. 187-190, 2002.
- [11] N. Yasavol and F. Mahboubi, "The effect of duplex plasma nitriding-oxidizing treatment on the corrosion resistance of AISI 4130 steel," *Materials & Design*, vol. 38, pp. 59-63, 2012.
- [12] F. Yıldız, "Farklı yüzey işlemlerinin metalik implant malzemeler üzerine etkileri," Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2009.
- [13] G.-x. Tang, R.-j. Zhang, Y.-n. Yan, and Z.-x. Zhu, "Preparation of porous anatase titania film," *Materials Letters*, vol. 58, pp. 1857-1860, 2004.
- [14] Y. Wang, B. Jiang, T. Lei, and L. Guo, "Microarc oxidation coatings formed on Ti6Al4V in Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> system solution: Microstructure, mechanical and tribological properties," *Surface and Coatings Technology*, vol. 201, pp. 82-89, 2006.
- [15] C. Martini and L. Ceschini, "A comparative study of the tribological behaviour of PVD coatings on the Ti-6Al-4V alloy," *Tribology International*, vol. 44, pp. 297-308, 2011.
- [16] A. Kılıçarslan, F. Toptan, and I. Kerti, "Akımsız nikel kaplama yöntemi ve seramik partiküllerine uygulanması," *Metallurji Dergisi*, vol. 154, pp. 33-37, 2010.
- [17] A. Q. Biddut, "Micro-grooving on electroless nickel plated die materials," The Master Thesis, National University of Singapore, Department of Mechanical Engineering, Singapore, 2005.
- [18] M. Dabalà, K. Brunelli, R. Frattini, and M. Magrini, "Surface hardening of Ti-6Al-4V alloy by diffusion treatment of electroless Ni-B coatings," *Surface engineering*, vol. 20, pp. 103-107, 2004.



## TEKNOLOJİ TRANSFERİNDE TTO'LARIN ROLÜ VE ÖNEMİ

İlhan Çelik

Samsun Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

ilh.celik@gmail.com, ilhan.celik@samsun.edu.tr

### Özet

Bir kurum/firma tarafından geliştirilen yeni bir teknolojinin, bu teknolojiyi üretebilecek teknik bilgi, nitelikli personel ve gerekli imkânlardan yoksun ve bu teknolojiye ihtiyaç duyan diğer bir veya daha fazla firmaya aktarılmasına teknoloji transferi denilmektedir. Teknoloji transferi, firmalar arasında yapılacak teknik işbirliği veya üretim anlaşmalarıyla olabileceği gibi patent satın alma veya lisanslama yoluyla da yapılabilmektedir. Bu bağlamda bir transfer işleminin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle yeni bir teknolojinin elde edilmesi gerekmektedir. Yeni bir teknolojinin geliştirilmesindeki en önemli basamaklardan biri, alanında uzman insanlar tarafından kapsamlı literatür araştırması yapılarak çalışmalara odak nokta tayin edilmesidir. Araştırma basamağının sağlam ve güvenilir bir temele oturtulabilmesi için ise üniversitelere görevler düşmektedir. Üniversiteler talepte bulunan firmalara araştırma yetkinlikleri ve bilgi birikimleriyle yeni teknolojilerin üretiminde yardımcı olabilecekleri gibi ekonomik değeri olabilecek kendi araştırma sonuçlarının Teknoloji Transfer Ofisleri (TTO) aracılığıyla sanayiye transfer edilmesini de sağlayabilmektedir. Bu bağlamda TTO'lar, üniversitenden sanayiye doğru gerçekleşecek olan teknoloji transferinin aracısı olarak görev yapmaktadırlar.

**Anahtar Kelimeler:** *TTO, Sanayi, Üniversite*

### 1. Giriş

Teorik olarak sahip olunan bilginin pratikle bütünleşmesi sonucunda ortaya çıkan teknoloji, hem şirketlerin ve ülkelerin gelişmelerine hem de rekabet içerisinde oldukları rakiplerine karşı üstünlük sağlamalarına katkıda bulunmaktadır. Ekonomik açıdan yeterli kaynağa sahip olmayan, ayrıca bilgiye ulaşma açısından da kısıtlı imkânları olan birçok firma, kendilerini geliştirmek için teknoloji transferine ihtiyaç duymaktadır. Teknolojinin transferi her ne kadar basit bir süreçmiş gibi gözükse de, bu sürecin sonunda transfer edilen teknolojinin kullanılabilmesi için bilim, yönetim ve organizasyon üçlüsünün koordinasyonu önem kazanmaktadır [1]. Teknoloji transferi, Birleşmiş Milletler raporuna göre dört noktada gerçekleşmektedir [1]:

- Üretilen teknolojinin kullanımını sağlayan bağlantılar (Orgaware),
- Taslak ve tasarım gibi bilgi tabanları (Infoware),
- Öğrenme, yetenekler ve insan kaynağı (Humanware),
- Ekipmanlar ve fiziksel objeler (Technoware).



Şekil 6: Rekabetçi sektörler programı illüstrasyonu [2]

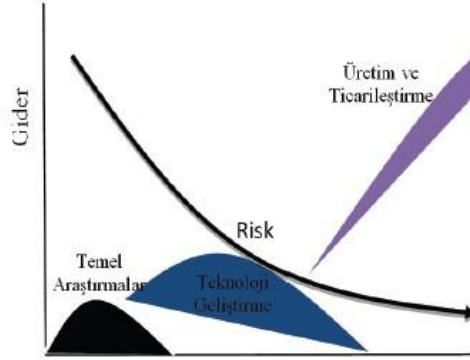
Üretim süreçlerine başarılı bir şekilde uyum sağlayabilen yeni teknolojiler, verimliliği artırdığı gibi büyümeye de katkı sağlayabilmektedir. Teknolojik bilgi ve yetkinliklerin optimum bir şekilde paylaşımı, sürdürülebilir bir kalkınma için hem zamanı iyi değerlendirme hem de maliyetlerin düşürülmesi için zemin hazırlamaktadır [3]. Bu durum, ticari kaygısı olan bütün sektörlerin, kendi faaliyet alanlarına uygun yeni teknolojilere açık olmalarını ortaya koymaktadır. Bir teknolojinin transfer edilebilmesi için üretilmiş olması yeterli olmamaktadır. Bu bağlamda üretilen yeni bir teknolojinin, transfer edilmesinin planlandığı firmayla adaptasyon hızı; firma çalışanlarının teknik yeterlilikleri, eğitim seviyesi, altyapı olanakları, ticaret ve finans olanakları gibi etkenlerle sıkı bir ilişki içerisinde olmaktadır. Teknoloji transferi beş farklı şekilde yapılan anlaşmalarla gerçekleşebilmektedir [3]:

- **Üretim Anlaşması:** Firmanın, bir ürünü ürettirebilmesi için karşı firmaya; gerekli bilgi ve uzmanlığı, yetenek ve becerileri, ilgili kişilerin eğitimini sağlayarak o firmanın üretim kapasitesini ve teknik yetkinliğini artırmayı, firmada yeni ürün elde edebilmek için bilgiyi hammaddeye aktarmayı, yeni pazarlara açılabilmek için mevcut ürünlerin özelliklerini artırmayı veya tamamen yeni bir ürünün üretilmesini sağlayan anlaşma ve işbirliklerini kapsamaktadır.
- **Lisans Anlaşması:** Bir teknoloji, ürün, bilgi veya sistemin ücret veya isim hakkı karşılığında başka bir firmaya transferi anlaşmasıdır. Lisans veren firma lisansör, lisansı alan firma lisansiyeye, yapılan anlaşma ise lisans anlaşması olarak



isimlendirilmektedir. Lisans veren firma, yapmış olduğu lisans anlaşmasıyla sermaye harcamadan ve riske girmeden başka bir ülkede ürünlerini üretebilmekte ve bir bakıma dış yatırım yapabilmektedir.

- **Teknik Destekli Ticari Anlaşma:** Bu anlaşma, yeni bir teknolojinin transferinin yanı sıra transfer edilen teknolojinin kurulması ve fonksiyonel olarak çalıştırılabilmesi için verilen hizmetleri de kapsamaktadır. Bu anlaşmanın amacı, alınan teknolojinin uygun bir şekilde kurulmasının yapılarak verimli bir şekilde çalışabilmesinin sağlanması, oluşabilecek arıza durumlarında hızlı bir şekilde teknik destek alınması ve böylece teknolojinin çalıştırılmasının sürekliliğinin sağlanmasıdır.
- **Ortak Girişim Anlaşması:** Teknik bilgi ve ticari sır gibi konular başta olmak üzere; yeni bir ürün, teknoloji ve sistem üretilmesi amacıyla iki firma arasında imzalanan bir işbirliği anlaşmasıdır. Bu anlaşmayla birlikte firmalar, gerekli durumlarda birbirlerinin kaynaklarına, teknik bilgilerine ve altyapı imkânlarına ulaşabilmektedir.
- **Teknik İşbirliği Anlaşması:** Teknolojiyi üreten ve bu teknolojiyi alan firmaların her ikisinin, oluşan işbirliğinde aktif olarak yer almasının gerekli olmadığı teknoloji transferi türüdür.



Şekil 2: Yeni bir teknolojinin geliştirilmesinde Ar-Ge'nin üç temel aşaması [4]

Üniversite-sanayi işbirliğinde kullanılan çeşitli mekanizmalar, teknoloji transferinde kuşkusuz en etkili ve verimli yol olarak karşımıza çıkmaktadır. Üniversitelerin sahip oldukları bilgi birikimiyle yeni bir teknoloji veya mevcut ürünlerin geliştirilmesi bu mekanizmaların ortak yönlerinden bir tanesini teşkil etmektedir. Bu sayede, üniversitelerdeki bilgi birikimi durağanlıktan kurtulmuş ve böylece ekonomik ve sosyal faydaya dönüşmüş olacaktır. Ancak, sadece ülkemizde değil aynı zamanda bütün dünyada, üniversite ile sanayi arasındaki işbirliğinin tatmin edici seviyelerde olmadığı görülmektedir. Bu durumun en temel sebeplerinden biri, sanayi ve üniversitenin hedefleri arasındaki farklılık olarak nitelendirilebilir [5]. Özellikle iş dünyasının, yapılan çalışmaların finansal olarak geri dönüşünü çok hızlı bir şekilde beklemeleri, üniversite-sanayi işbirliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, üniversitelerin asli işlevlerinden olan temel araştırmaları ve bunların bilimsel çıktılarını sanayiye entegre edebilmek büyük önem kazanmaktadır. Bunu sağlamak için çeşitli ara yüzler aktif rol oynamaktadır. Bu ara yüzlerden biri de TTO'lardır.

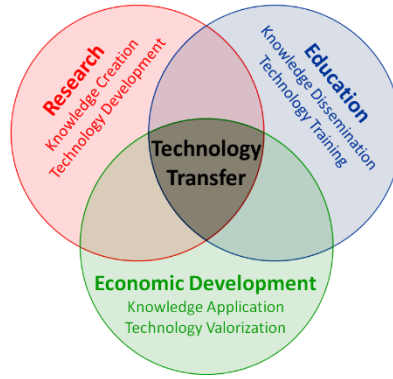
## 2. Teknoloji Transfer Ofisi (TTO)

Teknolojilerin bilimsel bilgiyi esas alarak gelişmesi, 18. yüzyılın sonlarında ortaya çıkan bir süreçtir ve teknoloji ile bilim arasında oluşan bu etkileşim ekonomik gelişme ve sanayinin gelişiminde tetikleyici etken olmuştur. Sanayi, yeni teknolojilerin ve bunun sonucunda ekonomik büyümenin öncüsü iken üniversiteler ise bilimsel ilerlemenin temel üreticisi konumundadırlar. Böylece üniversite ve sanayi, ülkelerin ekonomik sistemlerinin iki önemli aktörü konumuna gelmektedir. Devlet ise özellikle bilimsel çalışmaların finansmanı noktasında destek sağlayıcı olarak karşımıza çıkmaktadır [6].

Ekonomik büyümenin desteklenmesi açısından devlet, üniversite ve sanayi arasındaki bu üçlü ilişkinin önemli bir etkisi vardır. Ulusal kalkınma söz konusu olduğunda en yararlı teknoloji transfer yöntemlerinden biri üniversite-sanayi işbirliğidir. Ancak bu işbirliğini hayata geçirmek bazı zorlukları aşmakla mümkün olabilmektedir. Bu işbirliğinde, üniversitelerdeki bilimsel çalışmaların sonuçlarının katma değerli çıktılar olarak sanayide kullanılabilmesi ve karşılıklı beklentilerin karşılanabilmesi için tarafların kısaca şu dersleri çıkarmış olması arzu edilmektedir [6]:

- Sanayinin uzun vadeli teknoloji planlarına sahip olması,
- Sanayinin gelişmesi için yapılması gerekenler ve beklentiler konusunda, üniversitedeki akademik personelin ve araştırmacıların yeterli bilgi birikime sahip olmaları şarttır.





Şekil 3: Teknoloji transferinin yapı taşları [7]

Teknoloji transferinin üniversite veya araştırma kurumlarından sanayiye doğru iletilebilmesini sağlayan farklı ara yüzler vardır. Bunların içerisinde en bilinenlerinden biri TTO'lardır. TTO'lar günümüzde tanınırlık açısından çok mesafe kat etmiştir. Ülkemizde faaliyet gösteren hemen hemen bütün üniversitelerin bünyesinde kurulmuş bir TTO bulunmaktadır. Bunların bir kısmı bütün modülleriyle aktif olarak çalışırken büyük bir bölümü tam anlamıyla faaliyet gösterememektedir. Faaliyetleri yeterli düzeyde olmayan TTO'ların ortak problemlerinin başında, yeterli sayıda nitelikli personellerinin olmayışı yer almaktadır.

Üniversitelerden sanayiye doğru teknoloji transferine aracılık eden TTO'ların temel karakteristiği “bilimsel araştırmalar sonucunda ortaya çıkan buluş ve yenilikçi ürünlerin ticarileşme sürecini baştan sona kapsayan destek hizmetleri bütünü” olarak tarif edilmekte ve bu sürecin başlıca aşamaları şöyle sıralanmaktadır [6]:

- Yenilikçi ürün/buluşun tespiti ve değerlendirmesi,
- Ürünün/buluşun koruma altına alınması,
- Ticarileşme planının buluş sahibi ile yapılması,
- Ticarileşme: Spin off firma, lisanslama, tümüyle devir,
- Gelir Paylaşımı: Buluş sahibi, üniversite, aracı kurumlar.

Yukarıda değinilen bu fonksiyonların toplumsal etkileri göz önüne alındığında ise, sağlıklı bir şekilde faaliyet gösteren teknoloji transfer uygulamaları ile toplum yararına kurumlar arası bilgi değişimi ve akışının sağlandığı belirtilmektedir. Bu bağlamda TTO'ların temel faaliyet alanları aşağıdaki gibi özetlenebilir [6]:

- Üniversite veya araştırma kurumlarının patentlenebilir varlıklarının tespiti, bu varlıkların hukuksal koruma işlemlerinin takibi ve bunlardan doğan hakların diğer yapılara özellikle de sanayiye lisanslama şeklinde transferi ile ticarileştirme süreçlerinin yönetilmesi,
- Teknoloji gereksinimini olan sanayi kuruluşlarını tespit ederek, bu ihtiyacın üniversite veya araştırma kurumundan kontrat bazlı Ar-Ge çalışması sonucu olarak teknoloji transferi şeklinde temin edilmesi,
- Genellikle üniversite akademik personelinin ticarileşme potansiyeli yüksek bir fikrini veya buluşunu, ilgili akademisyene şirket kurarak yüksek ekonomik değer sağlanmasına aracılık etmek.

### 3. Sonuç

Teknoloji transferi, çeşitli şekillerde olabilen bir süreç olmakla birlikte, dünyada olduğu gibi ülkemizde de genellikle üniversitelerin bünyelerinde faaliyet gösteren TTO'lar aracılığıyla da olmaktadır. TTO'lar, üniversite-sanayi işbirliği (ÜSİ) modülünü aktif kullanarak teknoloji transferine katkıda bulunabilmektedir. Bu bağlamda, ÜSİ uzmanlarına büyük görev düşmektedir. ÜSİ uzmanları, buldukları ilde faaliyet gösteren sanayicilerin yetkinliklerini ve ihtiyaçlarını doğru ve hızlı bir şekilde tespit ederek üniversitedeki ilgili akademisyenlerle firma arasında uygun bir eşleştirme yapabilmelidir. Böylece sanayicinin ihtiyaç duyduğu teknolojinin, üniversitenin bilgi birikiminden yararlanmak suretiyle transfer edilmesi mümkün olabilecektir. ÜSİ uzmanlarının sanayicileri sık sık ziyaret etmesi, sanayicilerin herhangi bir konuda olabilecek ihtiyaçlarını üniversitenin kaynaklarından yararlanarak karşılayabilme isteklerini artırıcı rol oynayacaktır.

### 4. Kaynakça

- [1] "Teknoloji Transferi Nedir? Nasıl Gerçekleşir?," <http://teknikofis.aydin.edu.tr/index2.asp?id=5>, (Erişim tarihi: 13.11.2019).
- [2] <https://rekabetcisectorler.sanayi.gov.tr/tr/>, (Erişim tarihi: 13.11.2019).
- [3] "Teknoloji transferi nedir?," <http://www.eenakdeniz.org.tr/TR/what-is-technology-transfer>, (Erişim tarihi: 14.11.2019).





- [4] O. T. Okan, "Üniversite-Sanayi İş Birliği: Riskler, Fırsatlar ve Kimya Endüstrisi için Önemi," <http://www.turkchem.net/universite-sanayi-is-birligi-riskler-firsatlar-ve-kimya-endustrisi-icin-onemi.html>, (Erişim tarihi: 14.11.2019).
- [5] M. Kiper, A. Küçükçınar, A. H. Özdemir, D. Bayhan, and T. A. Altay, *Üniversite-Sanayi İşbirliğinde Önemli Bir Araç: Teknoloji Transfer Arayüzleri*. Ankara: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, 2010.
- [6] *Dünyada ve Türkiye'de Teknoloji Transfer Ofisleri ve DAP Bölgesi için Üniversite-Sanayi İşbirliği ve Bölgesel TTO Analiz Raporu*: Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı, 2017.
- [7] "<http://univalle.gatech.edu/about.html>," (Erişim tarihi: 14.11.2019).



# KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA ÇOK ADIMLI YÖNLENDİRME EĞİLİMLERİ

İpek Abasikeleş Turgut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ipek.abasikeles@iste.edu.tr

## Özet

Günümüzde, geniş ölçekli Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) akıllı şehir, habitat izleme ve askeri uygulamalar da dahil olmak üzere birçok Nesnelerin İnterneti (IoT) uygulaması için popüler altyapılardır. Sayıları bin ile milyon arasında değişebilen sınırlı kaynaklara sahip algılayıcı düğümler içeren geniş ölçekli KAA'da, uzak mesafe veri iletişimi ağın ömrünün erken tükenmesine neden olan önemli bir sorundur. Bu nedenle bu ağlarda verinin yönlendirilmesi, çoklu adım içeren kümeler vasıtasıyla yapılır. Bu çalışmada, son yıllarda literatürde çoklu adım içeren kümeleme tabanlı yönlendirme mimarisi çalışmaları incelenmiştir. İncelenen çalışmaların bir kısmının sadece kümeler arası iletişimde çoklu adım kullanırken, diğer bir grubun küme içi iletişimde de çoklu adım kullandığı gözlemlenmiştir. Çoklu adımların oluşturulması için çeşitli ağaç yapıları ve yapay zekâ algoritmaları gibi farklı yöntemler kullanılmakla birlikte, rota belirleme işlemleri bazı çalışmalarda dağıtık olarak yapılırken, diğerlerinde baz istasyonu tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, son 5 yılda yayınlanmış olan makalelerin kümeleme tercihleri, çoklu adım yapıları, kullandıkları algoritmalar analiz edilmiş ve kıyaslanmıştır. Bu bağlamda, çoklu adım üzerine yapılacak gelecekteki çalışmalar için literatüre güncel bir araştırma sunulduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Çok Adımlı Yönlendirme, Kümeleme, Araştırma

## 1. Giriş

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) çok sayıda düşük maliyetli ve kısıtlı güce sahip akıllı algılayıcı düğümler ile bir veya birden çok baz istasyonu içerir. Boyutları küçük olan bu düğümler, olay algılama, bilgi işleme ve veri iletimi gibi oldukça önemli fonksiyonları gerçekleştirir. Bu ağlar askeri uygulamalarda kullanılabileceği gibi sivil senaryolarda da sıklıkla tercih edilir. Kolay yerleşim, kendi kendine organize olabilmek, geniş iletim mesafesi gibi avantajları sayesinde KAA, artık geleneksel ağların yerini almaya başlamıştır [1].

Algılayıcı düğümlerin çoğunlukla şarj edilemeyen bataryalara sahip olması, ağın yaşam ömrünün uzatılmasında enerjinin verimli kullanılmasını zorunlu kılar. Enerji tüketimindeki ana sebep, düğümler arasındaki veri iletimi olduğu için ağ yaşam süresini artırmayı hedefleyen yönlendirme protokolleri bu soruna odaklanır [2]. Bununla birlikte, ağdaki düğüm sayısı arttıkça, ağı ölçeklenebilirlik sorunu önemli bir problem haline gelir. Hiyerarşik mimariler hem ölçeklenebilirlik hem de enerji verimliliği sorununa efektif çözümler sundukları için literatürde KAA yönlendirme mimarileri olarak tercih edilirler [3].

Hiyerarşik mimarilerde ağ, farklı katmanlara bölünür ve her katmandaki düğüm farklı bir görevden sorumludur. Tipik bir hiyerarşik yönlendirme tekniği kümelemedir. Kümeleme mimarilerinde ağ, çoklu kümelere bölünür. Her küme içinde küme başı ve sıradan düğüm olarak adlandırılan iki farklı göreve sahip düğüm/düğümler bulunur. Sıradan düğümler, çevreden algıladıkları veriyi ilgili küme başlarına iletirken, küme başları kümesine ait sıradan düğümlerden topladığı veriyi merkezi bir düğüme (baz istasyonu) iletir [1].

Kümeleme mimarileri, bataryaları kısıtlı olan algılayıcı düğümlerin verisini doğrudan baz istasyonuna ulaştırmak yerine kendilerine daha yakın bir lokasyonda konumlanan küme başlarına iletmelerini sağlayarak sıradan düğümler ve küme başları arasındaki veri iletiminden kaynaklanan enerji tüketimini azaltır. Bununla birlikte özellikle geniş ölçekli ağlarda geleneksel kümeleme algoritmalarında olduğu gibi [4-6] küme başlarının baz istasyonuna tek adımda (doğrudan) veriyi iletmek zorunda olması, küme başlarının uzak mesafe erişimleri nedeniyle bataryalarının daha çabuk tükenmesine neden olacaktır. Küme içerisinde, küme oluşumunu organize etme, algılayıcı düğümlerden veriyi toplama ve birleştirme gibi enerji tüketen görevlerinin yanında baz istasyonuna tek adımda veri iletimi küme başlarının ağda erken ölümlerine ve dolaylı olarak ağın ömrünün kısalmasına neden olacaktır. Bu sorunu çözmek amacıyla son yıllarda yapılan hiyerarşik yönlendirme çalışmaları, küme başları ve baz istasyonu arasında çoklu adım kullanılarak veri iletimi işlemini gerçekleştirmeyi hedefler [7-11]. Bu çalışmaların kümeler arası veri iletiminde rota belirleme işlemi, rotanın belirlendiği lokasyon, küme başı veya aracı düğüm seçimleri farklılık göstermektedir. Bu çalışmada son yıllarda yayınlanan makalelerde kullanılan çoklu yönlendirme mimarileri incelenmiştir. Bu bağlamda bu çalışmanın gelecekte tasarlanacak olan çoklu adım yönlendirme protokollerine referans olacağı düşünülmektedir.

Bölüm 2'de literatürdeki çoklu adım mimarileri incelenmiş ve Bölüm 3'te çalışma sonlandırılmıştır.

## 2. Çok Adımlı Yönlendirme Çalışmaları

Elhoseny ve arkadaşları [7] her ne kadar kümelemenin ağdaki enerji tüketimini azaltsa da dinamik ortamlarda küme içindeki düğümleri yönetmenin zor olduğunu savunmuşlardır. Dinamik ortamı, algılayıcıların bataryalarının değiştirilmesinin veya yenilenmesinin çok zor olduğu ortamlar olarak tanımlamışlardır. Küme başının seçiminin ağı performansı üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olmasından dolayı literatürde bu alanda birçok çalışma yapıldığını, ancak birçoğunun dinamik kümeleme ortamına uygun olmadığını iddia etmişlerdir. Bulanık mantık, genetik ve yapay sinir ağları gibi akıllı algoritmaların bu sorunun çözümü için faydalı olduğunu, bununla beraber tek adımlı yönlendirme çatısı altında daha efektif sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Çoklu adım



içeren ortamlarda ağ yaşam süresinin önemli bir problem olmasından dolayı bu çalışmada hem tek adım hem de çoklu adım kümeleme modelleri için genetik algoritma temelli küme başı seçimi önerilmiştir. Dinamik ortamın gereksinimlerini karşılamak için 6 parametreye dayalı küme başı seçimi yapılır. Bu parametreler: düğümlerin kalan enerjisi, harcadıkları enerji, komşu sayıları, enerji farkında uzaklıkları, düğüm hassasiyeti ve hareketlilik seviyesidir. Her parametre için bir öncelik seviyesi atanmıştır. Küme sayısı otomatik olarak hesaplanır. Bu çalışmada kullanılan çoklu adım yönlendirmesi kümeler arası iletişim (küme başları ve baz istasyonu arasındaki iletişim) için önerilmiştir. Baz istasyonunda her döngü genetik algoritma çalıştırılarak enerji tüketiminin azaltılması hedeflenir. Çalışmada benzetimi yapılan düğümler kare bir alana rasgele bir şekilde dağıtılmakla birlikte zaman içinde lokasyonlarını değiştirebilecekleri varsayılmıştır. Ağda yer alan ve ilk enerjileri birbirlerine eşit olan düğümler sınırlı bataryaya sahiptir ve gerektiğinde doğrudan ağ dışında konumlanmış olan baz istasyonuna veri gönderebilir. Bu çalışmada hem küme başı hem de küme başlarından baz istasyonuna veri iletiminde görev alacak olarak aracı düğüm seçimleri baz istasyonunda merkezi olarak genetik algoritma kullanılarak yapılır. Aracı düğüm seçiminde minimum enerji tüketimi ve baz istasyonuna ulaşılacak en kısa mesafe gibi parametreler göz önüne alınır.

Chen [8], radyo frekans aygıtlarının bağlantılarının genellikle önceden belirlenmiş bir bant genişliği ile sınırlandırıldığını belirtmiştir. Küme başlarının rasgele seçimi nedeniyle literatürde çoğu KAA'nın bağlantı ve adım sayısı sınırlanması olmaksızın yeniden konfigüre edilmesini gerektiren protokoller kullanıldığını ancak önerilen çalışmada bağlantı sınırlandırılmış gerçek zamanlı enerji farkında kümeleme ve yönlendirme algoritmasını çoklu adım kullanan KAA'lar için önerdiklerini ifade etmişlerdir. Kullanılan algılayıcı düğümlerin bağlantıları sınırlıdır ve ağdaki her veri paketinin baza ulaşması için önceden belirlenmiş bir zaman sınırı (veya adım sayısı sınırı) vardır. Çalışmada statik kümeleme kullanıldığı için ağın yeniden konfigürasyonuna gerek duyulmaz ve böylece ek zaman ve enerji tüketimi maliyetlerinden kaçınılır. Her küme için bir olası küme başları dizisi seçilir ve bu küme içindeki her eleman sırasıyla küme başı olur. Bu çalışmada küme başları ve kümeler baz istasyonu tarafından merkezi bir yöntem ile seçilir.

Huynh ve arkadaşları [9], enerji verimliliğinin KAA tasarımında ana amaç olduğunu ve çoğu uygulamada algılanan verinin baz istasyonuna zamanında ulaştırılması gerektiğini bildirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada bu iki amaç arasındaki denge incelenmiştir: enerji tüketimini azaltmak ve uçtan uca gecikmeyi azaltmak. Bu amaçla her ikisini de dikkate alan bir dağıtık kümeleme yaklaşımı önerilmiştir. Ardından kümeler arası veri iletimi için enerji verimli ve uçtan uca gecikme fonksiyonu tanımlanmış ve kümelerden baz istasyonuna çoklu adım üzerinde verinin ulaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Cengiz ve Dag [10], KAA'da yaşam süresi üzerinde kısıtlı batarya ve verimli olmayan protokollerin önemli ölçüde etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Önerdikleri enerji farkında çoklu adım yönlendirme protokolü olan EAMR'nin en büyük avantajının, sabit kümeler kullanarak ve küme başlarının değişim sıklığını azaltarak kümeleme protokollerindeki gereksiz yükü azaltması olduğunu savunmuşlardır. Aracı düğümler kullanan EAMR, kümeler arası iletişimi çoklu adımda gerçekleştirir. Önerilen yöntemde algılayıcı düğümlerin bir kümeye atandıktan sonra ömürlerinin sonuna kadar aynı kümeye bağlı kalması sağlanmıştır. Bu şekilde gerçekleştirilen sabit kümeleme yaklaşımı ile her döngü yeniden küme oluşumu için gereken enerji yükünden tasarruf edileceği iddia edilmiştir. Baz istasyonuna yakın olan kümelerde küme başları toplanan veriyi baz istasyonuna doğrudan iletirken, diğer küme başları çoklu adım kullanırlar. Ağdaki işlemler iki aşamalıdır: hazırlık ve iletim. Hazırlık aşamasında ilk küme başları, kümelere bağlı üye düğümler ve ilk aracı düğümler seçilerek sabit kümeler oluşturulur. İletim aşamasında ise küme başları üye düğümlerinden verilerini toplar veya doğrudan ya da aracı düğüm vasıtasıyla baz istasyonuna iletir. Veri toplama ve iletimin yanında gerektiği durumda küme başı ve aracı düğümlerin değişim kararları da bu aşamada verilir. Ağdaki düğümler eşit enerjiye sahip olmakla birlikte hepsinin kendisine özel eşsiz bir kimliğinin olduğu varsayılmıştır. İlk küme başlarının seçimi LEACH [5] benzeri bir olasılıksal yaklaşımla yapılır. Önceden istenilen bir küme başı oranı vardır ve düğümler rasgele atadıkları sayılara göre küme başı olup olmayacaklarına karar verirlir. İlk küme başlarının seçiminin ardından EAMR protokolü LEACH'ten farklılaşır. EAMR protokolünde her döngü küme başları yenilenmez, bunun yerine seçilen küme başı enerjisinin belirli bir kısmını kaybedene kadar küme başı görevini yapmaya devam eder. Yeni bir küme başı seçilmesi gerektiğinde ise yeni küme başına karar verecek olan düğüm, mevcut küme başı düğümdür. Aracı düğümler kümeler arası iletişime yardım ederler. Teoride herhangi bir düğüm aracı olarak seçilebilmekle birlikte bu çalışmada kolaylık olması açısından mevcut küme başları arasından aracı düğümler seçilir. Reklam mesajları sayesinde küme başları kendi kapsama alanlarında yer alan diğer küme başlarından haberdar olurlar. Bu mesajların içinde lokasyon bilgisinin de yer alması sayesinde her küme başı, kendisi ile baz istasyonu arasında yer alan ve kendisine en yakın küme başını aracı düğüm olarak seçerek, ona bir kontrol mesajı içinde durumu haber verir. Onay aldıktan sonra ise veri iletiminde ilgili küme başını aracı olarak kullanabilir.

Son olarak Ayoub ve arkadaşları [11], enerjisi yüksek düğümlerin literatürdeki çalışmalarda genellikle küme başı olarak seçildiğini, ancak küme başlarının kümeler arası iletişimde çoklu adımlar üzerinden baz istasyonuna verilerini ulaştırmasının yeni bir fikir olduğunu iddia etmişlerdir. Önerdikleri algoritma heterojen ağlarda çalışmaktadır. Baz istasyonundan uzak olan küme başları verisini iletmek için diğer küme başlarını kullanır. Ağ içerisinde normal ve gelişmiş olmak üzere iki tür düğüm vardır. Normal düğümlerin enerjileri birbirine eşit ve gelişmiş düğümlerden azdır. Gelişmiş düğümler ise farklı enerji düzeylerine sahiptir. Algoritma, zamana bağlı iterasyonlara bölünerek çalışır. Her iterasyon kendi içinde döngülere bölünür ve her döngü iki procesten oluşur: ağın oluşturulması ve veri iletimi. Ağ oluşumunda her düğüm ağa bir merhaba mesajı yollayarak ilk enerjisini, kalan enerjisini, konumunu ve durum bilgisini (ölü veya yaşıyor olma durumu) ağdaki diğer düğümlere haber verir. Küme başı seçiminden önce düğümler tarafından ağın toplam enerjisi hesaplanır. Ardından istenilen küme başı oranı hesaplanır ve LEACH benzeri bir eşik değer hesaplaması ile düğümler küme başı olup olmayacaklarına karar verirlir. Küme başı seçiminde düğümlerin enerjileri ve baz istasyonuna olan uzaklıkları hesaba katılır. Bu çalışmada küme içi iletişim tek adım, kümeler arası iletişim ise çoklu adımda gerçekleştirilmiştir. Çoklu adım için iki farklı yöntem kullanılır: uzaklığa bağlı ve yük dengesine bağlı iletişim. Uzaklığa bağlı aracı düğüm seçiminde, aracı düğümün baz istasyonuna olan mesafesi dikkate alınırken diğer yaklaşımda aracı düğümün üzerinden akan trafik hesaba katılır.



### 3. Sonuçlar

Kümeleme tabanlı yönlendirme mimarileri, ağdaki düğümlerin uzak mesafe iletişimlerini azaltarak enerji tüketimini azaltırlar. Algılayıcı düğümlerin doğrudan baz istasyonuna erişmek yerine kendilerine daha yakın konumda bulunan küme başları üzerinden verisini iletmesi küme içi iletişimde enerji verimliliği sağlasa da küme başları ve baz istasyonu arasındaki iletişimin özellikle geniş ölçekli ağlar için optimize edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle son yıllarda yapılan KAA yönlendirme algoritmalarında kümeler arası iletişimde çoklu adım üzerinden veri iletim yöntemi kullanılmaktadır. Küme başları ve baz istasyonu arasında seçilen aracı düğümler sayesinde kümeler arası iletişim mesafesi azaltılarak, enerji tüketimi hafifletilir ve buna bağlı olarak ağ ömrü artırılır. Aracı düğüm seçiminde bazı çalışmalar merkezi yaklaşımla bu işin baz istasyonunda yapılmasını önerirken, diğerleri dağıtık bir şekilde diğer düğümler tarafından gerçekleştirilir. Seçilen aracı düğümler çoğunlukla mevcut küme başlarından olmakla birlikte, enerji, baz istasyonuna uzaklık ve aracı düğümün yükü gibi parametreler de hesaba katılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda çalışmaların çoğunlukla kümeler arası iletişime odaklandığı görülmüştür. Küme içi iletişimde de çoklu adım kullanılabileceği ve bu konuda literatürde son yıllarda daha az çalışmanın olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan araştırmanın gelecekte yapılacak çoklu adım yönlendirme çalışmalarında ışık tutacağı düşünülmektedir.

### 4. Kaynakça

- [1] Liu, X. (2015). Atypical hierarchical routing protocols for wireless sensor networks: A review. *IEEE Sensors Journal*, 15(10), 5372-5383.
- [2] Hayat, M. N., Khan, F., Khan, H., Khan, M. Y., & Shah, M. (2016). Review of Cluster-based Energy Routing Protocols for WSNs. *International Journal of Interdisciplinary Research Centre*.
- [3] Singh, S. P., & Sharma, S. C. (2015). A survey on cluster based routing protocols in wireless sensor networks. *Procedia computer science*, 45, 687-695.
- [4] L. Qing, et al. (2006). Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous WSNs. *ELSEVIER, Computer Communications*, 29.
- [5] Heinzelman, W. B., Chandrakasan, A. P., and Balakrishnan, H. (2000). Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In *Proc. 33rd IEEE Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 1-10.
- [6] Batra, P. K., & Kant, K. (2016). LEACH-MAC: a new cluster head selection algorithm for Wireless Sensor Networks. *Wireless Networks*, 22(1), 49-60.
- [7] Elhoseny, M., Farouk, A., Zhou, N., Wang, M. M., Abdalla, S., & Batle, J. (2017). Dynamic multi-hop clustering in a wireless sensor network: Performance improvement. *Wireless Personal Communications*, 95(4), 3733-3753.
- [8] Chen, D. R. (2015). A link-and hop-constrained clustering for multi-hop wireless sensor networks. *Computer Communications*, 72, 78-92.
- [9] Huynh, T. T., Dinh-Duc, A. V., & Tran, C. H. (2016). Delay-constrained energy-efficient cluster-based multi-hop routing in wireless sensor networks. *Journal of Communications and Networks*, 18(4), 580-588.
- [10] Cengiz, K., & Dag, T. (2017). Energy aware multi-hop routing protocol for WSNs. *IEEE Access*, 6, 2622-2633.
- [11] Ayoub, N., Asad, M., Aslam, M., Gao, Z., Munir, E. U., & Tobji, R. (2017, August). MAHEE: Multi-hop advance heterogeneity-aware energy efficient path planning algorithm for wireless sensor networks. In *2017 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM)* (pp. 1-6). IEEE.



# STATİK VE DİNAMİK KÜMELEMENİN KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

İpek Abasıkeleş Turgut

İskenderun Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ipek.abasikeles@iste.edu.tr

## Özet

Algılayıcı düğümlerin düşük maliyeti ve ağın kolay kurulum avantajı sayesinde birçok farklı alanda takip sistemleri ve uzaktan izleme sistemlerinin oluşumunda kullanılan Kablosuz Algılayıcı Ağlarda (KAA) sınırlı kaynaklara sahip düğümlerde enerjinin verimli bir şekilde kullanılması, ağ yaşam ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu amaçla verinin iletiminde kümeleme yaklaşımı literatürde sıklıkla tercih edilmektedir. Düğümlerin algıladıkları veriyi küme başı adı verilen bir yerel koordinatöre iletmesi ve küme başlarının üyelerinden topladıkları veriyi birleştirerek baz istasyonuna yollaması üzerine kurulu olan kümeleme sisteminde, kümelerin oluşumu ve küme başının seçimi ağın performansını doğrudan etkileyen temel etmenlerdendir. Literatürde statik ve dinamik olmak üzere iki tür küme oluşumu kullanılmaktadır. Dinamik kümelemede her döngü küme başları ve oluşturdukları küme alanı değiştirilerek ağdaki yükün düğümler arasında dengeli bir şekilde dağılması amaçlanır. Statik kümelemede ise küme başı ve küme değişim sıklığı azaltılarak kümeleme için gereken kontrol mesajı maliyetinin ve dolaylı olarak iletişim için harcanan enerjinin azaltılması hedeflenir. Bu çalışmada, farklı KAA parametreleri için hem statik hem de dinamik kümelemenin ağ yaşam süresine olan etkisi simülasyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçların gelecekte tasarlanacak olan kümeleme tabanlı yaklaşımlara ışık tutacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Statik Kümeleme, Dinamik Kümeleme, Simülasyon

## 1. Giriş

Mikro elektronik teknolojisindeki gelişmeler, düşük güçle çalışan, küçük boyutlu ve ucuz algılayıcı düğümlerden oluşan Kablosuz Algılayıcı Ağlar'ın (KAA); endüstriyel otomasyon, çevre izleme, sağlık ve medikal uygulamalar gibi birçok farklı alanda tercih edilen bir altyapı olmasını sağlamıştır [1]. Algılayıcı düğümlerin bataryalarının kısıtlı olması ve uygulama koşullarına bağlı olarak çoğu durumda değiştirilmesinin veya yenilenmesinin mümkün olmaması, bu düğümlerin algıladıkları veriyi iletimlerinde enerji efektif yönlendirme algoritmalarının kullanılmasını zorunlu kılar. Bununla birlikte hesaplama ve depolama güçleri sınırlı olan algılayıcı düğümler için hafif ve etkili çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Çoğu uygulamada geniş bir ağ alanında yoğun bir şekilde konumlandırılan algılayıcı düğümler için tasarlanacak algoritmaların ölçeklenebilir olması bir diğer göz önüne alınması gereken husustur. Tüm bu özellikler dikkate alındığında kümeleme tabanlı yönlendirme protokolleri özellikle geniş ölçekli KAA için cazip bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır [2].

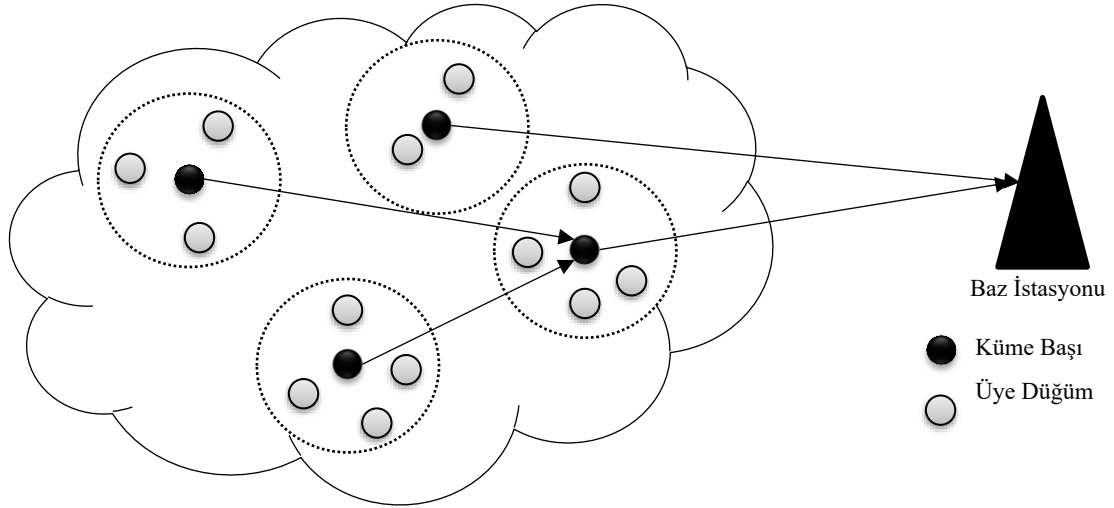
Kümeleme tabanlı yönlendirme mimarileri Şekil 1'de görüldüğü üzere ağda yer alan düğümlerin kümeler halinde organize olması temeline dayanır. Küme oluşumu, kaynak sınırlı olmayan merkezi bir düğüm (örneğin baz istasyonu) tarafından gerçekleştirilebileceği gibi, ağdaki düğümler tarafından dağıtık karar mekanizması ile de belirlenebilir. Ölçeklenebilirliği ve gerçek zamanlı uygulamalara adapte olabilmesi açısından dağıtık kümeleme yaklaşımı literatürde kendisine geniş yer bulmuştur [3-6]. Dağıtık kümelemede düğümler, küme başı olup olmadıklarına ağdaki düğümlerden bağımsız bir şekilde karar verirler. Her küme içerisinde küme başı adı verilen, üye düğümlerinden topladığı veriyi birleştirerek baz istasyonuna ya doğrudan ya da diğer küme başları yoluyla ileten bir koordinatör düğüm yer alır. Kümeler ise küme başlarının kapsama alanı boyunca şekillenir. Ağ yaşamı, ardışık döngüler halindedir. Her döngü algılayıcı düğümlerin veriyi çevreden algılaması ile başlar, küme başlarına veri iletimi ile devam eder ve küme başından baz istasyonuna iletim ile sonlanır. Ağda enerjisini tüketen düğüm ölü durumuna geçer ve ne algılama ne de veri iletimi işlemlerine dahil olamaz.

Kısıtlı kaynaklara sahip düğümlerden oluşan KAA'da, ağı mümkün olduğunca uzun süre yaşatmak için düğümlerin enerjilerinin verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Küme başlarının üye düğümlerden gelen veriyi toplama, birleştirme işlemi uygulama ve son veriyi baz istasyonuna iletme gibi görevleri nedeniyle enerjisini üye düğümlere göre daha çabuk tüketerek ölmesini engellemek amacıyla birçok çalışmada küme başlarının zaman içinde değişimi önerilmiştir. Ağdaki küme başlarının ve buna bağlı olarak kümelerin değişim sıklığı için farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Dinamik kümelemede [7-9], her döngü küme başlarının değişimi sağlanarak ağdaki yükün dengeli dağıtılması amaçlanırken, statik kümelemede küme başlarının belirli bir süre sabit kalarak küme oluşumu için gereken kontrol mesajı maliyetinin azaltılması hedeflenir [10-12]. Bazı çalışmalar ise hibrit yaklaşım kullanarak statik kümeler içerisinde değişen küme başları seçerler [13,14]. Hangi yaklaşımın daha avantajlı olduğu ancak farklı ağ parametreleri için test edilerek belirlenebilir. Bu nedenle bu çalışmada çeşitli veri paket boyları ve baz istasyonu konumları için simülasyon yöntemi kullanılarak statik ve dinamik kümelemenin ağ yaşam süresi üzerinden kıyaslanması yapılmıştır. Bu bağlamda bu çalışmanın gelecekteki kümeleme çalışmalarına temel oluşturacağı düşünülmektedir.

Bölüm 2'de benzetim ortamı ve kullanılan dağıtık kümeleme yaklaşımı tanıtılmış; Bölüm 3'te ise benzetim sonuçları değerlendirilerek çalışma sonlandırılmıştır.







Şekil 7: Kümeleme tabanlı KAA

## 2. Benzetim Ortamı ve Dağıtık Kümeleme Yaklaşımı

Kümeleme tabanlı yaklaşımlarda kümelerin oluşumu ağın performansı açısından oldukça önem arz eder. Çoğunlukla kalan batarya, komşu sayısı, iletişim maliyeti gibi parametrelerin oluşturduğu belirli bir fonksiyona göre küme başı olmaya karar veren düğümler, durumlarını etraflarına bildirmek amacıyla bir reklam mesajı yayımlar. Bu mesajı alan diğer düğümler durumlarını üye düğüm olarak günceller ve kendilerine gelen reklam mesajlarına göre optimum küme başını (örneğin kendisine en yakın olanı) seçerek ona bağlanma isteği yollar. Küme başları, üyelerinden topladığı bağlanma talebi sonrası veri iletimi için bir zaman çizelgesi oluşturur ve her üyeye hangi aralıkta iletim yapacağı bilgisini, üyelik onay mesajının içinde bildirir. Küme kurulunun tamamlandığı bu aşamadan sonra ağda bir sonraki aşama olan veri iletimi aşamasına geçilir. Önce üye düğümlerden küme başlarına, ardından küme başlarından doğrudan baz istasyonuna veya baz istasyonuna ulaştırılmak üzere bir sonraki aracı düğüme veri iletimi yapılır. Verinin baz istasyonuna ulaşmasının ardından döngü tamamlanır ve düğümler bir sonraki döngü için hazırlanırlar [2].

Ağda veri iletimin haricinde kümelerin oluşumu için gereken kontrol mesajları da düğümlerin enerji ve zaman harcamalarına neden olmaktadır. Bu nedenle statik kümeleme yaklaşımı her döngü kümelerin ve/veya küme başlarının değişmesini önermez. Genellikle belirli koşulları sağlayarak seçilen küme başlarının bir süre daha görevine devam etmesi tercih edilir. Bununla birlikte küme başlık vazifesi düğümün enerjisinin daha çabuk tükenmesine neden olabileceğinden, belirli eşik değerleri takip edilerek küme başının değişmesi sağlanır. Dinamik kümelemenin avantajı ağdaki yükün dengeli bir şekilde dağıtılması iken, statik kümeleme kontrol mesajı maliyetinin azalmasını sağlar. Bununla birlikte her iki yaklaşımın da performansı seçilen ağ parametreleri ile doğrudan bağlantılıdır. Bu çalışmada statik ve dinamik kümeleme yaklaşımları karşılaştırılırken Tablo 1’de verilen ağ parametreleri kullanılmıştır.

Tablo 2: Ağ Parametreleri

Parametre	Değer
Ağ Alanı	100 m x 100 m
Düğüm Sayısı	100
İlk Enerji	0.5J
Kontrol Paketi Boyu	200 bit
Veri Paketi Boyu	1000 bit, 4000 bit
Düğüm Dağılımı	Düzenli
Küme Başı Seçim Parametreleri	Kalan Enerji, Komşu Sayısı, Küme İçi İletişim Mesafesi
Baz İstasyonu Konumu	Merkez (50,50) ve Dışarı (50,-50)
Eşik Değeri	%20 ve %30
Küme Yarıçapı	30 m

100m<sup>2</sup>'lik bir alanına 100 düğüm rasgele bir şekilde dağıtılmıştır. Ağ homojendir ve tüm düğümlerin ilk enerjileri 0.5J'dir. İletişimde kullanılan kontrol paketi boyu sabit ve 200 bittir. Veri paketleri içinse 1000 bit ve 4000 bit olmak üzere iki farklı değer belirlenmiştir.



Düğümler Denklem 1 ve Denklem 2’de görülüşü üzere kalan enerjileri, komşu sayıları ve küme içi iletişim mesafesinin ( $d_{kümeiçi}$ , küme başı düğüm ve kapsama alanı içerisinde yer alan olası üye düğümler arasındaki ortalama Öklid uzaklığı) bir fonksiyonuna göre küme başı olup olmayacaklarına karar verirler [4]. Küme başı olan düğümler 30 metre yarıçaplı bir alan içinde kümelerini oluşturur. Dinamik kümelemede bu işlem her döngü tekrarlanırken, statik kümelemede seçilen küme başı, enerjisinin belirli bir eşik yüzdesi kalana kadar küme başı olmaya devam eder. Bu eşik değeri bu çalışmada %20 ve %30 olarak seçilmiştir. Ağ alanının içinde ve dışında olmak üzere iki farklı baz istasyonu konumu ile yapılan ölçümler sonucunda ağın performansını değerlendirmek amacıyla her döngü, ağda yaşayan düğüm sayısı raporlanmıştır.

$$t = \alpha \times e^{-\beta} \quad (1)$$

$$\beta = 100 \times \left( C_1 \times \frac{1}{d_{kümeiçi}} + C_2 \times \left( 1 - \frac{1}{komşu\_sayısı} \right) + C_3 \times e^{kalan\_Enerji} \right) \quad (2)$$

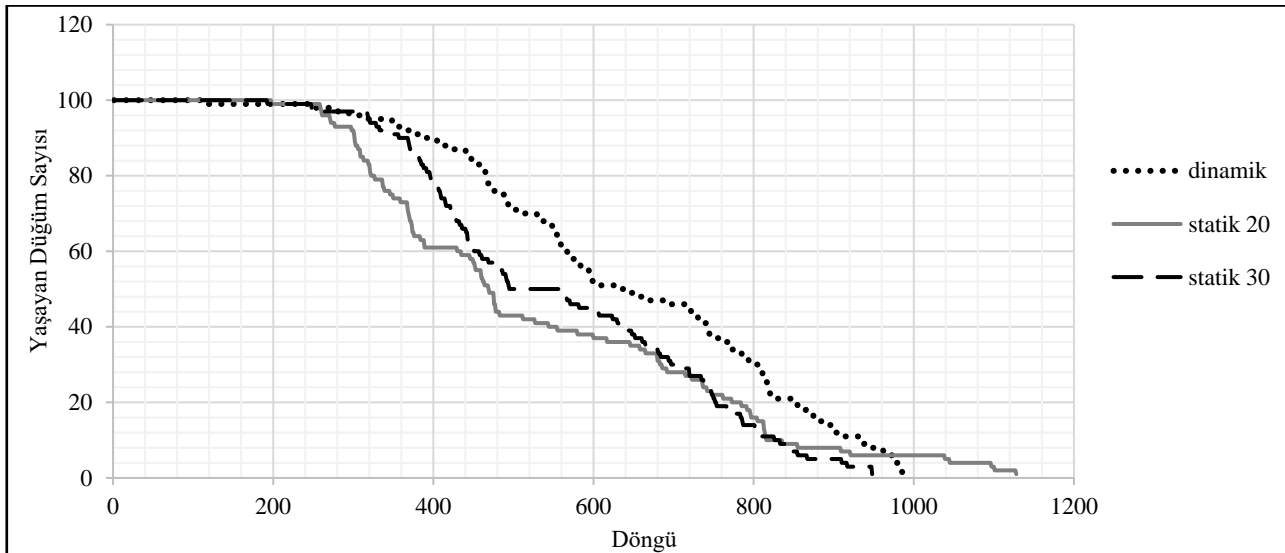
Bu çalışmada kullanılan radyo enerji modeli birçok çalışmada kullanılan FORM [15] (First Order Radio Model) modelidir. FORM modelinde ve küme başı seçiminde kullanılan parametreler Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2: FORM ve Küme Başı Seçim Parametreleri**

Parametre	Değer
$E_{elec}$	50 nJ/bit
$E_{fs}$	10 pJ/bit/m <sup>2</sup>
$E_{mp}$	0.0013 pJ/bit/m <sup>4</sup>
$E_{DA}$	5 nJ/bit
$C_1$	0.3
$C_2$	0.2
$C_3$	0.5

### 3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 2’de ağın dışında konumlanmış baz istasyonu için dinamik kümeleme, %20 eşik değerini kullanan statik kümeleme ve %30 eşik değerini kullanan statik kümeleme için her döngü yaşayan düğüm sayısı görülmektedir. Benzer şekilde Şekil 3’te görüldüğü üzere baz istasyonu konumu merkeze alınarak aynı parametreler için ölçümler tekrarlanmıştır. Her iki şekilde de kullanılan veri paket boyu 4000 bittir. Son olarak Şekil 4’te ise 1000 bitlik veri paketleri kullanan ve baz istasyonu ağın dışında yer alan bir KAA için dinamik kümeleme, %20 eşik değerini kullanan statik kümeleme ve %30 eşik değerini kullanan statik kümeleme için her döngü yaşayan düğüm sayısı görülmektedir.

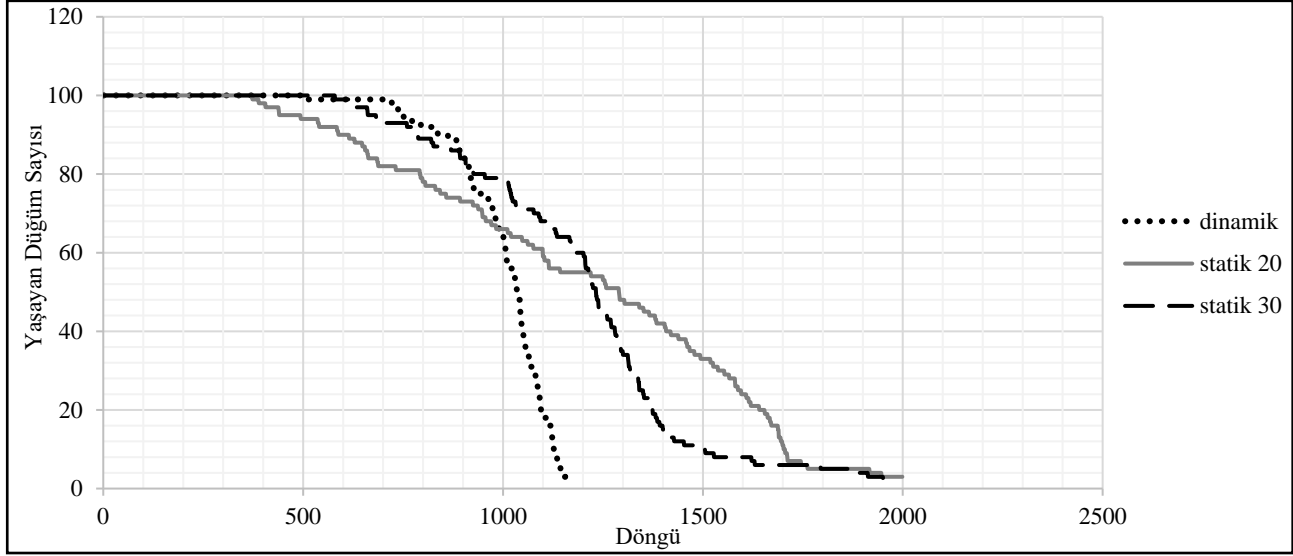


**Şekil 2: Dış konumlu baz istasyonu ve 4000 bit veri paketi için dinamik ve statik (%20 eşik ve %30 eşik) kümeleme sonucu her döngü ağda yaşayan düğüm sayısı**

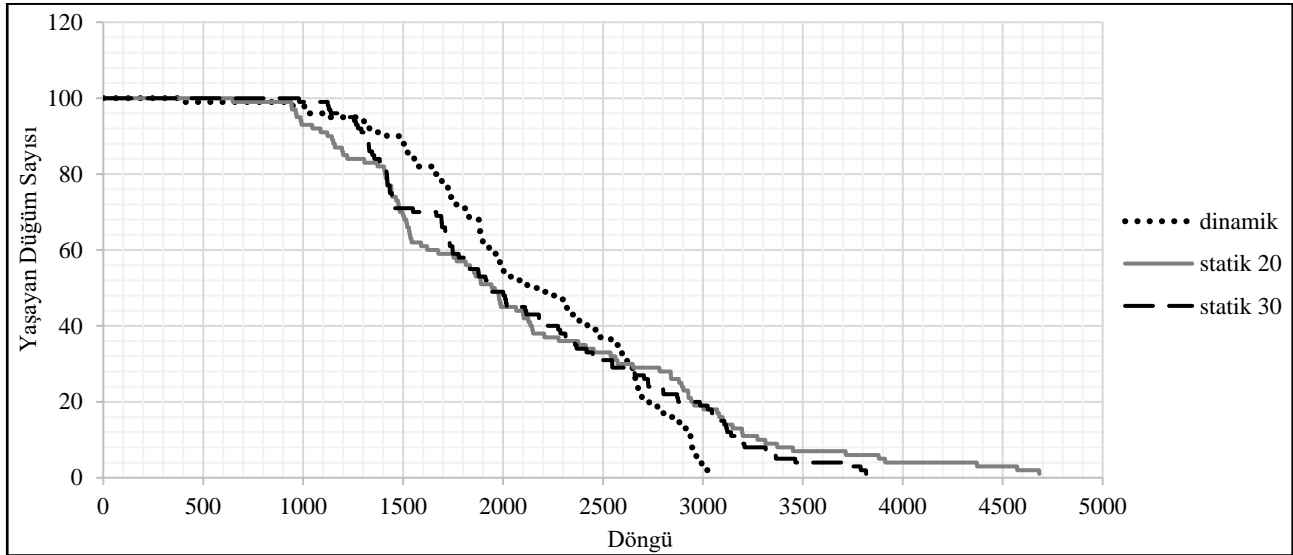
Şekil 2’de görüldüğü üzere baz istasyonu ağın dışında konumlandığında ve veri paketi boyu 4000 bit olduğunda dinamik kümeleme neredeyse ağ ömrü boyunca statik kümelemeye göre daha iyi performans (her döngü için daha fazla sayıda yaşayan düğüm)



sergilemiştir. Statik kümelemedeki sabit küme başlarının uzak mesafede yer alan baz istasyonuna erişimleri, enerjilerini daha çabuk tüketmelerine ve ağda yükün dengeli bir şekilde dağılmasına neden olmuştur. Bununla birlikte düğüm sayısı yaklaşık olarak %5'in altına indiğinde %20 eşik değerini kullanan statik kümeleme bir süre daha ağı yaşatarak avantajı ele geçirmiştir. Statik kümeleme için eşik değerinin artması performansını dinamik kümelemeye yaklaştırmakla birlikte bu parametreler için dinamik kümelemenin performansının yakalanması mümkün olmamıştır. Mevcut ağ şartları korunarak sadece veri paketi boyutunun 1000 bite indirilmesi bile performans üzerinde oldukça fazla etkiye sahiptir (Şekil 4). Dinamik ve statik kümeleme performansları birbirine daha da yaklaşmakla birlikte ağdaki düğümlerin yaklaşık %30'u kaldığında statik kümeleme belirgin bir şekilde daha avantajlı duruma geçmiştir. Bunun nedeni artan kontrol paketi / data paketi oranının, kontrol paketlerinin sayısını azaltan statik kümelemeyi bir adım öne taşımıştır. Son olarak baz istasyonu merkeze alındığında (Şekil 3) dinamik kümeleme neredeyse avantajını tamamen kaybetmekte ve düğümlerin %20'si öldükten sonra %30 eşik değerini kullanan statik kümelemenin gerisinde kalmaktadır. Bununla birlikte düğümlerin %50'si öldükten sonra ağ üzerinde en iyi performansı gösteren kümeleme %20 eşik değerini kullanan statik kümelemedir. Bu da ağın yarısından sonra sabit küme başlarının performans üzerinde oldukça artırıcı bir etkisi olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3: Merkez konumlu baz istasyonu ve 4000 bit veri paketi için dinamik ve statik (%20 eşik ve %30 eşik) kümeleme sonucu her döngü ağda yaşayan düğüm sayısı



Şekil 4: Dış konumlu baz istasyonu ve 1000 bit veri paketi için dinamik ve statik (%20 eşik ve %30 eşik) kümeleme sonucu her döngü ağda yaşayan düğüm sayısı

Elde edilen sonuçlar, statik ve dinamik kümelemenin performansının, uygulamanın şartlarına ve ağ parametrelerine yüksek oranda bağlı olduğu ve birinin diğerinden her koşulda daha iyi olduğunu söylenemeyeceğini göstermektedir. Uzak mesafe erişimlerinin belirli düğümlerin üzerine yıkılması statik kümelemeyi uzak baz istasyonu konumları için dezavantajlı hale getirmektedir. Bununla



beraber statik kümelemenin kontrol mesajları ve yeniden kümeleme maliyetini azaltması, uzak mesafe erişimi gerektirmeyen, ağ içinde konumlanmış baz istasyonu durumunda avantajlı hale gelmesini sağlamıştır. Benzer şekilde veri paketlerinin kontrol paketlerine oranı ne kadar çok olursa, dinamik kümeleme statik kümeleme ile arasındaki performans farkını o derece açar. Bunun nedeni dinamik kümelemenin dezavantajı olarak sayılabilecek kontrol mesajlarının, veri paketlerine oranla daha az kalması ve ağda dengelenen yükün performans üzerinde belirleyici etmen olmasıdır. Gelecek çalışmada, daha fazla ağ parametresinin daha geniş bir değer kümesinde ayrıntılı olarak statik ve dinamik kümeleme karşılaştırılacaktır.

#### 4. Kaynakça

- [1] Liu, X. (2012). A survey on clustering routing protocols in wireless sensor networks. *sensors*, 12(8), 11113-11153.
- [2] Xu, L., Collier, R., & O'Hare, G. M. (2017). A survey of clustering techniques in WSNs and consideration of the challenges of applying such to 5G IoT scenarios. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(5), 1229-1249.
- [3] Liu, Z., Zheng, Q., Xue, L., & Guan, X. (2012). A distributed energy-efficient clustering algorithm with improved coverage in wireless sensor networks. *Future Generation Computer Systems*, 28(5), 780-790.
- [4] Zhang, D. G., Wang, X., Song, X. D., Zhang, T., & Zhu, Y. N. (2015). A new clustering routing method based on PECE for WSN. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2015(1), 162.
- [5] Zakariayi, S., & Babaie, S. (2019). DEHCIC: A distributed energy-aware hexagon based clustering algorithm to improve coverage in wireless sensor networks. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 12(4), 689-704.
- [6] Han, R., Yang, W., Wang, Y., & You, K. (2017). DCE: A distributed energy-efficient clustering protocol for wireless sensor network based on double-phase cluster-head election. *Sensors*, 17(5), 998.
- [7] Yuan, X., Elhoseny, M., El-Minir, H. K., & Riad, A. M. (2017). A genetic algorithm-based, dynamic clustering method towards improved WSN longevity. *Journal of Network and Systems Management*, 25(1), 21-46.
- [8] Khalil, E. A., & Bara'a, A. A. (2011). Energy-aware evolutionary routing protocol for dynamic clustering of wireless sensor networks. *Swarm and Evolutionary Computation*, 1(4), 195-203.
- [9] Ganesh, S., & Amutha, R. (2013). Efficient and secure routing protocol for wireless sensor networks through SNR based dynamic clustering mechanisms. *Journal of Communications and Networks*, 15(4), 422-429.
- [10] Chaurasiya, S. K., Pal, T., & Bit, S. D. (2011, January). An enhanced energy-efficient protocol with static clustering for WSN. In *The International Conference on Information Networking 2011 (ICOIN2011)* (pp. 58-63). IEEE.
- [11] Haider, A., Javaid, N., Amjad, N., Awan, A. A., Khan, A., & Khan, N. (2013, October). REECH-ME: Regional energy efficient cluster heads based on maximum energy routing protocol for WSNs. In *2013 Eighth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications* (pp. 88-92). IEEE.
- [12] Xiang, M., Shi, W. R., Jiang, C. J., & Zhang, Y. (2010). Energy efficient clustering algorithm for maximizing lifetime of wireless sensor networks. *International Journal of Electronics and Communications*, 64, 289-298.
- [13] Du, T., Qu, S., Liu, F., & Wang, Q. (2015). An energy efficiency semi-static routing algorithm for WSNs based on HAC clustering method. *Information fusion*, 21, 18-29.
- [14] Ferng, H. W., Tendeau, R., & Kurniawan, A. (2012). Energy-efficient routing protocol for wireless sensor networks with static clustering and dynamic structure. *Wireless Personal Communications*, 65(2), 347-367.
- [15] Heinzelman, W. R., Chandrakasan, A., & Balakrishnan, H. (2000, January). Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In *Proceedings of the 33rd annual Hawaii international conference on system sciences* (pp. 10-pp). IEEE.



## DP800 SAC MALZEMELERDE LOKAL ISITMA İLE ŞEKİLLENDİRMENİN MİKROYAPIYA ETKİSİ

Kadir Aydın<sup>1</sup>, Mehmet Okan Kabakçı<sup>2</sup>, İbrahim Karaağaç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye

kadir.aydin@dpu.edu.tr

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

mokabakci@gazi.edu.tr

ibrahimkaraagac@gazi.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışmada çift fazlı DP800 sac malzemenin lokal ısıtma uygulanarak şekillendirilmesinde mikroyapıdaki değişim ve şekillendirilebilirlik deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada değişken deney parametresi olarak sıcaklık tercih edilmiştir. DP800 sac malzeme oda sıcaklığı, 200 °C, 400 °C, 600 °C sıcaklıklarda bölgesel ısıtmaya tabi tutulmuş mikroyapıdaki değişim ve şekillendirilebilirlik gözlenmiştir. Sıcaklığın oda sıcaklığından 200 °C'a artmasıyla malzemeye dayanım kazandıran martenzit fazında azalma, sıcaklığın 200 °C'tan 400 °C'a artmasıyla martenzit fazında artma ve sıcaklığın 400 °C'tan 600 °C'a artmasıyla martenzit fazında azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Çalışma sonunda çift fazlı çeliklere dayanım kabiliyeti sağlayan martenzit faz oranı en çok 400 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Ayrıca geri esneme açısından değişim ile mikroyapı faz değişimlerinin birbiriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DP800, Mikroyapı, Lokal ısıtma, Şekillendirebilirlik

### 1. Giriş

İleri yüksek mukavemetli çelik (AHSS) levhaların yüksek dayanımı ve düşük hafifliği nedeniyle kullanım alanı giderek artmaktadır. Yüksek dayanım çarpma esnasında yolcu güvenliğini sağlarken, hafiflik ise yakıt tüketimini azaltmaktadır. Çift fazlı (DP) çelikler ferrit matris bünyesinde adacıklar halinde dağılmış martenzit fazından meydana gelmektedir [1,2]. Çift fazlı çeliklerin üretimi, ötektoit altı çeliklerin demir-sementit denge diyagramında  $A_{c1}$  ve  $A_{c3}$  arasındaki bölgeye kadar ısıtıldığında yapısında ferrit ve ostenit ( $\gamma$ ) fazları oluşmaktadır. Bu bölgede belirli bir süre bekletildikten sonra suda ani olarak soğutulursa ostenit ve martenzit fazına dönüşmektedir. Böylece ferrit ve martenzit fazlarından oluşan bir mikroyapı elde edilmektedir. Bu işlem IDP (Intercritical Dual-Phase) metodu olarak adlandırılmaktadır. Çift fazlı çeliklerin üretiminde kullanılan diğer bir metot ise ADP (Austenite Dual-Phase) metodudur. Bu yöntemde ise malzeme tamamen ostenit bir iç yapı oluşturmak için  $A_{c3}$ 'ün biraz üzerine kadar ısıtılarak belirli bir süre bekledikten sonra kademeli olarak soğutulmaktadır. Birinci aşamada  $A_{c1}$ - $A_{c3}$  arasına soğutulmuş ve belirli bir süre beklenilerek yapıda ferrit oluşturulmaktadır. Daha sonra ise hızlı bir soğumayla ostenit martenzite dönüştürülmektedir [3,4].

Metal malzemelerin bükülerek şekillendirilmesinde karşılaşılan en önemli problemlerden birisi de geri esnemedir. Şekillendirme sonrası malzemenin yapısındaki elastik gerilmelerden kaynaklanan geri esneme davranışı parçalarda şekil ve ölçü hatalarına sebep olmaktadır [5]. Sıcaklık mikroyapıyı değiştirerek malzemenin özelliklerini değiştirmektedir. Bu değişim malzemenin hem mekanik özelliklerinde hem de şekillendirilmesinde meydana gelmektedir. Öztürk ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada, DP600 sac malzemenin oda sıcaklığı (RT) ve 300 °C arasında ılık şekillendirip geri esneme davranışlarını deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışma sonunda farklı sıcaklıklarda DP600 sac malzemenin karmaşık davranışlar gösterdiğini tespit etmişlerdir [6]. Yanagimoto ve Oyamada da yüksek dayanımlı sacların şekillendirilmesinde sıcaklığın geri esnemeye etkilerini araştırmışlardır. 750 Kelvin üzerindeki sıcaklıklarda sıcaklık artmasıyla geri esnemenin azaldığını gözlemlemişlerdir [7]. Karaağaç ve diğerleri yaptığı çalışmada galvaniz kaplı DP600 sac malzemenin lokal ısıtarak şekillendirilebilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada oda sıcaklığından 200 °C sıcaklığa kadar martenzit fazında artma, 200 °C'dan 400 °C'a kadar martenzit fazında azalma, 400 °C'dan 500 °C'a kadar ise martenzit fazının arttığını tespit etmişlerdir [8].

Bu çalışmada da, DP800 sac malzemenin lokal olarak büküm bölgesinin ısıtılmasının mikroyapıya ve şekillendirmeye olan etkilerinin deneysel araştırılması amaçlanmıştır.

### 2. Materyal ve Metot

Çalışmada soğuk haddelenmiş 1,2 mm kalınlığında DP800 sac malzeme kullanılmıştır. Sac levha malzemenin mekanik özelliklerinin ölçülmesi amacıyla çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucu elde edilen veriler Tablo 1 ile gösterilmiştir. Ayrıca DP800 sac malzemenin kimyasal bileşiminin belirlenmesi için kimyasal spektrometre cihazı kullanılarak kimyasal analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu DP800 sac malzemenin kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.





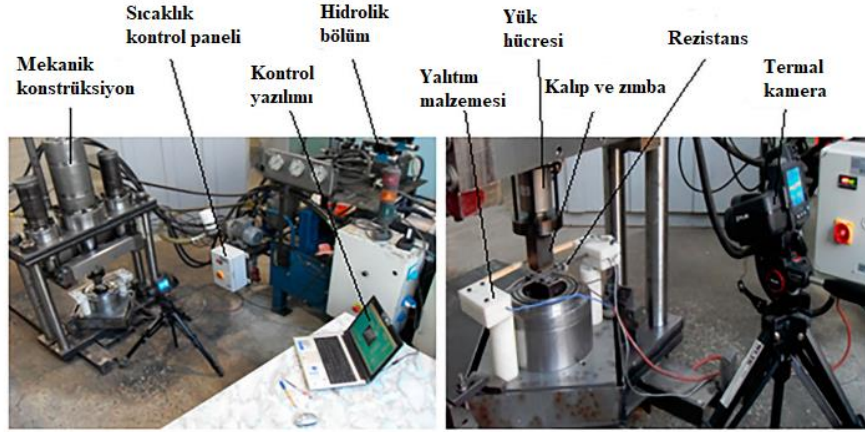
**Tablo 3: DP800 malzemenin mekanik özellikleri**

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Elastikiyet modülü (GPa)
DP800	511,4	832,4	17,75	179,52

**Tablo 2: DP800 malzemenin kimyasal özellikleri (% ağırlık)**

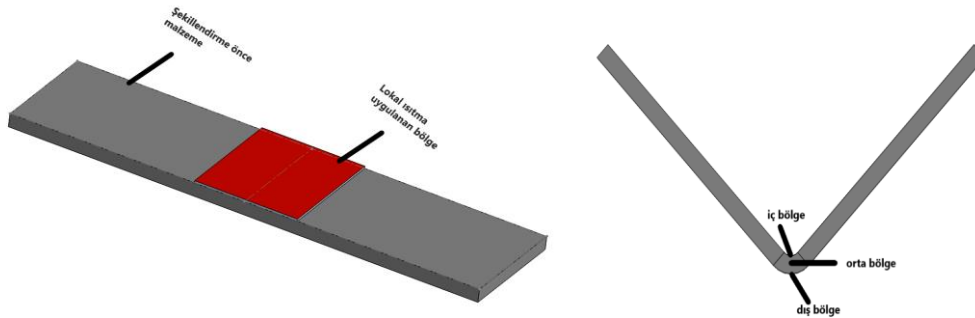
Malzeme	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Co	Zn	C
DP800	32,552	0,816	0,120	0.028	0,06	0,271	66,131	Kalan

Deneyde kullanılan malzemeler giyotin makas kullanılarak 30x40 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Rezistans yardımıyla malzemeye lokal ısıtma uygulanmış ve termal kamera yardımıyla sıcaklık değeri ölçülmüştür. Daha sonra ise bilgisayar kontrollü şekillendirme cihazıyla sac malzemelerin V bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada V bükme işlemi 10 mm/sn sabit bükme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de deneysel çalışma ortamı verilmiştir.



**Şekil 1: Deneysel çalışma ortamı**

Lokal ısıtma uygulanan sac malzemeler V bükme yöntemiyle şekillendirildikten sonra, iç, orta ve dış bölge olmak üzere üç bölgeye ayrılmış ve bu bölgelerin faz analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de lokal ısıtma uygulanan malzeme bölgesi ve faz analizleri yapılan kısımların şematik resimleri verilmiştir.



**Şekil 2: Lokal ısıtma uygulanan bölüm ve şekillendirme sonrası mikro yapısı incelenen bölgeler**

Çalışmada; değişken deney parametreleri sıcaklık değişken deney parametresi ve sabit parametre olarak da zımba uç radyüsü 2 mm ve şekillendirme hızı 10 mm/s olarak belirlenmiştir. Tablo 3’te deneysel çalışmada kullanılan deney parametreleri ve değerleri verilmiştir.

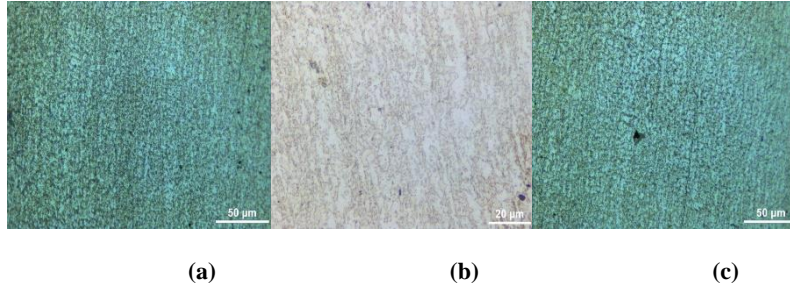


**Tablo 3: Deney parametreleri ve değerleri**

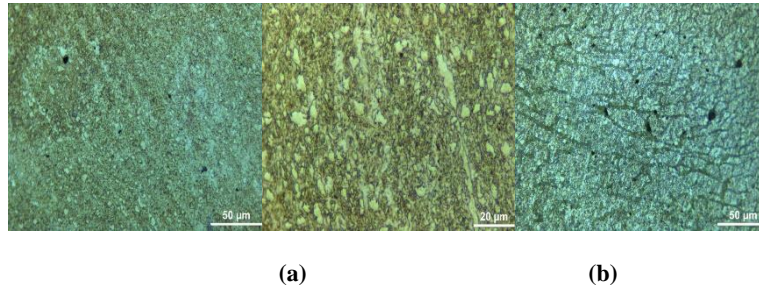
Deney parametreleri	Parametre değerleri
Sıcaklık (°C)	RT, 200, 400 ve 600
Malzeme	DP800
Zımba uç radyüsü (mm)	2
Şekillendirme hızı (mm/s)	10

### 3. Bulgular ve Tartışma

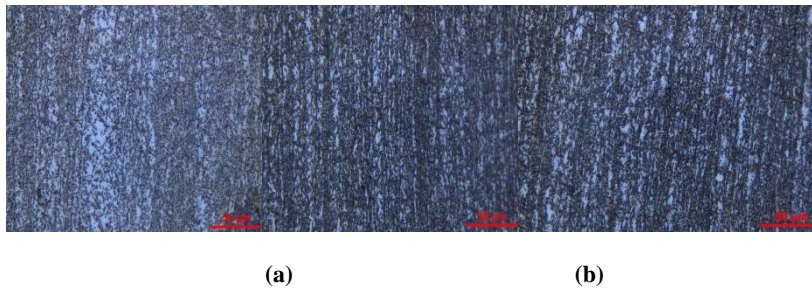
Lokal ısıtma uygulanan sac malzemelerin mikroyapıları incelendiğinde oda sıcaklığında iç bölgede martenzit faz yoğunluğu diğer bölgelere kıyasla daha fazla gözlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda ise orta ve dış bölgelerdeki martenzit faz yoğunluğunun daha fazla olduğu tespit edilmiştir. 400 °C sıcaklıkta şekillendirilen malzemede tüm bölgelerde en yüksek martenzit faz oranları belirlenmiştir. Malzemenin yapısında bulunan ilave martenzit fazı ısıtma sonrası ani soğumaya bağlı olarak ortaya çıkmıştır. Ayrıca sıcaklığın oda sıcaklığından 200 °C'a artmasıyla malzemeye dayanım kazandıran martenzit fazında azalma, sıcaklığın 200 °C'tan 400 °C'a artmasıyla martenzit fazında artma ve sıcaklığın 400 °C'tan 600 °C'a artmasıyla martenzit fazında azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Şekil 3-5'te malzemelerin mikroyapıları verilmiştir. Malzemelerin yapısında bulunan faz oranları ise Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 3: Oda sıcaklığında şekillendirilen malzemenin mikroyapıları; a) iç bölge, b) orta bölge, c) dış bölge**

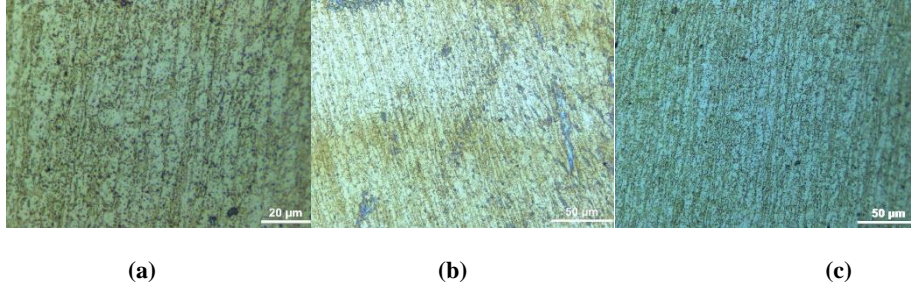


**Şekil 4: 200 °C'ta şekillendirilen malzemenin mikroyapıları; a) iç bölge, b) orta bölge, c) dış bölge**

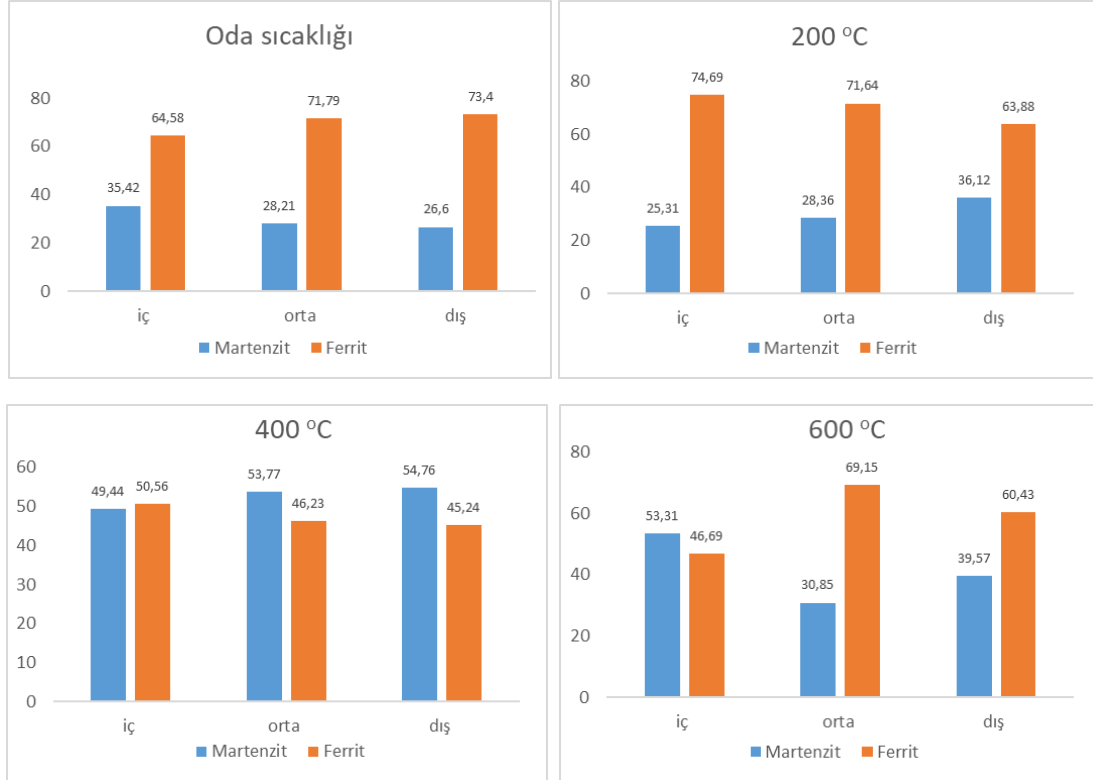


**Şekil 5: 400 °C'ta şekillendirilen malzemenin mikroyapıları; a) iç bölge, b) orta bölge, c) dış bölge**





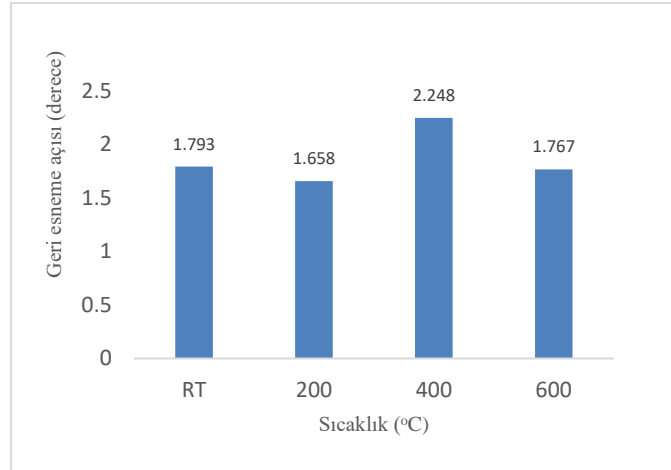
Şekil 6: 600 °C'ta şekillendirilen malzemenin mikroyapıları; a) iç bölge, b) orta bölge, c) dış bölge



Şekil 7: Lokal ısıtma ile şekillendirilen malzemenin faz oranları

Sac malzemelerde şekillendirme sonrası elastik gerilmelerden kaynaklı şekil ve ölçü sapmalarına geri esneme adı verilmektedir [8]. Çalışmada 30x40 mm boyutlarında hazırlanan numuneler bölgesel ısıtılarak 30 derecelik V kalıplarda şekillendirilmiştir. Şekillendirme prosesi sonrasında oluşan geri esneme değerleri araştırılmıştır. Çalışmada sıcaklık oda sıcaklığından 200 °C'a arttığında geri esneme açısında azalma, 200 °C'tan 400 °C'a arttığında geri esneme açısında artma ve 400 °C'tan 600 °C'a arttığında geri esneme açısında azalma meydana geldiği gözlenmiştir. Sac malzemelerde sertliğin artmasıyla geri esneme açısı artmakta, sertliğin azalmasıyla da geri esneme açısının azalmaktadır [9]. Sac malzemelerin mikroyapı faz oranlarıyla geri esneme açısındaki değişimin birbiriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.





Şekil 8: Lokal ısıtma ile şekillendirilen malzemenin geri esneme değerleri

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Lokal ısıtma uygulanan bölgelerin mikroyapısında değişimler gözlemlenmiş ve sıcaklığın mikroyapı özelliklerinde önemli bir değişime sebep olduğu anlaşılmıştır.
- Tüm numuneler incelendiğinde malzemeye mukavemet kazandıran martenzit fazının en yoğun 400 °C sıcaklıkta şekillendirilen numunelerde olduğu tespit edilmiştir.
- Oda sıcaklığında martenzit faz yoğunluğu en fazla iç bölgede tespit edilirken, yüksek sıcaklıklarda ise martenzit faz yoğunluğu diğer bölgelerde daha fazla gözlemlenmiştir.
- Sıcaklık oda sıcaklığından 200 °C'a arttığında geri esneme açısında azalma, 200 °C'tan 400 °C'a arttığında geri esneme açısında artma ve 400 °C'tan 600 °C'a arttığında geri esneme açısında azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- Sıcaklığın oda sıcaklığından 200 °C'a artmasıyla malzemeye dayanım kazandıran martenzit fazında azalma, sıcaklığın 200 °C'tan 400 °C'a artmasıyla martenzit fazında artma ve sıcaklığın 400 °C'tan 600 °C'a artmasıyla martenzit fazında azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- Geri esneme açısındaki değişim ve mikroyapı faz oranlarındaki değişimin birbiriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Çavuşoğlu, O., Toros, S., Gürün, H., et al. (2018). Warm deformation and fracture behavior of DP1000 advanced high strength steel. *Ironmaking Steelmaking*, 45(7):618–625.
- [2] Ghadbeigi, H., Pinna, C., Celotto, S. (2013). Failure mechanisms in DP600 steel: initiation, evolution and fracture. *Mater Sci Eng A.*, 2013(588), 420–431.
- [3] Çetinel, H. (2014). Çift Fazlı Çelik Saclarda Şekil Alabilirlik, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(2), 73-80.
- [4] Aksoy, M. (1989): “Düel-Faz Çeliklerinin Mekanik Özelliklerine Mikroyapının Etkisi”; 3. Denizli Malzeme Sempozyumu, Denizli, s. 33-44.
- [5] Önel, T. (2017). V Bükme İşleminde Sıcaklığın Geri Esneme Davranışına Etkisinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [6] Ozturk, F., Toros, S., & Kilic, S. (2009). Tensile and spring-back behavior of DP600 advanced high strength steel at warm temperatures. *Journal of Iron and Steel Research, International*, 16(6), 41-46.
- [7] Yanagimoto, J., Oyamada, K. (2007). Mechanism of Springback-Free Bending of High-Strength Steel Sheets under Warm Forming Conditions. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 56(1), 265-268.
- [8] Karaağaç, İ., Önel, T., & Uluer, O. (2019). The effects of local heating on springback behaviour in v bending of galvanized DP600 sheet. *Ironmaking & Steelmaking*, 1-7.
- [9] Aydın, K., Karaağaç, İ. & Uluer, O. (2019), The formability and springback characterization of laser-welded DP-HSLA sheets, *Appl. Phys. A* 125: 525. <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2817-0>.





## DP800 SAC MALZEMELERDE SICAKLIĞIN VE KALIP AÇISININ GERİ ESNEMEYE ETKİSİ

Kadir Aydın<sup>1</sup>, Mehmet Okan Kabakçı<sup>2</sup>, İbrahim Karaağaç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye

kadir.aydin@dpu.edu.tr

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

mokabakci@gazi.edu.tr

ibrahimkaraagac@gazi.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışmada çift fazlı DP800 sac malzemenin V bükümü sonrası bölgesel ısıtma sıcaklığının ve kalıp açısının geri esneme davranışlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada deney parametreleri olarak sıcaklık (RT, 200 °C, 400 °C ve 600 °C) ve kalıp açısı (30, 60, 90 ve 120 derece) tercih edilmiştir. Çalışmada sıcaklığın artmasına bağlı olarak geri esneme değerinde RT-200 °C %63,7 artma, 200-400°C %6,2 azalma, 400-600°C %3,2 artma tespit edilmiştir. Ayrıca kalıp açısındaki değişimlerinde geri esnemeye etkileri verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DP800, Geri esneme, Sıcaklık, Kalıp açısı

### 1. Giriş

Sac malzemeler özellikle havacılık, medikal, otomotiv ve uzay endüstrisinde kendine geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Günlük hayatta sıkça kullandığımız sac malzemeler birden fazla şekillendirme yöntemiyle üretilmektedir. Bu şekillendirme yöntemlerinden biri de V bükme yöntemidir. V bükme yönteminde dış kalıp üzerine yerleştirilen sac malzemenin zımbanın kuvvet uygulaması suretiyle şekillendirilmesi prensibine dayanmaktadır. Şekillendirilen sac malzemenin elastik gerilmelerden dolayı eski formuna dönme eğilimine geri esneme adı verilmektedir. Geri esneme sac metal şekillendirme prosesinde ölçü hatalarına sebep olan ve istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Geri esnemeye sıcaklık, kalıp açısı, malzeme özellikleri ve ütüleme süresi gibi parametrelerin etkisi bulunmaktadır [1-4].

Bir sac malzeme türü olan çift fazlı DP800 malzemeler özellikle otomotiv sektöründe geniş bir kullanıma sahiptir. Diğer sac malzemeler gibi bu sac malzeme de şekillendirme sonrası geri esneme problemine maruz kalmaktadır. Geri esneme değerlerinin önceden tahmin edilebilmesinin deneme yanılma gibi zaman kaybına yol açan proseslerin önüne geçmesi açısından büyük önem arz etmektedir [5].

Sac metal şekillendirme operasyonlarında sıcaklık mikroyapıyı değiştirerek geri esnemeyi önemli miktarda etkilemektedir. Literatürde, Öztürk ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada, DP600 sac malzemenin oda sıcaklığı (RT) ve 300 °C arasında ılık şekillendirip geri esneme davranışlarını deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışma sonunda farklı sıcaklıklarda DP600 sac malzemenin karmaşık davranışlar gösterdiğini tespit etmişlerdir [6]. Yanagimoto ve Oyama da yüksek dayanımlı sacların şekillendirilmesinde sıcaklığın geri esnemeye etkilerini araştırmışlardır. 750 Kelvin üzerindeki sıcaklıklarda sıcaklık artmasıyla geri esnemenin azaldığını gözlemlemişlerdir [7]. Önel ve diğerleri de yaptığı çalışmada galvaniz kaplı DP600 sac malzemenin lokal ısıtarak geri esneme davranışını araştırmışlardır. Çalışmada oda sıcaklığı-200 °C sıcaklığı arası geri esnemenin arttığı, 200 °C-400 °C arası geri esnemenin azaldığı, 400 °C-500 °C arası geri esnemenin arttığı tespit edilmiştir [8]. Geri esnemeyi etkileyen bir diğer parametre de kalıp açısıdır. Umur yaptığı çalışmada küçük kalıp açılarında ileri esneme, büyük kalıp açılarında ise geri esnemenin oluştuğunu tespit etmiştir [9]. Aydın ve Karaağaç DP600 sac malzemenin kalıp açısına bağlı geri esneme davranışlarını araştırmışlardır. Çalışma sonunda kalıp açısının artmasıyla geri esnemenin önce arttığı daha sonra azaldığını belirlemişlerdir [10].

Literatürde özellikle DP800 malzemenin V bükme yöntemiyle şekillendirilmesi sonrası geri esneme davranışlarıyla ilgili çalışmalar yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmada tüm malzemeni ısıtmak yerine sadece büküm bölgesinin ısıtılmasının büküm prosesi sonrası oluşacak geri esneme davranışına sıcaklığın ve kalıp açısının etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

### 2. Metot

Çalışmada soğuk haddelenmiş 1,2 mm kalınlığında DP800 sac malzeme kullanılmıştır. Endüstriden temin edilmiş olan sac levha malzemenin mekanik özelliklerinin ölçülmesi amacıyla ASTM-E8M standartlarında çekme numuneleri 0, 45, 90 derece hadde yönlerinde kesilerek hazırlanmış ve çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan mekanik testler sonucu elde edilen verilerin ortalama değerleri Tablo 1 ile gösterilmiştir. Ayrıca DP800 sac malzemenin kimyasal bileşiminin belirlenmesi için kimyasal spektrometre





cihazı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu DP800 sac malzemenin kimyasal kompozisyonu belirlenmiş ve Tablo 2 ile verilmiştir.

**Tablo 4: DP800 malzemenin mekanik özellikleri**

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)	Elastikiyet modülü (GPa)
DP800	511,4	832,4	17,75	179,52

**Tablo 2: DP800 malzemenin kimyasal özellikleri (% ağırlık)**

Malzeme	Fe	Mn	Cr	Ni	Cu	Co	Zn	C
DP800	32,552	0,816	0,120	0,028	0,06	0,271	66,131	Kalan

Deney malzemeleri giyotin makas kullanılarak 40x40 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Daha sonra kalıp üzerine yerleştirilen sac malzemeler rezistans yardımıyla malzemeye lokal ısıtmaya tabi tutulmuş ve termal kamera yardımıyla da sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sonraki adımda da bilgisayar kontrollü şekillendirme cihazıyla sac malzemelerin V bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada V bükme işlemi 10 mm/sn sabit bükme hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de deneysel çalışma ortamının genel görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 1: Deneysel çalışma ortamı**

Çalışmada; sıcaklık ve kalıp açısı değişken deney parametreleri olarak, zimba uç radyüsü ve şekillendirme hızı sabit parametre olarak belirlenmiştir. Tablo 3’de deney parametreleri verilmiştir.

**Tablo 3: Deney parametreleri ve değerleri**

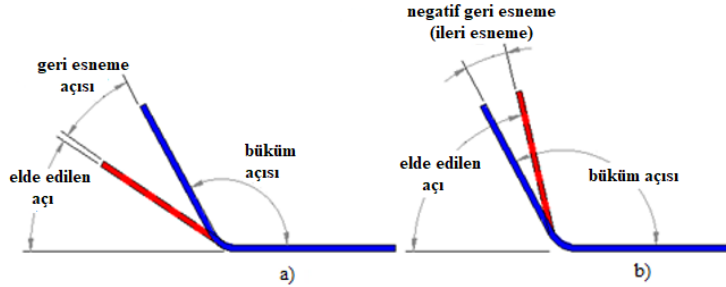
Deney parametreleri	Parametre değerleri
Kalıp açısı (derece)	30,60, 90 ve 120
Sıcaklık (°C)	RT, 200, 400 ve 600
Malzeme	DP800
Zimba uç radyüsü (mm)	2

Deneysel çalışmada bükme kuvvetinin hesaplamasında Eş.1 kullanılmıştır [11]. Hesaplanan bükme kuvveti değerleri tasarlanan yazılımda programa bükme kuvveti verisi olarak girilmiş ve deneysel çalışmalar hesaplanan kuvvet değerinde gerçekleştirilmiştir. Eş.1’de verilen;  $F$  bükme kuvveti,  $l$  bükme uzunluğu,  $k$  kalıp açıklık faktörü,  $t$  sac kalınlığı,  $\sigma$  çekme gerilmesi,  $s$  kalıp açıklığının genişliği olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonuçların daha yüksek güvenilirlik sağlaması açısından her bir deney ikişer defa tekrar edilmiştir.

$$F = \frac{l \cdot t^2 \cdot k \cdot \sigma}{s} \quad (1)$$



Bükme işlemlerinde malzemelerin elastikiyet sınırı aşılmakta, ancak maksimum çekme gerilmeleri aşılamamaktadır. Bu sebepten dolayı, malzeme orijinal elastikiyetinin bir kısmını elastik gerilmelerden dolayı hala muhafaza etmektedir. Deneyler esnasında uygulanan şekillendirme kuvveti kaldırıldığında elastik deformasyondan ötürü malzeme bükme yönünün tersi yönde bir miktar esneyerek geriye doğru açılmaktadır. Malzemenin gösterdiği bu davranış geri esneme olarak ifade edilmektedir. Sac malzemenin istenilen açıdan daha büyük bir açıda eldesi ise ileri esneme veya negatif geri esneme olarak tanımlanmaktadır [12,13]. Şekil 2’de geri esneme ve ileri esneme davranışları şematik olarak verilmiştir.



Şekil 2: Bükmede geri ve ileri esneme davranışları; a) geri esneme, b) ileri esneme

V bükme yöntemiyle şekillendirilen deney numunelerinin bükme işlemlerinde geri esneme ve ileri esneme açısı ölçümleri bilgisayarlı koordinat ölçme (CMM) cihazı kullanılması suretiyle yapılmıştır. Öncelikle, şekillendirilen deney numuneleri bir plaka üzerine hassas bir şekilde yapıştırılmıştır. Sonrasında, bükülen parçanın bir yüzünde üç noktadan CMM cihazının probu ile dokunularak bir düzlem oluşturulmuştur. Devamında da aynı işlem şekillendirilen parçanın diğer yüzeyi için uygulanarak ikinci düzlem oluşturulmuştur. Elde edilen bu iki düzlem arasındaki açıdan büküm açısı çıkartılarak geri esneme açısı hesaplanmıştır. Geri esneme açısının ölçümlerinin gerçekleştirildiği çalışma ortamı Şekil 3’te gösterilmiştir.

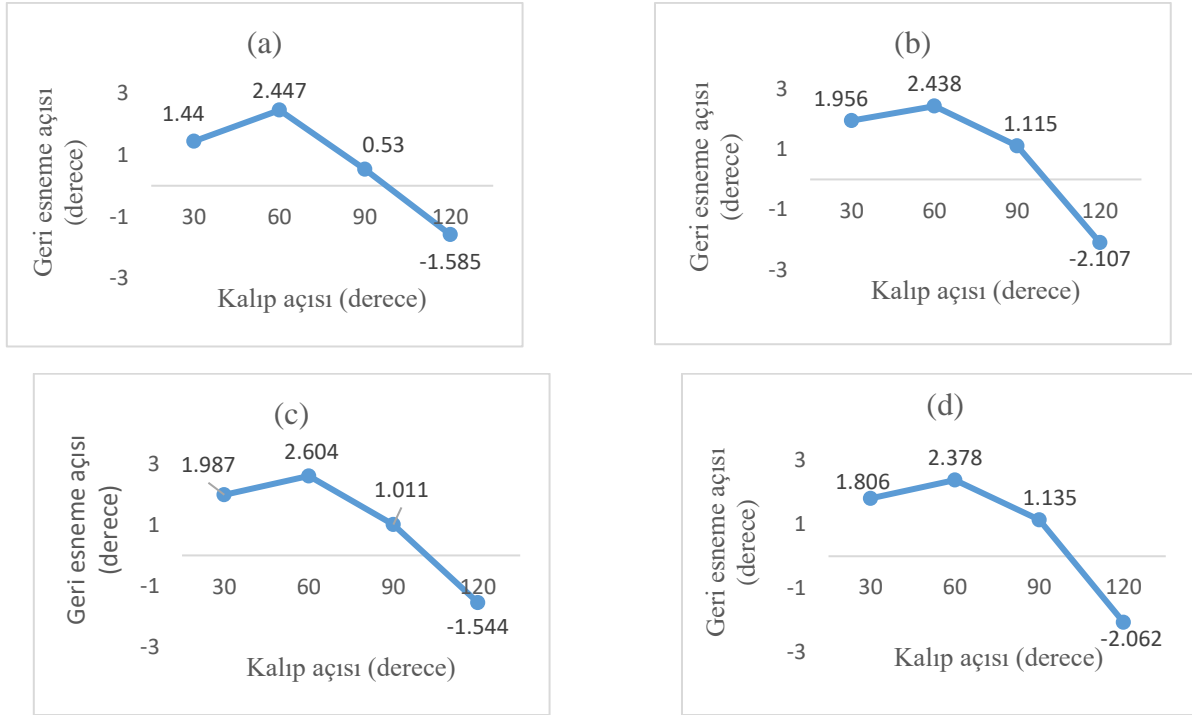


Şekil 3: CMM ile geri esnemenin ölçümü

### 3. Bulgular ve Tartışma

V bükme ile şekillendirme işleminde sıcaklığın geri esnemeyi etkileyen önemli parametrelerden birisi olduğu gözlemlenmiştir. DP800 malzemede sıcaklığın artmasıyla geri esneme değerinde karmaşık bir değişim gözlemlenmiştir. DP800 sac malzemede sıcaklığın artmasına bağlı olarak geri esneme değerinde RT-200 °C %63,7 artma, 200-400°C %6,2 azalma, 400-600°C %3,2 artma tespit edilmiştir. Bu değişim malzemenin mikroyapısında bulunan ferrit ve martenzit faz oranlarının değişiminden kaynaklanmıştır [8]. Ayrıca kalıp açısındaki değişime bağlı olarak geri esneme değerinde, kalıp açısının 30 dereceden 60 dereceye artmasıyla ortalama %25,4 artma, 60 dereceden 90 dereceye artmasıyla ortalama %52,8 azalma gözlenmiş ve 120 derece kalıp açısında ise ileri esneme meydana geldiği tespit edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda ve değişen kalıp açılarında geri esneme değerindeki değişimler Şekil 4’te gösterilmiştir. Kalıp açısının artmasıyla geri esnemenin arttığı gözlenmektedir. Bu durumun sebebi kalıp açısının artmasıyla malzemedeki elastik gerilmelerin artmasından kaynaklanmaktadır. Daha sonra 60 derece kalıp açısından sonra ise geri esneme değerinde meydana gelen azalma elastik gerilmelerin dar bir alana hapsolmesinden kaynaklanmaktadır [13].





Şekil 4: Kalıp açısı ve sac genişliği etkisinde oluşan geri esneme grafikleri; a) Oda sıcaklığı (RT), b) 200 °C, c) 400 °C, d) 600 °C

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- DP800 sac malzemede geri esneme açısında RT-200 °C arasında artma 200- 400°C arasında azalma 400-600°C arasında ise artma gözlemlenmiştir.
- Sıcaklığa göre geri esneme değişimlerinde; 0-200 °C %63,7 artma, 200-400°C %6,2 azalma, 400-600°C %3,2 artma gözlemlenmiştir.
- Kalıp açısının 30 dereceden 60 dereceye artmasıyla geri esneme açısının ortalama %25,4 arttığı, 60 dereceden 90 dereceye artmasıyla geri esneme açısının ortalama %52,8 azaldığı, 120 derece kalıp açısında ise ileri esneme meydana geldiği tespit edilmiştir.
- Deney numunelerinin 60 derece büküm açılı kalıplarda 400°C sıcaklıkta şekillendirilmesi sonucu 2,604 derece geri esneme açısı ile en yüksek geri esneme değeri elde edilmiştir.
- Deney numunelerinin 90 derece büküm açılı kalıplarda oda sıcaklığında şekillendirilmesi sonucu 0,53 derece ile en düşük geri esneme değerinin elde edildiği gözlemlenmiştir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Aydın, K., & Karaağaç, İ. (2019). Lazer Kaynaklı HSLA Sac Malzemelerde Geri Esnemenin Deneysel Araştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (17), 29-37.
- [2] Tekaslan, Ö., Şeker, U., & Gerger, N. (2007). Bükme kalıplarında 0.75 mm kalınlığındaki çelik sac malzemenin geri esneme miktarlarının belirlenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 15-22.
- [3] Şen, N., & Kurgan, N. (2016, November). HC300LA ve HC420LA Sac Malzemelerde Ilık Şekillendirmenin Geri Esnemeye Etkisinin Deneysel İncelenmesi. In 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya-Turkey.
- [4] Özdemir, M., "1.5415 (16Mo3) Sac Malzemenin Geri-İleri Esneme Miktarı ve Deformasyon İlişkinin Deneysel ve Matematiksel Olarak İncelenmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015.
- [5] Kılıç, S., Öztürk, F., & Toros, S. (2009). DP 800 çeliğinin Mekanik Özelliklerinin ve Geri Esneme Davranışının İncelenmesi. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 11(1), 40-45.
- [6] Ozturk, F., Toros, S., & Kilic, S. (2009). Tensile and spring-back behavior of DP600 advanced high strength steel at warm temperatures. Journal of Iron and Steel Research, International, 16(6), 41-46.



- [7] Yanagimoto, J., Oyamada, K. (2007). Mechanism of Springback-Free Bending of High-Strength Steel Sheets under Warm Forming Conditions. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 56(1), 265-268.
- [8] Karaağaç, İ., Önel, T., & Uluer, O. (2019). The effects of local heating on springback behaviour in v bending of galvanized DP600 sheet. *Ironmaking & Steelmaking*, 1-7.
- [9] Umur, Y. (2016). Dual Fazlı Çelik Saclarda Geri Yaylanma Probleminin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [10] Aydın, K., & Karaağaç, İ. (2019). DP600 ve HSLA300 Sac Malzemelerde Geri Esneme Davranışlarına Proses Parametrelerinin Etkisinin Deneysel Araştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(3), 1456-1465.
- [11] A. International Handbook Committee, Volume 14: Forming and Forging 1993.
- [12] Tan, Z. Persson, B. and Magnusson, C., “An empiric model for controlling springback in V-die bending of sheet metals”, *Journal of Materials Processing Technology*, 34(1-4), 449-455, 1992.
- [13] Aydın, K., Karaağaç, İ. & Uluer, O. (2019), The formability and springback characterization of laser-welded DP–HSLA sheets, *Appl. Phys. A* 125: 525. <https://doi.org/10.1007/s00339-019-2817-0>.



## LAZER ERGİTME VE SİNERLEME İLE INCONEL718 MALZEME ÜRETİMİ

Kadir Aydın

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Meslek Yüksekokulu, Kütahya, Türkiye

kadir.aydin@dpu.edu.tr

### Özet

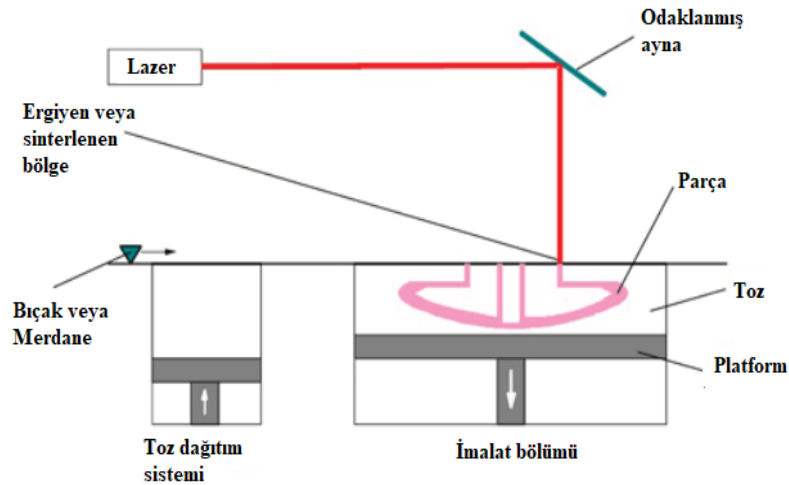
Katmanlı imalat yeni nesil üretim tekniklerindedir. Bu üretim tekniğinin bir yöntemi olan lazer ertitme ve sinterleme yöntemi son yıllarda lazer teknolojisinin gelişmesiyle yaygınlaşmıştır. Lazer ertitme ve sinterlemede toz halinde bulunan malzeme lazer ışınları vasıtasıyla önce ertitilip daha sonra soğuyarak yarı mamul veya mamul haline dönüşmektedir. Bu yöntemde lazer gücü, tarama mesafesi, odak noktası, tarama hızı önemli üretim parametreleridir. Bu çalışmada eklemeli üretim yöntemlerinden olan lazer ertitme ve sinterleme ile Inconel 718 malzeme üretimi ve bu üretim tekniğine etki eden parametreler araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Katmanlı imalat, Inconel718, Lazer ışını

### 1. Giriş

Katmanlı imalat tekniği, geleneksel üretim yöntemlerinde uygulanan malzeme eksiltme prensibinin aksine malzeme ekleme prensibine dayanmaktadır. Bu üretim yönteminde ilk olarak parça 3 boyutlu modellenmektedir. CAD modeli daha sonra STL uzantılı hale dönüştürülmekte ve parçanın 3 boyutlu modeli kafes yüzeyli bir şekil haline getirilmektedir. Daha sonra parçanın STL uzantılı hali üretimin gerçekleştirileceği makineye yüklenmektedir. Son olarak ise üretilen parça kesici takım vasıtasıyla üretim tablasından ayrılmaktadır. Karmaşık yapıdaki parçaların imalatı, artık malzeme oluşturmaması, zaman-maliyet açısından faydası ve yeni ürünlerin yapımında kalıp ihtiyacının bulunmaması katmanlı imalat tekniğinin avantajlarıdır. Bunun yanı sıra yüzey pürüzlülüğü, boyut kısıtlaması ve malzeme sınırlılığı da bu yöntemin dezavantajları olarak karşılaşılmaktadır [1-4].

Katmanlı imalat tekniklerinden olan lazer ertitme ve sinterleme yöntemi özellikle lazer teknolojisinin gelişmesiyle son yıllarda yaygınlaşmıştır. Lazer ertitme ve sinterleme yönteminde ilk olarak bir merdane veya bıçak vasıtasıyla ince ve düzgün bir toz tabakası yayılmaktadır. Lazer ışını seçilen toz bölgelerini tarar ve ilk katman oluşturulur. İkinci aşamada ise tozları bünyesinde bulunduran platform katman kalınlığı kadar aşağı inmektir. Daha sonra merdane veya bıçak ile toz tabakasının yayılması sağlanır ve lazer ışını ile tarama gerçekleştirilir. Bu süreç parça oluşuncaya kadar devam etmektedir. Şekil 1’de lazer ertitme ve sinterleme ile parça üretimi şematik olarak verilmiştir [5-7].



Şekil 1: Lazer ışını ile katmanlı imalat tekniği

Bu çalışmada havacılık sektöründe yaygın bir kullanıma sahip olan Inconel718 malzemenin lazer ertitme ve sinterleme ile üretimini etkileyen parametreler araştırılmıştır.

### 2. Materyal

Süper alaşımlar yüksek sıcaklıklarda iyi bir korozyon direncine ve üstün mekanik özelliklere sahiptirler. 1930’lu yıllarda jet motorlarının yüksek sıcaklıklara maruz kalan parçalara ihtiyaç duymasıyla birlikte süper alaşımların kullanımı başlamıştır. Ni esaslı süper alaşımların bir çeşidi olan Inconel718 malzeme yaşlandırma yoluyla yüksek mukavemet değerlerine sahip olabilmektedir. Bu malzemeler 650 °C’ye kadar dayanımlarını muhafaza edebilmektedir. Inconel 718 içeriğinde önemli miktarlarda Nb, Fe ve Mo alaşım elementleri bulunmaktadır. Tablo 1’de Inconel718 malzemenin kimyasal bileşimi verilmiştir [8-10].





**Tablo 1: Inconel718 malzemenin kimyasal özellikleri (% ağırlık)**

Malzeme	Ni	Cr	Fe	Mo	Ti	Nb+Ta	Diğer
Inconel718	50-55	17-21	12-24	2,8-3,3	0,65-1,15	4,75-5,5	Kalan

Inconel718 malzemeler özellikle gaz türbinlerindeki disklerde, nükleer güç üniteleri, ekstrüzyon kalıpları, yüksek sıcaklığa dayanıklı vidalar ve kompresörler gibi yüksek sıcaklıklara maruz kalan yerlerde tercih edilmektedir. Şekil 2’de katmanlı imalat ile üretilmiş Inconel718 bisk verilmiştir [11,12].



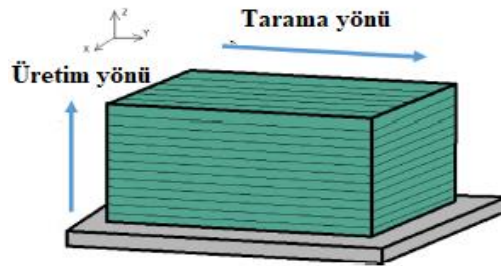
**Şekil 2: Katmanlı imalat ile üretilmiş Inconel718 bisk [12]**

### 3. Bulgular ve Tartışma

Lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen Inconel718 malzemelerin mekanik özelliklerini etkileyen parametreler; lazer gücü, tarama hızı, tarama mesafesi, odak noktası, koruyucu gaz ve ikincil işlemlerdir. İkincil işlemler, malzemenin üretimi gerçekleştirildikten sonra malzemede meydana gelen ani soğumaya bağlı kalıntı gerilmeler ve anizotropik yapının giderilmesi amacıyla uygulanan ısıtma işlemi, sıcak veya soğuk izostatik presleme işlemlerini içermektedir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünü gidermek amacıyla uygulanan taşlama, parlatma ve bilyalı dövme işlemleri de ikincil işlemler olarak ifade edilmektedir.

Lazer ergitme veya sinterleme yöntemiyle üretilen Inconel718 malzemelerin mekanik özellikleri geleneksel yöntemlerle üretilen Inconel718 malzemelerle kıyaslandığında, genel olarak sertlik ve mukavemetleri eşdeğerken sünekliği ise belirgin bir şekilde düşük olmaktadır. Düşük süneklik problemini ortadan kaldırmak amacıyla normalizasyon veya gerilme giderme tavlama uygulanmaktadır. Ayrıca sünekliği artırmak amacıyla yaşlandırma işlemi de uygulanabilmektedir [13-16].

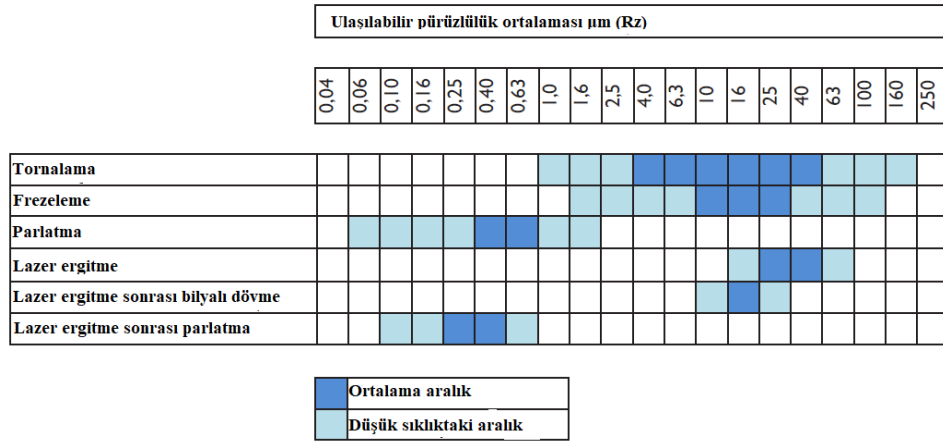
Lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen Inconel718 malzemelerde karşılaşılan bir diğer sorun da anizotropik yapıdır. Anizotropik yapı yöne bağlı olarak mekanik özelliklerin farklılık göstermesi olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3’te lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen malzemenin anizotropik yapısı şematik olarak verilmiştir. Eklemeli imalat yöntemlerinde özellikle tarama yönü eş eksenli bir mikroyapıya sahipken üretim yönü ise sütunlu tanelerden oluşan bir mikroyapıya sahiptir. Bu farklılığı ortadan kaldırmak amacıyla, yaşlandırma ve sıcak izostatik presleme yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemler uygulandığında mikroyapının her doğrultuda eş eksenli hale geldiği tespit edilmiştir [17-21].



**Şekil 3: Eklemeli üretimde yöne bağlılık**

Lazer ışınıyla üretilen Inconel718 malzemelerde görülen bir diğer kusur da düşük yorulma dayanımlarına da sebep olan yüzey pürüzlülüğüdür. Bu yöntemlerle üretilen malzemelerde meydana gelen yüzey pürüzlülüğü geleneksel yöntemlerle üretilen malzemelerle kıyaslandığında daha fazladır. Şekil 4’te tormalama, frezeleme, parlatma ve lazer ergitme ile üretilen malzemelerin yüzey pürüzlülüğü kıyaslaması yapılmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi lazer ergitme ile üretilen malzemelerde yüzey pürüzlülüğü tonlama ve frezelemeye göre daha fazladır. Bu problemi ortadan kaldırmak amacıyla lazer ergitme ile üretilen malzemelere ilave olarak taşlama, parlatma ve bilyalı dövme işlemleri de uygulanmaktadır. Bu durum da ilave maliyet oluşturmaktadır [22-25].





Şekil 4: Farklı üretim yöntemlerinin yüzey pürüzlülüğü kıyaslaması

#### 4. Sonuçlar

Çalışma sonunda elde edilen genel sonuçlar aşağıda verilmiştir;

- Lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen malzemelerde artık gerilmeler, anizotropik yapı ve yüzey pürüzlülüğünün optimize edilmesi amacıyla ikincil işlemler uygulanmaktadır.
- Lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen Inconel718 malzemelerin sertlik ve mukavemetleri geleneksel yöntemlerle üretilen Inconel718 malzemelerle kıyaslandığında eşdeğerken, süneklikte ise önemli miktarda azalma meydana gelmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak amacıyla ısıl işlem ve yaşlandırma prosesleri uygulanmaktadır.
- Lazer ergitme ve sinterleme ile üretilen Inconel718 malzemelerde yöne bağlı anizotropik yapı meydana gelmektedir. Anizotropik yapıyı ortadan kaldırmak amacıyla ısıl işlem ve izostatik presleme uygulanmaktadır.
- Yüzey pürüzlülüğü de lazer ergitme ile üretilen malzemelerde karşılaşılan problemlerdendir. Diğer yöntemlerle kıyaslandığında lazer ergitme ile üretilen malzemelerde yüksek yüzey pürüzlülük değerleri gözlenmektedir. Bu durumu aşmak amacıyla ikinci işlemler uygulanmaktadır.
- Lazer ergitme ve sinterleme ile Inconel718 malzemenin üretimine yönelik sınırlı sayıda çalışmanın olduğu tespit edilmiş ve bu konuda araştırmacıların çalışabileceği geniş bir alan olduğu tespit edilmiştir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Aktimur B., Gökpinar E. S. (2015). Katmanlı Üretim Havacılıktaki Uygulamaları, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, 3 (2): 463-469.
- [2] Ayan Y., Kahraman N. 2018. Metal Eklemeli İmalat: Tel Ark Yöntemi ve Uygulamaları, International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2 (3): 74-84.
- [3] Kunt, G., “Tarım Makineleri Tasarımı Ve İmalatında Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Kullanılabilirliği Ve Adaptasyonu Üzerine Bir Araştırma: Plastik Malzeme Esaslı Bazı Bağlantı Elemanlarında Hızlı Prototipleme Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 2019.
- [4] Hasipek, İ., “Otomotiv Endüstrisi İçin Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri İle Katmanlı İmalat Teknolojisi Seçim Asistanı Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.
- [5] Çelik İ., Karakoç F., Çakır M. C., Duysak A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri Ve Uygulama Alanları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 31 (2013): 53-70.
- [6] Thijs L., Kempen K., Kruth J. P., Van Humbeeck, J. (2013). Fine-Structured Aluminium Products with Controllable Texture by Selective Laser Melting of Pre-Alloyed AlSi10Mg Powder, Acta Materialia, 61 (5): 1809-1819.
- [7] Prashanth K. G., Scudino S., Klauss H. J., Surreddi K. B., Löber L., Wang Z., Eckert J. (2014). Microstructure and mechanical properties of Al-12Si produced by selective laser melting: Effect of heat treatment, Materials Science and Engineering: A, 590 (2014): 153-160.
- [8] Taşlıyan, A., Acarer, M., Şeker, U., Gökçaya, H., & DEMİR, B. (2007). Inconel 718 Süper Alaşımının İşlenmesinde Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti Üzerindeki Etkisi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22(1), 1-5.
- [9] Kıvak, T., Habalı, K., & Şeker, U. (2010). Inconel 718'in Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Talaş Oluşumu Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(2), 293-298.



- [10] Katı, N., Bölükbaşı, M., & Ozan, S. (2018). Inconel 718 Süper Alaşımın Plazma Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmesinde Akım Şiddetinin Etkisi. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 593-599.
- [11] Subaşı, E., Kayalı, E., & Baydoğan, M. (2016). Inconel 718 süper alaşımının farklı gerilme ve sıcaklıklarda yüksek sıcaklık sürünme davranışının incelenmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 20(1), 47-54.
- [12] Nevcanoğlu, A., Pazarlıoğlu, S., Salman, S. (2019, June). Investigation of Microstructure and Hardness Properties of Inconel718 Material Combined With TIG Welding After Aging Heat Treatments. *The International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology 21-23 June 2019 Kapadokya/Nevşehir-Turkey*.
- [13] Smith, D. H., Bicknell, J., Jorgensen, L., Patterson, B. M., Cordes, N. L., Tsukrov, I., & Knezevic, M. (2016). Microstructure and mechanical behavior of direct metal laser sintered Inconel alloy 718. *Materials Characterization*, 113, 1-9.
- [14] Xia, M., Gu, D., Ma, C., Chen, H., & Zhang, H. (2018). Microstructure evolution, mechanical response and underlying thermodynamic mechanism of multi-phase strengthening WC/Inconel 718 composites using selective laser melting. *Journal of Alloys and Compounds*, 747, 684-695.
- [15] Popovich, V. A., Borisov, E. V., Popovich, A. A., Sufiiarov, V. S., Masaylo, D. V., & Alzina, L. (2017). Impact of heat treatment on mechanical behaviour of Inconel 718 processed with tailored microstructure by selective laser melting. *Materials & Design*, 131, 12-22.
- [16] Zhang, D., Niu, W., Cao, X., & Liu, Z. (2015). Effect of standard heat treatment on the microstructure and mechanical properties of selective laser melting manufactured Inconel 718 superalloy. *Materials Science and Engineering: A*, 644, 32-40.
- [17] Ni, M., Chen, C., Wang, X., Wang, P., Li, R., Zhang, X., & Zhou, K. (2017). Anisotropic tensile behavior of in situ precipitation strengthened Inconel 718 fabricated by additive manufacturing. *Materials Science and Engineering: A*, 701, 344-351.
- [18] Keshavarzkermani, A., Sadowski, M., & Ladani, L. (2018). Direct metal laser melting of Inconel 718: Process impact on grain formation and orientation. *Journal of Alloys and Compounds*, 736, 297-305.
- [19] Liu, P., Sun, S., Cao, M., Gong, J., & Hu, J. (2019). Microstructural Evolution and Phase Transformation on the XY Surface of Inconel 718 Ni-Based Alloys Fabricated by Selective Laser Melting under Different Heat Treatment. *High Temperature Materials and Processes*, 38(2019), 229-236.
- [20] Guo, J., Au, K. H., Sun, C. N., Goh, M. H., Kum, C. W., Liu, K., ... & Kang, R. (2019). Novel rotating-vibrating magnetic abrasive polishing method for double-layered internal surface finishing. *Journal of Materials Processing Technology*, 264, 422-437.
- [21] Feng, K. Y., Liu, P., Li, H. X., Sun, S. Y., Xu, S. B., & Li, J. N. (2017). Microstructure and phase transformation on the surface of Inconel 718 alloys fabricated by SLM under 1050° C solid solution+ double ageing. *Vacuum*, 145, 112-115.
- [22] Liu, Z., Li, X., Wang, X., Tian, C., & Wang, L. (2019). Comparative investigation on grindability of Inconel 718 made by selective laser melting (SLM) and casting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 100(9-12), 3155-3166.
- [23] Tian, C., Li, X., Liu, Z., Zhi, G., Guo, G., Wang, L., & Rong, Y. (2018). Study on Grindability of Inconel 718 Superalloy Fabricated by Selective Laser Melting (SLM). *Strojnicki Vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 64(5), 319-328.
- [24] Baicheng, Z., Xiaohua, L., Jiaming, B., Junfeng, G., Pan, W., Chen-nan, S., ... & Jun, W. (2017). Study of selective laser melting (SLM) Inconel 718 part surface improvement by electrochemical polishing. *Materials & Design*, 116, 531-537.
- [25] Guo, J., Au, K. H., Sun, C. N., Goh, M. H., Kum, C. W., Liu, K., ... & Kang, R. (2019). Novel rotating-vibrating magnetic abrasive polishing method for double-layered internal surface finishing. *Journal of Materials Processing Technology*, 264, 422-437.



## KIYI VE GEÇİŞ SUYU KÜTLELERİ TİPOLOJİSİ İÇİN DALGAYA MARUZİYET MODELLEMESİ

Eray Eser<sup>1</sup>, Lale Balas<sup>2</sup>

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

*<sup>1</sup>erayeser95@gmail.com, <sup>2</sup>\*lalebal@gazi.edu.tr*

### Özet

Son yıllarda küresel ısınma ve etkin olmayan su kullanımı yüzünden su kaynaklarının giderek azalması, su kaynaklarının doğru ve etkin kullanılmasının önemini oldukça arttırmaktadır. Ülkemizin Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'i kapsamakta olan yaklaşık 8333 km kıyısız şeridi uzunluğu vardır. Bu kıyısız su alanları fiziksel ve morfolojik olarak oldukça farklılık göstermektedir. Ülkemizin su yönetimi sisteminin oluşturulması ve su kaynaklarının artan önemine göre sürdürülebilir olabilmesi için, ülkemiz kıyı ve geçiş su kütlelerinin ve tipolojilerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Dalgaya maruziyet, kıyı ve geçiş suyu kütleleri için önemli tipoloji belirleme parametrelerinden biridir. Dalgaya maruziyet indeksinin belirlenmesi, Türkiye kıyısız sularına ulaşan dalga enerjisinin rüzgar ve dalga ikliminin etkisiyle tahmin edilebilmesi için modelleme çalışmalarını gerektirmektedir. Dalga enerjisi, kıyısız alanlardaki ekolojik ve kıyısız süreçler için önemli bir etken olduğu için bu bölgede yaşayan komünitelerin yapısını ve çeşitliliğini direkt olarak etkilemektedir. Dalgaya maruziyet çalışmalarında yaygın olarak kullanılan yöntem Pan-Avrupa yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, dalgaya maruziyeti dalga kabarma mesafesi (feç) ve yönsel rüzgar şiddeti ile ifade etmektedir. Pan-Avrupa yaklaşımı dalgaya maruziyet indeksinin hesaplanması için fazla miktarda girdi bilgisi istememektedir ve bu sayede batimetri verilerinin yeterli olmadığı bölgelerde de kullanılabilir. Ülkemizde özellikle geçiş sularındaki batimetri verilerinin eksikliği de göz önüne alınarak, tipoloji çalışmalarında bu yöntemin uygulanması önerilmektedir. Dalgaya maruziyetin hesaplanması için gereken verilerden biri olan feç uzunluğu, seçilen deniz noktasından karşıdaki kıyıya kadar, rüzgarın tüm esme yönlerinde etkili olacağı su üzerindeki yatay mesafe olarak tanımlanmaktadır. Etkili dalga kabarma mesafesinin (feç) hesaplanmasında kosinüs metodu uygulanmaktadır. Tüm ana yönler (Kuzey, KuzeyKuzeyBatı, KuzeyBatı, vd.) için 3,75 derecelik açılarla dalga kabarma mesafeleri belirlenmektedir. Bu çalışmada Fethiye Körfezi kıyı ve geçiş suları su kütleleri belirlenmiş, su kütlelerinin tipolojisi dalgaya maruziyet indeksi yönünden incelenmiş, kıyı suları için kısmen etkili, geçiş suları için korunaklı olarak belirlenmiştir. Çalışmalarda, Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS) destekli HYDROTAM-3D üç boyutlu kıyı ve geçiş suları hidrodinamik, taşınım ve su kalitesi modelinin, tüm Türkiye kıyı ve geçiş su kütlelerini kapsayan, rüzgar ve dalga iklimi alt modülleri kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Modelleme, kıyı ve geçiş, tipoloji, rüzgar iklimi, HYDROTAM-3D*

### 1. Giriş

Son yıllarda küresel ısınma ve etkin olmayan su kullanımı yüzünden su kaynaklarının giderek azalması, su kaynaklarının doğru ve etkin kullanılmasının önemini oldukça arttırmaktadır. Bu nedenle birçok ülke su yönetimi konusunda çalışma yapmakta ve kullanımına çeşitli sınırlandırmalar getirmektedir. Ülkemizin de Akdeniz, Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'i kapsamakta olan yaklaşık 8333 km kıyısız şeridi uzunluğu vardır. Bu kıyısız su alanları fiziksel ve morfolojik olarak oldukça farklılık göstermektedir. Ülkemizin su yönetimi sisteminin oluşturulması ve su kaynaklarının artan önemine göre sürdürülebilir olabilmesi için, ülkemiz kıyı ve geçiş su kütlelerinin ve tipolojilerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Kıyı bandında dalga hidrodinamiği; kıyı akıntıları, su seviyesi yükselmesi, sediman taşınımı gibi diğer hidrodinamiklere göre daha dominanttır(Valchev, Andreeva, Prodanov ,2014). Bu nedenle deniz canlılarının dağılımı, bolluğu, yapısı ve çeşitliliği ile genel olarak dalga kaynaklı su hareketi nedeniyle meydana gelen çeşitli çevresel faktörlerin toplam etkisini gösteren indeks olarak tanımlanan dalgaya maruziyetin ilişkisi birçok araştırmaya konu olmuştur(Rattray, Ierodiaconou , Womersley,2015; Lewis 1964; Burrows, Harvey, Robb,2008;R.W. Grigg 1998). Yapılan araştırmalar sonucu dalgaya maruziyet ve kıyı morfolojisi hakkında bazı türe özgü ilişkiler tespit edilmiştir. Örneğin balık popülasyonunun bolluğu ve çeşitliliği ile dalgaya maruziyet arasında negatif bir ilişki vardır. ( Friedlander , Parrish 1998). Bu nedenle dalgaya maruziyet kıyı morfolojisi için önemli bir parametre olarak değerlendirilmiş, Avrupa Doğa Bilgi Sistemi(EUNIS) habitat sınıflandırma sistemine (Davies ve Moss 2003) dahil edilmiş ve Su Çerçeve Direktifi (SÇD)(2000/60/EC) Ortak Uygulama Stratejisi Kılavuz Doküman No:5'de kıyı ve geçiş suyu kütlelerinin sınıflandırılması için gereken opsiyonel faktörlerden biri olarak belirlenmiştir(Ortak Uygulama Stratejisi Çalışma Grubu,2003).

Bu dokümanda, Fethiye Körfezi'nde bulunan su yönetim birimlerinin (su kütlesi) ve kıyı geçiş sularının dalgaya maruziyet katsayıları incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı Fethiye Körfezi'ndeki su kütlelerinin ve geçiş sularının dalga maruziyet katsayısını hesaplamak ve kıyı alanları sınıflandırılmasına dahil etmektir.

### 2. Method ve Materyaller

#### 2.1. Dalgaya Maruziyet Modelleri

Dalgaya maruziyeti hesaplayabilmek için basitten karmaşığa birçok model oluşturulmuştur. Bell ve Denny(1994) dalgaya maruziyeti hesaplayabilmek için sahada ölçülen maksimum hıza bağlı bir cihaz tasarlarlarken, Britanya Kolombiyası Fiziksel Kıyı Alanları Sınıflandırması'na(Howes, Harper ve Owens,1994) göre dalgaya maruziyet maksimum feç uzunluğu ve modifiye edilmiş feç uzunluğuna bağlı olarak ifade edilmiştir. Pepper ve Puotinen(2009) dalgaya maruziyeti rüzgar hızı, rüzgar esme süresi ve feç ile



ifade eden CBS tabanlı Gremo modelini oluşturmuşlardır. Wave Exposure Model(WEMo) dalgaya maruziyeti iki farklı metotla hesaplamaktadır. Bu metotlardan bir tanesi Temsili dalga enerjisi modelidir(RWE). Bu modelde dalgaya maruziyet fiziksel parametrelere bağlı olarak (örn. dalga yüksekliği ve dalga enerjisi) hesaplanırken REİ modeli ise ampirik olarak hesapladığı dalgaya maruziyeti birimsiz bir katsayıyla ifade etmektedir. [Isaeus\(2004\)](#)'de önerdiği The Simplified Wave Model(SWM) dalgaya maruziyeti 16 ana yöne ait feç ve feç ile aynı yöndeki ortalama rüzgar hızı ile hesaplamaktadır. Martin Isaeus'un önermiş olduğu model, diğer gelişmiş modellerin aksine batimetri verisi istememekte ve Biyolojik indeks ile uyumlu sonuçlar vermektedir. Bu model SÇD tarafından dalgaya maruziyet hesabı için önerilmiş olup bazı Avrupa ülkeleri bu model ile dalgaya maruziyet modellesi yapmıştır.

Bu çalışmada batimetri verisi istememesi ve SÇD tarafından önerilmesi nedeniyle model olarak SWM methodu seçilmiştir.

## 2.2. SWM Methodu

Bu modelde seçilen her bir çözüm noktası için dalgaya maruziyet katsayısı(SWM), çözüm noktası için 16 ana yöne ait feç değerleriyle, feç ile aynı yöndeki ortalama rüzgar hızının çarpımı sonucu elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması ile hesaplanır. Bu modelin çıktı değeri olan Dalgaya Maruziyet Katsayısı(SWM) EUNIS sınıflandırma sistemine göre sınıflandırılır.

$$SWM = (\sum_{i=1}^{16} (F_i * U_i)) / 16$$

(1)

Burada,  $F_i$  her bir yöne ait feç değerini(m),  $U_i$  her bir yöne ait ortalama rüzgar hızını(m/sn), SWM dalgaya maruziyet katsayısını(m<sup>2</sup>/sn) ifade etmektedir.

Tablo 5 Preliminary Eunis Enerji Seviyesi Tablosu

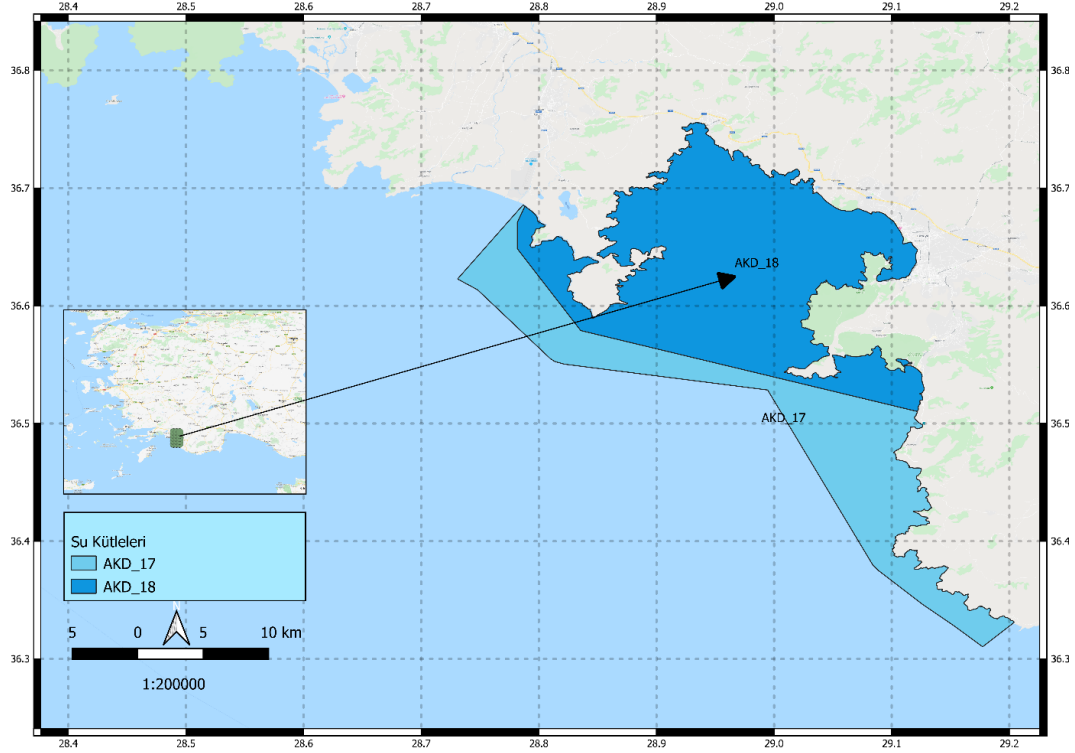
ETKİLİ	Yoğun Ölçüde Etkili	2.000.000	5.000.000
	Çok Etkili	1.000.000	2.000.000
	Etkili	500.000	1.000.000
KISMEN ETKİLİ	Kismen Etkili	100.000	500.000
KORUNAKLI	Az Korunaklı	10.000	100.000
	Orta Korunaklı	4.000	10.000
	Çok Korunaklı	1.200	4.000
	Ultra Korunaklı	1	1.200

## 2.3. Çalışma Sahası

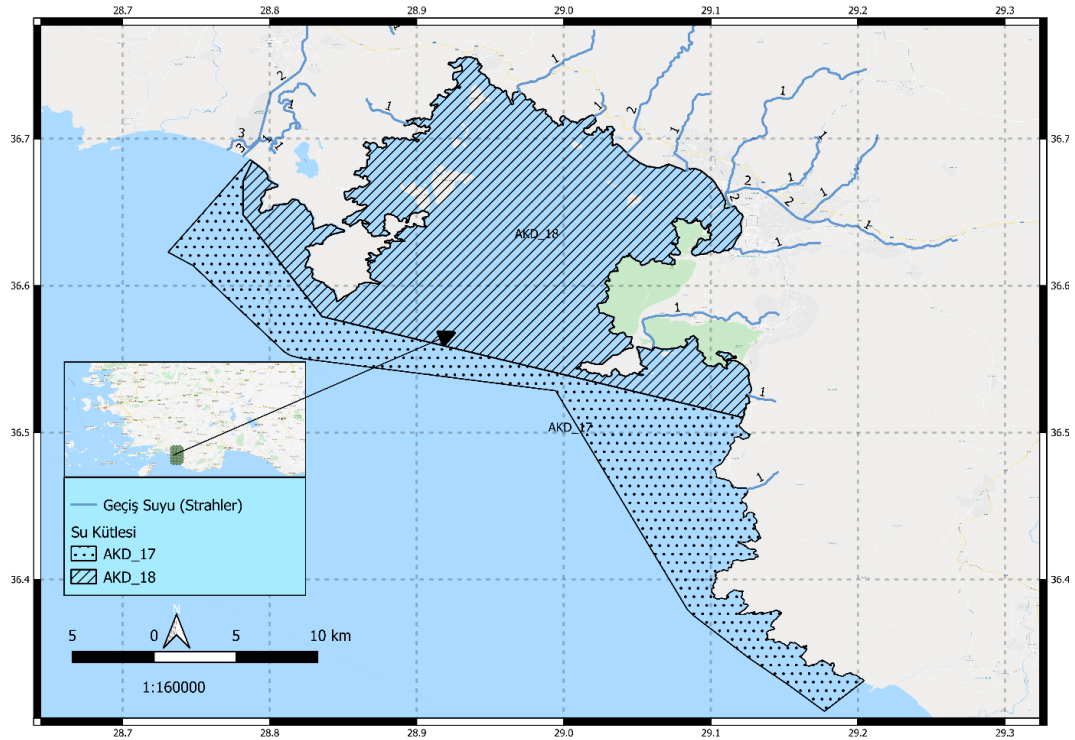
Çalışma sahası konum olarak Muğla ili – Fethiye Körfezi kıyısal alanını kapsamaktadır(Harita 1). Fethiye Körfezinde DEKOS( ÇŞB-ÇYGM ve TÜBİTAK-MAM,2014) projesi kapsamında AKD18 ve AKD17 olmak üzere iki adet su kütlesi bulunmaktadır. AKD18 haritadan da görüldüğü gibi körfezin iç kısmını kapsamaktayken AKD17 ise açık deniz tarafında bulunmaktadır. Çalışma bölgesinde bulunan geçiş sularının tespit edilebilmesi için Copernicus gözlem programına ait Türkiye'nin de dahil edildiği AB-Su nehir ağı(European Environment Agency,2016) çalışmasının verileri kullanılmıştır. Bu çalışmada belirlenen ve Fethiye Körfezi'ne akan nehir suları Harita 2'de gösterilmiştir.







**Harita 1 Fethiye Körfezi'ne ait su kütleleri**



**Harita 2 Fethiye Körfezi'nde bulunan geçiş suları**

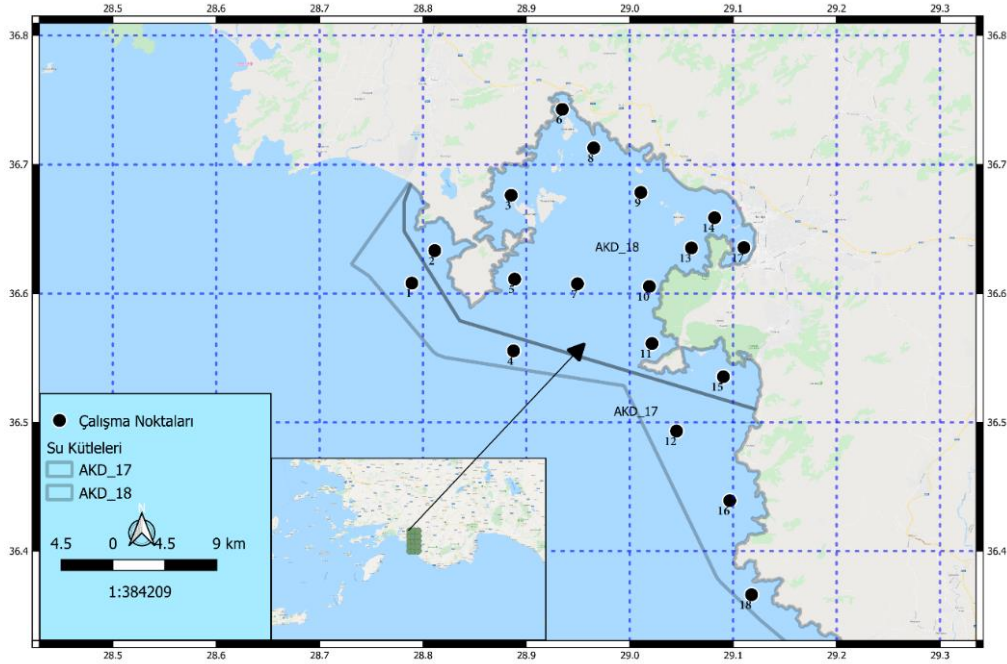
#### 2.4. Model Verilerinin Elde Edilmesi

SWM modelinde kullanılan girdi değerleri 16 yöne ait feç değerleri ve bu yönler için ortalama rüzgar hızlarıdır. Bu girdi bilgileri 3 boyutlu yerli hidrodinamik taşınım modeli olan HYDROTAM-3D kullanılarak bulunmuştur.

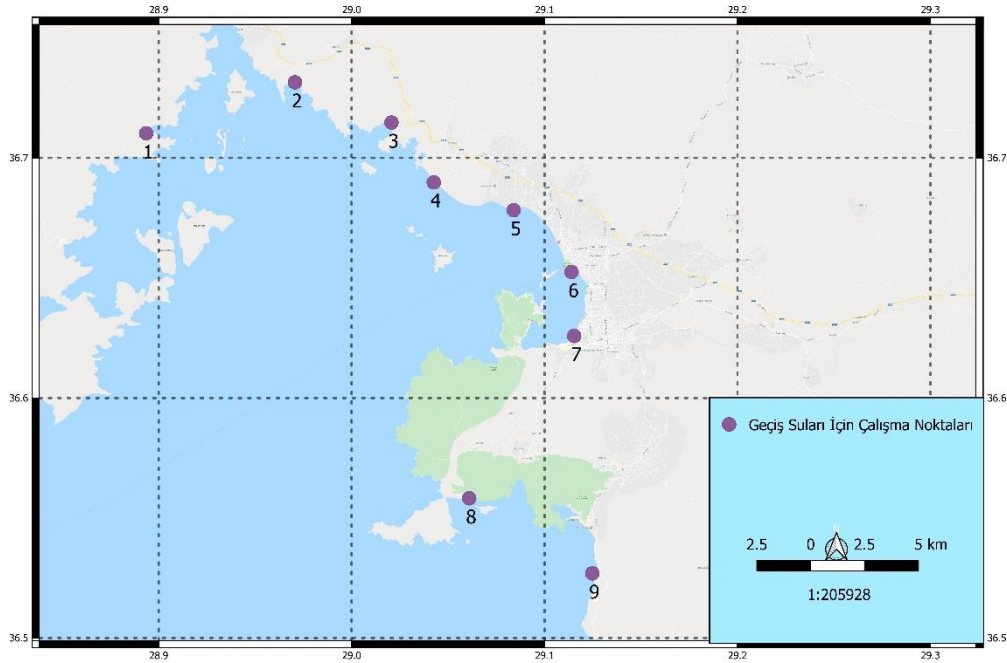


## 2.5. Çözüm Noktaları Seçimi

Fethiye Körfezi'nin dalgaya maruziyet katsayısını belirleyebilmek için Körfezi ve ilgili su kütlelerini temsil edilecek 18 tane nokta seçilmiştir.(Harita 3). Geçiş suları içinse nehir ağzlarının denizle buluştuğu noktalar seçilmiştir(Harita 4).



Harita 3 Su kütlelerine ait çalışma noktaları



Harita 4 Geçiş sularına ait çalışma noktaları

## 2.6. Çözüm Noktalarının Feç Değerlerinin Bulunması

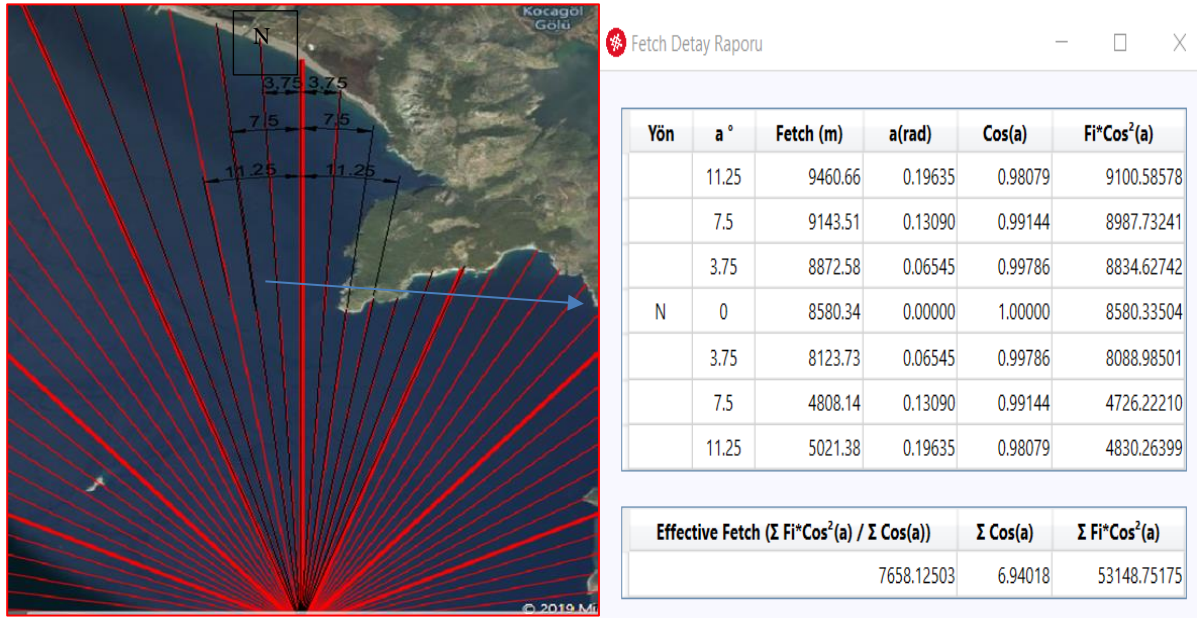
Seçilen deniz noktasından, rüzgarın deniz üzerinde esbildiği uzunluk olarak tanımlanan feç, Hydrotam-3D'nin Fetch modülü kullanılarak hesaplanmıştır. Bu modelde feçi hesaplayabilmek için seçilen noktadan 3,75 ° aralıklarla 96 adet kıyı çizgisini kesen ışın



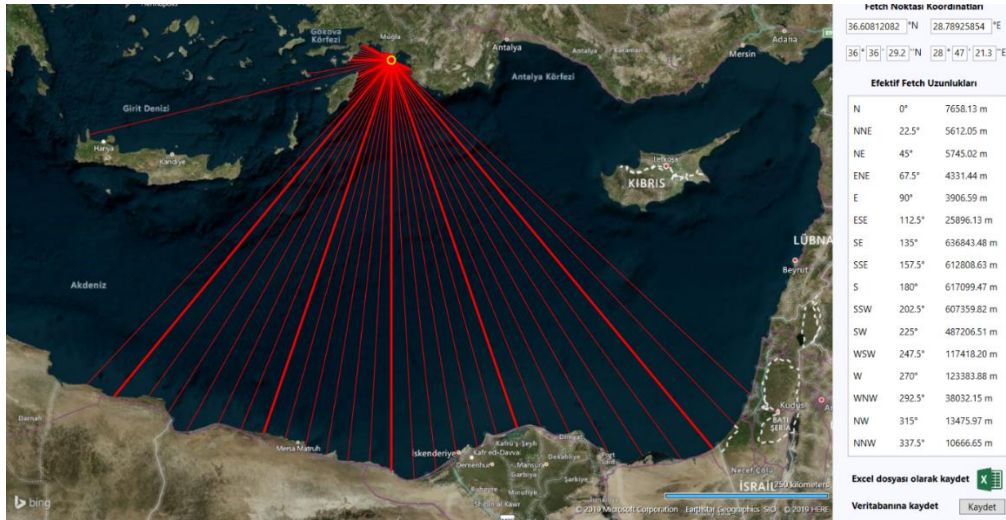
gönderilir. Işınlarmın kıyı çizgisini kestiği noktaya kadar uzunluğu bulunur ve bu 96 uzunluk efektif feç yöntemiyle 16 ana yöne ait efektif feç uzunluğuna indirgenir. Bu metotla ara yönlerin etkisi ihmal edilmemiş olur. Aşağıda efektif feç hesabına örnek olarak AKD18 su kütesine ait 36.608°N, 28.789°E koordinatlı çalışma noktası için feç değerleri tablo halinde verilmiştir.



Şekil 17 HYDROTAM-3D Fetch modülünden görüntüler



Şekil 18 Kuzey yönüne ait efektif feç hesabı(HYDROTAM-3D)



Şekil 19 36.60812 N, 28.78926 E koordinatlı çalışma noktasının feç değerleri ve görüntüsü (HYDROTAM-3D)



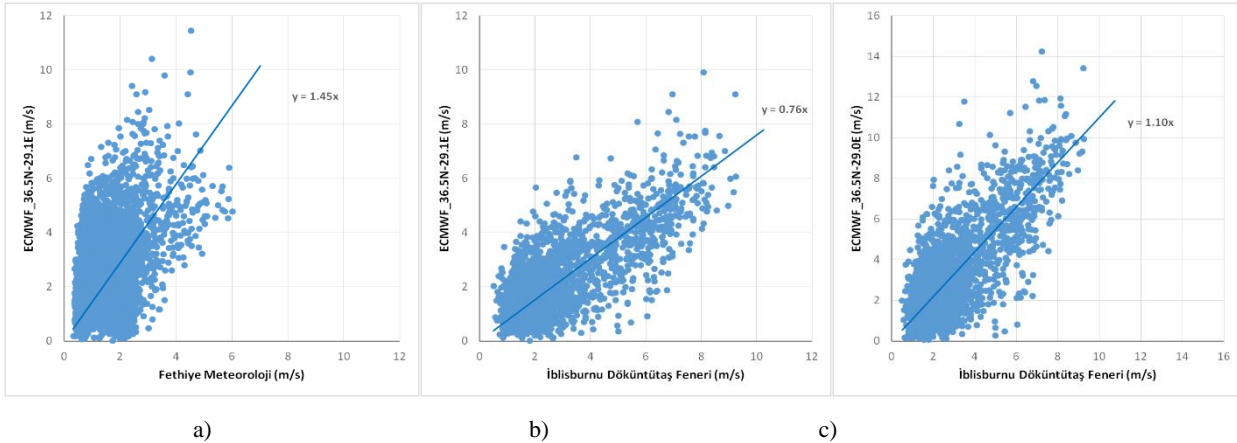


**Tablo 6 36.60812 N,28.78926 E koordinatlı çalışma noktasının fec değerleri(HYDROTAM-3D)**

N	0	7658.13	S	180	617099.47
NNE	22,5	5612.05	SSW	202,5	607359.82
NE	45	5745.02	SW	225	487206.51
ENE	67,5	4331.44	WSW	247,5	117418.2
E	90	3906.59	W	270	123383.88
ESE	112,5	25896.13	WNW	292,5	38032.15
SE	135	636843.48	NW	315	13475.97
SSE	157,5	612808.63	NNW	337,5	10666.65

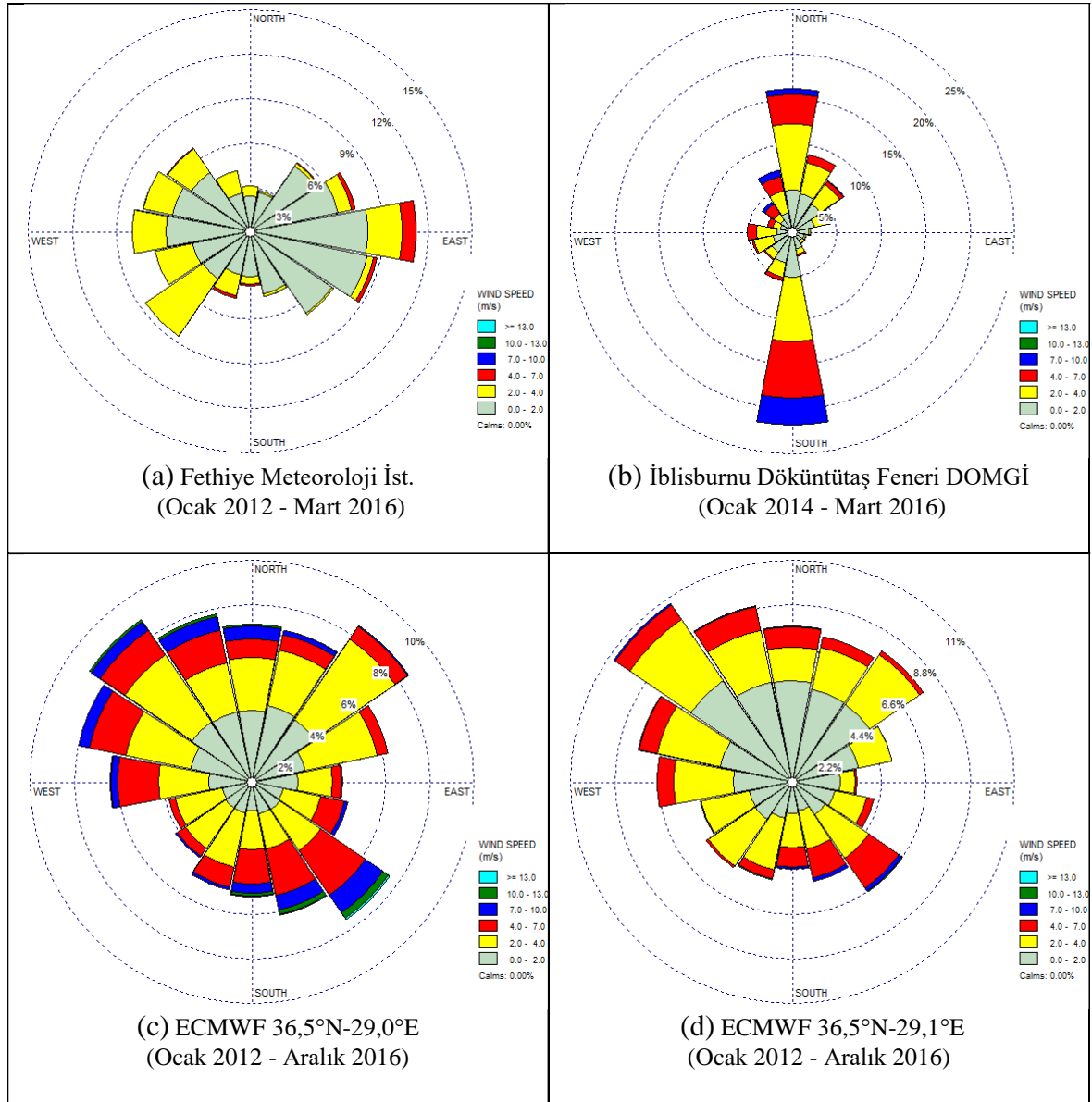
## 2.7. Çözüm Noktalarının Rüzgar Hızlarının Bulunması

Çalışma noktalarının rüzgar ikliminin belirlenmesi için, Fethiye Meteoroloji İstasyonu (17296) ve İblisburnu Döküntütaş Feneri (DOMGİ) (17472) meteoroloji istasyonlarına ait saatlik rüzgar ölçümü ile bu istasyona en yakın 36,5N-29,0E-36,5N-29,1E koordinatlarında ki ECMWF Operasyonel Arşiv istasyonunun 6 saatlik rüzgar karşılaştırılarak incelenmiştir. Veri kaynaklarının ortak ölçüm dönemleri ve süreleri için rüzgâr hızlarının birbirleri ile karşılaştırmaları Şekil 5’de, rüzgâr gülleri ise Şekil 6’da sunulmuştur. Sunulan tüm rüzgâr hızı ölçümleri ve tahminleri 10 m (U10) yüksekliktedir.



**Şekil 20 Rüzgâr hızlarının karşılaştırmaları (M.İ.: Meteoroloji İstasyonu) (a) Fethiye M.İ. - ECMWF 36,5°N-29,1°E, (b) İblisburnu Döküntütaş Feneri DOMGİ - ECMWF 36,5°N-29,0°E, (c) İblisburnu Döküntütaş Feneri DOMGİ - ECMWF 36,5°N-29,1°E(HYDROTAM-3D)**





Şekil 21 Rüzgar Gülleri

Çizimlerde ECMWF tahminlerinin Fethiye Meteoroloji İstasyonu rüzgâr ölçümlerinden 1,5-2,0 kat daha büyük olduğu görülmektedir. Meteoroloji istasyonları ölçümleri ve ECMWF tahminleri ile gerçekleştirilen bu karşılaştırmalar, ECMWF deniz üzeri rüzgâr tahminlerinin başarılı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışma noktalarının rüzgar iklimini belirleyebilmek için, veri çözünürlüğü daha yüksek (0.1°-0.1°) olan ve seçilen noktanın konum etkisini daha fazla gösterebilecek ECMWF Operasyonel Arşiv rüzgar tahmin verileri kullanılmıştır. Çalışma noktalarına en yakın deniz ECMWF Operasyonel Arşiv istasyon noktaları belirlendikten sonra 2000-2018 yılları arası 16 ana yöne ait ortalama rüzgar hızları bulunmuştur.



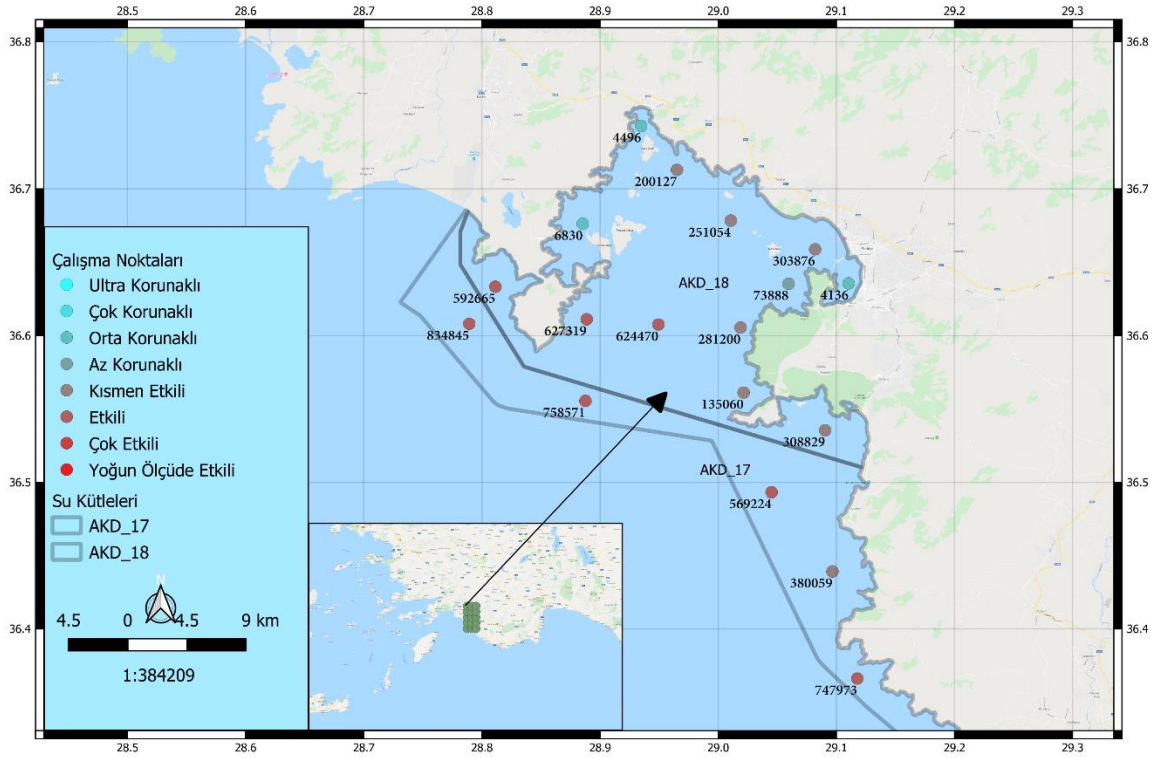


**Tablo 7 36.6 E,28.8 N koordinatında ECMWF Operasyonel Arşiv İstasyonunun 2000-2018 yılları arası yıllık ortalama rüzgar hızı tablosu(HYDROTAM-3D)**

Hiç Esmedi	0	S	4.05
N	3.76	SSW	3.37
NNE	3.44	SW	2.90
NE	2.70	WSW	3.23
ENE	2.33	W	3.91
E	2.35	WNW	3.71
ESE	3.12	NW	3.72
SE	4.85	NNW	3.89
SSE	4.98		

## 2.8. Dalgaya Maruziyet Katsayısının Hesaplanması

Her bir çalışma noktası için HYDROTAM-3D'den elde edilen girdi değerleri kullanılarak Fethiye Körfezi kıyı suları ve geçiş sularının dalgaya maruziyet katsayısı hesaplanmıştır. Su kütlelerine ait çalışma noktaları için hesaplanan katsayılar Tablo 4 ve Harita 4'de verilirken Fethiye körfezi için oluşturulmuş maruziyet haritası ise Harita 5'de verilmiştir. Geçiş suları için hesaplanan maruziyet katsayıları Tablo 5'de verilmiştir.

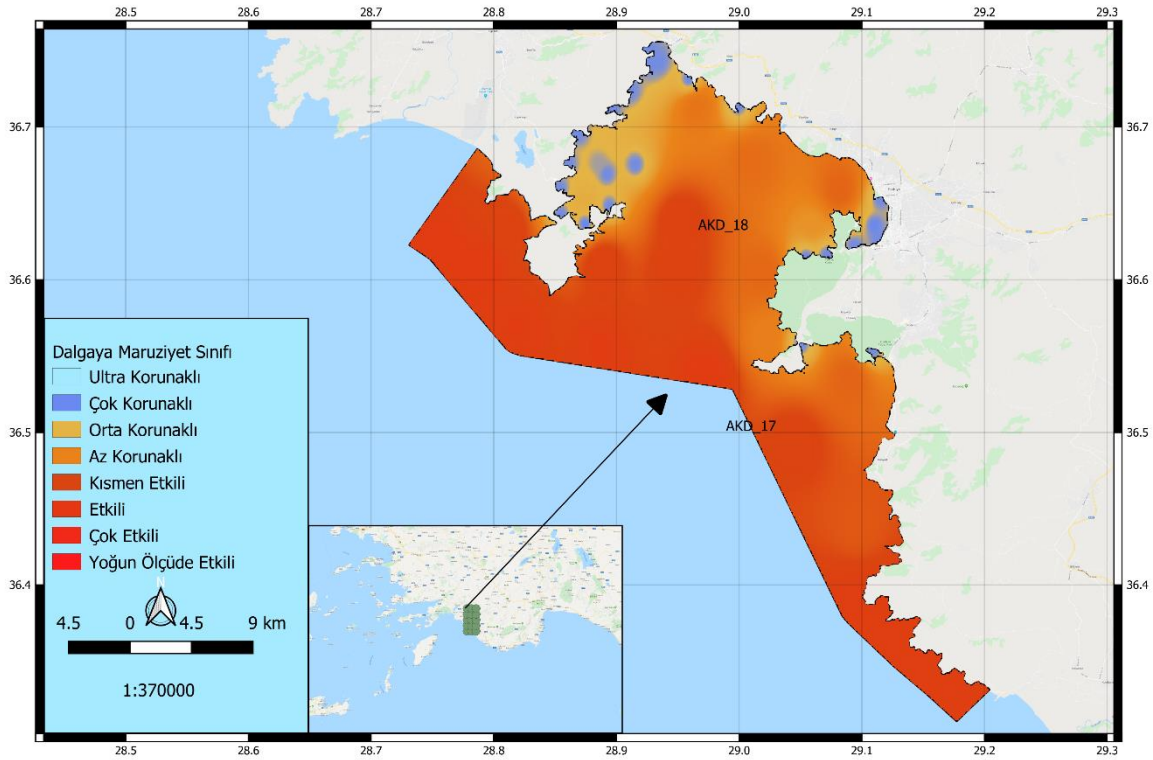


**Harita 5 Su kütlelerine ait çalışma noktalarının dalgaya maruziyet katsayısı haritası**



**Tablo 8 Su kütlelerine ait çalışma noktalarının dalgaya maruziyet katsayı değerleri**

Su Kütleşi	Nokta	SWM	Sınıf	Ortalama	Ort.Sınıf
AKD 18	2	592665	Etkili	262612	Kısmen Etkili
	3	6830	Orta Korunaklı		
	5	627319	Etkili		
	6	4496	Orta Korunaklı		
	7	624470	Etkili		
	8	200127	Kısmen Etkili		
	9	251054	Kısmen Etkili		
	10	281200	Kısmen Etkili		
	11	135060	Kısmen Etkili		
	13	73888	Az Korunaklı		
	14	303876	Kısmen Etkili		
	15	308829	Kısmen Etkili		
	17	4136	Orta Korunaklı		
AKD 17	1	834845	Etkili	658134	Etkili
	4	758571	Etkili		
	12	569224	Etkili		
	16	380059	Kısmen Etkili		
	18	747973	Etkili		



**Harita 6 Fethiye Körfezi dalgaya maruziyet haritası**



**Tablo 9 Geçiş sularına ait dalgaya maruziyet katsayı değerleri**

Nokta	SWM	Sınıf
1	564	Ulta Korunaklı
2	181816	Kısmen Etkili
3	35573	Orta Korunaklı
4	84568	Orta Korunaklı
5	85306	Orta Korunaklı
6	2346	Çok Korunaklı
7	2711	Çok Korunaklı
8	66397	Orta Korunaklı
9	219644	Kısmen Etkili

### 3. Sonuç

Bu çalışmada Fethiye Körfezi'nin kıyı ve geçiş suları tipolojisinin belirlenmesi için dalgaya maruziyet durumları HYDROTAM-3D sayısal modeli kullanılarak modellenmiştir. Fethiye Körfezi'nde yer alan AKD17 ve AKD18 su kütleleri içinde toplamda 18 tane nokta seçilmiştir. Bu noktaların rüzgar iklimleri modellenmiş ve dalgaya maruziyet katsayıları hesaplanmıştır. AKD18 içerisinde seçilen 13 noktanın dalgaya maruziyet değerleri 627319-4136 m<sup>2</sup>/sn arasında değişmekteyken, 3 farklı ana kategoriye ait toplam 5 farklı sınıf bulunmuştur. Su kütlelerinin ortalama dalgaya maruziyet sınıfı 'Kısmen Etkili' olarak hesaplanırken, su kütleleri içerisinde 13 noktadan 7 tanesi bu kategori ile aynı sınıfta bulunmaktadır. Fethiye Körfezi'nin orta kısmında bulunan ve AKD17 su kütlelerine yakın olan kısımların dalgaya maruziyet değerleri diğer noktalara oranla daha yüksek hesaplanmış, Körfez'in kapalı kısmında kalan noktaların dalgaya maruziyet değerleri ise oldukça düşük değerler almıştır. AKD18 su kütlelerinin Körfez'in kapalı kısımlarını ve açık denize doğru önünde bir kara engeli bulunmayan orta kısımlarını içermesi nedeniyle dalgaya maruziyet değerleri oldukça değişiklik göstermektedir. AKD17 su kütleleri için seçilen 5 noktanın 4'ü 'Etkili' dalgaya maruziyet sınıfında yer almaktayken sadece bir nokta 'Kısmen Etkili' sınıftadır. AKD17 su kütleleri körfezin kapalı kısımlarını içermemesi nedeniyle maruziyet katsayı değerleri AKD18'e göre daha homojen dağılım göstermiş ve daha yüksek değerler içermiştir.

Geçiş suları için Fethiye Körfezi'nde tespit edilen ve denizle birleşen nehirler kullanılmıştır. Toplamda 9 tane geçiş suyu noktası nehir ağızında tanımlanmış ve maruziyet değerleri hesaplanmıştır. İncelenen geçiş sularında, dalgaya maruziyet değerleri 2 ana kategoride, 4 farklı sınıf içerisinde bulunmaktadır. Geçiş sularının maruziyet değerleri 219664-564 m<sup>2</sup>/sn aralığında değişmektedir.

### 4. Teşekkür

Bu çalışmada kullanımına izin verilen HYDROTAM-3D yazılımını geliştiren DLTM Yazılım Teknolojileri San. ve Tic. Ltd.'ye katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

### 5. Kaynakça

- Bell, E. C., & W.Denny, M. (1994). Quantifying "wave exposure": a simple device for recording maximum velocity and results of its use at several field sites. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 9-29.
- Burrows, M. T., Harvey, R., & Robb, L. (2008). Wave exposure indices from digital coastlines and the prediction of rocky shore community structure. *Marine Ecology Progress Series*, 353, 1-12.
- Davies, C. E., and D. Moss. 2003. EUNIS Habitat Classification. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>)
- DEKOS, 2014. ÇŞB-ÇYGM ve TÜBİTAK-MAM; Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi . ÇTÜE 5118703, Rapor No. ÇTÜE. 13.155 (Sonuç Raporu), Şubat 2014, Gebze-Kocaeli
- European Environment Agency, (2016) . EU-Hydro River Network (vector), Apr. 2016.  
<https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/srv/api/records/f1c6c2e1-d3f5-4326-8ead-0dad7f354eb2>
- Friedlander, A. M., & Parrish, J. D. (1998). Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 224(1), 1-30.
- Grigg, R. W. (1998). Holocene coral reef accretion in Hawaii: a function of wave exposure and sea level history. *Coral Reefs*, 17(3), 263-272.



Howes, D., Harper, J., & Owens, E. (1994). *Physical shore-zone mapping system for British Columbia*. Resource Inventory Committee (RIC), Report by the Coastal Task Force, RIC Secretariat, Victoria, B.C.

HYDROTAM-3D. . *Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli*. [www.hydrotam.com](http://www.hydrotam.com)

Isaeus, M. (2004). *Factor structuring Fucus communities at open complex coastlines in the Baltic Sea*, PhD Thesis. Dept. of Botany, Stockholm University, Sweden : ISBN 91-7265-846-0, p40+.

Lewis JR (1964) The ecology of rocky shores. English Universities Press, London

Malhotra, A., and M.S. Fonseca. 2007. WEMO (Wave Exposure Model): Formulation, Procedures and Validation. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 65. Beaufort, NC. 28 pp.

Pepper, A., & L. Puotinen, M. (2009). GREMO, A GIS-based generic model for estimating relative wave exposure. The 18th World IMACS Congress and MODSIM9 International Congress on Modelling Simulation (s. 1964-1970). Cairns, Australia: Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and IMACS.

Ratray, A., Ierodiaconou, D., & Womersley, T. (2015). Wave exposure as a predictor of benthic habitat distribution on high energy temperate reefs. *Frontiers in Marine Science*, 2, 8.

Valchev, Nikolay & Andreeva, Nataliya & Prodanov, Bogdan. (2014). STUDY ON WAVE EXPOSURE OF BULGARIAN BLACK SEA COAST.

WFD CIS Guidance Document No. 5 (Jan 2003). Transitional and Coastal Waters, Typology, Reference Conditions and Classification Systems. Published by the Directorate General Environment of the European Commission, Brussels, ISBN No. 92-894-5125-4, ISSN No. 1725-1087.



## BIOACTIVE GLASS COATINGS VIA SOL-GEL METHOD

Lale Civan<sup>1,2,\*</sup>, Macid Nurbas<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Eskisehir Osmangazi University, Department of Biotechnology and Biosafety, Eskisehir, Turkey*

<sup>2</sup> *Eskisehir Technical University, Materials Science and Engineering, Eskisehir, Turkey*

*lalecivan@gmail.com*

<sup>3</sup> *Eskisehir Osmangazi University, Department of Chemical Engineering, Eskisehir, Turkey*

*mnurbas@ogu.edu.tr*

*\* Corresponding Author*

### Abstract

In this study, bioactive glass coatings on Ti6Al4V alloy were improved via the sol-gel method and the creation of the hydroxyapatite layer was achieved with the bioactive glass coatings formed. These bioactive glass materials need to form a strong mechanical bond with the bone and soft tissues. The strength of this bonding is determined by the rate of formation of hydroxyapatite on the glass surface when it contacted with biological fluids. The surface characterization of materials such as microstructure, porosity, and bioactivity was made with the help of scanning electron microscopy (SEM) and EDX analysis to check the structure for cracks. The phases formed were determined by using XRD. The bioactivity behavior of the material was tested with different immersion times in the simulated body fluid for 7, 14, 21 and 30 days. Then hydroxyapatite formation was confirmed by using SEM and EDX analysis (Ca/P ratio) after dipping in simulated body fluid.

**Keywords:** *Ti6Al4V, Bioactive glass coating, Sol-gel*

### 1. Introduction

With the increase in the population of elderly people with bone illness in recent years, the request for implants and prostheses is increasing. Although bioactive glasses have been used in many surgical practices since their discovery by Hench, they cannot be evaluated in load-carrying applications due to glasses' weak mechanical properties. When bioactive glasses are used in coatings for metallic implants, they improve the osseointegration and protect the metal from body fluids and corrosion [1][1][1][1][1][1]. Since biocompatible metallic implants are bioinert materials, they have high mechanical strength but very low binding ability to bone tissue (Gomez-Vega, Saiz, Tomsia, Marshall and Marshall [2]). Due to the increase in the elderly population, the use of metal implants for damaged bone tissues has become extremely important. Although Ti6Al4V is a widely used titanium alloy in medical applications, the toxic effects of vanadium release on tissues and the prevention of apatite formation are trouble [3]. Bacteria form biofilms that cause infection of the bone and surrounding soft tissues due to bacterial growth on the implant surface. These microorganisms are irreversibly attached to the implant surface. After implantation, bacteria can form extracellular matrix sheet on the surface of the implant and cause adhesive biofilm formation. This biofilm complicates the penetration of antibacterial agents. Infection in the implant site can even cause death. Another common problem that comes up with metallic implants is encapsulation with fibrous tissue, that causes the implant to loosen. To solve these problems, the implant should be coated with bioactive material. Bioactive glasses are biocompatible materials which are well known for their osteoinductive properties. It is increasingly utilized in orthopedic surgery to facilitate the healing process during bone repair [4]. When the implant region does not match with the tissues, the fibrous capsule is formed, resulting in interface loosening, which results in implant failure [5].

Metal ions released due to implant wear cause health problems and bacterial biofilm formation leads to implant infection. The coating of the implants with bioactive glasses improve osseointegration, prevent corrosion, increase biocompatibility and bioactivity [6]. The coating of metallic materials with bioactive glasses is important in providing protection against corrosion and improving bioactivity [7]. Bioactive glasses must be coated on metallic prostheses in order to be used in load-carrying applications [8]. Bioactive materials promote the growth, maturation of cells and affect their differentiation by releasing ions that may influence cellular responses [9]. The capability of bioactive materials to bind to bone and bone tissue relates to their ability to form an apatite-like layer when in touch with physiological fluids [10].

The production of bioactive glass via the sol-gel method occurs at much lower temperatures than those produced by the conventional melting method. In addition, the sol-gel treatment provides better bioactivity control by changing the microstructure and offers a wider range of bioactivity [11]. Since the bioactive glasses made by sol-gel method increase the surface area, it increases the bioactivity compared to the glasses obtained by melting [12, 13]. The advantage of bioactive glass made via the sol-gel method is that it has a more homogeneous structure than the bioactive glass produced via the fusion method [14]. The sol-gel method used in the preparation of bioactive coatings has low treatment temperature, high bioactivity and effectively controls the composition, morphology of the coatings [15].





The aim of this study was to form bioactive coatings using a sol-gel spray coating technique and to evaluate these in vitro tests. The coatings were stored in simulated body fluid at 37°C for 7, 14, 21 and 30 days, then removed and dried. Then, apatite mineralization of bioactive glass coating was determined by SEM, energy dispersive X-ray analysis. Different characterization methods were used to determine the microstructural, thermal and bioactivity properties of the formed coatings. FTIR, TEM, Tg/DTA, Zeta potential and DLS are the other analyzes performed on bioactive glass coatings. FTIR, XRD and SEM analyses were performed to detect the hydroxyapatite layer formed on the surface of the coatings in contact with the simulated body fluid.

## 2. Materials and methods

Tetraethoxysilane (TEOS), Calcium nitrate tetrahydrate, Triethyl phosphate (TEP), Hydrochloric acid, polyvinyl pyrrolidone (PVP K90), Sodium alginate, Ethanol, and Polyethylene glycol (PEG) chemicals were used in the formation of bioactive coatings. Tg/Dta analysis was applied to the formed coatings and the heat treatment temperature of the coatings was determined as 200°C for 30 minutes. Since the temperature at which the degradation begins in the coating is determined to be 204 ° C, the heat treatment must be carried out at a temperature lower than this temperature. In addition, the heat treatment temperature was confirmed by SEM analysis on heat-treated samples of 100°C, 150°C and 200°C for half an hour. As a metal substrate Ti6Al4V was chosen which was used in high stress implants, such as hip implants. The simulated body fluid was formed according to the literature using various chemicals [16-18]. The simulated body fluid was formed using various chemicals. Simulated body fluid exhibits a chemical structure nearly equivalent to human blood plasma [18].

Chemicals used in the formation of simulated body fluid that are sodium hydrogen carbonate, sodium chloride, sodium sulfate, hydrochloric acid, calcium chloride (Isolab chemicals), potassium chloride, dipotassium hydrogen phosphate trihydrate (Merck), magnesium chloride hexahydrate, tris (hydroxymethyl) aminomethane (Carlo Erba Reagents) were provided. In vitro bioactivity tests, samples were dipped in simulated body fluid along 30 days to assess precipitation of apatite. The coatings were kept at a constant temperature of 37°C in simulated body fluid. The coatings removed from the simulated body fluid were rinsed in deionized water. Then, the characterization study was performed on the coatings dried under room conditions.

## 3. Results and discussion

### 3.1. XRD Analysis

X-ray diffraction analyses of bioactive glass coatings were used to investigate the characteristic phases of the samples using a Panalytical Empyrean diffractometer. Data were obtained using CuK $\alpha$  radiation at 2 $\theta$  angles in the range of 10-80°. XRD analyzer was found to have an amorphous structure of the coatings formed from the results of the analysis (Figure 1).

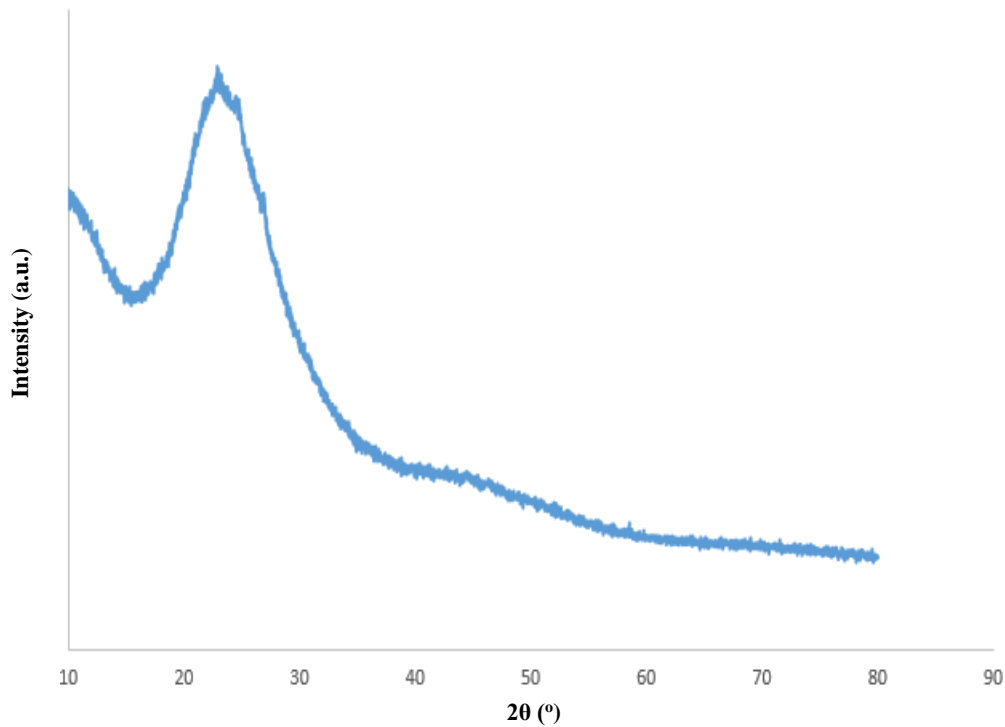


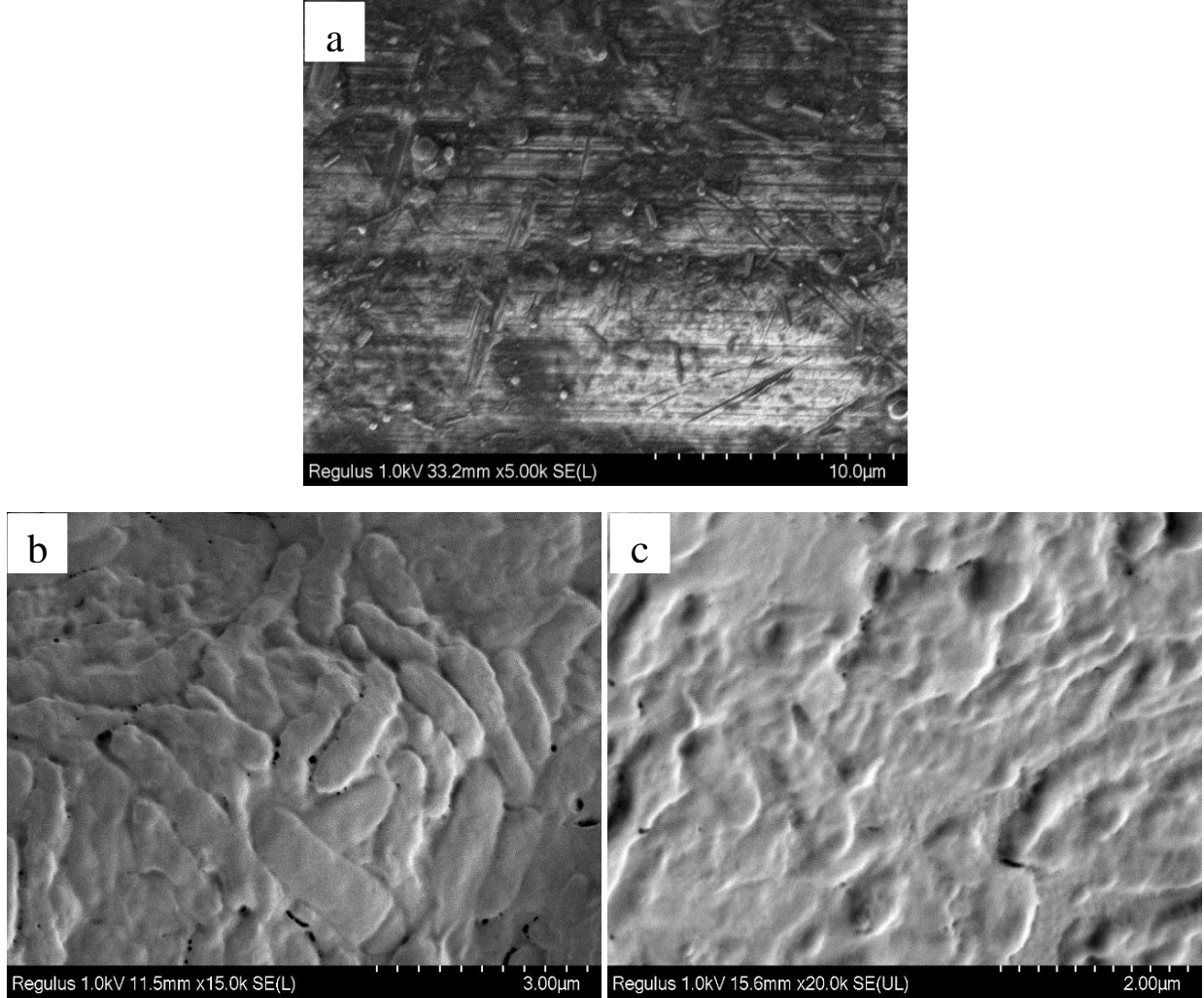
Figure 1. XRD analysis of bioactive glass coatings

### 3.2. SEM Analysis

Hitachi Regulus 8230 scanning electron microscope was benefited to observe the surface morphology and microstructures of bioactive glass coatings before and after immersion to the simulated body fluid. Prior to scanning electron microscopy



measurements, all samples were coated with gold-palladium under vacuum. The coated Ti6Al4V substrates were immersed in simulated body fluid along 30 days. The accumulation of hydroxyapatite on the surface was used as a measure of bone binding capacity. A scanning electron microscope associated with EDX analysis was used to investigate the formation of hydroxyapatite. Figure 2. shows SEM images of bioactive glass coatings dipped in simulated body fluid along 7 and 30 days. In order to identify, the Ca/P ratio of the analyzed samples, EDX analysis connected to the SEM device was effected. Ca/P ratio of 2.20 and 2.84 were determined in the sample which was kept along 7 days (Figure 3).



**Figure 2. SEM analysis of the sample held in simulated body fluid along (b) 7 days, (c) 30 days**

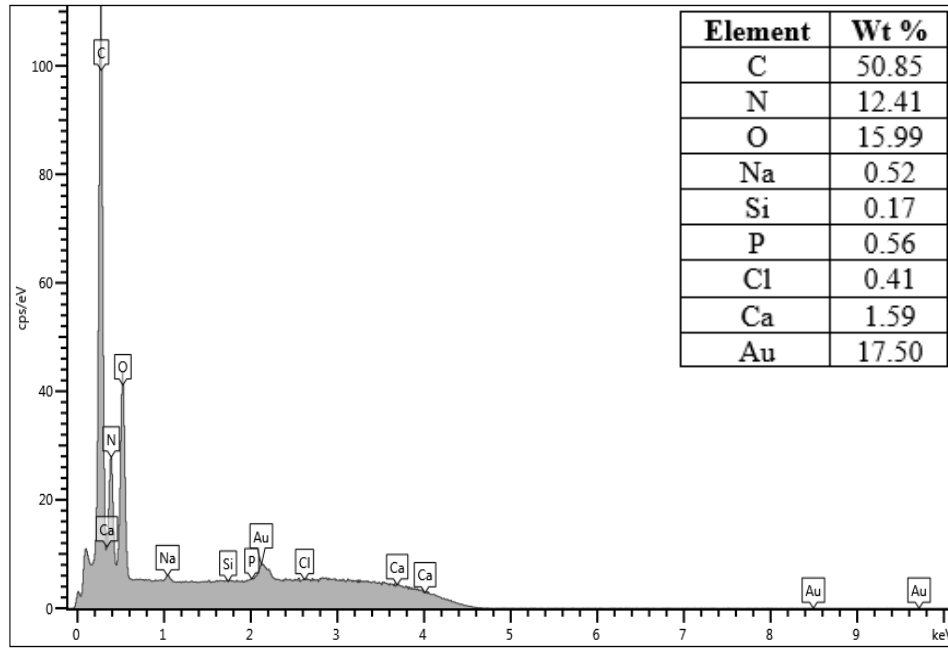


Figure 3. EDX analysis of the sample with a Ca/P ratio of 2.84

#### 4. Conclusions

Within the scope of this work, bioactive glass coatings were successfully applied to Ti6Al4V by using the sol-gel technique. It was determined that the coatings formed from XRD results contained an amorphous phase. The obtained bioactive glass coatings were found to induce apatite formation after 7 days of immersion in simulated body fluid. As a result, the sol-gel technique has proven to be a valid system for synthesizing bioactive glasses and using them as coatings. XRD and SEM analysis results support the formation of the hydroxyapatite layer. General results showed that composite scaffolding produced in this study may have the area of use for use in bone tissue engineering applications and scientific research on bone tissue engineering. In vivo studies are required to make bioactive glass coatings usable in the human body.

#### 5. References

- [1] S. Lopez-Esteban, E. Saiz, S. Fujino, T. Oku, K. Suganuma, A.P. Tomsia, Bioactive glass coatings for orthopedic metallic implants, *Journal of the European Ceramic Society*, 23 (2003) 2921-2930.
- [2] J. Gomez-Vega, E. Saiz, A. Tomsia, G. Marshall, S. Marshall, Bioactive glass coatings with hydroxyapatite and Bioglass® particles on Ti-based implants. 1. Processing, *Biomaterials*, 21 (2000) 105-111.
- [3] E. Mahlooji, M. Atapour, S. Labbaf, Electrophoretic deposition of Bioactive glass–Chitosan nanocomposite coatings on Ti-6Al-4V for orthopedic applications, *Carbohydrate polymers*, 226 (2019) 115299.
- [4] L. Cordero-Arias, S. Cabanas-Polo, O. Goudouri, S.K. Misra, J. Gilabert, E. Valsami-Jones, E. Sanchez, S. Virtanen, A.R. Boccaccini, Electrophoretic deposition of ZnO/alginate and ZnO-bioactive glass/alginate composite coatings for antimicrobial applications, *Materials Science and Engineering: C*, 55 (2015) 137-144.
- [5] N.O. Joy-anne, Y. Su, X. Lu, P.-H. Kuo, J. Du, D. Zhu, Bioactive glass coatings on metallic implants for biomedical applications, *Bioactive Materials*, 4 (2019) 261-270.
- [6] S. Khanmohammadi, M.O. Ilkhchi, Effect of suspension medium on the characteristics of electrophoretically deposited bioactive glass coatings on titanium substrate, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 503 (2019) 232-242.
- [7] M. Fathi, A.D. Mohammadi, Preparation and characterization of sol-gel bioactive glass coating for improvement of biocompatibility of human body implant, *Materials Science and Engineering: A*, 474 (2008) 128-133.
- [8] R. Comesaña, F. Quintero, F. Lusuquinos, M. Pascual, M. Boutinguiza, A. Durán, J. Pou, Laser cladding of bioactive glass coatings, *Acta biomaterialia*, 6 (2010) 953-961.
- [9] M. Bosetti, M. Cannas, The effect of bioactive glasses on bone marrow stromal cells differentiation, *Biomaterials*, 26 (2005) 3873-3879.
- [10] N. Olmo, A.I. Martín, A.J. Salinas, J. Turnay, M.a. Vallet-Regí, M.A. Lizarbe, Bioactive sol-gel glasses with and without a hydroxycarbonate apatite layer as substrates for osteoblast cell adhesion and proliferation, *Biomaterials*, 24 (2003) 3383-3393.



- [11] R. Li, A. Clark, L. Hench, An investigation of bioactive glass powders by sol-gel processing, *Journal of Applied Biomaterials*, 2 (1991) 231-239.
- [12] S. Lin, C. Ionescu, K.J. Pike, M.E. Smith, J.R. Jones, Nanostructure evolution and calcium distribution in sol-gel derived bioactive glass, *Journal of Materials Chemistry*, 19 (2009) 1276-1282.
- [13] S. Lin, C. Ionescu, S. Baker, M.E. Smith, J.R. Jones, Characterisation of the inhomogeneity of sol-gel-derived SiO<sub>2</sub>-CaO bioactive glass and a strategy for its improvement, *Journal of sol-gel science and technology*, 53 (2010) 255-262.
- [14] J. Roman, S. Padilla, M. Vallet-Regi, Sol-gel glasses as precursors of bioactive glass ceramics, *Chemistry of materials*, 15 (2003) 798-806.
- [15] Y. Zhang, F. Jiang, J. Luan, X. Zhou, Z. Wu, M. Li, Z. Hong, Surface properties of Ce-TZP/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite ceramics by coating mesoporous bioactive glass, *Composites Part B: Engineering*, 164 (2019) 499-507.
- [16] A. Srinivasan, N. Rajendran, Surface characteristics, corrosion resistance and MG63 osteoblast-like cells attachment behaviour of nano SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> coated 316L stainless steel, *RSC Advances*, 5 (2015) 26007-26016.
- [17] C.R. Campion, S.L. Ball, D.L. Clarke, K.A. Hing, Microstructure and chemistry affects apatite nucleation on calcium phosphate bone graft substitutes, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 24 (2013) 597-610.
- [18] T. Kokubo, H. Takadama, How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?, *Biomaterials*, 27 (2006) 2907-2915.

**NOTE: This study was supported by Eskişehir Osmangazi University Institute of Science and Technology (2018/15A207) BAP project.**



# ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE MAKSİMUM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ

Berrin Atalay<sup>1</sup>, M. Duran Toksari<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

berrinucarkus@erciyes.edu.tr , dtoksari@erciyes.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

## Özet

Klasik çizelgeleme problemlerinde işlerin işlem sürelerinin sabit olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayat problemlerinde işlerin sürekli yapılması ile işlerin işlem süreleri kısılabilmektedir. Buna literatürde “öğrenme etkisi” denilmektedir. Bu öğrenme etkileri farklı şekillerdedir. Bizim çalışmamızda doğrusal öğrenme etkisi kullanılmıştır. İş reddetme işlerin içeride işlenmeyip, dışarıda üretilmesi şeklinde tanımlanabilir, yani fason üretim şeklinde de ifade edilebilir. İş reddetme durumunda işin reddedilmesinden dolayı reddetme maliyeti oluşmaktadır. Bir iş ya kabul edilir içeride üretilir, ya da reddedilir reddetme maliyetine katlanır. Çalışmamızda tek makine çizelgeleme probleminde maksimum tamamlanma zamanı ve iş reddetme maliyetinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Problemin matematiksel modeli oluşturulmuş, on beş iş için örnek bir problem tanımlanmış ve çözülmüştür. Problem çözümünde Lingo programı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çizelgeleme, Öğrenme Etkisi, Bozulma Etkisi, Tek Makine, Maksimum Tamamlanma Zamanı En Küçüklenmesi

## 1. Giriş

Klasik çizelgeleme problemlerinde işlerin işlem sürelerinin sabit olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayat problemlerinde işlerin sürekli yapılması ile işlerin işlem süreleri kısılabilmektedir.

Çizelgeleme probleminde öğrenme etkisi altındaki işin işlem zamanı, o işin çizelgedeki pozisyonuna bağlı olarak azalan fonksiyon şeklinde modellenir. İş reddetme; bazı işlerin içeride üretilmeyip dışarıda üretilmesi ya da üretilmemesi şeklinde ifade edilebilir.

Çalışmamızda tek makine çizelgeleme probleminde maksimum tamamlanma zamanı ve iş reddetme maliyetinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Problemin matematiksel modeli oluşturulmuş, on beş iş için örnek bir problem tanımlanmış ve çözülmüştür. Problem çözümünde Lingo programı kullanılmıştır.

## 2. Öğrenme Etkisi Altında İş Reddetmeli Tek Makine Çizelgeleme Problemi

Mosheiov [1] “öğrenme etkisi” terminolojisini geliştirmiştir. Ayrıca Mosheiov [2] paralel eş makineler için öğrenme etkisi altında akışın en küçüklenmesi problemlerini çalışmıştır. Biskup [3] öğrenme etkisini çizelgeleme üzerinde kullanan ilk kişidir. Aynı makine özellikleri durumunda, işlerin sayısının fonksiyonuna bağlı olarak işlem zamanının azalacağını varsaymıştır. Gerçek işlem zamanı için aşağıdaki modeli düşünmüştür.

$$p_{j[r]} = (p_j)r^\alpha \quad (1)$$

Çalışmamızda tek makine, n adet iş düşünülmüştür.  $P_j$ , j işinin süresidir.  $i, j, r = 1, \dots, n$ . Eğer j işi makineye atanmazsa,  $\delta_j$  kadar ceza maliyeti alır.  $\alpha$  öğrenme katsayısıdır. Literatürde genellikle 0,8 olarak alınmaktadır.  $X_{ijr}$  karar değişkenimizdir, j işi r pozisyonuna atanırsa 1 diğer durumda 0 olur.  $i = 1$  değerini aldığımda, kabul edilen işler kümesine ait bir iş olduğu,  $i = 2$  değerini aldığımda, reddedilen işler kümesine ait bir iş olduğu anlamına gelmektedir ve  $\delta_j$  kadar ceza maliyeti almaktadır. En büyük tamamlanma zamanı  $C_{max}$  olarak gösterilmiştir.

Tek makine çizelgeleme özelliklerinde, tamamlanma zamanı değeri sıradan bağımsızdır. Tamamlanma zamanı en küçüklenmesi, en küçük işlem zamanı ile optimum sıra elde edilerek, ikili değiştirme argümanı ile kolayca çözülebilir.

Problemimizin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir.

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^n r^2 \cdot (P_j \cdot r^\alpha \cdot X_{1jr}) + \delta_j \cdot X_{2jr} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ijr} \leq 1 \quad (i = 1,2) \quad (r = 1,2, \dots, n) \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{r=1}^n X_{ijr} = 1 \quad (j = 1,2, \dots, n) \quad (4)$$

$$X_{ijr} \in (0,1) \quad (5)$$





Amaç maksimum tamamlanma zamanı ve reddetme maliyeti en küçüklenmesidir. Toplam çizelgeleme maliyeti reddedilen işlerin ceza maliyetlerine, işlenen işlerin işlem sürelerinin maliyete dönüştürülmesiyle elde edilen maliyetlerin toplamıdır. Eşitlik (2) amaç fonksiyonumuzdur, Eşitlik (3) her bir işin ya kabul edilmesi ya da reddedilmesini sağlar. Eşitlik (4) tüm işlerin tek bir pozisyona atanmasını garanti eder. Eşitlik (5) karar değişkenimizin 0 ya da 1 değerini alacağını ifade eder.

### 2.1. Örnek Problem

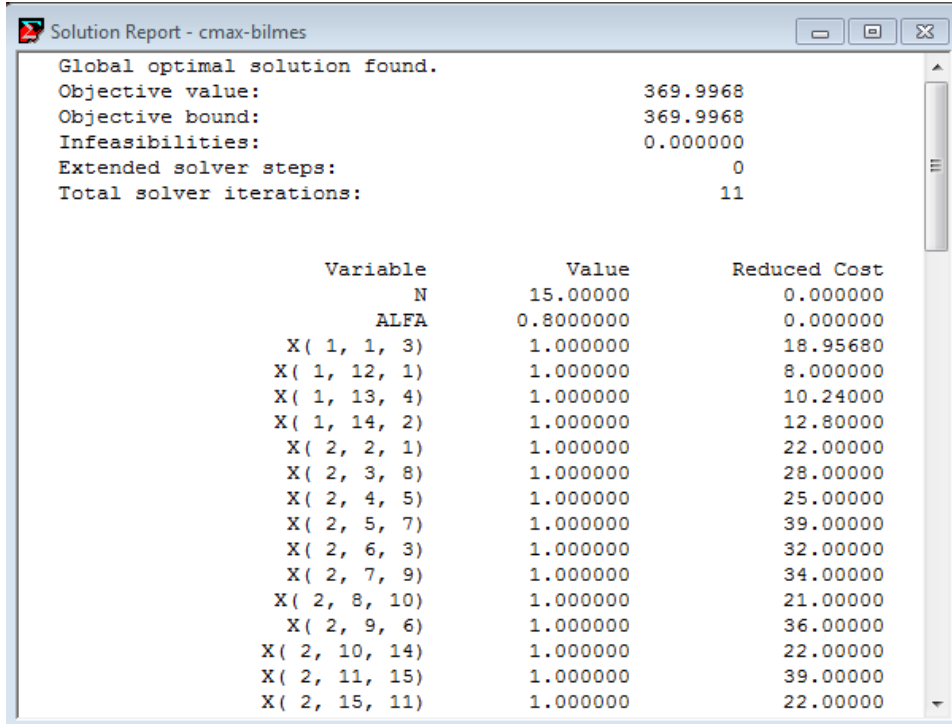
Örnek problemin verileri Tablo 1’de verilmiştir. İşlem süreleri [1, 25] aralığında, ceza maliyetleri ise [20, 60] aralığında rasgele üretilmiştir.  $\alpha = \log(0.8)/\log(2) = -0.32$  olarak alınmıştır.

**Tablo 5:  $n = 15$  için İşlerin İşlem Süreleri ve Ceza Maliyetleri**

İş	İşlem Süresi	Ceza Maliyeti
1	3	23
2	16	22
3	19	28
4	20	25
5	13	39
6	16	32
7	16	34
8	20	21
9	13	36
10	17	22
11	23	39
12	8	36
13	1	21
14	4	29
15	10	22

Veriler Lingo programında çözülmüştür, sonuçlar aşağıdaki şekilde gibidir.





Global optimal solution found.

Objective value:	369.9968
Objective bound:	369.9968
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	11

Variable	Value	Reduced Cost
N	15.00000	0.000000
ALFA	0.800000	0.000000
X( 1, 1, 3)	1.000000	18.95680
X( 1, 12, 1)	1.000000	8.000000
X( 1, 13, 4)	1.000000	10.24000
X( 1, 14, 2)	1.000000	12.80000
X( 2, 2, 1)	1.000000	22.00000
X( 2, 3, 8)	1.000000	28.00000
X( 2, 4, 5)	1.000000	25.00000
X( 2, 5, 7)	1.000000	39.00000
X( 2, 6, 3)	1.000000	32.00000
X( 2, 7, 9)	1.000000	34.00000
X( 2, 8, 10)	1.000000	21.00000
X( 2, 9, 6)	1.000000	36.00000
X( 2, 10, 14)	1.000000	22.00000
X( 2, 11, 15)	1.000000	39.00000
X( 2, 15, 11)	1.000000	22.00000

Şekil 8:  $n = 15$  için Elde edilen Sonuçlar

Yukarıdaki şekilde de görüleceği üzere amaç fonksiyonu değeri 369,9968 çıkmıştır. Bu değer kabul edilen işlerin işlem sürelerinin ve reddedilen işlerin ceza maliyetlerinin toplamıdır. Kabul edilen işlerde sıralama (12, 14, 1, 13) olmuştur. (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15) işleri de reddedilmiştir.

### 3. Kaynakça

- [1] Mosheiov, G., "Scheduling Problems with a Learning Effect", *European Journal of Operational Research*, 132: 687– 693, 2001.
- [2] Mosheiov, G., "Parallel Machine Scheduling with a Learning Effect", *Journal of the Operational Research Society*, 52(10): 1165-1169, 2001.
- [3] Biskup, D., "Single-Machine Scheduling with Learning Considerations", *European Journal of Operational Research*, 115(1): 173-178, 1999.



# ÖĞRENME ETKİSİ ALTINDA İŞ REDDETME Lİ TEK MAKİNE ÇİZELGELEME PROBLEMLERİNDE TOPLAM TAMAMLANMA ZAMANI EN KÜÇÜKLENMESİ

Berrin Atalay<sup>1</sup>, M. Duran Toksari<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

berrinucarkus@erciyes.edu.tr , dtoksari@erciyes.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

## Özet

Klasik çizelgeleme problemlerinde işlerin işlem sürelerinin sabit olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayat problemlerinde işlerin sürekli yapılması ile işlerin işlem süreleri kısılabilmektedir. Buna literatürde “öğrenme etkisi” denilmektedir. Bu öğrenme etkileri farklı şekillerdedir. Bizim çalışmamızda doğrusal öğrenme etkisi kullanılmıştır. İş reddetme işlerin içeride işlenmeyip, dışarıda üretilmesi şeklinde tanımlanabilir, yani fason üretim şeklinde de ifade edilebilir. İş reddetme durumunda işin reddedilmesinden dolayı reddetme maliyeti oluşmaktadır. Bir iş ya kabul edilir içeride üretilir, ya da reddedilir reddetme maliyetine katlanır. Çalışmamızda tek makine çizelgeleme probleminde toplam tamamlanma zamanı ve iş reddetme maliyetinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Problemin ispatı sunulmuş, on beş iş için örnek bir problem tanımlanmış ve çözülmüştür. Problem çözümünde Lingo programı kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çizelgeleme, Öğrenme Etkisi, Bozulma Etkisi, Tek Makine, Toplam Tamamlanma Zamanı En Küçüklenmesi

## 1. Giriş

Klasik çizelgeleme problemlerinde işlerin işlem sürelerinin sabit olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayat problemlerinde işlerin sürekli yapılması ile işlerin işlem süreleri kısılabilmektedir.

Çizelgeleme probleminde öğrenme etkisi altındaki işin işlem zamanı, o işin çizelgedeki pozisyonuna bağlı olarak azalan fonksiyon şeklinde modellenir. İş reddetme; bazı işlerin içeride üretilmeyip dışarıda üretilmesi ya da üretilmemesi şeklinde ifade edilebilir.

Çalışmamızda tek makine çizelgeleme probleminde toplam tamamlanma zamanı ve iş reddetme maliyetinin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Problemin matematiksel modeli oluşturulmuş, on beş iş için örnek bir problem tanımlanmış ve çözülmüştür. Problem çözümünde Lingo programı kullanılmıştır.

## 2. Öğrenme Etkisi Altında İş Reddetmeli Tek Makine Çizelgeleme Problemi

Mosheiov [1] “öğrenme etkisi” terminolojisini geliştirmiştir. Ayrıca Mosheiov [2] paralel eş makineler için öğrenme etkisi altında akışın en küçüklenmesi problemlerini çalışmıştır. Biskup [3] öğrenme etkisini çizelgeleme üzerinde kullanan ilk kişidir. Aynı makine özellikleri durumunda, işlerin sayısının fonksiyonuna bağlı olarak işlem zamanının azalacağını varsaymıştır. Gerçek işlem zamanı için aşağıdaki modeli düşünmüştür.

$$p_{j[r]} = (p_j)r^\alpha \quad (1)$$

Klasik tek makine çizelgeleme problemlerinde toplam tamamlanma zamanı en kısa işlem süresi politikasıyla çözülebilir. İşler öğrenme indeksine bağlı olsa da optimum sıralama En Kısa İşlem Süresi (EKİS) ile elde edilir [4].  $j$  işi  $r$  pozisyonuna atandığında onun pozisyonel ağırlığı  $n - j + 1$ 'dir.  $P_j$ ,  $j$  işinin tamamlanma zamanıdır ve optimum akış zamanı çözümü aşağıdaki atama probleminin çözümüyle elde edilir.

**Yardımcı Önerme 1:**  $2r^{\alpha+1} - (r + 1)^{\alpha+1}$  değeri sıfırdan büyüktür.

$$f(r) = 2r^{\alpha+1} - (r + 1)^{\alpha+1} \quad (2)$$

$$f(r)' = (\alpha + 1)2r^\alpha - (\alpha + 1)(r + 1)^\alpha \quad (3)$$

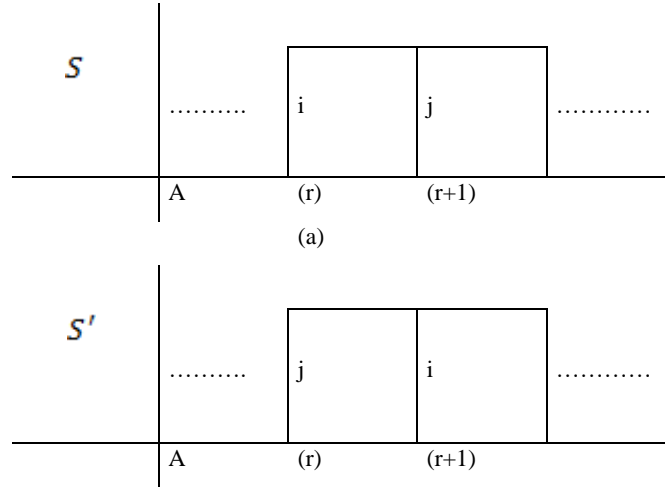
$$= (\alpha + 1)(2r^\alpha - (r + 1)^\alpha) > 0$$

**Teorem 1:**  $1|p_{j[r]} = rp_jr^\alpha| \sum C$  problemin optimum çözümü işlerin EKİS kuralına göre sıralanmasıyla elde edilir.

## İspat:

Öğrenme etkisi altında,  $n$  adet iş tek makine problemi düşünölmüştür.  $\alpha = \log(a)/\log(2) < 0$  ve  $P_i \leq P_j$  varsayılmıştır.  $r$  işin çizelgelendiği pozisyon,  $A$ :  $i$  ve  $j$  işlerinden önce çizelgelenen son işin tamamlanma zamanıdır.





(b)

**Şekil 1.i ve j işlerinin S ve S' çizelgelerinde gösterimi**

Şekil 1. (a)'da gösterilen S çizelgesi için

$$C_i(S) = A + r(P_i)r^\alpha \quad (4)$$

$$C_j(S) = A + r(P_i)r^\alpha + (r+1)(P_j)(r+1)^\alpha \quad (5)$$

$$\sum C(S) = 2A + 2r(P_i)r^\alpha + (r+1)(P_j)(r+1)^\alpha \quad (6)$$

Şekil 1. (b)'de gösterilen S' çizelgesi için

Tek makine çizelgeleme problemlerinde bazı problemlerin optimum sıralaması işlerin birbiri arasında ikili değişirme yapılmasıyla elde edilir. S ve S' bizim çizelgelerimizdir ve bu çizelgelerin birbirinden farkı i ve j işinin sırasının farklı olmasıdır i ve j işlerinin öncesindeki ve sonrasındaki işlerin sıralamasında değişiklik yapılmamıştır.

$$C_j(S') = A + r(P_j)r^\alpha \quad (7)$$

$$C_i(S') = A + r(P_j)r^\alpha + (r+1)(P_i)(r+1)^\alpha \quad (8)$$

$$\sum C(S') = 2A + 2r(P_j)r^\alpha + (r+1)(P_i)(r+1)^\alpha \quad (9)$$

Eşitlik (6) ve (9)'in farkları alınarak aşağıdaki durum elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} \sum C(S') - \sum C(S) &= (P_j - P_i)(2rr^\alpha - (r+1)^{1+\alpha}) \\ &= (P_j - P_i)(2r^{\alpha+1} - (r+1)^{\alpha+1}) > 0 \end{aligned}$$

Yardımcı Önerme 1 ve Teorem 1'e göre S çizelgesinin S' çizelgesinden daha iyi olduğu gösterilmiştir ve  $1|p_{j[r]} = rp_jr^\alpha | \sum C$  probleminin optimum çözümünün EKİS kuralı ile elde edildiğini ispatlar.

## 2.1. Örnek Problem

Örnek problemin verileri Tablo 1'de verilmiştir. İşlem süreleri [1, 25] aralığında, ceza maliyetleri ise [20, 60] aralığında rasgele üretilmiştir.  $\alpha = \log(0.8)/\log(2) = -0.32$  olarak alınmıştır.



**Tablo 6:  $n = 15$  için İşlerin İşlem Süreleri ve Ceza Maliyetleri**

İş	İşlem Süresi	Ceza Maliyeti
1	15	25
2	9	40
3	18	39
4	18	26
5	6	28
6	3	26
7	2	33
8	2	50
9	23	51
10	11	31
11	19	24
12	3	39
13	25	27
14	8	23
15	9	49

Veriler Lingo programında çözülmüştür, sonuçlar aşağıdaki şekilde gibidir.

```
Solution Report - total_c-bilmes
Global optimal solution found.
Objective value:                427.1568
Objective bound:                427.1568
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          0
Total solver iterations:        11

Variable      Value      Reduced Cost
N              15.00000      0.00000
ALFA           0.800000     0.00000
X( 1, 8, 1)    1.000000     16.00000
X( 1, 12, 2)   1.000000     19.20000
X( 1, 15, 3)   1.000000     18.95680
X( 2, 1, 1)    1.000000     25.00000
X( 2, 2, 6)    1.000000     40.00000
X( 2, 3, 15)   1.000000     39.00000
X( 2, 4, 7)    1.000000     26.00000
X( 2, 5, 11)   1.000000     28.00000
X( 2, 6, 9)    1.000000     26.00000
X( 2, 7, 10)   1.000000     33.00000
X( 2, 9, 8)    1.000000     51.00000
X( 2, 10, 3)   1.000000     31.00000
X( 2, 11, 12)  1.000000     24.00000
X( 2, 13, 14)  1.000000     27.00000
X( 2, 14, 4)   1.000000     23.00000
```

**Şekil 2:  $n = 15$  için Elde edilen Sonuçlar**

Yukarıdaki şekilde de görüleceği üzere amaç fonksiyonu değeri 427,1568 çıkmıştır. Bu değer kabul edilen işlerin işlem sürelerinin ve reddedilen işlerin ceza maliyetlerinin toplamıdır. Kabul edilen işlerde sıralama (8, 12, 15) olmuştur. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14) işleri de reddedilmiştir.





Kabul edilen işlerin EKİS kuralına göre sıralandığı görülmektedir.

### 3. Kaynakça

- [1] Mosheiov, G., “Scheduling Problems with a Learning Effect”, *European Journal of Operational Research*, 132: 687– 693, 2001.
- [2] Mosheiov, G., “Parallel Machine Scheduling with a Learning Effect”, *Journal of the Operational Research Society*, 52(10): 1165-1169, 2001.
- [3] Biskup, D., “Single-Machine Scheduling with Learning Considerations”, *European Journal of Operational Research*, 115(1): 173-178, 1999.
- [4] Gerstl, E., Mosheiov, G., “Scheduling on Parallel Identical Machines with Job-Rejection and Position-Dependent Processing Times”, *Information Processing Letters*, 112(19), 743-747, 2012.



## ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MANAGEMENT OF CYBERSECURITY BENEFITS, CHALLENGES, AND PROSPECT IN A DEVELOPING ECONOMY, AFRICA

**Yakubu Ajiji Makeri, Chinecherem Umezuruike, Habiba Njeri Ngugi, Abdurrahman Shuaibu Hassan**

*School of Computing and Information technology Kampala International university Uganda*

*yakubu.makeri@kiu.ac.ug,*

*School of Computing and Information technology Kampala International university Uganda*

*comezuruike@kiu.ac.ug*

*School of Computing and Information technology Kampala International University Uganda*

*habiba.ngugi@kiu.ac.ug*

*Electrical, Computer, and Telecommunication Engineering, Kampala International University Uganda*

*hassan.shvaibu@kiu.ac.ug*

*\*Corresponding Authors*

### Abstract

The practice of securing electronic devices and its accessories, data, and information traveling through a computer network from unauthorized access and malicious attack is known as cybersecurity. In recent times, the security of information has become an issue bothering managers and organizations both in developed and underdeveloped worlds. Measures have put in place and devices designed to enhance security handling. With the growth of technology and emerging trends, various technological trends have been deployed to improve security management. One of these trends is Artificial intelligence. Its benefits have been seen to yield results in healthcare, Education, Robotics, Manufacturing, to mention but a few. Every technological development comes with a challenge and of course, an underlining benefit. This prompted this work that looks at the benefits, challenges, and prospects of applying artificial intelligence to cybersecurity management in a developing economy; Africa.

**Keywords:** *securing electronic devices and accessories, data, and information*

### 1. Introduction

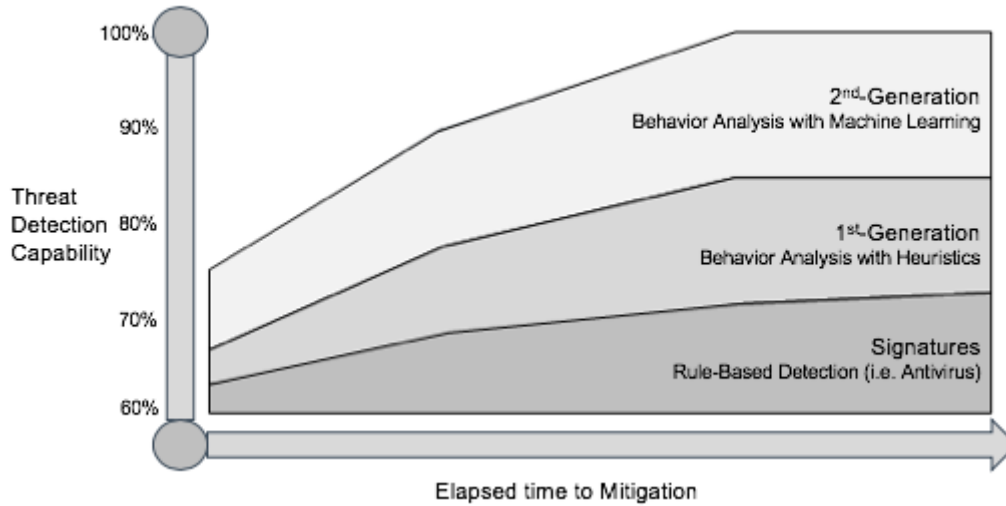
Cybersecurity entails securing endpoint devices, networks, and information moving around the network. This has been a great concern to industry managers and users. Irrespective of security policies developed and adopted by many organizations, the rate of attack has increased tremendously. With the exponential rate of technological development comes an increase of cybercrime, of which new attack types, tools, and techniques that allow attackers to penetrate more complex or well-controlled environments (Bendovschi, 2015). Hence, increased damage and the inability to trace the source of the attack remain a concern. Security has been a great age concern, and various systems have been used to curtail loss and theft of data and information. Infringements in the cyber environment grouped as common cyber-attacks include the following; denial of service, malicious codes, viruses, worms and Trojans, malware, malicious insiders, stolen devices, phishing, and social engineering, web-based attacks (Bendovschi, 2015., Lu, 2014). Countries have come up with cybersecurity laws and of which the United States of America is at the forefront. It has gone ahead to release national defense strategy tagged “Sharpening the American military’s competitive edge” released in January 2018. They identified artificial intelligence as one of the critical technologies that will Advanced autonomous systems and gain competitive military advantage. Cybersecurity is seen to be strategically managed by integrating artificial intelligence (Patil, 2016; Tyugu, 2011). As data increase and attacks increase, there is every need to deploy an intelligent system that will be able to understudy patterns and help make quick and decisive decisions. This is the place of artificial intelligence. Its usefulness cannot be over emphasized as healthcare, education, business, big data processing has benefited tremendously from Artificial intelligence. Much can be for developed economies, but little can be said about the developing economies of which Africa is part. This work looks at the benefits of artificial intelligence, challenges, and prospects as regard to cybersecurity in Africa.

### 2. The challenges of artificial intelligence to economic development in Africa Technological restrictions & detection gaps

We must look at today’s challenges. When you analyze the security architecture of many organizations, most of them have invested a lot to get better value out of their security architecture and Security Operations Centres (SOCs). These problems arise because internal processes and security teams are limited through technological restrictions, which are compounded by the sophistication of the attacks – and the attackers – that they face. On top of that, due to drastic increases in the amount of new unknown malware each day, the total number of malware actors, and the size of the Darknet, we have reached the limitations of signatures and heuristics.



Signatures represent the fingerprint of the malicious code and help to detect and identify malware. One weakness of this approach is that simple changes in the malware’s characteristics often bypass signatures. Some experts say that anti-virus signatures now catch no more than 30-40% of malware, though others consider that this level may be as high as 65%.



### 3. Identifying Malware, suspicious HTTP traffic, or abnormal behavior with Machine Learning

A well-known example of ML and supervised learning – this means that we have to train the engine with predefined, labeled data – is a sandboxing solution to identify malware or malicious domains. The algorithm extracts relevant features, assigns importance to each, and can then predict if the unknown input file is malware or benign based on a percentage value, as shown in the table.

Extracted Feature	Good documents	Malicious documents
Document name	0,9%	84,4%
No title	6,6%	50,2%
Obfuscated function calls	0,1%	39,6%
Accesses host file	21,8%	49,5%
DNS resolution	27,4%	50,4%
Excessive sleep calls	43,6%	67,1%

The security engineers need to analyze a wide range of command-and-control traffic and focus on characteristics that are common across many types of malware, and information is fed into the learning algorithm, and a model is generated, which can then predict if HTTP based command-and-control communication occurs.

### 4. Man-Machine Analyst Teams

The main problem is still the lack of trained security analysts, and hybrid human-machine approach is likely to be necessary and will appear in different areas, such as model building and categorization based on analyst screening, unsupervised anomaly detection with analyst review, and even analysis of cybersecurity literature to determine current threats. The use of some machine learning components in combination with human analysts is becoming commonplace within more substantial corporations. Google's cybersecurity efforts (including a recent machine-learning-based Android security initiative), and China's search giant Baidu (using a deep learning approach to identify malware). Startups included Intersect (which employs a library of more than 300 machine-learning and advanced-analytics models), Massive Intelligence (which provides a range of detection products based on machine learning), and Deep Instinct, Darktrace, and Cylance (providing variations of machine learning cybersecurity).



## 5. The benefits of artificial intelligence to economic development in Africa

The advancements promise to provide further dynamism to local economies by reducing transaction costs associated with a lack of information. This applies to the issue of necessary government data. The expectations that AI may help to cost-effectively improve the quality of national statistics (for example, on employment and wealth) that are needed for proper economic planning and policymaking. But there are genuine concerns about how AI will affect unemployment. In 2016 the World Bank Development Report estimated that automation would be happening on a much larger scale than in developed countries. Some reasons for this are that many low and middle-income countries lack the communication, energy, and other infrastructures that are required to support highly automated industries.

## 6. Democracy

On the strengthening of democracy, in many countries, citizens still generally need to read or speak, But this is a significant barrier to fully participate politically and economically for those who express an indigenous language or who are illiterate. “AI-based automated translation and voice recognition systems could have a significant impact on countries with multiple languages. The challenge to these approaches is that machine translation models tend to be refined with the scale of usage and currently mainly rely on written communication to train the models. This may not be viable for some less widely used languages yet, but machine translation models already exist for some of the more widely spoken languages in low and middle-income countries.

## 7. The approach to assessing the economic impact of AI

The “new spring” for AI has prompted a great deal of research on the financial implications of AI, and the consensus is emerging that it may offer substantial benefits. Thus far, the study finds that a broad range of AI technologies could boost productivity levels and elevate GDP growth trajectories. The exact numbers vary because researchers have used different methodologies—for instance, considering a narrow or broad set of drivers of economic impact. African states are therefore facing pressures to deliver services to rapidly growing metropolitan areas while simultaneously improving performance on issues including [stubborn poverty](#), continued [political instability](#), as well as a plethora of security threats, including [transnational organized crime](#) and [political violence](#).

## 8. Positive AI and negative AI in the African context

The developments in AI have been predominately driven by [private sector technology actors](#), but growing interest by African governments has seen the start of conversations around [“AI strategies”](#) for growth and governance across the continent. AI is not typically applied to a defined problem neutrally. Navigating the complexities of AI application calls for a typology of positive AI and negative AI in the governance context. Positive AI is the use of such systems for broad social benefit.

Conversely, negative AI is used for social division, suppression, or even violence. Positive AI applications in Africa have garnered most of the media coverage. [Start-ups in Ghana and Nigeria](#) are addressing doctor shortages and the lack of medical access for rural Africans. They have begun to use AI to empower doctors and leverage growing mobile phone ownership as a vehicle for collecting data, improving administrative efficiency, and to expand treatment coverage.

## 9. Conclusions

Artificial intelligence is an essential opportunity for the continent of Africa. If governments can successfully navigate the challenges, AI can be a driver of growth, development, and democratization. The potential to enhance productivity growth by expanding opportunities in critical sectors for Africa’s development, including agriculture, healthcare, financial services, and government services. By empowering them with access to high-quality digital tools, AI will equip workers, entrepreneurs, and businesses to compete at a global level and are at the forefront of economic transformation. However, the obstacles in the way require serious policy responses. AI will mean substantial adjustments for workers and businesses and opens new ethical questions that need thoughtful answers. Africa needs to take decisive steps to overcome its unique challenges, but if it can, it has the opportunity to catch up to those countries that have already taken steps to advance AI. These efforts will not be natural, but the path forward is clear. Success will depend on the ability of governments to foster collaboration among all stakeholders — state and civil society, academia, industry, and national and international stakeholders. If these groups jointly embrace the challenges and opportunities of AI, Africa will reap the benefits of a vibrant AI ecosystem.

## 10. References

“Industrial Strategy Building a Britain fit for the future,” HM Government, November 2017.

“Industrial Strategy Building a Britain fit for the future,” HM Government, November 2017.

“Industrial Strategy Building a Britain fit for the future,” HM Government, November 2017.

Jonathon Vanian, “United Kingdom Plans \$1.3 billion Artificial Intelligence Push”, Fortune, 25 April 2018.

Albertini, J.; Hainault, J.-O.; Langot, F.; Sopraseuth, T. 2017. A tale of two countries: A story of the French and US polarization, IZA Discussion Paper No. 11013 (Bonn, Institute for the Study of Labor)

; Autor, D. 2011. “Skills, tasks, and technologies: Implications for employment and earnings,” in O. Ashenfelter and D. Card: Handbook of labor economics (Amsterdam, North-Holland), Vol. 4B, pp. 1043–1172.



Levy, F.; Murnane, R. J. 2003. “The skill content of recent technological change: An empirical exploration,” in Quarterly Journal of Economics, Vol. 118, No. 4, pp. 1279– 1333.

Bessen, J. 2015a. How computer automation affects occupations: Technology, jobs, and skills, Law and Economics Research Paper No. 15-49 (Boston, Boston University School of Law)

Cockburn, I. M.; Henderson, R.; Stern, S. 2018. The impact of artificial intelligence on innovation, NBER Working Paper No. 24449 (Cambridge, MA, National Bureau of Economic Research).





## COST STUDY OF MICROGRID APPLICATION IN TURKEY

M. E. Şeker<sup>1\*</sup>, A. Karaarslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yıldırım Beyazıt University, Energy Systems Engineering Department, Ankara, Turkey

emrah-seker@hotmail.com

<sup>2</sup> Yıldırım Beyazıt University, Electrical and Electronics Engineering Department, Ankara, Turkey

akaraarslan@gmail.com

### Abstract

Microgrid systems have potential to apply due to many advantages in terms of voltage, frequency stability and energy quality. In recent years, renewable energy resources by applying the appropriate cost conditions for sustainable energy development has attracted attention. An electricity cost study has been conducted to show whether a microgrid system including renewable energy sources supported by diesel generators is the optimal cost option in non-grid areas. In this study, cost-benefit analysis of microgrid systems was evaluated. This study provides an analysis of the energy investment cost of a community assumed to be electrified from a microgrid system containing renewable energy sources. This paper also provides important information about microgrid design and operating parameters and their impact on costs and benefits. Based on the data obtained from this study, it can be decided to the whether it is suitable to be electrified the non-grid areas in Turkey via microgrid that can support sustainable energy supply and economic profitability.

**Keywords:** *Microgrid, Planning, Cost-benefit analysis, Non-grid areas.*

### 1. Introduction

Due to Turkey's geopolitical position, especially in wind energy and generating energy from renewable energy sources, including solar energy it has a rich potential. Turkey has access to a large part of the population of electricity. However, it is possible to install wind and solar based renewable microgrid energy systems to provide electrical energy to non-grid area.

Microgrid systems are formed by using more than one renewable energy source or at least one renewable energy source together with conventional energy source in order to provide better balance, stability and efficiency in energy storage. Microgrid energy system facilitates the use of different energy sources, especially renewable energy, and provides constant power from such sources and reduces external energy dependence during seasonal changes [1]. Thus, a higher yield can be achieved than the yield obtained when using a single energy source [2, 3].

### 2. Microgrid Overview

The microgrid is designed to feed small-scale loads at low and medium voltage levels. Generating units used in microgrid systems are also sources of renewable energy that are often combined to generate power at a distribution or grid voltage. [1-3].

A typical Microgrid is presented in the following Figure.

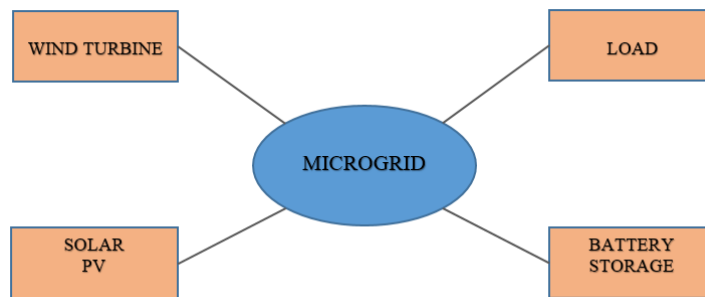


Figure 1: Microgrid Components.

Microgrid systems generally consist of wind turbines, photovoltaic (PV) panels, fuel cells, diesel generators, biogas, batteries and loads. However, because of the high energy production costs of a multi-component system, systems consisting of wind turbines, solar panels and batteries are preferred.

This system is designed to meet the uninterrupted and minimum cost requirements of the load in the absence of electrical energy. However, as wind and solar energy vary during the day, continuous energy may not be possible. In such cases, a production source such as fuel cells or diesel generator can be integrated into the system in order to supply the loads continuously. Since this resource



added to the system will increase both the investment and operating costs, the planning of the loads during production is the main factor that will reduce the cost.

Most of the renewable energy sources are fuel free and maintenance is extremely cheap, and the majority of the costs are installation costs. Today, the need for electrical energy is rapidly increasing due to the increasing population and industrialization. With the increase in the need for electricity, power systems become more complex and their uncertainty increases. This has led to the inclusion of unconventional production resources in power systems. Renewable energy sources are often used as an alternative generation unit in the power system, and the increasing use of renewable energy sources brings many advantages. Investigation of microgrid system costs based on renewable energy sources, which are of great interest nowadays, will be of great importance in evaluating future energy investments [4].

The main differences between a Microgrid and a conventional network are as follows:

- Consumption facilities are close to energy generation sources and transmission losses are negligible.
- The generated energy is delivered directly to the distribution system
- Resources in conventional power plants have more smaller capacity. Microgrid can work in two different ways, either connected to or isolated from the main grids,
- In grid-connected mode, it grants surplus production of the production plants in the Microgrid to the grid. In case of insufficient production, it receives power from the network. If there is any problem in the network, Microgrid will switch to isolated mode and powering priority loads.
- The key feature of Microgrid is the power supply to isolated areas where it cannot be connected to the main grid system for technical and financial reasons or where energy is frequently black out for various reasons.

The main advantage of Microgrid is its reliability and ease of control within the power system without interfering with its safety and compliance with network rules and regulations.

Microgrid can provide uninterrupted power, improves reliability of energy supply, reduces transmission losses, performs voltage and frequency regulation. In addition, since Microgrid often generates energy from renewable energy sources, it does not pollute the environment and reduces global warming due to low carbon emissions.

## **2.1. Renewable Energy Sources**

Turkey is one of the main renewable energy sources wind power, solar energy, hydropower and geothermal energy information is given below.

### **2.1.1. Wind Power**

Among the renewable energy sources, wind energy is the most common and the most rapidly developing technology. The reason for the rapid development of wind energy is that it is free and abundant in nature, it creates a variety of energy sources and it is a clean energy source that is not dependent on external sources.

50 meters above ground level in Turkey and 7.5 m/s over 5 MW per square kilometer is considered that in areas with wind speed wind power plant is established. In the light of these assumptions, the Wind Energy Potential Atlas (WEPA), which provides the wind resource information generated by using the medium-scale numerical weather forecast model and the micro-scale wind flow model, was prepared. Turkey was determined to be 48,000 MW of wind energy potential. The total area corresponding to the potential which corresponds to 1.30% of Turkey's surface [5].

### **2.1.2. Solar Energy**

Turkey has rich solar energy resources for his involvement in a sunny area. The solar energy potential of our country is 1.3 billion tons of equivalent oil (15,120 TWh). The average annual solar radiation varies between 1,120 kWh/m<sup>2</sup> in the Black Sea region and 1,460 kWh/m<sup>2</sup> in the South East Anatolia region.

Turkey Solar Energy Potential Atlas to (GEPA), the annual sunshine time of 2,741 hours (daily average of 7.5 hours), the annual total incoming solar energy 1,527 kWh/m<sup>2</sup> (daily average of 4.18 kWh/m<sup>2</sup>) was determined to be [6].

### **2.1.3. Hydroelectric Power**

Hydroelectric power plants; environmentally friendly, clean, renewable, highly efficient, fuel-free, long-lasting, operating expense is not a very low external source is a domestic resource.

The energy obtained by converting the potential energy of water into kinetic energy is called hydroelectric energy. This energy is generated by rotating the generator by passing the water through a turbine in a pressurized manner by rapidly going down from a high place. Due to the natural renewal of the water used in hydroelectric power generation, the energy obtained in this way is considered renewable energy.



The theoretical hydroelectric potential of our hydraulic resources, which holds the most important place in the renewable energy potential of our country, is 433 billion kWh, the technically usable potential is 216 billion kWh and the economic hydroelectric potential is 140 billion kWh/year [7].

#### 2.1.4. Geothermal Energy

Geothermal energy is a domestic underground resource that is renewable, clean, inexpensive and environmentally friendly. As our country is located on an active tectonic belt due to its geological and geographic location, it is in a rich position among the world countries in terms of geothermal.

According to end-2018 data, the installed capacity of geothermal energy in the world is around 14.9 GWe. The first five countries in the production of electricity from geothermal energy; US, Philippines, Indonesia, Turkey and New Zealand said.

90% of our geothermal resources are at low and medium temperatures and are suitable for direct applications such as heating, thermal tourism, various industrial applications and 10% for electric power generation [8].

#### 2.2. Overview of Electrical Energy Production in Turkey

Turkey's electricity generation is based on natural gas, hydroelectric and coal. In hydroelectric generation, there are generally dam and river type production structures. In the production of electricity based on coal and natural gas, electricity is produced by burning these fuels in thermal power plants. According to Turkey's installed power according to source installed power generation units has the largest hydroelectric power plants. Hydroelectric power plants are followed by natural gas, followed by coal plants. It is also apparent that reached Turkey's installed power over the years have consistently shown an increase. This result is quite natural due to population and economic growth in Turkey [9].

**Table 1: Turkey's Installed Capacity (by the end of September 2019) [10]**

SOURCE	INSTALLED POWER (MW)	PERCENTAGE (%)
NATURAL GAS	26.026,40	28,689
HYDRO STORAGE	20.642,40	22,754
LIGNITE	10.101,00	11,134
IMPORTED COAL	8.978,90	9,897
RUN OF RIVER	7.814,70	8,614
WIND	7.393,50	8,15
SOLAR	5.594,00	6,166
GEOTHERMAL	1.401,60	1,545
HARD COAL	810,8	0,894
BIOMASS	708,3	0,781
FUEL OIL	487,2	0,537
ASPHALTITE COAL	405	0,446
WASTE	348,6	0,384
NAPHTHA	4,7	0,005
LNG	2	0,002
DIESEL OIL	1	0,001
<b>TOTAL (MW)</b>	<b>90.720,10</b>	<b>100</b>

**Table 2: Development of Turkey's Installed Capacity (2007-2017-2019 by the end of September) [10]**

	2007 (MW)	%	2017 (MW)	%	2019 (Sep.) (MW)	%
<b>Thermal</b>	27.271,60	66,78	46.926,30	55,08	47.873,70	52,77
<b>Hydro</b>	13.394,90	32,8	27.273,10	32,01	28.457,10	31,37
<b>Wind</b>	146,3	0,36	6.516,20	7,65	7.393,50	8,15
<b>Solar</b>	-	-	3.420,70	4,01	5.594,00	6,17
<b>Geothermal</b>	22,9	0,06	1.063,70	1,25	1.401,60	1,54
<b>Total</b>	40.835,70	100	85.200,00	100	90.719,90	100



As of September 2019, when examined with Turkey's installed power seems to be based on renewable energy sources of 45%. Between 2007 and October 2019, according to sources of the increase in Turkey's installed power exchange is shown in table above. As can be seen from the table, the significant change has been made especially in the field of renewable energy resources. Before this period, the installed power value of renewable energy sources increased by 15.000 MW while it was negligible. These results show the interest in renewable sources in electricity generation in our country. Considering the energy consumption rates based on external sources such as natural gas and imported coal, evaluation of solar energy potential is of critical importance for Turkey.

### 2.3. Cost Analysis of Renewable Energy Based Electricity Generation Units

The estimated cost and performance characteristics of the electricity generation capacities in the future are important inputs in the development of energy investments. The performance characteristics of the new generation facilities as well as the construction and operation costs play an important role in determining the capacity increases to meet future electricity demand. These parameters also determine how new investments will compete against the current situation and how traditional generators will respond to any limitation on greenhouse gas emissions or the application of environmental controls on pollutants.

Each technology is designed with an outline of size and configuration in a situation where there are no constraints or infrastructure requirements. Where possible, data from known actual or planned projects are utilized, using general assumptions for installation cost estimates, operating, maintenance and repair costs.

Microgrid costs can be classified as follows:

Before starting construction; pre-feasibility and engineering studies, environmental studies and permits, legal fees, insurance costs, property taxes during construction, and electrical connection costs, including connecting to a nearby electricity transmission system.

After starting construction; civil and structural costs, supply and mechanical equipment installation costs, electrical instrumentation and control costs, Indirect costs such as labor and materials, overtime and incentives, commissioning and fees for emergency, owners' costs, development costs.

The fuel-free operation and maintenance (O&M) costs associated with each of the energy generation methods are also assessed. O&M costs that do not change significantly with the electricity generation of a plant are classified as fixed. For example, salaries and scheduled maintenance are shown on a schedule for facility personnel. Costs for generating electricity are classified as variables. These include the cost of maintenance and consumables that figure out according to operating hours or the start and stop cycles of the plant [11].

Leveled Energy Cost (LCOE) is the cost of the unit electricity production amount. The initial investment over the life of a production asset is obtained by dividing capital, fuel, operation and maintenance costs by the amount of energy that is planned to generate over the life of the asset. The average price that a production asset must receive in the market is considered to be the guide, with neither life nor profit or loss account. This is a first-degree assessment of the competitiveness of an economic situation, including all costs, over the life of an electricity generation system.

The LCOE is the value that would result in a project with an equal fixed income with no equal profit or loss over the life of the asset profile of the asset. The LCOE is also considered as the average minimum price at which electricity must be sold to avoid profit or loss over whole the life of the project. This value is calculated practically by dividing the net present value of all costs over the life of the asset by the total electrical energy output of the asset. [12].

### 2.4. Overview of Conventional Electricity Generation Plant Costs

Costs calculate taking into account various factors. Initial investment costs are generally low for gas and oil power plants; medium for onshore wind turbines and solar photovoltaic systems; coal-fired, waste energy, waves and tides, solar power, above sea wind turbines and nuclear power plants are higher.

Fuel costs may change unpredictably over the life of the production equipment due to political and other factors. For fossil fuels and biomass sources, fuel costs are high, low for nuclear power, and zero for many renewable energy sources.

To estimate the total cost of electricity generation, cost flows are converted to net present value using the time value of money. All of these costs are combined using discounted cash flows.

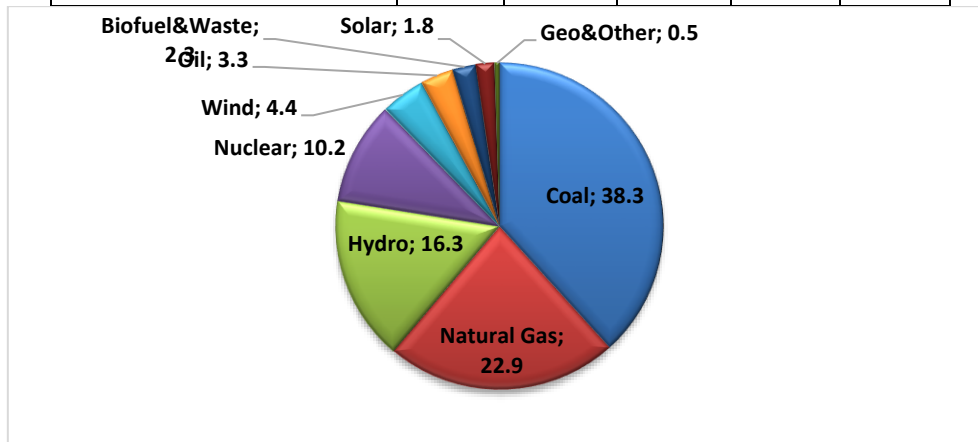
The capital cost of some alternative energy generation technologies is currently higher than that of some traditional generation technologies. There is a long-term uncertainty about the fuel costs of traditional energy generation technologies. This reduces the cost of alternative energy generation technology [13].

The leveled cost of energy (LCOE) is a criterion for a consistent comparison of the cost of electricity generated from different sources. The LCOE is obtained by dividing the cost of commissioning a power plant to total energy production. LCOE is also the average minimum price indicator that the project should sell electricity to avoid damaging the project [14].



**Table 3: LCOE and Capital Cost of Energy Production Sources [15]**

Source	Lifetime (year)	Min LCoE (\$/MWh)	Max LCoE (\$/MWh)	Min Capital Cost (\$/kWh)	Max Capital Cost (\$/kWh)
Solar PV (Rooftop Residential)	25	160	267	2950	3250
Solar PV (Rooftop-C&I)	25	81	170	1900	3250
Solar PV (Community)	30	73	145	1850	3000
Solar PV (Crystalline)	30	40	46	950	1250
Solar PV (Thin Film)	30	36	44	950	1250
Solar Thermal Tower with Storage	35	98	181	3850	10000
Fuel Cell	20	103	152	3300	6500
Geothermal	25	71	111	4000	6400
Wind-Onshore	20	29	56	1150	1550
Wind-Offshore	20	62	121	3025	3025
Gas Peaker	20	152	206	700	950
Nuclear	40	112	189	6500	12250
Coal	40	60	143	3000	8400
Gas Combined Cycle	20	41	74	700	1300



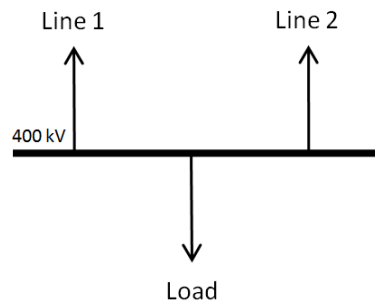
**Figure 2: World Gross Electricity Production by Source 2017 [16]**

### 3. Application of System

Turkey Electricity Transmission System in 400 kV, 154 kV and 36 kV voltage levels are available. The connection between 400 kV system and 154 kV system is provided by autotransformers and the connection between 154 kV and 36 kV is provided by power transformers. In addition, the transformers directly connecting the 400 kV system and the 36 kV system are rare in the system. In this way, the system part subject to this study is connected to the system with a transformer with 125 MVA power with a conversion ratio of 400/36 kV.

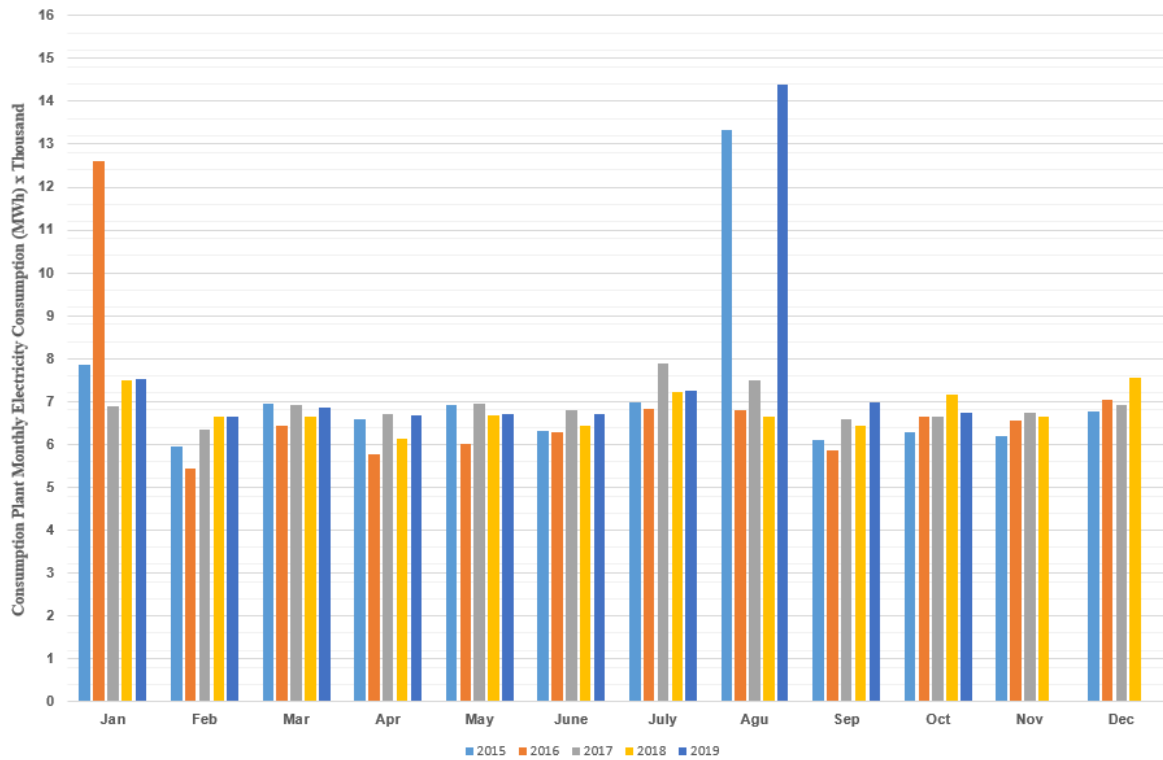






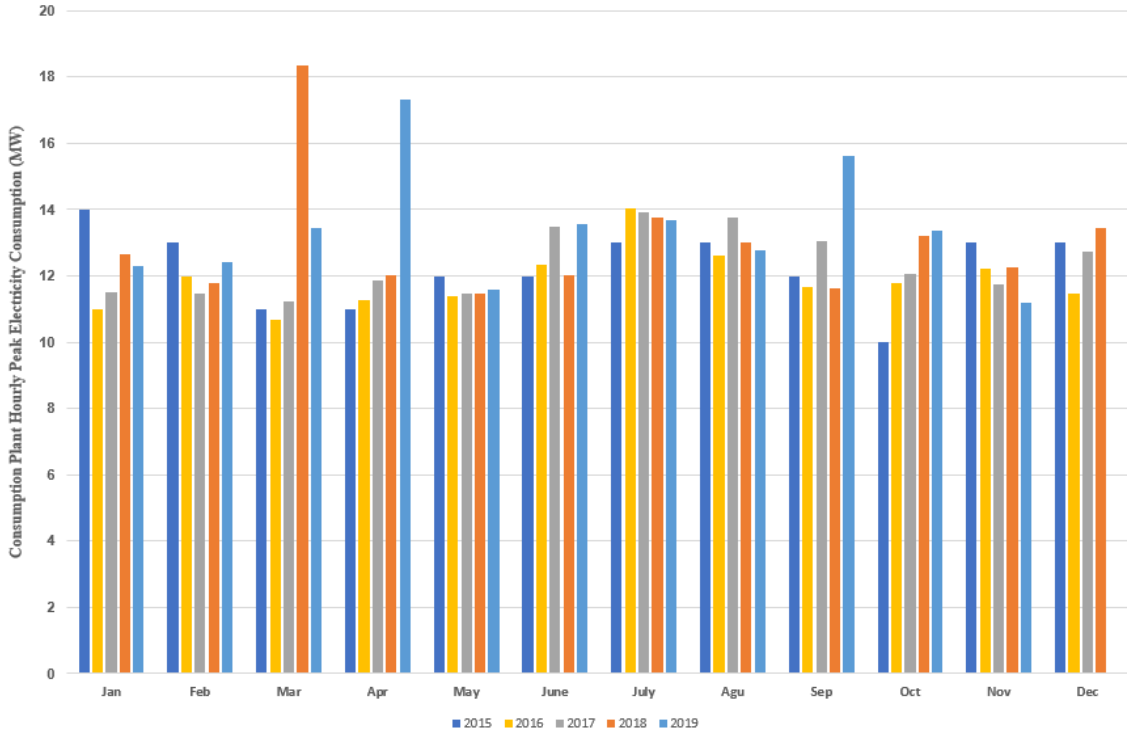
**Figure 3: One line diagram of consumption plant**

The consumption plant commissioned before 2015, supplies a poultry breeding farm in Bolu, Turkey. There is no significant increase in electricity consumption values and peak load over the past period. If we ignore the monthly peak increases of the plant in a few months, there is no significant change. The Plant electricity consumption and hourly peak electricity consumption monthly over years 2015-2019 (October) shown in figure 4 and figure 5 respectively.



**Figure 4: Plant Electricity Consumption (kWh) monthly over years 2015-2019 (October)**

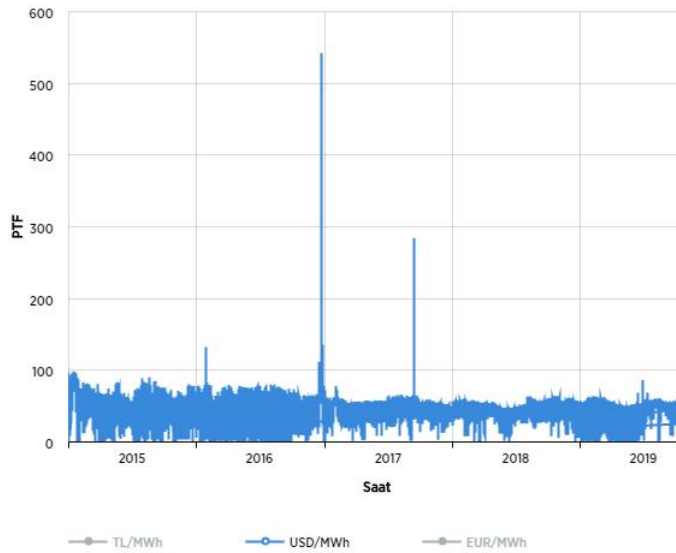




**Figure 5: Plant Hourly Peak Electricity Consumption (MW) monthly over years 2015-2019 (October)**

The money spent on energy as of the date of its establishment and the supply of energy to spent from renewable energy sources were examined.

Although the Market Clearing Price (is called as “PTF-Piyasa Takas Fiyatı” in Turkish) value reached 542 \$/MWh on 23.12.2016, it can be seen from the graph below that the average value is 46 \$/MWh and does not exceed 100 \$/MWh.



**Figure 6: Market Clearing Price (PTF) in Turkey between 01.01.2015 and 31.10.2019 (\$/MWh) [17]**

It is understood that it is possible to meet the cost of the cost-benefit analysis to be carried out for the relevant facility with today's technology with the Solar, Wind and Combined Cycle Natural Gas Power Plant.

Even in this case, traditional energy production sources maintain their price advantage over renewable energy sources. Solar PV (Crystalline), Solar PV (Thin Film), Wind-Onshore, Gas Combined Cycle LCOE values range from 40-46, 36-44, 29-56, 41-74



\$/MWh, respectively. Since the Market Clearing Price average value is around \$ 50/MWh, it will be profitable for the consumption unit to supply its energy from renewable energy sources.

#### 4. Conclusions

Electricity is the most important source of energy in the modern age, but it is also the most temporary and a resource that needs to consume as fast as it produced. This makes modeling the economics of electricity generation more complex for other products than for the same application. Correct modeling is important because it forms the basis for future investment decisions. In this study, information about the costs of microgrid based on renewable energy power plants in Turkey is shown. In addition, it is observed that the energy costs of renewable energy plants have decreased further in general compared to the years. In these decreases, in general, the share of renewable energy based power plants increases with each passing day.

Another way to reduce energy costs is to use domestic resources. Turkey is a country rich in coal reserves. These coal reserves should be used to reduce energy costs. However, coal plants are extremely harmful to the environment when appropriate chimney gas filtering systems are not used. For this purpose, by using chimney gas filtering systems, the participation of environmentally sensitive coal-fired thermal power plants in the system will significantly reduce energy costs. Energy production without damaging the environment is extremely important both in terms of reducing dependence on foreign sources and in response to the needs due to the rapid increase in demand for energy.

As a result of this examination, it is seen that a significant portion of the investments made in our country in recent years are made for renewable resource plants, and these investments generate energy without damaging the environment and reduce energy costs. In future investments, renewable energy resources in the power system will increase greatly when the energy costs of the renewable power plants and the market clearing price become more competitive.

#### 5. References

- [1] Weng D., Roark J., Maitra A., "Cost-Benefit Analysis: Case Studies of Community Microgrid", CIRED Workshop - Ljubljana, 7-8 June 2018 Paper 0562.
- [2] Ton, Dan & Smith, Merrill. (2012). The U.S. Department of Energy's Microgrid Initiative. *The Electricity Journal*. 25. 84–94.
- [3] Giraldez, Julieta, Francisco Flores-Espino, Sara MacAlpine, and Peter Asmus. 2018. "Phase I Microgrid Cost Study: Data Collection and Analysis of Microgrid Costs in the United States". Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. NREL/TP-5D00-67821. [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/67821.pdf>. [Accessed: 31-10-2019].
- [4] Ninan, Jolu & Othman, Yaser & Aldhuhoori, Sulaiman & Meegahapola, L.G. & Akmal, Muhammad. (2018). Microgrid Cost Optimization: A Case Study on Abu Dhabi.
- [5] Ministry of Energy and Natural Resources website [Online] Available:<https://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Wind>. [Accessed: 31-10-2019].
- [6] Ministry of Energy and Natural Resources website [Online] Available: <https://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Solar>. [Accessed: 31-10-2019].
- [7] Ministry of Energy and Natural Resources website [Online] Available: <https://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Hydraulics>. [Accessed: 31-10-2019].
- [8] Ministry of Energy and Natural Resources website [Online] Available: <https://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Geothermal>. [Accessed: 31-10-2019].
- [9] "Türkiye Elektrik Enerjisi İstatistikleri," [Online] Available: [http://www.emo.org.tr/ekler/e13d2827ac1e371\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/e13d2827ac1e371_ek.pdf). [Accessed: 31-10-2019].
- [10] "TEİAŞ Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı - Kurulu Güç Raporu - Eylül 2019". [Online] Available: [https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-10/kurulu\\_guc\\_eylul\\_2019.pdf](https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-10/kurulu_guc_eylul_2019.pdf) [Accessed: 31-10-2019].
- [11] Chowdhury S. and others, Microgrids and active distribution networks. The Institution of Engineering and Technology, 2009. "World-electricity-production-statistics," 2018. [Online] Available:<https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html>. [Accessed: 31-10-2019].
- [12] "Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants," U.S. Energy Information Administration. [Online] Available: [https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capcost\\_assumption.pdf](https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capcost_assumption.pdf). [Accessed: 31-10-2019].
- [13] "Projected Costs of Generating Electricity," International Energy Agency. [Online]. Available: <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf>. [Accessed: 31-10-2019].
- [14] "Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources 2018," U.S. Energy Information Administration. [Online] Available: [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity\\_generation.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf) [Accessed: 31-10-2019].



- [15] “Lazard's Levelized Cost of Energy 12”. [Online] Available: <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf> [Accessed: 31-10-2019].
- [16] “International Energy Agency - Electricity Statistics”. [Online] Available: <https://www.iea.org/statistics/electricity/> [Accessed: 31-10-2019].
- [17] “Piyasa Takas Fiyatı (PTF)”. [Online] Available: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/gop/ptf.xhtml> [Accessed: 31-10-2019].



## RASTGELE ATALET AĞIRLIKLIL PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU İLE OPTİMUM ROBOT YOLU PLANLAMA SİMÜLASYONU

Mehmet Fatih Tefek

*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye*

### Özet

Robot yolu planlama bir robotun başlangıç noktasından çıkarak varış noktasına kadar kat ettiği yolu en kısa sürede almasıdır. Robot yolunda birçok engeller olabileceği gibi farklı yol seçenekleri de bulunmaktadır. Bu durumda robot yolu planlama problemi çok daha karmaşık olabilmektedir. Son zamanlarda robot yolu planlama problemi sezgisel algoritmalar ile etkili bir biçimde çözülmektedir. Bu çalışmada robot yolu planlama problemi çözümü için Rastgele Atalet Ağırlıklı Parçacık Sürü Optimizasyonu (RAA-PSO) işe koşulmuştur. Parçacık Sürü Optimizasyonunda (PSO) algoritmanın yakınsaması ve keşfetmesi için önemli olan atalet ağırlığı ( $w$ ) parametresi bulunmaktadır. PSO'daki atalet ağırlığı parametresi (0,1) arasında sabit bir değerdir. RAA-PSO algoritması atalet ağırlığına ( $w$ ) rastgele (rand) bir değer ile yeni bir parametre eklenerek oluşturulmuştur. RAA-PSO algoritması, A (0,0) başlangıç noktasından B (6,8) varış noktasına gitmesi planlanan bir robot için boyut ve konumları birbirinden farklı ilk olarak üç ve daha sonra da beş dairesel engelin bulunduğu iki farklı durumda simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları iki farklı durum için standart PSO ile kıyaslanmıştır. Bu iki durum için RAA-PSO algoritmasının standart PSO algoritmasından robot yolunu daha kısa mesafede planladığı simülasyon yapılarak gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Robot Yolu Planlama, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Rastgele Atalet Ağırlığı*

### 1. Giriş

Günümüzde 4. Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)'ın da etkisiyle fabrikalar ve endüstriyel kuruluşlar, yapay zekalı akıllı makineler ile verimli iş modellerini oluşturmaktadır. Endüstriyel uygulamalar standart robotlardan uzay araştırmaları gibi karmaşık görevler için otonom robotlara kadar her çeşit robot sistemi kullanılmaktadır. Son zamanlarda robot teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak belli bir işi yapan robot yerine yapay zeka optimizasyon algoritmaları ile öğrenen robotlar ile farklı görevler yaptırılmaktadır. Bu da robotların endüstride robotların çok yönlülüğü ve esnekliği ile olmaktadır [1]. Robotların yüksek çalışma hızı, kontrol sistemlerinden aşırı performans gerektirdiği için robot hareketinin doğruluğu ve yol planlaması önem arz etmektedir. Bu çalışmada robot yol planlaması üzerinde durulmuştur ve robot yol planlama işlemi, bir başlangıç noktasından son noktaya kadar robotun var olan engellere takılmadan en kısa bir şekilde geometrik bir yol çizerek varış noktasına ulaşması amaçlanmıştır. Robot yol planlama probleminde birçok yol seçeneği ve engelin bulunması ve en optimum mesafenin karar verilmeyle çalışılması nedeniyle zor problemler (NP-Hard) sınıfına girmektedir. Yol planlama probleminin optimum çözümü için son zamanlarda sezgisel yöntemler kullanılmaktadır [2].

Sezgisel yöntemler ile robot yolu planlama problemi çözümü için literatürde farklı çalışmaları bulunmaktadır. Sauter ve ark. (2002) Karınca Koloni Algoritmasındaki (KKA) sentetik feromonlar kullanarak savaş araçlarında robotik araçları kontrol etmek için bir model geliştirmişlerdir. KKA'nın insansız robot araçları için yol planlaması gibi sorunlara uygun olduğunu belirtmişlerdir [3]. Brand ve ark. (2010), KKA ile dinamik bir ortamdaki robot yolu planlamasını çözmeye çalışmışlardır [4]. Shi ve ark. (2007), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), KKA'daki parametreleri optimize etmek için uygulamışlar ve parametreler kendinden uyarlamalı olarak seçilebilir hale getirerek Hibrit KKA-PSO yöntemini robot yolu planlamasına uygulamışlardır [5]. Doktor ve ark. (2004) PSO ile toplu robotik arama simülasyonunu geliştirmişler ve sonuçları tek ve çoklu hedef aramalar için PSO algoritması ve aramasının performansının iyileştirildiğini göstermek için sunmuşlardır [6]. Hereford (2006), dağıtılmış PSO (dPSO) adı verilen algoritma "arama" tipi işlemler için kullanmış ve her bir robotun mevcut pozisyonuna ve mevcut ölçüme dayanarak yeni pozisyonunu hesaplamasına izin vermesini sağlamıştır. Bu şekilde çok sayıda küçük, mobil robottan oluşan bir küme için uygun olan parçacık sürüsü optimizasyon algoritmasının bir versiyonunu üretmiştir [7]. Grandi ve ark. (2013), Parçacık Sürüsü Optimizasyonu (PSO) ve Konsensus algoritmalarına dayanan robot sürülerinin kontrolü için hibrit bir teknik sunmuşlardır. Bu teknik ile PSO'nun bilinmeyen ortamların keşfedilmesine yönelik uyarlama becerilerini ve Konsensus'un bir robot grubunu istenen bir formasyonda tutabilmesini amaçlanmıştır. Önerilen tekniğin başarısı simülasyon ile gösterilmiştir [8]. Nasrollahy ve Javadi. (2009) hareket halindeki engellerin bulunduğu bir çevrede robotun en iyi yolu bulmasını amaçlamışlardır. Bunun için yerel optimumlardan kaçınırken toplam yol planlama süresini en aza indirmek amacıyla PSO kullanarak mobil planlama robotlarına yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Yaklaşımı doğrulamak ve göstermek için simülasyon kullanmışlardır [9]. Ayari ve Bouamama (2017), çoklu robotlar ile robot yolu planlaması amaçlı dinamik dağıtılmış PSO (D<sup>2</sup>PSO) yöntemini kullanmışlardır [10].

Bu çalışmada robot yolu planlama problemi çözümü için Rastgele Atalet Ağırlıklı Parçacık Sürü Optimizasyonu (RAA-PSO) işe koşulmuştur. Parçacık Sürü Optimizasyonunda (PSO) algoritmanın yakınsaması ve keşfetmesi için önemli olan atalet ağırlığı ( $w$ ) parametresi bulunmaktadır. PSO'daki atalet ağırlığı parametresi (0,1) arasında sabit bir değerdir. RAA-PSO algoritması atalet ağırlığına ( $w$ ) rastgele (rand) bir değer ile yeni bir parametre eklenerek oluşturulmuştur. RAA-PSO algoritması, A (0,0) başlangıç noktasından B (6,8) varış noktasına gitmesi planlanan bir robot için boyut ve konumları birbirinden farklı ilk olarak üç ve daha sonra da beş dairesel engelin bulunduğu iki farklı durumda simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları iki farklı durum için standart PSO ile kıyaslanmıştır. Bu iki durum için RAA-PSO algoritmasının standart PSO algoritmasından robot yolunu daha kısa mesafede planladığı simülasyon yapılarak gösterilmiştir.

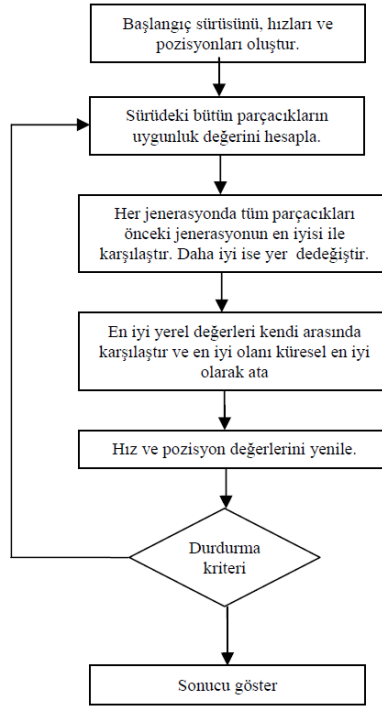




## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Eberhart ve Kennedy tarafından tasarlanmış ve geliştirilmiştir [11]. PSO, kuş ve balık sürülerinin yiyecek aramadaki sosyal davranışlarından ilham alan bir optimizasyon tekniğidir [11]. PSO ayrık, doğrusal olmayan, büyük arama alanı sorunlarına uygulanabilir ve iyi bir verimlilikle daha iyi sonuçlar verir [11, 12]. PSO'da, her bir parçacık kendi deneyimine ve komşu parçacık deneyimine göre hareketini değiştirir [11, 12]. Parçacıkların her biri, parçacığın en iyi kendi çözümü (pbest) ve tüm parçacıkların en iyi çözümü (gbest) kullanılarak parçacıklar güncellenir ve bu değerler hafızada saklanır [2, 11, 13] Şekil 1'de PSO algoritmasının akış diyagramı verilmiştir [13].



Şekil 1. PSO akış diyagramı

PSO algoritması temel olarak aşağıdaki basamaklardan oluşur;

- 1) Rasgele üretilen başlangıç pozisyonları ve hızları ile başlangıç sürüsü oluşturulur.
- 2) Sürü içerisindeki tüm parçacıkların uygunluk değerlerini hesapla.
- 3) Her bir parçacık için mevcut jenerasyondan yerel en iyi (pbest) bulunur.
- 4) Mevcut jenerasyondaki yerel en iyiler içerisinde küresel en iyi (gbest) seçilir.
- 5) d boyutundaki i. parçacığın hızı ( $v_{id}$ ) Denklem 1'de ve konumu ( $x_{id}$ ) da Denklem 2'deki gibi güncellenir.

$$v_{id} = v_{id} + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}) + c_2 r_2 (p_{gd} - x_{id}) \quad (1)$$

$$x_{id} = x_{id} + v_{id} \quad (2)$$

- 6) Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar 2,3,4,5 adımları tekrar edilir.

Denklem 1 ve Denklem 2'de,  $r_1$  ve  $r_2$  değerleri (0,1) arasında rasgele üretilmiş sayıları,  $c_1$  ve  $c_2$  öğrenme faktör katsayısıdır.  $p_{id}$  kişisel (personel) en iyi yani parçacığın çözüme en çok yaklaştığı durum,  $p_{gd}$  ise küresel (global) en iyidir yani tüm parçacıklar arasında çözüme en çok yaklaşılacak durum olarak tanımlanmıştır.

### 2.2. Rastgele Atalet Ağırlıklı Parçacık Sürü Optimizasyonu (RAA-PSO)

PSO'da keşif (exploration) ve sömürünün (exploitation) dengelenmesi için Denklem 1'de verilen parçacık başlangıç hızının önemi büyüktür. Keşif ve sömürüyü dengelemek için Bansal ve ark. (2002) tarafından  $w$  atalet ağırlık değeri PSO'ya eklenmiştir. Denklem 3'te  $w$  atalet ağırlık değeri PSO verilmiştir. Standart PSO'da  $w$  atalet ağırlık değeri (0,1) arasında sabit bir değerdir. Bu çalışmada standart PSO'da bulunana  $w$  atalet ağırlık değeri yerine Eberhart ve Yuhui tarafından öne sürülen rastgele atalet ağırlıklı PSO (RAA-PSO) ile çalışmalar yapılmıştır [14]. Denklem 4'te RAA-PSO verilmiştir.



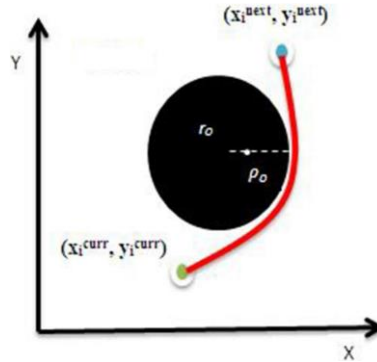
$$v_{id} = w * v_{id} + c_1 r_1 (p_{id} - x_{id}) + c_2 r_2 (p_{gd} - x_{id}) \quad (3)$$

$$w = 0.5 + \frac{rand()}{2} \quad (4)$$

Denklem 4'te rand() değeri (0,1) arasında rastgele değişen bir katsayıdır.

### 2.3. Optimum Robot Yolu Planlama

Robot yolu planlama bir robotun başlangıç noktasından çıkarak varış noktasına kadar kat ettiği yolu en kısa sürede almasıdır. Robot yolunda birçok engeller olabileceği gibi farklı yol seçenekleri de bulunmaktadır. Bunlara ek olarak robot yolu üzerinde hareketli engellerde bulunabilmektedir. Robot en kısa yoldan gidebilmesi ve engelden kaçınabilmesi gerekmektedir. Ayari ve Bouamama (2017) Şekil 2'deki robotun engelden kaçınabilmesi için bir dizi denklem öne sürmüşlerdir.



Şekil 2: Robotun engelden kaçınma senaryosu

Engellerden kaçınma yaklaşımları, bilinen engellerin O pozisyonları ve şekilleri açısından, bir robotun başlangıç S konumundan istenen G konumuna bir yolu bulmayı amaçlamaktadır. Planlama algoritmasıyla en aza indirilecek ceza işlevi iki bölüme oluşur. Birincisi yörüngenin uzunluğunu (veya yörüngeyi yürütmek için gereken zamanı) değerlendirirken, ikinci bölüm yolun güvenliğini (yani engellere olan mesafeyi) sağlar. İkinci problemi çözmek için Şekil 2'deki robot ile bir nesne arasındaki çarpışmaları tespit edebilmektedir. Bir engelin etrafındaki bir Z bölgesinde Denklem 5'teki gibi  $F_0$  itme fonksiyonunu tanımlansın [10] :

$$F_0 = \sqrt{(x - r_{ox})^2 + (y - r_{oy})^2} \quad (5)$$

Z bölgesi,  $\rho O$  yarıçapı ile roda merkezlenmiş dairesel bir disk olarak tanımlanır; parametre ( $\rho O + \epsilon$ ), robotun engel "O" sınırına göre alması gereken minimum mesafedir.  $\epsilon$  robot ve engel arasındaki izin verilen minimum mesafeyi temsil eder. Daha sonra Denklem 6'da ki gibi mantıksal  $\delta_{ij}$  boolean fonksiyonu tanımlanmıştır.

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } F_{0ij} \leq \epsilon \\ 0, & \text{Aksi durumda} \end{cases}$$

Denklem 6'da  $i, i$ . robotu temsil ederken,  $j$  ise ortamda bulunan  $j$ . engeli temsil etmektedir [10].

### 3. RAA-PSO Algoritması ile Robot Yolu Planlama Optimizasyonu

RAA-PSO algoritması, A (0,0) başlangıç noktasından B (6,8) varış noktasına gitmesi planlanan bir robot için boyut ve konumları birbirinden farklı ilk olarak üç ve daha sonra da beş dairesel engelin bulunduğu iki farklı durumda simüle edilmiştir. Simülasyon sonuçları iki farklı durum için standart PSO ile kıyaslanmıştır. Algoritmalar 25 iterasyon, 150 parçacık (popülasyon),  $c_1$  ve  $c_2$  katsayıları 1.5 olarak alınmış ve çalıştırılmıştır. Tüm çalışmalar aynı makine ve şartlar ile 10 kez çalıştırılmış ve sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

#### 3.1. Durum 1

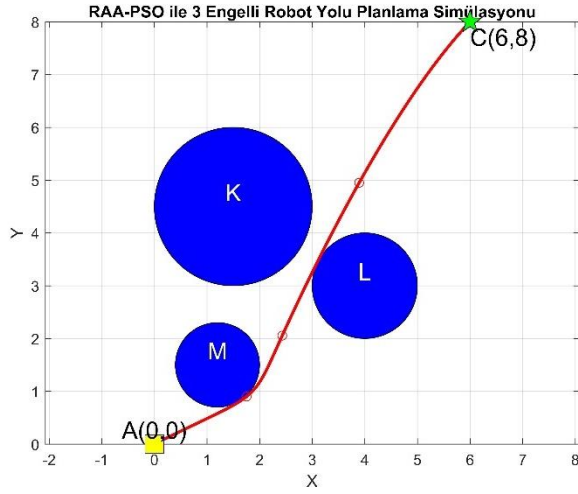
Üç farklı K, L ve M engellerinin koordinatları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'deki engeller için standart PSO ve RAA-PSO algoritmaları ile optimum robot yolu planlaması yapılmıştır.

Tablo 1. Durum 1 için K, L ve M Engellerinin (X, Y) Koordinatları ve R Çapları

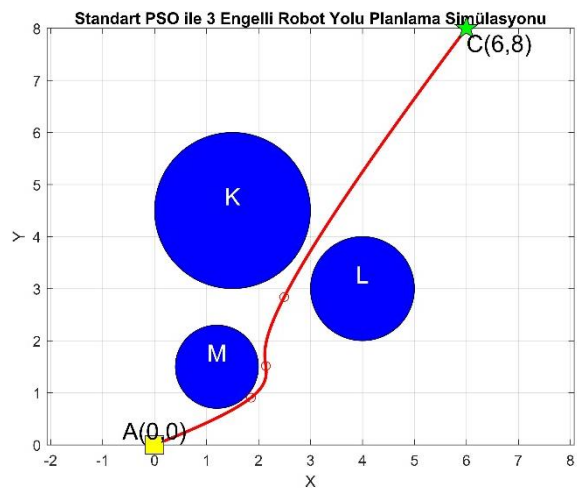
	K	L	M
X Eksen	1.5	4.0	1.2
Y Eksen	4.5	3.0	1.5
R Çap	1.5	1.0	0.8



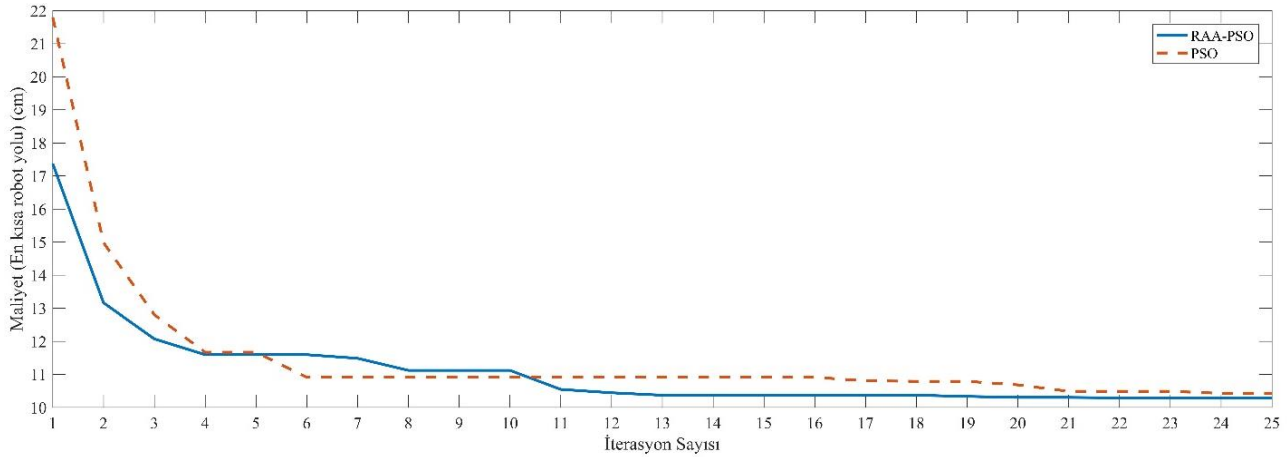
Standart PSO ile robot yolu planlamada en kısa mesafe 10,42 cm olarak elde edilmiştir. RAA-PSO ile en kısa mesafe 10,29 cm olarak bulunmuştur. Şekil 3'te standart PSO ile yapılan çalışma, Şekil 4'te RAA-PSO ile yapılan çalışma simülasyonları verilmiştir. Şekil 5'te standart PSO ve RAA-PSO yakınsama grafikleri verilmiştir.



Şekil 3. Standart PSO ile 3 engelli robot yolu simülasyonu



Şekil 4. RAA-PSO ile 3 engelli robot yolu simülasyonu



Şekil 5. Üç engelli robot yolu planlama için standart PSO ve RAA-PSO maliyet fonksiyonu yakınsama eğrisi

### 3.2. Durum 2

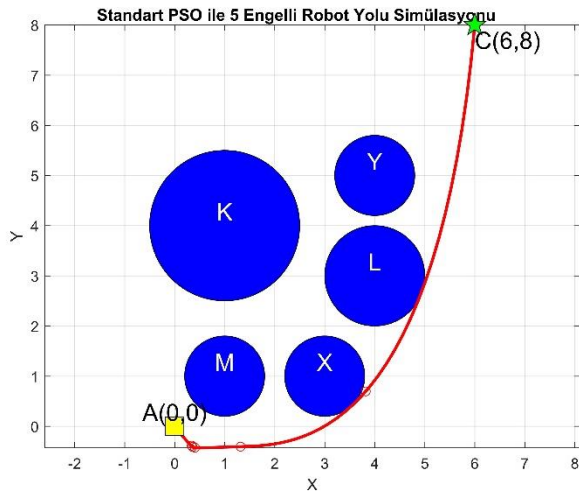
Üç farklı K, L ve M engellerine ek olarak X ve Y engelleri eklenerek oluşturulan beş farklı engelin koordinatları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'deki engeller için standart PSO ve RAA-PSO algoritmaları ile optimum robot yolu planlaması yapılmıştır.

Tablo 2. Durum 2 için K, L, M, X ve Y Engellerinin (X, Y) Koordinatları ve R Çapları

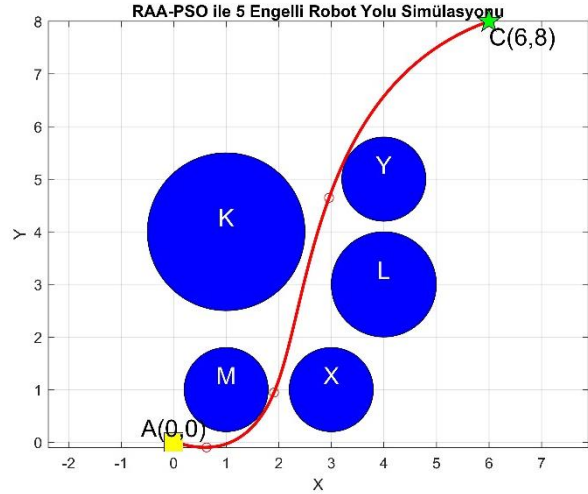
	K	L	M	X	Y
X Ekseni	1.5	4.0	1.2	3	4
Y Ekseni	4.5	3.0	1.5	1	5
R Çap	1.5	1.0	0.8	0.8	0.8

Standart PSO ile robot yolu planlamada en kısa mesafe 12,19 cm olarak elde edilmiştir. RAA-PSO ile en kısa mesafe 10,97 cm olarak bulunmuştur. Şekil 6'te standart PSO ile yapılan çalışma, Şekil 7'te RAA-PSO ile yapılan çalışma simülasyonları verilmiştir. Şekil 8'te standart PSO ve RAA-PSO yakınsama grafikleri verilmiştir.

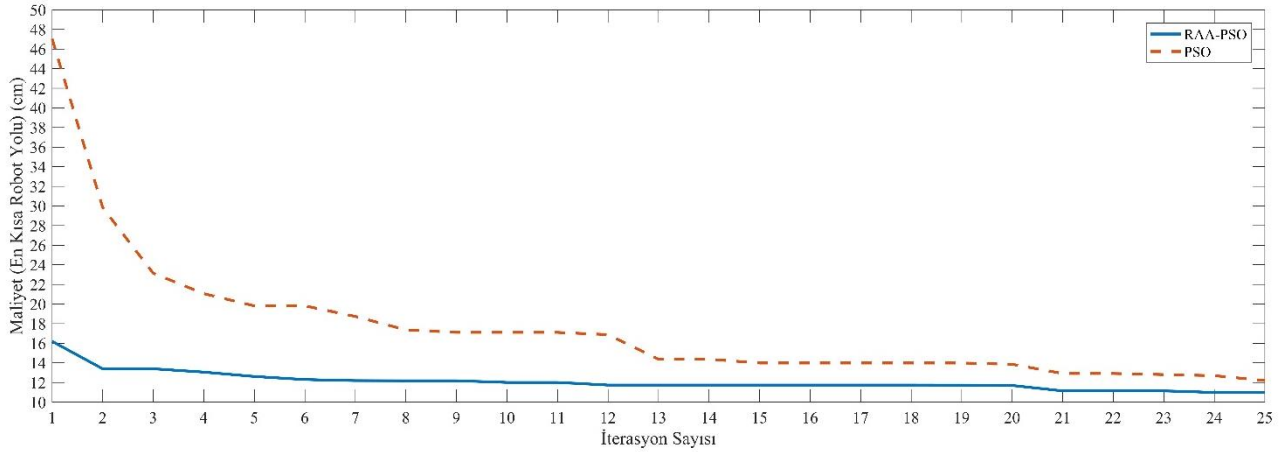




Şekil 6. Standart PSO ile 5 engelli robot yolu simülasyonu



Şekil 7. RAA-PSO ile 5 engelli robot yolu simülasyonu



Şekil 8. Beş engelli robot yolu planlama için standart PSO ve RAA-PSO maliyet fonksiyonu yakınsama eğrisi

Tüm algoritmaların 10 çalışma sonucunda elde edilen en kısa mesafe, ortalama mesafe, en uzak mesafe ve standart sapma sonuçları 3 engel için Tablo 3'te, 5 engel için Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4'te kalın yazı tipleri standart PSO ve RAA-PSO kıyaslamada daha iyi sonuç verdiğini belirtmektedir.

**Tablo 3. Standart PSO ve RAA-PSO 3 engel için istatistiksel analizleri**

Algoritma	Minimum Mesafe (cm)	Ortalama Mesafe (cm)	Maksimum Mesafe (cm)	Standart Sapma
PSO	10.48	11.33	12.75	2.48
RAA-PSO	<b>10.25</b>	<b>10.45</b>	<b>11.85</b>	<b>1.79</b>

**Tablo 4. Standart PSO ve RAA-PSO 5 engel için istatistiksel analizleri**

Algoritma	Minimum Mesafe (cm)	Ortalama Mesafe (cm)	Maksimum Mesafe (cm)	Standart Sapma
PSO	12.19	12.68	13.05	1.42
RAA-PSO	<b>10.97</b>	<b>11.78</b>	<b>12.11</b>	<b>1.19</b>



#### 4. Sonuçlar

Robot yolu planlaması bir robotun mevcut engellere çarpmadan ve en kısa mesafeden optimum yolu bulabilmesidir. Bu çalışmada optimum robot yolu planlaması için standart PSO ve RAA-PSO algoritması işe koşulmuştur. Standart PSO'da hız ve konum güncellemesi algoritmanın keşif ve sömürü dengesini sağlamada büyük rol oynamaktadır. Bu amaçla standart PSO'daki hız güncellemesine rastgele atalet ağırlık fonksiyonu eklenerek RAA-PSO elde oluşturulmuştur. Her iki algoritma birbirinden farklı 3 ve 5 engelli bir yolda optimum robot yolu planlaması için uygulanmıştır. 3 engelli ve 5 engelli ortamda RAA-PSO'nun daha iyi sonuçlar verdiği yakınsama grafikleri ve istatistiksel analiz tablolarında görülmektedir. Aynı zamanda engel sayısı arttığında problemin daha zorlaştığı ve standart PSO'nun çözümleri RAA-PSO'dan daha kötü olduğu Şekil 8'de görülmektedir. Sonuç olarak RAA-PSO'nun optimum robot yolu problemi için uygulanabilir olduğu görülmüştür.

#### 5. Kaynakça

- [1] F. Temurtas, H. Temurtas, N. Yumusak, and C. Oz, "Effects of the trajectory planning on the model based predictive robotic manipulator control," (in English), *Computer and Information Sciences - Iscis 2003*, vol. 2869, pp. 545-552, 2003.
- [2] M. Beşkirli and M. F. Tefek, "Parçacık Sürü Optimizasyon Algoritması Kullanılarak Optimum Robot Yolu Planlama," *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, vol. Özel Sayı 2019, pp. 201-213, 2019.
- [3] J. Sauter, R. Matthews, V. Parunak, D. Parunak, and S. Brueckner, "Evolving Adaptive Pheromone Path Planning Mechanisms," *Proceedings of the International Conference on Autonomous Agents*, 04/13 2002.
- [4] M. Brand, M. Masuda, N. Wehner, and X.-H. Yu, *Ant Colony Optimization algorithm for robot path planning*. 2010, pp. V3-436.
- [5] C.-x. Shi, B. Ying-yong, L. Zi-guang, and T. Jun, "Solving path planning problem by an ACO-PSO hybrid algorithm," *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 10/11 2007.
- [6] S. Doctor, G. K. Venayagamoorthy, and V. G. Gudise, "Optimal PSO for collective robotic search applications," in *Proceedings of the 2004 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No.04TH8753)*, 2004, vol. 2, pp. 1390-1395 Vol.2.
- [7] J. M. Hereford, "A Distributed Particle Swarm Optimization Algorithm for Swarm Robotic Applications," in *2006 IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 2006, pp. 1678-1685.
- [8] R. Grandi, R. Falconi, and C. Melchiorri, "Coordination and control of autonomous mobile robot groups using a hybrid technique based on Particle Swarm Optimization and Consensus," in *2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 2013, pp. 1514-1519.
- [9] A. Z. Nasrollahy and H. H. S. Javadi, "Using Particle Swarm Optimization for Robot Path Planning in Dynamic Environments with Moving Obstacles and Target," in *2009 Third UKSim European Symposium on Computer Modeling and Simulation*, 2009, pp. 60-65.
- [10] A. Ayari and S. Bouamama, "A new multi-robot path planning algorithm: Dynamic distributed particle swarm optimization," in *2017 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR)*, 2017, pp. 437-442.
- [11] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proceedings of ICNN'95 - International Conference on Neural Networks*, 1995, vol. 4, pp. 1942-1948 vol.4.
- [12] J. C. Bansal, P. K. Singh, M. Saraswat, A. Verma, S. S. Jadon, and A. Abraham, "Inertia Weight strategies in Particle Swarm Optimization," in *2011 Third World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing*, 2011, pp. 633-640.
- [13] M. Ç. M. Yasin ÖZSAĞLAM "Optimizasyon Problemlerinin Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması," *Politeknik Dergisi*, vol. 11 no. 4, pp. 299-305, 2008.
- [14] R. C. Eberhart and S. Yuhui, "Tracking and optimizing dynamic systems with particle swarms," in *Proceedings of the 2001 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No.01TH8546)*, 2001, vol. 1, pp. 94-100 vol. 1.



## ÇİNKO OKSİT İNCE FİLMLERİNE SOĞUK ALTLIK METODU İLE GÜMÜŞ BUHARLAŞTIRILARAK DİYOT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Melih Manır<sup>1</sup>, Muhammet Mando<sup>2\*</sup>, Vagif Nevruzoglu<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü

melih.manir@erdogan.edu.tr, vagif.nevruzoglu@erdogan.edu.tr

<sup>2</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

abo3adel-ing-10@hotmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bu çalışmada fotoelektronik teknolojisinde yaygın olarak kullanılan ZnO ince filmler 325 °C altlık sıcaklığında kimyasal püskürtme yöntemi ile cam ve kalay oksit kaplı cam altlıklar üzerinde büyütüldü. Püskürtme hızı dakikada 5 ml değerinde tutularak film büyüme hızı dakikada 60 Å olarak ayarlandı. Böylece elde edilen ZnO filmlerin 30 dakika püskürtme süresince kalınlıklarının yaklaşık 1,8-2,1µm olması sağlandı. Daha sonra elde edilen ZnO filmler oda ortamında 350 °C, 375 °C ve 400 °C sıcaklıklarda 30 dakika süreyle tavlandı. İncelemeler dört farklı örnek üzerinde yapıldı. X ışını kırınımı desenleri tüm örneklerin hegzagonal kristal yapıda büyüdüğünü gösterdi. Tavlama ve 350 °C, 375 °C ve 400 °C sıcaklıklarda tavlama örneklerin nano çubuk biçiminde olduğu, sıcaklığın etkisiyle yapısal bir dönüşüme uğradığı SEM görüntülerinden tespit edildi. Örneklerin optik geçirgenlik spektrumlarından hesaplanan enerji bant aralıklarının tavlama ZnO ve 350 °C, 375 °C, 400 °C derecelerde tavlama ZnO filmler için sırasıyla 3.30, 3.25, 3.06 ve 3.03 eV bulundu. Yapılan fotoluminesans ölçümlerinden ZnO filmlerinin kristal yapısında var olan kusurlar tespit edildi. Çalışmanın ikinci aşamasında örnekler iki gruba ayrılarak yüzeylerine 300 K ve 200 K altlık sıcaklıklarında Ag buharlaştırıldı ve Ag/ZnO/SnO<sub>2</sub> ikili yapılar elde edildi. Schottky diyotlarının oluşumu için birinci grup olarak adlandırılan 300 K altlık sıcaklıklarında üretilen ikili yapılar 400 °C sıcaklıkta 30 dakika termo difüzyon işlemi uygulanırken 200 K altlık sıcaklığında üretilen ikili yapılar UV ışınları altında 375 nm dalga boyunda 1 saat süre ile fotouyarmalı difüzyon işlemi uygulandı. Farklı teknolojik uygulamalarla oluşturulan bu Schottky diyotlarının bariyer yüksekliği, ters doyma akım değerleri belirlendi ve elde edilen sonuçlar karşılaştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Kimyasal Püskürtme, Soğuk Altlık, Schottky Diyot, Çinko Oksit

### 1. Giriş

Günümüzde teknolojinin hızla gelişiminde yarıiletkenler üzerine yapılan çalışmaların katkısı yadsınamayacak kadar çok fazladır. Yarıiletken ince filmler teknolojik gelişmelerle aynı doğrultuda ilerlemektedir. İnce filmler 1950'li yıllardan günümüze çeşitli metodlar kullanılarak hazırlanmaktadır. Tanım olarak ince filmler, farklı üretim teknikleri kullanılarak kaplanacak malzemenin atomlarının ya da moleküllerinin, bir taban üzerine ince bir tabaka halinde oluşturulan ve kalınlıkları tipik olarak 1 µm civarında olan yarıiletken malzemelerdir.

Yarıiletken teknolojisinde gelişmeler sayesinde elde edilen cihazların boyutlarında küçülmeler ve işlem hızlarında artışlar elde edilmektedir. Elektronik teknolojilerinin gelişmesinde hiç kuşkusuz nano teknoloji büyük pay sahibidir. Yarıiletken ince film uygulamaları elektronik devre elemanlarının üretimini önemli ölçüde kolaylaştırmış ve boyutlarını ciddi şekilde küçültmüştür.

Yarıiletken ince filmlerin elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan ve verimli sonuçlar alınan yöntemler: kimyasal püskürtme yöntemi, termal buharlaştırma yöntemi, elektron demeti buharlaştırma, sıçratma yöntemi ve moleküler demet epitaksi yöntemidir. Bu çalışmada ise bu yöntemler içerisinde kimyasal püskürtme yöntemi ve ince film üretim teknolojisinde yenilikçi teknoloji olarak adlandırılan soğuk altlık tekniği kullanılmıştır.

Bu çalışmada ZnO ince filmler 325 °C altlık sıcaklığında kimyasal püskürtme yöntemi ile cam ve SnO<sub>2</sub> kaplı cam altlıklar üzerinde büyütüldü. X ışını kırınımı desenleri tüm örneklerin hegzagonal kristal yapıda c eksenine boyunca altlığa dik olarak büyüdüğünü gösterdi. Tavlama ve farklı sıcaklıklarda tavlama örneklerin enerji bant aralığı değerlerinin 3,08 eV-3,25 eV değerleri arasında değiştiği gözlemlendi. Yapılan fotoluminesans ölçümlerinden ZnO filmlerinin kristal yapısında var olan kusurlar tespit edildi. Çalışmanın ikinci aşamasında örnekleri iki gruba ayrılarak yüzeylerine 300 K ve 200 K altlık sıcaklıklarında Ag buharlaştırıldı ve Ag/ZnO ikili yapılar elde edildi. Schottky diyotlarının oluşumu için birinci grup olarak adlandırılan 300 K altlık sıcaklıklarında üretilen ikili yapılar 400 °C sıcaklıkta 30 dakika termo difüzyon işlemi uygulanırken 200 K altlık sıcaklığında üretilen ikili yapılar UV ışınları altında 1 saat süre ile fotouyarmalı difüzyon işlemi uygulandı. Farklı teknolojik uygulamalarla oluşturulan bu Schottky diyotlarının bariyer yüksekliği ve ters doyma akım değerleri belirlendi.





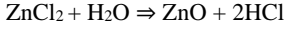
## 2. Deneysel Çalışma

### 2.1. Altlıkların Hazırlanması

Bu çalışmada altlık olarak saf ve SnO<sub>2</sub> kaplı iletken camlar kullanıldı. Altlıkların temizlenmesine başlamadan önce numuneler 2 cm x 3 cm boyutlarında kesildi ve daha sonra ultrasonik banyo içinde sırası ile 5 dakika saf su, 5 dakika etanol ve tekrar 5 dakika boyunca saf su ile temizlendi. Altlıklar 1 saat boyunca 70 °C kurutulup hazır hale getirildi.

### 2.2. Püskürtme Metodu ile ZnO İnce Film Üretimi

0,15 M ZnO çözeltisi hazırlamak için, aşağıdaki kimyasal reaksiyona göre 250 ml saf suya 5,11 g çinko klorür tuzu (ZnCl<sub>2</sub>, Aldrich, % 98 saflıkta) eklendi.



Ana çözeltiyi hazırlamak için 5.11 gr ZnCl<sub>2</sub> tuzu hassas elektronik terazi ile tartıldı. Elde edilen çözelti 70 °C derecede 20 dk boyunca manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırıldı. Hazırlanan çözelti, 325 °C'de ısıtılmış cam yüzeylere püskürtüldü. Altlık sıcaklığı, krom-alümel termoçifti kullanılarak izlendi. Püskürtme başlığı ile altlık arasındaki mesafe 50 cm'ye, püskürtme açısı 60° ve püskürtme hızı ise 5 ml/dak'da ayarlandı. Bu uygulamada ince film büyüme hızı dakikada 50 Å olarak sağlandı.

Elde edilen ZnO ince filmlerin kristal yapılarının sıcaklığa bağlı olarak davranışlarının tespiti için cam ve SnO<sub>2</sub> altlıklar yüzeyinde elde edilmiş örnekler 30 dk süreyle oda ortamında 3 farklı sıcaklık değerlerinde (350, 375 ve 400 ) °C tavlandı. X ışını kırınım cihazı yardımıyla hazırlanan ZnO filmlerin kristal yapılarının ve fazlarının tespiti yapıldı. Numunelerin yüzey özelliklerini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu kullanıldı. Fotolüminesans spektroskopisi ve spektrofotometre ile filmlerin optiksel ve fotolüminesans özellikleri karakterize edilmiştir.

### 2.3. Ag Buharlaştırması

Vaksis PVD handy/1DLE-LN model cihaz yardımıyla yüksek vakum altında (10<sup>-5</sup> Torr) Ag buharlaştırıldı. Buharlaştırma işlemleri iki farklı (300 ve 200 K) altlık sıcaklığında yapıldı. ZnO ince filmler yüzeyine Ag buharlaştırılırken çapları 1 mm olan maske kullanıldı. Böylece elde edilen diyotların eşit alanlı olması sağlandı.

Soğuk altlık (200 K) yönteminin en büyük avantajı ve diğer yöntemlerden farkı; doymuş buhardan gelen altlık yüzeyine taşınan ve buraya konumlanan kümelerin altlık atomlarıyla çarpışması esnasında soliton dalgası oluşturmasıdır. Doğrusal olmayan özelliğe sahip soliton dalgaları kütle taşıma özelliği nedeniyle altlık yüzeyinde parçacıkların enerji kaybına uğramadan hareket etmesini sağlamaktadır. Soliton dalgasının oluşumu ile soliton büyüme mekanizmasını gerçekleştiren kümeler kritik boyutlu kümeler denir. Kritik boyutlu kümeler altlık yüzeyinin sıcaklığına bağlı olarak 10-15 nanometre arasında değişmektedir.

Altlık yüzeyinde kritik boyutlu kümelerin soliton dalgasını oluşturması için aşağıda verilen eşitsizliğin sağlanması gerekmektedir.

$$\frac{a(T_r) - b(T_f)}{b(T_f)} > \left(\frac{2}{\pi}\right)^{3/2} \sqrt{\frac{f}{\lambda} a(T_r)} \quad (1)$$

$a(T_r)$  ve  $b(T_f)$  sırası ile altlığın ve gelen parçacığın örgü parametresidir.  $f$  altlıkla küme (doymuş buhardan gelen tüm kümeler) arasındaki etkileşme kuvvetini,  $\lambda$  altlık atomları arasındaki etkileşme kuvvetini göstermektedir [1].

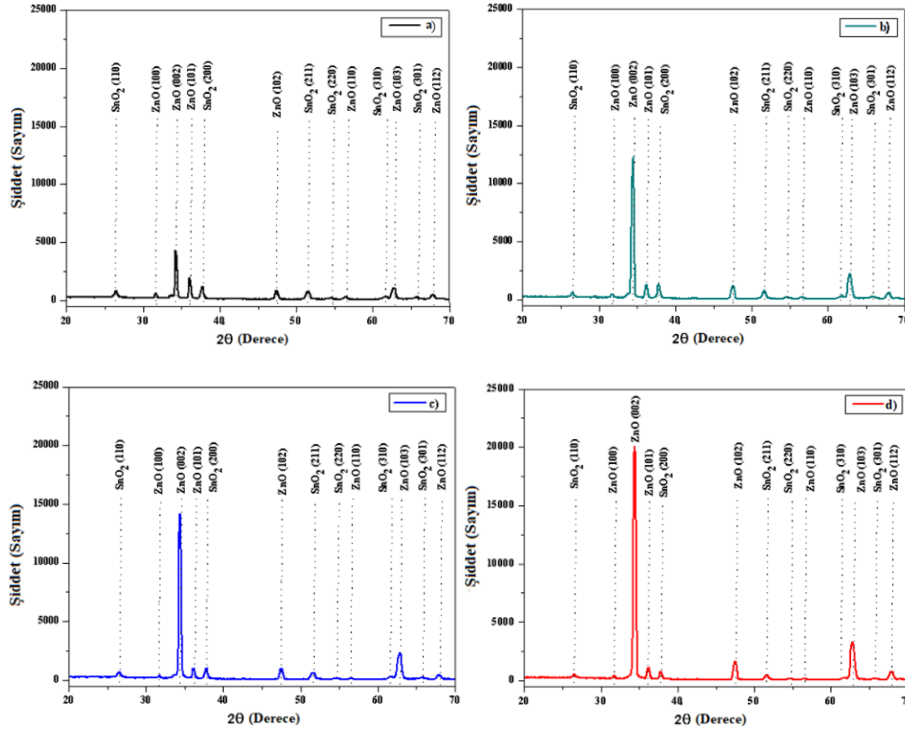
300 K altlık sıcaklıklarında üretilen ikili yapılara 400°C sıcaklıkta 30 dakika termo difüzyon işlemi uygulanırken 200 K altlık sıcaklığında üretilen ikili yapılara 375 nm dalga boyunda UV ışınları altında 1 saat süre ile fotouyarmalı difüzyon işlemi uygulandı. 200 K altlık sıcaklığında elde edilen Ag/ZnO ikili yapılarda geçidin oluşumu için fotouyarmalı difüzyon sürecinin gerçekleştirilmesinde kullanılan UV ışın kaynağı kullanıldı.

## 3. Bulgular

### 3.1. XRD

X ışını kırınım sonuçları oda sıcaklığından (Cu-K $\alpha$ ) dalga boyu  $\lambda = (1.54 \text{ \AA})$  yardımıyla, 40 kV ve 30 mA altında kaydedildi. Tarama sürekli modda yapıldı ve adım genişliği 0.02° tutuldu. Şekil 1'de ZnO ince filmlerin X ışınları kırınım sonuçları gösterildi.





Şekil 1: SnO<sub>2</sub> kaplı cam yüzeyinde büyütülen ve farklı sıcaklıklarda tavlanan ZnO ince filmin X-ışını kırınımı, a) Tavlınmamış numune, b) 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C tavllanmış numuneler

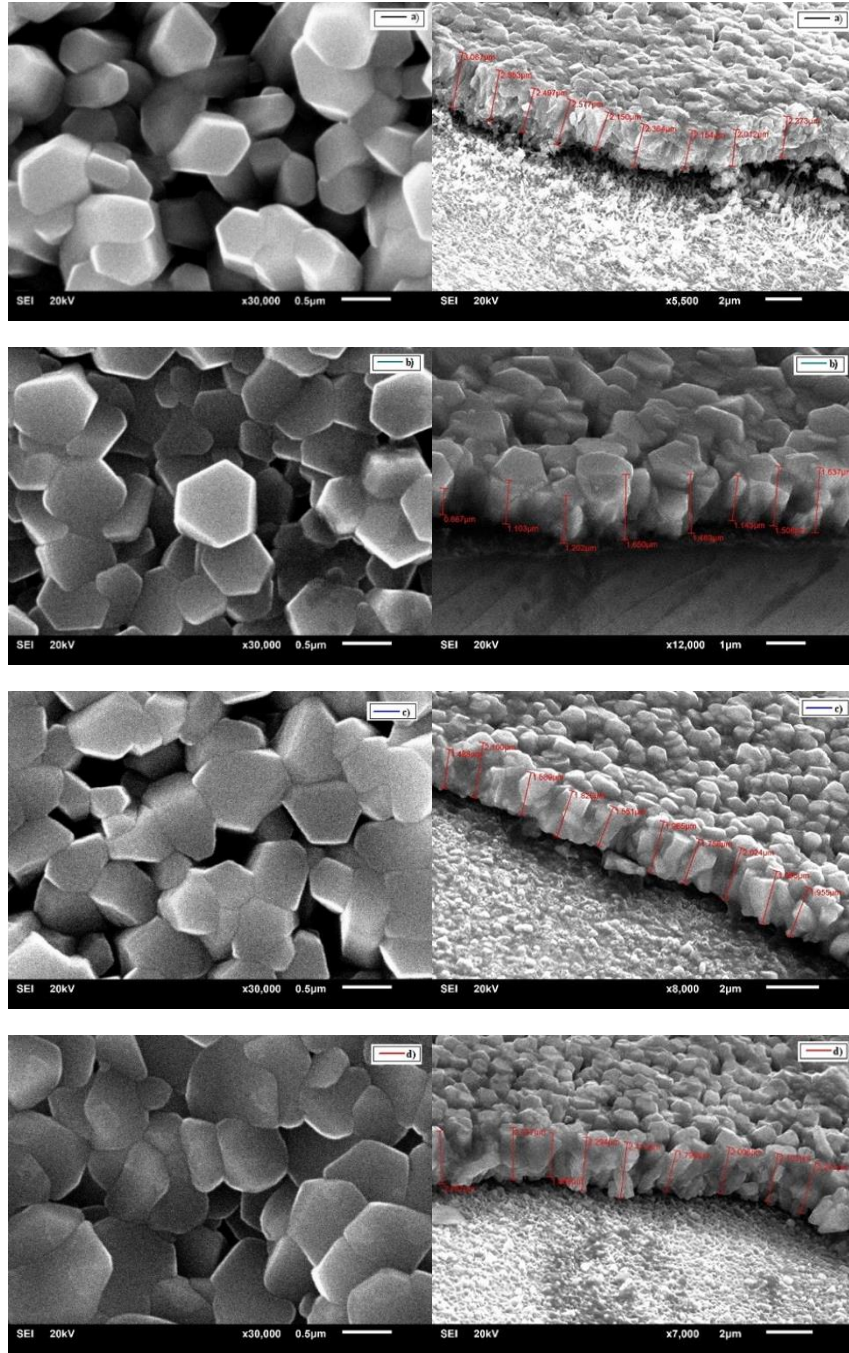
XRD desenleri, üretilen filmlerin c eksenine doğrultusunda (002) düzleminde büyüdüğünü göstermektedir. Ayrıca, bu kırınım desenlerinde tavlamanın etkisi ile başka herhangi bir safsızlıklardan kaynaklanan yansımalar rastlanmamaktadır.

Şekil 1’de Bragg açılarının 31.68°, 34.442°, 36.16°, 47.43°, 56.44°, 62.745°, 67.94° değerlerinde sırayla (100), (002), (101), (102), (110), (103) ve (201) düzlemlerinden yansımalar görülmektedir. (JCPDS 36-1451) numaralı XRD kartına göre ZnO ince filmlerin wurtzite (hekzagonal) yapıya sahip olduğu tespit edildi. Bununla birlikte tavlama sıcaklığı arttıkça, tüm kırınım piklerinin yansıma şiddetlerinde artışların olduğu görüldü. XRD desenlerinden görüldüğü üzere 400 °C tavllanmış ZnO örnek en yüksek yansıma şiddeti göstermektedir [2]. Bunun bir sonucu olarak bu örneğin diğer örneklerle kıyasla daha yüksek kristalleşme derecesine sahip olduğu anlaşılmıştır [3].

### 3.2. ZnO İnce Filmlerin SEM Sonuçları

Şekil 2’de cam yüzeyinde püskürtme metodu ile hazırlanan ZnO filmlerin taramalı elektron mikroskobu görüntüleri verilmiştir. SEM görüntülerinden elde edilen filmlerin gözenekli bir yüzey morfolojisine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Görüntüler saf ZnO ince filminin mikro çubuklu yapıya sahip olduğunu göstermektedir [4,5]. Ayrıca SEM görüntülerinden, tavlama etkisi ile ZnO çubuklarının genişliğinde artışların olduğu ve bunun bir sonucu olarak mikro çubuklar arasında boşlukların küçüldüğü görülmektedir [6,7,8,9]. Ayrıca tavlama sıcaklığı arttıkça üretilen ZnO yüzeylerinde homojenlik durumu oluşmaya başlar. Bu sonuç tavlama işleminden beklenen kristal çubuk genişliğinin artması ve daha düzenli bir film öngörüşüyle uyumlu olmaktadır [10]. Bu sonuç XRD sonuçları ile örtüşmekte ve Aljwafi vd., (2018) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyumlu olmaktadır. Aljwafi çalışmasında, ZnO nanoparçacıkları sol-gel yöntemi ile üretilmiş ve farklı sıcaklıklarda (200 °C, 400 °C, 600 °C ve 800 °C) tavlınmıştır. Tavlama sıcaklığının artmasıyla tanecik boyutlarının artması rapor edilmiştir [11,12,13].



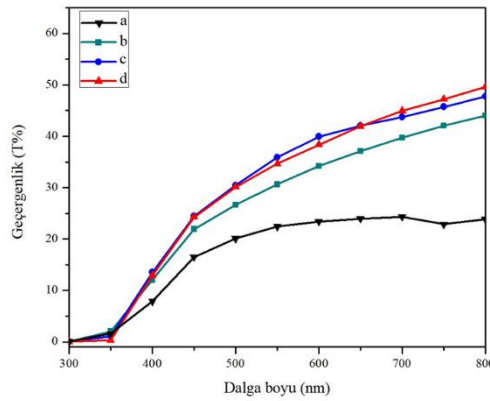


Şekil 2: Üretilen ZnO ince filmin SEM görüntüsü, a) Tavlanmamış numune, b) 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C sıcaklıklarında tavlanan numuneler

### 3.3. Optik Sonuçlar

Örneklerin Spectra marka M5 model fotolüminesans spektroskopi cihazı yardımıyla, (200-800) nm dalga boylarında, oda sıcaklığında, optik geçirgenlik ölçümleri yapılmıştır. Şekil 3'de, ZnO ince filmlerin optik geçirgenlik spektrumları verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi tavlama sıcaklığının artmasıyla optik geçirgenlik artmaktadır. Bu olay, tavlama sıcaklığı artmasıyla örneklerin daha iyi kristalleşmeye ve düşük kusur yoğunluğuna sahip olması ile açıklanabilir [14].



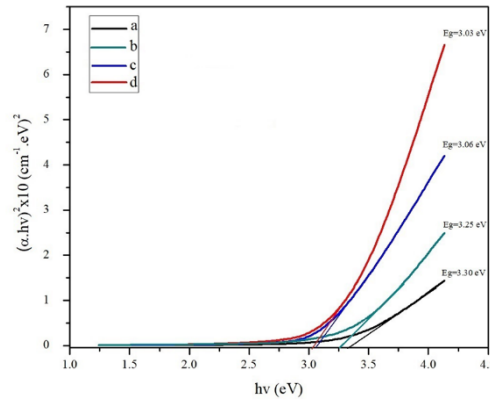


**Şekil 3: ZnO ince filmlerin geçirgenlik spektrumları, a) Tavlınmamış numune, b) 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C sıcaklıklarda tavlanan numuneler**

Yasak band aralığını belirlemede aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (2)$$

Burada  $E_g$ ; numunenin yasak band aralığı, A; malzemenin kırılma endeksine bağlı bir parametredir. Şekil 4'de foton enerjisinin ( $h\nu$ ) bir fonksiyonu olarak  $(\alpha h\nu)^2$ 'nin grafiği verildi. Bu grafiğin doğrusal kısmının x eksenine kesiştiği nokta direkt bant enerji aralığının değerini vermektedir.



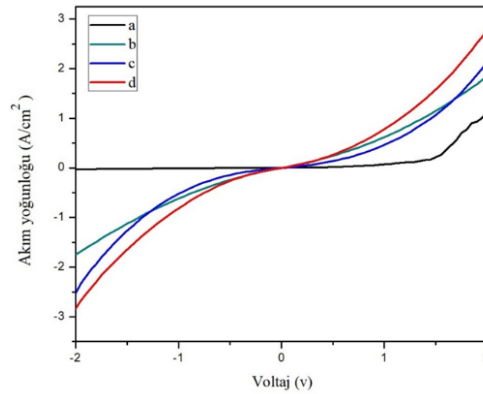
**Şekil 4: Üretilen ZnO ince filmlerin foton enerjisine göre  $(\alpha h\nu)^2$  eğrisi gösterimi, ZnO ince filmlerin geçirgenlik spektrumları, a) Tavlınmamış numune, b) 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C sıcaklıklarda tavlanan numuneler.**

Şekil 4'de tavlınmamış ZnO ve 350 °C, 375 °C, 400 °C derecelerde tavlınmış ZnO filmlerin enerji bant aralığı sırayla 3.30, 3.25, 3.06 ve 3.03 eV bulunmuştur. Yarı iletkenler için enerji bant aralığı 0,5 ile 5 eV aralığındadır ve şeffaf oksit yarı iletkenler için 3-5 eV civarındadır. Böylece bulunan yasak band değerleri standart değerler ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Tavlama sıcaklığı artmasıyla enerji bant aralığı değerlerinde küçülmeler gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar tavlama sıcaklığının artışı ile SEM grafiklerde görülen ZnO çubuklarının genişliklerindeki artışla açıklanabilir [14,15].

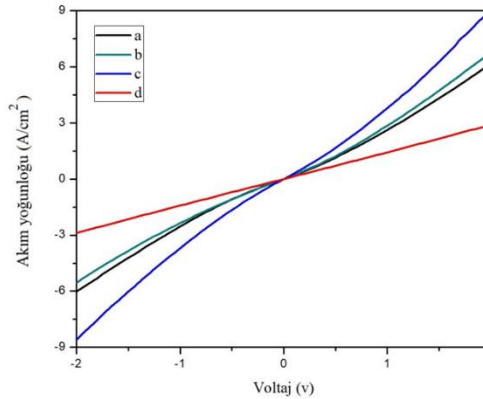
#### 3.4. Ag/ZnO/SnO<sub>2</sub> Schottky Diyodun Elektriksel Karakterizasyonu

Şekil 5 ve Şekil 6'da iki farklı yöntemle oluşturulmuş Schottky diyodların ileri ve geri besleme durumlarında ölçülmüş J-V özellikleri verildi.





Şekil 5: 200 K altlık sıcaklığında üretilen ve fotouyarmalı difüzyon sürecine tabi tutulan Schottky diyotlarının (J-V) karakterizasyonu. a) Tavlanmamış (SnO<sub>2</sub>/ZnO)/Ag, b) 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C sıcaklıklarında tavlanan (SnO<sub>2</sub>/ZnO)/Ag.



Şekil 6: 300 K altlık sıcaklığında üretilen ve 400 °C sıcaklıkta 30 dakika tavlanan Schottky diyotlarının (J-V) karakterizasyonu. a) Tavlanmamış (SnO<sub>2</sub>/ZnO)/Ag, b), 350 °C, c) 375 °C ve d) 400 °C sıcaklıklarında tavlanan (SnO<sub>2</sub>/ZnO)/Ag.

Şekil 5'de 200 K altlık sıcaklığında üretilen ve fotouyarmalı difüzyon sürecine tabi tutulan temel katmanı (ZnO) tavlansız SnO<sub>2</sub>/ZnO/Ag örneği, diyot karakteristiğine uygun olan doğrultucu bir özellik göstermektedir. Şekil 6'da ise 300 K altlık sıcaklığında üretilen ve termouyarmalı difüzyon sürecine tabi tutulan örneklerin doğrultucu özellikli olmadıkları görülmüştür. Bu davranış, çinko oksidin mikro çubuk filmlerinin yüzey kusurlarının varlığı veya metal/yarı iletken arayüzündeki bariyer homojensizliği ile açıklanabilir. Şekil 5 ve 6'dan görüldüğü üzere 200 K altlık sıcaklığında üretilen (Tavlansız SnO<sub>2</sub>/ZnO)/Ag diyot 1.25 voltta akımın geçmesine izin verir ve ters besleme altında geç kırılma gösterir ancak tüm diğer üretilen diyotlar, 0.1 voltta aktif hale gelir ve ters besleme altında erken kırılma gösterir.

Diyodun doğru akımı aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir.

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qv}{2nkT}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{qv}{2nkT}\right)\right] \quad (3)$$

Burada V uygulanan voltaj, q elektron yükü ve I<sub>0</sub> ters doyma akımıdır. Doyma akımının (I<sub>0</sub>) değerleri yarı-logaritmik ileri besleme durumunda I-V eğrilerinin doğrusal bölgesinin sıfır uygulanan gerilime ekstrapolasyonu ile bulunur ve aşağıdaki denklemle ifade edilir.

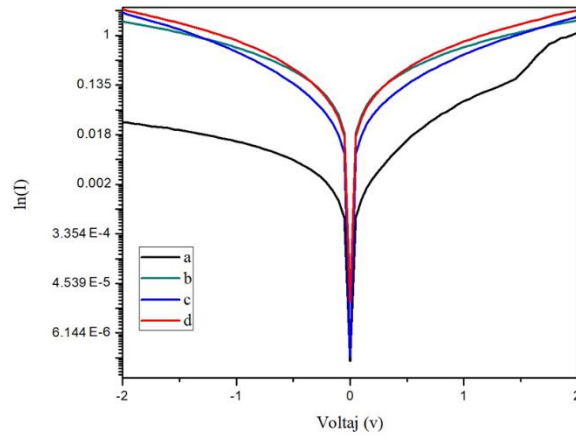
$$I_0 = AA^*T^2 e^{-\phi_b/kT} \quad (4)$$

Burada A\* etkili Richardson sabiti (N tipi ZnO için 32 A/cm<sup>2</sup>K<sup>2</sup>), A etkili diyot alanı, T kelvin cinsinden sıcaklık, k Boltzman sabiti, φ<sub>b</sub> etkin bariyer yüksekliğidir.

Diyotun elektriksel parametrelerinin hesaplamak için ln(I)-V karakteristiğinin incelenmesi önem taşımaktadır. Şekil 7'de deneysel sonuçlar kullanılarak 200 K altlık sıcaklığında üretilen diyotlar için ln(I)-V karakteristiği verildi.

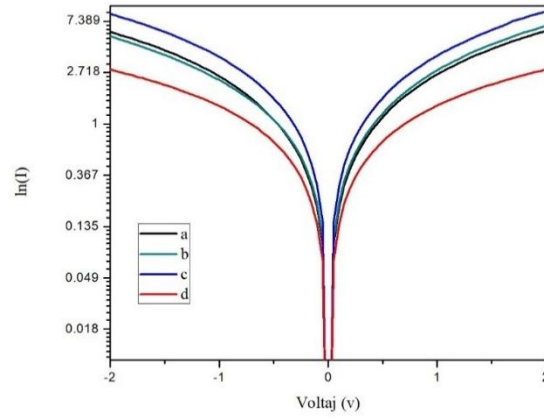






Şekil 7: 200 K altlık sıcaklığında üretilen Schottky diyotun (lnI-V) grafiği

Şekil 8'de deneysel sonuçlar kullanılarak 300 K altlık sıcaklığında üretilen diyotlar için ln(I)-V karakteristiği verildi.



Şekil 8: 300 K altlık sıcaklığında üretilen Schottky diyotun (lnI-V) grafiği

Doyma akım değerinin belirlenmesi ile bariyer yüksekliği aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$\phi_{bo} = \frac{kT}{q} \ln \left( \frac{AA^*T^2}{I_o} \right) \quad (5)$$

Tablo 1'de farklı altlık sıcaklıklarında üretilmiş SnO<sub>2</sub>/ZnO/Ag Schottky diyotlarının elektriksel parametreleri verilmiştir.

**Tablo 1: 200 K ve 300 K altlık sıcaklıklarında üretilen Schottky diyotların elektriksel parametreleri**

Diyot Üretim sıcaklığı (K)	ZnO Tavlama sıcaklığı (°C)	I <sub>0</sub> (A)	Φ <sub>b</sub> (eV)
200	Tavlınmamış	4,7 x 10 <sup>-6</sup>	0,57
	350	4,8 x 10 <sup>-5</sup>	0,51
	375	4,2 x 10 <sup>-5</sup>	0,52
	400	6,6 x 10 <sup>-5</sup>	0,50
300	Tavlınmamış	4,8 x 10 <sup>-4</sup>	0,45
	350	4,0 x 10 <sup>-4</sup>	0,46
	375	7,3 x 10 <sup>-4</sup>	0,44
	400	4,2 x 10 <sup>-4</sup>	0,46





Bu çalışmaya göre arayüz durumlarının, metal özellikleri, biriktirme işlemi, yüzey işleme ve yüzey kusurları yoğunluğu gibi farklı faktörlere bağlı olduğu görülmüştür. Tablo 1'den 200 K altlık sıcaklığında üretilen diyotların ters doyma akımları 300 K altlık sıcaklıklarında üretilen diyotların ters doyma akım değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Tablo 1'den görüldüğü üzere 200 K altlık sıcaklığında üretilen diyotların bariyer yüksekliği 300 K altlık sıcaklığında üretilen diyotların bariyer yüksekliği değerlerinden daha büyüktür. Bu durum, başta kullanılan materyal ve yöntemin farklı olması ile birlikte, mevcut yüzey durumları, bariyerin yüksekliği ve oksit tabaka etkisinden kaynaklanıyor olabilir [17].

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, fotoelektronik teknolojide yaygın olarak kullanılan ZnO ince filmler 325 °C altlık sıcaklığında kimyasal püskürtme yöntemi ile cam ve SnO<sub>2</sub> kaplı cam altlıklar üzerinde büyütüldü. Püskürtme hızını dakikada 5 ml değerinde tutularak film büyüme hızı dakikada 60 Å olarak ayarlandı. Böylece 30 dakika püskürtme süresinde elde edilen ZnO filmlerin kalınlıkları yaklaşık 1,8-2,1µm oldu.

Daha sonra elde edilen ZnO filmler oda ortamında 350 °C, 375 °C ve 400 °C sıcaklıklarında 30 dakika süreyle tavlandı. İncelemeler dört farklı örnek üzerinde yapıldı. X ışını kırınımı desenleri tüm örneklerin hegzagonal kristal yapıda büyüdüğünü gösterdi. Tavlannamış ve farklı sıcaklıklarda tavlannmış ZnO örneklerin nano çubuk genişliklerinde artışlar SEM ölçümlerinden tespit edildi. 200–800 nm dalga boyu aralığında kaydedilen optik geçirgenlik ölçümlerinden 400 °C sıcaklığında tavlannmış ZnO ince filminin daha yüksek optik şeffaflığa sahip olduğu görüldü. Örneklerin optik geçirgenlik spektrumlarından hesaplanan enerji bant aralıklarının (Eg) 3,03 eV-3,3 eV değerleri arasında değiştiği gözlemlendi. Yapılan fotoluminesans ölçümlerinden ZnO filmlerinin kristal yapısında var olan ve fotoluminesans emisyonuna neden olan yapısal kusurlar tespit edildi. Bu ölçümlerde 375 °C sıcaklığında tavlannmış ZnO filminin daha kaliteli bir yapıda olduğu anlaşıldı.

Çalışmanın ikinci aşamasında örnekler iki gruba ayrıldı ve yüzeylerine 300 K ve 200 K altlık sıcaklıklarında Ag buharlaştırıldı. Elde edilen Ag/ZnO ikili yapılarda Schottky diyotlarının oluşumu için birinci grup olarak adlandırılan 300 K altlık sıcaklığında üretilen ikili yapılara 400 °C sıcaklıkta 30 dakika termo difüzyon işlemi uygulandı. 2. grup olarak adlandırılan 200 K altlık sıcaklığında üretilen ikili yapılara 375 nm dalga boyunda UV ışınları altında 1 saat süre ile fotouyarmalı difüzyon işlemi uygulandı ve Schottky diyotlar oluşturuldu. Farklı teknolojik uygulamalarla oluşturulan bu Schottky diyotlarının bariyer yüksekliği ve ters doyma akım değerleri hesaplandı. Tavlannamış Schottky diyot hariç, diğer tüm diyotlarda zayıf doğrultucu özellik görüldü.

#### 5. Kaynakça

- [1] Buldu, İ., “TiO<sub>2</sub>-Ag yapıların soğuk altlık yöntemiyle üretilmesi ve incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye, 2019.
- [2] Persson, E., “Printed Schottky Diodes based upon Zinc Oxide Materials. Department of Science and Technology”, Linköping University, Norrköping, Sweden, 2013.
- [3] Ananthu, C. and Renjanadevi., “Preparation of Zinc Oxide Nanoparticles and its Characterization Using Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-Ray Diffraction(XRD)”, Department of Chemical Engineering, Govt Engineering College Trichur, Thrissur, India, 2015.
- [4] Singh, S., Jit, S. and Park, S.H., “Characterization of Ag/ZnO Nanorod Schottky Diode-Based Low-Voltage Ultraviolet Photodetector”, 12, 5, 2017.
- [5] Liaoyong, W., Kin, M., Yaoguo, F., Minghong, W. and Yong L., “Fabrication and characterization of well-aligned, high density ZnO nanowire arrays and their realizations in Schottky device applications using a two-step approach”, Journal of materials chemistry, 2011.
- [6] Haider, M., “Sol-gel ile büyütülen ZnO ince filmlerine soğuk altlık yöntemiyle Ag buharlaştırılarak diyot üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek lisans tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize, Türkiye. 2019.
- [7] Küçükömeroğlu, T., Yılmaz, S., Polat, İ. and Bacaksız, E., “An evaluation of structural, optical and electrical characteristics of Ag/ ZnO rods/SnO<sub>2</sub>/In–Ga Schottky diode”, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2018.
- [8] Kadhim, Y. H., and Ameer, A. A., “Synthesis and Characterization of ZnO and Ag Nanoparticles”, Journal of Babylon University, Pure and Applied Sciences, 3, 25, 2017.
- [9] Shaivalini, S., Jit, S. and Si-Hyun, P., “Characterization of Ag/ZnO Nanorod Schottky Diode-based Low-voltage Ultraviolet Photodetector”, Department of Electronic Engineering, Yeungnam University, Gyeongsan-s, siGyeongsangbuk-do, South Korea, 2017.
- [10] Yaseen, H. and Nihad A., “Synthesis and Characterization of ZnO and Ag Nanoparticles”, University of Babylon, college of sciences, physics dept., babil, Iraq, 2017.
- [11] Aljwafi, R. N., Alam, M. N., Rahman, F., Ahmad, S., Shahee. A. and Kumar, S., “Impact of annealing on the structural and optical properties of ZnO nanoparticles and tracing the formation of clusters via DFT calculation”, Arabian Journal of Chemistry, 2018.



- [12] Chen, Y., Nayak, J., Ko, H. and Kim, J., “Effect of annealing temperature on the characteristics of ZnO thin films”, Creative Research Center for EAPap Actuator, Mechanical Engineering Department, Inha University, 253 Yonghyun-Dong, Nam-Ku 402-751 Incheon, South Korea.
- [13] Khan, Z. R., Khan, M. S., Zulfeqar, M. and Khan, M. S., “Optical and Structural Properties of ZnO Thin Films Fabricated by Sol-Gel Method”, Department of Physics, Jamia Millia Islamia, New Delhi, India; Department of Chemistry, Jamia Millia Islamia, New Delhi, India. 2011.
- [14] Fallah, H. R., Ghasemi, M., Hassanzadeh, A. and Steki, H., “The effect of annealing on structural, electrical and optical properties of nanostructured ITO films prepared by e-beam evaporation”, Materials Research Bulletin, 2005.
- [15] Ghosha, A., Deshpande, N. G., Gudage, Y. G., Joshia, R. A., Sagade, A. A., Phaseb, D. M. and Sharma, R., “Effect of annealing on structural and optical properties of zinc oxide thin film deposited by successive ionic layer adsorption and reaction technique”, 2007.
- [16] Yi, C., Jyoti, N., Hyun-U, K. and Jaehwan, K., “Effect of annealing temperature on the characteristics of ZnO thin films”, Creative Research Center for EAPap Actuator, Mechanical Engineering Department, Inha University, 253 Yonghyun-Dong, Nam-Ku 402-751 Incheon, South Korea. 2012.
- [17] Tomakin, M., Altunbaş, M. and Bacaksız, E., “The influence of substrate temperature on electrical properties of Cu/Cds/SnO<sub>2</sub> Schottky diode. department of physics”, Rize university, Rize, Turkey, 2011.





neticesinde belirli bir yangın riskine sahip olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle yörede yaz aylarında gerçekleşebilecek orman yangınları için önlemler alınmasının gerekli olduğu düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmanın materyalini, Bartın iline ait orman ve ormana komşu alanları ile ilin iklim faktörlerine ilişkin istatistik ve veriler oluşturmaktadır. Metot olarak ise, elde edilen bu veriler vasıtasıyla Bartın genelinde orman yangınları yönünden riskli ve önem taşıyan alanlarda alınması gereken önlemler tespit edilip, ortaya konulmuştur.



Şekil 2. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü (OGM, 2019)

Bartın Orman İşletme Müdürlüğü ise, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı olup kuzeyinde Karadeniz, batısında Zonguldak Müdürlüğü, güneyinde Karabük İşletmesi ve doğusunda Kastamonu Bölge Müdürlükleri bulunmaktadır. Kıyıdan itibaren orman bitki örtüsüne sahip olan işletme, iç kesimlere doğru giderek yükselmekte ve dağlık alanlara has bitki örtüsü ve orman yapısına dönüşmektedir.

Tablo 1. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ne ait şeflikler ve orman durumları (OGM, 2019)

İşletme Şefliği	Normal Orman (ha)	Bozuk Orman (ha)	Toplam Orman (ha)	Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
	Topl.=64.677,0	Topl.=8.550,20	Topl.=73.227,20	Topl.=65.313,30	Topl.=140.935,30
Amasra	9.670,20	1.371,40	11.041,60	5.430,30	17.342,80
Art	7.137,50	1.342,30	8.479,80	9.273,60	18.012,20
Bartın	12.749,50	1.884,00	14.633,50	23.871,70	38.997,40
Günye	5.458,30	888,20	6.346,50	9.149,20	15.495,70
Hasankadı	4.880,10	515,30	5.395,40	1.267,00	6.663,80
Kozcağız	5.947,50	663,10	6.610,60	4.876,50	11.563,50
Kurucaşile	8.801,30	951,50	9.752,80	4.340,50	14.455,90
Yenihan	10.032,60	934,40	10.967,00	7.104,50	18.404,00

Bartın Orman İşletmesi, toplam 140.935,30 hektarlık bir alana sahiptir. Genel alanının 73.227,20 hektarlık bir alanı ormanlık alan olup bu ülkemiz standartlarında oldukça yüksek bir orandır. Bu orman alanının 64.677 hektarı normal orman alanı ise, 8550,2 hektarı



bozuk orman alanıdır (OGM, 2019). İşletme Şeflikleri arasında Bartın Merkez, Amasra ve Yenihan 10 bin hektarın üzerinde ormanlık alana sahip şefliklerdir. En geniş toplam alana sahip şeflik ise Bartın Merkez İşletme Şefliği'dir. İşletme Müdürlüğü sınırları içinde aslı ağaç türü olarak kayın, meşe ve gürgen ön planda olup, onu göknar, karaçam, sahil çamı gibi gerek doğal gerekse plantasyon ile gelen türler mevcuttur.

**Tablo 3. Bartın ili 1964-2017 yılları arasındaki meteorolojik değerlerin ortalaması (MGM, 2019)**

BARTIN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Olçüm Periyodu (1964-2017)													
Ortalama Sıcaklık (C°)	4,1	4,8	7,1	11,3	15,7	19,8	22,1	21,8	17,8	13,6	9,2	5,9	12,8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (C°)	9,1	10,4	13,2	17,9	22,2	26	28,1	28,2	24,9	20,4	15,8	11	18,9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (C°)	0,3	0,5	2,4	5,9	9,9	13,4	15,6	15,6	12,1	8,7	4,5	1,9	7,6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,1	3,1	4,1	5,7	7,2	8,9	9,8	9,2	7,3	5,1	3,5	2,3	68,3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	16	14,5	13,9	11,9	10,3	8,8	6,8	6,4	8,6	11,9	13,1	17,1	139,3
Aylık Toplam Yağışlı Miktar Ortalaması (mm)	116,2	84,6	75,9	59,7	53,9	70,6	60,2	78,6	85,2	113,8	114,9	132,6	1046,2
En Yüksek Sıcaklık (C°)	23,2	27,2	31,6	34,1	39,1	38	42,8	41,3	40,5	37,1	29	27,7	42,8
En Düşük Sıcaklık (C°)	-15,4	-18,6	-13,1	-4,5	-1,3	5,3	8	6,7	1,5	-3,2	-5,6	-10,6	-18,6
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktar						Günlük En Hızlı Rüzgar			En Yüksek Kar				
27.08.1970-16.1mm						12.08.2012-116.6km/sa			03.01.1983-109cm				

Bartın iline ait uzun dönem meteorolojik verilere bakıldığında en yüksek ortalama sıcaklığın 22,1 derece ile temmuz ayına ait iken, ortalama en yüksek sıcaklığın 28,2 derece ile ağustos ayına ve ortalama en düşük sıcaklığın 0,3 derece ile ocak ayına ait olduğu görülmektedir (MGM, 2019). Yangına riskli bölgeler için özellikle yaz aylarında seygar meteoroloji istasyonlarının kullanılması faydalı bir önlem olabilir. Bilindiği gibi meteoroloji istasyonları; Sabit istasyonlar ve Seygar istasyonlar olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Yangın tehlike istasyonlarının kuruluş ve işleyişi özellikle yangınlar yönünden tehlikeli bölgeleri temsil edecek meteorolojik ölçümlerin yapılabileceği şekilde ve yapıda olmalıdır. Bu yörelerin kendilerine has bitki örtüsü, iklim ve diğer etmenler nedeniyle uzaktan ölçüm, tahmin ve sayısal simülasyonlar yoluyla ölçümleri yetersiz olmaktadır (Çanakçıoğlu, 1994).

Akdeniz Bölgesi'nde haziran ayı başından ekim ayı sonuna kadar yağışın olmadığı her gün yangın tehlikesi mevcuttur. Bartın'da ise yangın sezonu başlangıcını da haziran ayı başı kabul etmekle birlikte, sezon sonunu, o yıla ait hesaplamalara göre eylül ayı ortasına ya da

Sonun doğru olacaktır. Sezonun belirlenmesi, orman yangınları için o bölgede alınacak önlemlerin zamanı ve düzeyi için büyük önem taşımaktadır.

Bartın ili orman yangınları yönünden, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından belirlenen skalada 3. derecede riskli bölgeler arasında gösterilmekte iken yukarıdaki haritada ilin merkez işletme şefliğine, 2. düzeyde yüksek derecede orman yangını riski gösteren yerler arasında yer verilmiştir. Bu harita, Bartın İşletme Müdürlüğü genel yangın istatistikleri olarak yüksek yangın aktivitesi rakamlarına sahip olmasa da yangın çıkma ve büyüme olasılığı dikkate alınarak belirlenmiştir. Yine bu haritada yüksek yangın riski ile gösterilen bir başka Batı Karadeniz ili olan Karabük, son 10 yıl içinde özellikle kızılçam ormanlarında gerçekleşen büyük yangınlar ile gündeme gelmektedir (OGM, 2019).

### 3. Bulgular

Bilindiği gibi yangını etkileyen ana faktörler denildiğinde:

1. Yanıcı Madde
2. Hava Halleri
3. Topografya olarak 3 değişkenle aklmaktadır.

Dolayısıyla bir yerde, yangınla mücadele amacıyla önlemler alınırken bu 3 faktöre dönük ne tip önlemlerin de alınabileceğine dikkat edilmelidir. Yanıcı madde konusunda bilhassa kızılçamın olduğu yerlerde özel önlemler alınması gerekmektedir. Bu yöre yangınlarının tarihsel olarak görüldüğü Akdeniz iklimine ait bir bölge olmasa da, özellikle iklim değişikliğinin 1990'lardan sonra hızla artan etkileri nedeniyle, kızılçam türünün olduğu yerlere özellikle önem verilmelidir. Bu durumu yine bir başka Batı Karadeniz Bölgesi ili olan Karabük'te gerçekleşen büyük yangınlar vasıtasıyla görmekteyiz. Burada bahsettiğimiz iklim değişikliğinin etkileri, yangını etkileyen ana faktörlerde yer alan hava halleri ile doğrudan ilişkisi olan bir faktördür. Türkiye'de son yıllarda görülen yaz sıcaklıklarındaki artış ve yaz yağışlarındaki azalma, geleneksel olarak orman yangını riski yüksek bölgeleri alanlarının yakın gelecekte





genişlemesine sebep olacaktır. 3. faktör olan topografya ise yüksek eğimli yamaçlar, dar vadiler ve sırtların oluşturduğu tehlikeleri dile getirmektedir ki, Bartın topografik yapısı itibarıyla bu tip yerlerin bol olduğu bir bölgedir. Özellikle tatil yöresi olan İnküme ve Amasra, yazları yüksek insan aktivitesinin de etkisi ile çıkabilecek yangınların sözü edilen topografik yapı vasıtasıyla tehlike yaratabilecek bir hale dönüşmesine son derece elverişli yerlerdir.

Bartın'da orman yangınları yönünden üzerine eğilimesi gereken ve çeşitli önlemlerin alınması gereken bazı spesifik alanlar bulunmaktadır. Bu alanları şöyle sıralayabiliriz:

- İşletme Müdürlüğü genelindeki kızılçam alanları
- Orman içinde yer alan sanayi kuruluşları ve askeri tesisler
- Şehir çöplüğü
- Çam meşcereleri ile karışık makilik alanlar ile sınırları olan yerleşim alanları
- Özellikle yoğun turizm aktivitesinin gerçekleştiği yaz ayları süresince sayfiye ve piknik alanlarının çevresi

Türkiye'de orman yangını riski olan alanların baskın ağaç türü kızılçamdır. Kızılçam ormanları saf veya maki ile birlikte Hatay'dan Kuzey Ege sınırına kadar olan son derece uzun bir sahil şeridi boyunca, Türkiye'nin yangına 1. derecede hassas orman alanlarını oluşturmaktadırlar (Sarıbaşak et al, 2010). Kızılçamın asıl yayılış alanı Türkiye olup, ufak meşcereler halinde Filistin, Ürdün, Suriye, Irak, Lübnan, Yunan adaları, İtalya ve Kıbrıs'ta da yayılış yapmaktadır. Türkiye'de ana yayılış alanı olan Akdeniz, Ege ve Marmara sahil ve sahil ardı bölgeler olan kızılçam, bunun dışında Karadeniz Bölgesi'nde de kimi yerlerde doğal olarak bulunabilmektedir. Bartın Orman İşletmesi 237ha doğal kızılçam alanına sahip bulunmaktadır. Bu yayılışını; 85,5 hektarı Çakraz, 76,5 hektarı Kurucaşile'de, 51,0 hektarı Karaçaydere'de, 24,5 hektarını da Gürgenpınar şeflikleri sınırları içinde yapmaktadır. En geniş doğal yayılışını yaptığı Çakraz serisinde çok bozuk kızılçam meşcereleri, bazı maki elemanları ile karışım yaparak sahile kadar oldukça yaklaşmakta, ancak hiçbir zaman üretim ormanı oluşturmamaktadırlar (Sarıbaş & Ekici, 2004).

Sözünü ettiğimiz kızılçam meşcerelerinde ve yangın riski olan ormanlarda alınması gereken bazı silvikültürel önlemler bulunmaktadır. Bunlar arasında örneğin, karışık meşcereler kurmak, ormanı bakımlı bulundurmak ve temiz bir işletmecilik uygulamak gibi silvikültürel işlem ve bakım tedbirlerinin yangınların önlenmesi bakımından büyük önemi bulunmaktadır. İğne yapraklı bir tür olmasına karşın *Cupressus sempervirens* de yangın tehlikesini azaltmak amacıyla kullanılabilir türlerden biridir. Bunun dışında uygun yerlerde *Accacia cyanophylla*, *Nerium oleander*, *Gapparis spinosa*, *Calicotome villosa* gibi türleri ile oluşturulmuş perde tesisi de önerilmektedir (Neyişçi, 1987; Doğan, 2012).

Bilindiği gibi orman yangınları ile mücadele; 1. Koruyucu tedbirler, 2. Yangınlarla savaş şeklinde gerçekleşmektedir. Koruyucu tedbirler yangınlar öncesinde alınacak tedbirleri açıklarken, yangınlarla savaş yangı esnasında gerçekleştirilecek uygulamaları işaret etmektedir. Bartın ili orman yangını istatistikleri yönünden Türkiye'nin önemli yerlerinden olmamasına karşın son yıllarda meydana gelen iklim değişikliği ve yoğun turizm hareketleri gibi gelişmelerin gerçekleşmesi sebebiyle koruyucu önlemlerin alınması gerekliliği bulunmaktadır. Özellikle son 10 yıl içinde komşu Karabük'te gerçekleşen birkaç büyük orman yangınının geniş alanlarda zarara yol açması, Bartın'da daha farklı olan iklim özellikleri bulunmasına karşın gerekli önlemlerin ihmal edilmeden alınmasını önemli kılmaktadır.

Bartın İşletmesi için önem arz eden koruyucu tedbirler şu şekilde sıralanabilir:

1. Toplumsal önlemler
  - a. Halkın eğitimi
  - b. Halk-orman ilişkilerini düzenleme
  - c. Halkın ormandan yararlanmasını ve ormana girişleri düzenleme
  - d. Ulusal orman yangın koruma programı ve uygulanması
  - e. Ödüllendirme
  - f. Yasal önlemler
2. Yangın tehlikesinin azaltılması
3. Yanan alanların sınıflandırılması
4. Silvikültürel tedbirler
5. Yangınlara karşı orman amenajmanının kullanılması
6. Yangın emniyet yol ve şeritlerinin yapılması
7. Yanıcı maddenin azaltılması
8. Yangın söndürme ekiplerinin düzenlenmesi
9. Orman yangınlarının gözetimi





10. Haberleşme sisteminin yapılandırılması

11. Ulaşım (transport) sisteminin yapılandırılmasıdır (Çanakçıoğlu, 1994).

Bartın ili içinde, özellikle Bartın ve Amasra işletme şeflikleri sınırları içinde çimento ve küçük sanayi sitelerinin oluşturduğu ormana komşu sanayi alanları ile yine bu şefliklerin sınırları içinde askeri tesisler bulunmaktadır. Bu alanlar orman alanlarına yakın ve kimi yerlerde içinde oldukları için, bu iki işletme şefliği bünyesinde bulunan bu tesislerin bulunduğu yerlerde önlemler alınması, özellikle yaz aylarındaki orman yangını riski için doğru olacaktır. Buna ilave olarak Bartın limanı, hem İnkumu sırtına yastı olması ve yoğun araç ile nakliyat trafiğine sahip olması nedeniyle dikkat edilmesi gereken bir başka önemli tesistir.

Bir diğer riskli alan olarak ise, ilin sayfiye yerleri arasında olan Amasra ve İnkumu gösterilebilir. Amasra nüfusu 6.600 olmasına karşın 2019 yılında bayramlarda nüfusunun 20 katı kadar bir turist akını ile karşı karşıya kalmış olup, İnkumu da buna benzer oranda bir insan akımına bayram ve tatil günlerinde maruz kalmaktadır. Bu yoğun insan kalabalığı çevresi orman alanları ile kaplı bu yerlerde özellikle yaz aylarında yangın riskinin oldukça artmasına yol açmaktadır. Gelen tatilcilerin geçtiği yol kenarları ve piknik alanı olarak kullandığı ağaçlık yerler, yaz ayları içinde yangın tehlikesinin yüksek olduğu zamanlarda sık sık kontrol edilmelidir.

Piknik alanı olan Karaçay, Çağlayan, Balamba, İnkumu ve Kant Ormanı Piknik alanları gibi resmi piknik alanları, çevreleri sınırlandırılması sebebiyle belirli bir düzeyde önlemler alınmış olmasına karşın, yangın riskinin yüksek olduğu günlerde dikkat edilmesi doğru olacaktır. Ancak bu resmi piknik alanlarından ziyade orman içinde piknik yapmak için yakılan ateş, orman yangınları yönünden asıl büyük tehlikeyi oluşturmaktadır. Bu nedenle yaz aylarında özellikle yola yakın yerlerde gerçekleştirilen bu faaliyetlerin gezici ekiplerce kontrol edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu konu ile ilgili halkın bilgilendirilmesi ve gerekli uyarıların da yapılması alınması gereken önlemler arasındadır.

Şehir çöplüğü Bartın'ın orman yangınları yönünden en fazla tehlike yaratan alanlarının başında gelmektedir. Bu alan İnkumu yerleşim yerine doğu tarafından komşu olan İnkumu tepesinin üzerinde bulunmaktadır. 2012, 2015, 2018 ve 2019 yıllarında bu çöplükte yangınlar çıkmış olup, 2012'de gerçekleşen yangın, evleri tehdit edecek kadar büyüdüktan sonra söndürülmüştür. Bu çöplük orman yangını yönünden büyük bir risk yaratmaktadır. Buna ilave olarak yarattığı kirlilik ile taban suyu ve yağmur suyu yoluyla denize karışması ve için için yanarak oluşturduğu dumanın rüzgârın kuzeydoğudan estiği zamanlarda sürekli bir şekilde tüm sahili kaplayarak hava kalitesini ciddi biçimde etkilemesiyle hava kirliliğine de sebep olmaktadır. İnkumu Bartın ilinin Amasra ilçesi beraber en önemli marka değeridir. Bu nedenle İnkumu tepesindeki şehir çöplülüğünün mutlaka bir an önce başka bir yere taşınması gerekmektedir.

Bu riskli bölgelerin dışında Orman Genel Müdürlüğü'nün de her işletme için riskli olarak işaret ettiği Tehlikeli ve Kıymetli alanlar mevcut bulunmaktadır. Tehlikeli alan denildiğinde alt tabakanın yoğun olduğu meşcereler, ana veya dar vadiler ve topografik yapıları nedeniyle hakim rüzgar alan yerler düşünülebilir. Buna ek olarak tehlikeli alanlar yangınların hızlıca yayılabileceği ve müdahalenin güç olduğu yerlerdir. Tehlikeli alan kapsamına şu özellikteki yerler girmektedir:

1. Yangınların adet olarak yoğunlaştığı yerler
2. Hâkim rüzgârlara doğrudan açık alanlar
3. Ada, yarımada şeklindeki ya da sahile doğrudan açık alanlar,
4. Dar dere ve vadilerde meşcereler kurmuş olan verimli iğne yapraklı orman alanları
5. Makilik alanlar
6. Bütün iğne yapraklı ağaçlandırma alanları ile iğne yapraklı doğal ve yapay gençleştirme alanları yangın yönünden tehlikeli alanlardır.
7. Ayrıca tarım-orman, yerleşim yeri-orman arakesitleri de tehlikeli alanlardır (OGM, 1995).

Kıymetli alanlar ise; tarihi ve turistik altyapıları ile muhafaza edilmesi kararlaştırılmış, rekreasyon, turizm ve savunma gibi amaçlar için kullanılan, ibrelî orman alanları ve tam kapalı meşcerelerdir. Bu alanlar arkeolojik noktalar, tehlike altındaki türler ve habitatlar ile benzeri yerler olarak açıklanmaktadır. Ayrıca:

1. Toprak muhafaza amaçlı, erozyon ve ağaçlandırma alanlarıyla, yerleşim yerlerini sel ve toprak kaymalarına karşı koruma işlevindeki orman alanları,
2. Resmi orman içi dinlenme tesisleri, turistik alanlar, milli parklar, tabiat parkları, tabiatı koruma alanları ve muhafaza ormanları,
3. İl ve ilçelerin yakınında bulunan, içlerinden karayolu ya da demiryolu geçen, yeşil kuşak ve benzer orman alanları,
4. Orman içi ya da kenarında bulunan göller ile baraj ve göletlerin bitişiğindeki ormanlar da kıymetli alanlar kapsamına girmektedir (OGM, 1995).

Alınacak önlemler arasında söndürme ekiplerinin yerlerinin belirlenmesi de önem taşımaktadır. Orman Genel Müdürlüğü'ne göre birinci derecede yangına hassas işletme şefliklerinde yangına en geç 20 dakikada ulaşılabilmek için ilk müdahale ekiplerinin birbirine en çok 20-25 km uzaklıkta seçmek gereklidir. Bahsedilen ilk müdahale ekipleri, belirlenen riskli alanlara yakın yerlere konuşlandırılmalıdır. İlk müdahale ekibi bir arazöz olabileceği gibi, donanımlı bir pikaptan da ibaret olabilir.



#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bartın, orman yangınları yönünden 1. derecede riskli bir bölge olmasa da kendine has özellikleri nedeniyle ormanlık alanlar ve çevresinde alınması gereken çeşitli önlemler bulunmaktadır. Çalışmada bu önlemler sıralanmıştır. Orman yangınları ile mücadelede savaş yöntemleri kadar yangın öncesi alınan tedbirler de büyük önem taşımaktadır. Özellikle son yıllarda Avrupa ve ABD ve Kanada'da görülen büyük yangınlar sonrasında yangın sezonlarından önce alınması gereken önlemlere ağırlık verilmesi konusu tekrar gündeme gelmiştir. Bunda iklim değişikliğinin orman alanları ve yerleşim yerleri etrafında meydana getirdiği yeni durumun büyük etkisi bulunmaktadır. İklim değişikliği dediğimiz olgu dünya iklimine etkide bulunduğu gibi, sosyo-ekonomik yapıya da etkide bulunmaktadır. Bu değişiklikler bizim orman yangınları ile klasik mücadele sistemimizin kapasitesinin üzerinde olduğu takdirde yangınlara karşı gayretlerimiz yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple yeni ve entegre önlemlerin alınması çabalarına ağırlık verilmesi doğru olacaktır. Bartın'da çok geniş ormanlık alanları yakabilecek bir yangın ihtimali şimdilik olmasa bile riskli alanlarda çıkabilecek yangınların can ve mal kaybına yol açabilme ihtimali bulunmaktadır. Bu nedenle çeşitli yöntemlerle Bartın için yangın risk durumunun, özellikle yaz sezonundaki kritik zamanlar için hesaplanmasının yapılması iyi olacaktır. Yaz aylarında sık sık orman yangınlarının meydana geldiği pek çok ülkede kuraklık ve yangın tehlikesinin hesaplanması ile bu tip önlemler alınabilmektedir. Bu amaçla Standart yağış indeksi (SPI-SPEI), Keetch-Byram kuraklık indeksi (KBDI) ve Kanada orman yangın tehlike indeksi (FWI) gibi modern öngörü yöntemleri kullanılmaktadır (Ertuğrul & Varol, 2016; Varol & Ertuğrul, 2016; Varol et al., 2017). Yine sözü edilen riskli alanlar etrafında silvikültürel bakım önlemlerinin alınması ve yaz sezonunda motorlu birimlerin sürekli bir biçimde devriye yapmasının da büyük önemi olacaktır.

#### 5. Kaynaklar

- Çanakçıoğlu, H. 1994. Orman Koruma Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Doğan, N. 2012. Orman yangın yönetimi ve yangın silvikültürü.
- Ertuğrul, M., & Varol, T. (2016). Evaluation of fire activity in some regions of Aegean Coasts of Turkey via Canadian Forest Fire Weather Index System (CFFWIS). *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(2), 93-105.
- Neyişçi, T., 1987. Orman yangınlarının önlenmesinde kullanılabilir yavaş yanan bitki türleri üzerinde bir çalışma. TÜBİTAK, Doğa, Tarım ve Ormanlık Dergisi, Cilt: 11, Sayfa: 2.
- MGM, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 2019. İstatistikler, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- OGM, 1995. 285 Sayılı Tebliğ, Orman Yangınlarının Önlenmesi Ve Söndürülmesinde Uygulama Esasları, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sarıbaş, M., & Ekici, B. 2004. Kızılcıamın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal yayılışına katkı. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6(6), 127-135.
- Sarıbaşak H., Başaran M.A., Şirin G. (2010) Forest fires and fire fighting in the Western Mediterranean region, Western Mediterranean Forestry Research Directorate 50th Anniversary Activities (Publications) Ministry of Environment and Forestry Publication No: 394, Directorate of Publication No: 47, Page: 251-262. Antalya, 2010.
- Varol, T., & Ertuğrul, M. (2016). Analysis of the forest fires in the Antalya region of Turkey using the Keetch-Byram drought index. *Journal of forestry research*, 27(4), 811-819.
- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, HB, (2017). Drought-Forest Fire Relationships. *Intech Open*. DOI: 10.5772/intechopen.68487.



## KARABÜK’TE ORMAN YANGINI SEZONLARINDA YILLAR İÇİNDE GERÇEKLEŞEN DEĞİŞİKLİKLER VE ALINACAK ÖNLEMLER

Mertol Ertuğrul

*Bartın Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye*

*mertol.ertugrul@hotmail.com*

### Özet

Karabük Orman İşletme Müdürlüğü orman yangınları yönünden 2000’li yılların başına kadar yıllık yanan alan ortalamasının 10-50 hektar arasında olduğu, yangın tehlikesinin son derece düşük olduğu işletmelerden biridir. Ancak 2003 yılı ve onu takip eden yıllarda işletmenin belirli bölgelerinde büyük alanların yanmasına sebep olan yangınlar gerçekleşmiştir. Bu yangınların gerçekleşmesinde ağaç türü faktörünün özellikle etkili olduğu dikkati çekmektedir. Ancak hava koşullarının ve yıllar içinde yangın sezonunda herhangi bir değişiklik olup olmadığı araştırılmamıştır. Bu çalışmada Karabük yöresinin yangın sezonlarının geçmişe kıyasla değişim gösterip göstermediği incelenmiştir. Orman yangını sezonu Türkiye’nin güney ve batı bölgeleri için Haziran-Eylül aylarını da içine alacak şekilde 4 ay olarak kabul edilmektedir. Ancak tüm dünyada iklim değişikliği nedeniyle sıcaklık ve yağış rejimleri, Türkiye’de de özellikle yaz aylarında bir değişim içindedir. Bu nedenle yangın sezon uzunluğunda bir artış, şiddetlenme ve kayma olup olmadığının belirlenmesi de güçlü bir yangın mücadele organizasyonu için büyük önem taşımaktadır. Bu duruma göre değişiklik olabileceği belirtilen yangın sezonunun nasıl belirleneceği de önemli bir noktadır. Elde edilen sonuçlar, yangınlara karşı alınacak tedbirler ve bu tedbirlerin alınacağı zaman aralıkları, ekip ve araç sayısı ile bunların yerlerinin belirlenmesi gibi büyük önem arz eden faaliyetlerin düzenlenmesinde yararlı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Orman yangını, yangın sezonu, yangın hava halleri, Karabük*

### 1. Giriş

Türkiye’de orman yangını haberleri tüm toplum tarafından duyarlı bir şekilde ve üzüntü ile karşılanan doğal olaylardır. Özellikle yaz aylarında son derece olağanlaşan bu haberlerin getirdiği bu ortak duygu durumu çok az ülkede görülmektedir. Ülkemizde gerçekleşen orman yangınlarının çok yüksek oranda insan eliyle çıkmaktadır. Bu oran ülkemizde %90-95 arasındadır. Akdeniz’e kıyısı olan ülkeler arasında sahil uzunlukları, güney ve batı bakıya sahip alanlar, ağaç türleri, sosyo-ekonomik yapıları, mücadele kapasitesi ve söndürme organizasyonları birbirlerinden çok büyük farklılıklar bulunmaktadır. Yangınlarla başarılı olma tüm ülkelerin koşullarının farklı olduğu gibi yapılan mücadelenin başarısı da bu çok bilinmeyenli durum nedeniyle değişmektedir. Ülkemiz kuzeyde İstanbul Boğazı’ndan, güneyde Hatay-Suriye kıyı sınırına kadar 1700 km’lik özellikle denize bakan kısımlardaki kıyı kesimleri yangınlara 1. derecede hassas alanlar olup, bu bölge 12 milyon hektarlık bir ormanlık alanı barındırmaktadır. Bu miktar ormanlarımızın toplam % 58’ini içine almaktadır. 1. Derecede yangın riski taşıyan bu bölge ağırlıklı olarak kızılçam ve maki elemanlarıyla kaplıdır. Kızılçamın özellikle maki elemanları ile karışım yaptığı bu yerler yangınlar yönünden en riskli alanları oluşturmaktadır (Sarıbaşak et al. 2008).

Geleneksel olarak Türkiye ormanları için en büyük tehditlerden biri olan yangınlar Ege ve Akdeniz Bölgeleri’nde gerçekleşmektedir. Ancak son yıllarda gerek iklim değişikliği gerekse artan nüfus ve insan aktivitesi ile birlikte gerçekleştirilen çeşitli silvikültür ve bakım uygulamaları nedeniyle yangın riski olan bölgelerde değişiklikler görülmektedir. Son zamanlarda sık sık duyulan küresel iklim değişikliğinin etkileri, Türkiye’de de giderek artan bir düzeyde kendini hissettirmektedir. Bugün bu etkileri dünya genelinde durdurmak amacıyla geç kalınmış olsa da orman yangınları için gerekli olan önlemlere olan ihtiyaç dikkati çekmektedir. İklimdeki bu değişiklikte, özellikle fosil yakıt kullanımı sebebiyle olan en büyük pay insanoğluna aittir. Pek çok doğal mekanizmaya etkisi bulunan küresel ısınma, orman yangınlarına kuraklığa, şiddetli sıcaklıklara ve uzun yangın sezonlarına sebep olarak etkide bulunmaktadır. Karabük Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Safranbolu Orman İşletme Şefliğinde son yıllarda özellikle kızılçam türünden oluşan orman alanlarında büyük yangınlar gerçekleşmektedir.

### 2. Materyal ve Metot

Karabük coğrafi konum olarak Batı Karadeniz Bölgesi’nin kuzeybatısında bulunmasına karşın denize kıyısı olmayan, Karadeniz ile arasında bulunan dağlar sebebiyle iklim ve bitki örtüsü olarak tipik Karadeniz özelliklerinin yanısıra daha karasal özellikleri de bünyesinde barındıran bir ildir. İlin kuzeyinde Bartın ve Zonguldak, doğusunda Kastamonu, güneyinde Çankırı ve batısında Bolu ili bulunmaktadır.





**Tablo 1. Karabük Orman İşletmesi şefliklerine göre orman alanı**

İşletme Şefliği	Normal Orman (ha)	Bozuk Orman (ha)	Toplam Orman (ha)	Ormansız Alan (ha)	Genel Alan (ha)
	Toplam= 67.364,6	Toplam=17.747	Toplam= 85.111,6	Toplam= 28.634,6	Toplam= 113.746,2
Büyükdüz	2.983,6	26,2	3.009,8	13,7	3.023,5
Büyükdüz A.	2.316,1	14,7	2.330,8	28,6	2.359,4
Dikmen	6.918,8	2.433,0	9.351,8	2.332,2	11.684
Eğriova	5.032,7	975,1	6.007,8	1.236,1	7.243,9
Karabük	7.244,0	1.051,0	8.295,0	4.657,0	12.952
Karatepe	14.288,0	894,0	15.182,0	4.659,0	19.841
Keltepe	6.523,0	706,7	7.229,7	5.750,1	12.979,8
Kışla	9.826,0	3.901,0	13.727,0	4.022,4	17.749,4
Ovacık	6.764,7	3.310,2	10.074,9	3.108,2	13.183,1
Gümelik	5.467,7	4.435,1	9.902,8	2.827,3	12.730,1

Karabük ili kıyıdan içeride bulunduğu için Orta Anadolu'nun daha karasal iklim özellikleri ile bir yaz kuraklığına sahip olup, rakımın yüksek olduğu yerlerde bu kuraklığın etkisi azalmaktadır. Buna karşın Batı Karadeniz Bölümü'nde yer alan Karabük'te belirli düzeyde Karadeniz ikliminin özellikleri de görülmektedir. Ancak ilin sahilden içeride kalması sebebiyle Karadeniz'in nemli havası yeteri kadar etkili olamadığı için karasal iklim daha baskın bir durumdur (MGM, 2019). Yangınlar yönünden önemli olan en sıcak ay olan Temmuz ayıdır. Karadeniz ikliminin etkisiyle her mevsim yağış görülsün de, Temmuz ve Ağustos aylarına rastlayan kurak bir dönem belirginleşmiştir. Eflani, Ovacık ve Yenice çevresinde yıllık yağış miktarı daha fazla olmakla birlikte Karabük'te yıllık ortalama yağış 490,5 mm. düzeyindedir. Yaz aylarında yağış yıl geneline oranla oldukça az durumdadır. 1965-2018 yılları arasında ait meteorolojik verilerin ortalamalarına göre Temmuz ve Ağustos ayları, en yüksek ortalama sıcaklıkların 30°C'ı aştığı aylar olarak dikkat çekmektedir. Dolayısıyla bu iki ay orman yangınları yönünden en tehlikeli dönemi oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra bölge karasal özellikleri sebebiyle ortalama sıcaklıklar yüksek olmasa bile en yüksek sıcaklıklara ait değerlerde de görüleceği gibi son derece ekstrem sıcaklık değerlerine sahip olabilmektedir. Bu nedenle ortalamaların yanında ekstrem sıcaklık ve uzun süreli yaz kuraklıklarının gerçekleşebileceği ihtimali dikkate alınıp, orman yangınları yönünden meteorolojik risk dönemleri özenle takip edilmelidir.

Türkiye son yıllarda oldukça kurak yıllar geçirmektedir. 2001, 2007, 2008 yılları son dönemlerin en kurak yılları olmuştur. Bu yıllar arasında özellikle 2008 yılı, ölçüm yapılan tüm zamanların en kurak yılı olarak belirlenmiştir. Son yıllarda Karabük ili de bu kuraklık durumunu özellikle yaz aylarında göstermektedir. Yangın sezonu sayılan yaz aylarında yağışsız geçen günler orman yangını tehlikesi sebebiyle dikkatle takip edilmelidir. Günümüzde iklimde görülen bu değişikliklere ilave olarak gelecek için daha karamsar tahminlerde bulunmaktadır. Nitekim 2013-2060 arası iklim tahminlerinde görülmüştür ki yaz ve kış ayları ortalamalarında 2 °C olan artışlar yaz aylarında 4 °C'lara ulaşacaktır.





**Tablo 2. Karabük ili uzun dönemli (1965-2018) iklim verileri**

KARABUK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
<b>Ölçüm Periyodu ( 1965 - 2018)</b>													
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.9	4.8	8.1	12.8	17.4	21.0	24.0	23.8	19.5	14.2	8.2	4.2	13.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.4	10.4	14.8	20.3	25.5	29.0	32.3	32.5	28.3	21.9	14.4	8.8	20.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.5	0.4	2.7	6.8	10.7	13.8	16.5	16.4	12.7	8.7	3.7	0.9	7.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	1.6	3.2	3.5	7.3	6.0	7.7	9.3	8.7	6.9	4.8	3.8	2.7	65.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.5	11.0	13.5	9.8	13.5	11.8	6.0	5.0	5.3	9.0	11.0	12.8	124.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	51.4	34.3	44.8	49.2	56.9	49.4	25.6	23.2	29.1	40.6	35.1	50.9	490.5
<b>Ölçüm Periyodu ( 1965 - 2018)</b>													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.1	24.8	32.5	34.9	38.8	40.6	44.0	44.1	40.8	37.2	27.0	23.2	44.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15.1	-14.2	-9.2	-5.8	0.1	4.6	8.9	8.9	3.4	-3.1	-6.4	-12.0	-15.1

Yağışların ise sıcaklıkların tersine yaz aylarında azalma gösterirken kış aylarında artışlar göstereceği öngörülmektedir. Benzer şekilde Karabük için de iklim verileri trendi kullanılarak yapılan bir çalışmada, çalışma zamanı olarak seçilen 1970-2025 yılları arasındaki dönem için Karabük'te yıllık yağışlarda azalma, yıllık ortalama sıcaklıklarda ise artış tespit edilmiştir. Nitekim çalışma süresine ait verilere göre Karabük için 2010 yılında ortalama sıcaklık olan 15°C sınırı ilk kez geçilmiş olup, araştırma konusu olan Batı Karadeniz'deki iller arasında Düzce'den sonra en fazla sıcaklık artışı belirlenmiştir. Batı Karadeniz'de geleceğin iklim değerleri için elde edilen öngörülere göre bu bölgedeki 6 kentin 5'inde yıllık yağışlar azalırken sıcaklıkların artacağı hesaplanmıştır. Bu sebeple bu bölgede orman yangınlarına karşı alınacak önlemlerin oldukça önemli olduğu görülmektedir (Ertuğrul et al., 2014).

Karabük'te çıkan yangınlar, tüm Türkiye'de olduğu gibi sıklıkla çıkan orman yangınlarının büyüyen geniş alanları yaktığı kızılçam ormanlarında gerçekleşmektedir. Kızılçamın asıl yayılış alanı olan Türkiye dışında parçalar halinde Filistin, Ürdün, Suriye, Irak, Lübnan, Yunan adaları, İtalya ve Kıbrıs'ta da yayılış göstermektedir. Akdeniz bölgesi'nin dışında Ege, Güney Marmara ve Batı Karadeniz'de de saf olarak ya da maki ile karışım halinde ormanlar oluşturmaktadır, 3 729 866 hektar alan ile ülkemiz orman alanları için çok önemli bir konuma sahip bulunmaktadır. Akdeniz ve Ege bölgelerinde yapılan çeşitli tür denemelerinde, büyüme olarak hızlı gelişen egzotik türlerle yarıştığı görülmektedir (Saribaş & Ekici, 2004).

Karabük orman işletmesinin kızılçamın yayılış yaptığı alanlara gelecek olursak, Kaplan ve Soğanlıçay serisinde kızılçam geniş alanlarda yayılış yapmaktadır. Bunlar arasında özellikle Merkez Orman İşletme Müdürlüğü'nde bulunan Soğanlıçay Serisi defalarca yangınlara maruz kalmış olup, bunlardan 3 tanesi büyük alanların yanmasına neden olmuştur. Soğanlıçay dışında Kaplan da kızılçam topluluklarına sahip bir başka tehlikeli alandır. Kaplan serisi, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde en fazla kızılçam alanının bulunduğu yer durumundadır. Karabük'teki kızılçam ormanları doğal yayılış yoluyla gelmişlerdir. Kızılçam, sözü geçen bu yerlerde karaçam, göknar ve meşe ile de karışım yapmaktadır. Toplam kapladığı alan 4575 hektar olarak belirlenmiştir. Buna ilave olarak Yenice havzasının Karakaya serisinde de kızılçam, 259,5 hektarlık doğal yayılış yapmaktadır. Son olarak Yenice-Karabük yolunda da bozuk yapıda kızılçam meşcereleri görülmektedir (Saribaş & Ekici, 2004).

### 3. Bulgular

Orman yangınları yönünden tehlike yaratan etkenlere karşı alınması gereken çeşitli önlemler bulunmaktadır. Özellikle Safranbolu Orman İşletme Şefliği'ne bağlı Soğanlıçay mevki, son yıllarda Türkiye'nin orman yangınları yönünden 1. derecede tehlike barındıran bölgeleri arasına girmiştir. Bu bölgede özellikle alınması gereken tedbirler bulunmaktadır. Yangın çıkma olasılığının azaltılması da alınabilecek koruyucu tedbirlerden biridir. Yangın çıkma olasılığını en aza indirebilecek koruyucu tedbirleri almak en başta gelen uygulamalardan birisidir. Bununla ilgili olarak özellikle silvikültürel önlemler büyük önem taşımaktadır. Orman yangınları ile mücadelede ağırlığın yangın öncesi koruyucu önlemlere ve silvikültürel faaliyetlere de verilmesi gerekmektedir. Bu önlemlerin alınması çıkabilecek her türlü yangının önüne geçilmesinde işe yarayacaktır. Alınacak bu silvikültürel tedbirler uzun yıllardır yangına hassas yerlerde geleneksel olarak uygulanmakta olup şu şekilde sıralanabilir:

1. Ormanların kuruluşunda yangına dirençli türlerin seçilmesi,
2. Geniş yapraklı ya da yangına dirençli türler ile karışıma gidilmesi,
3. Diri ve ölü örtünün yangın tehlikesinin azaltılması amacıyla alandan uzaklaştırılması,
4. Uygun koşullar ve mevsimde kontrollü yakma ve yangın kültüründen faydalanılması,





5. Kuru dalların budanması, aralama faaliyetleri ve diğer çeşitli bakım faaliyetlerinin yapılması,
6. Meşcere kenarlarında yangın tehlikesinin azaltılması için çıplak, temiz ve işlenmiş şeritler oluşturulması,
7. Meşcere kenarlarında veya yangın emniyet şeritlerinde yapraklı türler ya da servi gibi ibreli türlerden savunma amaçlı perde tesis edilmesi,
8. Meşcerede iyi düzenlenmiş bir iç taksimat şebekesi ve yeterli bir yol ağının oluşturulması,
9. Yeterli ve bakımlı bir yangın emniyet yol ve yangın emniyet şeridi ağının oluşturulması (Ertuğrul, 2001).

Günümüzde Türkiye için arazide edinilmiş tecrübeler ışığında bazı yeni tedbirlerin de alınması faydalı olacaktır. Bu amaçla şunlar yapılabilir:

1. Demiryolu ve karayolları kenarları gibi yerlerden yanabilecek tüm yangıcıların kaldırılması.
2. Ağaçlandırma alanı gibi yüksek derecede tehlikeli bir alandan yangıcıların uzaklaştırılması.
4. Doğal yangın engellerinin kullanarak arazinin bölümlere ayrılması. Yapay engeller olarak da yangın emniyet yol ve şeritleri gibi engellerin oluşturulması.
5. Belirli alanlardan özellikle kaba ve orta büyüklükteki yangıcılar nemli iken, denetimli yakma tekniğinin uygulanması.
6. Budama, aralama ve alt tabakanın uzaklaştırılması gibi silvikültürel yöntemlerle yangıcı maddenin yatay ve dikey sürekliliğinin kırılması.
7. Dikili kuruların yangın tehlikesi olan yerlerden uzaklaştırılması.
8. yangın tehlikesi olan meşcerelerde, *Accacia cyanophilla*, *Nerium oleander*, *Gapparis spinosa*, *Cupressus sempervirens* gibi zor yanan bitkilerle yangın perdelerinin oluşturulması (Doğan, 2012).

Bunların dışında özellikle yerleşim yerlerine yakın orman alanlarında gerçekleşen yangınlarda, bireysel olarak ev sahiplerinin dikkat etmesi gereken önlemler bulunmaktadır. 2017'de Portekiz ve 2018'de Yunanistan'da gerçekleşen ve yüzlerce insanın hayatını kaybetmesine yol açan yerleşim yeri yangınları, bu tip tehlikelere karşı bizim de bir Akdeniz ülkesi olarak tetikte olunması gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Bunun için orman içi ve kenarındaki evler için şu önlemlerin alınması gerekmektedir:

1. Öncelikle evlerin çatılarının yangınlara dayanıklı materyalden yapılmalıdır. Evlerde yangınlara karşı en hassas bölge olan çatının yanmayan maddeler ile yapılmış kiremit, metal ya da seramik maddelerden yapılması, çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca benzer şekilde bacalara kıvılcım yakalayıcı yerleştirilmesi de gereklidir
2. Yine çatıların temiz bulundurulması gerekmektedir. ibreler, yapraklar ve artıklarının çatılardan ve oluklardan uzak tutulması gereklidir. Ayrıca ağaç üzerinde bulunan olan ölü dallar için de budama yapılmalıdır.
3. Evin etrafında yangına karşı bir savunma amacıyla bir hat oluşturulmalıdır. Bu hattın genişliği en az 9–10 m civarında olmalıdır. Böylece eve ulaşma ihtimali olan kıvılcımların eve sıçrayarak yangın çıkarması önenebilir.
4. Evlerin etrafındaki yangıcı özellikteki bitkiler uzaklaştırılmalıdır. Bahçede yanmaya daha dayanıklı türlerin bulunması için düzenlemeler yapılmalıdır.
5. Ağaçların arasındaki açıklıklar arttırılmalıdır. Küçük çaplı ince ağaç ve çalıların yoğun olması durumunda bu yangıcılar bahçeden uzaklaştırılmalıdır. Zemine kadar ulaşan dallar yangınlar için merdiven vazifesi görmemesi amacıyla budanmalıdır.
6. Çevredeki otlar 10 cm'den daha kısa olmalıdır, bu sayede yangının hızlı bir şekilde yayılmasını engellemek mümkün olacaktır.
7. Bahçede bulunan yakıt tankları ev, depo, ahır ya da odun yığını gibi riskli yerlerden uzakta bulundurulmalıdır.
8. Bir yangın esnasında evde yaşayan sakinlerin kolaylıkla bulunabilmesi için evin adresi e kolay görünür bir yere yazılmalıdır.
9. Tarımsal ya da diğer bitkisel artıkların yakılması yerine alternatif yolların uygulanmalıdır.
10. Ayrıca ev sakinlerinin uygulayabileceği bir yangın planı hazır olmalıdır. (Ertuğrul, 2010).

Genel olarak Karabük İşletmesine ait yangın aktivitesinin istatistiksel durumuna bakıldığında, gerçekleşen yangınların büyük çoğunluğunun çok küçük yangınlardan oluştuğu görülmektedir. Ancak 2003 yılında, 2007 yılında, 2011 yılında, 2012 yılında, 2015 yılında ve 2017 yıllarında olmak üzere önemli yangınlar meydana gelmiştir. İstatistiklere göre 2001-2014 yılları arasında meydana gelen yangınların %23,75'i yıldırım kaynaklıdır. Bu oran ortalamaların oldukça üzerindedir. Yıldırım nedenli yangınlar arasında 2003 yılında 583,2 hektarlık orman alanını yakan büyük yangın da bulunmaktadır. Arazide yapılan gözlemlere göre Karabük Ormanlarında meydana gelen büyük yangınların sebebi bu alanlarda saf kızılçam ormanlarının bulunmasıdır. Bilindiği üzere Türkiye'de orman yangınlarına karşı en hassas ağaç türü kızılçamdır. Kızılçamın gerek saf olarak orman oluşturduğu yerlerde, gerekse maki elemanları ile karışık meşcereler meydana getirdiği yerlerde orman yangınları riski çok artmaktadır. Bunun üzerine yapılacak olan yangın emniyet yol ve şeritlerinin çıplak uygulanması yerine servi perdeleri şeklinde alınacak önlemlerin daha etkili olabileceği düşüncesi öne çıkmıştır. Daha sonra saf kızılçam ormanı ağaçlandırmalarında sığla, zakkum, kıbrıs akasyası ve çeşitli meyve ağaçları gibi ağaç ve maki türlerinin alana kümeler halinde getirilmesi uygulamalarına gidilmiştir. Benzer uygulamaların



Karabük'teki saf kızılçam meşcereleri için de gerçekleştirilmesi çıkan yangınlarla savaşta büyük fayda sağlayacaktır (Neyişçi, 1994). Ayrıca yangın emniyet yol ve şeritlerinin yangına hassas olan kızılçam ormanlarına daha geniş ve daha sık yapılması büyük önem taşımaktadır. Karabük'te büyük yangınların görüldüğü alanlar daha ziyade eğimli arazilerdir. Bu sebeple yangının önlenmesi ve yavaşlatılması daha zor olmasına karşın büyük önem taşımaktadır. Tehlikenin artmasına sebep olan bu özelliğin yanında Karabük'te gerçekleşen bazı yangınların yerleşim alanlarına yakın yerlerde gerçekleştikleri görülmektedir. Bu durum can ve mal kaybı riski açısından da büyük risk getirmektedir (Ertuğrul et al, 2019).

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Karabük ili sahip olduğu iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle yüksek orman yangını istatistiklerine sahip olmasa da son yıllarda gerçekleşen büyük yangınlar nedeniyle dikkat çekmektedir. Geniş alanların yanmasına sebep olan bu yangınlar, işletme sınırları içinde hassas olan özellikle kızılçam orman alanlarında gerçekleşmiştir. Öyle ki büyük yangınların gerçekleşmediği yıllarda işletme geneline ait yangın istatistikleri son derece düşük bir şekilde seyretmektedir. Ancak tek seferde yanan geniş alanların durumu sebebiyle buralarda özel önlemlerin alınması mecburiyeti bulunmaktadır. Özellikle iklim değişikliğinin etkisini her geçen yıl daha fazla hissettirdiği dünyada, orman yangınlarına karşı yangınlar öncesi alınması gereken önlemler büyük önem taşımaktadır. Geniş ormanlık alanlara sahip olan Karabük, özellikle yaz mevsiminde sıcak ve kurak sezonlar geçirmektedir. Bu durum uygun bitki örtüsünün mevcut olduğu alanlarda orman yangını tehlikesini de beraberinde getirmektedir.

Dünyada ve ülkemizde değişen iklim şartları neticesinde meydana gelen tabiat olaylarının niteliğinde, boyutlarında ve rutininde önemli değişiklikler meydana gelmiş olup halen de gelmektedir. Bugüne dek orman yangınları konusunda çok fazla dikkati çekmeyen Batı Karadeniz'in Karabük ili değişen bu koşullar nedeniyle artık yeni bir cephe haline gelmiştir. Yapılması gereken öncelikle bu durumun nedenlerini belirleyip gerek yangınlar gerekse duruma yol açan iklim şartları için alınacak önlemleri ve savaş yöntemlerini belirlemektir. Bölgede çıkan yangınların gerçekleşmesinde ağaç türü ve iklim faktörleri önemli rol oynamaktadır. Karabük'te yangın çıkma ihtimali bulunan alanların bitki örtüsü tipi ile sınırlanmış olması Türkiye'nin yangınlara hassas batı ve güney bölgelerine göre kıyasla alınması gereken önlemler yönünden uygulayıcıların işini bir nebze kolaylaştırmaktadır. Buna karşın gerekli tedbirlerin uygulanması ve yangın sezonunda tehlike yaratan koşullar ve yerlerin dikkatle izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

#### 5. Kaynaklar

- Doğan, N. 2012. Orman yangın yönetimi ve yangın silvikültürü.
- Ertuğrul, M. (2001). Orman Yangınları İle Mücadelede Silvikültürel Önlemler ve Yanıcı Madde Tipinin Önemi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 3(3).
- Ertuğrul, M. (2010). Orman Yangınlarının Yerleşim Alanları Üzerine Etkisi ve Koruma Yöntemleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12(17), 101-109.
- Ertuğrul, M., Varol, T., & Özel, H. B. (2014). Climate changes in prospect for the West Black Sea Forests. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 16(23), 35-43.
- Ertuğrul, M., Varol, T. & Özel, H.B 2019. Karabük Orman İşletme Müdürlüğü'nde Son Yıllarda Çıkan Büyük Orman Yangınlarının İncelenmesi, 2018-FEN-A-011. Bartın Üniversitesi BAP Projesi.
- MGM, 2019. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Neyişçi, T. 1994. Tarihi Gelibolu Yarımadası Milli Parkı Yangını Raporu, TOD, Ankara.
- OGM, 2019. Karabük Orman İşletme Müdürlüğü, Karabük.
- Sarıbaşak, H., Başaran, M.A., Şirin, G. 2008. Batı Akdeniz Bölgesi'nde orman yangınları ve yangınla mücadele araştırmaları. BAORAM 50. Yılı Sempozyumu Bildiri Kitapçığı. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.



## YAZILIM TEST STRATEJİSİ

M. Akçay<sup>1\*</sup>, Melike Takıl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

Makcay26@gmail.com

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

melike.takil@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bilgisayar programlarının beklentileri ve talepleri ne kadar karşıladığının test edilmesi çok önemlidir. Bu çalışmada geliştirme aşamaları tamamlanan yazılımların kullanıcılara teslim edilmeden önce yapılan test aşamaları incelenecektir. Yapılan çalışmalar ve deneyimler kısaca özetlenecektir. Özellikle kullanıcı deneyimleri açıklanacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** *Software test, birim test, kabul test*

### 1. Giriş

Yazılımlar profesyonel anlamda ve günlük hayatımızda birçok alanda yer almaktadır. Geliştirilen bu yazılımlarda sebebi ve kaynağı değişebilen çeşitli hataların olması kaçınılmazdır. Hata içeren veya beklentileri karşılamayan yazılımlar para, zaman ve itibar kaybı yaratabilmektedir. Bu hataların önemi yazılımın kritikliğine göre değişebilir. Örneğin bir sağlık uygulamasında yapılan küçük bir hata, birbirini takip eden hatalı süreçlere sebep olabilir. Hatta bu hatalar öyle bir boyuta ulaşabilir ki can kaybına sebebiyet verecek sonuçları olabilir. Bir savunma sanayii uygulamasında bulunan küçük bir hata, savunma sisteminde önemli sonuçları olabilir. Bu nedenle yazılım testi kritik önem taşımaktadır.

Literatürde çok kullanıcı yazılımların geliştirilmesinde kullanılan test stratejileri özetlenmiştir [1]. Yazılım test stratejisi literatür taraması 1998-2013 arasındaki yapılmıştır [2]. Test personeli isteklendirme stratejisi incelenmiştir [3]. Yazılım test ISO standardı [4] incelenebilir. Yazılım test stratejisi [5-8] verilmiştir.

### 2. Yazılım Testi

Yazılım testi, gerçek sonuçların beklenen sonuçlarla eşleşip eşleşmediğini kontrol etmek ve yazılım sisteminin hatasız olmasını sağlamak için yapılan bir faaliyet olarak tanımlanır. İlgilenilen bir veya daha fazla özelliği değerlendirmek için bir yazılım bileşeninin veya sistem bileşeninin yürütülmesini içerir. Yazılım testi aynı zamanda gerçek gerekliliklerin aksine hataları, boşlukları veya eksik gereksinimleri tanımlamaya yardımcı olur. Manuel olarak veya otomatik araçlar kullanılarak yapılabilir. Yazılım testi sürecinde dikkat edilmesi gereken birkaç adım vardır. Bunlar; yazılımın mutlaka çalıştırılarak test etmek, kritiklik düzeyi göz önüne alınarak test etmek ve yazılımın kullanıcı beklenti, gereksinim ve akla uygun mantıklı beklentilere cevap verebildiği durumlar için test etmektir.

Yazılım testleri maliyet, zaman ve kalite bakımından şekil 1 de görüldüğü gibi önemlidir. Burada yazılım testleri çoğunlukla:

Uygulamanın müşteriye sunulmadan önce kalitesinden emin olmak,

Hata masraflarını azaltmak,

İlk aşamada hataları belirleyip ileriki aşamalara yayılmasını önleyerek zaman ve maliyeti en aza indirmek,

Müşteri memnuniyetini en iyi seviyeye ulaşabilmek için yapılır.

### 3. Yazılım Testi Kategorileri

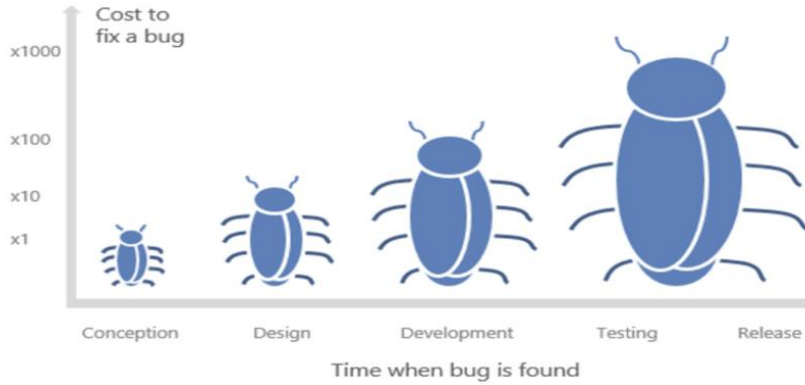
Yazılım testini üç ayrı kategoride inceleyebiliriz. Bunlar, yazılım testi seviyeleri, tipleri ve yöntemleridir.

#### 3.1. Yazılım Testi Seviyeleri

##### 3.1.1. Birim Test

Bir birim, derlenebilecek, yüklenebilecek ve çalıştırılabilir en küçük test edilebilir sistem veya uygulama bölümüdür. Birim testler her bir modülü ayrı ayrı test etmeye yardımcı olur. Amaç, yazılımın her biriminin tasarlandığı şekilde gerçekleştiğini doğrulamaktır. Bu testleri geliştiriciler kendileri yazar ve yürütürler. Geliştiricilerin iç tasarımın ve yazılı kodun mantığının doğrulanmasına yardımcı olur. Bu testin en büyük yararlarından biri, bir kod parçasının her değiştirilmesinde uygulanabilmesi ve sorunların mümkün olan en kısa sürede çözülmesini sağlamaktır.





Şekil 23: Hatanın belirlenme aşaması ne kadar sonra olursa hatayı telafi etme maliyeti de o kadar artar

### 3.1.2. Entegrasyon Testi

Entegrasyon Testi, bir programdaki tüm birimleri birleştirme ve bir grup olarak test etme imkânı sağlar. Bu test seviyesi, modüller veya fonksiyonlar arasındaki ara yüz hatalarını bulmak için tasarlanmıştır. Entegrasyon testi aşağıdan yukarıya entegrasyon (bütünleşme) testi ve yukarıdan aşağıya bütünleşme testi olarak ikiye ayrılır. Aşağıdan yukarıya bütünleşme testi, birim testiyle başlar, ardından modül veya yapı denilen aşamalı olarak daha yüksek seviyeli birim kombinasyonlarının testleri yapılır. Yukarıdan aşağıya bütünleşme testi, yüksek seviye modülleri kademeli olarak önce test edilir, sonra düşük seviye modüllere odaklanılır.

### 3.1.3. Sistem Testi

Sistem testi, eksiksiz ve bütünleşmiş bir sistemde gerçekleştirilir. Gereksinimlere göre sistemin uygunluğunun kontrol edilmesini sağlar. Bileşenlerin genel etkileşimini test eder. Yük, performans, güvenilirlik ve güvenlik testlerini içerir. Sistem testi, sistemin şartnameye uygun olduğunu doğrulamak için yapılan son testtir. Test için hem işlevsel hem de işlevsel olmayan ihtiyacı değerlendirir.

### 3.1.4. Kabul Testi

Kabul testi, bir sistemin kabul edilebilirlik açısından test edildiği bir yazılım testi seviyesidir. Bu testin amacı, sistemin iş gereksinimlerine uygunluğunu değerlendirmek ve teslimat için kabul edilebilir olup olmadığını değerlendirmektir.

## 3.2. Yazılım Testi Yöntemleri

### 3.2.1. Kara Kutu Testi

Davranış Testi olarak da bilinen şekil 2 de gösterilen kara kutu testi, test edilen öğenin içyapısının / tasarımının / uygulamasının test edenler tarafından bilinmediği bir yazılım test yöntemidir. Bu testler, genellikle işlevsel olsa da işlevsel veya işlevsel olmayabilir. Bu yönetimin adının kara kutu olmasının sebebi, yazılım programının testçi gözünde içini göremediği bir kara kutu gibi olmasıdır. Bu yöntem, yanlış veya eksik fonksiyonlar, ara yüz hataları, veri yapılarında veya harici veri tabanı erişiminde hatalar, davranış veya performans hataları ve başlatma ve sonlandırma hataları kategorilerinde hata bulmaya çalışır.



Şekil 2: Kara Kutu Test Yöntemi

### 3.2.2. Beyaz Kutu Testi

Beyaz kutu testi test edilen maddenin içyapısının / tasarımının / uygulamasının test edenler tarafından bilindiği bir yazılım test yöntemidir. Testçi, kod boyunca yolları egzersiz yapmak için girişleri seçer ve uygun çıktıları belirler. Programlama bilgisi ve



uygulama bilgisi esastır. Bu yöntem, testçinin gözünde yazılım programının içinin açıkça görüldüğü beyaz / şeffaf bir kutuya benzer olması nedeniyle adlandırılmıştır.

### 3.2.3. Fonksiyonel Olmayan Test

İşlevsel olmayan test, bir yazılım uygulamasının işlevsel olmayan yönlerini (performans, kullanılabilirlik, güvenilirlik vb.) kontrol etmek için bir tür yazılım testi olarak tanımlanır. Bir sistemin hazır olup olmadığını, hiçbir zaman fonksiyonel testlerle ele alınmayan, işlevsel olmayan parametrelere göre test etmek için tasarlanmıştır. Fonksiyonel olmayan testler, fonksiyonel testler kadar önemlidir ve müşteri memnuniyetini etkiler. Bir sistemin fonksiyonel olmayan yönleri test etmek için büyük çaba gerektirebilir. Örneğin bir yazılımın belirtilen performans gerekliliklerine uygunluğunu değerlendirmek için yapılan performans testi gibi farklı test yöntemleri bulunabilir. Bu gereksinimler genellikle zaman davranışı ve kaynak kullanımı ile ilgili kısıtlamaları içerir. Performans testi, sistemi kullanan tek bir kullanıcıyla veya sistemi kullanan birden fazla kullanıcıyla yanıt süresini ölçülebilir. Yük testi, sistemin tanımlanmış sistem sınırlarını kaldırabildiğini doğrulamak için sistemdeki yükü belirtilen veya maksimum yüke yükseltmeye odaklanır. Hacim testi genellikle yük testi ile eşanlamlı olarak kabul edilir, oysa hacim testi verilere odaklanır. Stres testi alıştırmaları, sistemin başarısız olduğu ölçüde normal operasyonel kapasitenin ötesinde, sistemin kırıldığı gerçek sınırları belirler. Stres testinin amacı sistemin nasıl çalıştığını ve darboğazların nerede olduğunu gözlemlemektir. Güvenlik testi, aşağıdaki kavramları sağlamaya çalışır: gizlilik (bilgilerin açıklanmasına karşı koruma), bütünlük (bilgilerin doğruluğunu sağlama), kimlik doğrulama, yetkilendirme (kullanıcının bir mesajı almasına izin verildiğinin belirlenmesi), kullanılabilirlik (sistemin gerektiğinde işlevselliğini yerine getirmesini sağlamak) ve reddetmemek (bir eylemin gerçekleştiğini reddetmeyi sağlamak). Sistem altyapısının güvenliğini değerlendirmek için yetkili girişimler genellikle sızma testi olarak bilinir.

Kullanılabilirlik testi, yazılımın kullanımını zorlaştırabilecek veya kullanıcıların çıktılarını yanlış yorumlamasına neden olabilecek kullanıcı ara yüzü sorunlarını bulmaya odaklanır. Erişilebilirlik testi, ürünümüzün erişilebilirlik (sistem işlevselliğine erişme yeteneği) uyumlu olduğundan emin olma tekniğidir.

### 3.3. Yazılım Testi Tipleri

#### 3.3.1. Manuel Test

Manuel test, test edenlerin herhangi bir otomasyon aracı kullanmadan test senaryolarını manuel olarak uyguladıkları bir test türüdür. Manuel test, tüm test türlerinin en ilkelidir ve yazılım sistemindeki hataları bulmanıza yardımcı olur. Herhangi bir yeni uygulama testinin otomatikleştirilmesinden önce manuel olarak test edilmelidir. Manuel test daha fazla çaba gerektirir ancak otomasyonun uygulanabilirliğini kontrol etmek için gereklidir. Otomasyona karar vermeden önce yalnızca uygulanabilirlik değil yatırım getirisi de düşünülür. Bazı durumlarda otomasyon uygulanabilir olduğu halde otomasyon maliyeti yüksekliği sebebiyle testler yalnızca manuel olarak devam ettirilir.

#### 3.3.2. Manuel Test Deneyimleri

Manuel testler web siteleri ve Andorid uygulamaları üzerinde gerçekleştirildi. Testler için herkesin bakış açısı farklı olabilir. Ancak, bir teste başlamadan önce, o uygulamanın amacı ve içeriği hakkında yeteri kadar çok bilgiye sahip olmak gerekir. Bu, gerek dokümantasyon okuyarak gerekse uygulamayı deneyimleyerek gerçekleştirilebilir. Uygulama testine ilk olarak maymun testi ile başlanabilir. Maymun testi kullanıcının uygulamayı rastgele girdiler sağlayarak ve davranışı kontrol ederek veya uygulamanın veya sistemin düzgün çalışıp çalışmayacağını görebilmek için bir tekniktir. Bu testlerle beklenmedik bulgular elde edilebilir. Uygulamanın sınırlarını görmek ve daha iyi tanımak için iyi bir tekniktir. Uygulamanın sınırlarını bilmek, testin ileriki aşamalarını şekillendirebilir. Çünkü bu sınırlar hangi alanlarda daha çok hata çıkabileceği hakkında fikir yürütülmesine yardımcı olabilir. Örneğin bir uygulamada geri butonuna hızlı ve art arda olacak şekilde tıklamak geri butonu fonksiyonunu gerçekleştirilmesine engel oluyor olabilir. Bu hatayı yakaladıktan sonra, var olan butonlar üzerinden aynı senaryo denenebilir. Veya butonları basılı tutmanın da işlevi dışında bir sonuca sebep olabileceği yorumu yapılabilir.

Günümüzde uygulamalar değişen gereksinimler, güncel kalabilmek gibi sebeplerle sürekli güncellenmektedir. Güncellenen her uygulama kullanıma alınmadan ve alındıktan sonra da test edilir. Güncellemeler sonrasında regresyon testleri koşular. Regresyon testleri, uygulama ve uygulama ortamlarında gerekli değişiklikler ve sabitlemeler yapıldıktan sonra yapılır. Böylece, önceki testlerde belirlenen sorunların giderildiğinden ve yeni eklenen özelliklerin sorunsuz çalıştığından ve yeni hatalar oluşmadığından emin olunur. Bu testler, dokümanlar temel alınarak yapılır. Bu doküman genellikle test durum (case) dokümanıdır. Test durum dokümanı, fonksiyonların belirli durumlarda nasıl davranacağını belirler. Regresyon testleri esnasında, geçmiş hata dokümanları da çokça kullanılır. Çerçevesi belli olan bu testler, geliştirmeler açısından oldukça önemlidir.

Regresyon testinde yol gösterici olarak kullandığımız dokümanlardaki senaryolar yerine, senaryoların test edilirken belirlenmesi de bir başka yöntemdir. Bu testlere keşif testi denir ve bu testler tecrübeye dayalı testlerdir. Keşif testleri yazılımın öğrenilmesi, senaryoların kabaca belirlenmesi, testlerin koşulması ve elde edilen bilgilerden yola çıkarak yazılımın yorumlanması aşamalarını içerir. Örneğin bir müzik uygulamasında senaryolar ana hatlarıyla şöyle belli olabilir:

- Şarkılar oynatılıyor mu?
- Arama alanında aranan sanatçı sonuçlar sayfasında görüntüleniyor mu?
- Şarkılardan oluşan listeler doğru biçimde oluşuyor mu?

Bu senaryolardan görüldüğü üzere test uzmanı müzik uygulaması hakkında bilgi sahibidir ve bu bilgiler temel alınarak senaryolar yazılmıştır. Bu senaryoların koşulmasından sonra elde edilen bulgular, testin ilerleyişini etkiler. Buradaki müzik uygulaması





örneğin, şarkılardan oluşan listenin bizim oluşturmak istediğimiz listeye uyuşmaması odak noktamızı bu alana kaydırabilir. Keşif testi daha çok test senaryolarını yazmak için yeterli zaman olmadığında yapılsa da tahmin edilemeyen hataları yakalamak için oldukça uygun testlerdir. Tahmin edilemeyen bulgular, uygulamanın genel işleyişini sekteye uğratmıyor olabilir. Ancak kalite algısı bakımından önemli yere sahiptir. Yazılım sadece işlevsellikle değil aynı zamanda bir deneyimdir. Kullanıcıya sunulan deneyim ne kadar iyiyse geri dönüş de o kadar iyi olur. Bu bağlamda test uzmanına büyük görev düşmektedir.

### 3.3.3. Otomasyon Testi

Otomasyon testi, gerçek sonucu beklenen sonuç ile test etmek ve karşılaştırmak için kullanılan bir yazılım test tekniğidir. Bu, test komut dosyaları yazarak veya herhangi bir otomasyon test aracı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Test otomasyonu, tekrarlı görevleri ve manuel olarak yapılması zor olan diğer test görevlerini otomatikleştirmek için kullanılır.

### 3.3.4. Otomasyon Testi Deneyimleri

Otomasyon testleri web sitesi üzerinden gerçekleştirildi. Bir testi otomasyonla yapmadan önce otomasyonun gerekli olup olmadığına karar verilir. Otomasyonun uygunluğu değerlendirilir. Testin manuel olarak koşma süresi fazlaysa otomasyon mantıklı olabilir. Web siteleri için form doldurma, tarih seçme veya uzun seçenek listesinden seçim yapmak gibi işlemler uzun sürdüğü için otomasyon tercih edilebilir. Ancak burada otomasyon testinin komut dosyalarını yazma süresi, yazılımın kullanım durumunda tüm testlerin manuel yapılmasının süresinden fazla olabilir. Bu durumda otomasyon mantıklı bir seçim değildir. Otomasyonun gerekliliğine karar vermek, komut dosyalarını yazmak kadar önemlidir. Otomasyon testi yapılması gerektiğine karar verildikten sonra, beklenen sonuçlar göz önünde bulundurularak test senaryoları yazılır. Bu senaryoları yazmak için çeşitli araçlar kullanılabilir. Test otomasyon araçları arasında karar verirken bazı sorulara cevap vermek gerekir. Mesela, bu araçlar test ihtiyaçlarını karşılıyor mu? Kullanılan proje ortamı ve teknolojiye uygun mu? Hangi test türlerini destekliyor? Kullanımı kolay ara yüze sahip mi? Güçlü raporlama sağlıyor mu? Burada sorulan sorulara verilen cevaplar araç seçimi konusunda bize yol gösterir. En güçlü araç gereksinimlerimize uygun araçtır.

## 4. Sonuçlar

Yazılım testleri, bir yazılımın ve yazılım geliştirme yaşam döngüsünün iyileştirilmesi için önemlidir. Bu testler geliştirici, test uzmanı veya son kullanıcı tarafından gerçekleştirilir. Test yöntemleri testçinin pozisyonuna ve yazılımın gereksinimine göre değişir. Test çıktıları, testin ilerleyişini ve yazılım geliştirme akışını etkiler. Bu yüzden testler, kalite bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir.

## 5. Kaynakça

- [1] Mathrani, A., Mathrani, S., "Test Strategies in Distributed Software Development Environments" Computers in Industry, Volume 64, Issue 1, January 2013, Pages 1-9
- [2] Machadoda, I. C., McGregor, J. D., Cavalcanti, Y. C., Almeida, E. S., , "On strategies for Testing Software Product Lines: A Systematic Literature Review", Information and Software Technology, Volume 56, Issue 10, October 2014, Pages 1183-1199
- [3] Deak, A., Stålhane, T., Sindre, G., "Challenges and Strategies for Motivating Software Testing Personnel", Information and Software Technology, Volume 73, May 2016, Pages 1-15
- [4] SO/IEC/IEEE 29119-4:2015(en) Software and Systems Engineering — Software Testing — Part 4: Test Techniques, <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso-iec-ieee:29119:-4:ed-1:v1:en>
- [5] Kasurinen, J., "Elaborating Software Test Processes and Strategies", Third International Conference on Software Testing, Verification and Validation, ICST 2010, Paris, France, April 7-9, 2010.
- [6] Johansen, M. F., Haugen, Q., Fleurey, F., "A Survey of Empirics of Strategies for Software Product Line Testing", 2011 IEEE Fourth International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops, 21-25 March 2011, pp. 266-269.
- [7] Kawaguchi, S., "Trial of Organizing Software Test Strategy via Software Test Perspectives", 2014 IEEE Seventh International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops, 31 March-4 April 2014, pp. 360

### Internet:

- <https://www.mobilhanem.com/yazilim-testi/>  
<https://www.istqb.org/downloads/send/51-ctfl2018/208-ctfl-2018-syllabus.html>  
<https://www.guru99.com/software-testing-introduction-importance.html>  
[blog.solvepark.com/makale/yazilim-testi-nedir](http://blog.solvepark.com/makale/yazilim-testi-nedir)  
<https://medium.com/@cengizhandumlu.35/unit-testing-nedir-ve-nas%C4%B1-yaz%C4%B1r-446073767e60>  
<http://www.professionalqa.com/levels-of-testing>  
<https://www.imobdevtech.com/Blog/important-types-of-software-testing>



<https://www.katalon.com/resources-center/blog/regression-testing/>

[https://www.keytorc.com/blog/tecrubeye-dayali-test-tasarim-teknikleri\\_9237/](https://www.keytorc.com/blog/tecrubeye-dayali-test-tasarim-teknikleri_9237/)



# FENOLİK BİLEŞİKLERİN GIDALARDA AKRİLAMİD OLUŞUMUNUN AZALTILMASI ÜZERİNE ETKİLERİ

Mukaddes Kılıç Bayraktar

*Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü*

*mukaddeskilic@bayburt.edu.tr*

## Özet

Akrilamid, yüksek sıcaklıkta pişirme işlemleri sırasında özellikle patates cipsi, unlu mamuller ve patates kızartması gibi karbonhidrat bakımından zengin yiyeceklerde oluşabilen nörotoksik, genotoksik ve muhtemel bir kanserojen kimyasaldır. Akrilamid oluşumunu önlemek için, bazı sentetik antioksidanlar gıda ürünlerine eklenmiştir. Bununla birlikte, doğal antioksidanlar olan fenolik bileşikler, sentetik olanlardan daha güvenli ve tüketiciler tarafından daha kabul edilebilirdir. Araştırmacılar, yeşil çay, zerdeçal, tarçın gibi çeşitli fenolik özütlerin, model sistemlerdeki ve gerçek gıda sistemlerindeki ısıtma sırasında akrilamid oluşumunu etkileyebileceğini belirtti, ancak bu sonuçlar çelişkilidir. Bazı çalışmalar etkinin inhibe edici olduğunu gösterirken, diğerleri etkisiz, hatta artan bir etki göstermişlerdir. Bu çelişkili sonuçlar, fenolik bileşiklerin farklı yapı veya fonksiyonel gruplar, antioksidan kapasite, konsantrasyon ve reaksiyon koşulları ile ilgili olabilir. İleri araştırmalar şunlara odaklanmalıdır: fenolik bileşiklerin akrilamid eliminasyonunun veya oluşumunun etkisi üzerindeki mekanizmasını araştırmak, sonuçları farklı araştırmalar arasında karşılaştırmak için standart bir reaksiyon sistemi oluşturmak ve gıdadaki akrilamid seviyesini düşürmek için ekonomik fenolik bileşiklerin gıda endüstrisine uygulanmasını sağlamak.

**Anahtar Kelimeler:** *Akrilamid, Fenolik Bileşikler, Antioksidanlar*

## 1. Giriş

Gıda işleme yöntemlerinden ısı işlem en eski ve en çok uygulanan yöntemlerden birisidir. Isıl işlem uygulamaları gıdayı korumak, lezzet ve aroma katmak için uygulanmaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olarak bilinen Maillard reaksiyonlarıyla oluşan bazı indirgen ürünlerin gıda ürünlerinin karakteristik özelliklerinin belirlenmesine faydalı etkilerinin olduğu bilinmektedir. Ancak bu reaksiyonlar sonucunda akrilamid, 5-hidroksimetil furfural (HMF) ya da heterosiklik aminler gibi gıdalarda istenmeyen bazı toksikolojik, kanserojenik kimyasallar oluşmaktadır. Bu reaksiyon ürünleri indirgen şekerlerin karbonil grubuyla amino asitlerin amino grubu arasında meydana gelmektedir (Nizamlioğlu & Nas, 2019).

Akrilamid, ilk kez İsveçli bilim adamları tarafından 120 °C'nin üzerinde ısı işlem görmüş gıdalarda bulunmuştur. Proteince zengin gıdalarda da akrilamid oluştuğu bilinse de daha çok nişasta bakımında zengin hamur işleri, patates kızartması, bisküvi, patates cipsi, kahvaltılık tahıl ürünleri gibi gıdalarda tespit edilmiştir (Tareke ve ark., 2002). Yaygın tüketilen gıdalarda akrilamid tespiti, bir proses kontaminantı olarak endişelere sebep olmuş ve insan sağlığına etkileri araştırılmaya başlanmıştır. Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar, akrilamidin sinir sistemine zarar verdiği, çeşitli kanser türlerine sebep olduğunu göstermiştir. Akrilamidin insalarda kanserojen etkisi henüz kanıtlanamasa da Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) gıdalardaki akrilamidin potansiyel olarak tüm yaş gruplarında belirli kanser türlerinin ortaya çıkma riskini artırdığını doğrulamıştır. Akrilamide uzun süre maruz kalmanın sonucunda insan sinir sistemine zarar verebileceği belirtilmiştir (Mesías, Holgado, Márquez-Ruiz, & Morales, 2017).

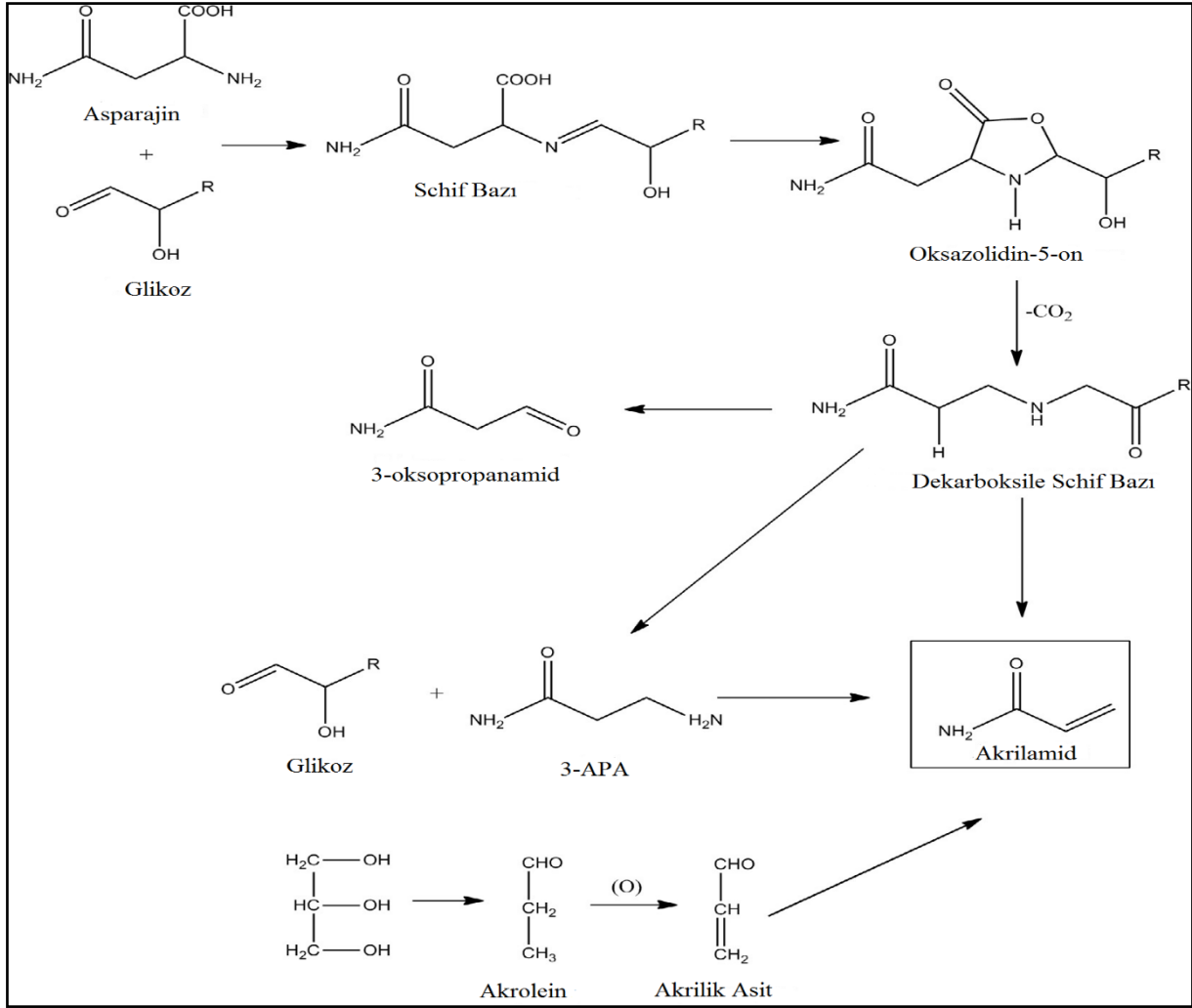
Hem model sistemlerde hem de gerçek gıda sistemlerinde akrilamid oluşumunu azaltmak için çeşitli stratejiler uygulanmıştır. Bu stratejilerin başında şunlar gelmektedir: ham maddede değişiklikler, proses parametrelerinde değişiklikler ve katkı maddesi eklemek gibi. Katyonlar, amino asitler, asitler, enzimler ve antioksidanlar gibi katkı maddeleri eklenmiştir ve bunların akrilamid oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Günlük insan diyetinin önemli bir parçasını oluşturan doğal antioksidanlar olan fenolik bileşikler, sentetik antioksidanlarla (bütil hidroksi anisol (BHA) ve bütil hidroksi tolüen (BHT)) karşılaştırıldığında tüketiciler tarafından daha kabul edilebilirlerdir. Birçok ülkede, biberiye özü ve bambu yaprakları gibi önemli miktarda fenolik bileşen içeren bazı bitki özleri, gıda katkı maddeleri olarak sınıflandırılmıştır (Liu ve ark., 2015).

Bu çalışmada, henüz akrilamid üzerine etkileri tam olarak aydınlatılmamış olan fenolik bileşikler ele alınacaktır. Akrilamid oluşum mekanizması, fenolik bileşiklerin akrilamid oluşumu ve eliminasyonu üzerindeki etkileri ve polifenollerin akrilamid üzerindeki etkileri ile ilgili olası mekanizmalar incelenecektir.

## 2. Akrilamidin Kimyasal Yapısı ve Oluşum Mekanizması

Akrilamid (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO, 2-propenamid), renksiz, kokusuz, beyaz katı kristaller halinde bulunan suda çözünürlüğü yüksek, erime noktası 84.5 °C olan bir kimyasaldır. Molekül ağırlığı 71.08 g/mol olan akrilamidin saf hali oda sıcaklığında katıdır. Sudaki %50'lik çözeltisinin pH miktarı 5.2-6.0 olan akrilamid zayıf asidik özellik göstermektedir. Bir konjuge vinil bileşiği olan akrilamid, monomer ve polimer (poliakrilamid) olmak üzere iki farklı formda bulunabilmektedir. Monomer formda olan akrilamidin toksik özellikte olduğu, polimer formun ise toksik özellik göstermediği belirtilmiştir (Nizamlioğlu & Nas, 2019).





Şekil 1: Akrilamidin gıdalarda oluşum mekanizmaları (Liu ve ark., 2015)

Isıl işlem görmüş gıdalarda akrilamid oluşumuyla ilgili çeşitli mekanizmalar vardır. Şekil 1’de görüldüğü gibi Maillard reaksiyonu ve akrolein yolu olmak üzere iki temel mekanizmadan bahsedilebilir. Akrilamid, çoğunlukla ısıl işlem gören gıdalarda asparajin amino asidinin amino grubu ile indirgen şekerlerin (glikoz, früktoz) karbonil grubu arasında meydana gelen Maillard reaksiyon ürünüdür. Maillard reaksiyonunda, glikoz ve asparajin arasındaki ilk reaksiyon sonrasında Schif bazı ortaya çıkar. Schif bazının dekarboksilasyonu ile oksazolidin-5-on yolu ile dekarboksile Schif bazı oluşur. Dekarboksilatlı ürünler amin grubunun ayrışması ile direkt akrilamide dönüşebileceği gibi 3-oksopropionamid ve 3-APA (3-aminopropionamid) gibi ürünleri oluşturmak üzere hidroliz edildikten sonra da akrilamide dönüşebilir. 3-APA, ısıtma sırasında akrilamid oluşumu için geçici ancak ana öncü olmuştur (Liu ve ark., 2015).

Akrolein, akrilamid oluşumu için diğer bir ana öncül olarak kabul edilir ve dumanlama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılan yağda gliserolün parçalanmasıyla ortaya çıkar. Daha sonra akrilik aside oksitlenir, bu da asparajin varlığında akrilamid oluşumuna neden olur. Akroleinden akrilamid oluşum mekanizmasında, karbon kaynağı akrilik asitten gelir ve asparajin amino grubunu sağlar. Ayrıca, peroksi radikalleri oksijen varlığında akrilamidin polimerizasyonunu başlatabilir (Yasuhara, Tanaka, Hengel, & Shibamoto, 2003).

### 3. Fenolik Bileşikler ve Akrilamid Üzerine Etkileri

Fenolik bileşikler, büyük ölçüde meyvelerde, sebzelerde, bitkilerde, baharatlarda ve tahıllarda bulunan ikincil bitki metabolitleridir. Bitki polifenoller, bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan bir aromatik halkanın varlığı ile karakterize edilir. Şimdiye kadar 8000’den fazla fenolik yapı tanımlanmıştır. Yapılarına göre flavonoidler, fenolik asitler, stilbenler, ligninler ve tanninler gibi çeşitli gruplara ayrılırlar (Gharras, 2009). Son yıllarda sağlık üzerine olası pozitif etkilerinden dolayı fenolik bileşikler üzerine olan çalışmalar artmıştır. Diyetle birlikte düzenli olarak fenolik bileşiklerin tüketiminin kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve diyabet gibi çeşitli kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltacağı rapor edilmiştir. Ayrıca, fenolik bileşikler güçlü antioksidan özellikleri sayesinde vücuttaki serbest radikalleri yakalayıp uzaklaştırma özelliğine sahiptir (McDougall, 2017).



Çeşitli fenolik bileşiklerin hem gerçek gıda sistemlerinde hem de model sistemlerde akrilamid oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Ancak kimi fenolik bileşikler akrilamid oluşumunu azaltırken, kimisi arttırmış ya da hiç bir etkiye sahip olmamıştır. Bazı çalışmalarda ise aynı fenolik bileşiğin farklı konsantrasyonları farklı etkiler göstererek uyumsuz sonuçlara neden olmuştur. Fenolik bileşiklerin akrilamid oluşumu üzerine farklı sonuçlar elde edilmesi çeşitli faktörlere bağlanmıştır. Örneğin; fenolik bileşiklerin yapısal özellikleri, konsantrasyon farklılıkları, antioksidan kapasitesi ve matris farklılıklarıdır (Jin, Wu, & Zhang, 2013).

Polifenoller ısıtma sırasında akrilamid oluşumu üzerinde önemli etkileri olan, yapısal olarak farklı fenolik bileşikler içeren oldukça geniş bir ailedir. Yapılan bir çalışma, yeşil çay özleri, tarçın ve kekik kızarmış patateslerde akrilamid oluşumunu azalttığını, ancak kekik ve begonvillerden alınan iki bitki özünün aynı durumda akrilamid oluşumu üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını göstermiştir (Morales, Jimenez, Garcia, Mendoza, & Beristain, 2014). Model sistem üzerinde akrilamid etkisini inceleyen diğer bir çalışmada da, altı farklı meyve özünün (elma, yaban mersini, mangostan, ejderha gözü, beyaz ve kırmızı ejderha meyvesi) akrilamid oluşumu üzerine etkileri incelenmiştir. Elma özü akrilamid oluşumunu engellerken, yaban mersini, mangostan ve ejderha gözü akrilamid oluşumu üzerine hiç bir etkiye sahip olmamıştır. Ejderha meyvesi ise akrilamid oluşumunu arttırmıştır (Cheng, Shi, Ou, Wang, & Jiang, 2010).

Çok sayıda araştırma, akrilamid oluşumu ve polifenollerin konsantrasyonu arasındaki korelasyonun doğrusal olmadığını göstermiştir. Ana bileşenleri flavonoidler ve fenolik asitler olan yeşil çay ve yeşil kahve özlerinin kızarmış donutlara 0.25, 0.5 ve 1 g/100 g konsantrasyonlarında eklenmiştir (Budryn, Żyżelewicz, Nebesny, Oracz, & Krysiak, 2013). Yeşil çayın minimum konsantrasyonu ile yeşil kahvenin maksimum konsantrasyonu akrilamid oluşumunu arttırmıştır. Ancak diğer tüm konsantrasyonlar akrilamid miktarında azalmaya sebep olmuştur. Konsantrasyon serilerindeki farklı sonuçlar, polifenoller ve reaktan arasında birden fazla reaksiyon olduğunu göstermiştir.

Polifenollerin antioksidan kapasitesi, hidroksil gruplarının sayısına, konumuna ve aromatik çekirdeğin yapısına bağlıdır. Polifenollerin hidrojen atomu serbest radikallerle birleşebilir ve serbest radikal zincir reaksiyonlarının ilerlemesini sonlandırabilir. Fenolik bileşiklerin hidroksil grubu arttıkça, antioksidan kapasiteleri de artar. Ancak antioksidan kapasitesi ile akrilamid oluşumunun engellenmesi arasındaki ilişki hala belirsizdir (Liu ve ark., 2015). Model patates nişastası sistemine kekik ve sızma zeytin yağı eklenerek akrilamid miktarına etkilerine bakılmıştır. Kekik ekstraktının eklenmesi antioksidan miktarını arttırırken akrilamid miktarını azaltmıştır. Ancak zeytinyağı fenolik bileşikleri antioksidan miktarını arttırırken akrilamid miktarını da arttırmıştır (Kotsiou, Tasioula-Margari, Kukurová, & Ciesarová, 2010). Bu çalışma antioksidan kapasitesinin akrilamid miktarını belirleyen tek faktör olmadığını göstermiştir.

Model sistemler, akrilamid oluşumuyla ilgili pek çok çalışmada yaygın olarak kullanılmaktadır, çünkü model sistemdeki basit bileşenler reaksiyon mekanizmasını anlamayı kolaylaştırmaktadır. Ancak, model sisteminde elde edilen sonuçlar çoğu zaman gerçek gıda sistemleriyle uygunluk göstermez. Çünkü patates cipsi ve unlu kurabiyeler gibi yiyecekler, yağ, nişasta, sakkaroz gibi karmaşık bileşenler içerdiğinden, daha fazla reaksiyon gerçekleşir ve son ürünün anlaşılmasını zorlaştırır. Oral, Dogan, & Sarioglu (2014) yedi tane polifenol ve üç katı faz bitki özünü asparajin/fruktoz model sistemine ve bisküvilere eklemiştir. Akrilamid inhibisyon oranları, 180°C'de ısıtılan 15 dakikalık bir süre zarfında model sistemde 30.8% ile 85.0% aralığındaydı. Bununla birlikte, bisküvi içindeki inhibisyon oranları, model sistemdekinden çok daha düşük 10.3% ile 19.2% arasında değişmiştir. Bu farklılık, bisküvi içerisinde mevcut olan çok miktarda amino asit ve indirgen şekerin daha fazla akrilamide neden olduğu ile açıklanabilir.

#### 4. Fenolik Bileşiklerin Akrilamid Oluşumu/Azaltılması Üzerine Olası Mekanizmaları

Asparajinin akrilamide dönüşmesi için bir karbonil bileşiğine ihtiyacı vardır. Karbonil birden fazla kaynaktan gelebilir. Polifenollerin yaygın antioksidan özelliğine ek olarak, bazı fenolikler o-difenoller grubu ve doymamış karbonil grubu gibi kendi özel yapılarına sahiptirler. Bu yapılar akrilamid oluşumu veya eliminasyonu reaksiyonlarına katılarak, akrilamid oluşumu üzerinde uyumsuz etkilere yol açmışlardır. Çalışmalar akrilamid oluşumunu azaltan ve arttıran olası mekanizmaları açıklamışlardır (Jin ve ark., 2013).

Akrilamid oluşumunu azaltan iki temel mekanizmadan bahsedilebilir: karbonil bileşiklerin hapsedilmesi ve lipid oksidasyonunun engellenmesi. Flavonoidlerin bazıları reaktif karbonil ve dikarbonil türlerinin çok etkili tutucu maddelerdir. Örneğin; epikateşinin sulu glikin / glukoz Maillard reaksiyon modeli sisteminde doğrudan glisokal, metilglisokal, aseton ve eritroz içeren C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> ve C<sub>4</sub> şeker parçaları ile reaksiyona girdiği rapor edilmiştir (Totlani & Peterson, 2006). Bu çalışma epikateşinin reaktif karbonil gruplarıyla kovalent bağlar oluşturduğunu göstermiştir. Lipit oksidasyonu, kızarmış patates gibi lipit bakımından zengin yiyeceklerde akrilamid oluşumu için önemlidir. Çok miktarda akrolein, derin yağda kızartma yöntemiyle ısıtılan yağdan özellikle linoleik ve linolenik asitten oluşabileceği bilinmektedir. Daha sonra akrolein akrilik asite oksitlenebilir ve akrilamid oluşturmak için amonyakla reaksiyona girer. Polifenoller antioksidan özellikleriyle lipit radikalleriyle reaksiyona girerek oksidasyonu engeller (Liu ve ark., 2015).

Fenolik bileşiklerin akrilamid oluşumunu arttıran olası mekanizmaları ise şunlardır: asparajin ile reaksiyon ve 3-APA (3-aminopropionamid)'dan akrilamide dönüşümünün hızlandırılması. Bazı fenolik bileşikler (kurkumin, zeytin yağı fenolikleri) ise asparajinle reaksiyona girmesi için ortama karbonil grubu sağlayarak daha çok akrilamid oluşumuna yol açmıştır (Hamzalıoğlu & Gökmen, 2012; Kotsiou ve ark., 2010). Kurkumin-asparajin model sistemindeki akrilamid oluşum mekanizması, kurkumin karbonil grubunun α-amin asparajin grubu ile reaksiyona girmesi sonucu ve Schiff bazının dekarboksilasyonu ile akrilamid oluşumuna neden olmuştur. 3-APA, deaminasyondan hemen sonra akrilamide dönüşebilir. Klorojenik asit içeren 3-APA çözeltisinin, 160 °C ve 6.8 pH değerinde klorojenik asit içermeyen kontrol grubuna göre daha fazla akrilamid ürettiği görülmüştür (Cai ve ark., 2014). Klorojenik asit içindeki fenol hidroksi grubunun 3-APA'dan akrilamide dönüşümünde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir.





## 5. Sonuçlar

Fitokimyasalların önemli bir üyesi olan bitki polifenolleri, doğal antioksidan özelliği nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Birçok araştırmacı model sistemlerde ve gıda sistemlerinde fenolik bileşikler akrilamid oluşumunu engellemek için kullanmıştır. Ancak, fenolik bileşiklerin akrilamid oluşumu üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur. Bazı araştırmalar azalan etki bulurken, diğerleri artan etki ya da hiçbir etkisi olmadığını iddia etmiştir. Bu çelişkili sonuçlar, farklı yapı ve fonksiyonel gruplara sahip olan fenoliklerin akrilamid oluşumuna neden olan öncü maddeler, ara maddeler veya akrilamidin kendisiyle reaksiyona girme özelliklerine bağlanmıştır. Fenolik bileşiklerin akrilamidler üzerine etkilerini açıklayan çeşitli mekanizmalar üretilmiş olsa da, hala fenolik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve antioksidan kapasitesinin akrilamidler üzerine etkileri net değildir. Ortaya çıkan sonuçları farklı araştırmalar arasında karşılaştırmak için standart bir reaksiyon sistemi oluşturmalıdır. Gıdaların yapısına uygun ekonomik fenolik bileşikler seçilerek akrilamid miktarının azaltılması için gıda endüstrisine uygulanmalıdır.

## 6. Kaynakça

- Budryn, G., Żyżelewicz, D., Nebesny, E., Oracz, J., & Krysiak, W. (2013). Influence of addition of green tea and green coffee extracts on the properties of fine yeast pastry fried products. *Food Research International*, 50(1), 149-160.
- Cai, Y., Zhang, Z., Jiang, S., Yu, M., Huang, C., Qiu, R., Zou, Y., Zhang Q., Ou, S., Zhou, H., Wang, Y., Bai, W., & Li, Y. (2014). Chlorogenic acid increased acrylamide formation through promotion of HMF formation and 3-aminopropionamide deamination. *Journal of Hazardous Materials*, 268, 1-5.
- Cheng, K. W., Shi, J. J., Ou, S. Y., Wang, M. F., & Jiang, Y. (2010). Effects of fruit extracts on the formation of acrylamide in model reactions and fried potato crisps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 309-312.
- Gharras, H. E. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications – a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(12), 2512-2518.
- Hamzalıoğlu, A., & Gökmen, V. (2012). Role of bioactive carbonyl compounds on the conversion of asparagine into acrylamide during heating. *European Food Research and Technology*, 235, 1093-1099.
- Jin, C., Wu, X., & Zhang, Y. (2013). Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. *Food Research International*, 51(2), 611-620.
- Kotsiou, K., Tasioula-Margari, M., Kukurová, K., & Ciesarová, Z. (2010). Impact of oregano and virgin olive oil phenolic compounds on acrylamide content in a model system and fresh potatoes. *Food Chemistry*, 123(4), 1149-1155.
- Liu, Y., Wang, P., Chen, F., Yuan, Y., Zhu, Y., Yan, H., & Hu, X. (2015). Role of plant polyphenols in acrylamide formation and elimination. *Food Chemistry*, 186, 46-53.
- McDougall, G. J. (2017). Phenolic-enriched foods: sources and processing for enhanced health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(2), 163-171.
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. (2017). Impact of the characteristics of fresh potatoes available in-retail on exposure to acrylamide: Case study for French fries. *Food Control*, 73, 1407-1414.
- Morales, G., Jimenez, M., Garcia, O., Mendoza, M. R., & Beristain, C. I. (2014). Effect of natural extracts on the formation of acrylamide in fried potatoes. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 587-593.
- Nizamlıoğlu, N. M., & Nas, S. (2019). Gıdalarda Akrilamid Oluşum Mekanizmaları, Gıdaların Akrilamid İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(2), 232-242.
- Oral, R. A., Dogan, M., & Sarioglu, K. (2014). Effects of certain polyphenols and extracts on furans and acrylamide formation in model system, and total furans during storage. *Food Chemistry*, 142, 423-429.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., & Tornqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4998-5006.
- Totlani, V. M., & Peterson, D. G. (2006). Epicatechin carbonyl-trapping reactions in aqueous Maillard systems: Identification and structural elucidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 7311-7318.
- Yasuhara, A., Tanaka, Y., Hengel, M., & Shibamoto, T. (2003). Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 5, 3999-4003.



## FENOLİK BİLEŞİKLERİN KAPSÜLENMESİNDE SÜT PROTEİNLERİNİN KULLANILMASI

Mukaddes Kılıç Bayraktar

Bayburt Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü

mukaddeskilic@bayburt.edu.tr

### Özet

Doğal antioksidan olan fenolik bileşikler sebzelerde, meyvelerde, tahıllarda ve bitkilerde bol miktarda bulunur. Fenolik bileşiklerin sağlığa faydaları, antimikrobiyal, antiradikal, antienflamatuar ve antialerjik gibi özelliklerine bağlanmaktadır. Bununla birlikte, bu bileşikler ışık, oksijen, sıcaklık, pH ve gıda işlemleri gibi çevresel koşullara duyarlıdır. Ayrıca, düşük çözünürlük, düşük biyoyararlanım, bazı gıda formülasyonlarında kararsızlık ve istenmeyen tada sahip olabilirler. Kapsülleme, fenolik bileşiklerin stabilitesini ve raf ömrünü arttırmak için gelecek vadeden tekniklerden birisidir. Bu teknikte, çekirdek madde olarak biyoaktif bileşikler, bir duvar olarak çeşitli polimer malzemelerden yapılabilecek bir kapsül içine dahil edilir. İlaç endüstrisinde kapsülleyici madde olarak birçok sentetik polimer kullanılmıştır. Bununla birlikte, gıda sınıfı olarak kabul edilen malzemeler gıda endüstrisinde kapsülleyici olarak kullanılabilir. Bu nedenle, süt proteinleri, çözünürlük, emülsifiye etme, jelleşme, viskozite ve film oluşturma gibi benzersiz ve çeşitli fonksiyonel özelliklerinden ötürü enkapüle edici materyaller olarak etkili biyopolimerlerdir. Şimdiye kadar, önceki çalışmalar polisakkaritler ve süt proteinlerinin kombinasyonundan yapılan kapsüllerin etkinliğini incelemiştir. Süt proteinlerinin tek başlarına kapsülleme ajanı olarak kullanımının avantajlarını, stratejilerini ve tekniklerini daha iyi anlamak için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Süt Proteinleri, Fenolik Bileşikler, Kapsülleme

### 1. Giriş

Fenolik bileşikler, gıda ve eczacılık endüstrisinde en çok dikkat çeken biyoaktif bileşiklerdendir. Fenolik bileşikler, diğer moleküllerin oksidasyonunu inhibe ederek sağlığın geliştirilmesinde kilit bir role sahiptir. Bu biyoaktif bileşikler, hasarlı moleküllerin onarımı, metal radikal üretiminin engellenmesi, kanser, damar sertleşmesi, katarakt, Alzaymır ve Parkinson gibi çeşitli hastalıkların önlenmesi dahil olmak üzere çok çeşitli yapı ve fonksiyonlara sahiptir. Sağlığa faydalı çeşitli etkilerinin yanı sıra, fenolik bileşiklerin bazı kısıtlayıcı özellikleri de bulunmaktadır. Çok çeşitli meyve ve sebzelerde, çay, kahve gibi yaygın tüketilen içeceklerde bol miktarda bulunan fenolik bileşiklerin vücuda alınımından sonraki biyoyararlanımları oldukça düşüktür. Fenolik bileşiklerce zengin gıdalar aynı zamanda, diyet lifi, polisakkaritler, proteinler ve lipitler bakımından da zengindir. Bu matriste dağılan fenolik bileşikler sindirilemeyen karbonhidratlarla fiziksel ve kimyasal etkileşime girerek biyoyararlanımlarını düşürürler. Fenolik bileşiklerin biyoyararlanımlarını arttırmak insan sağlığına olan olumlu etkilerini arttırmanın en etkili yollarından birisi de kapsüllemeleridir (Wootton-Beard & Ryan, 2011).

Kapsülleme teknolojisi son yıllarda araştırmacılar ve üreticiler tarafından fenolik bileşiklerin ve antioksidanlar üzerine uygulanmaya başlanılan önemli bir tekniktir. Bu yöntemin en önemli amaçlarından biri kapsüllenen maddeyi çevresel faktörlerden koruyarak raf ömrünü arttırmak ve kontrollü salınımını sağlamaktır. Kapsülleme teknolojisi eczacılık, kimya, tıp, gıda gibi birçok alanda kullanılır. Kapsüllemiş gıda bileşenlerine olan talep, gıda endüstrisi gıdalardaki katkı maddelerinin ve gıdalardan elde edilen biyoaktif bileşenlerin amaçlanan faydalarını en üst düzeye çıkarmak istediği için büyümeye devam ediyor. Kapsüllemiş gıda bileşenlerinin formüle edilmesi, gıda endüstrisinin gıda sınıfı kullanımıyla sınırlı olması ve genellikle güvenli olarak kabul edilen (GRAS) malzemeler kullanılması gerekliliğinden oldukça zordur (Augustin & Oliver, 2014).

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan biyopolimerler proteinler (süt proteinleri, zein) ve karbonhidratlar (nişasta, selüloz, pektin, kitosan) kapsülleme materyali olarak iyi birer adaydır. Süt proteinleri, mikro kapsüllemiş gıda bileşenleri tasarımında kendi başlarına veya diğer gıda sınıfı malzemelerle kombinasyon halinde kullanılacak çok yönlü kapsülleyici maddelerdir. Süt proteinlerinin yapısal ve fonksiyonel çeşitliliği nedeniyle, kapsülleme ajanları olarak kullanımı ve biyoaktif maddelerin taşınması için çeşitli stratejiler tanımlanmıştır (Esfanjani & Jafari, 2017).

Bu çalışmada, fenolik bileşiklerin kapsüllemesinin amaç ve faydaları, çeşitli kapsülleme teknikleri, kapsülleme materyali olarak süt proteinlerinin etkinliği ve süt proteinlerinin fenolik bileşiklerin kapsüllemesinde kullanımına dair yapılan araştırmalar incelenecektir.

### 2. Fenolik Bileşiklerin Kapsüllemesi

Polifenoller, dış çevre koşullarına (sıcaklık, oksijen, ışık, pH) ve gıda proseslerine (pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon, kaynatma) karşı oldukça duyarlıdır. Ayrıca pH, enzimler ve diğer besinlerin varlığı gibi gastrointestinal sistem koşullarına karşı hassastır ve hedefe yönelik kontrollü salınımları zordur. Yüksek molekül ağırlığına sahip fenolik bileşiklerin sudaki çözünürlükleri düşüktür. Çeşitli gıda formülasyonlarında stabil değildir ve dolayısıyla raf ömürleri azdır. Bazı fenolik bileşikler burukluk, acılık gibi istenmeyen tadlara sahiptirler. Fenolik bileşiklerin bütün bu dezavantajları, etkinliklerini ve biyoyararlanımlarını azaltan faktörlerdir ve dolayısıyla potansiyel sağlık yararlarını sınırlayabilir (Esfanjani & Jafari, 2017).

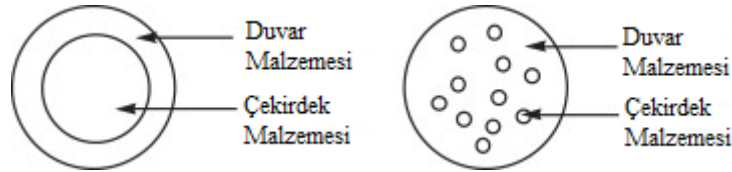
Fenolik bileşiklerin kapsüllemesi temel olarak şu faydaları sağlayabilir:



- Fenolikleri gastrointestinal sistemdeki oksidasyon / bozunmalara karşı korumak.
- Hedefli ve kontrollü salınım, örneğin, gıda formülasyonunda uzun süreli bir fenolik bileşik salınımı çok katmanlı kapsülleme sistemleri ile sağlanabilir.
- Kapsülleme ayrıca fenoliklerin bağırsak lümeninden lenfatik ve kan dolaşım sistemine pasif olarak emilmesini sağlayarak biyoyararlanımını artırır.
- Biyolojik substratlarla etkileşim için daha geniş bir yüzey alanı sağlar.
- Fenolikleri çevresel ve proses streslerinden (örneğin sıcaklık, pH, oksijen, ışık, karışım, enzimler, proteinler ve metalik iyonlar) koruyarak depolama ve işlem sırasında raf ömürlerini arttırabilir.
- Suda çözünürlüğü düşük fenoliklerin çözünürlüğü biyopolimer bazlı nanoparçacıklarla arttırılabilir. Suda çözünürlüğü düşük bileşikler nanopartiküllerin içinde tutulur ve partiküllerin yüzeyinde polar gruplar tarafından sarılır.
- Fenoliklerin içecek ve sakız gibi gıda formülasyonlarında uygulamalarını sınırlayan hoş olmayan tatlarını hafifletmek (Aguirre & Borneo, 2019).

### 3. Kapsülleme Teknolojisi

Kapsülleme, belirli koşullar altında içeriğini kontrollü oranlarda serbest bırakabilen, kapalı kapsüllerde katı, sıvı veya gaz malzemelerin paketleme teknolojisi olarak tanımlanmaktadır. Boyutlarına göre kapsüller temel olarak ikiye ayrılır: mikro-kapsüller ve nano-kapsüller. Mikro-kapsüller boyutları 0.2  $\mu\text{m}$ 'den daha büyük salınımlara izin veren kabuk ve çekirdekten oluşurken, nano-kapsüller boyutları 10 ile 1000 nm arasında olan çok daha küçük kapsüllerdir (Pisoschi ve ark., 2018). Kapsülleme için birçok morfoloji üretilebilir, ancak iki ana morfoloji daha yaygın olarak görülür (Şekil 1). Bir tanesi, bir kabuk ile sarılmış tek bir çekirdeğe sahip mononükleer kapsüller, diğeri ise bir göbük içine gömülmüş birçok çekirdeğe sahip olan kapsüllerdir (Fang & Bhandari, 2010).



Şekil 1: İki Ana Kapsülleme Şekli: Mononükleer Kapsül (solda) ve Kümelenme (sağda) (Fang & Bhandari, 2010).

Kapsülleme işleminde biyoaktif bileşikler, duvar olarak çeşitli gıda sınıfı malzemelerle çevrili kapsüller içine yüklenir. Bu nedenle, kapsüller içine dahil edilen maddeler, duvar malzemeleri (kalkan olarak) tarafından korunurken içerideki etken maddenin kontrollü bir şekilde salınımı da sağlanmış olunur. Kapsülleme için birçok farklı teknik vardır: spreyle kurutma, spreyle soğutma, eriyik ekstrüzyonu gibi işlemler, eriyik enjeksiyon, akışkan yataklı kaplama, emülsiyonlaştırma ve lipozom yöntemi gibi (Fang & Bhandari, 2010). En iyi tekniğin seçimi; gıda formülasyonu için kapsüllemenin amacı (bir renklendirici ve tat verici madde veya bir besin maddesi ve farmasötik madde olarak), kapsülleyici maddenin doğası (yağda veya suda çözünürlüğü, çevre koşullarına duyarlılığı), gıda formülasyonunun sıvı veya katı olması, gıda prosesinin türü (pastörizasyon, pişirme) ve prosesin maliyeti gibi bazı temel parametrelere bağlıdır (Esfanjani & Jafari, 2017).

### 4. Süt Proteinleri ve Kapsülleme İçindeki İşlevi

Süt % 3.5 protein içerir. Süt proteinleri; kazein ve peynir altı suyu proteinleri olarak ikiye ayrılır (Tablo 1). Kazeinler, süt proteinlerinin %80'ini oluştururlar. Ağırlıkça yaklaşık %38, %10, %36 ve %13 oranlarında dört ana kazein fraksiyonu  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$  ve  $\kappa$ -kazein vardır (Tablo 1). Kazeinler fosfoproteinlerdir ve kazeinlerin izoelektrik noktası olan pH 4.6'da çökelirler. Tüm kazeinler nispeten hidrofobiktir. Kazeinler, birincil yapılarında, ikincil yapısının oluşumunu sınırlayan ve kazeinlere açık esnek bir konformasyon sağlayan yüksek miktarda prolin içerir. Kazeinin yaklaşık %95'i misel olarak bilinen koloidal parçacıklar olarak sütte bulunur. Bu misellerin ortalama çapı yaklaşık 150 nm'dir (aralık: 50-500nm). Negatif olarak yüklü kazein miselleri, yaklaşık olarak %94 protein ve %6 mineral içerir. Sütün teknolojik özellikleri, kazein misellerinin stabilitesi ve yapısı ile ilişkilidir. Kazein miselinin iç kısmı nispeten hidrofobiktir ve esas olarak  $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$ -kazeinden oluşur. Miselin hidrofilik yüzeyini ise  $\kappa$ -kazein ve misellerden çıkıntılı, tüylü bir görünüm kazandıran hidrofilik kazein makropeptit oluşturur (Tavares, Croguennec, Carvalho, & Bouhallab, 2014).



**Tablo 1: Süt proteinlerinin özellikleri (Tavares ve ark., 2014).**

Protein	Sütteki Konsantrasyonu (g/kg)	Moleküler Ağırlık (kDa)	İzoelektrik Noktası
Kazein			
$\alpha_{s1}$	10.7	23.6	4.9
$\alpha_{s2}$	2.8	25.2	5.2
$\beta$	8.6	24	5.4
$\kappa$	3.1	19	5.6
Peynir altı suyu proteinleri			
$\beta$ -laktoglobulin	3.2	18.3	5.2
$\alpha$ -laktoalbumin	1.2	14.2	4.3-4.7
Sığır serum albümini	0.4	66.3	5.0

Peynir altı suyu proteinleri, süt proteinlerinin %20'sini oluşturan, süt proteininde serum proteinleri veya kazein olmayan azot olarak bilinen ikinci büyük protein grubudur (Tablo 1). Peynir altı suyu proteinlerinin dört temel fraksiyonu vardır: %50  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -LG), %20  $\alpha$ -laktoalbumin ( $\alpha$ -LA), %3 sığır serum albümini (BSA) ve %10 immüoglobulin (Ig). Kalsiyum iyonlarına duyarlı, pH 4.6'da çözünebilir ve ısı işlemlere duyarlı küresel globüler proteinlerdir. Peynir altı suyu proteinlerinin yapısı sistein kalıntıları arasındaki intramoleküler disülfür bağları ile stabilize edilir.  $\beta$ -LG ve  $\alpha$ -LG önemli peynir altı suyu proteinleridir ve teknolojik öneme sahiptir (Tablo 1).  $\beta$ -LG'nin moleküler ağırlığı 18.3 kDa'dır ve izoelektrik noktası 5.2'dir.  $\beta$ -LG'nin iki disülfür bağı ve serbest tiyol grubu vardır, bunlar ısı işleminden sonra disülfid grupları içeren diğer proteinlerle kendi kendine toplanma ve birleşmede önemli bir rol oynar. 60 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda peynir altı suyu proteinleri kolayca denatüre olurlar. Genel olarak,  $\alpha$ -LA,  $\beta$ -LG'den daha fazla ısıya dayanıklıdır (McSweeney & Fox, 2013).

Süt proteinleri çeşitli yapısal ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle etkili kapsülleyici maddelerdir. Son yıllarda, biyoaktif bileşikler için dağıtım aracı olarak süt proteinlerinin kullanılması, büyük dikkat çeken yeni bir trend haline gelmiştir. Süt proteinleri iyi çözünürlük, emülsifiye edici, viskozite oluşturma, jelleşme ve film oluşturma özelliklerine sahiptir. Ayrıca, ilgili moleküller ile kovalent veya elektrostatik kompleksler oluşturabilir ve biyoaktifleri jel oluşumu yoluyla hapsedebilirler. Süt proteinlerinin film oluşturu ve emülsiyon yapıcı özellikleri emülsiyon bazlı kapsülleme sistemlerini stabilize etmek için kullanılır. Süt proteinleri bir araya gelerek kapsülleme ve küçük bir molekül çeşitliliğinin taşınmasına izin veren üst yapılar oluşturabilirler. Süt proteinleri, kapsüllemiş gıda bileşenleri tasarımı ve başlarına veya diğer gıda sınıfı malzemelerle kombinasyon halinde kullanılabilirler çok yönlü kapsülleyici maddelerdir (Tavares ve ark., 2014).

## 5. Fenolik Bileşiklerin Süt Proteinleri ile Kapsüllemesi

Çeşitli çalışmalarda, süt proteinlerinin biyoaktif bileşikler için kapsülleme materyali olarak etkinliği araştırılmıştır. Çoğunlukla, süt proteinlerinin karbonhidratlarla kombinasyonundan elde edilen kapsüllerin etkinliği araştırılmış olsa da (Farrag ve ark., 2018), fenolik bileşiklerin kapsüllemesinde süt proteinlerinin tek başlarına kapsülleme ajanı olarak kullanıldığı bazı çalışmalar da vardır (Sahlan & Pramadewi, 2012).

Kırmızı üzüm fenolikleri, farklı oranlarda peynir altı suyu proteini konsantrasyonu (WPC) ve maltodekstrin (MD) kombinasyonu ile mikrokapsülleme yöntemi kullanılarak kapsüllemişdir. WPC/MD oranı 100:00, 80:20, 60:40, 40:60 ve 20:80 'dir. En yüksek mikrokapsülleme verimliliği %95.28 ile WPC/MD 60:40 oranında elde edilmiştir (Farrag ve ark., 2018). Bu, maltodekstrin varlığında peynir altı suyu proteini ile yapılan kapsüllemenin etkinliğinin artırıldığını göstermiştir. Peynir altı suyunun tek başına kullanıldığı kapsüllemeye en küçük partikül boyutu (822.26 nm) ve polifenollerin en yüksek salınım oranı (%83) elde edilmiştir. Peynir altı suyu proteini tek başına salınım oranındaki etkinliği diğer duvar materyallerine göre daha iyi sindirilebilirlik sağlaması ile açıklanabilir.

Diğer bir çalışmada ise, zeytin yaprağı fenolikleri nano kapsülleme yöntemiyle multi emülsiyonlar oluşturularak peynir altı suyu protein konsantrasyonu (WPC) ve pektin kompleksi ile kapsüllemişdir (Mohammadi, Jafari, Assadpour, & Faridi Esfanjani, 2016). Fenolik bileşiklerin WPC ve WPC-pektin ile stabilize edilmiş su / yağ / su emülsiyonları için kapsülleme verimliliği, %93.34 ve %96.64'tür. s 20 günlük depolama sonunda sırasıyla %72.73 ve %88.81'e düşmüştür. En düşük fenolik salınım ise WPC-pektinin çoklu emülsiyonlarında gözlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki pektin kapsülleme verimliliğini artırır da, peynir altı suyu proteini pektin olmadan kullanıldığında daha fazla fenolik salınımına neden olmuştur.

Li, Du, Jin ve Du (2012),  $\beta$ -laktoglobulin nanopartiküllerinin epigallocateşin-3-gallat (EGCG) için kapsülleme verimliliğini geniş bir pH (2.5-7.0), termal işlem yoğunluğu (30-85 °C/20 dak),  $\beta$ -laktoglobulin konsantrasyonu (1-10 mg/mL) ve protein: EGCG molar oranı (1: 2-1: 32). Isıtmayla nanopartiküller oluşturulmuş ve EGCG'in kapsüllemesinde kullanılmıştır. İncelenen dört faktör nanoparçacık özelliklerini etkilemiştir: partikül büyüklüğü, zeta potansiyeli ve tutma verimi. EGCG için en iyi koruma, 85°C'de ısı işlem ve 1: 2'lik bir protein: EGCG mol oranı için gözlemlendi. Nanopartiküller kapsüllemiş EGCG'yi sterik engelleme ile korur ve denatüre proteinlerin serbest tioller nedeniyle antioksidan özellikler sergilerler. Benzer bir çalışmada ise (Shpigelman, Cohen, & Livney, 2012),  $\beta$ -laktoglobulin nanopartikülleriyle EGCG kapsüllemiş. Bu nanopartiküller EGCG için kapsülleme etkinliğinin % 60-70'den fazla olduğunu göstermiştir. Duyusal testlerde EGCG'nin acılık ve burukluk tadlarında azalma gözlenmiştir. EGCG'nin salınımı, simüle edilmiş gastrik sindirim sırasında sınırlı kalmıştır. Bu durum, nanopartiküllerin midede EGCG'yi korumak için kullanılabilirliğini ve biyoaktifin bağırsak içine olası bir şekilde salınmasını mümkün kılabilirliğini göstermektedir.

Kazeinler de çeşitli fenolik bileşikler kapsüllemek için kullanılmıştır ve kapsülün etkinliği araştırılmıştır. Sahlan ve Pramadewi (2012) inek sütünden kazein fraksiyonları elde ederek, kazeinlerin flavonoidleri kapsülleme kabiliyetini test etmiştir. Ortalama 109 nm çapında, doğal kazein misellerinin çapına yakın kazein nanoparçacıkları elde edilmiştir. Kazeinin gramı başına yaklaşık 1.0 mg



flavonoid kapsüllemesine tekabül eden yaklaşık % 42'lik bir kapsülleme etkinliği elde edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise (Esmaili ve ark., 2011),  $\beta$ -casein kurkumini kapsüle etmek için kullanılmıştır. Protein kritik misel konsantrasyonunun üzerinde 10 g/L  $\beta$ -kazein varlığında kurkumin çözünürlüğü en az 2500 kat arttırılmıştır. Ayrıca, kurkuminin insan lösemi hücrelerine karşı sitotoksitesi ve bunun antioksidan aktivitesi, kapsülleme sonrası biraz artmıştır.  $\beta$ -kazeinin hidrofobik bir fenolik bileşik olan kurkumin için nano taşıyıcı olarak kullanılabilceği belirtilmiştir.

## 6. Sonuçlar

Kapsülleme, tüketicinin sağlıklı gıdalara ve bu gıdalardan maksimum faydayı elde etmek için artan talebini karşılamak için inovatif ürünler geliştirmenin iyi bir yoludur ve yaygın olarak gıda bileşenlerini dengelemek, lezzet tutmayı arttırmak veya istenmeyen tatları maskeleyerek için yaygın olarak kullanılmaktadır. İlaç endüstrisinde uzun süredir kullanılmakta olan kapsülleme teknolojileri, gıda endüstrisi için gerçek bir fırsat sunmaktadır. Süt proteinleri, gıda endüstrisinde çok değerli maddelerdir ve gıda uygulamalarında kullanıldığında çok işlevli roller üstlenirler. Süt temelli kapsüllemiş bileşenler biyoaktif bileşenleri koruma ve taşıma potansiyeline sahip kapsülleme matrislerinin ana bileşenleri olarak bulunur. Bol miktarda bulunmaları, besin değeri ve tüketiciler tarafından yüksek kabul görmeleri nedeniyle süt proteinleri, çok yönlülükleri ve mükemmel fonksiyonel özellikleri nedeniyle kapsüllemiş gıda tasarımı için büyük ölçüde test edilmiştir. Spreyle kurutma, dondurarak kurutma, ekstrüzyon ve koaservasyon dahil üzere süt proteinlerine geleneksel kapsülleme teknolojileri uygulanmıştır. Bununla birlikte, laboratuvar ölçeğindeki başarıya rağmen, kapsülleme materyali olarak proteinlere uygulanan bu teknolojiler, büyük ölçekli gıda sınıfı mikro kapsüllemiş maddelerin üretimi için hala sınırlamalar ve zorluklar sunmaktadır. Bu nedenle, farklı teknolojilerle ve süt proteinlerinin tek başlarına gıda ajanı olarak büyük ölçekli kapsüllemiş gıda ürünlerinde etkinlikleri üzerine daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Aynı zamanda, biyoaktif maddelerin hedeflenen vücuttaki taşınımı için ya da besin biyoyararlanımının artırılması için süt proteinlerinin kullanılması, gelişmekte olan bir araştırma alanı olmaya devam etmektedir. Ayrıca, katkısız gıdalara olan artan talebi karşılamak için süt proteinleri iyi bir alternatiftir ve bebek formüllerinde enkapsüle edici materyaller olarak kullanılabilirler (Tavares ve ark., 2014).

## 7. Kaynakça

- Aguirre, A., & Borneo, R. (2019). Chapter 4 - Improving Bioavailability of Polyphenols Using Nanodelivery Systems Based on Food Polymers. In R. R. Watson (Ed.), *Polyphenols in Plants (Second Edition)* (pp. 59-65): Academic Press.
- Augustin, M. A., & Oliver, C. M. (2014). Chapter 19 - Use of Milk Proteins for Encapsulation of Food Ingredients. In A. G. Gaonkar, N. Vasisht, A. R. Khare & R. Sobel (Eds.), *Microencapsulation in the Food Industry* (pp. 211-226). San Diego: Academic Press.
- Esfanjani, A. F., & Jafari, S. M. (2017). Chapter 2 - Nanoencapsulation of Phenolic Compounds and Antioxidants. In S. M. Jafari (Ed.), *Nanoencapsulation of Food Bioactive Ingredients* (pp. 63-101): Academic Press.
- Esmaili, M., Ghaffari, S. M., Moosavi-Movahedi, Z., Atri, M. S., Sharifzadeh, A., Farhadi, M., et al. (2011). Beta casein-micelle as a nano vehicle for solubility enhancement of curcumin; food industry application. *LWT-Food Science and Technology*, *44*, 2166-2172.
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, *21*(10), 510-523.
- Farrag, A., El-Messery, T.M., El-Said, M.M., Soliman, T.N., and El-Din, H.M.F. (2018). Microencapsulation of Grape Phenolic Compounds Using Whey Proteins as a Carrier Vehicle. *Journal of Biological Sciences*, *18*, 373-380.
- Li, B., Du, W., Jin, J., & Du, Q. (2012). Preservation of (-)-epigallocatechin-3-gallate antioxidant properties loaded in heat treated beta-lactoglobulin nanoparticles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*, 3477-3484.
- McSweeney, P. L. H. & Fox, P. F. (2013). *Advanced dairy chemistry. Vol 1A: Proteins, Basic Aspects. 4th ed.* Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- Mohammadi, A., Jafari, S. M., Assadpour, E., & Faridi Esfanjani, A. (2016). Nano-encapsulation of olive leaf phenolic compounds through WPC-pectin complexes and evaluating their release rate. *International Journal of Biological Macromolecules*, *82*, 816-822.
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Cimpeanu, C., Turcuş, V., Predoi, G., & Iordache, F. (2018). Nanoencapsulation techniques for compounds and products with antioxidant and antimicrobial activity - A critical view. *European Journal of Medicinal Chemistry*, *157*, 1326-1345.
- Sahlan, M., & Pramadewi, I. (2012). Nanoencapsulation of the flavonoids isolated from Phaleria macrocarpa leaf by casein micelle. *International Journal of Pharmacology and Biological Sciences*, *3*, 472-478.
- Shpigelman, A., Cohen, Y., & Livney, Y. D. (2012). Thermally-induced  $\beta$ -lactoglobuline-EGCG nanovehicles: loading, stability, sensory and digestive-release study. *Food Hydrocolloids*, *29*, 57-67.
- Tavares, G. M., Croguennec, T., Carvalho, A. F., & Bouhallab, S. (2014). Milk proteins as encapsulation devices and delivery vehicles: Applications and trends. *Trends in Food Science & Technology*, *37*(1), 5-20.
- Wootton-Beard, P. C., & Ryan, L. (2011). Improving public health?: The role of antioxidant-rich fruit and vegetable beverages. *Food Research International*, *44*(10), 3135-3148.





## ARAÇ ALTERNATÖRLERİNDE ÇIKIŞ PERFORMANSININ ARTTIRILMASI İÇİN VARYATÖR SİSTEM TASARIMI

Murat Ayaz<sup>1</sup>, Serkan Aktaş<sup>2</sup>, M. Murat Tezcan<sup>3</sup>, A.Gökhan Yetgin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Türkiye

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojisi Bölümü, Türkiye

<sup>3</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Türkiye

<sup>4</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Türkiye

*murat.ayaz@kocaeli.edu.tr, serkan.aktas@kocaeli.edu.tr*

*murat.tezcan@dpu.edu.tr, agyetgin@mehmetakif.edu.tr*

### Özet

Gelişen teknoloji ile beraber günümüz otomotiv teknolojisi de gelişmektedir. Otomotiv üreticileri, pazar payını arttırmak veya mevcut pazar paylarını korumak adına daha verimli ve çevreci araçlar geliştirmektedir. Otomotiv üreticileri mevcut alternatör ve batarya yapılarını daha verimli hale getirerek ya da daha yüksek güç ve enerji kapasitesine sahip yeni ekipmanlar kullanarak artan elektriksel güç ihtiyacını karşılamayı hedeflemektedirler. Araç içerisinde elektriksel yüklerin beslemesi için kullanılan 12 V bataryanın şarjı Lundell alternatörler ile gerçekleştirilmektedir. Araçlarda artan güç ihtiyacı mevcut alternatörlerin performanslarının artırılmasını veya daha büyük güçlerde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Lundell alternatörün maksimum çıkış gücü verdiği hız değerinde çalışmasını sağlamak için bir varyatör sistemi tasarımı gerçekleştirilecektir. Tasarlanan varyatör ile içten yanmalı motorun hızı değişse bile Lundell alternatörün sabit devirde tahrik edilmektedir. Böylece mevcut verim grafiği dikkate alındığında, % 40-65 verim değeri aynı hız değişimi durumunda % 60-65 arasında kalmaktadır. Sonuç olarak ortalama %10-15 oranında verimde iyileştirme sağlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Lundell alternatörler, Varyatör sistemleri, Mekatronik sistem tasarımı*

### 1. Giriş

Bilindiği gibi klasik araçlarda yalnızca 12 Volt gerilim seviyesinde bir batarya yer almaktadır ve bütün elektriksel yükler bu batarya tarafından beslenmektedir. Bu bataryanın şarj edilmesi ise Lundell (claw pole) alternatörler ile gerçekleştirilmektedir. Gerek maliyet gerekse de yedek parça gibi noktalar bakımından otomotiv üreticileri çoğu elektriksel parçaları, yeni nesil araçlarda da kullanmaya devam etmektedirler. Dolayısıyla yeni nesil araçlarda da yüksek gerilim bataryalarının (tahrik sisteminde yer alan elektrik makinasının ve diğer özel parçaların beslemesi için kullanılan) yanısıra düşük gerilim bataryalarının da görülmektedir. Klasik araçlarda olduğu gibi yeni nesil araçlarda da bu düşük gerilim bataryasının şarjı, Lundell alternatörler ile yapılabildiği gibi elektrikli araçlarda yüksek gerilim bataryasından düşürücü tip bir DC-DC kıyıcı yardımı ile de yapılabilmektedir. Ancak araç içerisindeki elektriksel güç ihtiyacının gün geçtikçe arttığı göz önüne alındığında Lundell alternatörlerin mevcut verim ve çıkış gücü ile bu talebe cevap veremeyeceği öngörülmektedir.

Whaley ve diğerleri tarafından 2004 yılında yapılan çalışmada, araç içerisindeki elektriksel güç ihtiyacının 1970 ila 2005 yılları arasında 0,6-2,5 kW olarak değiştiği ancak günümüzde ve yakın gelecekte klasik Lundell alternatörler ile artan güç ihtiyacının karşılanamayacağı, Lundell alternatörün anahtarlamalı doğrultucu kullanılması ile optimum çıkış noktasında çalıştırılabileceği ve yüksek hızlarda alternatörde iyileştirme yapılabileceği gösterilmektedir [1].

Perreault ve Çalışkan 2000 yılında yaptıkları çalışmada, artan güç ihtiyacını karşılamak amacıyla klasik Lundell alternatörün çıkış gücünü arttırmaya yönelik pahalı bir inverter kullanmadan, anahtarlamalı doğrultucu tabanlı bir yöntem sunulmaktadır [2].

Soong ve Ertuğrul 2004 yılında gerçekleştirdikleri çalışma ile, araç içerisinde ihtiyaç duyulan elektriksel güç miktarının her geçen yıl artış göstermesinden dolayı, Lundell alternatörlerin yakın gelecekte ihtiyaçlara cevap veremeyeceğini ve Lundell alternatörlerin aracın boşta çalışma devrinin üzerindeki hızlarda, terminallerine bağlanan kontrolsüz doğrultucudan dolayı verimsiz çalıştığını ortaya koymaktadırlar ve bu alternatörler yerine yüksek güçlü gömülü mıknatıslı senkron makina kullanılmasını teklif etmektedirler. [3].

Finken ve Hameyer 2008 yılında yaptıkları çalışmada, otomotiv uygulamaları için bir senkron alternatör tasarımı verilmektedir. Ancak Lundell alternatör ile karşılaştırıldığında gücün % 5, ağırlığın ise %15 arttığı belirtilmektedir [4].

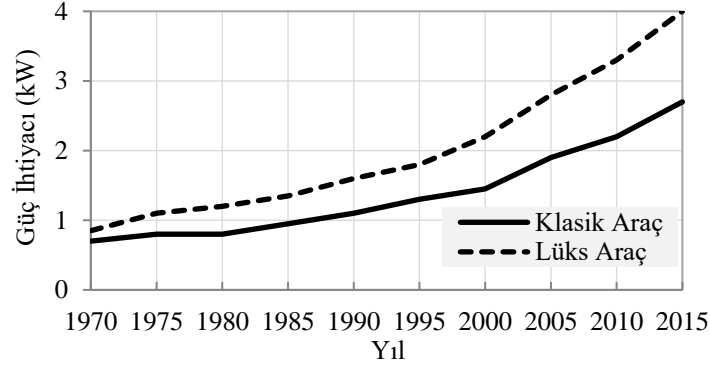
Lundell alternatör mevcut hibrit araç çözümleri için tercih edilmemekle birlikte, bu alternatörü kullanarak yeni aksesuar sistemi geliştirmek isteyen araba üreticilerini sınırlamaktadır.





### 1.1. Elektriksel Ünitelerin Güç Gereksinimlerinin Artması

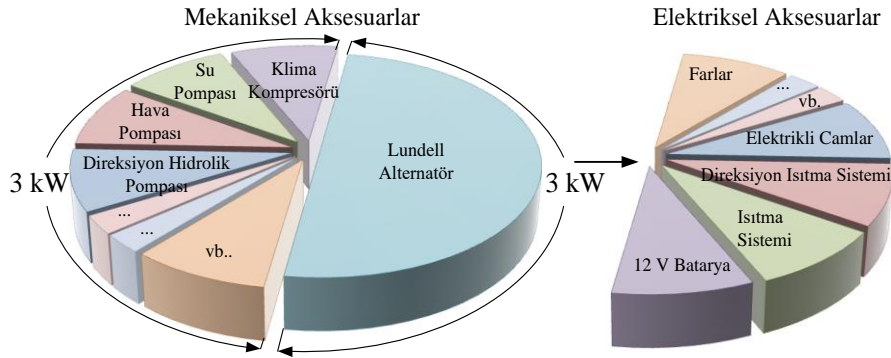
Araç içerisindeki güç ihtiyacı 1980 öncesinde oldukça düşük iken, araç içerisinde elektronik cihazların kullanımının yaygınlaşması, araçlarda emniyet ve konforun artması ile günümüzde yeni nesil araçlarda yaklaşık 3 kW seviyelerine ulaşmıştır. Şekil 1’de verilen grafik dikkate alındığında, klasik Lundell alternatörler ile artan güç ihtiyacının karşılanamayacağı açıkça görülmektedir [1]. Bu talebi karşılayabilmek için alternatör üreticileri ve bilim adamları, teknolojik gelişmeleri kullanarak alternatörlerin çıkış gücünü, performans ve verimini artırabilmek için çalışmalar yapmaktadır. Dördüncü dereceden harmonik bastırma diyotu kullanılması, mıknatıs ilave edilmesi, ikiz rotor kullanılması bu çalışmalara örnek olarak verilebilir.



Şekil 1. Yıllara göre araç içi elektriksel güç ihtiyaç eğrisi

Literatür incelendiğinde araç içerisinde kullanılan aksesuar (yardımcı üniteler) sistemlerinin mekaniksel ve elektriksel güç gereksinimleri Şekil 2’de verilmektedir. Şekilde yer alan ünitelerin güçleri araç tipi ve kullanılan markaya göre değişim gösterebilir. Bu çalışmada, araç içi aksesuar ünitelerinin güç değerlerinin ortalaması alınarak 6 kW değerinde mekaniksel güce ve 3 kW değerinde elektriksel güce ihtiyaç olduğu ön görülmektedir [8].

Günümüzde Lundell alternatörün performansını iyileştirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle doğrultucu tasarımında kontrollü sistemler kullanılarak alternatörün bakır kayıplarının minimize edilmesi için çalışmalar yapılmaktadır [7]. Kontrolsüz doğrultucuların kullanıldığı sistemlerin maliyet açısından avantajlı fakat enerji verimliliği açısından dezavantajlı olduğu düşünülürse, kontrollü doğrultuculu sistemlerin tasarımının yaygınlaşması öngörülmektedir.



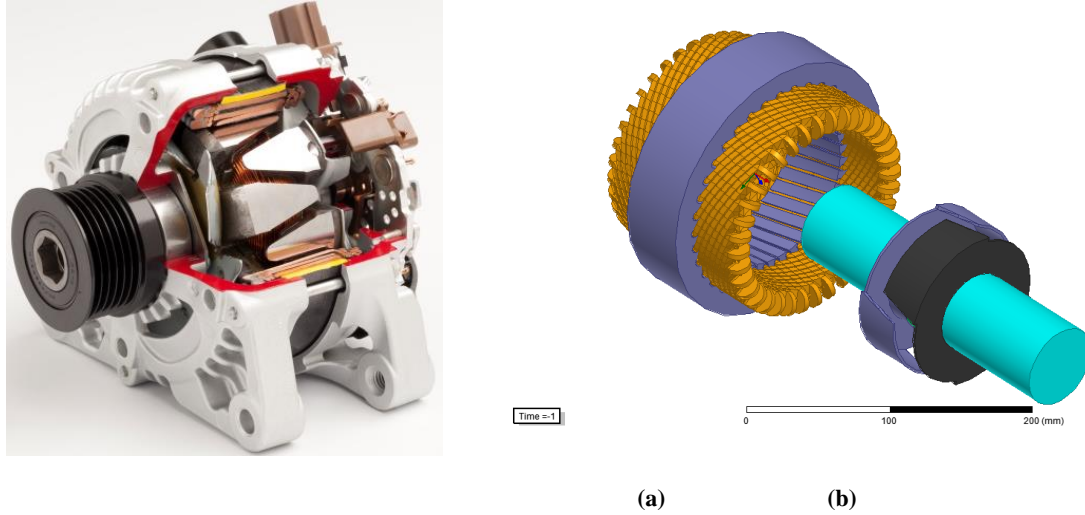
Şekil 2. Araç aksesuar sistemleri mekaniksel ve elektriksel güç verileri

## 2. Lundell Alternatörler

Bugün, içten yanmalı motorlu taşıtlara kurulan elektrik jeneratör sistemlerinin büyük çoğunluğu, üç fazlı alan sargılı senkron bir makineye dayanmaktadır. Geleneksel otomotiv jeneratörü, eksenel olarak sarılmış tek bir uyarma bobini ile bir pençe kutup rotoruna sahiptir. Genellikle “Lundell” alternatörü olarak adlandırılır (Şekil 3a).

Lundell alternatörleri bugün 5 kW'a kadar ve 18.000 dev / dak'ya kadar bir güç aralığında üretilmektedir. Tüm kutuplar için yalnızca bir eksenel olarak sarılmış uyarma bobini ile benzersiz rotor yapıları, rotorun üç boyutlu (3-D) karmaşıklığını veren kendine has rotor kutup yapısı anlamına gelir (Şekil 3b). Analizin makine miline dik bir düzlemde yapılabildiği diğer elektrikli makine türlerinin aksine, bir Lundell alternatör modeli üç alan bileşeninin hepsine de izin vermektedir: radyal, teğetsel ve eksenel [5].



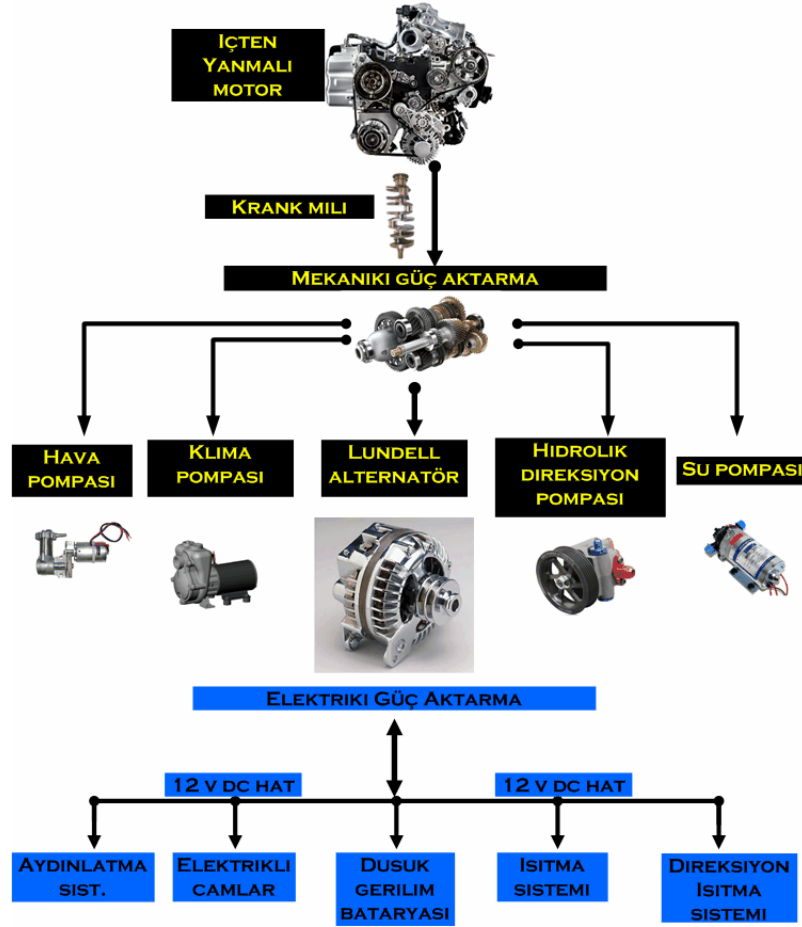


Şekil 3. Lundell alternatör

### 2.1. Lundell Alternatörün Konvansiyonel Araçlarda Kullanımı

Klasik olarak şarj sırasında mekanik ve elektriksel güç akışı incelenecek olursa, Şekil 4’de Lundell alternatörün kullanımı daha iyi anlaşılacaktır. Kayış sistemi ile krank milinden alınan mekanik güç, araç içi mekanik aksesuarlara aktarılmakta ve aynı zamanda da Lundell alternatöre aktarılmaktadır. Konvansiyonel araçlarda, mekaniksel aksesuar sistemleri (direksiyon hidrolik pompası, klima kompresörü, su pompası, hava kompresörü ve Lundell alternatörü) kayış bağlantıları ile içten yanmalı motor (İYM) tarafından tahrik edilir. Elektriksel aksesuar yüklerinin güç ihtiyacı 12V’luk düşük gerilim bataryası tarafından karşılanır. Bu bataryanın şarjı Lundell alternatörü ile sağlanır. Konvansiyonel araçlardaki klasik aksesuar sistemlerinin mekaniksel ve elektriksel güç aktarımına ait blok diyagram Şekil 4’de gösterilmektedir. Bu sistemde mekaniksel aksesuarlar, içten yanmalı motor çalıştığı sürece çalışmaktadır. Dolayısıyla şehir içi trafik şartlarında, araç duruyorken bile içten yanmalı motor çalışmaya devam ederek yardımcı donanımları beslemeye devam etmektedir. [6]

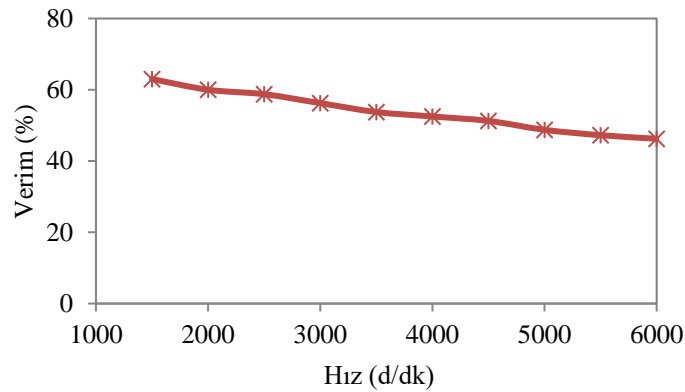




Şekil 4. Klasik Araçlarda Lundell Alternatörün Mekanik ve Elektriksel Sistemler Arası Çalışma Prensipli

## 2.2. Lundell Alternatör Çıkış Performansı

Perreault ve Çalışkan (2004) tarafından yapılan çalışmada, araçlarda kullanılmakta olan Lundell alternatörlerinin veriminin %45-60 değerlerinde olduğu ortaya konulmaktadır. Şekil 5’de verilen eğriler, değişken hız değerlerinde Lundell alternatörünün veriminin belirtilen aralıklarda olduğunu göstermektedir [2].

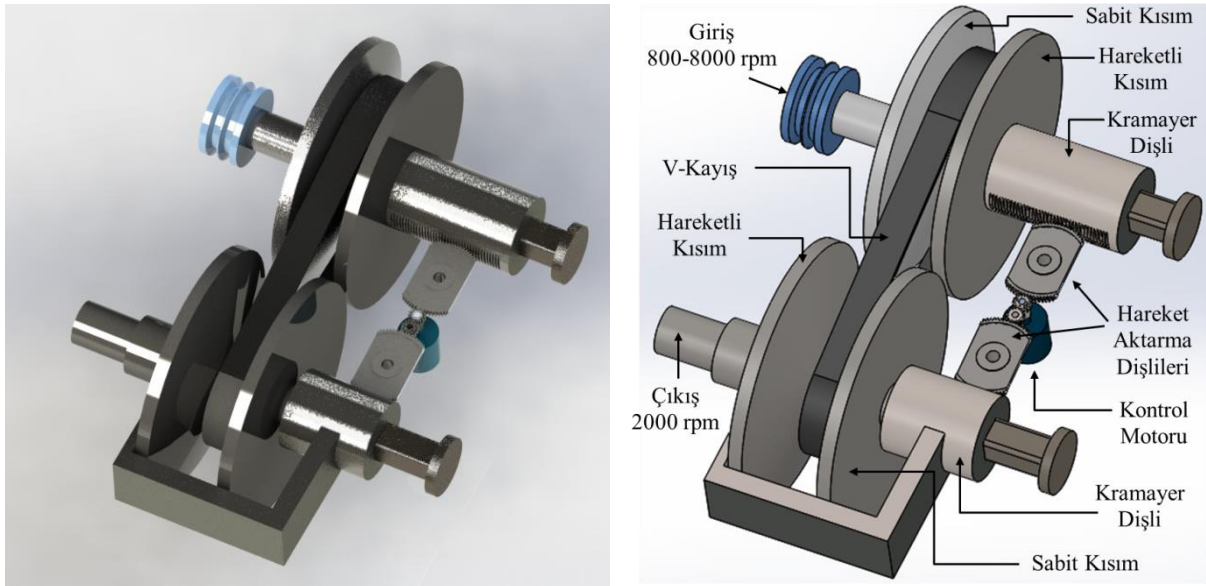


Şekil 5. Lundell Alternatörün Hız-Verim Karakteristiği

## 3. Varyatör Tasarımı

Lundell alternatörünün en yüksek verimde çalıştığı hız aralığı referans alınarak, çalışma hızını sabit tutmak için tasarlanan varyatör sistemi Şekil 6’da gösterilmektedir. Önerilen varyatör sistemi giriş hızı 500-8000 rpm arasında değişmekte iken çıkış hız değeri 2000 rpm de sabit tutulmaktadır. Böylece, lundell alternatör maksimum verim altında çıkış gücü sağlamaktadır.





Şekil 6. Önerilen varyatör sistemi

Şekil 6'da gösterildiği gibi önerilen varyatör sisteminde iki adet çapı değişebilir kasnak, V-kayış ve hızı bağlı olarak kasnak çapı ayarlanması için servo motor ve sürücü sistemi yer almaktadır. Önerilen varyatör sisteminde giriş hızı ile çıkış hızı oranı maksimum 4 kat olması gerekmektedir. Giriş hızı maksimum ve minimum değerleri referans alınarak çevrim oranı belirlenmektedir. Denklem 1 kullanılarak çevrim oranı hesaplanır. Denklem 1'de  $i$  çevrim oranını,  $n_g$  varyatör sistemi giriş hızını,  $n_c$  çıkış hızını temsil etmektedir.

$$n_g > n_c \rightarrow i_{mak} = \frac{n_g}{n_c}, \quad n_g < n_c \rightarrow i_{mak} = \frac{n_c}{n_g} \quad (1)$$

Kullanılan kayışın elastikiyet katsayısına göre minimum kasnak çapı belirlenerek, çevrim oranı dikkate alınıp maksimum kasnak çapı Denklem 2 ile hesaplanabilir. Giriş çıkış kasnakları her iki yönde de aynı çevrim oranına sahip olması gerektiğinden eş çaplıdır. Kayış kasnak temas açısı çevrim oranını belirlenen çap değerlerinde sağlayacak şekilde standart kayış parametreleri dikkate alınarak 24 derece olarak belirlenmiştir.

$$D_{mak} = i_{mak} * D_{min} \quad (2)$$

Çevrim oranının dinamik olarak ayarlanması için kasnak çaplarının uygun değerlerde tutulması gerekmektedir. Önerilen sistemde kasnak çapları, kayış temas yüzeyleri doğrusal olarak mesafe ayarı ile sağlanmaktadır. Bu doğrultuda, bir servo motor ve dişli sistemi yardımıyla giriş ve çıkış kasnaklarının çapları eş zamanlı olarak değiştirilmektedir. Motor ve dişli sistemi parametreleri kayış kasnak temas yüzey açısı, sürtünme kuvveti dikkate alınarak belirlenmiştir. Önerilen varyatör sistemine ait tasarım parametre ve değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

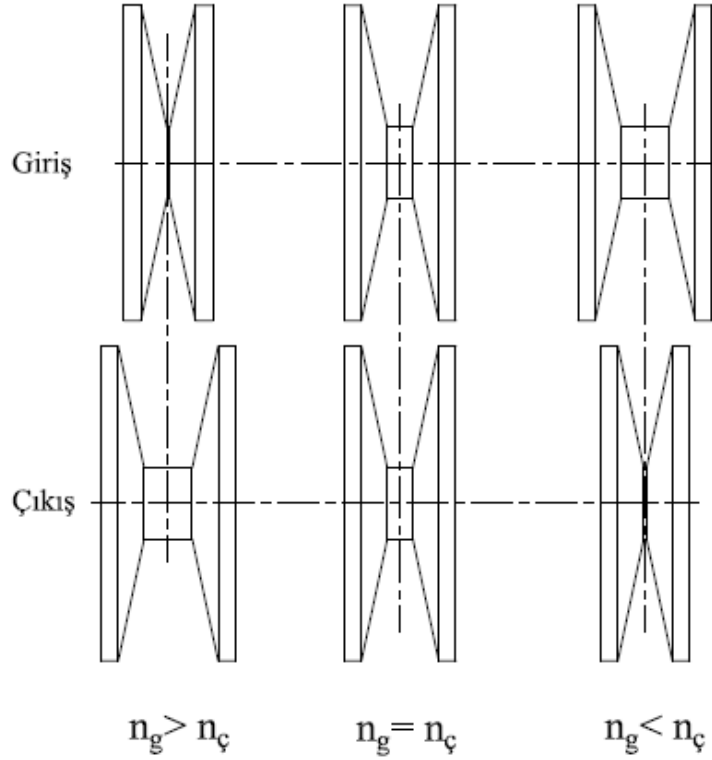
Tablo 1: Varyatör sistemi tasarım parametreleri

Parametre	Değeri	Parametre	Değeri
Kasnak maksimum çapı ( $D_{mak}$ )	124 mm	Güç aktarma dişlileri diş sayısı	80
Kasnak minimum çapı ( $D_{min}$ )	30 mm	Dişli çark sistemi modülü	0.5
Kasnaklar arası eksen ölçüsü	134 mm	Pinyon dişli diş sayısı	15
Kasnak strok boyu	18	Tahrik dişlisi diş sayısı	15
Kayış kesit ölçüsü	16x7	Servo motor çıkış gücü	50 w
V-kayış temas açısı	24°	Servo motor çıkış devri	3000 rpm

Önerilen varyatör sisteminde giriş hızı istenilen çalışma hızından yüksek olduğu durumda giriş kasnak çapı azalırken aynı oranda çıkış kasnak çapı artmaktadır. Bu işlem kasnakların hareketli yüzeylerinin servo motor yardımıyla ayarlanması ile gerçekleştirilmektedir. Giriş kasnağının sabit ve hareketli yüzeyi arasındaki mesafe artarken, çıkış kasnağının yüzeyler arasındaki mesafesi aynı oranda azalmaktadır. Benzer olarak giriş hızı çıkış hızından düşük olduğu durumda ise, giriş kasnağı yüzeyler arası mesafe artarken çıkış kasnağı yüzeyler arası mesafesi azalmaktadır. Giriş hızının istenilen çıkış hızına eşit olması durumunda her kasnak yüzeyleri arasındaki mesafe eşittir. Diğer bir ifadeyle çevirme oranının bir olduğu durumda kasnak çapları birbirine



eşitlenmektedir. Bu çalışma durumları Şekil 7’de gösterilmektedir. Bu sistemde en önemli nokta, kayış eksenin sürekli bir doğru üzerinde olması gerekmektedir. Aksi durumda yanal kasnak ve kayış arasındaki radyal kuvvetlerin artmasından dolayı kayış ömrü azalır ve sistem verimi düşer. Bu bağlamda, giriş ve çıkış kasnaklarının hareketli yüzeylerinin bulunduğu taraf birbirine zıt yönde hareket edecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 7. Varyatör hız durumu çevrim oranı aralıkları

#### 4. Sonuç

Teknolojik gelişmelerin hızla uyarlandığı otomotiv sektöründe, rekabetin sürdürülebilir olması için yenilikçi ve daha verimli araç üretimleri kaçınılmazdır. Yeni nesil araçlarda gerek verimin iyileştirilmesi gerekse de konforun artırılması bakımından elektrik tabanlı aksesuarların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut otomotiv alternatörlerin artan güç ihtiyacını karşılamada yetersiz kalacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda daha verimli hale getirilmeleri üzerine çok sayıda çalışma gerçekleştirilmiştir. Lundell alternatörün hızı bağlı olarak değişen verim değerleri %40 ile %60 aralığında değişmektedir. Bu çalışmada, Lundell alternatörün maksimum çıkış gücü ve verim sağladığı hız aralığında çalıştırılması için bir varyatör tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan varyatör sisteminin veriminin %95-%98 aralığında olması öngörülmektedir. Sonuç olarak, Lundell alternatör ile birlikte önerilen varyatör sisteminin kullanılması ile beraber 500-8000 rpm aralığında sistem veriminin yaklaşık %60 değerinde sabit tutularak toplam verimde iyileşme olabileceği ortaya konulmuştur.

#### 5. Kaynaklar

- [1] Whaley D. M., Soong W. L., Ertugrul N., “Extracting More Power From The Lundell Car Alternator”, *Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC 2004)*, Brisbane, Australia, 26-29 September 2004.
- [2] Perreault D. J., Caliskan V., “A New Design for Automotive Alternators”, *SAE International Congress on Transportation Electronics (Convergence)*, Detroit, USA, 16-18 October 2000.
- [3] Soong W. L., Ertugrul N., “Inverterless High-Power Interior Permanent-Magnet Automotive Alternator”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2004, 40, 1083-1091.
- [4] Finken T., Hameyer K., “Study of Hybrid Excited Synchronous Alternators for Automotive Applications Using Coupled FE and Circuit Simulations”, *IEEE Transactions on Magnetics*, 2008, 44, 1598-1601.
- [5] Ruben Ivankovic, Jérôme Cros, Mehdi Taghizadeh Kakhki, Carlos A. Martins and Philippe Viarouge, “Power Electronic Solutions to Improve the Performance of Lundell Automotive Alternators”, *IntechOpen 2012*, Chapter 6.





- [6] M. Tezcan, “Konform Dönüşüm Yöntemi Kullanarak Hibrit Elektrikli Araçlarda Çift Sargılı Sürekli Mıknatıslı Elektrik Makinasının Tasarımının Gerçekleştirilmesi”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Müh.Bölümü, Elektrik Makinaları A.B.D. İstanbul 2015.
- [7] Dimitrios Sarafianos, Member, IEEE, Danilo X. Llano, Saikat S. Ghosh, Senior Member, IEEE, Richard A. McMahon, Stephen Pickering, and Timothy J. Flack, “Control Strategy for a Multiphase Lundell-Alternator/Active-Rectifier System in 14 V Automotive Power Systems”, IEEE Transactions On Transportation Electrification, Vol. 5, No. 2, June 2019.
- [8] M. Ayaz, Y. Yasa, E. Mese, M. Tezcan, “Thermal Analysis of a Permanent Magnet Alternator with Auxiliary Winding”, 17th ISEF, Valencia, Spain, 2015.



## BIG DATA IN SMART CITIES

Murat Dener

*Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Sciences and Engineering*

*muratdener@gazi.edu.tr*

### Abstract

Smart city can be defined as the application of new generation technologies to cities for sustainable living and urbanization. As the human population is increasing, the number of people per area is also increasing. In this case, cities need to be smarter for people to live better, safer and more comfortably. In the infrastructure of smart cities, there are hardware devices that can receive data. With these devices, the desired data can be received in the environment and the system should decide what to do. If the received data is correct, the analysis makes the system closer to the truth in interpretations. Big Data, which is one of the new generation subjects, is a data set that includes more diversity in parallel with rising technologies and increasing data usage rate of consumers. Data ranges from terabytes to petabytes, containing data from a wide variety of sources and formats, increasing the need to produce, collect, store, process and analyze data are the Big Data topics. The Big Data is also needed to evaluate the data collected for the smart city. In this study, Big Data in Smart cities will be explained. The current literature review will reveal the latest trends in these two areas. The study is considered to be beneficial for smart cities technology developers.

**Keywords:** *Big Data, Living, Urbanization, Technology*

### 1. Introduction

The amount of data generated by social media, sensor networks and other IoT applications increases exponentially and data types are becoming more diverse. It is very important to collect and analyze data from various sources in smart cities. However, it is difficult to process and extract meaningful information from the data.

In order to better serve citizens and to support decision-making processes, it is an increasing trend in information systems to derive predictions in information systems and hidden correlations from big data. Public institutions have realized that it is imperative to use big data to make cities smarter.

In this study, big data is analyzed in smart cities.

### 2. Smart City

Smart cities increase people's comfort in security, mobility, energy consumption and similar areas. Smart systems that make up the smart city can generally be presented in 8 categories. These are given in Figure 1.

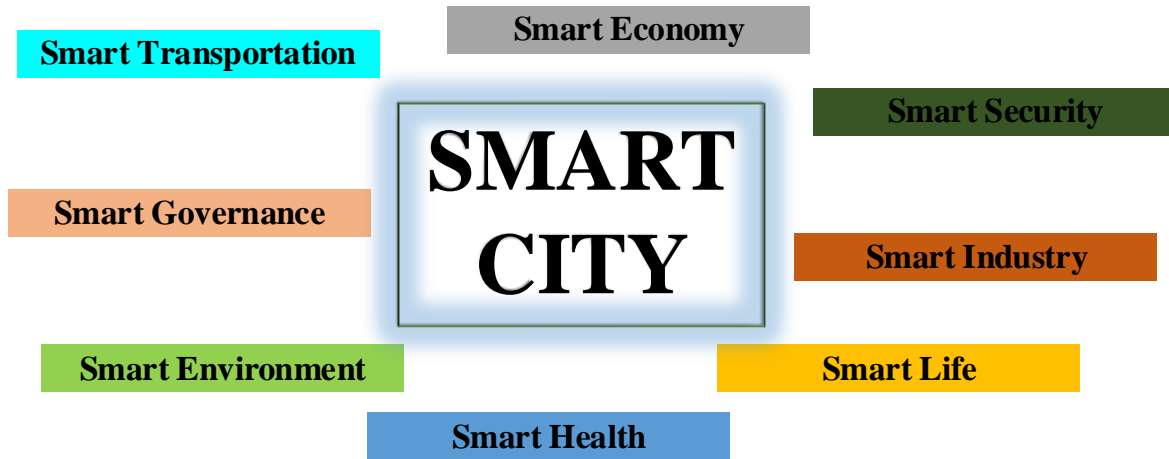


Figure 9: Smart City

Smart systems developed within the scope of smart cities are expected to manage resources efficiently and the data produced by these resources will facilitate the welfare of society and society. The emergence of smart cities aims to reduce the difficulties caused by the continuous development of urbanization and the increase in population density in cities. In order to solve these problems, ministries and municipalities are designing smart city projects to get economic and social benefits for citizens and to increase the living standards of people.



### 3. Big Data

Big data is large data that contains different data types from different sources. Today, due to the increasing size of the data, it has become difficult to process the data, to store the data and to convert the data into information. There are 5 components in big data formation. The components named 5V due to their English equivalents are given in Figure 2.

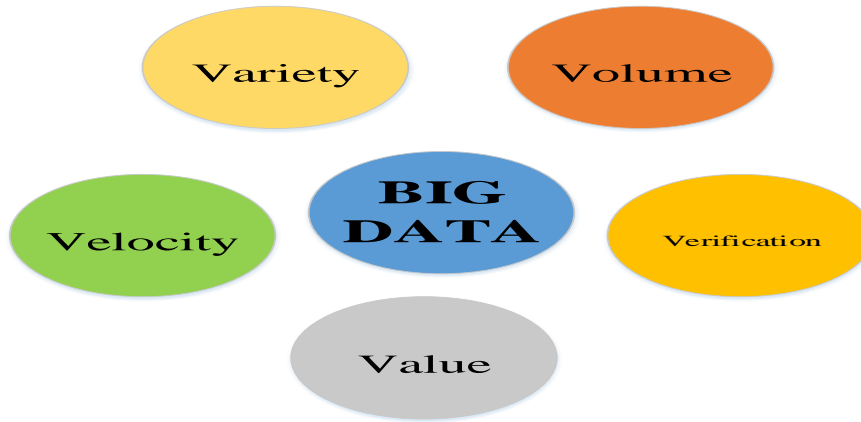


Figure 2: Big Data

Volume: It is used to express how big the generated data is.

Velocity: This concept refers to the speed of data created. The rate at which big data is produced is very high, and this speed is increasing.

Variety: Expresses the diversity of data by revealing the types of data collected.

Value: The most important component is creating value. Big data should create an internal surplus value after the data production and processing layers. It should have an immediate impact on decision-making processes and be efficient in making the right decision.

Verification: Data must be monitored at the security level during the flow, visible or hidden by the right people.

### 4. Studies on big data in smart cities

Many studies have been conducted in the field of big data in the literature. Some of the current and important ones are given here.

The authors [1] have stated that for intelligent cities, reliable hosting of IoT-based large data with reasonable resource allocation in optical backbone networks has become critical.

The authors [2] considered the university campus as a city and conducted small-scale tests there. Tests consist mainly of data collection through the IoT, centralization of data in the private infrastructure, and use of large data for data management and analysis. As a result of this study, the application of smart city model to a traditional university campus with big data architecture was realized.

The authors [3] stated that the main technical challenges for achieving smart cities include resource utilization optimization, uninterrupted service delivery at all times, minimizing costs and reducing resource consumption. In order to overcome these challenges, they stated that new techniques and technologies are needed to model and process large data produced and used primarily through the Internet of Things.

The authors [4] conducted a guideline for Policymakers, Data Scientists, and Engineers who want to improve the integration of Artificial Intelligence and Big Data in smart Cities.

The authors [5] stated that there is little evidence about the role Big Data can play in improving government service. To this end, they introduced a bus system that operates late at night. The system has been selected based on government data analysis of Big Data on roads, taxis and mobile phone use by citizens late at night.

The authors [6] examined the effect of big data technology on ant-colony optimization based routing in in-vehicle private networks.

The authors [7] propose a new online fleet management plan with congestion control for smart cities to reduce average travel time, especially during peak traffic times.

The authors [8] examined the historical small smart city protocol for sustainable management of small historical assets.

The authors [9] stated that the most effective factors in the electricity market are the electricity load and price. They stated that a precise estimate of the next day's burden is a great necessity to improve the reliability, control and management of electricity market transactions. In the study, they proposed a model based on in-depth learning for price and demand forecasts of big data using deep long short term memory.



The authors [10] proposed a new and large data analysis framework for smart cities. The proposed framework brings new functions to the large data analytic reports represented in data model management and collection.

The authors [11] stated that there may be many security threats coming from inside and outside the cloud. To avoid this central dependency, they proposed a large decentralized data audit plan for smart city environments with blockchain features that support reliability and stability.

The authors [12] propose a new methodology for generating models of electrical energy consumption in large energy time series.

The authors [13] have extensively explored how organizations learn to use new forms of technology. However, many public sector organizations have tried to integrate this new big data technology into another fast-moving smart city technology. In the study, a comprehensive research was conducted on the learning processes experienced by the top management stakeholders during the emergence and adoption of these two new concepts.

The authors [14] aimed to increase speed and accuracy in predicting actual air pollution levels, location, and the effects of weather conditions on the intensity of air pollution. In the study, a K-tool clustering algorithm using the Mahout library was used as a major data mining tool.

The authors [15] studied smart city goals in Taiwan and described the technologies needed to build smart cities. They propose a Big Data platform data flow framework to identify positive and negative aspects.

The authors [16] stated that real-time data processing requirements and exponential data increase prevented the realization of smart cities. For this reason, a Big Data analytics for smart cities suggested embedded experimental architecture.

The authors [17] have stated that using the Internet of Things and big data analytics, smart cities and smart industries can be developed. In the study, they proposed a new approach based on big data called smart city industry.

## 5. Conclusions

There are some requirements to achieve the smart city ideal. In particular, one of the important requirements is to adopt a data-oriented management approach to develop smart processes and to increase the effectiveness of existing processes. Big data plays an important role in the sustainable development and rationalization of cities. Recent studies on Big Data are as follows.

- Application of hive architecture on a virtual company in big data
- Intrusion detection using big data and deep learning techniques
- High-performance processing of large data in geographic information systems
- Application of Nosql and Hbase architecture on randomly selected employees in big data
- Investigation of spatial large data processing possibilities using NoSQL
- The role of big data analytics in the management of media organizations
- Critical success factors of big data projects
- Investigation of smart city theories and models in line with the use of big data in cities
- Great use of data in the tourism sector and its effects on the tourism sector in Turkey
- Analysis of official newspaper archives with big data techniques
- Spam filtering using big data and deep learning
- Opportunities and challenges for cloud-backed big data for SMEs and government organizations
- Effective learning techniques in distributed networks for big data
- Create a new merge-based height-balanced histogram for large data
- Big data and the role of companies in decision-making
- Improved generalized regression artificial neural network for large data sets
- Online non-linear modeling for large data applications
- Approximate spectral clustering combination methods in the classification of large data sets
- Comparative study of Spark, Storm and Flink systems which can process fluid data in big data
- Privacy protected search using distributed file system and parallel processing on big data
- A comparison between relational databases and NoSQL streams using a social shopping application on the challenges of big data design



- A comparative research on analysis in different database systems and education systems for big data modeling
- Big data analysis architectures for HVAC energy optimization systems

Studies show that with big data, many innovations will be experienced in our lives.

## 6. References

- [1] Yuhuai, P., Jiaying, W., Aiping, T., Jingjing, W., “A Novel Resource Allocation and Spectrum Defragmentation Mechanism for IoT-Based Big Data in Smart Cities”, *Sensors*, 19, 1-15, 2019.
- [2] Villegas-Ch, W., Palacios-Pacheco, X., Luján-Mora, S., “Application of a Smart City Model to a Traditional University Campus with a Big Data Architecture: A Sustainable Smart Campus”, *Sustainability*, 11, 1-28, 2019.
- [3] Alsaig, A., Alagar, V., Chammaa, Z., Shiri, N., “Characterization and Efficient Management of Big Data in IoT-Driven Smart City Development”, *Sensors*, 19,1-29, 2019.
- [4] Allama, Z., Dhunnyb, Z.A., “On big data, artificial intelligence and smart cities”, *Cities*, 89, 80–91, 2019.
- [5] Sounman, H., Sun H.K., Youngrok, K., Jeongin, P., “Big Data and government: Evidence of the role of Big Data for smart cities”, *Big Data & Society*, 1–11, 2019.
- [6] Lakshmanaprabu, S.K., Shankar, K., Sheeba Rani, S., Abdulhay, E., Arunkumar, N., Ramirez, G., Uthayakumar, J., “An effect of big data technology with ant colony optimization based routing in vehicular ad hoc networks: Towards smart cities”, *Journal of Cleaner Production*, 217, 584-593, 2019.
- [7] Qimei, C., Yingze, W., Kwang-Cheng, C., Wei, N., I-Cheng, L., Xiaofeng, T., Ping, Z., Big Data Analytics and Network Calculus Enabling Intelligent Management of Autonomous Vehicles in a Smart City, *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2021-2034, 2019.
- [8] Pica, V., Cecili, A., Annicchiarico, S., Volkova, E., The Historical Small Smart City Protocol (HISMACITY): Toward an Intelligent Tool Using Geo Big Data for the Sustainable Management of Minor Historical Assets, *Data*, 4, 1-18, 2019.
- [9] Mujeeb, S., Javaid, N., Ilahi, M., Wadud, Z., Ishmanov, F., Afzal, M.K., “Deep Long Short-Term Memory: A New Price and Load Forecasting Scheme for Big Data in Smart Cities”, *Sustainability*, 11, 1-29, 2019.
- [10] Shahat Osman, A.M., “A novel big data analytics framework for smart cities”, *Future Generation Computer Systems*, 91, 620–633, 2019.
- [11] Yu, H., Yang, Z., Sinnott, R.O., “Decentralized Big Data Auditing for Smart City Environments Leveraging Blockchain Technology”, *Special Section On AI-Driven Big Data Processing: Theory, Methodology, And Applications IEEE Access*, 7, 6288-6296, 2019.
- [12] Pérez-Chacón, R., Luna-Romera, J.M., Troncoso, A., Martínez-Álvarez, F., Riquelme, J.C., “Big Data Analytics for Discovering Electricity Consumption Patterns in Smart Cities”, *Energies*, 11, 1-19, 2018.
- [13] Okwechime, E., Duncan, P., Edgar, D., “Big data and smart cities: a public sector organizational learning perspective”, *Inf Syst E-Bus Manage*, 16, 601–625, 2018.
- [14] Zaree, T., Honarvar, A.R. “Improvement of air pollution prediction in a smart city and its correlation with weather conditions using metrological big data”, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 26, 1302-1313, 2018.
- [15] Shiann Ming, W., Tsung-chun, C., Yen-chun, J.W., Miltiadis, L., “Smart Cities in Taiwan: A Perspective on Big Data Applications”, *Sustainability*, 10, 1-14, 2018.
- [16] Silva, B.N., Khan, M., Jung, C., Seo, J., Muhammad, D., Han, J., Yoon, Y., Han, K., “Urban Planning and Smart City Decision Management Empowered by Real-Time Data Processing Using Big Data Analytics”, *Sensors*, 18, 1-19, 2018.
- [17] Zhanyu, L., “Research on the Internet of Things and the development of smart city industry based on big data”, *Cluster Comput*, 21, 789–795, 2018.





## MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS AND APPLICATION EXAMPLES

**Murat Dener**

*Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Sciences and Engineering*

*muratdener@gazi.edu.tr*

### **Abstract**

Today, millions of rows of data are obtained from many sources. It is necessary to process this data and produce the correct information and then make the right decisions with the information produced. As a result of deep analysis of the data sources obtained, presentations and visuals can be formed and decisions can be made. However, the large size of the collected data, the complexity of the presentations and visuals produced, necessitates many factors such as database, algorithm and software in these decision-making processes. Decision support systems incorporate these factors. Decision support process is developing and accelerating with decision support systems. It is one of the basic approaches of decision support systems in multi-criteria decision making. Among the options available through multi-criteria decision analysis, the best choices are listed by weighting the determined parameters. In this study, multi-criteria decision making methods and current studies with these methods are presented. The study provides a holistic view of multi-criteria decision-making methods and application examples.

**Keywords:** *Decision Support Systems, Multi Criteria Decision Making, Methods, Application Examples*

### **1. Introduction**

One of the main problems we face today is making choices. Alternatives and situations where people have many criteria in choosing alternatives are common in our daily lives. Such problems are overcome by multi-criteria decision-making methods. Multicriteria decision making methods try to reach the best solution by examining the available alternatives according to the criterion values. The available alternatives can be listed and selected.

In this study, multi-criteria decision making methods are explained and current studies are shared.

### **2. Multi Criteria Decision Making**

Decision making has always been at the basis of vital and administrative functions. Events that need to be decided have become more and more complex. With the increase in alternatives and criteria, the decision-maker's situation becomes even more difficult. Multi-Criteria Decision Making methods have been used in order to make the decision maker to make decisions more easily.

Multi-criteria decision-making is defined as the determination of the most appropriate option or options by taking into consideration the criteria that can affect each other among many options. Multi-criteria selection, sorting and evaluation methods are included in the literature covering simple or complex techniques. These methods have positive and negative aspects according to the areas they are applied. It is important to analyze the problem to be solved well and determine the most appropriate method. It can be seen in the literature that a method suitable for solving one problem is not suitable for solving another problem. In this context, some problems are realized by several methods, so that the comparison of the methods can be seen.

### **3. Methods**

Some of the important methods used in multi-criteria decision making are given below.

- AHP
- ANP
- COPRAS (Complex Proportional Assessment)
- DEMATEL
- EDAS
- ELECTRE
- ENTROPI
- FUZZY AHP
- Gray Relational Analysis
- MAUT (Multi-Attribute Utility Theory)
- MOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis)
- PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation)



- SAW (Simple Additive Weighting)
- SWARA
- TOPSIS
- VIKOR
- WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment)
- WPM (Weighted Product Method)

For example, the steps to be taken to solve a decision-making problem with AHP are described below.

Step 1: Identify the decision points and the factors that influence the decision points to identify the decision-making problem.

Step 2: An inter-factor comparison matrix 1 is generated. The significance values in Table 1 are used for one-to-one comparison of the factors.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

**Table 1: Importance Values**

Importance Values	Value Definitions
1	Equal importance of both factors
3	Factor 1 is more important than factor 2
5	Factor 1 is more important than factor 2
7	Factor 1 has a very strong importance compared to factor 2
9	Factor 1 is of absolute superiority compared to factor 2
2,4,6,8	Intermediate values

Comparisons are made for values that lie above the diagonal of all values of the comparison matrix. Naturally, it is sufficient to use the formula 2 for the components below the diagonal.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (2)$$

Step 3: To determine the percent significance distributions of the factors, the column vectors that make up the comparison matrix are used and the n-and n-component B column vector is generated. In formula 3, this vector is shown:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Formula B is used to calculate column B vectors.



$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4)$$

When the steps are repeated in other evaluation factors, the column number B will be the same as the number of factors. When the B column vectors are combined in a matrix format, the C matrix shown in Formula 5 will be formed.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

By using the C matrix, the percent significance distributions showing the importance values of the factors relative to each other can be obtained. To do this, the arithmetic mean of the row components that make up the matrix C as shown in Formula 6 is obtained and the column vector W called the Priority Vector is obtained.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (6)$$

The vector W is shown in Formula 7.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Step 4: AHP is based on the essence of the CR calculation by comparing the number of factors with a coefficient ( $\lambda$ ) called the Basic Value. In order to calculate, first of all, the column vector D is obtained from the matrix product of the priority matrix W with the comparison matrix A.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

As defined in the following formula, the base value (E) of each evaluation factor is obtained from the portion of the reciprocal elements of the column vector D and the column vector W. The arithmetic mean of these values gives the basic value ( $\lambda$ ) of the comparison.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$



$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (10)$$

After calculating  $\lambda$ , the Consistency Indicator (CI) can be calculated using Formula 11.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (11)$$

In the last step, the CI is divided by the standard correction value shown in Table 2, called the Random Indicator (RI), to obtain the CR formula. The value corresponding to the number of factors is selected from Table 2. For example, the RI value to be used in a 3-factor comparison would be 0.58 from Table 2.

**Table 2: RI Values**

N	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (12)$$

Step 5: This stage is determined in the manner described above, but this time, the percentage distributions of decision points for each factor. After each comparison process, S column vectors are obtained which show the dimensional and percentage distributions of the factor evaluated according to the decision points. These column vectors are defined in Formula 13:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Step 6: Finding Outcome Distribution at Decision Points. At this stage, firstly, the m decision matrix K is composed of n mx1 dimensional S column vectors described above. The decision matrix is defined in Formula 14:



$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

The result is that when the decision matrix W column vector (priority vector) is multiplied as follows, the column vector L with m elements is obtained. Column L gives the percentage distribution of decision points. In other words, the sum of the elements of the vector is 1. This distribution also shows the order of importance of the decision points.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad (15)$$

#### 4. Application Examples

Many studies have been conducted in the field of multi-criteria decision making in the literature. Some of the current and important ones are given here.

The authors [1] expressed the importance of fast, objective and realistic measurement of the occupational health and safety performance of the candidate firms in tenders or subcontractor selection. In this study, occupational health and safety performance measurement method has been developed for health sector by using multi criteria decision making methods in an integrated structure. Firstly, occupational health and safety performance indicators were determined and weighted by AHP method. PROMETHEE and GRA methods were used to obtain performance indexes. The consistency of the results was examined by comparing the performance indexes obtained by the two methods.

The authors [2] stated that our country has a high potential for renewable energy production, but a significant part of the energy demand in our country is met by using non-renewable energy sources. In this study, the factors preventing the widespread use of renewable energy sources in our country were analyzed. Firstly, the factors were determined by literature review and questionnaire, then the importance levels of the factors were determined by DEMATEL and Analytical Network Process multi-criteria decision making methods.

The authors [3] examined alternative recycling as direct recycling, pyrolysis, and alternative fuel in the management of waste tires. Among these alternative methods, the most suitable method for our country is determined by PROMETHEE and fuzzy PROMETHEE method which is multi-criteria decision making process. In order to determine the most suitable alternative, environmental impact was evaluated in terms of operational risk, installation cost, operating cost, product diversity and applicability in our country. As a result of the study, it was determined that the most suitable alternative was the recycling alternative and only the installation cost criterion had a negative effect on the preferability of this alternative.

Authors [4] have evaluated the employment of people with disabilities in Turkey using Multi Criteria Decision Making Methods. In this study some years in our country considering Turkey Employment Agency data on employment and performance evaluation of disabilities. Within the scope of the evaluation, using Gray Relational Analysis and MAUT, one of the Multi Criteria Decision Making methods, in which year the disabled are employed more are investigated. In the study, 2009-2017 years were taken as an alternative and performance evaluation was made. As a result of the evaluation, 2012, 2017 and 2014 ranked first three according to Gray Relational Analysis method, while 2012, 2014 and 2013 ranked first three according to MAUT method. 2010 was the last place according to both methods.

Authors [5] evaluated the Performance of Intermediary Institutions in Borsa Istanbul with Multi Criteria Decision Making Methods. According to the authors, intermediary institutions are one of the most important elements of the capital market, which is vital in providing long-term funds that enable the financing of investments required by the healthy economy. Therefore, evaluation of financial performance of intermediary institutions is a very important issue. In this study, it is aimed to compare the financial performances of the brokerage firms traded in Borsa Istanbul as of 2014 and 2015 for the period of 2014-2015 by using ELECTRE, ORESTE and TOPSIS methods, which are multi-criteria decision making methods with the help of eleven selected financial ratios.



Authors [6] have selected the Supplier Selection with Multi Criteria Decision Making Methods in Tractor Manufacturing. According to the authors, one of the most important decisions to be made for enterprises is the selection of suppliers. In this study, one of the most used multi-criteria decision making techniques in order to realize supplier selection in a tractor company; Five suppliers were evaluated by using Fuzzy-AHP, MOORA, COPRAS and target programming techniques with the experts in the enterprise and fifteen criteria in three main groups which are used extensively in the literature, and the best suppliers / suppliers were determined according to all three methods.

Authors [7] evaluated the Performance of Banks with Multi-Criteria Decision Making Method. According to the authors, banks should take measures to improve their performance as a result of the evaluation of their performance. In this study, the comparison of the financial performance of the first twenty public, private and foreign capital deposit banks with the 10 selected financial ratios of AHP and PROMETHEE for the period of 2010-2014, which is the data between the valid years of the banks according to their asset sizes by the end of 2014 intended.

Authors [8] analyzed the Regional Based Socio-Development Levels of Provinces in Turkey with the Multi-Criteria Decision Making Method, Vikor Method Approach. In this study, in general, it is aimed to provide a different approach as an alternative to multi-criteria decision making methods applied to economic, industrial, financial and political decision problems, applicability in socio-development evaluations and other development criteria and methods in personal selection problems.

The authors [9] reported Compared with European Union countries and Turkey's Innovation Performance of Multi-Criteria Decision Making. 10 key indicators, human resources, research systems, innovative environment, financing and support, innovators, links, intellectual assets, employment effects and sales effects used in the calculation of the European Innovation Index, were evaluated with multi-criteria decision-making methods. 28 countries which joined the European Union in the evaluation, 3 and 5 candidate countries neighboring countries that include Turkey's innovation performance has been investigated. The values of the indicators obtained from the 2018 European Innovation Index Scoring table were compared with the TOPSIS and MOORA methods, which are multi-criteria decision making methods, and the countries' innovation performance ranking was made. When the innovation performances of the countries are examined, Switzerland, Sweden and Denmark are in the top three according to TOPSIS and MOORA method. The last three rankings are Ukraine, Romania and Macedonia according to TOPSIS method and Romania, Ukraine and Poland according to MOORA Method. When the results were analyzed by Turkey TOPSIS According to Method 31 and # 33 MOORE method is provided. When innovation is viewed Turkey's bottom ranking criteria based on performance; It is observed that the only basic criterion among the top ten countries is 'firm investments..

Authors [10] measured the financial performances of insurance companies listed on the Borsa Istanbul Insurance Index by TOPSIS Multi-Criteria Decision Making Method and performed performance ranking within the period of 2008-2017. As a result of the analyzes, the performance rankings of insurance companies change over the years, but the top three companies with the best performances are generally the same.

The authors [11] stated the socio-economic development of the provinces selected from the Eastern and Southeastern Anatolia Regions by means of socio-economic criteria. AHP and VIKOR were used as the research method.

Authors [12] have applied the VIKOR Multi-Criteria Decision Making Method in Construction Machinery Procurement. According to the authors, machine equipment is of great importance in medium and large scale construction projects; tower crane, mobile crane, concrete pump, concrete mixer, truck, grader, excavator, dozer etc. procurement of many construction machinery is among the issues that need to be emphasized.

The authors [13] selected white goods for a luxury housing project with multi-criteria decision-making techniques. In this study, VIKOR method, which is one of the multi-criteria decision making techniques, is considered suitable for evaluating a large number of increasing and decreasing criteria. The AHP technique was also used to reduce the subjectivity of criterion weights.

The authors [14] evaluated the performance of entrepreneurial and innovative universities with multi-criteria decision-making techniques. Scientific and Technological Research Competence, Intellectual Property Rights, Collaboration and Interaction, Entrepreneurship and Innovation Culture, Economic Contribution and Commercialization criteria are evaluated on the basis of the criteria of the universities are evaluated with ENTROPİ method performance evaluations are made with MAUT and SAW methods. As a result of the evaluation, when the result of ENTROPİ method is examined, it is seen that the criterion with the highest weight value is Intellectual Property Rights. Sabancı University ranked first in the ranking of performance evaluations according to MAUT and SAW methods, and Middle East Technical University ranked second for both methods, and similar results were obtained in both different methods.

Authors [15] developed Excel Applications with Multi Criteria Decision Making Methods. In this study, Microsoft Excel application was made on AHP, ANP TOPSIS, MAUT, DEMATEL, SAW methods which are Multi Criteria Decision Making methods. The decision maker using the application is intended to determine only alternatives and criteria relevant to his problem without any knowledge of the methods. It was aimed to determine the appropriate alternative by entering the determined alternatives and criteria.

Authors [16] performed the Site Selection of Medical Waste Sterilization Facilities with Multi-Criteria Decision Making Model and Geographic Information System Integration. According to the authors, site selection of medical waste sterilization facilities is a critical issue due to its great impact on ecology and regional environmental health. In this study, the location of medical waste sterilization facilities in Konya Metropolitan Municipality was tried to be selected.





## 5. Conclusions

There are four common characteristics that can be deduced for Multi Criteria Decision Making problems. These; the multi-criteria decision making problem has multiple objectives / qualities, there is a visible conflict between the criteria, they contain units that cannot be measured to the same extent and the problems are either a selection or design problem with a broad classification.

The multi-criteria decision-making problem is solved either by designing an infinite number of previously unknown alternatives or selecting the best from a predetermined, limited set of alternatives. In doing so, all criteria or dimensions are evaluated.

## 6. References

- [1] Korkusuz, A.Y., İnan, U.H., Özdemir, Y., Başlıgil, H., “Occupational health and safety performance measurement in healthcare sector using integrated multi criteria decision making methods”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35, 81-96, 2020.
- [2] Ilgın, M.A., Alkan, E., “Analysis of the Factors Hindering the Widespread Use of Renewable Energy Resources in Turkey Using Multi Criteria Decision Making Techniques and House of Quality”, *International Journal of Engineering Research and Development*, 12, 1-12, 2019.
- [3] Durna, E., Koz, G., Genç, N., “Determination of the most suitable disposal option in the management of end of life tires in Turkey by PROMETHEE and Fuzzy PROMETHEE method”, *Journal of Polytechnic*, DOI: 10.2339/politeknik.591100.
- [4] Ertuğrul, İ., Budak, İ., “Evaluation of Disability Employment with Multi-Criteria Decision Making Methods in Turkey”, *Journal of Social Security*, 9, 65-84, 2019.
- [5] Günay, B., Kaya, İ., “The Performance Measurement Of The Intermediary Institutions Traded In Borsa İstanbul With Multi Criteria Decision Making Methods”, *Manisa Celal Bayar University Journal of Social Sciences*, 15, 141-164, 2017.
- [6] Özçelik, T.Ö., Eryılmaz, S.A., “Selection of Suppliers with Multi Criteria Decision Making Methods in Tractor Manufacturing”, *European Journal of Science and Technology*, Special Issue, 498-512, 2019.
- [7] Çalışkan, E., Eren, T., “Evaluation Of The Multi-Criteria Decision Making Performance Of Banks”, *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, 6, 85-107, 2016.
- [8] Dinçer, S.E., Demir, E., “The Analysis of Regional Socio Development Level of the Cities in Turkey by Vikor Method Approach from Multiple Criteria Decision Making Methods”, *Social Sciences Research Journal*, 7, 55-75, 2018.
- [9] Oralhan, B., Büyüktürk, M.A., “Comparison of European Union And Turkey’s Innovation Performance By Using Multi Criteria Decision Making Methods”, *European Journal of Science and Technology*, 16, 471-484, 2019.
- [10] Acar, M., “The Determination and Ranking of Financial Performance Via Topsis Multi Criteria Decision Making Method: An Application of Bist Insurance Index”, *Journal of Financial Research and Studies*, 11, 136-162, 2019.
- [11] Genç, T., “A Hybrid Multi Criteria Decision Making Approach for Evaluating the Socio-Economic Development of the Chosen Cities in East and Southeast Anatolia Region”, *Ç.U. Journal of Institute of Social Sciences*, 25, 71-88, 2016.
- [12] Uğur, L.O., “Application of the VIKOR multi-criteria decision method for construction machine buying”, *Journal of Polytechnic*, 20, 879-885, 2017.
- [13] Baynal, K., Şahin, Y., Taphasanoğlu, S., Selection of White Goods for Luxury Housing Project With Multi-Criteria Decision Making Techniques, *MANAS Journal of Social Studies*, 8, 1871-1888, 2019.
- [14] Ömürbek, N., Karataş, T., “Evaluating Performance of Entrepreneurial and Innovative Universities with Multi-Criteria Decision Making Methods”, *Mehmet Akif Ersoy University Journal of the Institute of Social Sciences*, 10, 176-198, 2018.
- [15] Çetinbaş, M., “Excel applications on multi-criteria decision making methods”, *Pamukkale Journal of Business and Information Management*, 4, 12-29, 2017.
- [16] Uyan, M., Yalpir, Ş., “Site Selection for Medical Waste Sterilization Plants by Integration of Multi Criteria Decision Making Model with GIS”, *AKU J. Sci. Eng.*, 16, 642-654, 2016.



## MOBILE SECURITY: A COMPREHENSIVE ANALYSIS

Murat Dener

*Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Computer Sciences and Engineering*

*muratdener@gazi.edu.tr*

### Abstract

Today, millions of people provide their communication needs thanks to their smart mobile devices. At the same time, these smart mobile devices are not only used as a means of communication, but also as a small pocket computer. By connecting to the internet with the mobile device, it can make correspondence and lists in all its social accounts, use the internet banking, download the application from the markets and take care of the game or the program. In addition, all private folders, including personal information, images, videos, files, are housed in this device. In this respect, the safety of smart mobile devices comes to the forefront. Unable to secure on smart mobile devices, the user can become the target of all malicious people. In this study, security problems for smart mobile devices and security solutions developed against them will be explained. These problems and solutions will be categorized and current perspective will be presented. It is considered that this study will be beneficial for mobile technology developers.

**Keywords:** *Mobile Security, Smart Mobile Devices, Problems, Solutions*

### 1. Introduction

The use of mobile smart devices is increasing day by day. Today, people carry out their banking transactions and their own private business transactions through their mobile devices. Also, some people have multiple smart devices. The possibilities and future of smart devices have greatly increased our interests as they still have great potential despite their current status. Unfortunately, there is a serious threat if not handled appropriately. Accordingly, the security of mobile smart devices should be ensured at a high level and thus, the protection of users should be helped.

As smartphones become more technologically advanced and cheaper, the usage rate increases a lot. Business information, social media accounts, emails, pictures and all kinds of data are stored on these mobile devices.

However, this data is often fragile and the user faces mobile security threats. Mobile threats target data such as credit card numbers, secondary authentication information, private information, or personal media such as images and video.

Today's smartphones are effective small computers and are vulnerable to malware. Malware attempts to exploit the weaknesses of mobile communications through Wi-Fi networks, text messages, browsers, or operating systems.

Google's Android system is more vulnerable to malware than Apple's iOS system. Because iOS software developers are required to obtain a license, while Android software developers do not. However, all users must take security measures against mobile threats.

In this study, researches on mobile security have been made and current studies have been presented.

### 2. Mobile Security

Nowadays, mobile security is becoming a major concern and it is undisputed that the density of smart mobile devices is increasing at an alarming rate. This could become a potentially serious threat if not addressed seriously. One of the most important reasons for the increase in the usage of mobile devices is the ability to perform most of our daily operations from a single device. With our smart mobile device, as shown in Figure 1, telephone conversation, message exchange, Internet browsing, mobile applications, mobile programs, reading books, social media usage, note-taking, using as a modem, storing files, taking pictures, watching TV, e-mail We are able to carry out many work-processes where we can replicate more examples, such as sending and receiving alarms.

That's why people have increased their use of smart mobile devices. If the safety of these devices is not maintained at the best level, the number of vulnerable targets will increase with each passing day.





Figure 10: Mobile Security [1]

### 3. Studies on mobil security

Many studies have been conducted in the field of mobile security in the literature. Some of the current and important ones are given here.

The authors [2] conducted an analysis study. As a result of the analysis, it is shown that all properties can be classified as one-dimensional or unregistered quality. According to the authors, in general, the four most important features that further affect customer satisfaction are önleme malware prevention”, “safe browsing”, “parental control” and “privacy protection.. The features of “secure application consultant” and “application lock” have little effect on customer satisfaction. “Data backup”, “garbage file cleaning”, “Wi-Fi security”, “message and call filter”, “remote wipe” and “remote lock and place” have higher impact on reducing dissatisfaction rather than increasing customer satisfaction.

The authors [3] stated that the security of the touch screen of the smartphone attracted the attention of academics as well as industry and security experts. According to the authors, maximum security of the touch screen of the mobile phone is required to protect the information stored by the user in the event of a smartphone loss. Previous studies in this area focused mainly on biometrics and graphic codes.

The authors [4] stated that the number of third-party in-app payment applications has increased as a result of the tremendous growth of smart mobile devices. According to the authors, such payments are therefore error-prone and can be easily exploited, leading to serious financial frauds. The study provides an in-depth analysis of the world's largest mobile payment market to investigate the existing third-party mobile payment ecosystem and find possible security threats. It also outlines the safety rules that should be drawn up by buyers and traders.

The authors [5] stated that mobile applications have become popular sources for mental health support. According to the authors, the availability of information on data security procedures for developed health care practices, particularly for mental health targets, has not been fully explored. In the study, data security and privacy policies of mobile applications for depression were reviewed. In this study, using the word “Depression mobil, mobile applications purchased from iTunes and Google Play stores in October 2017 were examined and the transparency of the data processing procedures of these applications were evaluated. According to the results of the study, most of the applications examined were not sufficiently transparent about information security data.

The authors [6] state that having a smartphone is very easy today and that most of the people around us have a smartphone or an equivalent smart device. The study discusses the current state of the commercially available operating systems of the two largest names in smart devices such as iOS and Android, and measures how secure and / or vulnerable they are to malware due to the nature of the mobile ad-hoc network.

The authors [7] stated that the use of sensors to monitor environments and people has become an active research topic and that sensors have become increasingly efficient and smaller. The medical industry has benefited from this technology for all kinds of treatment, monitoring and prevention measures. The use of mobile and wearable computers has the potential to monitor patients remotely or warn of the occurrence of undesirable events such as the fall of elderly people. The study presents a technology to



monitor patients' movements and inform their caregivers in the event of a patient fall. The proposed technology uses inexpensive wearable hardware and an application for mobile devices.

The authors [8] stated that mobile-to-device networks are now becoming a standard feature on many mobile devices, enabling mobile devices to communicate with each other even if there is no commercial Internet access. In Android applications, it is stated that a mobile device can be networked in various ways such as Wi-Fi hotspot, Wi-Fi Direct and Bluetooth. According to the authors, these devices provide tangible benefits to users while increasing the security risks of information leakage. In this study, an in-depth experimental security analysis is presented between mobile devices in Android-to-device networks.

The authors [9] stated that with the continuous development of multimedia technology, an increasing number of multimedia applications have emerged. In this study, Lightweight and Privacy Protected Data Collection technique was proposed for Mobile Multimedia Security.

The authors [10] have recently stated that iris has proven to be a suitable biometric for authentication provided by the latest generation of smartphones. However, they proposed a fast fuzzy-based iris noise reduction model for mobile security with the idea that authentication could not be provided due to the noise that may be present in the iris.

The authors [11] state that most companies now employ a security team to protect the company's assets or for different tasks. In the system developed by the authors, the building and important rooms were supported with infrared sensor, light intensity sensor and camera, and security team supported with Google Glass. The system calculates data from the sensors and in an emergency, the alarm is sent to the security guard and the image is shown to the security guard at Google Glass.

The authors [12] stated that Android, as the most widely used operating system by people, uses permissions to restrict malicious applications. However, malware developers use a variety of social methods to encourage users to install malware. In the study, a new criterion for measuring the security risks of applications was proposed based on analyzing the desired permissions of a large number of malware and good-faith applications.

The authors [13] stated that mobile health system architectures typically rely on mobile and wireless communications and use mobile devices with data exchange supported by Web services. According to the authors, constant mobility and frequently needed Internet connectivity jeopardize the confidentiality of mobile health information. In this study, a new data encryption solution for mobile health systems is proposed.

The authors [14] aim to examine the perceptions of mobile users about the economic importance of security breaches.

The authors [15] have developed a new system for providing mobile security with location-sensitive role-based access control. According to the authors, the developed system can be used to implement other security enhancing solutions on mobile devices such as location-based access control and location-based device locking, firewall, intrusion prevention, or payment fraud prevention systems

The authors [16] stated that the problem of sensitivity to malware detection has become one of the most important concerns in mobile security. In this study, a threat risk analysis model for mobile viruses was proposed using an heuristic approach that includes both malware behavior analysis and code analysis.

The authors [17] stated that with the increasing use of smartphone applications, security became a problem. According to the authors, malware previously encountered only on computers now controls installed applications, pop-up files or browsers and smartphones. Malware that infects smartphones; accessing personal information of users, storing their activities or locations, infiltrating social media accounts, accessing bank accounts, sending unauthorized messages, shortening memory and battery life. Mobile operating systems on smartphones also take some security measures while including an application in the application markets. In the study, security models of Android, iOS, Blackberry OS, Symbian OS were examined.

The authors [18] evaluated the network and information security dimensions as well as the types of attacks and types in health systems.

#### 4. Conclusions

In this study, security studies for mobile devices are examined. Mobile and web attacks, malware, social engineering attacks, service interruptions, data / information theft and data integrity attacks can be faced in many environments.

To protect against malicious mobile software, there are several free mobile security software applications in mobile stores. Users can create a strong password, watch text messages, check the lock symbol in his/her browser, make sure his/her applications belong to well-known resources to improve his/her mobile security.

#### 5. References

- [1] Finjan Mobile, "Apps are Creating Mobile Security Vulnerabilities for IoT – How Bad is It?" <https://www.finjanmobile.com/mobile-security-vulnerabilities-for-iot/>, 2019.
- [2] Mei-Ling, Y., Ming-Chuen, C., Chun-Cheng, H., "The Kano model analysis of features for mobile security applications", *Computers & Security*, 78, 336-346, 2018.



- [3] Ibrahim, T.M., Abdulhamid, S.M, Alarood, A.A., Chiroma, H., Al-garadi, M.A., Rana, N., Muhammad, A.N., Abubakar, A., Haruna, K., Gabralla, L.A, “Recent advances in mobile touch screen security authentication methods: A systematic literature review”, *Computers & Security*, 85, 1-24, 2019.
- [4] Yang, W., Li, J., Zhang, Y., Gu, D., “Security analysis of third-party in-app payment in mobile applications”, *Journal of Information Security and Applications*, 48, 1-14, 2019.
- [5] O’Loughlin, K., Neary, M., Adkins, E.C., Schueller, S.M., “Reviewing the data security and privacy policies of mobile apps for depression”, *Internet Interventions*, 15, 110–115, 2019.
- [6] Chan, J.H., Hong, J.L., “Mobile Security and its Application”, *International Journal of Security and Its Applications*, 10, 89-106, 2016.
- [7] Kronbauer, A.H., da Luz H.C., Campos, J., “Mobile Security Monitor: A Wearable, Computing Platform to Detect and Notify Falls”, *IEEE Latin America Transactions*, 16, 957-965, 2018.
- [8] Liu, K., Shen, W., Cheng, Y., Cai, L.X., Li, Q., Zhou, S., Niu, Z., “Security Analysis of Mobile Device-to-Device Network Applications”, *IEEE Internet of Things Journal*, 6, 2922-2932, 2019.
- [9] Ma, S., Zhang, T., Wu, A., Zhao, X., “Lightweight and Privacy-Preserving Data Aggregation for Mobile Multimedia Security”, *Special Section On Mobile Multimedia: Methodology And Applications IEEE Access*, 7, 114131-114140, 2019.
- [10] Barra, S., Bisogni, C., Nappi, M., Ricciardi, S., “F-FID: fast fuzzy-based iris de-noising for mobile security applications”, *Multimedia Tools and Applications*, 78, 14045–14065, 2019.
- [11] Alhuhud, G., Alsaeed, D.H., Al-Baity, H., Al-Humaimedy, A.S., Al-Turaiki, I., “iGuard: mobile security guard system with infrared biosensor and google glass”, *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 12, 333-337, 2019.
- [12] Deypir, M., “Entropy-based security risk measurement for Android mobile applications”, *Soft Computing*, 23, 7303–7319, 2019.
- [13] Silva, B.M.C., Rodrigues, J.J.P.C., Canelo, F., Lopes, I.M.C., Lloret, J., “Towards a cooperative security system for mobile health Applications”, *Electron Commer Res*, 19, 629–654, 2019.
- [14] Stiakakis, E., Georgiadis, C.K., Andronoudi, A., “Users’ perceptions about mobile security breaches”, *Inf Syst E-Bus Manage*, 14, 857–882, 2016.
- [15] Ulltveit-Moe, N., Oleshchuk, V., “Enforcing mobile security with location-aware role-based access control”, *Security Comm. Networks*, 9, 429–439, 2016.
- [16] Wang, P., Chao, K.M., Lo, C.C., Wang, Y.S., “Using ontologies to perform threat analysis and develop defensive strategies for mobile security”, *Inf Technol Manag*, 18, 1-25, 2017.
- [17] Büyükgöze, S., “Security Model Investigations of Mobile Application Markets”, *Turkey Information Foundation Of Computer Science And Engineering Journal*, 12, 9-18, 2019.
- [18] Oguz, M., Information security requirements of customized mobile health applications, *Journal of Health Academics*, 4, 110-114, 2017.





## KESTAMİD MALZEMENİN SAF SU VE AŞIRI TUZLU SU ALTINDA DARBE DAYANIMININ İNCELENMESİ

Mustafa Bozdemir<sup>1\*</sup>, Cüneyd Demir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kırıkkale, Türkiye

mustafabozdemir@kku.edu.tr

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon Programı, Kırşehir, Türkiye

cuneyd.demir@ahievran.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, son yıllarda makine imalatında geniş bir kullanım alanı bulmuş olan kestamid malzemelerin farklı sıvı ortamlarında ve önceden belirlenmiş farklı zaman aralıklarında bekletilmesi sonucunda oluşan nem ve su absorbu değerleri belirlenmiştir. Belirlenen değerlerle, nem etkisinin kestamidin darbe dayanımı üzerindeki etkisi darbe deneyi yapılarak incelenmiştir.

Kestamid malzemeleri talaşlı imalat öncesinde yahut sonrasında depolandığı ortam şartlarındaki nem durumları dayanım değerlerine tesir etmektedir. Bu tesirin incelenmesi için aynı şart ve boyutlarda numuneler hazırlanmıştır. Bu numuneler çeşitli nemlendirici ortamlarda muhtelif aralıklarla bekletilerek nemlenmesi sağlanmıştır. Numunelerin içinde bulunacağı nem ortamı için, saf su ve aşırı tuzlu su tercih edilmiştir. İstenilen bekleme süresinde gerekli nem düzeyine ulaştırılan numuneler, ortam oluşturma kaplarından çıkarıldıktan hemen sonra seri halde izod darbe deneyi cihazına bağlanmış ve darbe dayanımı ölçümü yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kestamid, Kestamid malzeme nem faktörü, İzod darbe deneyi

### 1. Giriş

Poliamidlerin mühendislik plastiği olarak kullanılmaya başlandığı 1960'lerden bugüne birçok farklı özelliklerine dair araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan büyük kısmı poliamid malzemelerin mekanik özellikleri ve sürtünme durumlarının araştırılmasına yöneliktir (Adams, 1963).

Döküm yoluyla elde edilen ve bazı katkılarla mekanik özellikleri iyileştirilmiş türüne, döküm poliamid ya da diğer endüstriyel özel adıyla Kestamid adı verilmektedir. Kestamidler ucuz, kolay işlenebilir, hafif, dayanımı yüksek, aşınmaya dirençli ve sessiz çalışabilen bir mühendislik malzemesi olarak birçok metalin yerini almaktadır. Alüminyum, bakır, bronz ve pirinç gibi metallerden çok daha ucuz olması cazibesini artırmaktadır.

İçerisinde herhangi bir yağlayıcı bulunmayan kuru kestamidlerde sürtünme kuvveti metallere göre düşüktür. Bu sürtünme kuvvetlerinin daha da azaltılması amacıyla kestamid malzemelerin içerisine farklı yağlayıcıların katıldığı çalışmalar yapılmıştır. Bu sayede malzeme dışarıdan bir yağ eklemeye gerek kalmaksızın, kendi kendini sürekli yağlayabilmektedir (Samyna, 2007). Kestamid malzemelerin içerisine yağ eklenebilme özelliği sayesinde, özellikle sürtünmeli yataklar, miller, kızaklar ve kamlar gibi makine elemanlarının çalışma ömrü uzamaktadır (Liu, 2006).

Kestamid malzemeler talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak işlenebilirler. Farklı türlerinin işlenebilirliği, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi diğer bir yoğun araştırma alanıdır (Davim, 2009). Kesici türleri, kesme hızı, talaş derinliği, kullanılan malzeme niteliği vb., gibi birçok parametre kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesi üzerine etkili olmaktadır (Mata, 2006).

Poliamidler yüksek mol kütleli, doğrusal yapılı olan polimer bir sınıftır. Katı, opak, bazen de saydam görünümlü, bağıl yoğunluğu 1,07-1,18 arasında değişebilen termoplast bir malzemedir. Saydam türleri ışığı % 85-90 oranında geçirirler. Açık hava koşullarına bırakılan poliamid hafif sararak mekanik özelliklerinden biraz kaybeder. Petrol yağları, alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, keton ve esterlere karşı direnci iyidir. Fenol, krezol ve formik asit oda sıcaklığında polimeri çözerler. Bundan da yararlanılarak mol kütlesi tayini yapılır. Alkalilere dayanan polimer, kuvvetli asitler ve oksitleyici maddelerden etkilenir. Poliamid granüllerine istenilen çeşitli özellikleri vermek üzere rahatlıkla kabul ettiği pigment, cam elyafı gibi dolgu maddeleri katılabilir. PA 6.6'da olduğu gibi mühendislik plastiklerinin çoğu nem alır. Bu değer %8,5'e ulaştığında malzemenin mekanik özellikleri kayba uğrar. PA 6.10, 11 ve 12 ise az nem aldıklarından teknik ve ticari değerleri yüksektir. %50 bağıl nemli bir atmosferde kondisyonlama, su veya sulu çözelti ile kıyaslanmayacak kadar uzun zaman alır. Tablo 1' de bazı PA tiplerinin nem ve mekanik özellik bağıntıları görülmektedir (Atakök, 2003).





**Tablo 1: Nemin bazı PA türlerinin fiziksel özelliklerine etkisi (Yaşar, 2001)**

PA tipi	Nem Ortamı			Akma Dayanımı		Esneklik Modülü	
	Erime °C	%50 BN(*)	Doygun	Kuru N/mm <sup>2</sup>	% 50 NN(**) N/mm <sup>2</sup>	Kuru N/mm <sup>2</sup> x10 <sup>3</sup>	%50 NN N/mm <sup>2</sup> x10 <sup>3</sup>
6/6	255	2,5	8,5	82,6	58,5	282	120
6	218	2,7	9,5	81,2	44,1	272	96
6/9	210	1,6	5,0	58,5	50,9	199	107
6/10	215	1,5	3,5	58,5	49	192	110
6/12	212	1,3	3,0	60,6	51	203	124
11	185	0,8	1,9	58,5	53,7	131	100
12	174	0,7	1,4	55	52,3	134	103

\*Bağıl Nem \*\*Normal Nem

Poliamidlerin nem alma özelliklerinden dolayı %1'e yakın boyut artışına uğrayabileceği, bu nedenle de kalıp tasarım ve üretiminde bu özelliğin göz ardı edilmemesi gerekir (Yaşar, 2001).

Özellikle nemim etkili olduğu dış hava koşullarında ve deniz araçları tasarımında kullanılan plastik malzemelerin nemden etkilenme ve mekanik özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle poliamid türü malzemelerin nem alma etkileri ve farklı çevresel ortamlardaki mekanik özelliklerinin belirlenmesi için deneysel çalışmaların sayısında artış gözlenmektedir.

Nem alma özelliği polimerin içine su almasından dolayı ağırlık artış yüzdesi olarak tarif edilir. 24 saat su içinde tutmak gibi standart deney teknikleri ilgili standartlarda tarif edilmiştir. Deneyler farklı sıcaklıklarda farklı zaman süreleri için de tatbik edilebilmektedir. Sıvı olarak su kullanma zorunluluğu da yoktur. Nem alma özelliği polimerin mekanik, elektriksel özelliklerinin yanında boyutlarını da etkileyebileceği için oldukça önemli bir büyüklüktür. Nem alma oranları çok az olan polimerler boyut stabilitesi açısından diğerlerinden daha üstündürler (Kohan, 1995).

Poliamidlerin su alması tersinirdir. Emilen suyun miktarı şunlara bağlıdır:

- İzafi nem oranı ve çevre sıcaklığı,
- Neme maruz kalma süresi,
- Poliamid tipi, kristalitesi ve takviye veya dolgu maddeleri.

Nem alma hızı poliamidin cinsine, sıcaklığa, poliamidin kristalitesine ve poliamid kesitinin kalınlığına bağlıdır. Herhangi bir izafi nem oranı yüzdesine bağlı olarak nem almadaki azalmanın sonucu özellik değişimi daha az ve boyut kararlılığı daha yüksek olmaktadır (Atakök, 2003). Denge nem içeriği, yüksek metil/amid poliamidler PA 11 ve PA 12 dışında sıcaklığa duyarlıdır. Örneğin, PA 11 23°C de %100 RH (izafi nem oranı) ta %1,9 ve 100°C de %3,0 nem içerir. İlk yaklaşım olarak, dengeye ulaşma zamanı, kalınlığın karesi ile doğru orantılıdır ve artan izafi nem oranı ile azalmaktadır. Bu, amidin yüzeye yakın yerlerde bir bariyer gibi davranması sonucu iç kesimlere doğru su hareketini engellemesi ile açıklanmaktadır. Nemin dışarı verilmesi (desorpsiyon) ile nemin son kalıntılarının uzaklaştırılması zordur. Bu durumda, yüzeye yakın yerlerdeki amid gruplarının kurutulması son nem kalıntılarının yüzeye yayılmasına izin verir (Herbert, 1943).

Parçanın kalıplanması sürecinde poliamidin nem alması, gerilme azalmasından ve nem almadan dolayı genişlemesinin sonucu olarak boyut değişimine neden olur. Boyut değişimi parça kalınlığına ve kalıplama şartlarına bağlıdır. Bu iki zıt etki boyutta tek bir değişime neden olur. Bu değişim oldukça düşüktür. Örnek olarak 1 yıl boyunca %50 RH. Enjeksiyonla üretilmiş 3.2 mm kalınlığında bir PA 66 parçanın boyutundaki değişim %0,1 den azdır. Bu örnek poliamidin dişli çark, bobin gibi kritik boyut gerektiren durumlarda neden başarıyla kullanıldığını açıklar. Nemdeki değişime bağlı olarak nem almada ya da nemin dışarı verilmesinde de değişiklik olur. Ancak nem alma/verme oranı (rate) oldukça düşüktür ve sonuç olarak boyuttaki değişimde küçüktür. Örneğin enjeksiyonla üretilmiş PA 66 parça %50 RH da ( $\pm$  % 10RH değişimi) dengeye ulaştığında boyutlarında %0,4 ten daha az bir değişim olmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalan poliamidlerde gerilme azalması ve ısı işlem sonucu çekme olur. Değişimin miktarı parçanın kalınlığına ve enjeksiyon sıcaklığına bağlıdır. Isıl işlem görmüş parçalarda nem almadan kaynaklanan boyut değişimi olmaktadır. İlk bakışta, gerilmesiz bir parçada nem alma sonucu boyutlardaki doğrusal değişimin nem almış olan parçanın değişiminin yaklaşık 1/3 olduğu görülmektedir (Herbert, 1943).

Bazı poliamid tipleri ya da bunların kompozit malzemeleriyle desteklenmesi sonrasında elde edilen yeni malzemelerin nem faktörlerine bağlı mekanik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Zhao ve arkadaşları PA6 ve PA66 malzemeleri nemli ve kuru durumlarda kıyaslayarak, farklı mekanik özelliklerinin değişimini araştırmışlardır. Çekme dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı gibi mekanik özellikler nem çekme miktarı ile ilişkilendirilerek, dayanım değişimleri incelenmiştir.



Yapılan charpy darbe deneyi sonuçlarında kuru ve nemli numuneler arasında çok az bir dayanım farkı olduğu belirtilmiştir (Rongguo, 2006).

Rajeesh ve arkadaşları yaptıkları deneysel çalışmada, PA6 malzemelerin killi kompozit uygulamasında nem faktörünün etkisini araştırmışlardır. Deneyler için geliştirilen kompozit malzeme, kontrollü nem ortamında farklı değerlerde yorulma ve sertlik açısından incelenmiştir. Sonuçlar malzeme sertliğinin nem altında düşerken, yorulma ömrünün olumlu etkilendiği ve yorulma süresinin arttığı görülmüştür (Rajeesh, 2010).

Srinath ve Gnanamoorthy tarafından yapılan PA6 killi kompozit malzeme su altı aşınma deneyleri yapılarak, aşınma ve sürtünme katsayısı değişimleri incelenmiştir. Nemle etkileşen killi PA6 malzemenin sürtünme katsayısında düşüş görülmektedir (Srinath, 2006).

Bu çalışmanın amacı, literatürde yapılmadığı görülen farklı tür nemlendirici ortamların kestamid malzemesi ve onun kendinden yağlamalı tipi üzerinde oluşturduğu etkinin, darbe dayanımına olan katkısı deneysel olarak incelenmesidir. Literatürde nem almış poliamid tiplerinin genel olarak çekme dayanımları bilinmesine rağmen, farklı ortamlar içinde bekletilmiş kestamid malzemelerin darbe dayanımları konusu yeteri kadar incelenmemiştir. Nemlendirme ortamı olarak saf su, deniz suyu, aşırı tuzlu su ve genel makine yağı seçilmiştir. Nemlendirme ortamında malzemenin en fazla nem alma süresi tespit edilmiş, bu nem oranı tam doygunluk durumu olarak belirlenmiştir. Deney numuneleri belirlenen sürelerde nemlendirme ortamlarında tutulduktan sonra, darbe testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafiklerle açıklanmıştır.

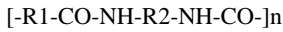
## 2. Poliamid Malzemeler

Mühendislik plastikleri yüksek mukavemet, sertlik, kimyasallara dayanım ve ısı dayanım gibi özellikleri bünyesinde barındıran plastiklerdir. Bu grupta poliamidler, asetaller, polikarbonatlar, poliesterler sayılabilirler (Erbay, 2006).

Poliamidlerin en sık kullanılanı nyondur. Sanayide en çok kullanılan tipleri nylon 6, nylon 6,6'dır. Nylon kuvvetli ve oldukça elastiktir. Mekanik özelliklerini 125°C'ye kadar rahatlıkla koruyabilir. Yataklar, dişliler gibi, yüksek mukavemetin ve düşük sürtünmenin gerekli olduğu parçalarda, sıkça kullanılan bir malzemedir. Diğer bir poliamid (PA) grubu, aromatik poliamidler veya Kevlar olarak ta bilinen aramidlerdir. Kevları üstün kılan özelliği, çelikle aynı mukavemete, %20 daha az ağırlıkla sahip olmasıdır.

Poliamid, [peptid bağları](#) tarafından bağlanmış [monomerler](#) içeren bir [polimerdir](#). Doğal olarak ([proteinler](#), [yün](#), [ipek](#)) da oluşabilirler, suni olarak ([nyaylon](#), [kevlar](#), sodyum (poli)aspartat) da yapılabilirler. Bir asit klorid grubu veya karboksilik asit ve bir amino grubun yoğunlaşma reaksiyonundan amid bağı elde edilir. Küçük [molekül](#), (genellikle [su](#), [amonyak](#) veya [hidrojen klorid](#)) elimine edilir. Amino grup ve karboksilik asit grubu aynı monomer üzerinde olabilir veya biri iki amino grup ile, diğeri iki karboksilik asit veya asit klorid grubu ile iki farklı bifonksiyonel monomerden, polimer oluşabilir. [Amino asitler](#), tekil monomer örneklerindeki gibi, benzer moleküllerle reaksiyona girip polyamid formunu alabilir (Web 8, 2019).

Genel olarak poliamidin kimyasal formülü aşağıdaki gibidir.



Molekül yapısındaki R1 ve R2 grupları bu geniş poliamid ailesinin cinsini tayin eder. Günümüzde bu yapıyı sağlayan değişik poliamid türleri laboratuvarlarda sentezlenmekte ve sanayinin kullanımına sunulmaktadır.

Bileşiminin, poliamidin özellikleri üzerine önemli etkisi vardır. Özellikle su alma, çok fazla etkilenir. Her CONH-grubunda ne kadar çok CH2-grubu varsa, su alma o kadar azdır ve ölçü tamlığı da o kadar iyidir. (%1 nem alma, %0,3 boy uzamasına karşılık gelir.) Nemli atmosferde ölçü tamlığı aranan parçalar, yalnızca %1,5 su ile doymaya ulaştıklarından, tercihen poliamid 11'den yapılırlar. (Karşılaştırma için, bu değer PA 6 da %10 dur.) Poliamid, konstrüksiyon malzemesi olarak, örneğin dişli çark, çubuk, cıvata gibi mekanik yüklenen ve ölçü tamlığı aranan yerlerde tercih edilir. Mekanik özellikleri nem miktarına ve kristallik derecesine önemli ölçüde bağlıdır. Kısmi kristalin yapı nedeniyle ve yüksek ergime sahasından dolayı daha yüksek sıcaklıklarda da kullanılabilirler. Ancak 100°C nin üzerinde, ortamda oksijen bulunması halinde, oksidasyonla tahribat meydana gelir. Bundan dolayı, atmosferde kullanım için yalnızca stabilize edilmişler seçilir (Web 9, 2019).

Poliamidler günümüzde en çok talep gören mühendislik plastiklerindedir. Başlıca tipleri Poliamid 6 (PA 6), Poliamid 6.6 (PA 6.6) ve bunların cam elyaf takviyeli çeşitleridir. Bu malzemeler otomotiv, elektrik ve elektronik, ev eşyaları, inşaat ve mobilya sektörlerinde kullanılmaktadır. Poliamidler kimyasal yapıları gereği higroskopik malzemelerdir. Bundan dolayı buldukları çevreye bağlı olarak ortamdan nem çekebilmektedirler. Nem çekme oranı aşağıdaki şartlara bağlıdır (Web 6, 2019);

- Malzemenin kristal yapısı
- Dolgu/Takviye tipi ve oranı
- Parça kalınlığı
- Ortamın sıcaklığı ve bağıl nemi
- Zaman



**Tablo 2: Poliamidlerin bazı özellikleri (Web 7, 2019)**

Fiziksel Özellikler	Birim	Değer	Test Metodu	
			DIN	ISO
Özgül Ağırlık	g/cm <sup>3</sup>	1,135	53479	1183
Servis Sıcaklığı	0°C	100	53461	75
Ergime Noktası	0°C	220	-	-
Termal Uzama	1/K*105	6–10	53752	-
Çekme Dayanımı	N/mm <sup>2</sup>	60–70	53455	527
Çekme Uzaması	%	-	53455	527
Kopma Dayanımı	N/mm <sup>5</sup>	80	53455	527
Kopma Uzaması	%	>50	53455	527
Darbe Dayanımı	Kj/m <sup>2</sup>	-	53453	179
Çentik Darbe Dayanımı Kj/M2	Kj/m <sup>2</sup>	4–25	53453	179
Elastiklik Modülü	N/mm <sup>2</sup>	3000	53452	178
Su Emme	%	9–10	53495	62
Hacimsel Direnç	Wxcm	>10 16	53482	167
Yüzeysel Direnç	W	>10 13	53482	167
Dielektrik Dayanımı	KV/mm	70–100	53481	243
Aşınma (Islak Kum Test)	%	-	58836	-
Shore	-	85	53505	-
Rockwell	-	M85	-	2039–2
Bilya Çentiği 358/30	N/mm <sup>2</sup>	70–150	53456	2039–1

### 3. Yöntem

Polyamid türü endüstriyel plastiklerin nem almaları sonrasında oluşan yüzey pürüzlülüğü ve kopma dayanımı değerlerine ait çalışmalar bulunmasına rağmen saf su, makine yağı gibi nem etkisi bulunan ortamların ve çalışma sürelerinin darbe dayanımı etkisi üzerinde nasıl katkı sağladığı araştırılmamıştır. Bu çalışmada, farklı sıvı ortamlarında farklı sürelerde bulundurulmuş kestamid malzemelerin, darbe dayanımı değişimine etkisi deneysel olarak bulunması amaçlanmıştır. Özellikle dişli çarklar gibi yoğun kullanım alanı olan kestamid malzemelerin, dişli çarkların dişlerindeki aşırı yüklenme sonrasında oluşacak kırılma gibi hasarların önlenmesi ve nem ile ilişkisinin bulunması için darbe deneyi düzeneği planlanmıştır.

Çokça üstün özelliğine rağmen kestamid malzemeler için nem faktörü ciddi olarak göz ardı edilmemesi gereken bir durumdur. Nem çekmiş kestamid malzemeler üzerine yapılan çalışmalarda, talaşlı imalat işlemi sırasında ve sonrasında yüzey pürüzlülük değerlerinde yaklaşık %10-15 arasında değişimler görülmektedir. Özellikle dişli çark, kaymalı yatak imalatı gibi hassas yüzey işleme durumları gerektiren yerlerde kestamid malzemelerin kullanılması durumunda, nem faktörü tasarım ve imalatta dikkate alınmaz ise, yüzey pürüzlülüğünü artırabilir ve kestamidden üretilen makine elemanının çalışma ömrünü kısaltacaktır. Malzemelerde gevrek (ani) kırılma dediğimiz söz konusu olay mevcuttur. Gevrek kırılma; malzemeye sürekli, yavaş artan ve tek eksenli yüklenen gerilmenin, akma gerilmesini geçmemesine rağmen, verilen gerilmenin sonucunda malzemenin vermiş olduğu kırılma tepkisidir. Malzemenin böyle bir tepki göstermesi istenmez. Mühendisler çalışmalarında kullandığı malzemeleri kendi kontrolleri altına almak isterler. Bu yüzden kullanacağı malzemeyi yeterli ekonomikliğe, tokluğa ve süneklığe sahip seçer. Bu seçimi yaparken de en sık kullandıkları deney; çentik darbe deneyidir.

Bu amaçla, kestamid (PA6G) malzemenin saf su ve makine yağı sıvılarında belirli sürelerde bekletilmesinin ardından darbe dayanımları ölçülmüştür. Ölçülen değerler kestamid malzemelerin nem faktöründen ne derece etkilendiği, farklı sıvılar içerisinde nem faktörünün nasıl değişiklik gösterdiği, farklı süre ve farklı sıvı ortamlarda beklemiş kestamidin tokluğu ve sünekliliği vb. birçok faktör deneysel olarak ölçülmüştür. Ayrıca farklı tip kestamid malzemelerin, farklı sıvı ortamlarında farklı sürelerde bekletilmesi sonrasında oluşan nemlenme oranları bulunarak, bu değerlerde yapılacak darbe deneyi sonuçları ile kuru şartlarda yapılan darbe deneyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerler, sıvı ortamın durumu, bekleme süresi, malzeme tipi gibi girdi



değişkenleriyle, ölçülen darbe dayanımı değeriyle ilişkilendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, makine imalatında kestamid malzeme kullanan işletmelere büyük bir fayda sağlayacaktır. İşletmeler için yeterli tokluğa ve süneklığe sahip kestamidin çalışma ömrünün daha uzun olması imkânı ortaya çıkacaktır.

### 3.1. DeneY Düzeneği

DeneYlerde CEAST P/N 6958.000 marka Izod darbe cihazı kullanılmıştır. Test cihazı, maksimum 25J'lük potansiyel enerjiye sahip olup farklı enerji kapasitelerinde çekiciler kullanılabilir. Cihaz termoplastik malzemelerin, esneklik davranışlarını standart gerilme durumlarında, darbe kırılmalıklarına bakarak değerlendirmektedir (Özenç, 2007). şekil 1'de deneY cihazı gösterilmiştir.



şekil 1: DeneYlerde kullanılan izod darbe cihazı

Sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için deneY sonuçlarında absorbe edilen enerji, kullanılan çekicin sahip olduğu potansiyel enerjinin %20'si ile %80'i arasında olmalıdır. Bu nedenle yapılan birkaç ön denemeden sonra deneYlerde 7,5J'lük çekiciler kullanılmasına karar verilmiştir. şekil 2'de çekic bağlandıktan sonra deneY numunesinin çekic vuruş yönüne göre cihaz mengenesine bağlanması görülmektedir. DeneY öncesinde, ortam sıcaklığı, kullanılan çekicin potansiyel enerjisi, kullanılmak istenen standart, deneY numunesinin eni, boyu, test hızı vb. değerler cihaz üzerindeki kontrol panelinden girilmektedir. DeneY sonunda absorbe edilen enerji (J), darbe direnci (kJ/m<sup>2</sup>), darbe test hızı (m/s) ve darbe sonrası çekicin yükselme açısı cihazın ekranından okunmaktadır. Elde edilen verileri bilgisayara aktarmakta mümkündür.



şekil 2: DeneY numunesinin çektik (izod) darbe test cihazına bağlanması

### 3.2. DeneYde Kullanılan Materyaller

Ortam ve malzeme nem oranların ölçümünde Trotec T2000S marka ölçüm cihazı ve hassas elektronik tartı kullanılmıştır. CNC takım tezgahlarında, kestamid malzemesinin talaş kaldırılarak işlenmesi esnasında, ortalama yüzey pürüzlülüğündeki değişimler de Mahr, MarSurf PS1 portatif yüzey pürüzlülüğ cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İşleme sonrası oluşan yüzeyler arasındaki pürüzlülüğ oranları karşılaştırılmalı değerlendirileceği için istatistiksel ölçüme dayalı ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) tercih edilmiştir. Çentik deneYi yapılmadan önce numunelerin pürüzlülüğleri ölçülmüştür. Cihazın iğnesi 2µm ölçüm yarıçapında ve baskı kuvveti yaklaşık 0,7mN'dır. Pürüzlülüğ ölçümün tarama uzunluğu 5,6 mm olarak ayarlanmıştır. şekil 3'de hassas elektronik tartı, nem ölçüm cihazı ve yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı görülmektedir.



şekil 3: Hassas elektronik tartı - Nem ölçüm cihazı - Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı



### 3.3. Deneysel Numuneleri ve Özellikleri

Aşağıdaki boyutlara uygun (mm olarak), Tip 1 (TS 3861 EN ISO 3167 (EN ISO 3167)) numuneler tercih edilmiştir.

Uzunluk:  $l = 80 \pm 2$  Genişlik:  $b = 10,0 \pm 0,2$

Kalınlık:  $h = 4,0 \pm 0,2$

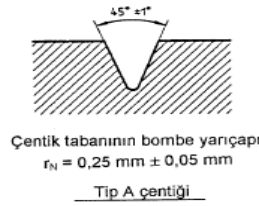
Deneyler 4'er adet numune ile gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar 4 numunenin ortalama sonuçlarından elde edilmiştir. Numunelerin özellikleri Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3: Kestamid ve Kestoil malzemenin özellikleri (Web 4 ve Web 5, 2019)**

ÖZELLİKLER	Test Yöntemleri	Birimler	Değerler	ÖZELLİKLER	Test Yöntemleri	Birimler	Değerler
Renk	-	-	Doğal (fildişi)/siyah	Renk	-	-	Gri
Yoğunluk	ISO 1183-1	g/cm <sup>3</sup>	1.15	Yoğunluk	ISO 1183-1	g/cm <sup>3</sup>	1.14
Su emme:				Su emme:			
• 23 °C'de 24/96 saat suya batırıldıktan sonra (1)	ISO 62	Mg	44/83	• 23 °C'de 24/96 saat suya batırıldıktan sonra (1)	ISO 62	Mg	40/76
• 23 °C'de hava doygunluğunda / 50 % RH	ISO 62	%	0.65/1.22	• 23 °C'de hava doygunluğunda / 50 % RH	ISO 62	%	0.59/1.12
• 23 °C'de su doygunluğunda	-	%	2.2	• 23 °C'de su doygunluğunda	-	%	2
	-	%	6.5		-	%	6.3
<b>Isıl Özellikler (2)</b>				<b>Isıl Özellikler (2)</b>			
Erime sıcaklığı (DSC, 10 °C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	215	Erime sıcaklığı (DSC, 10 °C/min)	ISO 11357-1/-3	°C	215
Camdan geçiş sıcaklığı (DSC, 20 °C/min)-{3}	ISO 11357-1/-2	°C	-	Camdan geçiş sıcaklığı (DSC, 20 °C/min)-{3}	ISO 11357-1/-2	°C	-
23 °C'de ısı iletkenlik	-	W/(K.m)	0.29	23 °C'de ısı iletkenlik	-	W/(K.m)	0.29
Lineer termal genişleme katsayısı				Lineer termal genişleme katsayısı			
• 23 ve 60 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	80x10 <sup>-6</sup>	• 23 ve 60 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	80x10 <sup>-6</sup>
• 23 ve 100 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	95x10 <sup>-6</sup>	• 23 ve 100 °C'de ortalama değer	-	m/(m.K)	95x10 <sup>-6</sup>
Yük altında sapıtma sıcaklığı				Yük altında sapıtma sıcaklığı			
• A yöntemi: 1.8 MPa	+ ISO 75-1/-2	°C	80	• A yöntemi: 1.8 MPa	+ ISO 75-1/-2	°C	75
Havada maksimum izin verilen servis sıcaklığı				Havada maksimum izin verilen servis sıcaklığı			
• Kısa aralıklarda (4)	-	°C	170	• Kısa aralıklarda (4)	-	°C	165
• Devamlı olarak 5.000/20.000 saat (5)	-	°C	105/90	• Devamlı olarak 5.000/20.000 saat (5)	-	°C	105/90
Minimum servis sıcaklığı (6)	-	°C	-30	Minimum servis sıcaklığı (6)	-	°C	-30
Yanma (7)				Yanma (7)			
• "Oksijen indeksi"	ISO 4589-1/-2	%	25	• "Oksijen indeksi"	ISO 4589-1/-2	%	-
• UL'ye göre 94 (3/6 mm kalınlık)	-	-	HB/HB	• UL'ye göre 94 (3/6 mm kalınlık)	-	-	HB/HB
<b>23 °C'de Mekanik Özellikler (8)</b>				<b>23 °C'de Mekanik Özellikler (8)</b>			
<b>Gerilme testi (9)</b>				<b>Gerilme testi (9)</b>			
• Akma çekme gerilmesi / Kopma çekme gerilmesi	+ ISO 527-1/-2	MPa	86/-	• Akma çekme gerilmesi / Kopma çekme gerilmesi	+ ISO 527-1/-2	MPa	78/-
	++ ISO 527-1/-2	MPa	55/-		++ ISO 527-1/-2	MPa	50/-
• Gerilme direnci (10)	+ ISO 527-1/-2	MPa	80	• Gerilme direnci (10)	+ ISO 527-1/-2	MPa	80
• Akma çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527-1/-2	%	5	• Akma çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527-1/-2	%	5
• Çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527-1/-2	%	25	• Çekme gerilmesi (10)	+ ISO 527-1/-2	%	25
	++ ISO 527-1/-2	%	>50		++ ISO 527-1/-2	%	>50
• Elastik çekme modülü (11)	+ ISO 527-1/-2	MPa	3600	• Elastik çekme modülü (11)	+ ISO 527-1/-2	MPa	3150
	++ ISO 527-1/-2	MPa	1750		++ ISO 527-1/-2	MPa	1525
<b>Kompresyon testi (12)</b>				<b>Kompresyon testi (12)</b>			
• Basınç gerilmesi 1/2/5 % nominal gerilme (11)	+ ISO 604	MPa	34/64/93	• Basınç gerilmesi 1/2/5 % nominal gerilme (11)	+ ISO 604	MPa	31/59/87
Çentik darbe dayanımı – Çentiksiz (13)	+ ISO 179-1/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	Kırılma yok	Çentik darbe dayanımı – Çentiksiz (13)	+ ISO 179-1/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	75
Çentik darbe dayanımı – Çentikli	+ ISO 179-1/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	3	Çentik darbe dayanımı – Çentikli	+ ISO 179-1/1eA	kJ/m <sup>2</sup>	3.5
Top girinti sertliği (14)	+ ISO 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	165	Top girinti sertliği (14)	+ ISO 2039-1	N/mm <sup>2</sup>	150
Rockwell sertliği	+ ISO 2039-2	-	M88	Rockwell sertliği	+ ISO 2039-2	-	M81

Numuneler QUADRANT PLASTICS firmasından alınmıştır. Kestamid numuneler Ertalon 6 pla, kestoiller nylatron nsm kısaltmasıyla firma ürün kataloğunda yer almaktadır.

Numuneler üzerine açılan çentikler, TS 3779 (ISO 2818)'a göre hazırlanmıştır. Şekil 4'de çentik tipi ve çentik açılmış bir numune görülmektedir.



**Şekil 4: Çentik açılmış numune**

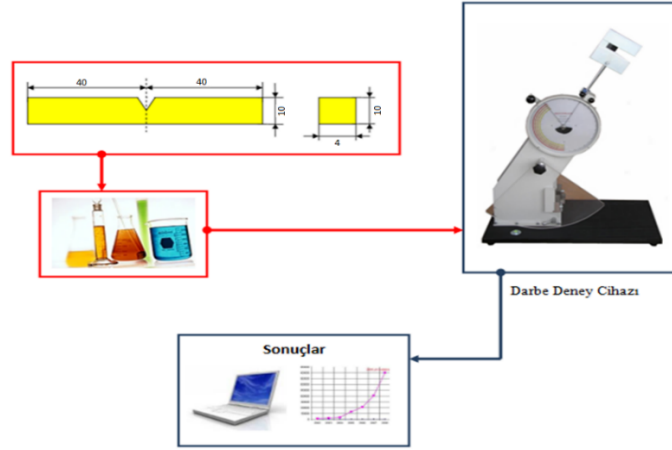
### 3.4. Deneysel İşlemi

Uygun ortam şartlarındaki her bir deney numunesinin ölçümü yapılmış, ağırlıkları tartılmış ve yüzey ve nem oranları ölçülmüştür. Birkaç örnekle cihazın çekiç hızı ve çekiç ağırlığı gibi değerler belirlenmiştir. Optimum çekiç hızı 3,46 m/s, çekiç ağırlığı 7,5 j olarak karar verilmiştir. Sarkaç kaldırıp yerine tutturulur. Numune mengeneye yerleştirilir ve sıkıştırılır. Çentikli numunelerin Izod darbe mukavemeti tayininde, çentikli yüzey sarkacın darbe yönüne gelecek şekilde mengeneye tutturulur. Sarkaç serbest bırakılır. Numune tarafından absorplanan darbe enerjisi kaydedilir.



### 3.5. Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar

Kestamid ve kestoil numuneler 1, 2 ve 3 gün farklı tür sıvı ortamlarda bekletilmiştir. Günleri belirlerken bir adet kestamid ve kestoil numune ortamlarda bekletilip saat başı hassas tartıda ağırlıkları yani nem çekme oranları ölçülmüştür. Numunenin ağırlığının aynı olduğu saat belirlenmiş, gün aralıklarına buna göre karar verilmiştir. Deneyin şematik hali Şekil 5'deki gibidir.



Şekil 5: Deney düzeneğinin şematik resmi

#### 3.5.1. Deney Grupları

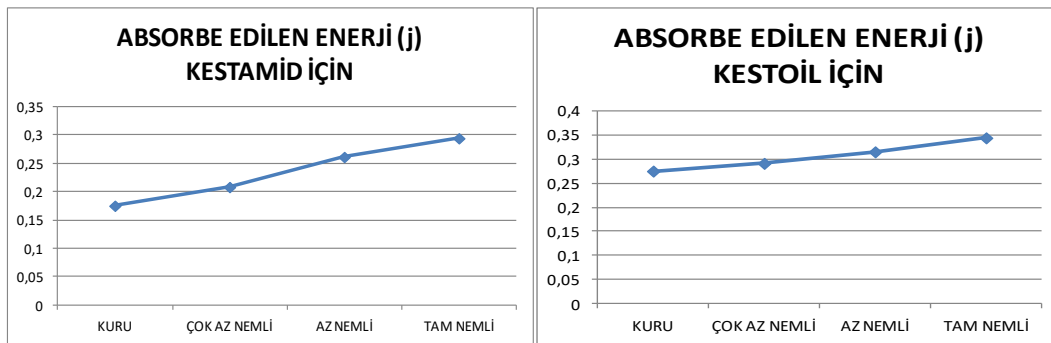
Numuneler saf suda ve makine yağında 1, 2 ve 3 gün (çok az nemli, az nemli ve tam nemli) bekletilip izod darbe deneyi ile kırılmıştır. Ortalama absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir.

##### 1. Deney Grubu: Kuru kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Kuru kestamid ve kestoiller, izod darbe cihazıyla absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir. Ortalama olarak elde edilen sonuç; absorbe edilen enerji 0,175 j darbe direnci ise 5,458  $\text{kJ/m}^2$  olarak elde edilmiştir.

##### 2. Deney Grubu: Saf suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Saf suda 1, 2 ve 3 gün (çok az nemli, az nemli ve tam nemli) bekletilen numuneler izod darbe deneyiyle kırılmıştır. Ortalama absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir.

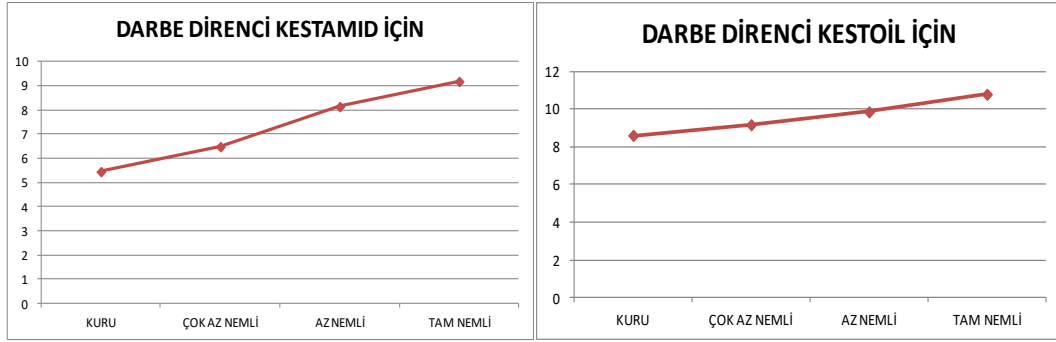


Şekil 6: Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 6'daki grafiğe göre, saf suda bekletilmiş kestamidler için absorbe edilen enerjide kestamid için %4,2'lik, kestoil için %2,2'lik bir artış görülmektedir.





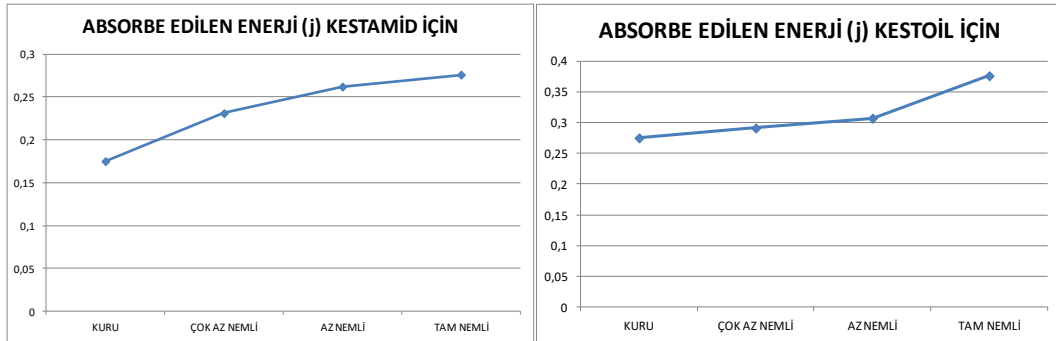


Şekil 7: Saf suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 7'deki grafiğe göre, saf suda bekleyen kestamidler için darbe direncinde, kestamid için %4,1'lik, kestoil için %2,1'lik bir artış görülmektedir. Bu artışla birlikte numuneler darbelere karşı daha dirençli duruma gelmiştir.

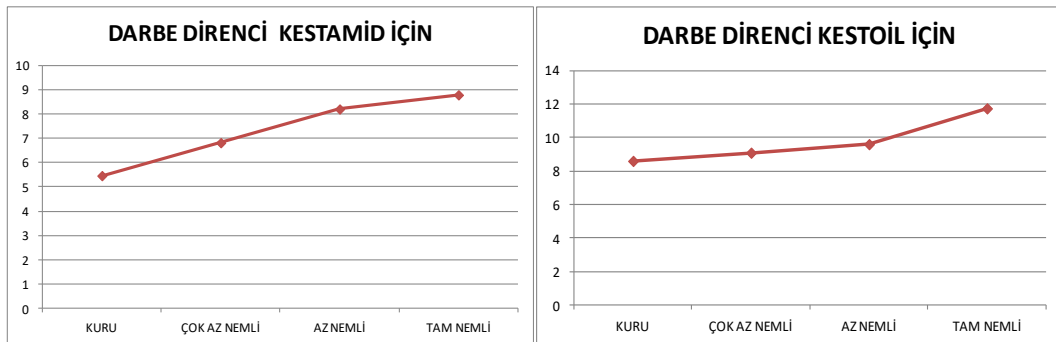
### 3. Deney Grubu: Tuzlu suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

Numuneler 1000 gr saf suyun içerisine 35 gr deniz tuzu katılmasıyla elde edilen karışımda 1, 2 ve 3 gün bekletilmiş, izod darbe cihazıyla kırılmıştır. Ortalama absorbe edilen enerjileri ve darbe dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 8: Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 8'deki grafiğe göre, deniz suyunda bekletilen numuneler için absorbe edilen enerjide, kestamid için %3,9'luk, kestoil için %2,5'lik bir artış görülmektedir.



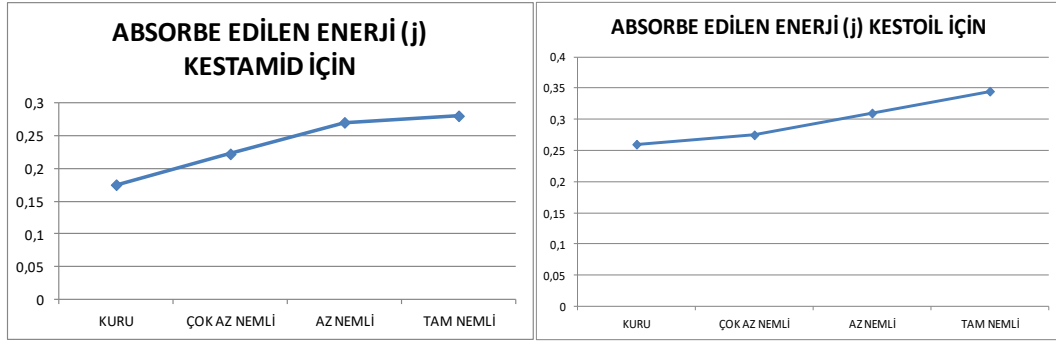
Şekil 9: Tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 9'daki grafiğe göre, deniz suyunda bekletilen numunelerin darbe direncinde, kestamid için %2,9'luk, kestoil için %1,8'lik bir artış görülmektedir. Buna göre, deniz suyuna maruz kalacak yerlerde kullanılan kestamidler, darbelere daha dirençli olacaktır.

### 4. Deney Grubu: Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamidlerin izod darbe cihazıyla kırılması ve sonuçlar

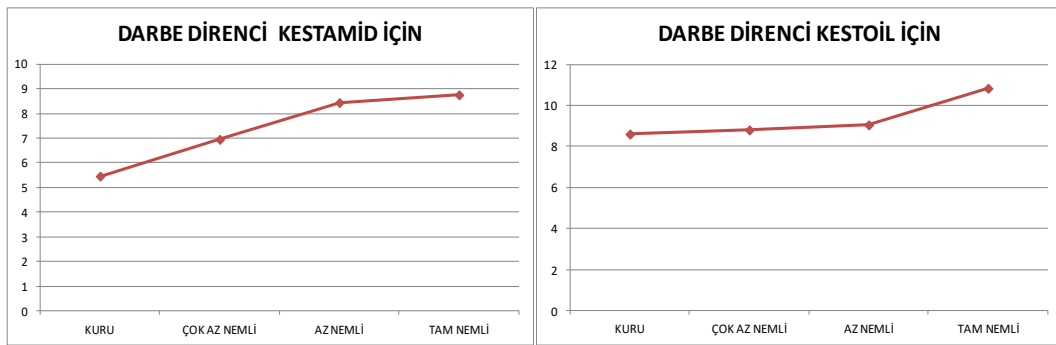
Kestamidler 1000 gr suda 90 gr tuz bulunan ortamda 1,2 ve 3 gün bekletilmişlerdir. İzod darbe deneyiyle kırıldıklarında elde edilen değerler aşağıdaki grafiklerdeki gibidir.





Şekil 10: Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için absorbe edilen enerji değişimi

Şekil 10'daki grafiğe göre, aşırı tuzlu suda bekletilen numuneler için absorbe edilen enerjide, kestamid için %4,9'luk, kestoil için %2,3'lük bir artış görülmektedir.



Şekil 11: Aşırı tuzlu suda bekletilen kestamid ve kestoil için darbe direnci değişimi

Şekil 11'deki grafiğe göre, aşırı tuzlu suda bekletilen numunelerin darbe direncinde, kestamid için %3,9'luk, kestoil için %1,6'luk bir artış görülmektedir.

#### 4. Sonuç

Yapılan bu çalışmada, kestamid malzemelerin günlük yaşantı içerisinde kullanılabileceği düşünülen alanlarda karşılaşılabileceği farklı nem durumları, laboratuvar ortamında oluşturularak deney numunelerine önceden belirlenmiş sürelerde uygulanarak, istenilen nem miktarlarının deney numunelerinde oluşması sağlanmıştır. İstenilen bekleme süresinde gerekli nem düzeyine ulaştırılan numuneler, ortam oluşturma kaplarından çıkarıldıktan hemen sonra seri halde izod darbe deneyi cihazına bağlanmış ve darbe dayanımı ölçümü yapılmıştır.

Darbe kuvveti etkisi ve nem içeren ortamlarda çalışacak makine elemanı imalatında kestamid türü malzemelerin uygun olduğu görülmektedir. Nemin kestamid türü malzemelerdeki çekme mukavemeti üzerindeki olumsuz etkisi de bilindiği için, darbe dayanımı artışı ile çekme dayanımındaki azalma dengesinin tasarım ve imalatta göz önünde bulundurulması gereklidir. Pa6G malzemelerden yapılmış makine elemanlarının montaj sırasında uygulanacak darbe kuvvetlerinin etkisiyle zarar görmemesi için, kestamid parçaların montaj öncesi nemlendirilmesi olumlu katkı sağlayacaktır.

Numunelerin içinde bulunacağı nem ortamı için, saf su ve makine yağı tercih edilmiştir. Bu ortamlarda önceden belirlenen sürelerde bekletilerek, istenilen nem oranına getirilen numunelere yapılan ölçümler, kuru deney numunelerinin izod darbe sonuçlarıyla karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Bu sayede oluşturulan nem ortamı ve bekleme sürelerinin deney numuneleri üzerindeki etkisi deneysel olarak bulunmuştur.

#### 5. Kaynakça

Adams, N. (1963). Friction and deformation of nylons, *J. Appl. Polym. Sci.*, 7: pp. 2075–2103.

Atakök, G. (2003). Döküm polyamid malzemelerin CNC tezgahlarında işlenebilirliği, Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Bozdemir, M. (2011). The effect of water absorbtion in cast PA6G material on processing parameters, *Scientific Research and Essays*, Vol. 6(4), pp. 714–719.

Bozdemir, M. (2010). The analysis of humidity factor in cestamide materials on surface roughness with the help of artificial neural network, *Scientific Research and Essays*, Vol. 5(11), pp. 1370–1375.



- Bozdemir, M. and Aykut, S. (2012). Optimization of surface roughness in end milling Castamide, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI: 10.1007/s00170-011-3840-2.
- Davim, J. P., Silva, L.R., Festas, A., Abrão, A.M. (2009). Machinability study on precision turning of PA66 polyamide with and without glass fiber reinforcing, *Materials and Design*, 30: pp 228–234.
- Erbay, B. (2006). Nemin %30 cam elyafı ile takviye edilmiş poliamid 6.6 malzemede sıkıştırılabilme mukavemeti üzerine etkisinin incelenmesi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- [Herbert, R.S.](#), [Carleton, E.](#) and [Bigelow](#), M.H. (1943). *Handbook of plastics*, D. Van Nostrand Co., New York.
- Kohan, M.I. (1995). *Nylon plastic handbook*, Verlag, Munich, pp. 5-45.
- Liu, C.Z., Wu, J.Q., Li, J.Q., Ren, L.Q., Tong, J., Arnell, R.D. (2006). Tribological behaviours of PA/UHMWPE blend under dry and lubricated condition, *Wear*, 260: pp. 109–115.
- Mata, F., Reis, P. And Davim, J.P. (2006). Physical cutting model of polyamide composites (PA66 GF30), *Mater Sci Forum*, 514–516: pp. 643–647.
- Rajeesh, K.R., Gnanamoorthy, R. and Velmurugan, R. (2010). Effect of humidity on the indentation hardness and flexural fatigue behavior of polyamide 6 nanocomposite, *Materials Science and Engineering*, 527, pp 2826–2830.
- Rong-guo, Z., Wen-bo, L., Hua-ming, X. and Guo-zhong, W. (2006). Water-absorptivity and mechanical behaviors of PTFE/PA6 and PTFE/PA66 blends, *Trans. Nonferrous Met. SOC. China* 16, pp 498-503.
- Özenç, M. (2007). Yapıştırma Bağlantılarının Darbe Yükleri Altındaki Davranışlarının İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.
- Samyna, P., Baets, P., Schoukens, G. and Van Driessche, I. (2007). Friction, wear and transfer of pure and internally lubricated cast polyamides at various testing scales, *Wear*, 262: pp. 1433–1449.
- Srinath, G. and Gnanamoorthy, R. (2007). Sliding wear performance of polyamide 6–clay nanocomposites in water, *Composites Science and Technology*, 67, pp 399–405.
- Yaşar, H. (2001) *Plastikler dünyası*, MMO yayınları, İstanbul.
- Web 1 (2019), <http://www.interplast.com.tr>, Erişim Tarihi: 22.09.2019.
- Web 2 (2019), <http://www.acametal.com.tr>, Erişim Tarihi: 22.09.2019.
- Web 3 (2019), <http://www.korkmazmetal.com>, Erişim Tarihi: 22.09.2019.
- Web 4 (2019), [http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/en\\_gineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/ertalon-R-6-pla.html](http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/en_gineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/ertalon-R-6-pla.html), Erişim Tarihi: 20.09.2019.
- Web 5 (2019). [http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/en\\_gineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/nylatron-R-nsm.html](http://www.quadrantplastics.com/eu-en/products/machinable-plastics/en_gineering-80-160-c/ertalon-R-and-nylatron-R-products/nylatron-R-nsm.html), Erişim Tarihi: 18.09.2019.
- Web 6 (2019). <http://www.interplast.com.tr>, Erişim Tarihi: 18.09.2019.
- Web 7 (2019). <http://www.acametal.com.tr>, Erişim Tarihi: 16.09.2019.
- Web 8 (2019). <http://www.mizanplastik.com.tr>, Erişim Tarihi: 15.09.2019.
- Web 9 (2019). <http://polimersan.support.com.tr>, Erişim Tarihi: 18.09.2019.



## THE EFFECTS OF HATCH DISTANCE ON THE THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALSi10MG PARTS IN DIRECT METAL LASER SINTERING (DMLS) METHOD

Mustafa Safa Yılmaz<sup>1\*</sup>, Gökhan Özer<sup>1</sup>, Zafer Çağatay Öter<sup>1</sup>, Gürkan Tarakçı<sup>1</sup>, Mert Coşkun<sup>1</sup>, Ebubekir Koç<sup>1</sup>, Ünal Uysal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluminum Test Training and Research Center (ALUTEAM), Fatih Sultan Mehmet Vakif University, Halic Campus, 34445, Beyoglu, Istanbul, Turkey

m.safayilmaz@gmail.com

<sup>2</sup>Sakarya University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, 54187, Serdivan, Sakarya, Turkey

### Abstract

The aim of this research is to reach a deep understanding on the effect of the process parameters of Direct Metal Laser Sintering process (DMLS) on thermal and mechanical properties (thermal conductivity, porosity and compression) of AlSi10Mg parts and resulting microstructure. In this study, a variation of the thermal, porosity and mechanical properties of the AlSi10Mg alloy were depending on hatch distance parameters were investigated. Thermal conductivity measurement, SEM study and compression tests were applied to the samples to determine the results. Microstructure and mechanical properties of AlSi10Mg alloy vary with the depending on DMLS process parameters. It has been found that there is a close correlation between the porosity of the material and the thermal conductivity depending on the variation of the hatch distance. It is extremely important to optimize the process parameters in DMLS method. Especially in the case of reducing weight while preserving thermal conductivity and lightness, it is important to understand the variation depending on the parameters in special cases. This article is an original study of these parameters together.

**Keywords:** DMLS, AlSi10Mg, hatch distance, thermal conductivity, mechanical properties

### 1. Introduction

Selective laser sintering (SLS) is a rapid prototyping process that creates three-dimensional freeform objects directly from CAD models and enables the production of complex 3D parts by solidifying successive layers of powder materials (Merzelis et al., 2006; Kruth et al., 2003).

The process creates three-dimensional objects by combining powdered materials using laser energy. The method can be applied to different material systems such as engineering plastics, thermoplastics, elastomers, metals and ceramics (Simchi, 2006; ; Kruth et al., 2005; Manfredi et al., 2013).

Direct metal laser sintering (DMLS) is an additive manufacturing (AM) process in which digital 3D design data is used to create a component in layers by accumulating metal material (Grünberger et al., 2015; Ventola et al., 2014) (Figure 1, Longhitano et al., 2015).

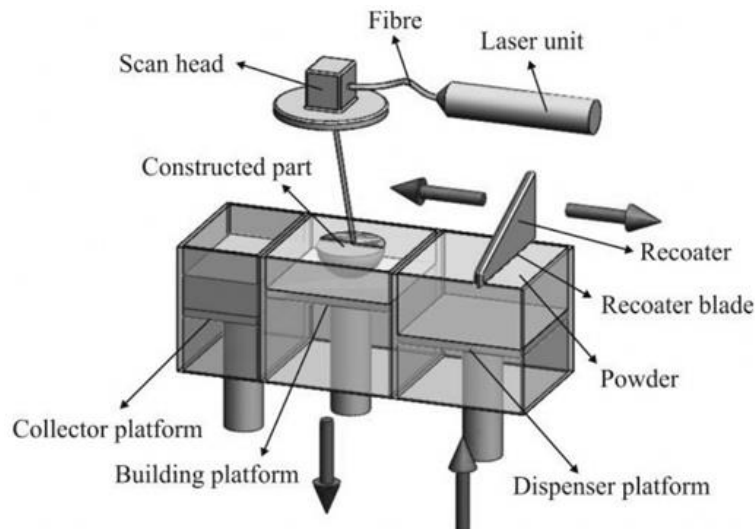


Figure 1 Direct Metal Laser Sintering (DMLS)



This method shortens the design and production cycle and is a revolutionary technology in traditional production processes, saving significant time and cost (Olanmi, et al., 2015). It also allows for the construction of very difficult geometries compared to conventional technologies and is environmentally sensitive, as it significantly reduces waste production using only the necessary materials (Cabrini et al., 2016). Additive Manufacturing (AM) technologies offer significant advantages such as close networking capabilities, superior design and geometric flexibility, reduced tooling and fixing and cost-effectiveness (Cabrini et al., 2016; Das et al., 1998).

SLM process is described by a large number of parameters that are laser power, scanning speed, scan line spacing, the thickness of layer, scanning strategy, working atmosphere, the temperature of the powder bed, and material based input parameters (Sapate et al., 2017). Thermal conductivity is an important thermophysical property in DMLS. The reason for this is that the ability of the metal powder to heat up will affect the consolidation process. (Alkahari et al., 2012; Tolochko et al., 2013).

In this study, it was investigated how the different scan ranges affected the thermal and mechanical properties of samples made from AlSi10Mg powder. This work was done in order to take advantage of certain mechanical properties of aluminium in certain special applications which require lower thermal conductivity than bulk AlSi10Mg. Although other -alloys are available to meet these specifications they are either difficult to apply in the specified applications (due to alloys) or are laboratory grade materials (no mass production is available). Therefore, it is desirable to utilize the lightness of aluminium. Providing this lightness, further lightening and bringing the thermal properties to a determined level will be possible by changing and testing the scan intervals.

## 2. Experimental Procedure

In this study, EOS Aluminium AlSi10Mg powder was used. The chemical composition of the powder is shown in Table 1.

**Table 1. The chemical composition of aluminium powder (wt %)**

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Sn	Ni	Zn	Ti	Al
9-11	≤0.55	≤0.05	≤0.45	0.2-0.45	≤0.05	≤0.05	≤0.10	≤0.15	Rest

The thermal conductivity samples were produced using the EOS M 290 machine. The thermal conductivities of the samples were measured using a Hot Disk TPS 2500 S instrument. The device was calibrated at 0.5 W/1 sec. and measured with a Kapton sensor.

Measurements were made of heat treated samples (2 hours at 300°C). Sample sizes of 40x40x20 mm were selected and 2 samples were produced for each scan strategy.

SEM examinations of samples were made with Hitachi SU3500. Each sample was ground with 600 and 800 mesh sandpaper prior to SEM analysis and polished electrolytically with a Struers LectroPol-5 instrument. The compressive test from the mechanical experiments was carried out with the ALSA 100 kN electromechanical machine.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Effect of hatch distance

Table 2 shows the thermal conductivity coefficient of the heat-treated standard sample.

**Table 2. Thermal properties of EOS Aluminium AlSi10Mg powder**

Direction	Thermal conductivity
Horizontal (XY)	Approx. 173±10W/m°C
Vertical (Z)	Approx. 173±10W/m°C

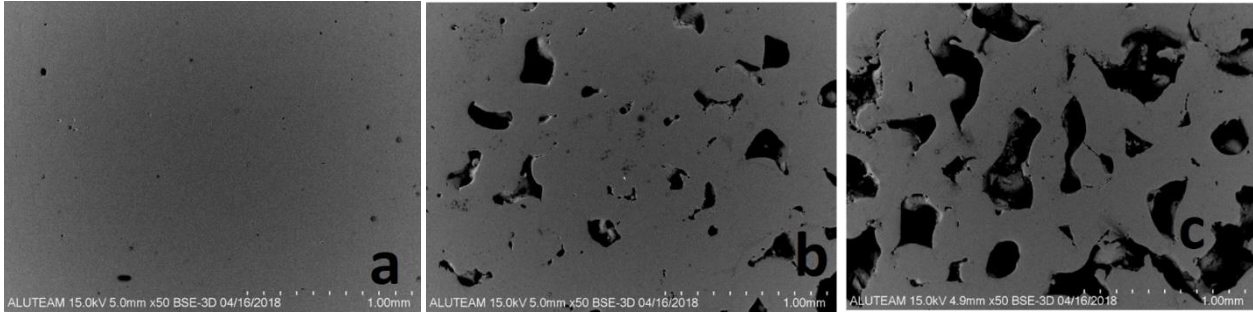
It is known that in DMLS method variation of hatch distance can change the density of the sample for constant laser power and scan speed. At the same time, the physical and mechanical properties of the material also change. Process parameters and resulting values are given in Table 3.

**Table 3 Process parameters and resulting properties.**

Samples	Laser power (P <sub>L</sub> , W)	Scan speed (V <sub>scan</sub> , mm/s)	Layer thickness (t <sub>layer</sub> , mm)	Hatch distance (h <sub>d</sub> , mm)	Energy density (E <sub>d</sub> , J/mm <sup>3</sup> )	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	Porosity (%)	Thermal conductivity (W/mK)
Reference	370	1300	0.03	0.19	49.93	2.63	0.167	175±10
S1	370	1300	0.03	0.5	18.97	2.45	6.6169	100±10
S2	370	1300	0.03	1	9.48	1.97	19.298	53±10



As can be understood from Table 3, as the hatch distance increases, the porosity of the material increases and accordingly the thermal conductivity value decreases. The SEM images in Figure 3 support all these results (porosity, density etc.).



**Figure 2** The SEM image of Reference sample (a), S1 (b) and S2 (c).

The densities of the samples were calculated according to the Archimedes principle.

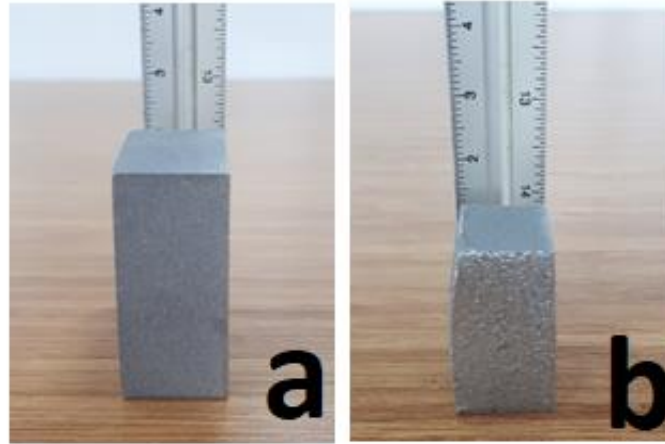
In this study, the variation of the porosity ratio depending on the energy density was also investigated. The energy density value is calculated by the following equation 1, where  $E_d$  is energy density ( $J/mm^3$ ),  $P_{Laser}$  is laser power (W),  $V_{scan}$  is scan speed (mm/s),  $h_d$  is hatch spacing (mm) and  $t_{layer}$  is layer thickness (mm);

$$E = \frac{P_{Laser}}{V_{scan} \cdot h_d \cdot t_{layer}} \quad (1)$$

When the hatch distance value is increased while other parameters remain constant, the energy density value decreases and the thermal conductivity decreases.

### 3.2. Mechanical properties

Figure 3 shows the samples before and after the compression test. As can be seen from Figure 3, the highest porosity sample (S2) was severely deformed as a result of the compression test. The compression effect on other samples is not so high.



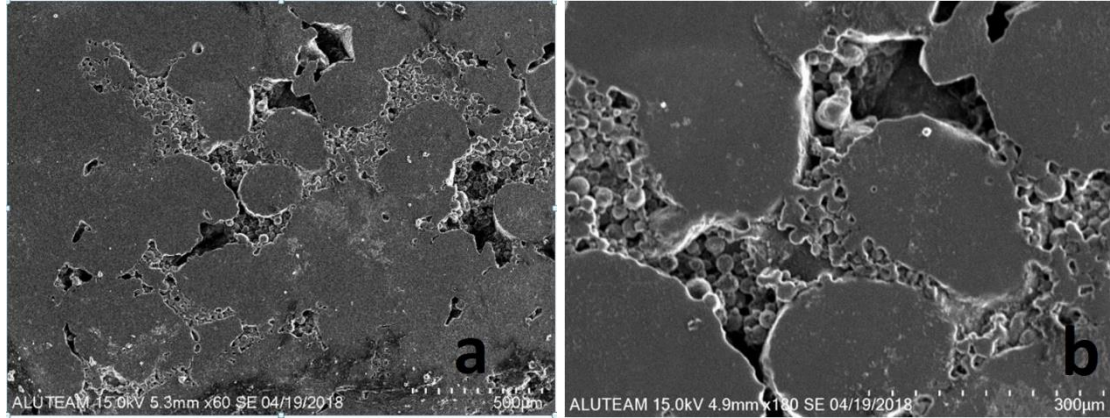
**Figure 3** The image before (a) and after (b) the compressive test of the highest porosity sample

As the hatch distance increases, the porosity rate of the material increases and accordingly the compressive strength decreases.

Figure 4 shows the cross-section SEM images of the samples after compressive strength test. It is evident that collapse occurs in the connection between the pore walls. As a result, the compressive strength of very porous samples is low.



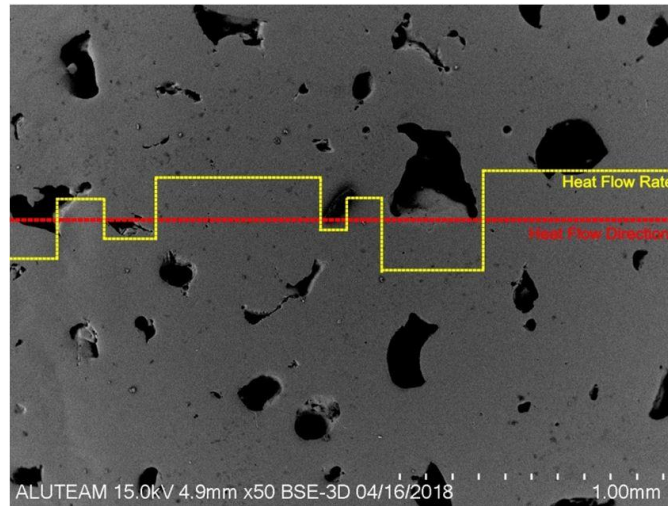




**Figure 4** The SEM image of S2 sample after the compressive test.

As a result of the compression test, it is seen that the gaps in the structure are reduced. No tear or cracking was found in the structure during SEM investigations.

The image simulating thermal conductivity is given below (Figure 5).



**Figure 5** Thermal conductivity simulation.

#### 4. Conclusions

DMLS is a widely used technique today. Optimization of the various parameters used in the DMLS technique directly affects the mechanical, thermal and physical properties of the parts produced with this technique. Therefore, the determination of these parameters is extremely important. In this study, the effects of hatch distance on thermal conductivity, porosity and mechanical properties of AlSi10Mg parts were investigated.

The result indicated that thermal conductivity was decreasing with the increasing porosity. The reason is that heat is transmitted faster through the base metal matrix. The porosity of the material makes heat conduction difficult and, in this case, it causes the thermal conductivity to decrease (Figure 5).

As a result of increasing the hatch distance, porosity is increased, resulting in easier material damage thus lower compressive strength.

The porosity of the AlSi10Mg samples produced by DMLS is increased by the increase of the hatch distance. Accordingly, the densities of the samples decrease but at the same time the values of thermal conductivity and compressive strength decrease.

#### Acknowledgements

The authors are grateful to the Fatih Sultan Mehmet Vakif University Aluminum Test Training and Research Center (ALUTEAM). ALUTEAM is supported by Istanbul Development Agency (ISTKA) and T.R. Ministry of Development. Experimental support of Sakarya University Mechanical Engineering Department is acknowledged.



## 5. References

- Alkahari, R., Furumoto, M., Ueda, T., Hosokawa, T., Tanaka, A., Abdul Aziz, R., Sanusi, M. (2012), “Thermal conductivity of metal powder and consolidated material fabricated via selective laser melting”, *Key Engineering Materials*, Vol. 244-249, pp. 523-524.
- Cabrini, M., Lorenzi, S., Pastore, T., Pellegrini, S. Ambrosio, E.P., Calignano, F., Manfredi, Pavese, D. M., Fino, P. (2016), “Effect of heat treatment on corrosion resistance of DMLS AlSi10Mg alloy”, *Electrochimica Acta* Vol. 206, pp. 346–355.
- Cabrini, M., Lorenzi, S., Pastore, T., Pellegrini, S., Manfredi, D., Fino, P., Biamino, S., Badini, C., (2016), “Evaluation of corrosion resistance of Al 10Si–Mg alloy obtained by means of Direct Metal Laser Sintering”, *Journal Of Materials Processing Technology*, Vol. 231, pp. 326–335.
- Das, S., Beama, J. J., Wohler, M., Bourell, D. L. (1998), "Direct laser freeform fabrication of high performance metal components", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 4 Issue: 3, pp.112-117.
- Grünberger, T., Domröse, R. (2015), “Direct Metal Laser Sintering, Identification of process phenomena by optical in-process monitoring”, *Laser Technik Journal*, Vol. 1, pp. 45-48.
- Kruth, J.P., Mercelis, P., Van Vaerenbergh, J., Froyen, L., Rombouts, M., (2005), "Binding mechanisms in selective laser sintering and selective laser melting", *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 11, Issue: 1, pp.26-36.
- Kruth, J.P., Wang, X., Laoui, T., Froyen, L. (2003), "Lasers and materials in selective laser sintering", *Assembly Automation*, Vol. 23 Issue: 4, pp.357-371.
- Longhitano, G. A., Larosa, M. A., Munhoz, A. L. J., Zavaglia, C. A. C., Ierardi, M. C. F. (2015), “Surface Finishes for Ti-6Al-4V Alloy Produced by Direct Metal Laser Sintering”, *Materials Research*, Vol. 18(4), pp. 838-842.
- Manfredi, D., Calignano, F., Krishnan, M., Canali, R., Ambrosio, E. P., Atzeni, E. (2013), “From Powders to Dense Metal Parts: Characterization of a Commercial AlSiMg Alloy Processed through Direct Metal Laser Sintering”, *Materials*, Vol. 6, pp. 856-869.
- Mercelis, P., Kruth, J. P., (2006), “Residual stresses in selective laser sintering and selective laser melting”, *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 12 Issue: 5, pp.254-265.
- Olakanmi, E.O., Cochrane, R.F., Dalgarno, K.W. (2015), “A review on selective laser sintering/melting (SLS/SLM) of aluminium alloy powders: Processing, microstructure, and properties”, *Progress in Materials Science*, Vol. , pp. 401–477.
- Sapate, K. D., Apte, Tejashree U. (2017), “Metal Fabrication by Additive Manufacturing”, *International Journal of Current Engineering and Technology*, Vol.7, No.1 pp. 9-14.
- Simchi, A. (2006), “Direct laser sintering of metal powders: Mechanism, kinetics and microstructural features”, *Materials Science and Engineering A*, Vol. 428, pp.148–158.
- Tolochko, N. K., Arshinov, M. K., Gusarov, A. V., Titov, V. I., Laoui, T., Froyen, L. (2003) “Mechanisms of selective laser sintering and heat transfer in Ti powder”, *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 9 Issue: 5, pp.314-326.
- Ventola, L., Robotti, F., Dialameh, M., Calignano, F., Manfredi, D., Chiavazzo, E., Asinari, P., (2014), “Rough surfaces with enhanced heat transfer for electronics cooling by direct metal laser sintering”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 75, pp. 58–74



## COMPARATIVE OF TURKEY AND WORLD DISASTER MANAGERMENTS

Naci Büyükkaracıgan

Selcuk University, SBMYO, Konya, Turkey

nacibk@selcuk.edu.tr

### Abstract

Disasters are generally known as these events, where, when, at what severity, how and what kind of events will occur. Therefore, in particular because of the losses occurring in developing countries such as Turkey, it causes disruption in the economic development process.

The main purpose of disaster management is to reduce the loss of life and property and protect people from natural, technological and human factor disasters. Disaster Management includes all of the processes of analysis, planning, decision-making and evaluation, organizing resources for preparedness, prevention and mitigation, response and recovery (post-disaster) for hazards that may be encountered. It is not possible to eliminate disaster risks completely. However, with appropriate disaster management, it is possible to minimize the losses.

In this study in Turkey as information about the history and current status of disaster management work, especially made comparisons with similar studies in disaster management in the country. As a result, evaluations were made in terms of management.

**Keywords:** *Disaster, Disaster management, Disaster struggle.*

### 1. Introduction

Disasters cause physical, economic and social losses, that are natural, technological or human-made events that stop or interrupt daily vital activities (Büyükkaracıgan, 2017). Disasters are unexpected and undesirable situations leading to great loss of life and property. Disasters are cases where communities are under threat, interventions with local means are often inadequate, and national resources need to be mobilized. Since the history of humanity, the damages resulting from disasters have been very large in terms of human life, property, socio - economic structure and environment. Although it is impossible to prevent most of the disasters, it is possible to be affected by the disaster to a minimum extent through disaster management activities.

Disaster management is the management of efforts to prevent disasters and eliminate or reduce their damages. Disaster management is the whole of planning, directing, supporting, coordinating and implementing the activities to be carried out before and after the disaster. In other words, the concept of Disaster Management kaps encompasses all the processes of analysis, planning, decision-making and evaluation, organizing existing resources for preparedness, prevention and mitigation, intervention and improvement for all types of hazards. Therefore, disaster and / or risk management is a whole of works.

Disaster management is a multi-faceted, multi-actor, multi-disciplinary, comprehensive, dynamic and complex form of management. It is also a multi-layered and multi-step process. This management starts from the individual and many national and increasingly international public and private institutions and organizations take part in this process. It should also include harm reduction, preparedness, intervention and recovery (Şahin, 2009).

Successful disaster management is only possible if decision makers, institutions and employees have the necessary vision, dedication, prudence and responsibility.

Disaster management consists of three phases: pre-disaster, moment of disaster and post-disaster. Before the disaster; all necessary technical, administrative and legal measures are taken in order for the society to survive with minimum damage and physical losses due to possible disasters. In the phase of disaster; activities such as receiving news from the disaster area and restoring transportation facilities, performing search - rescue and first aid works, creating temporary settlement areas for people and meeting the vital needs of people are carried out. In the post-disaster phase; to carry out activities for the least possible loss of life and injuries, to meet the vital needs of people, to manage the minimum level of physical, economic, social, psychological and environmental losses caused by the disaster.

### 2. Disaster Management in Turkey

According to Turkey's disaster management system and practices have shown that when the political and economic conditions change. The intervention and remediation activities of disaster was carried out by "Turkey Red Crescent Society" from republic's founding to the middle of 1940's year. Studies before disaster management could not be planned, at that time. While the search and rescue activities were carried out by the public and military units, the emergency needs of the affected people were met by the Red Crescent. Short and long term improvement activities.

The governorships were interested. In our country, the floods that occurred in that period caused to loss of life and property to a great extent. For this reason, a new law was issued in 1943 under the name 4373, Protection against Flood Waters and Floods 43. In order to carry out the activities related to this law, a unit called "Water Affairs Chief was established under the Ministry of Public Works. This law was the first law to reduce natural disaster damages during the Republican period (Yılmaz, 2003; JICA, 2004).



Between 1939 and 1944, approximately 44,000 people lost their lives, 100,000 people were injured and hundreds of thousands of buildings were destroyed or damaged due to Big Erzincan earthquakes, Niksar-Erbaa, Adapazarı-Hendek, Tosya-Ladik, and Bolu-Gerede. In 1944, a new regulation was issued under the title of 46 Law on Precautions to be Taken Before and After Ground Shakes sayılı No. 4623. This law covered the disaster disaster mitigation, preparedness and emergency recovery activities.

Turkey had the important stage in disaster management in 1958, with Law No. 7116 "Development and Housing Ministry" was founded. Thus, the duties related to physical planning, zoning planning, building materials, disaster services, water works, housing policies, infrastructure services of municipalities and map purchases were assigned to this Ministry. With the Civil Defense "Law no. 7126, the bağlı General Directorate of Civil Defense was established under the Ministry of Interior, which was assigned to tasks such as search and rescue, emergency aid etc. in addition to duties and responsibilities in three wars and mobilization situations (JICA, 2004).

General Directorate of Disaster Affairs;

Article 1 of the Law no. and public facilities have been authorized to determine the provisions to be applied for measures to be taken in places that are likely to be damaged or likely to be affected by public life for 45 year.

After the 1999 Marmara and Düzce earthquakes, the public and the state understood that disaster management was ineffective with the current understanding and legal regulations. The necessity of a modern disaster management system has emerged. In 2009, 5902 titled "Disasters and the Law on the Organization and Duties of Emergency Management Presidency" has entered into force. Thus, scattered in disaster management are concentrated in a single presidency roof. With this law, Turkey Emergency Management General Directorate of Disaster Affairs General Directorate of Civil The General Directorate of Defense was abolished and "Provincial Disaster and Emergency Directorates bağlı were established in each province within the special provincial administration.

The basic understanding of the new institution, which was established with the aim of carrying out disaster services from a single source, is to ensure that local administrations undertake the duties, responsibilities and duties before, during and after the disaster gathered at the center and supervise and coordinate the related operations as emphasized in the establishment law. In short, the central understanding in disaster management has been rearranged in line with the wishes of the public and shifted to local governments.

The main understanding of AFAD, which was established with the aim of carrying out disaster services from a single source, is to ensure that local administrations undertake duties and responsibilities before, during and after the disasters gathered at the center and supervise and coordinate the related operations as emphasized in the establishment law.

The management system carried out by AFAD is the so-called et Integrated Disaster Management System. It is based on the principle of ensuring the recovery and carrying out the recovery works in a unified manner after the disaster.

Turkey Disaster Response Plan (TAMP), Turkey Disaster Response Plan is an integrated system plan approaches and operation the risks during disasters with their modular structure that will minimize 28 service tasks of the group for effective intervention. This system includes official or private institutions and organizations and real persons to be employed in this system.

Turkey Disaster Response System is made by the general coordination center in the province by the Provincial Disaster and Emergency Directorate of Education Union Presidency. Disaster Response Coordination System and the functioning of Turkey's Disaster and Emergency Management Center (AADYM) is provided through. The Presidency operates on a 7/24 basis. When necessary, EADYMs can be established in affiliated organizations and districts (Gökçe and Tetik, 2012).

In Turkey, there are three basic roles Disaster Response System said: "coordinator", "main partner" and "support solutions are common". The roles and responsibilities of each role are defined in the plan. AFAD is the coordinator and the main solution partner of 10 service groups in the system. AFAD has 9 main solution partners and thousands of support solution partners in this system. Tens of thousands of people are involved in the planning and intervention processes.

At the same time, Turkey, in April 2016 the European Union's interlocutor with institutions related to disaster is also a member of the Civil Protection Mechanism. In addition, a project was initiated in which the European Union-supported AFAD could improve its capacity. Under this project, Turkey, the mechanism by membership Emergency Response Coordination Center (ERCC) has obtained the right to access the data. It has become possible to call for or send help through the Common Emergency Communication and Information System (CECIS). The possibility of exchange of experts with member countries was born. The right to participate in the training and exercises under the mechanism at the level of the largest countries of the EU in the context of the population. for humanitarian or civil protection work will be carried out under the Mechanism by 55 percent of Turkey transportation support could be provided. In case of emergency and in cases registered in the voluntary pool, 85 percent of the transportation costs will be covered by the Commission. The announcement made within the scope of disaster prevention mechanisms, preparedness and response projects and the amount of financial support allocated to Turkey for the exercise to be performed has increased.

### 3. Disaster and Emergency Management in Europe

In the European Union, the Emergency Response Coordination Center (ERCC) has been established to prepare for disasters. The ERCC is a timely and efficient co-ordination of interventions in emergencies, to ensure that assistance meets the real needs of people in disasters.





ERCC enables real-time information and disasters to be monitored and many activities such as preparing plans, delivering and distributing experts. In addition, efforts are being made to collect and disseminate information on the assessment of risk management capacity to ensure readiness for member states.

In addition, the Civil Protection Mechanism was established and all member states and candidate countries were included in the scope. The mechanism ensures that human beings, especially protected areas, cultural heritage, environment and property are prepared and intervened in all disasters such as terrorism, technological, radiological and environmental disasters, marine pollution, acute health emergencies.

The mechanism promotes cooperation and coordination among all member states in this field and in line with the priority of the member states to protect human life, emergency management related to disasters in the whole European Union is a part of the political management structure and shows significant differences from country to country. In general, emergency management is a process organized by central government in member countries and carried out by local governments. However, in countries with regional differences such as Spain and Italy, the powers of the regional administration are even greater.

### **3.1. Disaster and Emergency Management in Italy**

The Sivil National Civil Protection Service "was established in 1992, The general purpose of the service is to estimate the disaster, disaster prevention studies, post-disaster relief operations, early rehabilitation studies related to the damage caused by the disaster (Gülkan et al., 2003). Service; national, regional, state and municipal administrations; science and research institutes; and private institutions dealing with civil protection activities.

When an emergency occurs within the municipal authority limits, the mayor requests coordinated assistance from state and territory authorities if it cannot be addressed at the local level. However, the coordination of the incident is ensured at the national level when it is necessary to handle it only with the help of emergency measures and emergency forces due to its intensity and magnitude. The chairman of the Council of Ministers shall declare an emergency by specifying the boundaries of the affected area and the duration of the measures.

### **3.2. Master Disaster Management in Hungary**

In Hungary, the improvement process gives more responsibility to private insurance systems. However, the private insurance option is not favored by people who prefer the state to compensate for losses and are concerned about the effects of privatization on the poor. A political approach is developed with the participation of non-governmental organizations with a government participation and insurance system that prioritizes individual responsibility (Freeman et al., 2003).

### **3.3. Disaster Management in France**

It is a structure in which disaster management, provinces, regions, local governments and central government and specialized organizations in search and rescue issues are employed in France. The Ministry of Interior is the head of the entire disaster management organization. The disaster management in the country is under the responsibility of the General Directorate of Central Security. The three main duties of this General Directorate are; to ensure cooperation with other public institutions and organizations in order to prevent natural risks, to initiate and coordinate the search and rescue activities necessary for the safety of life and property, and to review, revise and revise the legislation on fire services. (Akdağ, 2002). In addition, private insurance; provides natural disaster insurance with real estate insurance and at a fixed rate determined by the French Treasury. All workplaces and landlords are obliged to make disaster insurance within the scope of real estate insurance.

### **3.4. Disaster Management in Germany**

In Germany, disaster management is the government's duty. Thus, the Federal Government coordinates civil protection organized by the State Government. Local and regional governments within the state are responsible for disaster response and assistance. Organization The organizational structure is the inter-ministerial coordination group within the Ministry of the Interior, state government, regional or city administration administrators, emergency personnel, rescue services, the Federal Institute of Technical Assistance (THW), specialized specialized rescue services, fire brigades and other organizations. Volunteers are an integral part of civil protection and work at every stage. The Federal Institute for Technical Assistance (THW) was established for rescue services. The Federal Border Police (BGS) forms part of Germany's air rescue system. Disaster training In Germany, civil protection training is provided by fire services and rescue organizations affiliated to the Lander (Erkal and Değerliyurt, 2009).

### **3.5. Disaster Management in Spain**

The General Structure of Emergency Management in Spain is based on the civil protection law. The Basic Emergency Standard established by this law constitutes the standard in civil protection plans. This standard defines the coherence and coordination between the plans of various organizations. In addition, duties, powers and responsibilities between central, autonomous and local governments are defined. First of all, the local government intervenes in an emergency. In disasters that are too large for local government to intervene, autonomous management comes into play. The General Directorate of Intervention Civil Protection implements the civil defense standard. The health services and police, civilian guards, firefighters, Red Cross and National Aviation Organization (ICONA) act as disaster response officers in forest fires.

The Basic Standard consists of two parts: Regional Plan and Special Plan. The regional plan is a guide and provides a general framework. The special plan defines scientific, technological and methodological applications for all types of emergency risks. The National Commission is an advisory board and ensures the coherence and coordination of plans made at three levels.



## **4. Disaster Management in Asia**

### **4.1. Disaster Management in Russia**

EMERCOM is the Ministry of Civil Defense Emergency and Natural Disasters of Russia. It is the duty of planning, implementation, training of the public and international cooperation in disaster situations in Russia. EMERCOM's field of activity within the scope of the state to determine the policy, to conduct civil defense, research and rescue services, to ensure the development and functioning of the Russian disaster management system, to manage the effects of large-scale disasters and other emergencies, to manage activities, disaster management and to control the use of financial resources allocated by the government for its struggle, to organize the training of the public, public institutions and forces connected to the Russian disaster system in terms of disaster management and response, and to ensure the international cooperation of the Ministry regarding its task.

EMERCOM 's various sizes of units in the "Russian Civil Defense Organization" is located. The Ministry also has a press service broadcasting its services, as well as a TV broadcasting from disaster areas. EMERCOM has Civil Defense Emergency Headquarters, Training Command-Control Center, Air Mobile Rescue Team, Civil Defense Units, Search and Rescue Services (Tarhan and Ergönenc, 2008).

### **4.2. Disaster Management System in Japan**

Japan is a country with disasters, especially with earthquakes. Parallel to this, Japan's first disaster and disaster management law was the Kanunu Natural Disaster Preparedness and Protection Law in 1880. In Japan, central government, local government and public institutions are responsible for taking measures to protect people's lives and property. A disaster management system has been established to ensure the organization of these measures. This system is regulated by many laws. Today's disaster management is based on the Basic Law on Disaster Measures. The Japanese Government, local government and designated public bodies shall implement their disaster management plans in accordance with this Law.

In order to prevent disasters, it is important to prioritize and estimate disasters. There is a "National Disaster Early Warning and Management" system which is controlled by Geographical Information System (Gökçe and Tetik, 2012).

Emphasis is placed on raising public awareness about disasters. In Japan, September 1 is "Disaster Management Day". At that time, the government and the relevant disaster management organizations carry out national-scale exercises involving mutual cooperation and public participation to conduct disaster management exercises on a large scale and across the country.

Disaster management in Japan; national, regional and urban levels. The national government has a "Central Disaster Management Council" chaired by the Prime Minister. The Council prepares the Government's main plan for disaster management and examines important issues in this area. The Council acts on coordination and institutional designation, assignments and plan decisions rather than operational planning for disasters.

The organization responsible for the operations at national level and the decisions and plans related to them are the appointed administrative bodies and public organizations. These are the main elements of operational planning and are responsible to the "Central Disaster Prevention Council". At regional and urban levels, local government agencies, regional police, fire authorities, etc. and regional and urban disaster management councils. Urban level; It is responsible for preparing all kinds of preparations, preparing and carrying out operations in case of disaster. The municipality applies to all units with organizational structure. The Municipal Disaster Prevention Council is responsible for taking disaster preparedness and measures within the municipal boundaries under the chairmanship of the mayor (JICA, 2008).

In Japan, post-disaster Recovery and Restructuring councils cooperate with relevant ministries and agencies to develop and implement measures to improve and restructure disaster-affected areas.

## **5. Disaster Management in the Americas**

### **5.1. Disaster Management System in United States of America**

The Integrated Emergency Management System (IEMS) is implemented in the United States (USA). According to this system, the common point of disasters, search and rescue operations should be carried out and the public services should be back to work as soon as possible. Federal Emergency Management Agency. It is stated that FEMA has a mechanism ready to be activated at any time in case of disaster.

In the United States, national emergency relief and rescue efforts involve the participation of public and private institutions and organizations at local and federal level with a participatory understanding. How all these institutions work together is determined according to a detailed "Federal Response Plan". Whether the FEMA-style organizations in the countries governed by the federal system, such as the USA, will be successful in a state system where all authority of Disaster Management is governed by Governors and District Governors at the unitary level and local level, such as our country, will be understood in time and the deficiencies encountered in the disaster management system will be corrected in the process. Also FEMA; BASE. Geological Survey (USGS) is supported by institutions such as the National Science Foundation (NSF) and standards such as the National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) and integrated emergency services (911).

Comprehensive and integrated disaster management in the United States is based on national, state, and regional cooperation. Nationally determined policies and programs and regulations are guiding, supportive and encouraging in terms of the responsibilities





of the states against disasters. As each state has separate legislative, executive and judicial bodies, each state has separate legal regulations for disasters.

However, these regulations are integrated into the upper federal level system. The most important organization that organizes the disaster management system and establishes horizontal and vertical relations is FEMA. FEMA (Federal Emergency Management Agency) is an independent agency that manages and conducts disaster-related activities at the national level and reports to the President. At the state level, FEMA and other competent authorities implement and finance disaster mitigation measures. FEMA aims to reduce the loss of life and property in case of disasters, mitigation, preparedness, response, search and rescue, improvement and disaster recovery activities.

## 5.2. Disaster Management in Argentina

In Argentina, disaster management is carried out through the National Emergency System (Sistema Federal de Emergencias, SIFEM). Established under the chairmanship of the Council of Ministers, SIFEM is the main federal political unit responsible for coordinating efforts to identify and mitigate natural disaster risks at country, state and local government levels.

While the federal government plays an important role in the mobilization of resources and in the coordination of national and international work on harm reduction and emergency response, the state authorities are responsible for the assessment of regional vulnerability and their within their province to undertake mitigation projects for protection against natural disasters. This centralized approach emphasizes the proactive role of local governments and is seen as a compromise between control and participation at the national level, which is necessary for emergencies.

It has established the National Advisory Board for the Improvement of Natural Disaster-Affected Areas (CONAREC, Consejo Nacional para la Recuperación de Zonas en Emergencia Climática). One of CONAREC's main objectives is to assist state or municipal authorities in coordinating and distributing funds for the restructuring of infrastructure such as homes, jobs and roads.

## 5.3. Disaster Management in Brazil

In Brazil, disaster management is carried out by the central government. When the management of small disasters is carried out by the municipality, when the size of the disaster exceeds the response capacity of the municipality, first regional office, then state and then central management are called for help. At the national level, the disaster management plan is known as the National Civil Defense System (SINDEC). The National Secretariat for Civil Defense (SEDEC) of the Ministry of National Integration is responsible for the coordination of ISNDEC. SEDEC is responsible for the coordination of disaster management at all levels in Brazil (Freeman et al., 2003).

## 5.4. Disaster Management in Mexico

Mexico has increased the role of the public sector in disaster management through a network approach. In 1986, the government established the National Civil Protection System (SINAPROC) as the main mechanism for inter-agency coordination in disaster studies. SINAPROC is responsible for minimizing the loss of life and property caused by disasters and disruptions in basic services. Responsibility of the system lies with the Genel General Coordination Unit for Civil Protection in the Ministry of Interior, but the system establishes a network to synchronize the technical work of various ministries, such as the 'Ministry of Social Development for Geological Hazards Alc (Alcira et al., 1999).

## 6. Disaster Management in New Zealand

In New Zealand, "Civil Defense Emergency Management" principles are as follows; risk-based and identification of all hazards, risk mitigation, preparedness, response and improvement, integrated / region based civil defense and emergency management planning and arrangements, local government and reliability, national support and overview.

Risk-based planning, which defines the scope and potential consequences of hazards, is the basis for preparedness, response and improvement arrangements. The same information provides the basis for identifying opportunities for risk reduction over time. The need for relevant planning suggests that local authorities, emergency services, main arteries and relevant units of government participate in group arrangements and demonstrate their capacity for management.

## 7. Results and Discussion

Effective disaster planning is firstly needed for succesful disaster management . The most important factor in disaster planning is to take life saving measures before the disaster comes. Because, the life saving feature of the studies carried out after the disaster is very limited compared to the previous one. Another problem of management is the confusion of authority. For an effective disaster management system, a mechanism that controls disaster planning needs to be well organized throughout the country. Within this organization, the duties, powers and responsibilities of people should be very clear. In each province, a group of volunteers should be established and these groups should receive a very good education. These groups should also specialize in units within themselves. The disaster history of each region or province should be investigated and their location, frequency and intensity should be determined. Measures should be taken with a focus on the identity of the disaster created in this way and without considering other possibilities. The use of Geographic Information Systems (GIS) in disaster management should be expanded. A knowledge base of each city should be established.

Some of the problems affecting the success of comprehensive disaster management in the world have been identified as follows. These start with institutional barriers that slow down the transition to a more integrated system.



- a) Institutional resistance to moving ahead of emergency response:
- b) Limited participation of civil society and private sector
- c) Insufficient preparation for restructuring financing (Freeman et al., 2003).

It is observed that developed countries such as USA, Japan, Italy, New Zealand, Canada, Russia and France have contemporary disaster management. Disaster management in these countries is generally recognized as an interdisciplinary field. In Disaster Management, besides local government, local governments, private sector organizations, non-governmental organizations, volunteer citizens, media and citizens play an active role. However, the establishment and support of the system is carried out by a single organization. There is a holistic disaster management structure. Integrated Disaster Management; In a flexible structure, it is realized through advanced coordination planning between public, private and voluntary organizations. There is a national emergency plan describing key functions and responsibilities. Disaster Information Systems are used extensively, based on geographic information systems, effective information sharing between relevant institutions.

One of the main ways of reducing disaster risks is that the institutes established by local or central governments produce disaster hazard maps and their usage principles. Unless the distribution of disaster hazards is determined without the production of national, approved maps, measures to reduce disaster hazards remain inadequate - unsupported. These days in force "Regulations on Buildings to be Constructed in Disaster Areas", "Turkey Earthquake Zone Map," which is based on. In our country, the importance of creating hazard maps related to landslides, rock showers, floods, avalanches and similar disaster hazards has just started to be given importance.

Insurance is of great importance in reducing earthquake risks. The main reason for the failure to sit on a solid foundation of the insurance system for natural disasters in Turkey, the city with buildings in poor or rural areas who have never received an engineering services. As a matter of fact, this is perhaps the most important reason why DASK is being carried out only in urban areas.

Worth of Disaster Management System of Turkey specifically allocated most of the European countries that "improvement" is also the stage or on the basis of the difference. In every major disaster, so many structures that are not possible to be insured before become unusable that if the state does not deal with the event and does not build disaster houses, the reconstruction of the settlements by the victims and the continuity of life will not be ensured.

Studies that define the scope and potential consequences of disaster hazards in our country and natural disaster-sensitive planning approach are still in search of a zoning-disaster law, related regulations and circulars that will be based on.

AFAD, the organization responsible for disaster management in our country, should be a guiding and coordinating institution that can be modeled at an international level that provides risk-oriented, effective, effective and reliable service based on sustainable development in disaster and emergency related studies. Especially, there may be deficiencies in establishing a disaster-resistant society. This is only possible with effective disaster training. Building Disaster-Resistant Society should be the primary objective of disaster management. As in the FEMA model, private and public institutions and regulations that support AFAD may be inevitable in the future.

## 8. References

- Akdağ, S. E., "Mali Yapı ve Denetim Boyutlarıyla Afet Yönetimi", *Sayıştay Başkanlığı*, Ankara, 2002.
- Alcira, K., Arnold, M. and Freeman, P.K., "Managing Disaster Risk in Mexico – Market Incentives for Mitigation Investment. Disaster Risk Management Series", Washington D.C., World Bank, 1999.
- Büyükkaracıoğlu, N., "[Türkiye’ de Kriz ve Afet Yönetimi Mevzuatının Değerlendirilmesi](#)", *S.Ü. Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, sayı:13, 144-193, 2017.
- Erkal, T. and Değerliyurt, M., "Türkiye’ de Afet Yönetimi", *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14 (22), p. 147-164, 2009.
- Freeman, P.K., Martin, L.A., Bayer, J.E., Pflug, G. and Warner, K., "Disaster Risk Management, Natural System for the Comprehensive Management of Disaster Risk and Financial Strategies for Natural Disaster Reconstruction", *Inter-American Development Bank-IDB*, p.97, Washington DC, 2003.
- Gökçe, O. and Tetik, Ç., "Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları", *AFAD*, Ankara2a, 2012.
- Gülkan, P., Balamir, M. and Yakut, A., "Afet Yönetiminin Stratejik İlkeleri: Türkiye ve Dünyadaki Politikalara Genel Bakış", *ODTU Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi*, p. 61, Ankara, 2003.
- JICA, "Türkiye’de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu", Ankara, 2004.
- Şahin, N., "Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları", *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, İzmir, 2009.
- Tarhan, R. B. ve Ergonenc, S., "Acil durum ve afet yönetimi İnceleme Raporu", *Başbakanlık Mufettişliği Raporu*, Ankara, 2008.



## ESTIMATION OF FLOOD VALUES BY SYNTHETIC METHODS

Naci Büyükkaracığan

Selcuk University, SBMYO, Konya, Turkey

nacibk@selcuk.edu.tr

### Abstract

Flood is one of the most important natural disasters today. Especially, in recent years, due to the global warming effects, more evaporation and therefore more and uneven rainfall can be effective on the earth. This unstable situation is one of the most important causes of floods. In order to reduce the economic and social damages caused by floods, the flood size should be determined first. In addition, knowing the flood flow of a river is necessary to solve many problems in hydrology and design of hydraulic structures. Depending on the type of water structure intended to be constructed, sometimes the total volume, sometimes the peak flow, and sometimes both must be known.

In this study, synthetic methods which are widely used in the flood estimation, Snyder, Kirpich, Mockus and S.C.S methods are given and discussed in the literature.

**Keywords:** *Flood, Peak flow, SyntheticMethods*

### 1. Introduction

Climate factors are highly determinative and limiting on human activities. Therefore; It is very necessary to determine the changes of climate elements. The existence of extreme changes in climate change over time is important in terms of early measures. In addition to this, determination of the appropriateness of the policies and plans that are applied or planned to be implemented and climate change and trend analyzes are guiding in the formation of new policies and plans. Climate change and trend can be analyzed with the most significant rainfall values (Yılmaz, 2018).

Floods occur for various reasons. These reasons can be summarized as follows: Floods due to extreme rains caused by convective air movements in summer. Floods also caused by extreme rains due to frontal systems, Snow melts cause floods especially in winters. Floods can be caused by clogging of streams in urban areas, and sea floods and dams-floods caused by flooding (Ozdemir, 2008).

Floods are natural disasters that cause the most damage after earthquakes, in Turkey. In our country, a total of 1209 floods have occurred until 2015. Because of these, 720 people lost their lives and 893 933 hectares of land were inundated. When the data of the last 10 years are examined, the most flood occurred in 2015 (122 times). The highest number of deaths occurred in 2009 (59 people). The area which was under water in 2010 was recorded as 44 279 ha. In addition, 2010 was declared as the year of flood protection and stream rehabilitation (SYGM, 2017).

The knowledge of the flood of a stream is necessary to solve many problems in hydrology. According to the planned facility, sometimes total volume, sometimes peak flow and sometimes both should be known. Which flood forecasting method will be used may vary according to the availability and availability of observed historical data.

An important point in project flood estimates is regional differences. In these methods, prediction is generally targeted in a wide area. However, caution should be exercised due to the effects of soil structure and types on flow.

The river basin can be examined as a system that converts rainfall to flow for flood forecasts. One factor that will affect the choice of method depends on whether this system is linear or not. In linear systems, the behavior of the system can be expressed by a linear differential equation. In nonlinear systems, a flow that will occur with superposition of precipitation cannot be expressed by the superposition of flows that rainfall will form separately. In practical flood estimations, linear models such as rational method and unit hydrograph are preferred because of their simplicity in their use.

There is limited use of nonlinear models that are more complex due to the lack of information in flood estimates, hydrological data and flow events. Flood Estimation, Unit Hydrograph Method,. Synthetic Unit Hydrographs, Instantaneous Unit Hydrograph, Statistical Methods, Methods for Small and Medium Basins, Rational Method and SCS Method are used (Sonmez et al., 2012).

### 2. Synthetic Flood Estimation Methods

Statistical methods give positive results if the flow data of the river basin is sufficient. However, in most of the precipitation areas, there is no precipitation - runoff data of the unit hydrograph. Many synthetic unit hydrograph methods have been developed in case of insufficient or lack of precipitation - flow data.

#### 2.1. Snyder Method

In the basins where rainfall and flow records are not available, various physical properties of the basin are used to obtain unit hydrographs. Therefore, The Snyder Method is one of the most widely used methods.

Basic formulas of Snyder Method and parameters in the formula;



The time difference between the center of gravity of the river basin and the peak of the flood hydrograph ( $t_p$ ) is in hours;

$$t_p = 0.75 \times C_t \times (L \times L_c) \times 0,3 \quad (1)$$

can be found by (1) equation. Here ;  $C_t$ : Basin storage capacity and slope coefficient,  $L$ : Basin length, (km)

$L_c$ : The basin area is the longest distance of the center of gravity to the basin entry or exit point. (Km)

$C_t$ ; 1.2 in mountainous terrain, 0.72 in flat areas and 0.35 in valleys. For the selected  $C_t$  value, the  $C_p$  value is empirically multiplied by 0.89 for the peak value is calculated with the (2) equation.

$$C_p = 0.8 \times C_t \quad (2)$$

The heavy rain ( $t_r$ ) of the unit hydrograph is calculated by the equation (3).

$$t_r = t_p / 5,5 \quad (3)$$

Here;  $t_r$ : Duration of downpour per unit hydrograph. (hour), the unit flood flow ( $q_p$ ) value at the peak of the flood hydrograph is obtained by equation (4).

$$q_p = 2760 \times C_p / t_p \text{ (lt/sn/km}^2\text{/cm)} \quad (4)$$

From this, the flow ( $Q_p$ ) value at the flood peak is calculated by the correlation (5).

$$Q_p = q_p \times A \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{/sn/cm)} \quad (5)$$

This value is then multiplied by the rainfall height of 100 years ( $h_a$ ) and 100 years of flood flow is obtained.

## 2.2. The Kirpich Method

The Kirpich Method, also known as the triangular unit method, is generally preferred because of its simplicity of formulas and quick resolutions. The general formulas of the Kirpich Method are as follows;

The precipitation time ( $t_f$ ) which is essential for the flood hydrograph;

$$t_f = t_e / 2 + t_p \quad (6)$$

(6) is calculated with the help of equation. Here, ( $t_e$ ) the effective rainfall time that causes flooding;

$$t_e = t_r = t_p / 5,5 \quad (7)$$

is considered. Here;  $t_p$ : The time difference between the center of gravity of the river basin and the peak of the flood hydrograph. (hour), Flood peak flow rate ( $Q_p$ ) for uniform rainfall distribution,

$$Q_p = k.A.h_a / t_f \quad (8)$$

(8) is calculated with the help of equation. Here;  $A$ : Basin area, (km<sup>2</sup>),  $h_a$ : 100 years of rainfall that causes the flood read, (cm),  $k$ : Empirically calculated coefficient.

## 2.3. Mockus Method

The Mockus method is preferred for its practicality and ease of drawing of triangular hydrograph. Triangular hydrographs, as well as curved hydrographs in reservoirs and streams, give accurate results. In addition, it is possible to convert triangular hydrographs into curved hydrographs without disturbing their sensitivity (Keskiner and Çetin, 2016). It is preferred because of the ease of drawing calculations and triangular hydrograph.

The Mockus method can be applied for drainage areas with a collection time ( $t_c$ ) of up to 30 hours. It is important that the  $D$  unit downpour time to be taken in the floods to be calculated due to the variability of rainfall is selected correctly. The general criterion for the selection of  $\Delta D$  unit downpour time is given by equation (9);

$$\Delta D = (t_c / 5) \quad (9)$$

For the first 6 hours of project downpour,  $\Delta D$  is usually 1 hour. In cases where the collection time ( $T_c$ ) is less than 3 hours,  $\Delta D$  is practically 0.5. It is recommended to take  $\Delta D$  2 hours if the collection time is between 10 and 15 hours and to take 3 hours if it is from 15 hours to 30 hours.

The transition time is calculated by the equation  $t_c$  (10);

$$t_c = 0,00032 \times (L_h \times 0,77 / S)^{0,385} \quad (10)$$

Here;  $L_h$ : Hydraulic length of drainage area, (m),  $S$ : Average slope of drainage area. (%), then the duration of the precipitation that formed the flood ( $D$ ) was calculated by equation (11);

$$D = 2 \times t_c / 2 \quad (11)$$

The time to reach peak flow  $t_p$  was calculated by formula (12);

$$t_p = 0.5 \times \Delta D + 0.6 \times t_c \quad (12)$$



The flood damping time was then calculated by the equation (13);

$$t_r = H_c \times t_p \quad (13)$$

Here;  $H_c$ : Empirical coefficient ranging from 1 to 2 according to the basin characteristics. In general, it is taken as 1.60.

The flow rate calculation of 1 mm precipitation was found with the help of (14) equation.

$$q_p = (K \times A) / t_p \quad (14)$$

Here;  $K$ : Basin coefficient ranging from 0.21 to 1.60. This value is accepted as 1. The  $q_p$  value found later is multiplied by the 100 year maximum precipitation height value ( $h_a$ ), as shown in the equation (15), and the 100 year flood flow rate ( $Q_p$ ) is found by,

$$Q_p = q_p \times h_a \quad (15)$$

#### 2.4. S.C.S. (Soil Conservation Service) Method

This method was developed by United States Soil Protection Agency to calculate precipitation losses in the basin (1972). Hydrological data are frequently needed to be used for planning, designing and managing water resources in watersheds less than 30 km<sup>2</sup>. Rainfall-flow volume and maximum flow values are regularly required for selected project return intervals. This information is generally estimated by the use of simulation models.

It is preferred that the equations are very simple, because the inputs are related to the physical properties of the basin and give realistic results. However, the drainage area is limited to 20 square miles.

The formulas used in the SCS Method are as follows;

As in the Mockus method, the basin Transition Time  $t_c$  (hour) is first calculated using formula (16).

$$t_c = 0.066 \times (L_{h2} / S)^{0.385} \text{ (hour)} \quad (16)$$

Here;  $L_{h2}$ : The hydraulic length of the drainage area (km),  $S$ : The slope of the drainage area. (%)

The total precipitation Time  $D$  (Hour) is then determined using formula (17).

$$D = 0.133 \times t_c \text{ (saat)} \quad (17)$$

Here, the formula (18) by applying the basin delay time  $L$  (hour)

$$L = 0.6 \times t_c \text{ (hour)} \quad (18)$$

Using the values of ( $D$ ) and ( $L$ ) found in formula (19), the peak time  $t_p$  (Hour) is calculated by,

$$t_p = (D / 2) + L \text{ (hour)} \quad (19)$$

After that, the Weight Basin Curve Number ( $CN$ ) is read from the Table (Arslan, 1997) and the Maximum Soil Water Retention Index (mm) is found with the help of formula (20).

$$S = (1.000 / CN) - 10 \text{ (mm)} \quad (20)$$

Then, to calculate the maximum flow height ( $h_e$ ), the highest flow height ( $h_a$ ) of the measurements is found with the aid of formula (21).

$$h_e = (h_a - 1)^2 / (h_a - 1 + S) \text{ (mm)} \quad (21)$$

Here, 100 years of flood flow rate ( $Q_p$ ) is calculated using formula (22).

$$Q_p = (0.2083 \times A / t_p) \times h_e [20] \text{ (m}^3\text{/sn)} \quad (22)$$

### 3. Results

In this study, the annual peak current values of Çarşamba Stream.-Sorkun Flow Observation Station No. D16A115 were used (Fig. 1.). This station is on Çarşamba Stream in Konya Basin. The code of the observation station for the 84 km<sup>2</sup> watershed area is 1150 m. In the calculations, meteorological observation station data in Seydişehir and Hadim were used as precipitation data.  $C$ ; Since the value is mountainous terrain was taken 1.2.  $h_a = 525.3$  mm.  $K$  value was taken as 0.208.





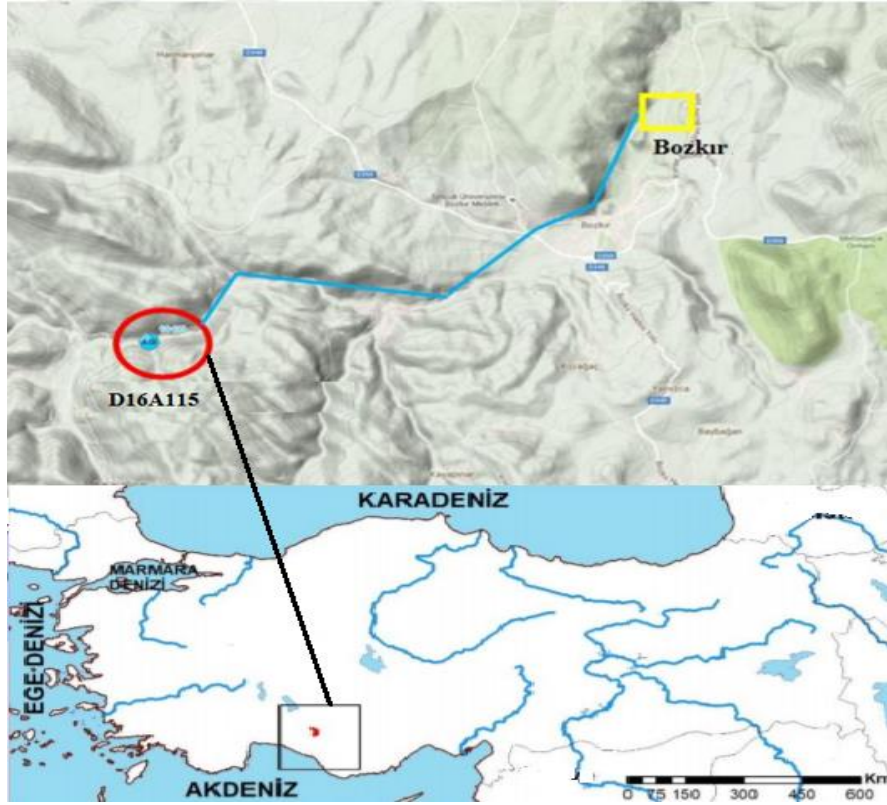


Fig. 1. D16A115 Sorkun observation station location on Çarşamba stream

As a result of the application made by Snyder Method,  $q_p = 7.12 \text{ m}^3 / \text{sec} / \text{mm}$ ,  $Q_{100} = 3470 \text{ m}^3 / \text{sec}$  was found.

According to the Kirpich Method Application Results,  $t_f = 4.82$  hours and  $Q_{100} = 2238.54 \text{ m}^3 / \text{sec}$ .

According to the results of Mocus Method,  $q_p = 5.08 \text{ m}^3 / \text{sec} / \text{mm}$ ,  $Q_{100} = 2668.52 \text{ m}^3 / \text{sec}$  was found.

S.C.S. According to the results of the application with the method,  $h_a = 525.3 \text{ mm}$  and  $Q_{100} = 1644.28 \text{ m}^3 / \text{sec}$  was found.

#### 4. Discussion

The most important factor for protection from floods is prediction. The biggest problem encountered in flood forecasting is the lack of data. If the parameters of the synthetic method are not adapted the basin correctly, significant deviations are inevitable in flood calculations.

As a result of the comparisons, it was seen that the Snyder Method yielded greater flow values than the other methods as a result of the calculations made on the basins. The Snyder Method is 55% according to the Kirpich Method, 30% according to the Mockus Method and S.C.S. According to the method, the results are about 211% larger.

The flood flow rates obtained as a result of the Snyder Method are quite high, although they are closer to the reality. The reason for this is that the basin characteristics are not taken into account in the Snyder Method calculations, only the area and geometric shape of the basin are taken into consideration.

The Kirpich method is also taken into consideration in the parameters of the basin such as basin area and delay time. However, the K coefficient used according to the formula causes the results to be lower than the Snyder Method.

Mockus and S.C.S. In the methods, the slope of the basin and certain coefficients are taken into account. When determining the coefficients of the basin, characteristics of basin permeability.

It can also be seen that the amount of precipitation, flow measurements and characteristics of the basin should be determined very well during the determination of the method to be used when calculating the flood flow rates related to the basin. The size of the basin area and the slope of the drainage area are very decisive parameters in the selection of the method to be used.

These flood flow rates should be taken into consideration, otherwise the floods in these basins may cause loss of life and property. From this point of view, flood scenarios should be prepared by local administrations and drainage system should be given importance.





In order to achieve better results and scientific studies in the future studies, regular and continuous measurements should be made by institutions or organizations and should not be neglected.

Buyukkaraciğan (2009), as a result of the comparison with the results of the frequency analysis in his study, for this purpose, the current monitoring stations data connected to DSI, the data from the current observation stations in the HEPP facilities and the long-term research materials made by TOPRAKSU research institutes throughout the country, obtained from these surveys data and research results show that the coefficients in synthetic flood estimation methods can be used to adapt to the basins of our country.

If there are sufficient flood observations in the basin studied an acceptable method for the correction of synthetic method results. floor number can be obtained.

In the flood calculations to be made in the basins without flow observation, the correction coefficients adapted to the flow observation are similar to the basins. deviations and inconsistencies in synthetic methods can be eliminated by transferring. Thus, more reliable flood calculations can be made in sub-basins without flow monitoring.

## 5. References

Aslan, B., “S.C.S. Sentetik Birim Hidrograf Yönteminin Türkiye Şartlarında Uygulanabilirliğinin Araştırılması”, *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 1997.

Buyukkaraciğan, N., “Türkiye Akarsuları Yıllık Pik Akım Serilerinin Frekans ve Değişkenlik Analizi”, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, s.121, 2009, Konya.

Keskiner, A. D., Çetin, M.” Taşkın Hesaplarında Kullanılan Sentetik Yöntemlerin Küçük Ölçekli Sulama Göletleri Alt Havzalarına Uyarlanması: Yaylalık Göleti Örneği”, *4. Ulusal Taşkın Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2016, Rize.

Özdemir, H., “Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde Cbs-Uzal Ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu”, *5. Dünya Su Forumu*, p. 131 2008, EDİRNE.

Sönmez, O., Öztürk, M. and DOĞAN, E, “ İstanbul Derelerinin Taşkın Debilerinin Tahmini”, *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 16. Cilt, 2. Sayı, s. 130-135, 2012.

SYGM, “Taşkın Yönetimi”, *Orman ve Su İşleri Başkanlığı*, s.248, 2017, Ankara..

Yılmaz, A., “Batı Karadeniz bölümünde sıcaklık ve yağış verilerinin trend analizi”, *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı*, 361, 2018, Karabük.



## EVALUATION OF TURKEY DISASTER INTERVENTION PLAN

Naci Büyükkaracıgan

Selcuk University, SBMYO, Konya, Turkey

nacibk@selcuk.edu.tr

### Abstract

Human beings and governments have fought disasters, which are natural, technological or man-made events that cause physical, economic and social losses, stop or interrupt normal life for all or certain segments of society. In disaster response studies, the basic principles of response planning before, during and after a disaster are important. Success and failure in disaster response studies directly affect both life and property losses. This is possible only by making an accurate planning and implementation. In disaster response plans, it is important to define the roles and responsibilities of service groups and coordination units to be assigned and to ensure their controls. Disaster, social and economic areas in the continuation of development instead of transferring the necessary resources to post-disaster response and reconstruction activities, disaster risk mitigation and improvement activities should be planned together and a specific resource should be used for the purpose.

In this study, Turkey's main institutions that are responsible for struggle disaster, Disaster and Emergency Management Presidency 's prepared whether information about disaster intervention plan has been evaluated in terms of effective disaster management. Suggestions were made about the issues that were found to be incomplete in planning.

**Keywords:** *Disaster, Disaster intervention plan, Turkey Disaster intervention plan*

### 1. Introduction

Disaster management is very important because of the negative impact of disasters on human settlements and natural resources. Our world is globalizing but political borders have not yet been removed, these borders have been eliminated for disaster risks. Today's society has become "a risk society" because of natural and human-made reasons. Strategic and political decisions to perceive, analyze and protect rapidly increasing risks and uncertainties, especially in urban areas, will directly affect the future of both communities, as well as support the efforts to make the world a safer place.

All of the studies that allow people to be aware of the natural events occurring in the environment they live in, to recognize them in detail until their causes and in case of repetition of these events are never affected or at least affected by them are called "Disaster Management" (Erkal and Değerliyurt, 2009). Traditional disaster management systems are insufficient to cope with the increasing impact of disasters. Because, traditional approaches to combating disasters are mostly based on post-disaster response and recovery stages. However, it is seen that post-disaster studies are not effective in reducing the negative effects of disasters. On these developments, especially from the 1990s onwards, the international disasters policy approach, which shows the transformation that will create fundamental changes in the traditional disaster management approach, has come to the forefront. This policy change envisages the transformation from "Traditional Disaster Management System" to "Disaster Risk Management System (Özmen and Özmen, 2013).

Past experience has led to the ineffectiveness and inadequacy of the traditional disaster management approach, which focuses on post-disaster studies, and a better understanding of the international arena, especially after large-scale disasters. Due to these reasons, there is a need for reshaping of international disaster policies and transformation. Today, risk management activities that will prevent disaster-free activities are on the agenda within the scope of disaster prevention strategy worldwide. However, the success of this approach, improved protection and warning systems with better disaster emergency planning. This situation is possible with the coordinated conduct of disaster management works. This change in the basic approach leads to uncertainties in the prediction of increased floods and other disasters due to global climate changes. Many factors, such as global climate change and changes in land use, will affect how flood risk will occur in the future and how well these risks can be managed (Kadioğlu 2008).

There have been transformations in parallel with the changes in international disasters policy In the disaster management system implemented in our country. Especially in 1999 due to the impact of the hefty bill eastern Marmara earthquake and floods experienced in major events, there have been many changes in Turkey in disaster management. Until 2009, there was a complex situation in terms of legal authority responsibilities in disaster management. This had a negative impact on effective disaster management. For this reason, the Law No. 5902 on the Organization and Duties of the Disaster and Emergency Management Presidency was adopted in the Turkish Grand National Assembly on 29.05.2009 in order to eliminate the complexity and multi-headings in disaster management. This Law entered into force after being published in the Official Newspaper dated 17.06.2009 and numbered 27261. With this law; Disaster and Emergency Management Presidency bağlı (AFAD) was established under the Prime Ministry to carry out services related to disaster and emergency situations and civil defense. Law; to ensure the necessary measures to ensure the effective implementation of disaster and emergency and civil defense services at the country level and to prepare and mitigate before the occurrence of events, to ensure coordination between institutions and organizations carrying out the intervention and improvement activities to be carried out during the event, production and application.



## 2. Turkey Disaster Intervention Plan

Turkish Disaster Response Plan is part of Turkey's Disaster Management model. In Turkey for the coordination of disaster and emergency services, the creation of educational policies and legislation on these issues is responsible for making the AFAD. Main duty of AFAD is related to disaster management has projected Turkey Disaster Intervention Plan.

Turkey Disaster Response Plan (TAMPA) objective; The aim of this course is to define the duties of the respondents in disaster and emergency response activities and to determine the basic principles of response planning before, during and after the disaster. TAMP covers ministries, institutions and organizations, private organizations, non-governmental organizations and real persons who will take part in response to disasters and emergencies in all kinds and scales that may be experienced in our country. TAMP describes a flexible and modular response organization system that can be adapted to the type and scale of possible disasters and emergencies as a top plan which sets out how to conduct disaster and emergency response studies at national and local level.

The objectives of the TAMP are summarized below.

- To save a life,
- Restoring interrupted life and activities to normal as soon as possible,
- To perform the intervention works in a fast and planned manner,
- To protect and maintain public health,
- To protect property, environment and cultural heritage,
- To reduce economic and social losses,
- Preventing or mitigating secondary disasters,
- To ensure the efficient use of resources.

The duties, powers and responsibilities of the disaster response organizations are determined within this plan. In other words, the ministry and institution that will take into consideration the types of events related to large-scale natural disasters, mass population movements, fires, technological accidents, chemical, biological, radiological and nuclear accidents or incidents, air and sea vehicle accidents, dangerous and epidemic diseases. All these organizations are included in this plan. The plan details specifies the central and provincial organization.

District disaster response plans, district disaster response plans for districts where disaster and Emergency Management Center is established are prepared by taking into consideration provincial disaster response plan.

In the intervention operation plans; communication system and information, gathering places, transfer planning, report and form samples, personnel and tools to be assigned to teams and sub-teams in intervention works, etc. resource inventories, floods, shift planning, and standard operating procedures. These plans are added to the provincial disaster response plan.

At the national and local level, the main solution partner ministries, institutions and organizations should consider the preparation of plans as follows:

- Identify as much as possible the hazards and risks that may be encountered during the mission,
- To identify all the facilities and capabilities within the responsibility area of their service group as power and resources,
- To increase the capacity as much as possible in order to reduce the risks and damages during the duty,
- Performing preparations at all levels against all disasters and emergencies,
- To ensure cooperation and coordination between relevant institutions,
- Regularly updating all information,
- To organize trainings and exercises related to the field of duty and to participate in other related exercises,
- To set up the service groups and teams in detail, to set up the duties, working procedures and principles and to ensure that they are implemented by national and local teams.

In summary, in the disaster management plan can be explained shortly:

**Strategy:** Turkey Disaster Strategy document

**Tactics:** Turkey Disaster Risk Reduction Plan, Turkey Disaster Response Plan, Turkey Disaster Recovery Plan

**Operational:** National Level Service Group Plans, Provincial Disaster Response Plan, Local Level Service Group Operation Plans

### 2.1. Plan Preparation Process:

The plan preparation process consists of four parts: organization, analysis, capacity building and integration process.



### **2.1.1. Organization Process**

It consists of forming the service group, performing the process analysis of the service group, making the work division within the service group within the process analysis itself, and establishing the service group teams. The main objective is to determine the organization, planning and management of each team by forming teams according to the nature of the work to be performed.

### **2.1.2. Analysis Process**

Determining the resource-inventory of the service group, determining and arranging the cooperation of the service groups with each other. emergency management centers, the determination of the reporting and communication procedures of the service group, the creation of the service group, performing the process analysis of the service group, performing the division of labor within the process analysis process of the service group, the establishment of service group teams. It is important to create the required number of sub-teams in terms of event level.

### **2.1.3. Capacity Building Process**

Scenario study, capacity building decisions, forming the group are all processes

### **2.1.4. Integration Process**

Integration of all service group plans, integration of operational plans to be prepared by local organizations of the ministry responsible for national level service group to provincial disaster response plans, and studies to be carried out for amendment of legislation on required issues.

## **2.2. Intervention Organization Process**

TAMP describes the response management system at national and local level. Improvement activities consist of two stages as pre-improvement and long-term improvement studies. The organizational structure of the intervention consists of the work of the service groups regarding the preliminary improvement activities. At the end of the intervention, long-term improvement works begin. A part from the event type plans that are decided to be prepared by Disaster and Emergency High Council, TAMP, the process of shelter service from emergency shelter to permanent shelter, damage detection services; It covers the process up to the stage of entitlement, such as pre-damage detection, final damage detection, objectionable damage detection.

The organization consists of the High Council for Disaster and Emergency, Disaster and Emergency Coordination Board, Prime Ministry Disaster and Emergency Management Center, Ministries Disaster and Emergency Management Centers. At the local level, the Provincial Disaster and Emergency Coordination Board consists of the Provincial Disaster and Emergency Management Center.

### **2.2.1. Intervention Management at National Level**

*Operation Service;* It is the service that implements the plan as the basic unit in the intervention organization. Emergency Service Groups; Communication, transportation infrastructure, security and traffic, fire, search and rescue, health, energy, evacuation, placement and planning, transportation situations. As Pre-Improvement Service Groups; housing, nutrition, burial, infrastructure, damage detection, food agriculture and animal husbandry, psychosocial support and debris removal. The relevant deputy undersecretaries of the ministries are responsible for the management of service groups at national level.

*Information and Planning Service;* The Information and Planning Service serves as the Information Management, Monitoring and Evaluation Service Group to provide information collection, document recording, documentation and reporting, and evaluation and monitoring services.

*Logistics and Maintenance Service;* Logistics and Maintenance Service service group logistics consists of five service groups: in-kind donation warehouse management and distribution services, technical support and replenishment, international support and cooperation and resource management. It is responsible for establishing facilities to provide support to the service groups involved in the intervention and providing the necessary materials and equipment.

*Finance and Administrative Services;* this service; procurement and leasing, accounting, budget and financial reporting, national and international cash donation, loss detection.

The relationship between the service groups formed at the national level and the service groups formed at the local level is the execution of the support function for the local area, ie the disaster area. Disaster response management at the local level was designed by the national level as a single model in order to achieve the nationwide standard. NGOs wishing to work in the disaster area are coordinated by the national level service partner main solution partner at the national level to which they are involved, and by the service coordinator of the service group at the local level. In the disaster area, first mobile detection teams consisting of the notice follow-up desk and the personnel of security, gendarmerie, military units and other public institutions are established. It is known that ministries have been established for the regular, rapid, effective, efficient and economic execution of public services. In case of disruption of normal life and activities in disasters, the services of each ministry should be carried out at the local level with the provincial organizations of the relevant ministries. The main solution partner ministries, institutions and organizations are the main responsibility of the service undertaken at the national level. The Ministry shall determine the duties and working procedures of the support solution partners.

Finance and Administrative Services; this service; procurement and leasing, accounting, budget and financial reporting, national and international cash donation, loss detection.



The relationship between the service groups formed at the national level and the service groups formed at the local level is to carry out the support function to the local, disaster area.

Disaster response management at the local level was designed by the national level as a single model in order to achieve the nationwide standard. Non-governmental organizations wishing to work in the disaster area are coordinated by the main solution partner of the national level service group at the relevant national level and by the service coordinator of the service group at the local level. In the disaster area, first mobile detection teams consisting of the notice follow-up desk and the personnel of security, gendarmerie, military units and other public institutions are established. It is known that ministries have been established for the regular, rapid, effective, efficient and economic execution of public services. In case of disruption of normal life and activities in disasters, the services of each ministry should be carried out at the local level with the provincial organizations of the relevant ministries. The main solution partner ministries, institutions and organizations are the main responsibility of the service undertaken at the national level. The Ministry shall determine the duties and working procedures of the support solution partners to work with.

### **2.2.2. Duties of Support Solution Partners**

Participating in the preparation of the operational plans:

- Necessary personnel, tools, equipment, equipment and so on. supply,
- To support the execution of operations,
- Ensuring the continuity of trained personnel and supporting the work of other service groups,
- To follow the technological innovations required for the operation,
- To fulfill the requests of the service group responsible for the service.

Ministry of Education; It is primarily responsible for making disaster and emergency plans of each school before disasters. In case of disaster; It also makes sure that the needs of the evacuated students (health, nutrition, housing, etc.) are met by other service groups from the evacuation of students residing in all dormitories and students in schools. It is responsible for ensuring the continuity of education and training services immediately after the disaster.

Council of Higher Education; It is responsible for ensuring that each university and its affiliated units make disaster and emergency plans before disasters. Disaster volunteers in universities to work to train young people, Disaster instantly; It ensures that the needs of the evacuated students (health, nutrition, housing, etc.) are met by other service groups from the evacuation of students residing in university dormitories and studying in universities.

General Directorate of Higher Education Credit and Dormitories; is responsible for making disaster and emergency plans of the dormitories within the body of the dormitory, evacuating the students in the dormitories and ensuring that the needs of the evacuated students (health, nutrition, housing etc.) are provided by other service groups.

The Ministry of Forestry and Water Affairs is responsible for supplying, transporting and, if necessary, drilling a sufficient number of water wells until the infrastructure works in the disaster area are completed. In case of loss or relocation of water resources due to the disaster, it determines the new resources by performing the necessary studies and prepares the water project draft immediately and sends it to the related governorate.

All ministries, institutions and organizations are responsible for the emergency planning of their service buildings and add-ons. Establishing business continuity plan with the business of disasters and emergencies of all sizes, particularly of Labor and Social Security, Ministry of Science, Industry and Technology, Ministry of Small and Medium Enterprises Development and Support Administration and Turkey Chambers and Commodity Exchanges by the institutions and agencies concerned, including the Union support and encouragement.

Turkey Business Council, after the disaster to occur at the request of the Presidency priorities necessary to assure workers to the disaster area. In case of disaster and emergency, necessary measures are taken to ensure that the justice services are carried out without causing any disruption or delay.

citizens in disaster General Directorate of Turkey Radio and Television in cooperation with the Presidency after the disaster occurrence makes regular radio and television broadcasts to inform.

The Presidency of Religious Affairs develops capacity in order to provide complete religious services in case of disaster and emergency. Regulatory and supervisory boards (BTK, RTÜK, BDDK, EPDK, etc.) prioritize the arrangements to ensure complete and timely delivery of disaster and emergency services and ensure that sectors under their responsibility contribute to disaster management at the time of disaster.

After the disaster, financial analysis is prepared by the Ministry of Finance, psychosocial analysis by the Ministry of Family and Social Policies, economic analysis by the Ministry of Economy and intervention system performance analysis report by AFAD.

### **2.3. Monitoring, Developing, Updating, Training and Exercises of the Plan**

Training and exercises of national and local service group plans are carried out in the number specified in the plans. National Disaster Drills are organized in single years.



### 3. Results and Discussion

Turkey Implementation of Disaster Management Plan, which is part of a disaster intervention plan can be considered as the model for modern disaster risk management. In this respect, it is in parallel with the plans implemented especially in European Union countries. However, there are differences between the likelihood and priority of disasters in Europe and those in our country.

Although it seems perfect on the plan, it has been observed that in practice, there is not sufficient coordination with relevant institutions and organizations, especially in technical and managerial terms. In particular, the legal arrangements that give AFAD the necessary powers to focus on pre-disaster studies were insufficient. The major disasters that occur in our country are earthquakes and floods. Laws and regulations that direct and regulate the production process of the structures directly affected by both disasters, and the laws and regulations applied in planning and site selection decisions should not be in contradiction with the disaster risk management approach. AFAD should play a more active role in this process.

It is not sufficiently successful from AFAD in information, training and awareness raising activities, which is an important sub-component of disaster risk management. AFAD, which is expected to establish coordination between the relevant institutions, the Ministry of National Education and the top institutions of Radio and Television and civil society, should be more effective. The opening of departments such as crisis and disaster management and emergency aid in universities is a positive development. However, especially in primary and secondary education, trainings on disaster management and awareness should be provided. AFAD, which is the decisive organization in this field, has a great duty.

The Disaster Risk Mitigation Platform was established to increase the sensitivity of the society to disasters and to ensure continuity in risk mitigation efforts, to determine the needs of risk mitigation in compliance with plans, policies and programs at all levels, to monitor and evaluate the practices is necessary to operate effectively.

### 4. References

- Erkal, T. and Değerliyurt, M., “ Türkiye’ de Afet Yönetimi”, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14 (22), p. 147-164, 2009.
- Kadıoğlu M., “Sel, heyelan ve çığ için risk yönetimi, Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”, JICA Türkiye Ofisi Yayınları, ; s. 251-276, Ankara, 2008.
- Özmen, B.and Özden, T.,”Türkiye’nin Afet Yönetim Sistemine İlişkin Eleştirel Bir Değerlendirme”, [İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi](#), Volume 0, Issue 49, 2013.
- Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP), T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, 2013.





## BİRLEŞMİŞ MİLLETLER AVRUPA KOMİSYONU TÜZÜK 11 DENEYSEL TEST SONUÇLARI İLE SİMÜLASYON ARASINDAKİ KORELASYON İÇİN BAGAJ MENTEŞESİ SİMÜLASYON PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Onur Erol<sup>1\*</sup>, Hande Güler Özgül<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü

onurerol91@gmail.com ,handeguler@uludag.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, bagaj menteşesinin sonlu elemanlar simülasyonlarının deneysel test sonuçlarına yakınsaklığına etki eden parametreler incelenmiştir. Bagaj menteşesinin simülasyonları ve testleri, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu Tüzüğü 11(UNECE R11)'e göre yapılmıştır. Simülasyonlar ve testler Y yönü için gerçekleştirilmiş ve sonuçların korelasyonu incelenmiştir. Yapısal analiz simülasyonlarında Ansys Workbench 18'in statik yapısal modülü kullanılmıştır. Üç Boyutlu tasarım datası (CAD) ve 3 boyutlu tarama datası üzerinde temas sürtünme katsayısı, burç malzemesinin ve üretim hatalarının etkileri sonlu elemanlar analizleri ile deneysel testlerden elde edilen kuvvet-deplasman eğrileri karşılaştırılarak incelenmiştir. Sonuç olarak, Y yönündeki yüklemelerde temas sürtünme katsayısının etkili olmadığı, burç malzemesi ve üretimsel farklılıkların etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca deneyler ile yakınsak sonuçlar burç malzemesinin ve tarama datasının kullanıldığı simülasyonlar ile elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu Elemanlar Analizi, Kapı Menteşesi, UNECE R11, Korelasyon, Ansys

### 1. Giriş

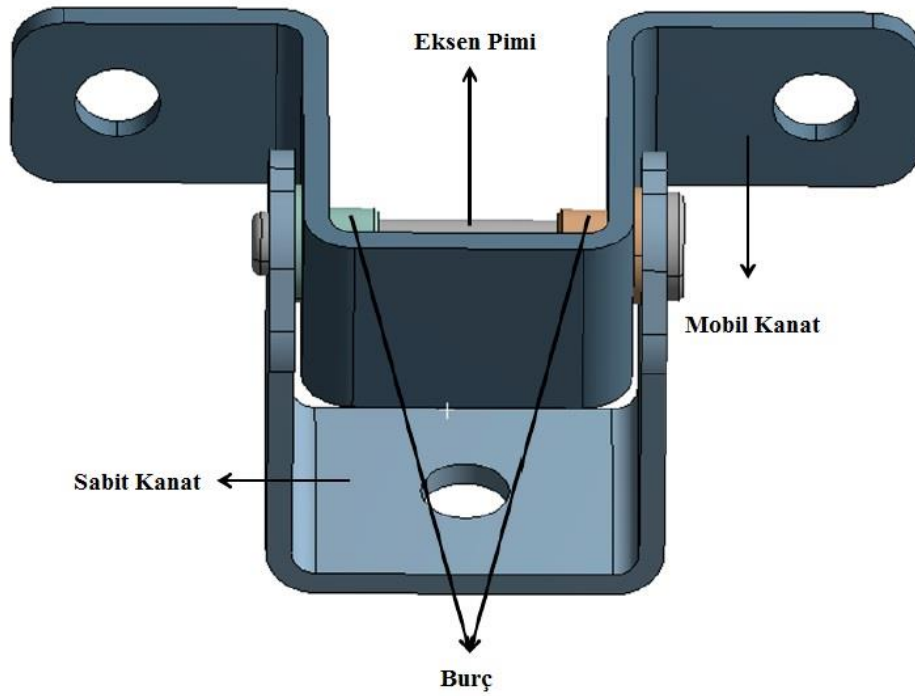
Günümüz otomotiv endüstrisinde, ucuz, hafif ve güvenilir ürün tasarımı ilk hedeflerdendir. Sonlu elemanlar analizi (SEA) düşük prototipleme ve doğrulama maliyet ve süreleri ile endüstrinin bu ihtiyaçlarını karşılayan önemli enstrümanlardan biri konumuna gelmektedir. Ancak bu önemli enstrümanın kapasitesi sonlu elemanlar modeli (SEM) ile deneysel testler arasındaki uyum ile orantılı olarak değişmektedir. Bu sebep ile literatürde birçok deneysel ve numerik korelasyon çalışması farklı ürün gurupları üzerinde yürütülmüştür [1].

#### 1.1. Ticari Kapı Menteşeleri

Kapı menteşeleri araç kapısı ile araç gövdesi arasındaki bağlantıyı sağlayan önemli komponentlerdendir. Bu komponentin ana fonksiyonu olan araç kapısının açılıp kapanmasını sağlayarak yolcuların araca binip inmesini sağlarlar. Ana fonksiyonuna ek olarak, yolcuların kaza anında güvenliğini sağlamaktadır görev alırlar.

Genel olarak araç kapı menteşeleri 4 parçadan oluşurlar. Bu parçalar; sabit kanat, menteşenin araç gövdesine bağlanan sabit parçası, mobil kanat menteşenin araç kapısına bağlanan hareketli parçası, eksen pimi mobil kanat ile sabit kanat arasındaki bağlantıyı sağlayan parça olarak, mobil kanada bağlanan burç parçası ise eksen pimi üzerinde dönmeyi sağlayan parça olarak adlandırılırlar. Genellikle bu parçalar çelikten dövme, presleme veya toz metalurjisi gibi yöntemler ile üretilirler. Araç menteşesi parçaları şekil 1'de gösterilmiştir [2].





Şekil 1: Ticari Kapı Menteşesi

## 1.2. Avrupa Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu Şartname 11 (UNECE R11)

Araç menteşelerinin bir diğer fonksiyonu olan kaza esnasında yolcu güvenliği araç üreticileri yada kanunlarının (Avrupa Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu Şartname Numara 11(UNECE R11), Federal Motorlu Taşıtlar Güvenlik Standartları, Japon Otomotiv Standartları, vb..) araç satışa sürülmeden önce menteşenin dayanımını garanti etmek amacı ile çeşitli validasyon testleri talep etmişlerdir.

Bu kanunlardan biri avrupa birliği ülkelerinde geçerli olan Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu Şartname Numara 11'dir.

### 1.2.1. Şartname Amaç ve Kapsamı

Genel ürün şartnamesi olan UNECE R11, yolcuların kaza sırasında aracın içinden savrulma riskini engelleme amacı ile kapıyı tutan komponentlere (kapı menteşesi, kapı kilidi, vb.) standart bir minimum dayanım kuvveti tanımlamayı amaçlamıştır. Şartname M1 ne N1 tipi araçları kapsamaktadır. M1 tip araçlar yolcu taşıma amacı ile kullanılmaktadır. Bu araçların kapasitesi maksimum 9 kişidir (sürücü dahil). N1 tip araçlar yük taşıma amaçlı kullanılmaktadır. Bu araçların kapasitesi maksimum 3.5 tondur.[3]

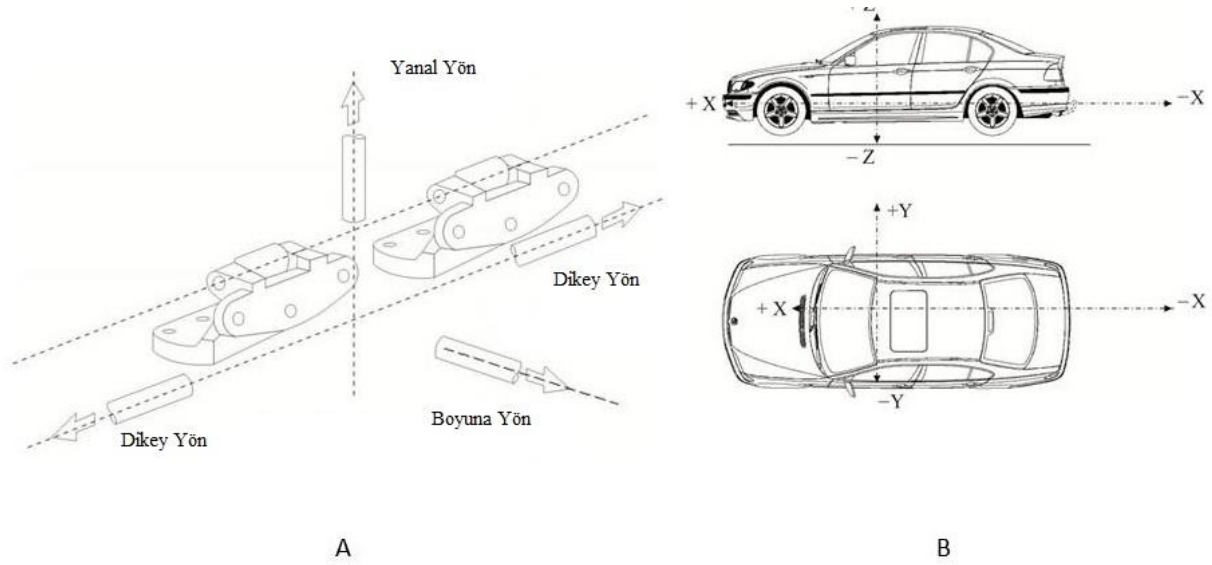
### 1.2.2. Şartname Proseduru ve Kabul Kriteri

UNECE R11 şartnamesi, araç takım eksenine göre 3 yönde (Boyuna 11000 N, yanal 9000 N, dikey 9000 N) uygulanan yüklemeler ile kapı menteşesinin dayanımını şekil 2'de gösterildiği üzere test etmektedir.[3]

Menteşe takımı test aparatına kapalı pozisyonda bağlanmalıdır. Yükleme yönü şartnamede belirtilen yönlerde menteşe takımının merkez ekseninden uygulanmalıdır. Yükleme hızı 5 mm/dk hızlı olmamalıdır.[3]

Test şartnamede belirtilen yönlerdeki yükleme büyüklüklerine ulaşmadan menteşelerde meydana gelen ayrılma testin başarısızlığı olarak belirtilmiştir

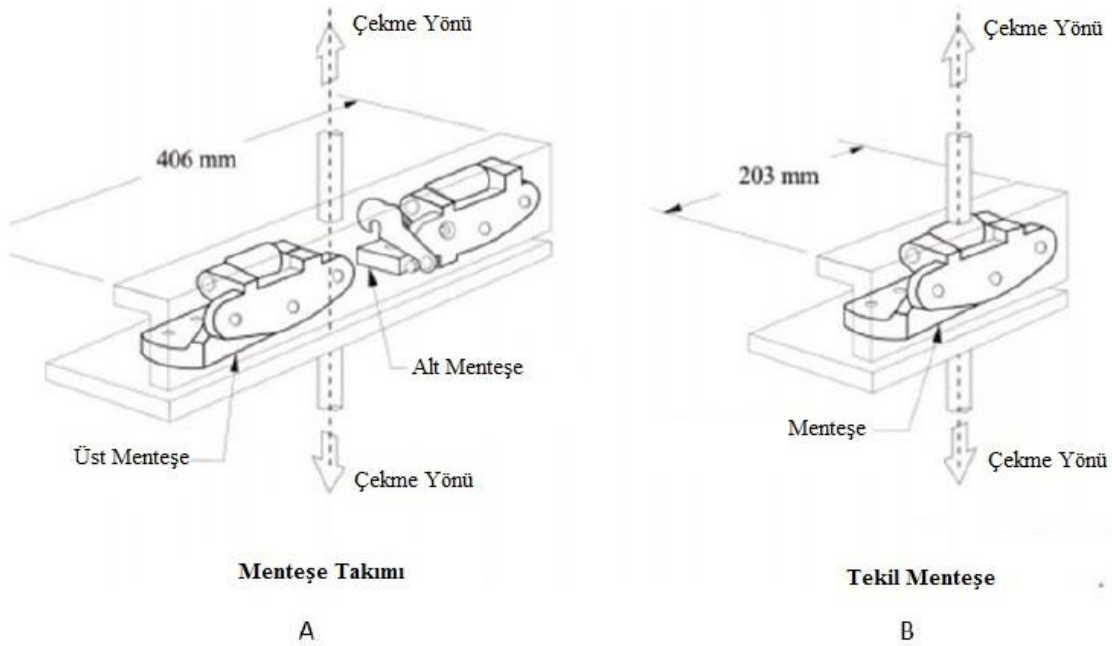




Şekil 2: Avrupa Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu Şartname Numara 11(UNECE R11)((A) Menteşe Üstünde Yükleme Yönleri, (B) Araç Üzerinde Yükleme Yönleri ).

### 1.2.3. Test Aparatları

Test aparatlarının uzunluğu menteşenin eksen pimlerinin en uzak noktaları arasındaki mesafe 406 +/-5 mm olmalıdır. Ek olarak, test tek menteşe ile menteşe takımının simetrik olması durumunda kullanılabilir. Ancak tek menteşe ile yapılan testlerde uygulanan kuvvetler şartnamede menteşe takımı için belirtilen kuvvetlerden %50 daha az olmalıdır. Tekil menteşe test aparatının ölçüleri Şekil 3'de belirtilmiştir.



Şekil 3: Deneysel Test Aparatı Ölçüleri((A) Menteşe Takımı Test Aparatı,(B) Tekil Menteşe Test Aparatı).

### 1.3. Literatür Çalışması

Literatürde birçok menteşe tasarımı çalışması bulunmaktadır. Bunlardan Doğan ve ark. araç menteşelerinin tasarımında geçerli olan yapısal testler hakkında detaylı bilgi paylaşmıştır. Çalışmalarında menteşe üzerindeki yüklemeleri amerikan araç dayanım standardını(FMVSS No.26) baz alarak yürütmüşler ve yaptıkları deneysel testlerle simülasyon sonuçları arasındaki korelasyon sonuçlarını paylaşmışlardır[1]. More ve ark. araç yan kapı menteşe tasarımını amerikan(FMVSS No.206) ve hindistan(IS:14225) şartlarını dikkate alarak yaptıkları çalışmalarında incelemişlerdir. Optimum tasarım modelini stres ve deformasyon sonuçlarına göre



belirlemişlerdir. Ardından optimum modelin prototipi üzerinde tasarım validasyonu ve korelasyon çalışması yapmışlardır[2]. Tüfekçi ve ark. kapı rüzgar testi için optimum tasarım modelini araştırdıkları çalışmada, ilk tasarımın doğrulanmasında sonlu elemanlar kullandıkları çalışmada çalışmalarını alınan sonuçlar doğrultusunda geliştirmişlerdir. Gerçek testler ve simülasyonlar arasındaki korelasyon sonuçlarını çalışmalarında paylaşmışlardır[4]. Tüfekçi ve ark. çalışmalarında arka kapı menteşesi üzerinde bulunan bağlantı parçasının dayanımını operasyon şartlarında araştırmışlardır. Çalışmalarında, sonlu elemanlar ve topoloji optimizasyonu ile bağlantı parçasını tasarlamışlardır. Sonlu elemanlar kullanarak elde ettikleri sonuçlar ile deneysel testleri karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda link parçasını %60 oranında ağırlığı azaltılmış şekilde valide etmişlerdir[5]. Bayraktar ve ark. çalışmalarında mobilya menteşesinin yorulma dayanımını incelemiş ve çalışmalarında menteşenin operasyonu sırasındaki dinamik etkilerin modellenmesi için yeni bir yöntem belirtilmiştir [7]. Toan ve ark. çalışmalarında araç menteşesinin presslenme performansını sonlu elemanlar ve taguchi metodu kullanarak iyileştirmişlerdir. Presslenme performansını radius ve bazı ölçüleri değiştirerek başarmışlardır[8]. Darwish ve ark. Araç kapısını inceledikleri çalışmalarında, kapı komponentleri üzerindeki stress sonuçlarını ve modal frekanslarını hesaplamışlardır. Sonuçlarında araç kapısı üzerinde en çok stresin menteşeler üzerinde olduğu ve menteşe sayısının artırılması ile stres ve modal frekansların iyileşme gösterdiğini gözlemlemişlerdir[9].

#### 1.4. Motivasyon ve Amaç

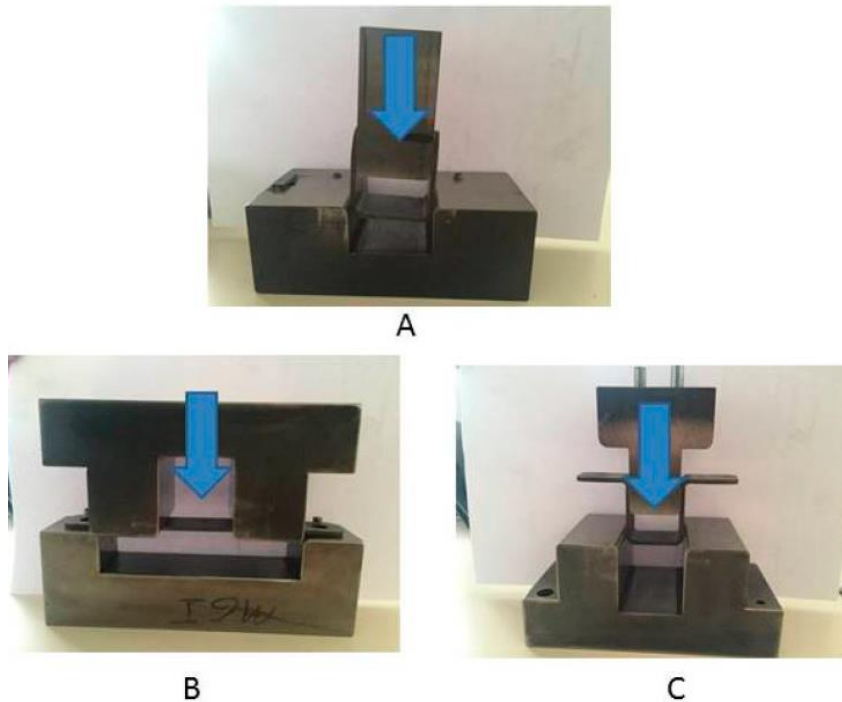
Literatürde araç menteşe üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak menteşe simülasyon modellerinin korelasyonunda önemli olan kuvvet deplasman eğrilerine etki eden parametreler literatürde incelenmemiştir. Bu çalışmada sürtünme katsayısı, geometrik farklılıklar, burç malzemeleri incelenmiştir. Bu parametreler UNECE R11 şartnamesinin Y yönündeki yüklemesi üzerinde incelenmiştir. Yazar bu yönü en kritik yükleme olmasındandır. Ek olarak, yazar çalışmada iki bağlantı noktasından sabitlenen menteşeler üzerinde çalışmıştır. Buda literatürde gözlenmemiş bu menteşe tipini literatüre kazandırmak içindir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Prototip Menteşe Tasarımı ve Üretimi

Bu çalışmada protoip menteşeler Catia V5R22 kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan simülasyonların yapısal hesaplarında Ansys Workbench 18'den yararlanılmıştır. Prototip menteşelerin tasarımında üretimsel hatalardan(Şekil değiştirme pekleşmeleri, asimetric pres üretimler, vb...) uzak durabilmek için basit şekiller tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, mobil ve sabit kanatlar presleme yöntemi ile oluşturulmuştur. Kullanılan prototip kalıplar şekil 4'de gösterilmiştir. Eksen pimi soguk dövme işlemi ile oluşturulmuştur ve burç parçasının üretiminde toz metalurjisi yöntemi kullanılmıştır.

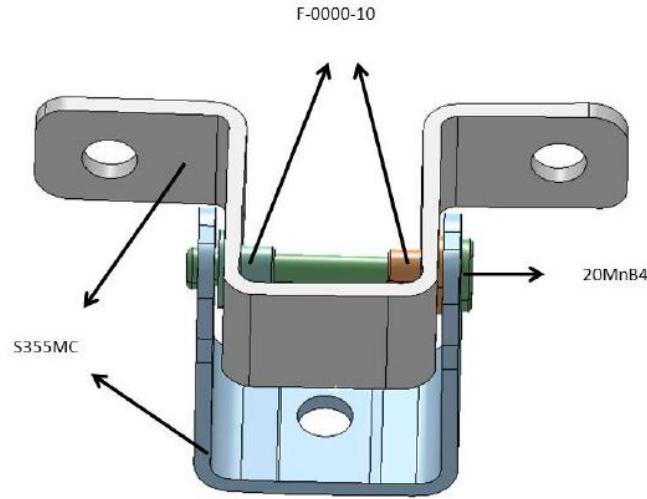


Şekil 4: Prototip Menteşe Üretim Adımları((A) Sabit Kanat Bükme Operasyonu, (B) Mobil Kanat Montaj Yüzeylerinin Oluşturulması,(C) Mobil Kanat Final Bükme Operasyonu).

### 2.2. Malzeme Datası

Sonlu elemanlar analizinde malzeme datası önemli girdilerdendir. Gerçekçi olmayan malzeme eğrileri deformasyon sonuçlarını ve analizcinin sonuçları yorumlamasını etkiler. Bu çalışmada, şekil 5'da gösterilen malzemeler atandıkları parçada kullanılmışlardır.





Şekil 5: Malzemeler ve Parçalara Atanması

S355MC malzeme üzerinde çekme testleri Amerikan Test ve Malzeme Birliği(ASTM)'nin E8E8M standardına göre yapılmıştır. Çalışma sonunda mühendislik eğrileri elde edilmiştir. Eksen pimi malzemesinin malzeme eğriler literatürde yapılan araştırmalar ile elde edilmiştir[10]. Toz metalurjisi malzemesinin(F-0000-10) özellikleri toz metalurjisi endüstrisi standart 35-SP(MPIF-35-SP)'den elde edilmiştir.

S355MC malzemesinin çekme testlerinde 12.5mm genişliğinde çekme numunesi ASTM E8E8M şartnamesine göre kullanılmıştır. Çekme testi hızı 5mm/dk olarak belirlenmiştir. Test sonucunda elde edilen mühendislik stres-uzama eğriler denklem 1 ve 2 kullanılarak gerçek stres uzama değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\sigma_{Gerçek} = \sigma_{Mühendislik} * (1 + \varepsilon_{Mühendislik}) \quad (1)$$

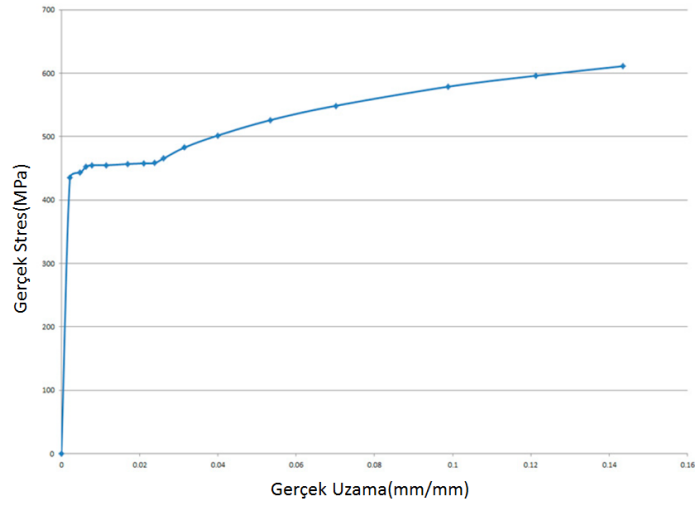
$$\varepsilon_{Gerçek} = \ln(1 + \varepsilon_{Mühendislik}) \quad (2)$$

Bu çalışmada prototip menteşeler üzerinde Y yönünde yapılan testlerde yüksek deformasyon miktarları beklenildiğinden gerçek stress uzama eğrileri tercih edilmiştir. Malzeme eğriler tablo 1'de ve şekil 6 a-c ' de gösterilmiştir.

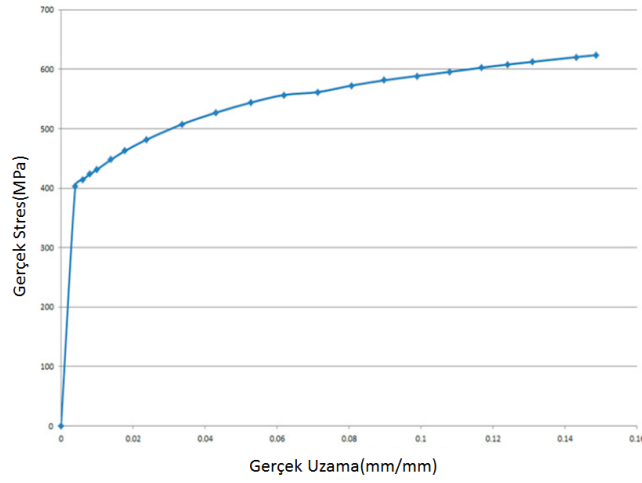
Tablo 7: Malzeme Özellikleri

Malzeme İsmi	Malzeme Modeli	Elastisite Modülü(MPa)	Akma Gerilmesi(MPa)	Kopma Gerilmesi(MPa)	Uzama(%)
Çelik	Isotropic Lineer	200000	No Plasticity	No Limit	No Limit
F-0000-10	Isotropic Non-Lineer	96500	89.6	124	0.02
S355MC	Isotropic Non-Lineer	194300	434.95	611.07	0.14
20MnB4	Isotropic Non-Lineer	200000	403.05	636.04	0.1486

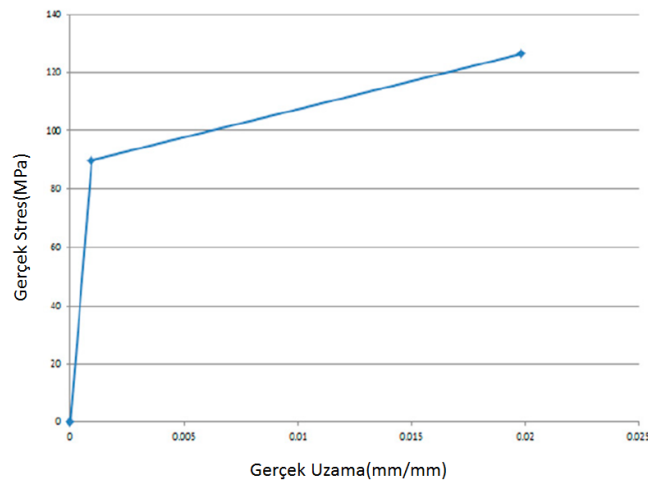




(a)



(b)



(c)

Şekil 6: (a) S355MC Gerçek Stres-Uzama Eğrisi;(b) 20MnB4 Gerçek Stres-Uzama Eğrisi;(c) F-0000-10 Gerçek Stres-Uzama Eğrisi





### 2.3. Sonlu Elemanlar Modeli (SEM)

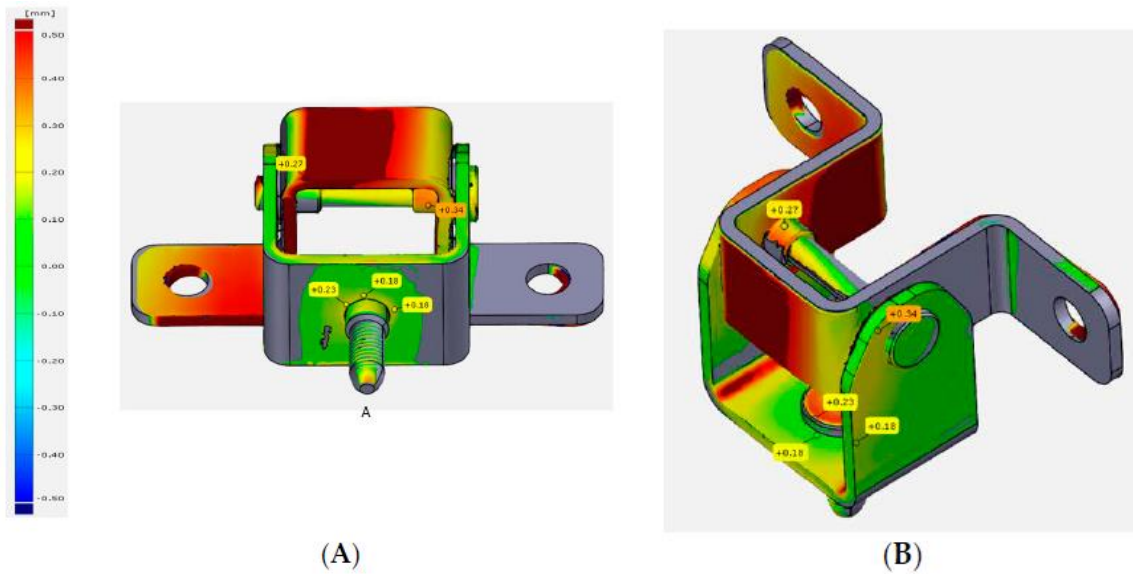
#### 2.3.1. Simülasyon Parametreleri

Sonlu elemanlar yöntemi ürün tasarımında kullanılan güvenilir araçlardan biridir. Ürün tasarımı sırasında denemeleri azaltarak zaman ve maliyet açısından kazanç sağlarlar. Sonlu elemanlar yazılımları karmaşık geometrileri ve farklı malzeme modellerini hesaplama gibi avantajlara sahiptirler. Ancak sonlu elemanlar analizi sonuçlarının deneysel testlere yakınlığı kullanılan malzeme datasına, doğru sınır şartlarına ve ağ yapısına bağlıdır.

Bu çalışmada, sonlu elemanlar modelinde kullanılan parametrelerin sonuçlara olan etkisi incelenmiştir. Ayrıca deneysel testler ile simülasyon sonuçlarının korelasyon sağlaması için optimum parametre değerleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, üretilen prototipler ile tasarım datası arasındaki geometrik farklar, birbirleri üzerinde hareket eden parçalar arasındaki sürtünme katsayısı ve burç malzemesi incelenecek parametreler olarak belirlenmiştir. Simülasyonların etkilerini etkili şekilde inceleyebilmek için her defasında bir parametre değiştirilmiştir.

#### Geometrik Farklar

Çalışmada prototip menteşe şekillendirilmesi sırasında pekleşen malzemenin sonuçları etkilememesi amacı ile basit şekillerden oluşturulmuştur. Üretilen prototiplerin tasarım datası ile uyumu 3 boyutlu tarama ile incelenmiştir. Bu incelemeler sırasında Atros core optical 3D tarayıcı ve GOM Inspection 2017 yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 7: Prototip Menteşenin 3D Tarama Sonuçları((A) Alttan Görünüş,(B) Sağdan Görünüş)

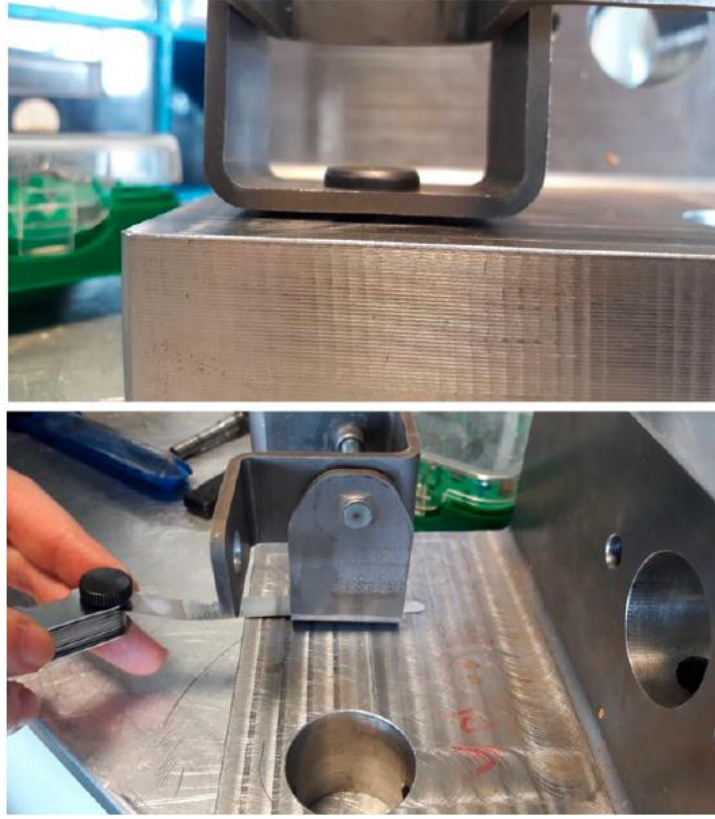
Şekil 7’de belirtilen sonuçlarda, yeşilden kırmızı renklere doğru prototip datasının tasarım datasına göre uzaklığını belirtilirken, yeşilden koyu maviye doğru değişen renklerden tasarım datasının içinde kalan prototip yüzeyleri uzaklıklarına göre gösterilmiştir. Gri renk ile tasarım datası belirtilmiştir.

Sonuçlarda prototip datasının araca montajı yapılan sabit kanat bölgesinde tasarımına göre 0.2 mm farklılık belirtilmiştir.. Bu farklılık sabit kanadın bükümü sırasında oluştuğu gözlemlenmiştir. Sabit kanadın yan yüzeylerinin dikliği 0.2 mm bozuk olduğu gözlemlenmiştir. Eksen piminin sabit kanada ovalanarak sabitlenmesi prosesi sırasında bu deformasyonun oluştuğu gözlemlenmiştir. Prototip datasının eksen pimi ile tasarım datası arasında kötü çakışma göstermiştir. Sebep olarak sabit kanat üzerindeki eksen pimi deliklerinin bozukluğu olarak gözlemlenmiştir. Ek olarak mobil kanatın kendi içinde deforma olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak mobil kanat üzerindeki montaj delikleri arasındaki mesafe kısalmıştır. Mobil kanat üzerindeki bu deformasyonların kanadın bükülme prosesinde oluştukları ve eksen pimi delikleri arasındaki kötü çakışma olduğu gözlemlenmiştir.

Her iki kanattaki eksen pimi deliklerinin kötü çakışması gözlemlenmiştir. Menteşenin operasyonu sırasında düşük efor uygulanarak açılıp kapanabilmesi sebebi ile göz ardı edilebileceğine karar verilmiştir. Hareketli ve sabit kanatların montaj yüzeylerinde deformasyonlar gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu deformasyonlar test aparatı ile menteşe arasında boşluklara sebep olduğu testlerde kuvvet-deplasman eğrilerini sistemin rijitliğini düşürerek etkilediği düşünülmüştür.

3D tarama sonuçlarının bağlantı elemanlarının ön yükün altında olmadan incelenmesi sebebi ile montaj yüzeyleri ile test aparatı arasındaki boşluklar yük altında sentil çakısı vasıtası ile şekil 8’deki gibi ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarında 0.05 mm boşluk montaj yüzeylerinde gözlemlenmiştir. 3D tarama ve montaj yüzeylerinden alınan ölçümler Spaceclaim tasarım programı yardımı ile analiz datasına aktarılmıştır.



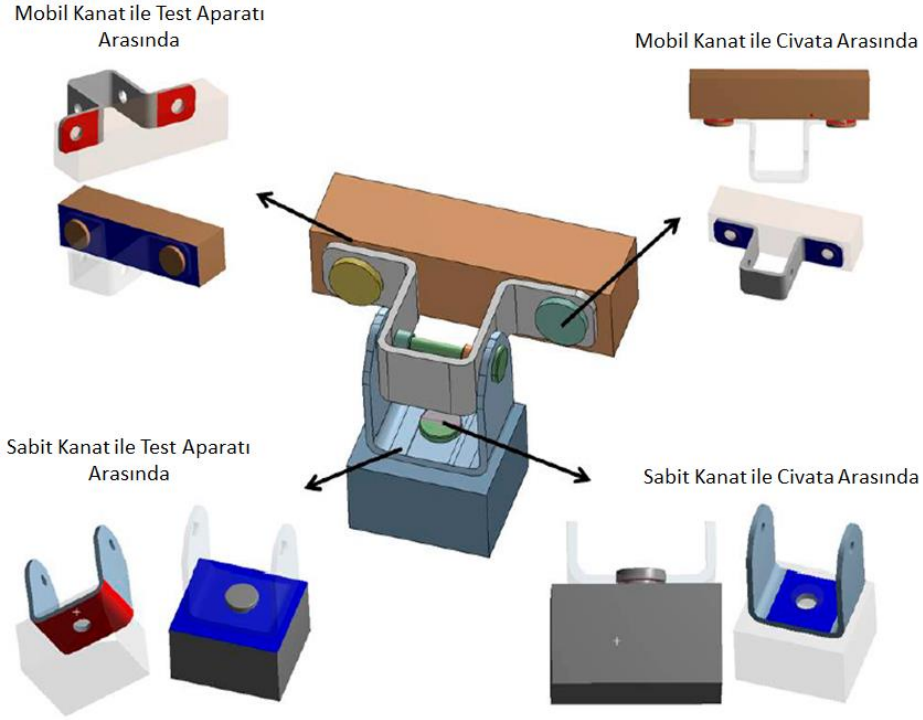


**Şekil 8: 0.05mm Sentil Çakısı ile Boşlukların İncelenmesi**

#### Sürtünme Katsayısı

Y yönündeki yüklemeler sırasında birbiri üzerinde kayma hareketi gösteren şekil 9'daki kontak yüzeyleri arasında farklı sürtünme katsayıları kullanılarak sürtünme katsayısının etkisi incelenmiştir. Çalışmada 0.2 sürtünme katsayısı literatürden referans alınmıştır[5]. Sonrasında 0.1, 0.05 sürtünme katsayıları incelenmiştir. Bu sürtünme katsayıları uzun süreli birbiri üzerinde kayan kontaklarda sürtünmeler için uygun katsayısının belirlenmesi amacıyla seçilmiştir.





Şekil 9: Sürtünme Katsayısı Parametresi İçin Seçilen Kontaklar

#### Burç Malzemesi

Otomotiv endüstrisinde yapılan yapısal analizlerde, burç malzemesinin malzeme özellikleri genellikle kompozit yapıları ve boyutsal küçüklükleri sebebi ile göz ardı edilirler.

Bu çalışmada burç malzemesi modellenerek sonuçlara olan etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak burç malzemesi, linear yapı çeliği malzemesi ile ve prototiplerde kullanılan F-0000-10 malzemesi ile ayrı olarak modellenip sonuçlara olan etkisi incelenmiştir.

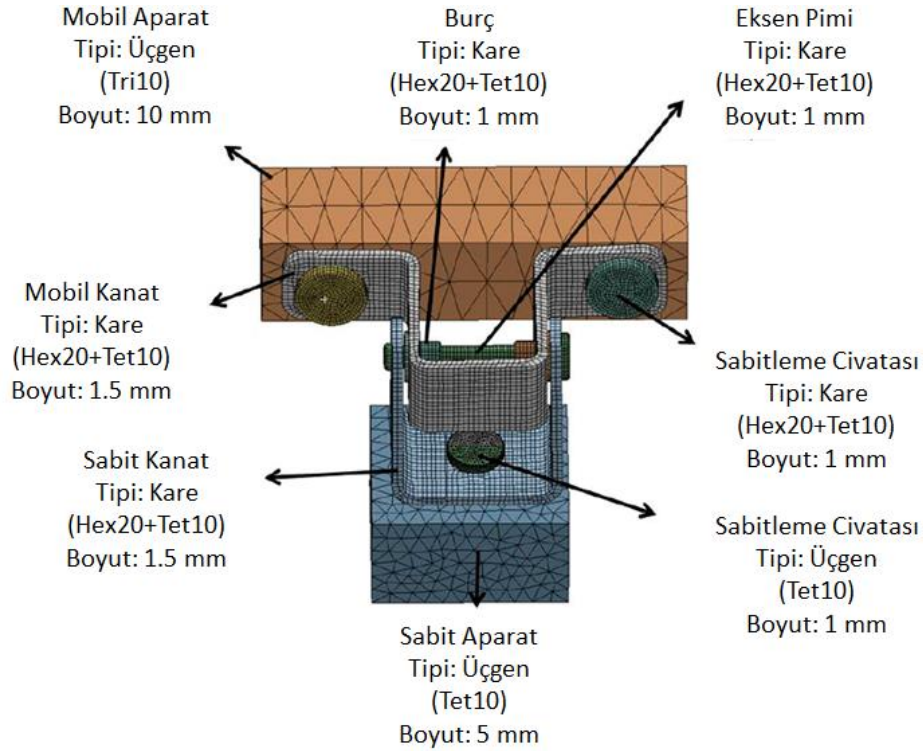
#### 2.3.2. Ağ Yapısı

Ağ yapısı sonlu eleman analizinin önemli basamaklarından biridir. Çünkü analizci analiz yapacağı geometriyi bilgisayara ağ yapısı yolu ile tanıtır. Bu aşamada, iki parametre analiz hızı ve kesinliği üzerinde yüksek etkiye sahiptir. Bu parametreler ağ yapısı tipi ve boyutudur.

Çalışmanın ilk safhalarında farklı ağ yapısı tipleri ve boyutları değerlendirilmiştir. Elde edilen kuvvet deplasman eğrileri ve stres değerleri üzerinde farklılık gözlemlenmemiştir. Sonuç olarak mobil kanat, sabit kanat, burçlar ve eksen pimi üzerinde quadratik kare eleman kullanılırken aparatlar üzerinde quadratik üçgen eleman tipi tercih edilmiştir. 1.5 mm eleman boyutu mobil ve sabit kanatlar üzerinde, 1 mm eleman boyutu burçlarda eksen piminde ve sabitleme civatasında, 5 mm eleman boyutu aparatlarda tercih edilmiştir. Bu eleman boyutları sonuç kesinliği ve simülasyon süreleri için en uygun değerler olarak analizlerde kullanılmıştır.

Bahsedilen parametreler ile ağ yapısı 134,730 nokta ve 44,601 elementten oluşturulmuştur. Ağ yapısı eleman tipleri ve eleman boyutları şekil 10'de gösterilmiştir.





Şekil 10: Kapı Menteşesi Üzerinde Ağ Yapısı Özelliklerinin Atanması

### 2.3.3. Kontak Tanımlaması

Kontak algoritmaları birbiri ile temas halinde olan ya da temas edecek olan parçalar arasındaki ilişkinin tanımlanmasında kullanılırlar. Ansys Sonlu Elemanlar programı 5 çeşit temas algoritması tanımlar. Bunlar;

**Bağlı Kontak:** Seçilen kontak çiftleri birbirlerine kaynaklanmış gibi bağlı çalışırlar. Kayma ve ayrılma ihmal edilir. Lineer kontak algoritması olarak tanımlanmıştır;

**Ayrılma Yok:** Kontak çiftleri arasında kayma serbesttir. Ancak yüzeyler birbirinden ayrılmazlar. Lineer algoritma olarak tanımlanmıştır.

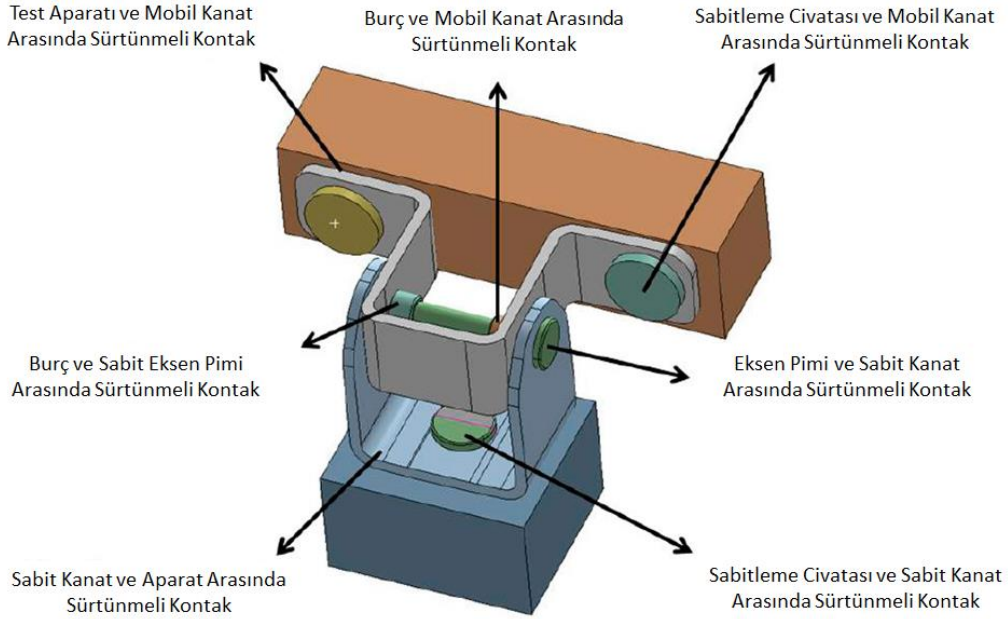
**Sürtünmesiz Kontak:** Kontak yüzeyleri birbiri üzerinde kayabilir ve ayrılabilirler. Kontak yüzeyleri arasında sürtünme ihmal edilmiştir. Lineer olmayan kontak tipi olarak tanımlanmıştır.

**Sürtüneli Kontak:** Kontak yüzeyleri birbiri üzerinde kayabilir ve ayrılabilirler. Kontak yüzeyleri arasında sürtünme kuvveti kullanıcının tanımladığı sürtünme katsayısı ile hesaplanır. Lineer olmayan kontak algoritması olarak tanımlanmıştır.

**Pürüzlü Kontak:** Sonsuz sürtünme katsayısı tanımlanmıştır. Sonuç olarak kontak çiftleri arasında ayrılma serbest kayma ihmal edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan kontak tiplerinin atanması şekil 11'de gösterilmiştir. Kontak sürtünme katsayıları incelenen parametre değerlerine göre belirlenmiştir. "Pure Penalty" kontak algoritması olarak belirlenmiştir. Simülasyonların hızını sonuçların doğruluğundan taviz vermeden arttırmak için kontak rijitlik değeri 0.6 olarak belirlenmiştir.





Şekil 11: Sonlu Elemanlar Modelinde Kontak Tanımlamaları

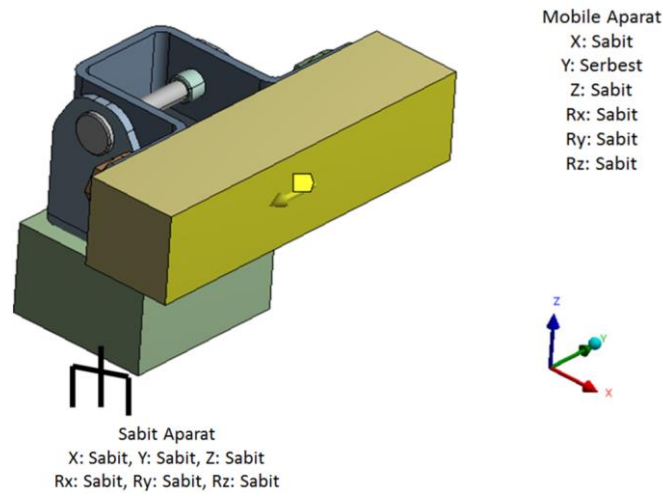
#### 2.3.4. Sınır Şartları

UNECE R11 şartnamesinde X,Y ve Z yönleri olmak üzere 3 yönde yükleme bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Simülasyonlar ve deneysel testler Y yönünde tekil menteşe sistemi için oluşturulmuş ve testlerden kuvvet deplasman eğrileri elde edilmiştir. Yazar çalışmada kullandığı prototip menteşelerde oluşabilecek uniform olmayan deformasyonlar sebebi ile UNECE R11 şartnamesindeki tekil menteşe sistemi yaklaşımını çalışmada benimsemiştir.

Sonlu elemanlar modelinde literatürde kullanılan kuvvet tabanlı yükleme yerine mobil aparat üzerine remote point ile deplasman uygulanmıştır. Yazar deneysel testlerdeki çekme cihazının metoduna yakın bir metot oluşturmak için yüklemeleri belirtilen şekilde uygulamıştır. Simülasyonlarda, reaksiyon kuvvetleri deplasman uygulanan remote pointten elde edilmiştir. 21 Nm ön yükleme torku civatalara uygulanmıştır.

Simülasyonlarda Ansys workbench 18'in implicit çözücüsü kullanılmıştır. Bütün simülasyonlarda geometrik non-lineerlikler ve ansysin mevcut yakınsama kriterleri kullanılmıştır.

Çalışmada literatürde ihmal edilen bazı kabuller kullanılmıştır[1,2,4-6]. Yüklemeler literatürden farklı olarak menteşenin montaj delikleri yerine aparat üzerine uygulanmıştır. Bu sayede menteşe kanatlarının sabitleme civataları üzerinde dönmesi serbest bırakılmıştır. Bu sayede deplasmanın montaj deliklerine uygulanmasından dolayı deplasman sınırlarında oluşan gerçekçi olmayan stres sonuçları elemin edilmiştir. Deneysel test sonuçlarını modellemek amacı ile civata torku simülasyonlarda kullanılmıştır. Sınır şartları Şekil 12'da gösterilmiştir.



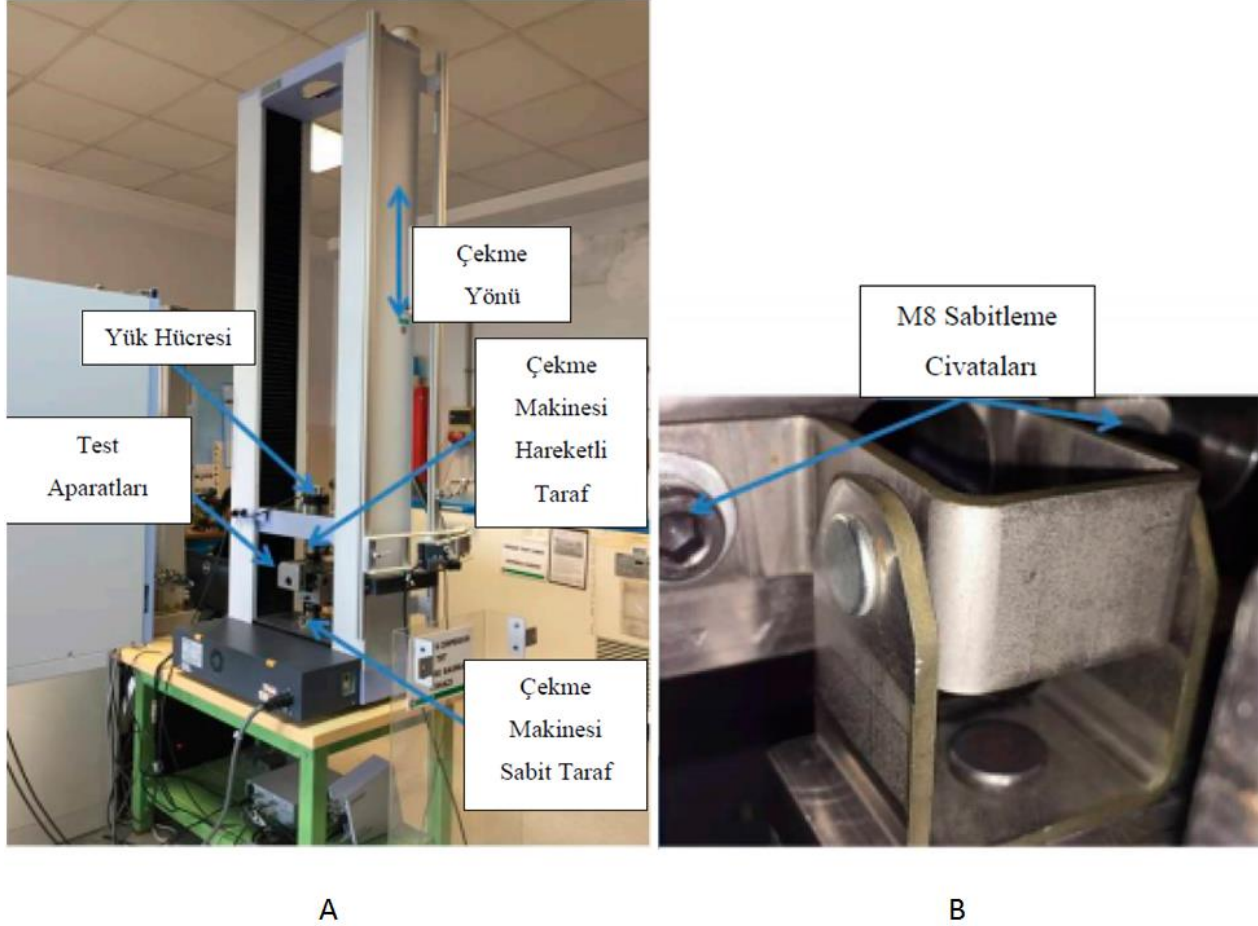
Şekil 12: Sonlu Elemanlar Modelinde Atanan Sınır Şartları





## 2.4. Deneysel Test

Test aparatları UNECE R11 şartnamesinin tekil menteşe testine göre tasarlanmıştır. Test kurulumu şekil 13’de gösterilmiştir. Aparatın montaj delikleri çekme basma cihazına uygun ve aparatlar menteşe kapalı konumda iken menteşenin eksen piminin merkezinden aracın Y ekseninde olacak şekilde konumlandırılmıştır. Test aparatları yükleme sırasında deforme olup sistemin rijitliğini azaltmaması amacı ile L şeklinde ve 30mm kalınlığında tasarlanmıştır.



Şekil 13: Test Kurulumu((A) Test Setup, (B) Menteşelerin Test Aparatı Üzerinde Görünümü)

8.8 kalite M8 civata çalışmada kullanılmıştır. Yazar çalışmasında bu tip sabitleme civatasını otomotiv sektöründe tercih edilmesinden dolayı kullanmıştır. 21 Nm sıkma torku sabitleme civatalarına test öncesinde uygulanmıştır.

Shimadzu Autograph AGS-X 50 kN çekme cihazı olarak çalışmada kullanılmıştır. Menteşe örneklerine 5mm/dk çekme hızında deplasman uygulanmış ve testlerden kuvvet deplasman eğrileri elde edilmiştir.

Testler UNECE R11 şartları altında gerçekleştirilmiştir. Şartnamede istenilen kuvvet değerleri altında testlerde ayrılma gözlemlenmemiş ve şartnameye uygun sonuçlar elde edilmiştir.

## 3. Simülasyon Sonuçları ve Tartışma

UNECE R11’e göre yürütülen çalışmada şartnamede istenilen kuvvetler altında simülasyon kuvvet deplasman eğrileri ve testlerden elde edilen kuvvet deplasman eğrileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca denklem 3’te belirtilmiş formül yardımı ile istenilen kuvvetteki deplasman değerleri arasındaki hata payı hesaplanmıştır.

$$Hata(\%) = ((|Deplasman(simülasyon) - Deplasman(test)|) / deplasman(simülasyon)) * 100 \quad (3)$$

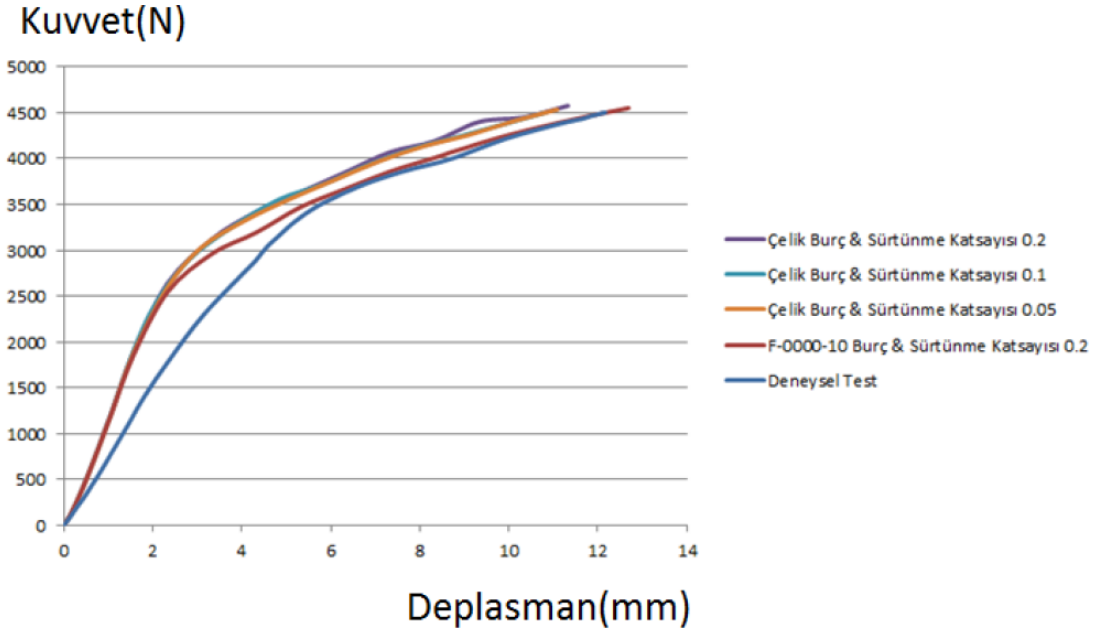
Faz 1 aşamasında, simülasyonlar tasarım geometrik datası kullanılarak oluşturulmuştur. Sürtünme katsayısı ve burç malzemesi etkisi parametreleri bu simülasyon kurulumu ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ile testler arasında 4500 N altında %0.04 oranında yakınsak sonuçlar bulunmasına rağmen kuvvet deplasman eğrilerinde elastik bölgede iraksama gözlemlenmiştir. Ardından belirtilen simülasyon parametreleri tasarım ile üretim datası arasındaki farklılıklar parametresinde göz önünde bulundurularak tekrar incelenmiştir. 4500 N altında %6.71 oranında yakınsak sonuçlar elde edilmiştir. Bu safhada son noktada hata oranı yüksek olmasına rağmen elastik bölgede yakınsak sonuçlar vermesi sebebi ile deneysel testin daha uygun bir temsili olduğuna karar verilmiştir. Bu aşama faz 2 olarak adlandırılmıştır.





### 3.1. Faz 1

Simülasyonlardaki kuvvet deplasman eğrileri farklı kontak sürtünme katsayıları ve burç malzemesi kullanılarak elde edilmiş ve şekil 14'de gösterilmiştir. Farklı sürtünme katsayıları kullanılmış sistemler arasında bir birine yakın kuvvet deplasman eğrileri hesaplanmıştır. Sonuç olarak bu yöndeki yapılan simülasyonların sürtünme katsayısından fazla etkilenmediği ve bu parametrenin göz ardı edilebileceğine karar verilmiştir. Ek olarak burç malzemesi değişikliğinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bütün simülasyonlarda eğrilerin elastik bölgede deneysel test sonuçlarına iraksama göstermiştir.

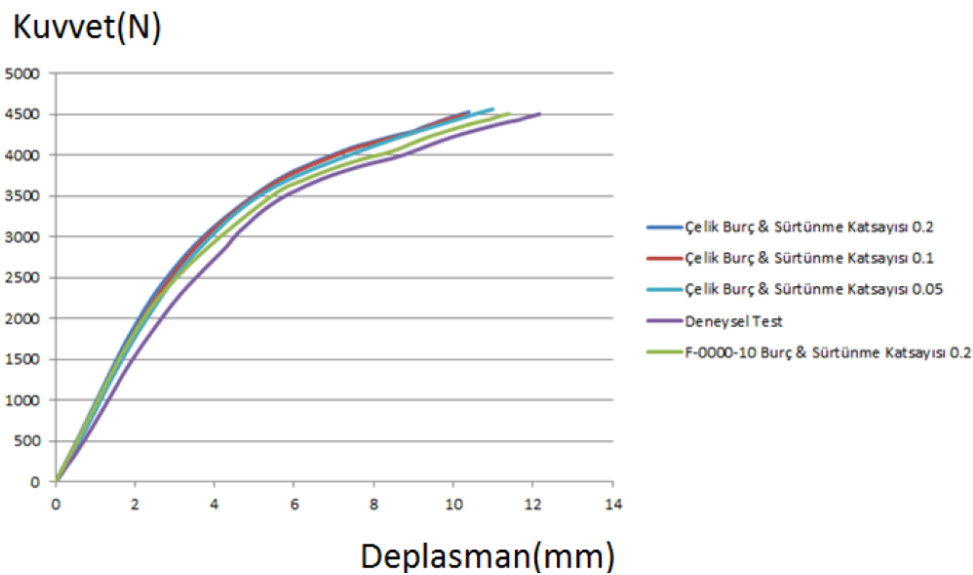


Şekil 14: Faz 1 Simülasyon Sonuçları ile Deneysel Test Sonuçlarının Karşılaştırılması

### 3.2. Faz 2

Bu fazda, üretilen prototipler üzerinden alınan üç boyutlu tarama datası simülasyonlarda kullanılmıştır. İlk fazda olduğu gibi sürtünme ve burç malzemesi parametreleri simülasyonlarda incelenmiştir.

Şekil 15'deki kuvvet deplasman eğrilerinde faz 1'deki gibi farklı sürtünme katsayılarında yakın kuvvet deplasman eğrileri elde edilmiştir ve burç malzemesinin eğrinin plastik bölgesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Faz 1 den farklı olarak tarama datası kullanılarak oluşturulan simülasyonlarda elastik bölgede test sonuçlarına yakınsak sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak montaj yüzeyinde ölçülen boşluk olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 15: Faz 2 Simülasyon Sonuçları ile Deneysel Test Sonuçlarının Karşılaştırılması



**Tablo 2: Simülasyon ve Deneysel Testlerin Deplasman Değerleri**

Simülasyon No	UNECE R11 Kabul Kriteri	Simülasyon Parametreleri			Sonuçlar(mm)		Hata(%)	
		Geometri Tipi	Sürtünme Katsayısı	Burç Malzemesi	Simülasyon	Deneysel Test		
1	4500 N'da Ayrılma Yok	Tasarım Datası	0.2	Yapı Çeliği	10.72 (AyrılmaYok)	12.165 (Ayrılma Yok)	13.48	
2			0.1		10.83 (AyrılmaYok)		12.32	
3			0.05		10.85 (AyrılmaYok)		12.11	
4			0.2		F-0000-10		12.17 (AyrılmaYok)	0.04
5		Tarama Datası	0.2	Yapı Çeliği	10.4 (AyrılmaYok)		12.165 (Ayrılma Yok)	16.97
6			0.1		10.45 (AyrılmaYok)			16.41
7			0.05		10.52 (AyrılmaYok)			15.63
8			0.2		F-0000-10			11.4 (AyrılmaYok)

#### 4. Sonuçlar

Çalışmada UNECE R11'in Y yönünde yapılmış deneysel test ile farklı parametreler kullanılarak oluşturulmuş simülasyon sonuçları tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Şartname tarafından talep edilen kuvvet değerleri için deneysel testler ile simülasyon sonuçları arasında hata payı belirtilmiştir. Belirtilen hata paylarında 0'dan 100'e artan değerler hatanın arttığını göstermektedir.

Çalışmada çeşitli simülasyon parametrelerinin UNECE R11 şartnamesinin Y yönü üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Simülasyonlarda her seferinde tek bir parametre değiştirilip parametrelerin kuvvet deplasman eğrilerine olan etkileri incelenmiştir. Ek olarak şartname tarafından talep edilen yük altında değişik parametreler ile oluşturulmuş simülasyon sonuçları ile deneysel testler arasındaki hata payı deplasmanlara göre hesaplanmıştır. Simülasyon ve deneysel testler arasında yapılan karşılaştırmalarda, parça geometrisinin kuvvet-deplasman eğrilerinde etkili olduğu 3D tarama datası kullanılarak yapılan analizlerde elastik bölgede gözlemlenmiştir. Ek olarak Y yönündeki simülasyonlarda sürtünme katsayısının etkisinin ihmal edilebileceği ve burç malzemesinin sonuçlar üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmanın sonucu olarak, deneysel testler ile simülasyonlar arasında en iyi korelasyon 0.2 sürtünme katsayısı, F-0000-10 burç malzemesi ve tarama datası kullanılarak oluşturulmuş geometrik data olduğu gözlemlenmiştir. Bu parametreler ve korelasyon yöntemi ileriki çalışmalarda referans data olarak kullanılabilmesi için paylaşılmıştır. Bu sayede başka çalışma alanlarında hızlı şekilde korelasyon sağlanması amaçlanmıştır. Çalışma ileriki safhalarda kırılma modelide eklenerek daha gerçekçi simülasyonlar oluşturulması amaçlanmıştır.

#### 5. Kaynakça

- [1] Dogan, S., Guven, C., Karpat, F., Dogan, O. ve Yilmaz, T.G., "Experimental Verification and Finite Element Analysis of Automotive Door Hinge", In Proceedings of ASME 2014 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Montreal, QC, Kanada,(2014).
- [2] More, N.D., Jadvav, T.A., "Stress Analysis and optimization of Car Door Hinge", URL: <http://www.ierjournal.org/mit.php> ,(Erişim zamanı; Ekim, 27, 2019).
- [3] United Nation Commission For Europe(UNECE), URL: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2013/R011r2e.pdf> ,(Erişim zamanı; Ekim, 1, 2019).
- [4] Tufekci, M., Yılmaz, T.G., Yüce, C., Dogan, O., Karpat, "Otomobil Kapi Mentesesinin Bilgisayar Destekli Tasarımı, Analizi ve Doğrulanması", otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu ve Sergisi, İstanbul, Türkiye,(2015)



- [5] Tufekci, M., Karpat, F., Yuçe, C., Dogan, O., Yılmaz, T.G., Kaya, N. “Design Optimization of Aluminum Hinge Parts for Lightweight Vehicles: Performance, Durability and Manufacturability”, *Int. J. Mech. Prod. Eng.*, 3, 6–13, 2015.
- [6] Yılmaz, T.G., Tufekci, M., Karpat, F., “A study of Lightweight Door Hinges of Commercial Vehicles Using Aluminum Instead of Steel for Sustainable Transportation”, *Sustainability*, 9, 1661, 2017.
- [7] Bayraktar, M., Bilyaz, H., Demir, C., “Kinematic, Kinetic and Fatigue Analyses of Cup Hinge with Brake”, *Sak. Univ. J. Sci.*, 2, 2018.
- [8] Toan, N.D., Seogou, C., Junyoung, P., Yeongsung, S., Youngsuk, K., “Finite Element Method Simulations to Improve Press Formability of Door Hinge”, *J. Mater. Eng. Perform.*, 18, 1005–1011, 2008.
- [9] Darwish, S., Hussein, H.M.A., Gemeal, A., ”Numerical Study of Automotive Doors.”, *Int. J. Eng. Technol.*, 12, 82–92, 2012.
- [10] Turna, S., ”Analysis of True Stress Constitutive Equations”, Master Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008.
- [11] Metal Powder Industries Federation Standard 35-SP, URL: <https://www.mpif.org/News/TabID/164/ArtMID/586/ArticleID/123/New-MPIF-Standard-35-Materials-Standard-Released.aspx>, (Erişim zamanı; Mart, 8, 2018)
- [12] Ansys Mechanical Plasticity Material Model User Guide, URL: [https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/15.0.7/en-us/help/wb\\_sim/ds\\_plasticity.html](https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/15.0.7/en-us/help/wb_sim/ds_plasticity.html), (Erişim zamanı; Mart, 8, 2018)
- [13] Ansys Mechanical Contact Definition User Guide, URL: [https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/help/wb\\_sim/ds\\_Contact\\_Definition.html](https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/16.2.3/en-us/help/wb_sim/ds_Contact_Definition.html), (Erişim zamanı; Ekim, 1, 2018)



## MODELLING PREVENTIVE MAINTENANCE POLICY FOR DISASSEMBLY LINES

Ömer Faruk Yılmaz

*Karadeniz Technical University, Department of Industrial Engineering, Trabzon, Turkey*

*omerfarukyilmaz@ktu.edu.tr*

### Abstract

In recent years, many studies have been carried out on designing, constructing, planning, and balancing disassembly lines. However, there are not enough studies on the maintenance of disassembly lines. Since disassembly lines handle more than one type of precedence relations at the same time, it is not likely to consider them simply as the opposite of assembly lines. For this reason, the structure of the disassembled products and customer requirements have an important place in the models formulated. In this study, a mathematical model for preventive maintenance policy in disassembly lines is proposed. Equipment used for disassembled products and the line itself requires the implementation of preventive maintenance policy. With the implementation of the preventive maintenance policy, it is aimed to carry out the maintenance of the disassembly line without interruption by performing periodic maintenance. The objective function of the developed mathematical model is designed to minimize the total cost including maintenance costs. The proposed mathematical model is solved based on the data generated by considering the real disassembly lines. The mathematical model developed for preventive maintenance policy yielded effective results.

**Keywords:** *Disassembly lines, Preventive maintenance policy, Optimization model*

### 1. Introduction

Today, the recovery of end-of-use products is an important field of research area due to environmental legislation and public awareness. The disassembly line is the one where the end-of-use products are separated into the parts which can be used in other products. The disassembly line concept is an effective way of recovering activities since it can be designed according to the needs. For instance, while a single model disassembly line can be designed for just one product type, a mixed or multi-model disassembly line can be designed for more than one product type. Besides, with its own design characteristics, the disassembly line brings several benefits, such as high utilization and effectiveness. For these reasons, disassembly lines are highly preferred and there are many studies conducted on this subject in the existing academic literature. (For deep reviews on the studies carried out regarding the disassembly lines, consider the studies conducted by Bukchin and Masin, 2004; McGovern and Gupta, 2007; Lambert, 2007; Koc and Sabuncuoglu, 2009; Paksoy et al. 2013; Avikal et al. 2013; Tuncel et al. 2014; Kalayci and Gupta, 2014; Ren et al. 2018; Bentaha et al. (2018); Wang et al. 2019; Li et al. 2019; Liu et al. 2019; He et al. 2019; Edis et al. 2019; Cevikcan et al. 2019).

The availability of a disassembly line is important to decrease the remanufacturing cost and ensure sustainability as well. Maintenance policies can be employed to achieve a sustainable disassembly line due to their remarkable impact on the system. That is why, maintenance policies should be considered whilst long-term manufacturing plan is made. There are three most widely used maintenance policies: (i) corrective maintenance, (ii) predictive maintenance, and (iii) preventive maintenance. Preventive maintenance is the one protecting the system against breakdowns while making decisions on maintenance cycles. From this perspective, it is considered to be one of the most effective policies to be implemented in a manufacturing or remanufacturing system. That being the case, in this study, a preventive maintenance policy is investigated and a mathematical formulation for the addressed policy is presented. In literature, to the best knowledge of the author, there is not any published study conducted for preventive maintenance policy on disassembly systems.

In this paper, the preventive maintenance approach is formulated for the disassembly line in which products are recovered. From this perspective, this paper investigates the preventive maintenance problem in the disassembly line. The addressed problem aims to minimize overall cost while deciding on (i) the number of products disassembled, (ii) backorder level, (iii) total remanufacturing time, (iv) station employing decisions, (v), and (vi) maintenance period decisions. To express the problem mathematically, a cost-effective mathematical model is formulated for the investigated problem. The optimal maintenance schedule is achieved by minimizing the overall cost consisting of operational and maintenance costs.

The rest of this paper is organized as follows. In section 2, the optimization model is formulated for the addressed problem. In section 3, the computational results are presented. In section 4, conclusions along with future research directions are given.

### 2. Optimization model

In the following, the indices, parameters, variables and optimization model are presented for an I-type disassembly line.

#### Assumptions

- Weibull distribution is considered for system failure function.
- Task times and other parameters are known in advance.
- A station consists of one or more tasks and includes one or more components.
- Disassembly line balancing decisions are known in advance.



The hazard rate function of Weibull distribution is as follows:

$$r(t) = \alpha\beta^\alpha t^{\alpha-1} \quad (1)$$

where  $\alpha > 0$  and  $\beta > 0$  are the shape and scale parameters of Weibull distribution respectively. When  $\alpha$  equals 2, the Weibull distribution turns to Rayleigh distribution. For the Rayleigh distribution, the hazard rate function is expressed as follows:

$$r(t) = 2\beta^2 t \quad (2)$$

**Indices:**

$i$ : Set of components,  $i \in \{1, 2, \dots, |I|\}$

$j$ : Set of stations,  $j \in \{1, 2, \dots, |J|\}$

$t$ : Set of periods  $t \in \{1, 2, \dots, |N|\}$

$s$ : Last preventive period  $s \in \{1, 2, \dots, |N|\}$

**Parameters:**

$d^t$ : Disassembled product demand for period  $t$

$NP_j$ : Number of products that can be handled by station  $j$

$t_j$ : Standard cycle time for station  $j$

$vc_j^t$ : Variable cost for station  $j$  at period  $t$

$hc_j^t$ : Holding cost for a disassembled product on station  $j$  at period  $t$

$M_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if station } j \text{ include component } i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$K_{st}^i = \begin{cases} \theta_i^p + \theta_i^c \int_0^t r_i(u) du & t = s, \text{ capacity decrease for preventive maintenance} \\ \theta_i^c \int_0^t r_i(u + (t-s)\tau) du & t > s, \text{ capacity decrease for corrective maintenance} \end{cases}$

$\delta_{st}^i = \begin{cases} c_i^p + c_i^c \int_0^t r_i(u) du & t = s, \text{ cost for preventive maintenance} \\ c_i^c \int_0^t r_i(u + (t-s)\tau) du & t > s, \text{ cost for corrective maintenance} \end{cases}$

**Variables:**

$I^t$ : The number of products disassembled at the end of period  $t$

$BL^t$ : Backorder level for disassembled products at the end of period  $t$

$MT_j^t$ : Total remanufacturing time at station  $j$  during period  $t$

$Y_j^t = \begin{cases} 1 & \text{if station } j \text{ is used in during period } t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$MP_{st}^i = \begin{cases} 1, & \text{if maintenance period } s \text{ is used for period } t \\ 0, & \text{if maintenance period } s \text{ is not used for period } t \end{cases}$

**Mathematical Model:**

$$\text{Minimize } Z = \sum_{t \in N} (\sum_{j \in J} \frac{MT_j^t}{t_j} vc_j^t + hc_j^t I^t + MBL^t) + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in H} \sum_{s \in H, s \leq t} \delta_s^i(t) MP_{st}^i M_{ij} \quad (3)$$

Subject to

$$\sum_{j \in J} \frac{MT_j^t}{t_j} + I^{t-1} = d^t + I^t - BL^t \quad \forall j \in J, t \in N \quad (4)$$

$$MT_j^t \leq NP_j - \sum_{i \in I} \sum_{s \in S} K_{st}^i MP_{st}^i M_{ij} \quad \forall j \in J, t \in N \quad (5)$$

$$MT_j^t - MY_j^t \leq 0 \quad \forall j \in J, t \in N \quad (6)$$

$$\sum_{s \in H, s \leq t} MP_{st}^i = 1 \quad \forall i \in I, t \in N \quad (7)$$

$$MP_{st}^i - MP_{s(t-1)}^i \leq 0 \quad \forall s \in H, t \in N, i \in I, t > s \quad (8)$$

$$Y_j^t, MP_{st}^i \in \{0, 1\}; X_j^t, I^t, BL^t \geq 0 \quad \forall j \in J, t \in N \quad (9)$$



The objective function (3) is the total cost comprises of the remanufacturing cost, holding cost, shortage cost, and maintenance cost. Constraint (4) expresses the inventory levels at the end of each period, i.e. inventory balancing equations. The customer demand for the parts obtained after disassembly operation is either met or a shortage occurs. The balance between the inventory holding and the shortage is computed through this equation. Constraint (5) implies that the station capacity is not exceeded while disassembly tasks are performed on the stations. Constraint (6) indicates that the cycle time of a station equals the sum of task time assigned to this station. Constraint (7) and (8) guarantee that the maintenance covers at least one period beginning from the period to which the maintenance has been performed. While constraint (7) considers all possible combinations, constraint (8) deals with only the next period after the maintenance.

### 3. Computational results

In the following, computational results are presented. Table 1 represents the stations and components in each station. Table 2 represents the demand levels in which demand is distributed according to the normal distribution. Tables 3, 4, and 5 represent the maintenance periods of each component. According to these results, the total cost equals 857440 for high demand, 856305 for medium demand, and 852420 for low demand. However, the impact of the number of periods should be carefully examined to reveal some insights regarding the maintenance.

As can be observed from Tables 3, 4, and 5, there is not any significant difference for maintenance periods when the demand levels are changed. Another interesting insight revealed from this result is that the overall cost is not changed as it is expected.

**Table 1 Station and components**

	Components				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2					
3		1	1		1
4					
5		1			1
6	1	1	1	1	1
7				1	
8					
9		1	1	1	
10	1				

**Table 2 Demand levels**

	Low	Medium	High
Periods	1000-2000	4000-6000	8000-10000
1	1960	4588	9439
2	1041	5132	8188
3	1421	4300	8786
4	1544	5403	8702
5	1048	4744	8531
6	1929	4873	8306
7	1263	4143	9378
8	1423	4867	8480
9	1243	4312	8912
10	1939	5885	8772
11	1129	5305	8380
12	1154	5825	8152





**Table 3 Maintenance periods for components in case of high demand**

		Maintenance periods											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Components	1	1				1				1			
	2	1			1			1			1		
	3	1			1			1			1		
	4	1						1					
	5	1		1				1		1		1	

**Table 4 Maintenance periods for components in case of medium demand**

		Maintenance periods											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Components	1	1				1				1			
	2	1			1			1			1		
	3	1			1			1			1		
	4	1						1					
	5	1		1		1		1		1		1	

**Table 5 Maintenance periods for components in case of low demand**

		Maintenance periods											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Components	1	1				1				1			
	2	1			1			1			1		
	3	1			1			1			1		
	4	1						1					
	5	1		1		1		1		1		1	

It is worth noting that the maintenance schedule is not affected by the demand size. When the total cost is analyzed, it is observed that there is no important change with respect to the demand size. On the other hand, the number of periods has a significant impact on the total cost.



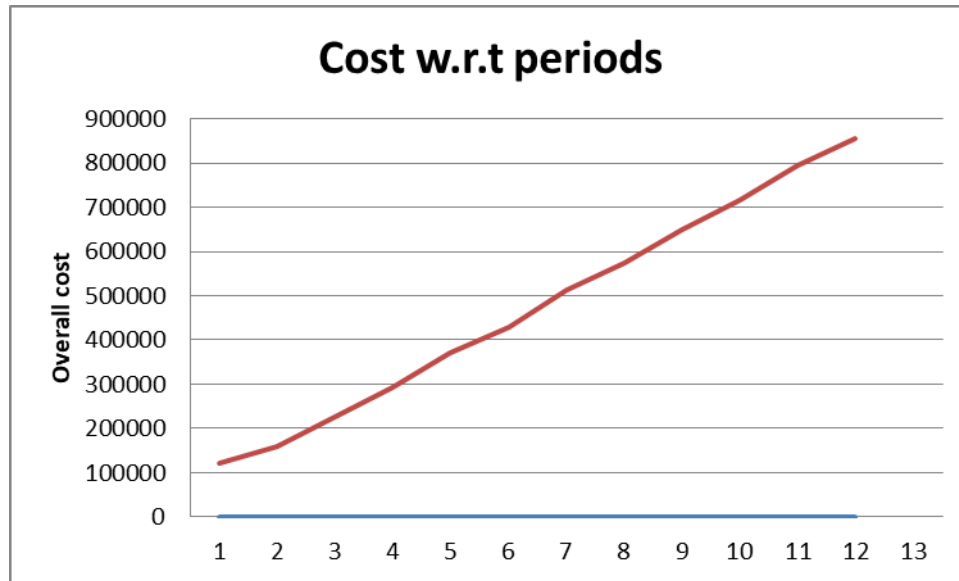


Figure 1 Overall cost with respect to periods

It can be drawn from figure 1 that as the number of periods considered increase, the overall cost increase as well. The results indicate that the number of periods has an impact on system performance in terms of cost.

#### 4. Conclusions

In this study, a preventive maintenance policy based remanufacturing planning problem has been investigated. A mathematical formulation is developed for the addressed problem with minimizing the objective of the overall cost. Because the investigated problem is formulated for the first time, the mathematical model is solved optimally with generated data based on the real remanufacturing environment. Computational experiments are conducted and optimal solutions are achieved within reasonable CPU time. The objective function includes the operational and maintenance costs, and hence the solutions are evaluated with respect to customer demands and the number of periods. Overall, according to the computational results, the following managerial insights are revealed.

- (i) The maintenance schedule is not affected by the demand size.
- (ii) The number of periods has a significant impact on the total cost.
- (iii) Another interesting insight is that the overall cost is not changed when the demand level change.

In future studies, the corrective and predictive maintenance policies can be considered for the disassembly lines. Besides, the uncertainty inherent of disassembly lines can be taken into consideration through robust or stochastic optimization. Last but not least, the disassembly line balancing problem can be combined with the problem addressed in this paper.

#### 5. References

- Avikal, S., Jain, R., & Mishra, P. (2013). A heuristic for U-shaped disassembly line balancing problems. *MIT International Journal of Mechanical Engineering*, 3(1), 51-56.
- Bentaha, M. L., Dolgui, A., Battaïa, O., Riggs, R. J., & Hu, J. (2018). Profit-oriented partial disassembly line design: dealing with hazardous parts and task processing times uncertainty. *International Journal of Production Research*, 56(24), 7220-7242.
- Bukchin, J., & Masin, M. (2004). Multi-objective design of team oriented assembly systems. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 326-352.
- Cevikcan, E., Aslan, D., & Yeni, F. B. (2019). Disassembly line design with multi-manned workstations: a novel heuristic optimisation approach. *International Journal of Production Research*, 1-22.
- Edis, E. B., Ilgin, M. A., & Edis, R. S. (2019). Disassembly line balancing with sequencing decisions: A mixed integer linear programming model and extensions. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117826.
- He, J., Chu, F., Zheng, F., Liu, M., & Chu, C. (2019). A multi-objective distribution-free model and method for stochastic disassembly line balancing problem. *International Journal of Production Research*, 1-17.
- Kalayci, C. B., & Gupta, S. M. (2014). A tabu search algorithm for balancing a sequence-dependent disassembly line. *Production Planning & Control*, 25(2), 149-160.



- Koc, A., Sabuncuoğlu, I., & Erel, E. (2009). Two exact formulations for disassembly line balancing problems with task precedence diagram construction using an AND/OR graph. *IIE Transactions*, 41(10), 866-881.
- Lambert, A. J. D. (2007). A heuristic for assembly and disassembly line balancing. *IFAC Proceedings Volumes*, 40(2), 69-74.
- Liu, M., Liu, X., Chu, F., Zheng, F., & Chu, C. (2019). Robust disassembly line balancing with ambiguous task processing times. *International Journal of Production Research*, 1-30.
- Li, Z., Çil, Z. A., Mete, S., & Kucukkoc, I. (2019). A fast branch, bound and remember algorithm for disassembly line balancing problem. *International Journal of Production Research*, 1-15.
- McGovern, S. M., & Gupta, S. M. (2007). A balancing method and genetic algorithm for disassembly line balancing. *European journal of operational research*, 179(3), 692-708.
- Paksoy, T., Güngör, A., Özceylan, E., & Hancılar, A. (2013). Mixed model disassembly line balancing problem with fuzzy goals. *International Journal of Production Research*, 51(20), 6082-6096.
- Ren, Y., Zhang, C., Zhao, F., Tian, G., Lin, W., Meng, L., & Li, H. (2018). Disassembly line balancing problem using interdependent weights-based multi-criteria decision making and 2-Optimal algorithm. *Journal of cleaner production*, 174, 1475-1486.
- Tuncel, E., Zeid, A., & Kamarthi, S. (2014). Solving large scale disassembly line balancing problem with uncertainty using reinforcement learning. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 25(4), 647-659.
- Wang, K., Li, X., & Gao, L. (2019). A multi-objective discrete flower pollination algorithm for stochastic two-sided partial disassembly line balancing problem. *Computers & Industrial Engineering*, 130, 634-649.



## EĞİTİM TESİSLERİNDE MEKÂNSAL ERİŞİLEBİLİRLİK: KASTAMONU ÖRNEĞİ

Sevgi Öztürk<sup>1</sup>, Öznur Işınkaralar<sup>2\*</sup>, Dilara Yılmaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye

sevgiozturk37@gmail.com, dlara.yilmaz94@gmail.com

<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kastamonu, Türkiye

\*obulan@kastamonu.edu.tr

### Özet

Kentsel ulaşım konusundaki yeni yaklaşımlarda hareketliliğin değil, erişilebilirliğin daha önemli olduğu ön plana çıkmaktadır. Erişilebilirlik, belli bir yere istenilen sürede, ekonomik, güvenli, konforlu bir şekilde gidebilmek olarak tanımlanmaktadır. Yaşanabilir kentlerde her birey kentsel alanda sunulan mekânsal faaliyet ve olanaklardan eşit derecede yararlanabilmelidir. Bu bağlamda toplum tarafından ulaşılabilme, dâhil olma, elde edilebilme ve kullanabilme temeline dayanan erişilebilirlik kavramının mekânsal yer seçiminde tartışılması oldukça önemlidir. Kastamonu Merkez ilçede lise düzeyindeki eğitim tesisleri kapsamında ulaşmak için yürütülen çalışmada tesislerin farklı yürüme mesafelerindeki etki alanları hesaplanmıştır. Böylece lise düzeyindeki eğitim tesislerinin erişilebilirliği test edilmiştir. Analiz yapılırken coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tesislerden 100-300-500 metre mesafede dairesel etki alanları belirlenmiş ve bu alanlarda yaşayan nüfus tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda mahalle sınırlarında hizmet alan nüfusun yaşayan nüfusuna oranının mekânsal erişilebilirlik açısından bir gösterge olarak kullanılması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mekânsal Erişilebilirlik, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Kastamonu

### 1. Giriş

20. yüzyılın sonlarına doğru teknolojik gelişmelerle beraber, Mekânsal analizlerin CBS ile ilişkilendirilmesiyle kent çalışmalarının oldukça verimli bir hale geldiği görülmüştür (Sezer, Deniz, Topuz, 2018). Mekânsal analizler, CBS yardımıyla birçok alanda kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlarından birisi de kent çalışmalarıdır (Sezer, Deniz, Kocaman ve Topuz, 2019). Kentsel alanlarda kullanıcı hareketlerinin iyi bir şekilde analiz edilerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Böylece mekânsal erişilebilirlik artırılarak kentsel alana katkı sağlamaktadır. İnsanlar toplum içerisinde hayatlarını sürdürebilecek faaliyet ve fırsatlardan eşit bir şekilde yararlanabilmelidir. Kentlerdeki donatı ve hizmetler tüm insanlar tarafından kullanılabilir olmalıdır (Alpagut, 2003). Erişilebilirlik bu yönde, karar vericiler için yeni bir donatının yer seçiminde planlamayı yönlendirerek en uygun yerin tespit edilmesini mümkün kılmaktadır (Kuntay, 1976).

Erişilebilirlik, gereksinimleri olan insanların evlerinden çıkıp başkalarına ihtiyaç duymadan farkı alanlara ulaşip, buraları kullanabilmeleridir. Aynı zamanda kentte yaşayan insanların toplumsal yaşama katılabilmeleri için önemli bir araçtır (Demirkan, 2015). Scherrer (2001) “Bir yetersizliğe sahip olan kişi, erişilebilirliği olan bir kentsel mekânda engelli değildir. Ama yetersizliği olmayan, sağlıklı bir kişi, erişilebilirliğe sahip olmayan kentsel bir mekânda engellidir” düşüncesiyle kentsel mekânların mimari unsurlarının ve erişilebilirliğinin insan hayatına etkisini belirtmiştir. Erişilebilirliğin, mimarlık alanında düzenlenmesine dair yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Mimari anlamda ulaşılabilirlik, İmar Kanunu’nda 1997 yılında yapılan ek maddeyle fiziksel çevrenin engelli bireyler için kullanılabilir ve yaşanabilir olması için TSE standartlarını dikkate alınmasını belirtse de düzenli bir şekilde denetlenmesi ve gerekli düzenlemelerin uygulanması için herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Aynı zamanda ADA (Americans with Disabilities Act) standartları, tüm Dünya’da yaygın olarak kabul edilen bir kılavuzdur. Fakat tüm bu yasal düzenlemeler sadece engelli ulaşımı için değil, tüm insanların erişimi için geçerli bir klavuz niteliğinde olmalıdır. Sağlıklı kentsel çevre hedefine ulaşabilmek için, tüm insanların gereksinimlerinin sağlanması amacı dikkate alınmalıdır (Alpagut, 2003). Mimari açıdan engellilere yönelik uygun alanlar oluşturulmamalı, yaşlılar, bebek arabası taşıyan anneler, çocuklar yani kentte yaşayan tüm insanlar için “erişilebilir” alanlar oluşturulmalıdır. Bu bakımdan kentte yaşayan insanlar tarafından ulaşılabilme, dâhil olma ve kullanabilme temeline dayanan erişilebilirlik kavramının mekânsal yer seçiminde tartışılması oldukça önemlidir (Belir, 2009).

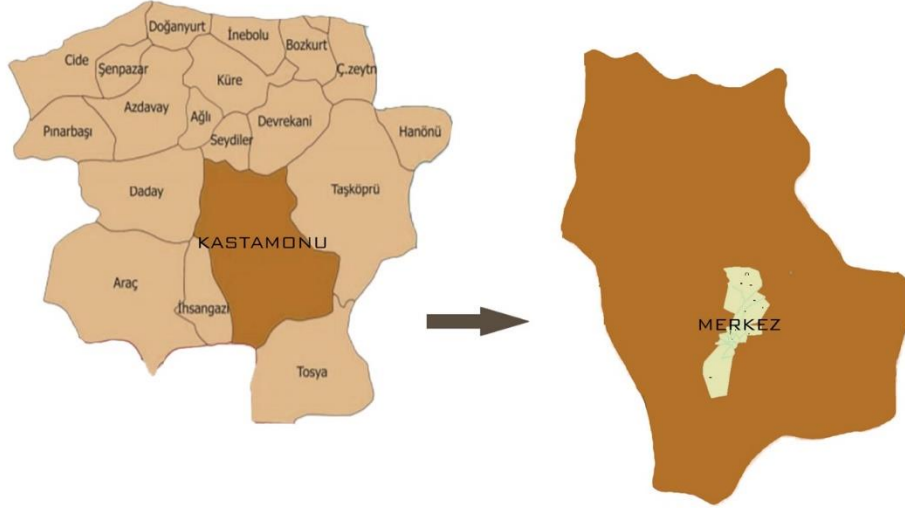
Bir bölgenin kent olarak kabul edilebilmesi için önemli olan özelliklerden birisi de kentsel fonksiyonlardır. Kent fonksiyonu, kentin devamlılığını ve gelişmesini etkileyen kaynakları temin eden faaliyetler olarak tanımlanmaktadır (Tümertekin, 1973). Kentlerin sınırları belirlenirken kullanılan fonksiyonlar aynı zamanda kentin karakterini de ortaya çıkarmaktadır. Bir kentin öne çıkan fonksiyon özellikleri o kentin eğitim, ticaret, sanayi kenti gibi adlandırılmasını sağlamaktadır. Kentlerin mevcut eğitim özellikleride bu bağlamda büyük bir öneme sahiptir. Kentlerde ki kültür fonksiyonu alanlarını genel olarak eğitim kurumlarının oluşturduğu görülmektedir (Bekdemir, 2000).

Çalışmanın amacı, kentsel hizmet veya donatı kademelenmesi kapsamında lise düzeyindeki eğitim tesislerinin bulunduğu alanların mekânsal yeterliliğinin Kastamonu kenti Merkez ilçesi olarak belirlenen örneklem alanında belirlenmesidir. Bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen bulguların, kentte yaşayan nüfusun, mahalle düzeyinde lise düzeyindeki eğitim tesisi alanlarından faydalanma olanaklarının etkin ve yerinde kullanılabilirliğine ve aynı zamanda yer seçimi kararlarında planlama anlamında katkıda bulunacağı öngörülmüştür. Aynı zamanda çalışmanın, lise tesisi alanlarının yer seçimi aşamasında ve planlama kararlarının oluşturulması sürecinde farklı bir bakış açısı sunacağı düşünülmektedir.



## 2. Materyal ve Yöntem

Kastamonu ili Merkez ilçesi örneklem alan olarak seçilmiştir. Kastamonu kentinin genel yerleşim düzeni iki bölüme ayrılmıştır. Birinci yerleşim düzeni olarak tarihi bir geçmişe sahip olan ve eski Kastamonu olarak adlandırılan; İsfendiyarbey Mahallesi, Honsalar Mahallesi, Hepkebirler Mahallesi, İsmailbey Mahallesi, Hisarardı Mahallesi, Kırkçeşme Mahallesi, Akmescit Mahallesi, Aktekke Mahallesi, Atabeygazi Mahallesi, Cebrail Mahallesi, Esentepe Mahallesi, Kırkçeşme Mahallesi, Topçuoğlu Mahallesi ve Yavuz Selim Mahallesi' dir. İkinci yerleşim düzeni ise son 30-40 yıl içerisinde planlanıp kurulmuş olan; İnönü Mahallesi, Candaroğulları Mahallesi, Mehmet Akif Ersoy Mahallesi, Saraçlar Mahallesi, Beyçeşme Mahallesi ve Kuzeykent Mahallesi' dir.



Şekil 1: Çalışma alanı konumu

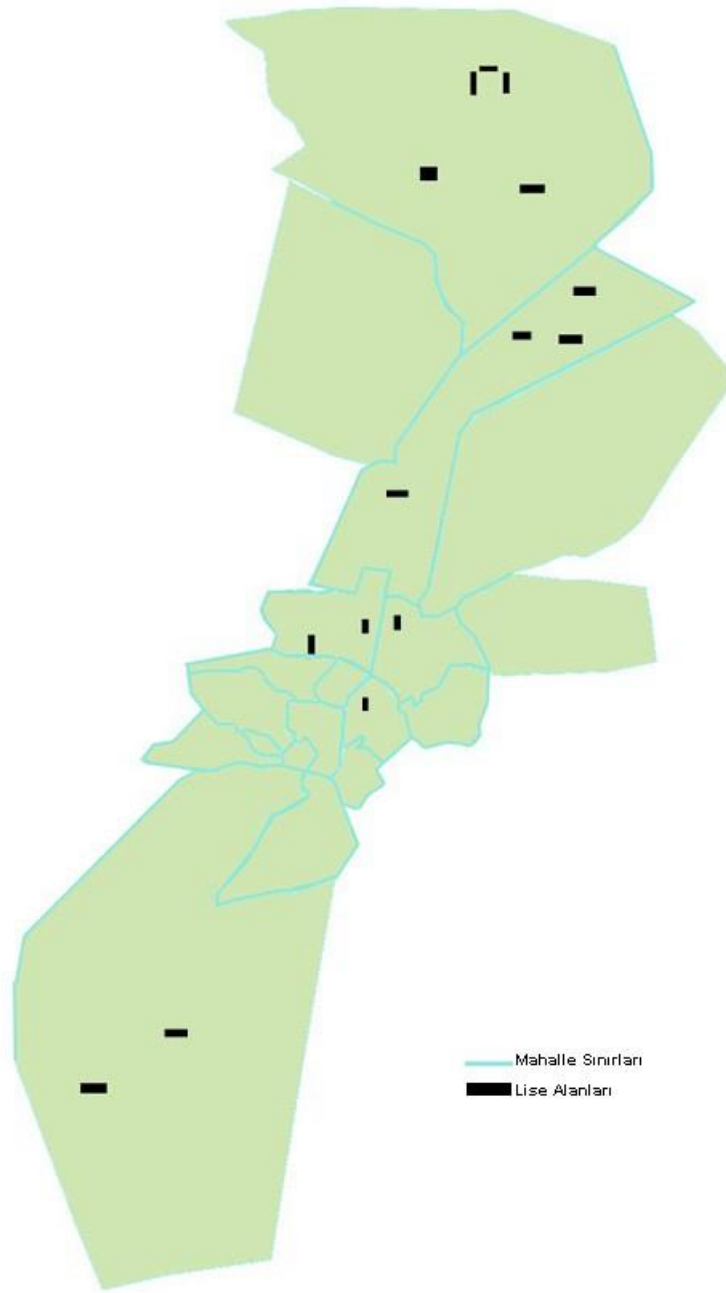
Kentlerin önemli fonksiyonlarından birisi de eğitimidir. Yapılmış olan çeşitli araştırmalarda bu fonksiyonun şehirlerdeki durumu ve önemi ortaya konmuştur (Doğanay, 1983). Kentlerdeki CBS' nin kullanım alanı oldukça geniştir. CBS ile yapılan analizlerde nüfus oranlarına göre ayrıntılı bilgiler elde etmek mümkündür. Ayrıca bu tür analizler yardımıyla, nüfusun kurumsal yapılara erişilebilirlik gibi sorunlarının belirlenmesi ve bu sorunlara çözüm üretmek de mümkündür (Koçak, 2009).

Çalışmada ilk olarak mahallelerde bulunan lise alanları, mahallelerin nüfusu ve nüfus yoğunlukları tespit edilmiştir. Daha sonra ArcGIS programı yardımıyla mahallelerde bulunan lise alanlarından 100-300-500 metre mesafede dairesel etki alanları belirlenmiş ve bu alanlarda yaşayan nüfus tespit edilmiştir. Donatının hizmet ettiği nüfus, bu sınırdan yer alan konutların alanları ve mahalle nüfusları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda mahalle sınırlarında hizmet alan nüfusun yaşayan nüfusuna oranının mekânsal erişilebilirlik açısından bir gösterge olarak kullanılması amaçlanmaktadır.

## 3. Bulgular

Çalışmadan elde edilen verilere göre toplam 19 mahalleden sadece 6 tanesinde lise alanı bulunmaktadır (Şekil 2). Nüfus yoğunluğu bakımından en yoğun mahalleler olan, Aktekke Mahallesi' nde 1 tane ve İsmail Bey Mahallesi'nde 2 tane lise alanı bulunmaktadır. Orta yoğunlukta olan Kuzeykent Mahallesi'nde 5 tane, Cebrail Mahallesi'nde 1 tane lise alanı bulunmaktadır. Nüfus yoğunluğunun en az olduğu, İnönü Mahallesi'nde 4 tane, Saraçlar Mahallesi'nde ise 2 tane lise alanı mevcuttur. En fazla lise alanı Kuzeykent Mahallesi' nde bulunurken, en az lise alanı, Aktekke ve Cebrail Mahallesi'nde bulunmaktadır (Tablo 1).





Şekil 2: Lise alanlarının mahallelere göre mekânsal dağılımı

Kuzeykent Mahallesi'nde 100 metre etki alanı içerisinde yaşayan nüfusun toplam mahalle nüfusuna oranı %1,79'dır. 300 metrede bu oran %3,76 iken, 500 metrede ise %6,36'dır. Kuzeykent Mahallesi'nde etki alanı içerisindeki ilçe nüfusunun oranının 100 metrede %0,3 olduğu, 300 metrede %0,65 ve 500 metrede %1,11 olduğu görülmektedir. İnönü Mahallesi'nde 100 metre etki alanı içerisinde yaşayan nüfusun toplam mahalle nüfusuna oranı %2,53'tür, 300 metrede bu oran %3,19 iken, 500 metrede ise 0,66'dır. İnönü Mahallesi'nde nüfus oranının en fazla olduğu etki alanının 300 metre olması, lise alanlarının erişilebilirliğinin bu etki alanında daha fazla olduğunu göstermektedir. İnönü Mahallesi'nde ilçe nüfusunun oranı 100 metrede %0,26 iken, 300 metrede %0,43 ve 500 metrede %0,66'dır. Saraçlar Mahallesi'nde 100 metre etki alanında yaşayan nüfusun toplam mahalle nüfusuna oranı %1,80'dir, 300 metrede %7,68 ve bu oran 500 metrede %0,97'dir. Lise alanlarına erişilebilirliğin en fazla 300 metre etki alanında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Saraçlar Mahallesi'nde, ilçe nüfusu oranları ise; 100 metre etki alanında %0,16, 300 metrede 0,52, 500 metrede ise %0,97'dir. İsmail Bey Mahallesi'nde 100 metre etki alanında yaşayan nüfusun toplam mahalle nüfusuna oranı %0,70'dir, 300 metrede %4,62 ve 500 metrede %12,46'dır. Bu mahalle, mahalle nüfus oranları içerisinde en fazla orana sahip olan mahalleden biridir. İlçe nüfusunun oranları ise; 100 metre etki alanında %0,016'dır, 300 metrede %0,11 iken, 500 metrede ise %0,19'dur. Aktekke Mahallesi'nde 100 metre etki mahalle nüfusu oranının fazla olduğu diğer mahallenin de Aktekke Mahallesi olduğu görülmektedir. İlçe nüfusunun oranları ise; 100 metre etki alanında %0,69 iken, 300 metrede %1,96'dır ve 500 metrede ise





%2,44'tür. Cebrail Mahallesinde ise 100 metre etki alanında hizmet ettiği nüfusun bulunmadığı sonucuna ulaşılmıştır. 300 metrede ise etki alanında yaşayan toplam nüfusun mahalle nüfusuna oranının %4,15 olduğu, 500 metrede ise %8,49 olduğu görülmektedir. İlçe nüfus oranı ise 300 metrede 0,07 iken 500 metrede ise %0,15'dir (Tablo 1).

**Tablo 1: Liseler, buldukları mahalleler ve etki alanları**

Lise Adı	Bulunduğu Mahalle	Nüfus Yoğunluğu (kişi/ha)	Mahalle Nüfusu	100 M			300 M			500 M		
				Nüfus (kişi)	Mahalle nüfusu na oranı (%)	Merkez nüfusu na oranı (%)	Nüfus (kişi)	Mahalle nüfusu na oranı (%)	Merkez nüfusu na oranı (%)	Nüfus (kişi)	Mahalle nüfusu na oranı (%)	Merkez nüfusu na oranı (%)
Kastamonu Fen Lisesi	Kuzeykent	33	26157	50	0,19	0,03	96	0,36	0,06	220	0,84	0,15
Hüma Hatun A. İmam Hatip Lisesi	İnönü	14	21347	338	1,58	0,21	450	2,10	0,30	520	2,43	0,35
Prof. Saime İnal Sosyal Bilimler Lisesi	Kuzeykent	33	26157	80	0,30	0,05	156	0,59	0,10	320	1,22	0,21
Kas. Anadolu İmam Hatip Lisesi	İnönü	14	21347	38	0,67	0,02	62	0,29	0,04	156	0,73	0,10
Kas. Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Saraçlar	23	1813	131	0,94	0,08	365	2,64	0,25	689	4,98	0,47
15 Temmuz Şehitleri Anadolu Lise.	Kuzeykent	33	26157	40	0,15	0,02	120	0,45	0,08	215	0,82	0,14
10 Aralık Mesleki ve Teknik Lisesi	İsmail Bey	86	3928	18	0,45	0,01	140	3,56	0,09	240	6,10	0,02
Aytaç Eruz Anadolu Lisesi	İnönü	14	21347	25	0,11	0,01	110	0,51	0,05	175	0,81	0,10
Göl Anadolu Lisesi	Kuzeykent	33	26157	270	1,03	0,18	520	1,98	0,35	670	2,56	0,45
Sepetçioğlu Mesleki Ve Teknik Lisesi	Aktekke	126	4994	1020	<b>20,42</b>	<b>0,69</b>	2860	<b>57,26</b>	<b>1,96</b>	3562	<b>71,32</b>	<b>2,44</b>
Abdurrahmanpaşa Lisesi	Cebrail	74	2624	0	0	0	109	4,15	0,07	223	8,49	0,15
Mustafa Kaya Anadolu Lisesi	İsmail Bey	86	3928	10	0,25	0,006	42	1,06	0,02	250	6,36	0,17
Pervaneoğlu Ali Mesleki ve Teknik	Saraçlar	23	13813	120	0,86	0,08	397	5,04	0,27	743	5,37	0,50
Şeyh Şaban-Veli Anadolu	İnönü	14	21347	38	0,17	0,02	64	0,29	0,04	164	0,76	0,11



<b>İmam Hatip Lisesi</b>													
<b>Kas. Kız İmamhatip Lisesi</b>	Kuzeykent	33	26157	34	0,12	0,02	102	0,38	0,06	243	0,92	0,16	

#### 4. Sonuç

Erişilebilirlik, yerleşim birimlerinde fiziksel çevre ile tanımlanmış mekânların yönlendirdiği, yürünebilirlik ve kamusal mekân kavramlarıyla ele alınması gereken önemli bir konudur. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre toplam 19 mahalleden sadece 6 tanesinde lise bulunmaktadır. 13 mahallede ise lise bulunmamaktadır. Aktekte Mahallesi ve Cebrail Mahallesi nüfus yoğunluğu olarak en yoğun mahalleler olmasına rağmen sadece 1'er adet lise bulunmaktadır. 15 liseden 5 tanesi olmak üzere sayıca en fazla lise birimi nüfus yoğunluğu orta derece olan Kuzeykent Mahallesi'nde bulunmaktadır. Lise alanlarının en fazla son yıllardaki yeni yerleşim alanlarında yoğunluk gösterdiği ulaşılan önemli bir sonuç olmuştur.

100, 300 ve 500 metrelik etki alanlarında, erişilebilir mesafe içerisinde en fazla mahalle nüfus oranının Aktekte Mahallesi'nde bulunan Sepetçioğlu Mesleki ve Teknik Lisesi'nde olduğu görülmektedir. 100 metre etki alanında erişilebilir mesafe içerisinde mahalle ve merkez nüfus oranının en az olduğu lise, Cebrail Mahallesi'nde bulunan Abdurrahmanpaşa Lisesi'dir. 300 metrede erişilebilir mesafe içerisinde ise en az mahalle nüfusu oranının olduğu lise, İnönü Mahallesi'nde bulunan Kastamonu Anadolu İmam Hatip Lisesi ve Şeyh Şaban-I Veli Anadolu İmam Hatip Lisesi'dir. Merkez nüfus oranının en az olduğu lise, İsmail Bey Mahallesi'nde bulunan Mustafa Kaya Anadolu Lisesi'dir. 500 metrede ise mahalle nüfus oranının en az olduğu lise, İnönü Mahallesi'nde bulunan Şeyh Şaban-I Veli Anadolu İmam Hatip Lisesi, merkez nüfus oranının en az olduğu lise ise, İsmail Bey Mahallesi'nde bulunan 10 Aralık Mesleki ve Teknik Lisesi'dir.

Araştırmada, Kastamonu İli Merkez İlçesindeki lise düzeyindeki eğitim tesislerinde, CBS yardımıyla 100m, 300m ve 500m etki alanlarında erişilebilirlik test edilmiştir. Bu alanlarda yaşayan nüfus oranının mekânsal erişilebilirliği belirlenmiştir. Çalışmanın, kentsel planlama sürecinde yer seçimleri yapılırken nüfus artışına bağlı olarak projeksiyonlar ile ne kadar lise alanına ihtiyaç olacağını belirlenmesini amaçlayan araştırmalara altlık olacağı düşünülmektedir.

#### 5. Kaynaklar

- Alpagut, Y. (2003). Toplu konut dış mekânlarında tüm kullanıcılar için erişilebilirlik ölçütlerinin saptanması, Master tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bekdemir, Ü. (2000). Giresun kent coğrafyası.(Yayınlanmamış Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Belir, Ö. (2009). Mimari Erişilebilirlik Klavuzu. Özürlüler Vakfı.
- Demirkan, H. (2015). Mekânlarda erişilebilirlik, kullanılabilirlik veyaşanabilirlik, TMMOB Sayı:3 Sayfa:1.
- Doğanay, H. (1983). Erzurum'un Şehrsel Fonksiyonları ve Başlıca Plânlama Sorunları. (Yayınlanmamış Doçentlik Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen-Edeb. Fak. Coğrafya Bölümü.
- Koçak, H. (2009). Coğrafi bilgi sistemlerinin kentsel yaşam kalitesinin yükseltilmesine etkileri üzerine bir değerlendirme. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 25, 141-148.
- Scherrer, V. (2001). "Herkes için Ulaşılabilirlik", Seminer Notları (Seminar of Design for all notes) , OFD Publications, İstanbul, Cem Ofset, pp.38- 42.
- Sezer, A., Deniz, M., Topuz, M. (2018). Uşak şehrinde okullara erişilebilirliğin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile analizi/analysis of accessibility of schools in Uşak city via geographical information systems (GIS). Journal of History Culture and Art Research, 7(5), 470-494.
- Sezer, A, Deniz, M. Kocaman E.,Topuz, M. (2019). Analysis of accessibility of schools in Turgutlu City via geographical information system (GIS). International Journal of Geography and Geography Education (IGGE), 40, 190-207.



## KENTSEL MEKÂNIN ENGELSİZ MEKÂN KRİTERLERİ ÇERÇEVESİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

Sevgi Öztürk<sup>1</sup>, Öznur Işınkaralar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye,

sevgiozturk37@gmail.com

<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kastamonu, Türkiye

\*obulan@kastamonu.edu.tr

### Özet

Kentsel açık-yeşil alanlar kentlinin sosyal aktivitelerine imkan tanıyan ve toplumsal iletişimi güçlendiren düzlemlerdir. Toplumun bir parçası olarak engelli bireylerin boş zaman aktivitelerini gerçekleştirirken toplumda kendilerine yer bulmaları ve açık yeşil alanların tasarım sürecinde bunun göz önüne alınması adil kentlerin ve medeniyetin bir gerekliliğidir. Bu bağlamda engelli bireylerin engel türleri ve becerilerine göre engelsiz tasarım yaklaşımı desteklenmektedir. Çalışma kapsamında ilk olarak literatürde yer alan engelli tanımları tartışılmıştır. Ardından engelsiz mekân için gerekli olan tasarım bileşenlerinin TSE 12576 standartları ortaya konmuştur. Alan çalışmasında Kastamonu kent merkezinde yer alan İstiklal Yolu Parkı için standartlar göz önünde bulundurularak park girişleri, donatılar, merdivenler, rampalar, otopark ve yaya yollarına ilişkin gözlemler yapılmıştır. Yapılan mevcut durum analizleri yardımıyla alanın tasarım bileşenlerinin erişilebilirliği değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Engelsiz Mekân, Engelsiz Tasarım, İstiklal Yolu Parkı, Kastamonu*

### 1. Giriş

Engelli bireylerin kentlerde sosyal yaşama katılmada ihtiyaçlarının, diğer insanların ihtiyaçlarıyla farklı olan özellikleri ve benzerlikleri de bulunmaktadır. Bu nedenle engelli bireylerin sosyalleşme çabalarının önündeki engelleri kaldırmak toplumsal bir görev haline gelmelidir (Gür, 2001; Olgun, Yılmaz, 2014). Engelli bireyler için sosyal hayat, evlerinden dışarı çıktıkları an başlamaktadır. Merdiven basamakları, kaldırımlar, yaya geçitleri vb. alanlar onlar için aşılabilir engel haline gelmektedir (Erdem, 2007). Tüm bu sebeplerden dolayı kentsel açık alanlardaki planlama ve uygulamalar engelli bireylerin standartlarına uygun olarak yapılmalıdır (ÖZİDA, 2010).

21. yüzyıla kadar ülkemizde kentsel tasarım planları yapılırken göz ardı edilen engelli bireyler dünya nüfusunun yaklaşık % 15'ini oluşturmaktadır ve bu oran giderek artmaktadır (Dikmen, 2011). Kent planları yapılırken engelli bireyler göz ardı edilerek hazırlanmıştır. Engelli bireylerin sosyal yaşama katılımı ve günlük gereksinimlerini kendileri karşılayabilmesi için tasarım aşamasında yapılması gerekenler vardır. Bunlardan en önemlisi yaya yolları, kaldırımlar, merdivenler ve rampaların; yükseklik, eğim ve yapımında kullanılan malzemenin niteliğinin standartlara uygun olmasıdır. Günümüzde yapılan planlama uygulamaları taşıt öncelikli ve yaya hareketlerinden kısıp trafik akışını kolaylaştırmaya yöneliktir. Bu uygulamalarda, yol kenarında yer alan yaya kaldırımları, yeşil alanlar taşıt yoluna katılmaya başlanmış, özgün değerlerin yitirildiği nitelsiz kentsel boşluklar oluşmaya başlamıştır (Akansel, vd. 2011). Kentlerin sağlıklı bir şekilde planlanmasında, görsel açıdan zengin, mekânsal kullanımlara kolay erişilebilir, yaya öncelikli, ekolojik açıdan sürdürülebilir, ekonomik değerleri dikkate alan, yaşam kalitesi yüksek, güvenli, canlı, sağlıklı ve yaşanabilir kentler oluşturmak temel amaç olmalıdır (Aygün vd., 2018).

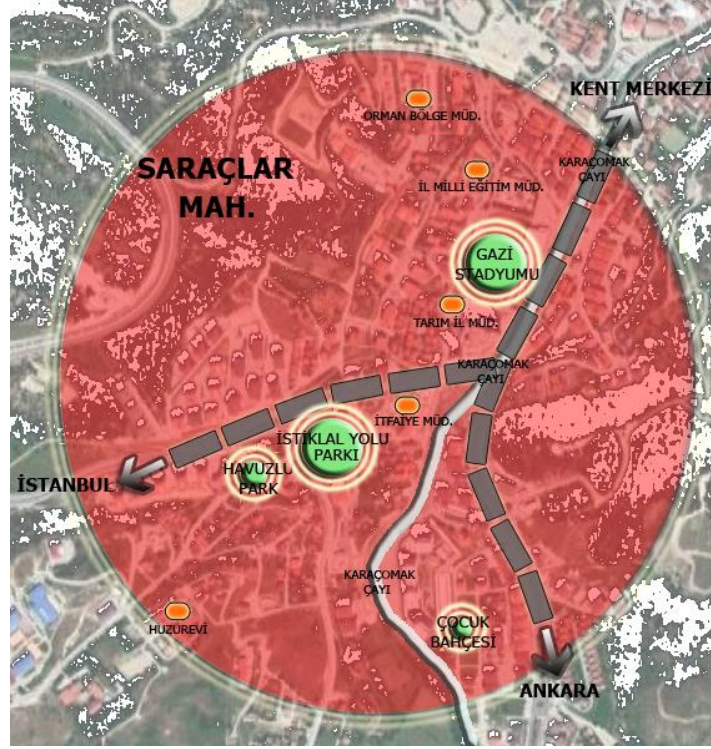
Çalışmada, literatürde yer alan engelli tanımlarının incelenerek ardından engelsiz mekân için gerekli olan tasarım bileşenlerinin TSE 12576 standartları ortaya konmuştur. Alan çalışmasında Kastamonu kent merkezinde bulunan İstiklal Yolu Parkı standartlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Yapılan analizler yardımıyla alanın tasarım bileşenlerinin erişilebilirlik durumu irdelenmiştir.

### 2. Materyal ve Yöntem

Kastamonu ili Batı Karadeniz bölgesinde yer alır ve deniz seviyesinden yüksekliği 775 metre olup ilin yüz ölçümü 13.108,1 km<sup>2</sup>'dir. Kent sahip olduğu bu yüzölçümü ile ülkenin topraklarının %1,7'sini oluşturur. Kastamonu'nun yüzölçümünün %74,6'sı dağlık ve ormanlık, %21,6'sı plato ve %3,8'i ovidan oluşmaktadır. Kent merkezi, engebeli bir arazi yapısına sahiptir (Öztürk, 2012).

Açık yeşil alan varlığı bakımından incelendiğinde kentte bulunan 19 mahallede toplam alanı 172.126 m<sup>2</sup> olan 47 adet park nitelikli alan bulunmaktadır. Çalışma alanının bulunduğu Saraçlar Mahallesi'nde ise 17724 m<sup>2</sup> park alanı, 5850 m<sup>2</sup> çocuk oyun alanı, 1400 m<sup>2</sup> spor alanı olmak üzere toplamda 24974 m<sup>2</sup> açık-yeşil alan bulunmaktadır (Öztürk, Özdemir, 2013). Saraçlar Mahallesi sınırları içerisinde bulunan İstiklal Yolu Parkı örnek alan olarak seçilmiştir. İstiklal yolu Parkı, kent merkezinin güneyinde, İstanbul Caddesi üzerinde belirli kamu hizmet binalarına yakın olarak konumlanmaktadır (Şekil 1). Park alanı, 2013 yılında kullanıma açılmıştır ve alana girişler toplam 6 farklı kapıdan yapılmaktadır.





Şekil 1. Çalışma alan konumu

Çalışma alanı olan İstiklal Yolu Parkı'na ulaşım kentin tüm bölgelerinden toplu taşıma ya da özel araçla sağlanmaktadır. Parkın çevre ölçüsü toplamda 400 m. alanı ise 8740 m<sup>2</sup>'dir. Alanda çocuk oyun alanı, süs havuzu, amfi tiyatro, dış mekân spor aletleri, kamelyalar, otopark ve Kastamonu Engelliler Derneği tarafından işletilen çay bahçesi gibi donatılar mevcuttur. Ancak güvenlik birimi bulunmamaktadır. Amfi tiyatro mevsimlik olarak hizmete açılıp belirli günlerde açık hava sineması olarak kullanılmaktadır.

Çalışma kapsamında ilk olarak literatürde yer alan engelli tanımları tartışılmıştır daha sonra, engelsiz mekân için gerekli olan tasarım bileşenlerinin TSE 12576 standartları ortaya konmuştur. Alan çalışmasında Kastamonu kent merkezinde yer alan İstiklal Yolu Parkı için standartlar göz önünde bulundurularak park girişleri, donatılar, merdivenler, rampalar, otopark ve yaya yollarına ilişkin gözlemler yapılmış ve yapılan mevcut durum analizleri yardımıyla alanın tasarım bileşenlerinin erişilebilirliği değerlendirilmiştir.

### 3. Bulgular

Literatür taramalarında, engelli tanımının çeşitli şekillerde yapıldığı görülmüştür. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun İnsan Hakları Evrensel Bildirisi'nin devamında yer alan 9 Aralık 1975 tarihli Sakat Hakları Bildirisinde engelli; normal bireyin, bireysel ya da toplumsal hayatında kendisinin yapabildiği işleri, fiziksel ve psikolojik yeteneklerindeki irsi yada sonradan olma eksiklik sonucu yapamayan kişi” şeklinde tanımlanmıştır. 5378 Sayılı Engelliler Kanunu'na göre; kalıtsal veya sonradan herhangi bir nedenle bedensel, zihinsel, psikolojik, duyuşsal ve sosyal yeteneklerini belirli oranlarda yitirmesi sebebiyle sosyal yaşama uyum sağlama ve günlük gereksinimlerini giderme zorluğu çeken ve korunma, bakım, rehabilitasyon gibi destek hizmetlerine ihtiyaç duyan kişi “engelli” olarak tanımlanmaktadır. 4857 sayılı İş Kanununda düzenlenen engelli istihdamından yararlanabilecek olanlar “Engelli, Eski Hükümlü ve Terör Mağduru İstihdamı Hakkında Yönetmelik” in 3. maddesinde düzenlenmiştir. Bu maddeye göre; “Engelli; bedensel, zihinsel, ruhsal, duyuşsal ve sosyal yeteneklerindeki engelleri nedeniyle çalışma gücünün en az %40'ndan yoksun olduğu sağlık kurulu raporuyla belirlenenlerdir.” ifadesiyle engelliler tanımlanmaktadır (Keskin, 2011; Kolat 2010).

Yapılan pek çok araştırmada farklı biçimlerde sınıflandırılmanın olduğu görülmektedir (Schneider, 2001). Birleşmiş Milletler (1998), ICIDH engellilik yaklaşımını kullanarak araştırmalarında görme, işitme, konuşma, hareket, bedeni hareket ettirme, tutma/kaldırma, öğrenme (zihinsel zorluklar, gerilik, disleksilik), davranışsal zorluklar (psikolojik, duyuşsal problemler), kişisel bakım zorlukları (yıkama, giyinme, beslenme), diğer (astım, şeker, vb.) olmak üzere yapılan sınıflandırma şeklini önermiştir (Keskin, 2011).

T.C. Resmi Gazetede Devlet Bakanlığı Engelliler İdaresi Başkanlığı tarafından 16 Aralık 2010 tarihinde yayınlanan 27787 sayılı “Engellilik Ölçütü, Sınıflandırması ve Engellilere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkında Yönetmelik” de, Dünya Sağlık Örgütü ile ortak standart bir dil ve çerçeve oluşturmak amacı ile geliştirilen ve çok kapsamlı uluslararası bir sınıflandırma sistemi olan (ICF) İşlevsellik Yitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması/International Classification of Functioning, Disability and Health'nin esas alınması gerekliliği belirtilmiştir. Engellilerin sağlığı ile ilgili durumlarının tanımlanmasında ve her türlü bilginin toplanmasında, kaydedilmesinde ve karşılaştırılmasında, tedavi, rehabilitasyon, eğitim ve istihdam ile ilgili hizmetlerin değerlendirilmesinde, planlanmasında, ICF sistemi kullanılmaktadır. Bu hizmetler Engelliler İdaresi Başkanlığı ile ilgili kamu kurum ve kuruluşları, sivil toplum örgütleri, üniversiteler ve meslek kuruluşlarının işbirliği sağlanarak Engelliler İdaresi Başkanlığı



koordinatörlüğünde yapılmaktadır. BICF'ye göre engelliler görme, işitme, öğrenme, iletişim becerisi, beden duruşu vb. kabiliyet türlerine göre belli gruplar halinde sınıflandırılmaktadır (Keskin, 2011).

Çalışmada İstiklal Yolu Parkında bulunan donatı elemanları, merdivenler ve yaya yollarında yapılan ölçümler sonucunda bir gözlem tablosu hazırlanmıştır. Bu tabloda alanın mevcut durum ölçüleri ile TSE 12576 standartları verilmiş ve analizi yapılmıştır. Alanda hazırlanan gözlem formu bulgularına göre alana ait 6 girişin 1'i standartlara uygun olmamaktadır. Alanda bulunan yaya yolları genişlik bakımından standartlara uygun olduğu, döşeme malzemesi olarak beton parke taşı kullanıldığı bunun görme engellilere yönelik hazırlanmadığı görülmektedir (Tablo 1). Park alanında bedensel engelli bireyler için giriş rampası bulunmaktadır. Fakat diğer engel grupları düşünülmemiştir.

**Tablo 1. İstiklal Yolu Parkı Gözlem Tablosu**

		Standart	Mevcut Durum	Analiz
Park Girişi	Giriş 1	150-200 cm	410 cm genişlik ve yoldan eğimsiz düz bir giriş.	Ulaşılabilir.
	Giriş 2	150-200 cm	315 cm genişlikte, kaldırımdan eğimsiz düz giriş.	Ulaşılabilir.
	Giriş 3	150-200 cm	490 cm genişlikte, kaldırımdan eğimsiz düz giriş.	Ulaşılabilir.
	Giriş 4	150-200 cm	230 cm genişlikte, kaldırımdan eğimsiz düz giriş.	Ulaşılabilir.
	Giriş 5 (Otopark girişi)	150-200 cm	650 cm genişlikte, yoldan eğimsiz düz giriş.	Ulaşılabilir.
	Giriş 6 (Rampa girişi)	Genişlik En az 90 cm, Eğim % 6-8 arasında olmalı. Rampa başlangıcında ve bitimin de 60 cm uyarıcı yüzey olmalıdır.	Rampa genişliği 240 cm. Rampanın uzunluğu 560 cm yükseklik farkı (h) 61 cm bu ölçülere göre rampa eğimi % 10'dur. Uyarıcı yüzey yapılmamış	% 10 eğim ve uyarıcı yüzey olmadığından ulaşılabilir değildir.
Yaya Yolları	Yaya Yolu 1	Yaya yolu uygun genişlik 120-200 cm olmalıdır. Ayrıca görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri olmalı.	Yaya yolu genişliği 245 cm'dir. Görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri mevcut değildir.	Genişlik açısından uygun fakat kılavuz iz döşemeleri olmadığı için görme engelliler için ulaşılabilir değildir.
	Yaya Yolu 2	Yaya yolu uygun genişlik 120-200 cm olmalıdır. Ayrıca görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri olmalı.	Yaya yolu genişliği 190 cm'dir. Görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri mevcut değildir.	Genişlik açısından uygun fakat kılavuz iz döşemeleri olmadığı için görme engelliler için ulaşılabilir değildir.
	Yaya Yolu 3	Yaya yolu uygun genişlik 120-200 cm olmalıdır. Ayrıca görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri olmalı.	Yaya yolu genişliği 235 cm'dir. Görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri mevcut değildir.	Genişlik açısından uygun fakat kılavuz iz döşemeleri olmadığı için görme engelliler için ulaşılabilir değildir.
	Yaya Yolu 4	Yaya yolu uygun genişlik 120-200 cm olmalıdır. Ayrıca görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri	Yaya yolu genişliği 200 cm'dir. Görme engelliler için kılavuz iz döşemeleri mevcut	Genişlik açısından uygun fakat kılavuz iz döşemeleri olmadığı için görme engelliler için ulaşılabilir





		olmalı.	değildir.	değildir.
Merdivenler	Merdiven 1	Basamak için Yükseklik 15 cm (en fazla 16 cm), derinlik 30 cm (en az 28 cm), Merdiven genişliği min. 150 cm, Sahanlık asgari 150 cm, Hissedilebilir yüzey en az 60 cm, olmalı ve merdivenin iki kenarında da küpeşte bulunmalıdır.	Merdivenin basamak yüksekliği 16 cm, derinliği 30 cm ve genişliği 255 cm'dir. İki adet sahanlık (160*220 cm ve 250*255 cm) mevcuttur. Merdiven basamağının başlangıcında ve bitiminde görme engelliler için olması gereken hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır. Ayrıca merdivenin iki tarafında da küpeşte yapılmamış.	Merdiven ölçüleri bakımından uygundur fakat hissedilebilir yüzeylerin ve küpeştenin olmaması açısından ulaşılabilir değildir.
	Merdiven 2	Basamak için Yükseklik 15 cm (en fazla 16 cm), derinlik 30 cm (en az 28 cm), Merdiven genişliği min. 150 cm, Sahanlık asgari 150 cm, Hissedilebilir yüzey en az 60 cm, olmalı ve merdivenin iki kenarında da küpeşte bulunmalıdır.	Merdivenin basamak yüksekliği 17 cm, derinliği 28 cm ve genişliği 285 cm'dir. Sahanlık 105*205 cm ölçülerinde mevcuttur. Merdiven basamağının başlangıcında ve bitiminde görme engelliler için olması gereken hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır. Ayrıca merdivenin iki tarafında da küpeşte yapılmamış.	Merdiven ölçüleri bakımından uygundur fakat hissedilebilir yüzeylerin ve küpeştenin olmaması açısından ulaşılabilir değildir.
	Merdiven 3	Basamak için Yükseklik 15 cm (en fazla 16 cm), derinlik 30 cm (en az 28 cm), merdiven genişliği min. 150 cm, Sahanlık asgari 150 cm, Hissedilebilir yüzey en az 60 cm, olmalı ve merdivenin iki kenarında da küpeşte bulunmalıdır.	Merdivenin basamak yüksekliği 16 cm, derinliği 30 cm ve genişliği 205 cm'dir. Merdiven basamağının başlangıcında ve bitiminde görme engelliler için olması gereken hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır. Ayrıca merdivenin iki tarafında da küpeşte yapılmamış.	Merdiven ölçüleri bakımından uygundur fakat hissedilebilir yüzeylerin ve küpeştenin olmaması açısından ulaşılabilir değildir.
Rampalar	Rampa 1	Genişlik En az 90 cm, Eğim % 6-8 arasında olmalı. Rampa başlangıcında ve bitimin de 60 cm uyarıcı yüzey	Rampa genişliği 2 m, rampanın uzunluğu 11 m yükseklik farkı (h) 1,9 m bu ölçülere göre rampa eğimi % 17'dir. Uyarıcı yüzey	% 17 eğim ve uyarıcı yüzey olmadığından ulaşılabilir değildir.





		olmalıdır.	yapılmamış.	
	Rampa 2 (U şeklinde çift rampa)	Genişlik En az 90 cm, Eğim % 6-8 arasında olmalı. Rampa başlangıcında ve bitimin de 60 cm uyarıcı yüzey olmalıdır.	1. Rampa genişliği 1.9 m, uzunluğu 18.2 m, yükseklik farkı (h) 1.45 m bu ölçülere göre rampa eğimi % 8'dir. 2. Rampa genişliği 1.9 m, uzunluğu 23.8 m, yükseklik farkı (h) 1.4 m bu ölçülere göre rampa eğimi % 6'dır Uyarıcı yüzey yapılmamış.	% 8 ve % 6 eğim olarak uygun fakat uyarıcı yüzey olmadığından ulaşılabilir değildir.
Donatı Elemanları	Çöp Kutusu	Çöp kutusunun yüksekliği 90-120 cm olmalıdır.	Parkta bulunan çöp kutusunun çöp atma yüksekliği 70 cm'dir.	Ulaşılabilir değildir.
	Bank	Oturma alanının derinliği 36-46 cm, yerden yüksekliği 41-46 cm ve sırt yaslanma kısmı yüksekliği 45 cm olmalı ayrıca bank yanında 90 cm eninde 120 cm uzunluğunda tekerlekli sandalye için alan olmalıdır. Bank koyma alanı önünde uyarıcı yüzey bulunmalıdır.	Oturma alanının derinliği 32 cm, yerden yüksekliği 40 cm, Yaslanma yeri kısmı yüksekliği 33 cm'dir. Tekerlekli sandalye için ayrılan alan 90 cm eninde 100 cm uzunluğunda bir alan vardır. Bank koyma alanı önünde uyarıcı yüzey bulunmamaktadır.	Bank ölçüleri bakımından ve alan ölçüleri olarak uygun değildir. Ayrıca bank koyma alanı önünde uyarıcı yüzey olmadığından ulaşılabilir değildir.
	Çeşme	Çeşmeye yanaşma mesafesi asgari 60 cm, çeşme alt yüksekliği azami 75 cm, çeşme yüksekliği 85-90 cm olmalıdır.	Parkta çeşme bulunmamaktadır.	-
Otopark		Genişlik en az 250 cm, uzunluk en az 600 cm olmalı, iki otopark alanı arasında 150 cm genişliğinde 600 cm uzunluğunda araca paralel boş bir alan olmalıdır.	Parkın içinde 200 metre kare alana sahip 16 araçlık otopark bulunmaktadır. Otoparkta engellilere özel ayrılmış bölüm ve uyarıcı işaret-levha gibi uygulamalar yapılmamıştır.	Ulaşılabilir değildir.

Alan çalışmasında TSE 12576 standartlarına göre yapılan detaylı çalışmalardan donatı, merdiven ve yaya yollarına ilişkin ölçümler gözlem formuna işlenmiştir. Buna ilişkin park alanında en dikkat çeken merdiven çözümlemesinin yanında rampa önerisinin olmamasıdır (Şekil 2).





Şekil 2. İstiklal Yolu Parkı analizleri

#### 4. Sonuç

Kentsel çevrede, yapılar ve mekânlar tüm bireylerin kullanabileceği şekilde tasarlanmalıdır. Kentsel alanlarda engelli bireylerin rahat dolaşımının sağlanması ve yaşam kalitelerinin artırılması, kentsel mekânların erişilebilir ve kullanım açısından uygun olmasıyla doğrudan ilişkilidir (Dikmen, Özçetin, 2016). Bu nedenden dolayı, kentler planlanırken engelli bireyler de göz önünde bulundurulmalı, onların da bir kullanıcı grubunda oldukları düşünülerek, uygun kentsel alanlar planlanmalıdır (Uslu, Shakovri, 2014).

Ülkemizde 7.7.2005 tarihli resmi gazetede yayınlanan 5378 sayılı Engelliler Hakkında Kanun kapsamında bütün kamu kurum ve kuruluşlarına engelli bireylere yönelik düzenleme ve eksiklerini gidermeleri için verilen 7 yıllık sürenin geçmesinin ardından çalışmaların tamamlanmaması nedeniyle 3 yıllık bir ek süre tanınmıştır. Ancak bu sürede aşılabilecek 4 yıl olmasına rağmen kamusal alanlarda TSE 12576 standartlarına uygunluk oranının oldukça düşük olduğu gözlemlenmektedir. Engelli bireyler henüz kamusal alanlara erişmekte güçlük çekerken en temel hakkı olan açık ve yeşil alanlara ulaşım konusunda ve alanda kullanılan donatı elemanlarının yerleşim sıklığı ve ölçüleri, standartlara uymayan merdiven- kaldırım yükseklikleri, rampa eğimleri, görsel ve işitsel uyarıcı eleman eksikliği konusunda daha büyük sorunlar yaşamaktadır.

Çalışma alanı olarak seçilen İstiklal Yolu Parkı engelsiz mekân ölçütleri kapsamında değerlendirildiğinde alandaki mevcut önlemlerin sadece bedensel ve görme engelli bireylere yönelik olduğu tespit edilmiştir. Alınan önlemlerin çoğunun standartlara uygun olmadığı ya da bir engel bakımından standartlara uyduğu fakat başka bir engeli bulunan bireyin ihtiyacı olan önlemin bulunmadığı hazırlanan gözlem tablosu aracılığıyla belirlenmiştir. Tablo 1'deki verilere bakılacak olursa, park alanı 2 ana kısımdan oluşmaktadır ve bu iki kısmı bağlayan rampayı eğimi bakımından standartlara uyduğu (%6-8 eğim oranı) ama yüzeyinde kılavuz izler bulunmadığı için görme engelli bireyler için sorun oluşturması önemli bir eksikliklerdir.

İstiklal Yolu Parkı'nın 3 cephesinde bulunan toplam 6 girişten 5'i engelli bireyler açısından ulaşılabilirdir. Bu durum sayesinde parka her yönden giriş ve çıkış engelliler için mümkündür. Park, yaya yolları ölçüleri açısından uygundur. Fakat kılavuz iz döşemelerinin bulunmaması görme engelli bireylerin parkı kullanmaları ve bölmeler arasındaki geçişleri zorlaşmaktadır. Park alanı alt ve üst olarak iki bölüme ayrılmıştır. Bu alanlar kendi içinde düze yakın bir eğime sahiptir. İki bölümü birbirine bağlayan rampa % 6-8 eğim arasında olması sebebiyle standartlara sorun teşkil etmektedir. Parkta bulunan ikinci rampa ise hem % 17'lik bir eğim ile hem de uyarıcı yüzey olmaması yönünden ulaşılabilir değildir. Oturma alanları uygun yerlerde konumlandırılmıştır. Ancak bank ölçüleri ve alan ölçüleri açısından uygun değildir. Ayrıca bank koyma alanı önünde uyarıcı yüzey olmadığından ulaşılabilir değildir. Parkta herhangi bir bölümde çesme bulunmamaktadır. Parkta bulunan çöp kutuları standartlara göre ulaşılabilirdir. Açık ve yeşil alanlarda öncelikli tasarım ilkesi sağlıklı insanlarla engelli bireylerin tüm alanları birlikte kullanabilmelerine olanak sağlayacak tasarımların gerçekleştirilmesi ile mümkündür. Bu amaç doğrultusunda araştırma kapsamında yapılan arazi gözlem ve değerlendirme formuyla elde edilen sonuçlar doğrultusunda, çalışma alanındaki sorunlu alanlara yönelik getirilen öneriler aşağıdaki gibidir:

- Park alanında tüm girişlerine kılavuz iz döşemeleri yapılmalı ve bilgilendirme levhaları getirilmelidir. Merdivenli olan tüm bölümlere standartlara uygun rampa çözümlenmesi yapılmalı ayrıca var olan ve ulaşılabilir olmayan rampalar standartlara göre yeniden düzenlenmelidir. Ayrıca tüm rampaların uygun noktalarına tirabzan yapılmalıdır.
- Görme engellilerin alana ulaşımını ve alan içerisinde rahatlıkla ulaşılabilirliğini sağlamak için alandaki tüm yaya yollarında kılavuz döşemeler yapılmalıdır.
- Genişlik, basamak derinliği ve yükseklik gibi ölçüleri açısından standartlara uymayan merdivenlerin yeniden tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca merdivenlerin başlangıcına, sonuna ve basamaklarının ucuna kaymaz kılavuz döşemeler uygun ölçülerde yapılmalıdır. Merdiven yapılan kısımlarda rampa tasarımı da uygulanmalıdır. Güvenlik için merdivenlerin ve rampaların her iki yanına da uygun ölçülerde tirabzan yapılmalıdır.
- Parkta bulunan otoparkta, otopark çözümleri yapılırken standartlara uygun özellikte ve sayıda engelli otoparkı yeri ayrılmalı, engelli işaretleri ve yönlendirme levhaları konulmalıdır.



- Oturma alanlarında oturma elemanlarının yanında tekerlekli sandalyenin kolaylıkla girebileceği ve yaşayabileceği standartlara uygun alan oluşturulmalıdır. Ayrıca bank koyma alanı önünde standartlara göre uyarıcı yüzey yapılmalıdır.
- Parkta çeşme bulunmamaktadır. İhtiyaç olması sebebiyle tüm bireylerin kullanabilmesi açısından engelli bireylerinde kullanımına uygun çeşme önerileri getirilebilmektedir.
- Araç ve yaya girişlerinin bir arada bulunduğu alanlarda bütün engelli gruplarını uyuracak şekilde bilgilendirme ve yönlendirme işaretleri konulmalıdır.

Çalışma ışığında engelliliğin çok yönlü olarak ele alınması ve özellikle erişilebilir tasarımın kullanıcıların, sivil toplum kuruluşlarının, işletmecilerin, yerel yönetimlerin, tasarımcıların ve akademisyenlerin bir araya gelerek, kamusal bir gereklilik olarak ele alınması gereken bir konu olduğunun unutulmaması gerekmektedir.

## 5. Kaynaklar

- Aygün ,E., Korkut, A., Kiper T. (2018). [Engelli bireyler için kentsel dış mekanlara erişilebilirliğin incelenmesi: Tekirdağ Örneği](#), [Artium](#). (2)20.
- Dikmen, Ç.B. (2011). Avrupa Kentsel Şartı Ulaşım ve Dolaşım İlkeleri Kapsamında Engellilerin Kentsel Alan ve Yapılara Erişebilirliklerinin Sorgulanması: Yozgat Örneği. e-Journal of New World Sciences Academy 6, (4), s. 838-858
- Dikmen, Ç.B., Özçetin, Z. (2016). Herkes için tasarım kapsamında bir Avrupa Birliği Gençlik Projesi Deneyimi: Engelsiz Yozgat. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 4, (7), s.58-47.
- Erdem, H. E. (2007) Ankara’ da iç ve dış mekân tasarımlarında tekerlekli sandalye kullanıcılarının yaşam analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Anabilim Dalı, Ankara, 113s
- Gür, A. (2001) Özürlülerin sosyal yaşama uyum süreçlerinde sportif etkinliklerin Rolü, Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Keskin, N. (2011). Engellilere Yönelik İzmir İli Bornova İlçesi Örneğinde Kentsel Yeşil Alan Standartlarının İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.
- Kolat, S. (2010). Avrupa Birliği Sosyal Politikası Çerçevesinde Özürlülere Yönelik Ayrımcılıkla Mücadele ve Türkiye’de ki Yansımaları. T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı Yayın No:49, s 1-14. Ankara.
- Olgun, R., Yılmaz, T. (2014). Parkların erişilebilirlikleri üzerine bir araştırma: Niğde Kızılelma Parkı Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Cilt: 15, Sayı:1, Sayfa: 48-63.
- ÖZİDA (Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı) (2010). Yerel Yönetimler İçin Ulaşılabilirlik Temel Bilgiler Teknik El Kitabı, Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı, yayın no:49, Ankara.
- Öztürk, S., 2012, “Kastamonu Kentinin Karadeniz Kültür Turizmi İçindeki Yeri”, III. Uluslararası Ukrayna’da Türkçe Konuşan Halklar Sempozyumu, Bildir Özetleri Kitabı, Kiev Milli Taras Sevçenko Üniversitesi Filoloji Enst., s 21, Kiev/Ukrayna.
- Öztürk, S., Özdemir, Z. (2013). Kentsel açık ve yeşil alanların yaşam kalitesine etkisi " Kastamonu Örneği ". Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi , 13 (1): 109-116.
- Uslu, A., Shakovri,N., (2014). Kentsel peyzajda engelli/yaşlı birey için bağımsız hareket olanağı ve evrensel tasarım kavramı. Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 14 (1) 7-14.



## TARİHİ ÇEVRELERDE MEKÂNSAL KULLANIM ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Sevgi Öztürk<sup>1</sup>, Öznur Işınkaralar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu, Türkiye,

sevgiozturk37@gmail.com

<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kastamonu, Türkiye

\*obulan@kastamonu.edu.tr

### Özet

Yaşayan bir belge niteliği taşıyan tarihi yapılar ve onların çevreleri, kendi dönemlerinin sosyo-kültürel ve ekonomik özelliklerini, malzeme özellikleri ve yapım tekniklerini, taş ve ahşap işçiliği gibi detayları günümüze kadar taşıyabilmektedir. Kentsel ve kamusal alanlar yalnız tarihi dokuda yaşayan kişilerin kullanım algıladığı mekânlar değil, turistik amaçla gelen kişilerin de kullandıkları ve kentle ilişkili olayların yer aldığı ortamlardır. Oysa günümüzde bu kentsel tarihi çevreler, artan nüfus, hızlı kentleşme, sosyal yapıdaki farklılaşmalar gibi nedenlerle zarar görmüş ve bazıları yok olmaya yüz tutmuştur. Çalışma, tescilli yapıların yer aldığı, geleneksel yapılaşmaya sahip Gaziantep Şehreküstü Bölgesinde yürütülmüştür. Araştırmada alanında yapılan restorasyon çalışmaları alan çalışmalarıyla detaylı irdelenmiş ve tarihi yapılar görsel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, alanın tarihi yapıların çevresiyle ilişkisini sağlayan yeşil alan durumu, kentle olan ilişkisini kuran düğüm noktaları analiz edilmiş ve kullanımına ilişkin SWOT analizi yapılmıştır. Yapılan analizlere göre alandaki tescilli tarihi yapıların sosyal faaliyetler için kullanıldığı, kamusal alanlara dönüştürülmüş olduğu tespit edilmiştir. Ancak alanın kullanım oranını artırmada etkisi pek fazla olmamaktadır. Alanın turistik açıdan değer kazanması için bu tarihi yapıların kullanımının artırılmasının sağlanması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi Çevre, Tarihi Doku, Gaziantep, Şehreküstü

### 1. Giriş

Tarihi ve kültürel açıdan önemi olan kentler en önemli kültürel miraslardan biridir. Kentsel doku içerisinde sokakların biçimi, mekansal ilişkileri, bitkisel dokuları, açık yeşil alanları bir bütün halinde yerleşmeye karakter veren özelliklerdir. Tarihi alanlar, sosyal ilişkilere katkı sağlayan, öğretici ve ilgi çekici özelliklere sahiptir ve çevresiyle bütünleşebildiğinde önem kazanmaktadır (Yazgan, Erdoğan, 1992). Tarihte koruma çalışmaları, 1975 yılının Avrupa Miras Yılı olarak seçilmesiyle ilan edilen Amsterdam Bildirgesi ile anıtların restorasyonu ile başlamış, kentlerin korunmasına kadar gelişme göstermiştir. Bu koruma sürecinde mimari unsurların korunması kent ve bölge planlama çalışmalarında temel hedeflerden biri olarak gösterilmiştir. İlan edilen bu bildirge ile ekonomik, sosyal, yönetsel ve yasal yönleri içeren bütünlük bir koruma anlayışı hedeflenmiştir (Ahunbay, 2004). Tarihi çevre koruma ve yenileme çalışmalarında, tarihsel ve kültürel sürekliliğinin sağlanması, tarihi çevrenin mevcut koşullarda daha sağlıklı ve aynı zamanda tarihsel kimliğinde korunması temel amaç olmalıdır (Çelik, Yazgan, 2007). Korunan alanlar ölü müzeler gibi değil, buldukları bölgede kentsel gelişime katkıda bulunan alanlar olarak değerlendirilmelidir (Tunçer, 2003).

Kentsel koruma çalışmalarında öne çıkan kentsel doku kavramı, dönemin sosyal yapısına, günlük yaşantısına, kentsel mekan kullanımına bağlı olmasının yanı sıra insan-doğa ilişkilerine, çevresel değerlere de bağlıdır. Bu bağlamda, ağırlıklı olarak anıtsal özellik gösteren ait olduğu dönemin yapısını ve değerlerini ön plana çıkaran yapıların korunmasıyla beraber, kentsel doku ve onu tamamlayan toplumsal ilişkileri, üretim biçimleri ve günlük hayatı da içine alan geniş kapsamlı bir koruma yaklaşımı benimsenmelidir (Ulusoy, 1994). Koruma kavramı bir sosyo-kültürel sürecin sonucunda ortaya çıkmış, sadece sosyo-kültürel açıdan tek boyutlu bir yaklaşımı değil, kentsel yaşamda sürdürülebilirliği sağlayan ekonomik ve toplumsal süreçleri de kapsamaktadır. Kentsel koruma ise fiziksel olmasından ziyade, sağlıklaştırma, geliştirme ve yeniden işlevlendirme çalışmaları ile gerçekleşerek yaşamın bir parçası haline gelmektedir. Tarihi çevre koruma ve yenileme çalışmalarında benimsenmesi gereken ana amaçlar söz konusudur. Yerel halkın tarihi alanda korumanın sağlanabilmesi için bilgi ve bilinç düzeyi artırılmalıdır. Kent silüeti korunmalı, kent kimliği ön plana çıkarılmalı, tarihsel süreklilik sağlanarak tarihi doku canlandırılmalı, yapıya aykırı unsurlardan arındırılmalıdır (Çelikyay, 1955).

Koruma ve yenileme çalışmalarında peyzaj tasarımlarında belirlenmesi gereken hedefler ise şu şekilde özetlenebilir (Yaşlıca vd. 1999):

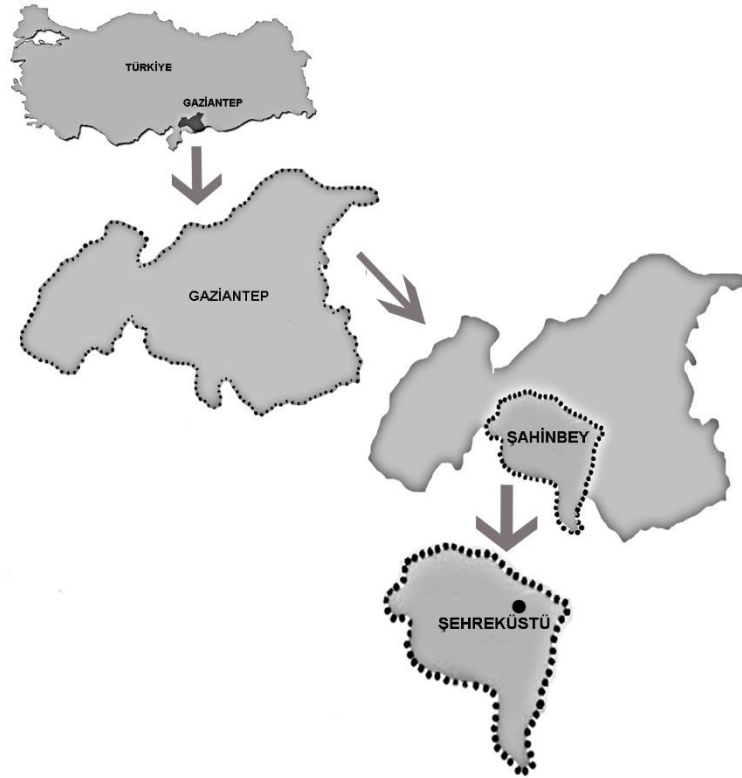
- Planlama ve tasarım aşamasında gerektiği zaman değişen koşullara uyum sağlayabilen esneklikte öneriler oluşturulmalıdır.
- Üst düzey planlama kararlarına uygun öneriler olmalıdır.
- Alan tarihi kent dokusu ile bütünleştirilmelidir.
- Tarihi alanın yaşanabilir, kaliteli çevrelerin yaratılmasındaki katkıları belirlenmelidir.
- Alandaki mevcut ve yeni oluşacak ekosistemlerin güvenliği sağlanmalıdır.
- Çevre koşulları ve doğa bilimleri göz önünde bulundurulmalıdır.



Çalışma tescilli yapıların bulunduğu, geleneksel yapılaşmaya sahip olan Gaziantep ili Şahinbey ilçesinin Şhreküstü bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında yapılmış restorasyon uygulamaları alan çalışmalarıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tarihi yapılar görsel olarak değerlendirilmiştir. Alanda bulunan tarihi yapıların çevresiyle ilişkisini sağlayan yeşil alan durumu, kente olan ilişkisini kuran düğüm noktaları analiz edilmiş ve kullanımına ilişkin SWOT analizi yapılmıştır. Yapılan analizlere göre alandaki tescilli tarihi yapıların hangi amaçla kullanıldığı tespit edilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini Gaziantep İli Şahinbey ilçesi Şhreküstü bölgesi şeklinde adlandırılan Şeyh Fettullah Sokağı, sokaktaki tescilli yapılar ve Şeyh Fettullah Parkı'nın tarihi dokusu oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu

Çalışma alanı, tarihi konak, anıt camii ve içerisinde bulunan türbesi, tarihi hamam gibi önemli tescilli yapıların bir arada bulunması, bu tarihi yapıların yanı sıra peyzaj değeri taşıyan yapılarla bitişik Şeyh Fettullah Parkı'nın bulunması ve Belediyenin koruma çalışmalarında bu alana öncelik vermesinden dolayı seçilmiştir. Çalışma alanının sınırları belirlenirken kentsel dış mekânların önemli bir belirleyicisi olan "yaya ulaşımı" temel etken olarak alınmıştır. Bu nedenle Şeyh Fettullah Camii ve Şeyh Fettullah Hamamı'ndan başlayıp üç tescilli yapıyı içine alarak Şeyh Fettullah Parkı'na devam edip Şehitler Caddesi yoluna kadar ulaşan kısım olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak alanda gözlem çalışmaları yapılarak, mevcut durum tespiti, tarihsel dokunun mekânsal özellikleri tespit edilmiştir. Alanın kente olan ilişkisini kuran düğüm noktaları analiz edilmiş ve kullanımına ilişkin SWOT analizi yapılmıştır. Yapılan analizlere göre alandaki tescilli tarihi yapıların kullanım amaçları belirlenmiştir.

## 3. Bulgular

Araştırma kapsamında yapılmış restorasyon uygulamaları alan çalışmalarıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tarihi yapılar görsel olarak değerlendirilmiştir. Araştırma alanının hedeflenen amaca ulaşmak için sahip olduğu güçlü, zayıf yönler ve fırsatlar, tehditler belirlenmiştir. Tarihi çevre koruma ve yenileme işlemleri sırasında güçlü yönler ve fırsatların nasıl değerlendirildiği, zayıf yönlerin güçlü yönler durumuna nasıl çevrildiği ve kısıtlamaların ortadan kaldırılması için neler yapıldığı ve yapılabileceği araştırılmıştır. Bu bağlamda oluşturulan SWOT Analizi sonuçları incelenecek olursa; araştırma alanının tarihi dokunun içinde yaşayan kişiler ile varlığını sürdürdüğü tespit edilmiştir. Tarihi dokuda restorasyonu tamamlanmış yapılar, kamuya açık alanlara dönüştürülmüştür. Araştırma alanına yakın olan ticari aktivitelerin yer aldığı Tarihi Şehitler Çarşısı ile Alan içerisinde bulunan Şeyh Fettullah Parkı'nda aktif ve pasif rekreasyonel olarak sağlayan alanlar bulunmaktadır. Alan sit alanları içerisinde bulunduğundan, Şahinbey





Belediyesi'nin alanda tarihi çevre koruma konusunda yapmış olduğu bir çalışma mevcuttur. Halk tarihi çevre koruma ve yenileme çalışmalarına sıcak bakmaktadır (Tablo 1).

**Tablo 1. Çalışma kapsamında yapılan GZFT analizi**

<b>Güçlü Yönler</b>	<b>Zayıf Yönler</b>
<p>Alanda geleneksel konut dokusunun bulunması ve korunuyor olması.</p> <p>Geleneksel dokunun sürdürülebilirliği açısından mimari yapıların kamuya açık çeşitli sosyal tesislere dönüştürülmüş olması.</p> <p>Tarihi çarşıya yakın olması.</p> <p>Alanda kentin kimliğine katkıda bulunan anıtsal yapıların yer alması.</p> <p>Araştırma alanının kentsel sit alanı içerisinde olması.</p>	<p>Alana çok yakın bir bölgede olan caddede yoğun ve sıkışık trafiğin olması.</p> <p>Alana ulaşımın zor olması.</p> <p>Alanın algısal özelliğinin az olması.</p> <p>Alanda yapılan peyzaj tasarım çalışmalarının tarihi dokuya uyum sağlamaması.</p>
<b>Fırsatlar</b>	<b>Tehditler</b>
<p>Belediyenin tarihi çevre koruma konusunda çalışmalarının olması.</p> <p>Yerel halkın çevreyi koruma bilincinin olması.</p> <p>Yerel halkın turizm faaliyetlerini ve sosyo-kültürel faaliyetleri olumlu yönde desteklemesi.</p>	<p>Yerel halkın, kentin korunması için yeter kadar ekonomik gücünün olmaması.</p> <p>Ulusal koruma politikasının olmaması.</p> <p>Yasa ve yönetmeliklerin yaptırım gücünün olmaması.</p>

#### **Alanda Bulunan Tarihi Yapılar:**

Alanda tarihi yapı olarak 19. yy.dan kalma 3 adet tescilli konak, Şeyh Fettullah Camii ve Şeyh Fettullah Hamamı bulunmaktadır. Konak; kesme taştan yapılmış, iki katlı ve eyvanlı plan şemasına sahip Antep evinin avlusuna doğudan ve batıdan olmak üzere iki girişten ulaşılmaktadır. Avluya bakan cephesini kemerli kapı ve pencereler ile kaş kemerli kuş pencereleri süslemektedir. İkinci kata avludan taş basamak merdiven ile çıkılmaktadır. Avluda bir kuyu vardır. Avlu döşemesi özgün olan yapının üst örtüsü kırma çatı olup alaturka kiremit ile kaplıdır. Tescilli olan diğer konak; kesme taştan yapılmış iki katlı Antep evinin avlusuna doğrudan batıdan olmak üzere iki girişten ulaşımı mevcuttur. Odaları arasında kot farkları bulunan binanın birinci katlarına avludan taş basamak merdiven ile çıkılmaktadır. Avluya bakan cephesini kemerli ve düz atkılı kapılar, düz atkılı pencereler ile kaş kemerli ve oval kuş pencereleri süslemektedir. Avlu döşemesi özgün olan yapının üst örtüsü beşik çatı olup alaturka kiremit ile kaplıdır. Bir diğer tescilli konak, kesme taştan yapılmış iki katlı " L " planlı Antep evinin avlusuna doğudan ve güneyden olmak üzere iki girişten ulaşılmaktadır. Avluya bakan cephesini kemerli ve düz atkılı kapı ve pencereler ile kaş kemerli, oval madalyon şeklinde kuş pencereleri süslemektedir. İkinci katlara avludan taş basamak merdiven ile çıkılmaktadır. Avlu döşemesi özgün olan yapının üst örtüleri beşik çatı ve kırma çatı olup alaturka kiremit ile kaplıdır.



**Şekil 3. Tescilli konaklar**

Alanda bulunan ve adını tasarımcısından aldığı anlatılan Şeyh Fettullah Camii' nin özgün bir yapı olduğu düşünülmektedir. Cami Selçuklu ile Osmanlı Mimarisinin geçiş dönemi özelliklerini anımsatmaktadır. İçerisinde kubbesi olmasına rağmen dışarıdan çatı ile kapatılmıştır. Caminin bahçesinde Gaziantep'in kurtuluşunda şehit düşenlerin mezarı bulunmaktadır. Şeyh Fettullah Hamam'ı ile Camii arasında kaba altı olarak adlandırılan arka mahalleye geçişi sağlayan kabaltı vardır. Hamam günümüzde Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir.

#### **Alanda Restore Edilmiş Yapılar**





Alandaki konaklar Şeyh Fettullah Camii ve Şeyh Fettullah Hamamı olmak üzere mevcut tarihi yapıların tümü restore edilmiştir. Yapılardan biri restorasyon öncesi terk edilmiş ve virane halde olup, restorasyon sonrasına Şahinbey Belediyesi'ne ait kültür evi olarak kullanılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Kültürevi olarak kullanılan konağın restorasyon öncesi ve sonrasına ilişkin fotoğraflar

Diğer konakların restorasyon öncesi ve sonrası halleri Şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5. Tarihi konakların restorasyon öncesi ve sonrasına ilişkin fotoğraflar

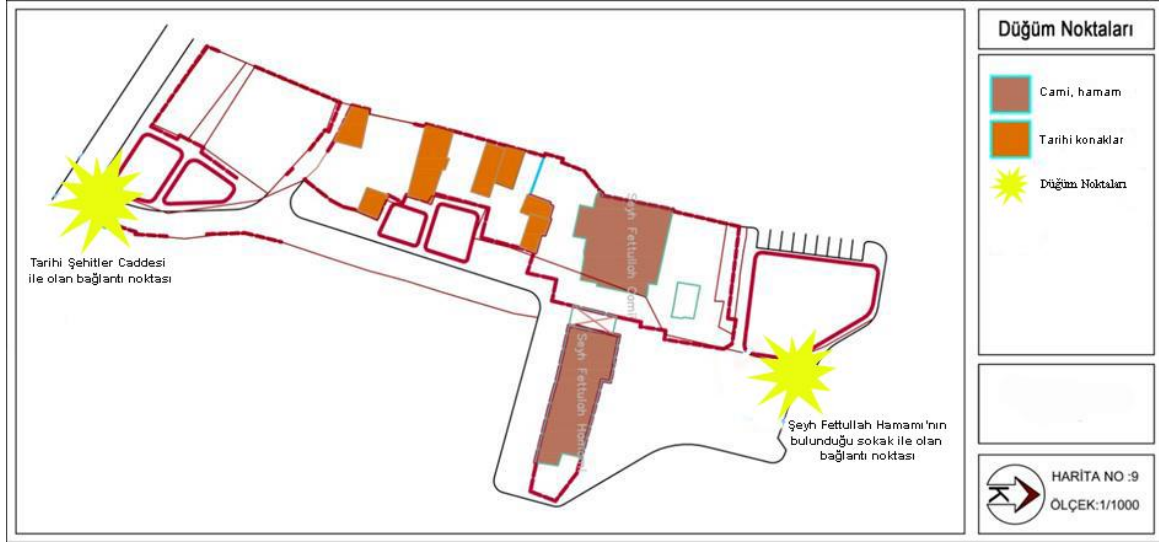
Restorasyon çalışmaları sonuçlarına bakılacak olursa yapıların tarihi dokuyla bütünleştiği görülmektedir. Alanın özgün tarihi dokusuna zarar vermeyecek şekilde çalışmaların yapıldığı görülmektedir.

#### Düğüm Noktaları

Lynch(1960), kenti psikolojik açıdan önemli, akılda kalıcı, strüktürünü oluşturan elemanlardan oluşan bir sistem olarak görmektedir. Lynch'in kenti imajına ilişkin yaptığı araştırmasına göre kenti tanımlarken bir zihinsel harita oluşturmaktadır. Bu zihinsel harita içerisinde, yollar yada bağlantılar (path), bölgeler (district), sınırlar (edge), nirengi noktaları (landmark) ve odak/düğüm noktaları (node) kişinin kenti ortamında fiziksel ve psikolojik yönelmesinde önemli hatırlatıcı öğeleri yer almaktadır. Kevin Lynch'in düşüncesine göre zengin, algılanabilir, açık, okunabilir bir kenti imgesini oluşturan beş öğe: Yollar, bölgeler, odaklar, sınırlar ve landmarklardır. Kentsel mekânlarda düğüm noktaları, çeşitli kullanımların bir araya geldiği noktalarda oluşmaktadır ve genelde yoğun insan ve taşıt trafiğini taşıyan yol mekânlarının kesim noktaları olarak tanımlanmaktadır. Bu mekânlar insanlar için toplanma ve dağılma mekânları olarak değerlendirilmektedir (Giritlioğlu, 1994).

Çalışma alanının düğüm noktaları, Şeyh Fettullah Parkı'nın sınırından geçen Tarihi Şehitler Caddesi ile bağlantısı ve Şeyh Fettullah Hamamı'nın bulunduğu sokak ile bağlantı noktasıdır (Şekil 6).

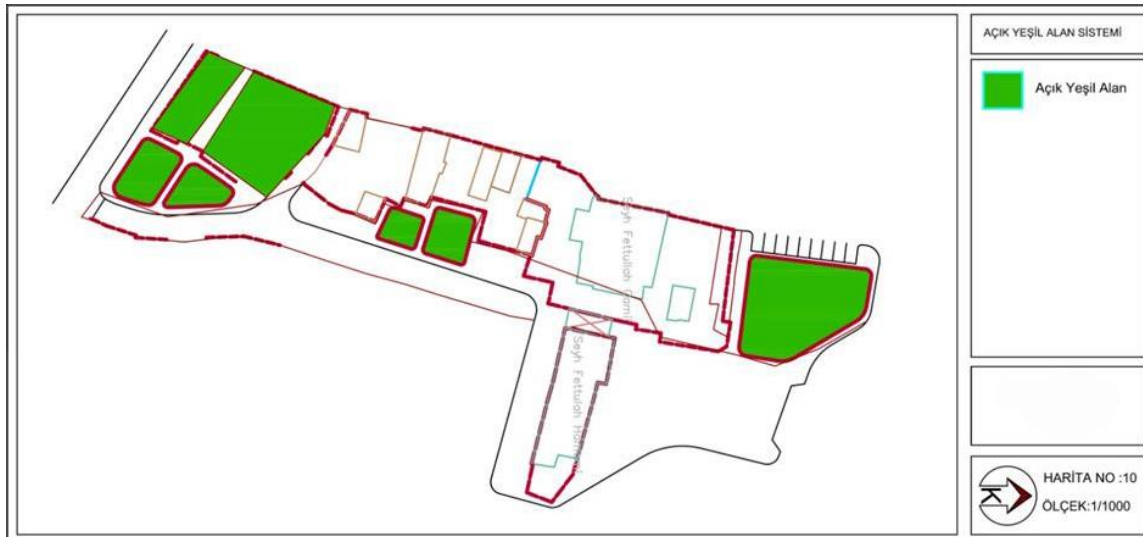




Şekil 6. Çalışma alanı düğüm noktaları

#### Açık-Yeşil Alan Sistemi

Alanın açık-yeşil alan sistemi değerlendirilecek olursa, Şeyh Fethullah Parkı, alanda yapılan tarihi çevre koruma çalışmaları sonucunda yapılmış peyzaj düzenlemesi ve Şeyh Fethullah Camii'nin arkasında bulunan park mevcuttur (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanı açık-yeşil alan sistemi

#### Çevresel Sorunlar

Alanda yapılan araştırmalar ve incelemeler neticesinde Şahinbey İlçesi'nde hava kirliliğine dair bir belirlemeye rastlanmamıştır. Fakat bazı görüntü kirlilikleri ve gürültü kirlilikleri mevcuttur.

#### Kötü Görüntü Unsurları

Şeyh Fethullah Hamamı'nın bulunduğu sokakta bakımsız ve eski yapılar görsel kirliliğe neden olmaktadır. Aynı zamanda Şahinbey Belediyesi'nin asmış olduğu afişler görsel kirlilik yaratmaktadır. Şahinbey Belediyesi'nin konak avlularına tahsis etmiş olduğu güneş şemsiyeliklerinde yazı ve benzeri unsurlar görüntü kirliliği yaratmaktadır bu unsurlar bulunmamalı, düz ve sade olmalıdır.





Şekil 8. Görüntü kirlilikleri

#### Kötü Gürültü Unsurları

Gürültü kirliliği, insanların fiziksel ve ruhsal olarak rahatsız olmasına sebep olan, çalışma hızını etkileyen, ortamın refahını bozan kişi ya da araçlardan kaynaklanan seslerin birleşimidir. Çalışma alanında bulunan Tarihi Şehitler Caddesi'ne çevre cadde ve sokaklardan gelen yoğun araç trafiği gürültü kirliliği yaratmaktadır

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Tarihi ve kültürel açıdan önemli olan tarihi yapılar ait oldukları dönemin sosyo-kültürel, ekonomik özelliklerini yansıtmaktadır. Aynı zamanda iyi bir şekilde korunan bu alanlar dönemlerinin malzeme yapısı, inşaat teknikleri gibi detayları günümüze kadar taşıyabilmektedir. Bu yüzden bu yapıların bulunduğu tarihi çevrelerin koruma çalışmalarında son derece özenli yaklaşılması gerekmektedir. Günümüzde bu tarihi çevreler, nüfus artışı, hızlı kentleşme, sosyal farklılaşmalar gibi nedenler yüzünden zarar görmeye başlamıştır. Kaybolma tehlikesiyle karşı karşıya kalan bu alanları korumak için, sürdürülebilirlik doğrultusunda sadece fiziki koruma değil aynı zamanda sosyo-kültürel yapıyı da içeren bir düşünce anlayışı ortaya çıkmıştır. Tarihi çevrelerde müze anlayışıyla koruma değil, koruma-kullanma dengesini gözeterek ve yeni işlevler kazandırarak koruma çalışmaları yürütülmelidir. Tarihi çevrelerde yapılacak olan korumada sadece fiziki koruma değil, sosyo kültürel yapı ile birlikte koruma ana hedef olarak belirlenmelidir.

Çelik (2004) tarafından Beypazarı'nda yürütülen çalışmada, tarihi çevre koruma ve yenileme çalışmalarında, koruma ve peyzaj mimarlığı arasındaki ilişkinin sorgulanmıştır. Bu bağlamda çalışmada; kentin özgün dokusunun korunması, araştırma alanının sit alanına yakın olması, konut alanların yoğun olması, açık-yeşil alanların yetersiz olması, yerel halkta koruma bilincinin olması, restorasyon çalışmalarının alanın bütünüyle uyum sağlamaması, yerel halkın koruma çalışmaları için ekonomik gücünün olmaması, yasa ve yönetmeliklerde eksiklik olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

Gaziantep kenti için yapılan çalışmada, geleneksel dokunun korunuyor olması sonucu, yasa ve yönetmeliklerdeki eksikliklerin olması, yerel halkta koruma bilincinin olması ve koruma çalışmaları için ayıracak ekonomik gücünün olmaması, peyzaj çalışmalarının tarihi dokuya uyum sağlamaması sonuçları Çelik (2004) sonuçlarıyla eşleşmektedir. Gaziantep için yapılan çalışmada ulaşılan, cephe restorasyonlarının alanın tarihi yapısıyla bütünleştiği, açık-yeşil alanların yeterli olduğu, restorasyon çalışmalarının alanın bütünüyle uyum göstermesi sonuçlarının Çelik (2004) çalışmasıyla uyum sağlandığı görülmektedir. Aynı zamanda Gaziantep çalışma alanı sit alanı yakınında değil sit alanı içerisinde bulunmaktadır. Alanda konut alanları değil tarihi yapılar yoğun olarak bulunmaktadır. Çalışma alanında yoğun bir taşıt baskısının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma alanını algısal özelliğinin de az olması ve tarihi yapılardaki görüntü kirliliği yaratan unsurların bulunması diğer önemli sonuçlardır.

Gaziantep'de çalışma alanındaki tescilli tarihi yapıların sosyal faaliyetler için kullanılması alana yarar sağlasa da alanın kullanımını artırmada etkisi pek fazla olmamaktadır. Alanın turistik açıdan değer kazanması için bu tarihi yapıların turistik faaliyetlerle canlandırılarak ekonomik gelir elde edilmesi ve turizm ile alanın kullanımını artırılması sağlanmalıdır. Şeyh Fettullah Parkı'na ve tescilli yapıların çevresine uygulanmış olan peyzaj tasarımı projesi başarılı bir projedir ancak tarihi bir alan için fazla modernize edilmiş tasarım çizgileri, elemanları içermektedir. Alana özgü tarihi dokuyu yansıtan alanın atmosferiyle uyumlu kent mobilyaları tasarlanmalıdır. Parkta kullanılan beton plak taş yerine alanın konut bahçesinde de kullanılan geleneksel yer döşemesi malzemesi kullanılmalıdır. Parktaki su ögesi tasarımı modern tasarım anlayışına göre değil, geleneksel Türk bahçelerindeki su anlayışına göre yeniden tasarlanmalıdır.

Gaziantep İli Şahinbey İlçesi Şehreküstü bölgesi Şeyh Fettullah Sokağı, sokaktaki tescilli yapılar ve Şeyh Fettullah Parkı'nın tarihi dokusunun korunması için sunulan öneriler şu şekildedir:

- İlgili mevzuattaki eksiklikler giderilmelidir.
- Yerel yönetim koruma çalışmalarında denetim çalışmalarına önem vermelidir. Fiziksel, sosyo-kültürel çevreyi bütünleştiren koruma politikaları geliştirilmelidir.
- Alandaki mevcut silüet özellikleri ve görsel açıdan değerler korunmalıdır. Görüntü kirliliğine neden olan unsurlar ortadan kaldırılmalıdır.
- Alandaki turizm faaliyetlerinden elde edilen kazanımlardan ilk olarak yerel halkın yararlanması sağlanmalıdır. Böylelikle insanların alanı korumak için daha fazla çaba göstermesi sağlanmış olacaktır.
- Tarihi çevrede uygun olan yapıların, kültür evi, sergi salonu vb. kültürel faaliyetler için kullanımı sağlanmalıdır.



- Alanda yürüme kolaylığı sağlayan, kentin tarihi yapısıyla ve iklim özellikleriyle uygun döşeme malzemeleri kullanılmalıdır.
- Alandaki taşıt baskısı planlama açısından uygun bölgelerde yayalaştırma uygulamaları ile azaltılabilir. Ulaşım konusunda öncelikli olarak yayalaştırma uygulamaları ön planda olacak şekilde alternatif ulaşım seçenekleri geliştirilmelidir.
- Yerel halkın korumaya ayıracak gücünün olmamasından dolayı alanı koruma için, yerel halkı buldukları çevreyi korumaya özendirilmek için çalışmalar yapılmalıdır. En güzel sokak, mahalle, bahçe, konut bahçesi gibi yarışmalar ve çeşitli eğitimler düzenlenerek yerel halkın tarihi çevreyi korumada aktif olarak rol alması sağlanabilir.
- Sürdürülebilirlik ilkesi dikkate alınarak, kentin algınavirliğini artıran peyzaj tasarımları yapılmalıdır.
- Alanın sahip olduğu özgün tarihi doku ve kentteki farklı kullanıcılar dikkate alınarak kentsel mekânlar oluşturulmalıdır.
- Alanın tarihi geçmişiyile günümüz arasındaki bağlantının sağlanması gerekmektedir. Bunun için alanın tarihi geçmişiyile uyumlu yapı malzemeleri, oturma-dinlenme birimleri, su öğeleri, ağaç, çim vb. bitkisel ve yapısal elemanlar kullanılmalıdır.
- Tarihi çevrenin sosyo-kültürel anlamda günlük yaşantısını yansıtan uygun alanlar oluşturulabilir.

Tarihi açıdan önemli olan kentlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için ilk olarak yasa ve yönetmeliklerin bu bağlamda değiştirilmesi, denetimlerin ve yaptırımların sıklaştırılması gerekmektedir. Koruma ve yenileme çalışmaları yapılmadan önce ilk olarak tasarım ilkeleri belirlenmelidir. Bu ilkelerin yasa ve yönetmeliklerde yer alması gerekmektedir. Plan ve projelerin alanında uzman kişiler tarafından, mesleklerarası işbirliği içerisinde hazırlanması, halkın ve sivil toplum örgütlerinin katılımının sağlanması ve uygulama aşamasında denetlenmesi yapılması önemli bir gerekliliktir.

## 5. Kaynaklar

Ahunbay, Z.(2004). Tarihi çevre koruma ve restorasyon. Yapı Yayın 28, İstanbul.

Çelik, D. (2004). Kentsel peyzaj tasarımı kapsamında tarihi çevre yenileme çalışmalarının peyzaj mimarlığı açısından araştırılması: Beypazarı Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Ankara.

Çelik, D., Yazgan, M.E. (2007). Kentsel Peyzaj Tasarımı Kapsamında Tarihi Çevre Korumaya Yönelik Yasa ve Yönetmeliklerin İrdelenmesi. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi. 9 (11): 1-10.

Çelikyay, S. (1995). Kentsel sit alanları için tasarım yönlendiricileri. Bartın Örneği. Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Şehir ve Bölge Planlama Anabilim Dalı Kentsel Tasarım Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Giritlioğlu, C., (1994). Şehir eski merkezlerinde açık alanlar, meydanlar ve Eminönü Örneği. 5. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu, Mimar Sinan Matbaası, İstanbul.

Lynch, K. (1960). The Image Of The City. MIT Press, Massachusetts.

Tunçer, M. (2003). Türkiyede Bölge-Kent Planlaması ve Kentsel Tasarım: Uygulama Sorunları ve Görüşler. Geleceği Planlamak. Dünya Şehircilik Günü 24. Kolokyumu, İzmir.

Ulusoy, Z. (1994). Kentsel Korumanın Fiziksel ve Toplumsal Boyutları. 2. Kentsel Koruma Yenileme ve Uygulamalar Kolokyumu, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Kentsel Koruma ve Yenileme Disiplin Grubu, sy.96-98, İstanbul.

Yazgan, M. E., Erdoğan E. (1992). Tarihi çevrelerde peyzaj planlama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Mimarisi Dergisi Yayınları:2 s. 87, Ankara.





## SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF MAGNETIC ACTIVATED CARBON USING ACTIVATED CARBON PREPARED FROM BINARY MIXTURE

Ramazan Orhan<sup>1\*</sup>, Hasan Arslanoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Firat, Chemical Engineering, Elazığ, Turkey

rorhan@firat.edu.tr

<sup>2</sup> University of Ahi Evran, Chemical and Process Engineering, Kırşehir, Turkey

hasan.arslanoglu@ahievran.edu.tr

### Abstract

In this study, magnetic activated carbon (MAC) was synthesized by chemical precipitation and hydrothermal method using activated carbon (AC) prepared previously from binary mixture. To produce MAC, the solution of  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  by ratio 1/2 were mixed with AC. The physicochemical properties of the MAC and AC were comparatively characterized by Brunauer-Emmett-Teller (BET), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Scanning electronmicroscopy (SEM), Energy dispersive X-ray (EDX) and vibrating sample magnetometer (VSM). It was determined that the synthesized magnetic adsorbent could be easily separated from aqueous solutions by using an external magnet field, which endows it with a potential for industrial application.

**Keywords:** Activated carbon, Magnetic activated carbon, Ferrous chloride/Ferric chloride solution, Magnetite.

### 1. Introduction

Due to large surface area and multitude of micropores, activated carbon (AC) has excellent adsorption capacities and kinetic properties for a large number of contaminants such as the organic pollutant removal (Hua et al., 2017; Yan et al., 2017), water purification (Benstoem et al., 2018), contaminated sediments remediation (Payne et al., 2017) and heavy metal treatment (Gaikwad and Balomajumder, 2017). Successful results have been obtained in the removal of inorganic and organic pollutants with AC and adsorbents obtained from coal and agricultural wastes (Mohan et al., 2005). However, the widespread use of AC's is limited because separation of spent AC from contaminants and regeneration is required (Baup et al., 2000). Therefore, magnetic particles that can be separated by magnetic separator are added into AC to overcome the disadvantage of AC blockage and secondary pollution to the environment (Wong et al., 2016). Magnetic separation technology can be an alternative route for a novel environmental purification technique because it does not produce any contaminants such as flocculants and it has a capability of treating large amount of wastewater within a short time. Innovative technology has focused on the use of magnetic materials to address environmental problems such as removal of radionuclide from milk, adsorption of organic dyes, accelerating precipitation of sludge, and the improvement of oil spills. Since the AC has a high surface area, the obtained adsorbent can be used effectively to remove pollutants if the magnetic property is imparted without affecting the surface area of the AC. Furthermore, magnetic activated carbon (MAC) has been reported to exhibit a high specific surface area due to the presence of its microporous structure and thus contribute significantly to the adsorption of heavy metals and soluble organic compounds (Nakahira et al., 2006).

In order to improve the separation properties of carbonaceous adsorbents, researchers have developed magnetically separable and iron-reinforced composites. Magnetic particles such as Fe,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeCl}_2$  and  $\text{FeCl}_3$  are added to the adsorbents typically either by co-precipitation or by pyrolysis activation to obtain magnetic activated carbon (MAC) (Zhu et al., 2014; Devi & Saroha, 2014; Zhang et al., 2013). The addition of iron-based additives not only catalyzes the carbonization and activation process to regulate the pore size of the AC, but also turns into magnetic particles to increase the magnetism of the AC. The aim of this study is to synthesize MAC by direct impregnating at ratio 1/2 of  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}/\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  solution onto AC using co-precipitation and hydrothermal method, and to characterize comparatively the physicochemical properties of MAC and AC by BET, FTIR, SEM, EDX and VSM analyses.

### 2. Materials and Methods

#### 2.1. Materials

In this experimental study, the AC used to prepare MAC was prepared from a mixture of apricot stone shell and almond shell in our previous study (Kılıç & Orhan, 2019).

In addition, different analytical reagent grade chemicals such as  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (98 %, Merck),  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (99 %, Merck), HCl (35-37 %, Merck), NaOH (99 %, Merck) and  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (96 %, Merck) were used.

#### 2.2. Preparation of Magnetic Activated Carbon

The production of magnetic adsorbents was carried out in the experimental setup shown in Figure 1 and the steps followed in the process are as follows:



- I. Magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) was prepared by chemical precipitation and hydrothermal technique. The iron solutions (500 mg/l Fe) prepared in this method were mixed in a three-necked flask under only nitrogen atmosphere and acidic medium (pH 2.5-3.5) at a ratio of 1/2 ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ ) and then the solution was heated to approximately  $90^\circ\text{C}$ .

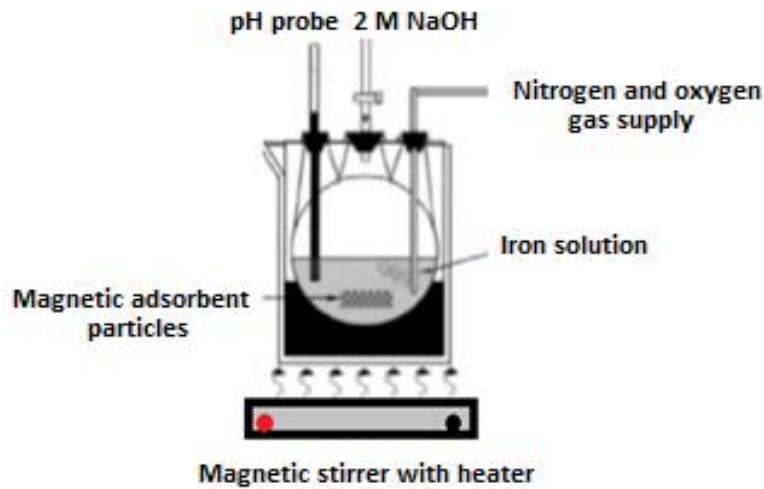


Figure 1. The Experimental setup

- II. After 15-20 minutes, the pH of the medium was slowly increased to about 10-10.5 by the addition of 2 M NaOH solution, then the oxygen in the range of 0.1-1.0 % were passed along with the carrier nitrogen and were stirred for about 2 hours. The occurrence of the magnetism was identified with the dark black color. The general reaction of the synthesis process is as follows:



Heater was turned off by stopping the mixing process and then allowed to mature for 30 minutes in an autoclave operating at  $121^\circ\text{C}$  and 3 atm. Stirring was stopped and the heater was switched off and then allowed to mature for 30 minutes in an autoclave operating at  $121^\circ\text{C}$  and 3 atm. Subsequently, the mixture was removed from the autoclave and filtered by vacuum pump to remove particles. The particles were washed with distilled water/ethanol and dried in an oven at  $100^\circ\text{C}$  for 2 hours (rinsing with ethanol helps produce relatively dry particles).

### 2.3. Characterization Tests

The BET surface area (Quantachrome Quadrasorb SI) of the AC sample was characterized by SEM (Zeiss EVO 10 Model) and FTIR (Shimadzu IRSpirit) analysis. The synthesized MAC was characterized by using BET surface area, total pore volume and pore size (Micromeritics 3Flex), qualitative surface functional group analysis by FTIR, surface morphology by SEM-EDX and magnetic saturation by VSM (Quantum Design-9T).

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Characterization of Magnetic Composite Material

The BET surface area results for AC and MAC are given in Table 1. As seen in Table 1, the AC's surface area is  $1329.31 \text{ m}^2/\text{g}$ . The surface area of the obtained MAC as a result of magnetization with  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}/\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  solution is  $306.86 \text{ m}^2/\text{g}$  and shows a decrease of approximately 76.91%. The reason that the surface area of the MAC is lower than the AC can be explained by coating the surface of the AC with iron oxide and blocking the pores during the magnetization process. Furthermore, although the AC exhibited a large specific surface area and total pore volume, a lower average pore diameter was obtained as compared to MAC. The average pore diameter for AC was 2.2483 nm, while this value was found to be 4.009 nm for MAC obtained by the magnetization process. This confirms that both adsorbents exhibited mesopores by the average pore diameter in the size range of 2-50 nm, which leads to an increase in their active sites and adsorption efficiency.



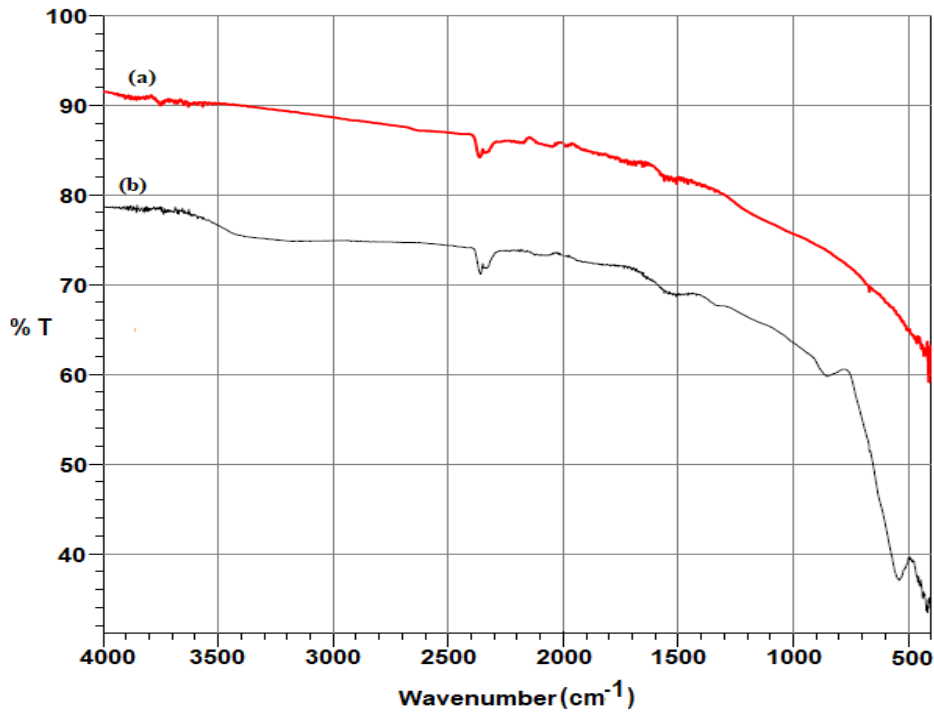


**Table 1. Structural properties of AC and MAC**

Properties	AC	MAC
BET surface area (m <sup>2</sup> /g)	1329.31	306.86
Total pore volume (cm <sup>3</sup> /g)	0.7472	0.3075
Average pore diameter (nm)	2.2483	4.009

The functional groups on the surface of AC and MAC were analyzed by FTIR and the spectra are presented in Fig. 2. The weak band around 3600-3900 cm<sup>-1</sup> can be assigned to hydroxyl or water groups resulting from molecular water. The peak at 2367 cm<sup>-1</sup> is the stretching vibrations of C ≡ C in alkyne groups. The peak at 1580 cm<sup>-1</sup> shows the typical stretching vibration of C = C in aromatic rings. The new peak observed at 547 cm<sup>-1</sup> in MAC can be attributed to the characteristic Fe-O stretching vibration (Dong et al., 2014).

The microstructures and morphologies of AC and MAC were characterized by SEM images (Figure 3). SEM images show that the outer surface of both AC and MAC samples is a porous surface, but that the MAC surface is covered with iron oxide. Furthermore, the uniform distribution of iron oxide on the AC surface is also suitable for magnetic separation.



**Figure 2. FTIR spectra of AC (a) and MAC (b)**



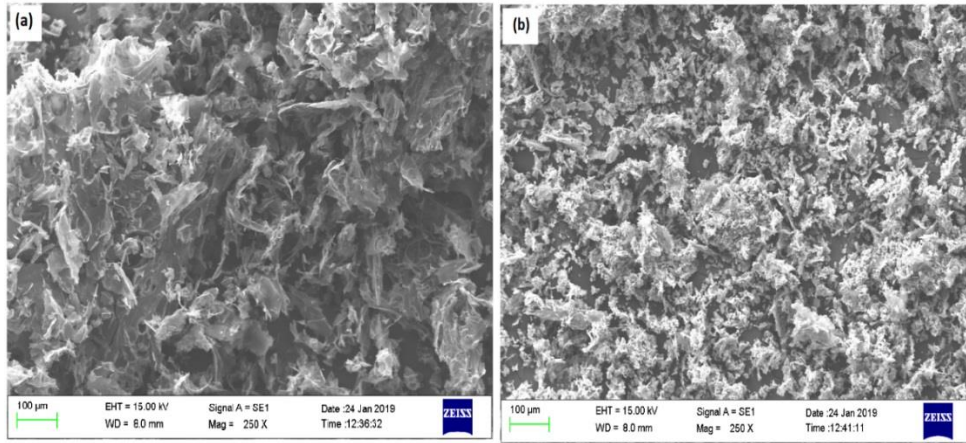


Figure 3. SEM images of AC (a) and MAC (b)

The energy distribution X-ray (EDX) analysis results of AC and MAC are given in Figure 4. The results showed that the basic elements of AC are C and O. The results of the analysis showed that the basic elements of AC were C and O and the basic elements of MAC were Fe, C and O. The Fe element in the MAC was found to be 62.57%. This showed that the surface of the AC was successfully coated with iron oxide as a result of the magnetization process. However, since the surface was coated with the iron oxide, the amount of carbon in the MAC decreased.

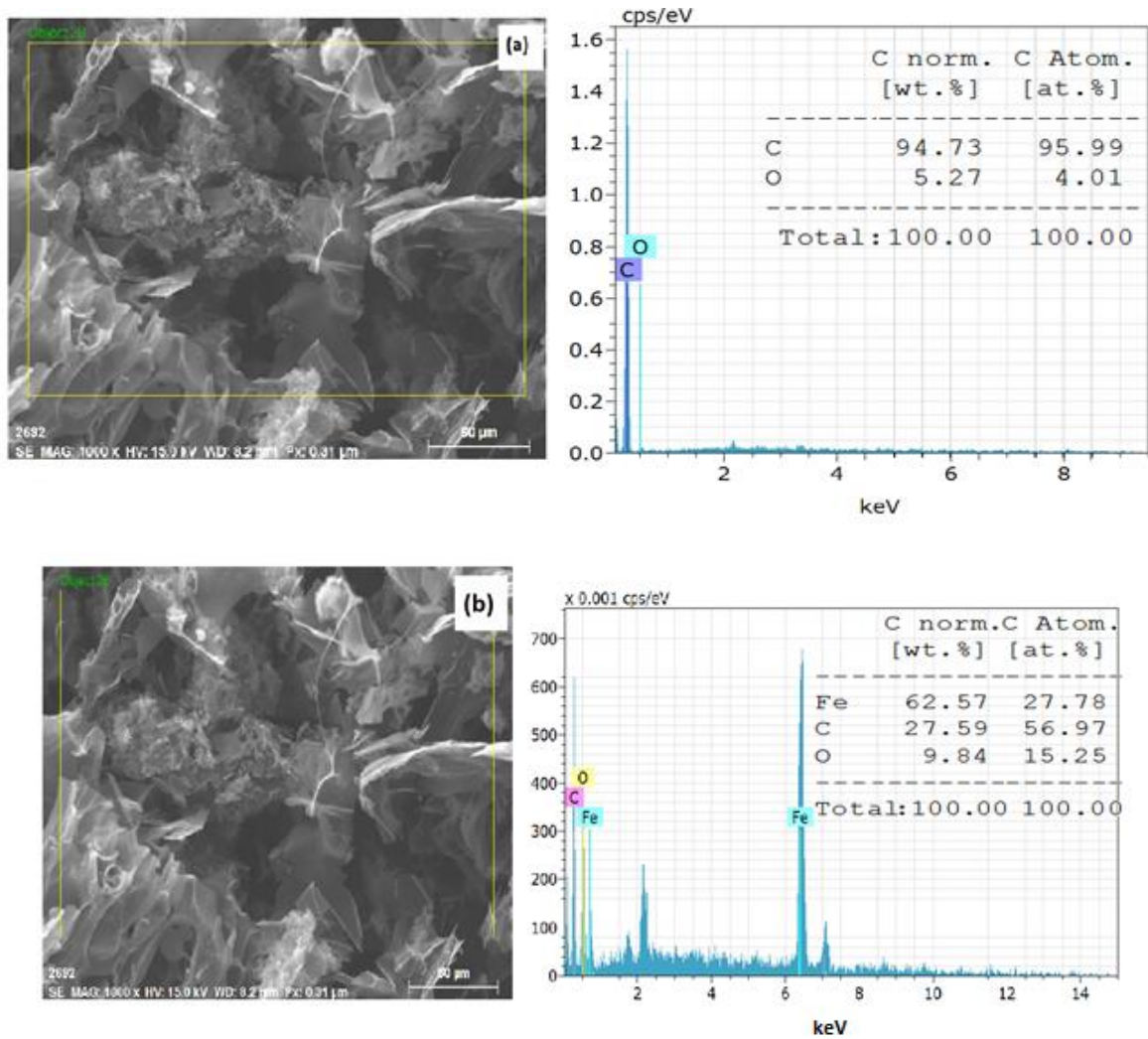


Figure 4. EDX analysis of AC (a) and MAC (b)



Magnetization for MAC was measured using a vibrating sample magnetometer (VSM) at room temperature. Figure 5 shows the VSM magnetic hysteresis loop of MAC. The magnetization value for MAC was found to be 46.27 emu/g. In the magnetic separation process, in a medium where the minimum magnetic saturation value is 16.3 emu/g for the procedure using a conventional magnet (Weber, 1985), the magnetic saturation value of the MAC is quite high. The fact that the black suspension liquid becomes clear in a short time (30 s) (Figure 5) also indicates excellent magnetic separation capability (Li et al., 2015).

#### 4. Conclusion

In this study performed to obtain magnetic activated carbon, magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) particles were successfully loaded by using chemical co-precipitation and hydrothermal method on AC prepared from mixture of almond shell and apricot stone shell. The physicochemical properties of AC and synthesized magnetic adsorbent were comparatively characterized by BET, FTIR, SEM, EDX and VSM analysis techniques. BET surface area of  $306.86 \text{ m}^2/\text{g}$ , total pore volume of  $0.3075 \text{ cm}^3/\text{g}$  and magnetic saturation of  $46.27 \text{ emu/g}$  was found. The presence of Fe-O bonds and iron elements in MAC were determined by FTIR and SEM-EDX analysis, respectively. It can be concluded that the synthesized magnetic adsorbent can be easily separated from wastewater containing contaminants using a simple and easy magnetic separation technique.

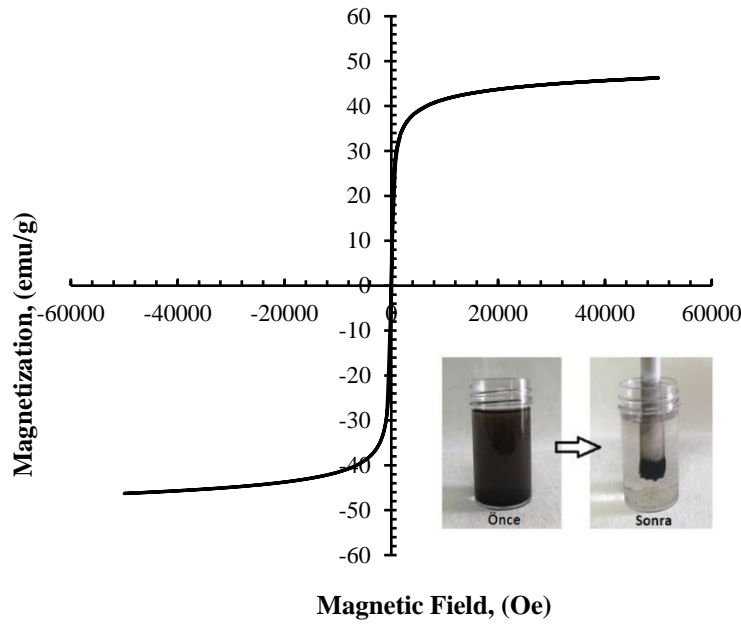


Figure 5. VSM curves of MAC and the magnetic response

#### 5. References

- Benstoem, F., Becker, G., Firk, J., Kaless, M., Wuest, D., Pinnekamp, J., Kruse, A., (2018). Elimination of micropollutants by activated carbon produced from fibers taken from wastewater screenings using hydrothermal carbonization, *J. Environ. Manag.*, 211, 278-286.
- Baup, S., Jaffre, C., Wolbert, D., (2000). Adsorption of pesticides onto granular activated carbon: determination of surface diffusivities using simple batch experiments. *Adsorption*, 6, 219–228.
- Devi, P. & Saroha, A.K., (2014). Synthesis of the magnetic biochar composites for use as an adsorbent for the removal of pentachlorophenol from the effluent. *Bioresource Technology*, 169, 525–531.
- Dong, Y.L., Zhang, X.F., Cheng, X.L., Xu, Y.M., Gao, S., Zhao, H., Huo, L.H., (2014). Highly selective  $\text{NO}_2$  sensor at room temperature based on nanocomposites of hierarchical nanosphere-like  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  and reduced graphene oxide, *RSC Advances*, 4 (101), 57493-57500.
- Gaikwad, M.S. & Balomajumder, C., (2017). Tea waste biomass activated carbon electrode for simultaneous removal of Cr(VI) and fluoride by capacitive deionization. *Chemosphere*, 184, 1141-1149.
- Hua, S., Gong, J.L., Zeng, G.M., Yao, F.B., Guo, M., Ou, X.M., (2017). Remediation of organochlorine pesticides contaminated lake sediment using activated carbon and carbon nanotubes. *Chemosphere*, 177, 65-76.
- Kılıç, A. & Orhan, R., (2019). Removal of cationic dyes by adsorption in a single and binary system using activated carbon prepared from the binary mixture, *Separation Science and Technology*, 54, (14), 2147–2163.
- Li, F., Chen, Y., Huang, H., Cao, W., Li, T., (2015). Removal of rhodamine B and Cr(VI) from aqueous solutions by a polyoxometalate adsorbent. *Chem. Eng. Res. Des.*, 100, 192–202.



- Mohan, D., Singh, K. P., Sinha, S., Gosh, D., (2005). Removal of pyridine derivatives from aqueous solution by activated carbons developed from agricultural waste materials, *Carbon*, (43), 1680-1693.
- Nakahira A, Nishida S, Fukunishi K., (2006). Adsorption of contaminants by MACs and magnetic separation. *J Ceram Soc*, 114, 135–137.
- Payne, R.B., Ghosh, U., May, H.D., Marshall, C.W., Sowers, K.R., (2017). Mesocosm studies on the efficacy of bioamended activated carbon for treating PCB impacted sediment. *Environ. Sci. Technol.*, 51, 10691-10699.
- Weber, J.W.J., (1985). Adsorption theory, concepts and models. In: Slejko FL (ed) *Adsorption technology: a step-by-step approach to process evaluation and application*. Marcel & Dekker Inc., New York.
- Wong, K.T., Yoon, Y.M., Snyder, S.A., Jang, M., (2016). Phenyl-functionalized magnetic palm-based powdered activated carbon for the effective removal of selected pharmaceutical and endocrine-disruptive compounds. *Chemosphere*, 152, 71–80.
- Yan, Z.S., He, Y.H., Cai, H.Y., Van Nostrand, J.D., He, Z.I., Zhou, J.Z., Krumholz, L.R., Jiang, H.L., (2017). Interconnection of key microbial functional genes for enhanced benzo[a]pyrene biodegradation in sediments by microbial electrochemistry. *Environ. Sci. Technol.*, 51, 8519-8529.
- Zhang, M., Gao, B., Varnosfaderani, S., Hebard, A., Yao, Y., Inyang, M., (2013). Preparation and characterization of a novel magnetic biochar for arsenic removal. *Bioresource Technology*, 130, 457–462.
- Zhu, X., Liu, Y., Qian, F., Zhou, C., Zhang, S., Chen, J., (2014). Preparation of magnetic porous carbon from waste hydrochar by simultaneous activation and magnetization for tetracycline removal. *Bioresource Technology*, 154, 209–214.



## FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİT YAPIŞTIRICININ TEK TESİRLİ BİNDİRME BAĞLANTISINDA HASAR YÜKÜNE ETKİSİ

Kübra Demir<sup>1</sup>, Esma Gavgalı<sup>2</sup>, Salih Akpınar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum, TURKEY

<sup>2</sup>Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bayburt, TURKEY

[kubra.demir73@erzurum.edu.tr](mailto:kubra.demir73@erzurum.edu.tr), [esmagavgalı@bayburt.edu.tr](mailto:esmagavgalı@bayburt.edu.tr), [\\*salih.akpınar@erzurum.edu.tr](mailto:*salih.akpınar@erzurum.edu.tr)

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Çeki yüküne maruz yapıştırıcıyla birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarda, eksantrik yüklemeye dolayı bindirme bölgesinin uçlarında meydana gelen soyulma gerilmeleri bağlantı hasarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bindirme bölgesinin uçlarında meydana gelen bu soyulma gerilmelerini azaltmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sunulan çalışmada, yapısal yapıştırıcı içerisine fiber yerleştirilerek elde edilen fiber takviyeli kompozit yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının çeki hasar yükleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada yapıştırılan malzeme olarak havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı olarak çift bileşenli DP460 yapısal yapıştırıcı ve takviye elemanı olarak ise karbon fiber ile cam fiber kullanılmıştır. Sonuç olarak, yapıştırıcı içerisine fiber yerleştirilerek elde edilen kompozit yapıştırıcı ile birleştirilen tek tesirli bindirme bağlantısının hasar yükü artmaktadır. Fakat bağlantının hasar yükündeki bu artış yapıştırıcı içerisine ilave edilen fiberin çeşidine ve bu fiberlerin bindirme bölgesine yerleştirilme şekline göre değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon Fiber, Kompozit yapıştırıcı, Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantı, Mekanik test, Mukavemet.

### 1. Giriş

İleri mühendislik yapılarda kompozit malzemeler yüksek mukavemet/ağırlık oranları ve yüksek sönümlenme kapasitelerinden dolayı son yıllarda büyük popülerlik kazanmıştır. Civata, perçin, kaynak gibi geleneksel birleştirme yöntemleri nispeten düşük maliyet ve montaj kolaylığından dolayı ilk tercih oldu. Ancak bu yöntemlerle birleştirilen bağlantılarda yüksek gerilme yığımların meydana geldiği genel olarak bilinmektedir [1]. Bundan dolayı yapıştırma bağlantıları son yıllarda birçok sektörde, farklı veya aynı malzemeleri başarılı ve güvenli bir şekilde birleştirmede kullanılan en etkili yöntemdir. Literatür araştırıldığında; yapıştırıcıyla birleştirilmiş birçok bağlantı tipine rastlanılmakta olup, basit geometrisinden dolayı en fazla kullanılan bağlantı tipi tek tesirli bindirme bağlantı tipidir. Bu bağlantı tipi için yapılan analizler göstermiştir ki yapıştırıcıyla birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarda eksantrik yüklemeye dolayı bindirme bölgesinin uçlarında soyulma gerilmeleri oluşmakta ve bu soyulma gerilmeleri bağlantının hasarına neden olmaktadır.

Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılardaki bu soyulma gerilmelerinin etkisini azaltıp, bağlantının mukavemetini artırmak için birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden biri bindirme bölgesinin uçlarına dolgu yapılması yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak elde edilen bağlantıların hasar yükü artığı yapılan çalışmalarda görülmektedir [2-6]. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların mukavemetini artırmak için yapılan diğer bir yöntem ise bindirme uzunluğunu artırmaktır [7-9]. Özel ve ark. [8] tarafından yapılan bir çalışmada, film tip yapıştırıcının dayanımı üzerine bindirme uzunluğunun etkisi incelenmiştir. İnceleme sonucunda, bindirme uzunluğunun artırılması bağlantının hasar yükünü artırmıştır. Ancak hasar yükündeki bu artış belirli bir bindirme uzunluğuna kadar geçerli olup, bu uzunluktan sonraki bindirme uzunluğundaki artışın hasar yüküne etki etmediği anlaşılmıştır [9].

Ayrıca yapıştırma bağlantılarında yapıştırılan malzeme kalınlığı ve rijitliği bağlantının mukavemetini önemli derecede etkilemektedir [10-12]. Gültekin ve arkadaşları [12] tarafından yapılan çalışmada, alt malzeme kalınlığı sabit üst malzeme kalınlığı değişen ve alt ve üst malzeme kalınlığı aynı olan tek tesirli bağlantı geometrisini deneysel ve nümerik olarak incelemişler ve yapıştırılan malzeme kalınlıklarının değişmesinin bağlantının hasar yükünü etkilediğini ve bunun sebebinin yapıştırılan malzemenin kalınlığı ve eğilme rijitliği olduğunu ifade etmişlerdir. Kompozit malzemeler kullanılarak elde edilen yapıştırma bağlantılarında istifleme açısına bağlı olarak bağlantının hasar yükü değişmektedir [13-14]. Khalili ve arkadaşları [14] tarafından yapılan bir çalışmada tek tesirli yapıştırma bağlantısı ile farklı istifleme açılarında sahip kompozitleri birleştirerek farklı yüklemeye şartlarında incelemiştir. Bu çalışmada istifleme açısı olarak [0] derece istifleme açısına sahip bağlantının mukavemet açısından daha iyi sonuç verdiğini ifade etmişlerdir.

Nano teknolojide meydana gelen hızlı gelişmeler birçok mühendislik alanında olduğu gibi, yapıştırma bağlantılarının tasarımında ve uygulamasında da farklı bir bakış açısı getirmiştir. Geleneksel yapıştırıcılar yerini, partikül takviyeli yapıştırıcılara bırakarak; yapıştırma bağlantılarında mukavemeti olumsuz etkileyen faktörlerin etkisini azaltıp, bağlantıların mukavemetini artırmaktadır. Yapıştırıcı içerisine partikül katılarak elde edilen kompozit yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların kullanımı pek yaygın olmamakla beraber, yapılan çalışmalar araştırmacılara ışık tutmaktadır. Srivasta tarafından yapılan bir çalışmada [15], yapıştırıcı olarak %3 karbon nanotüp (CNT) katkılı yapıştırıcı kullanarak elde ettiği yapıştırıcıyla birleştirilmiş tek tesirli C/C ve C/C-SiC kompozit bindirme bağlantısının kayma özelliklerini incelemiştir. Yapılan çalışmada, karbon nanotüp katkısı yapıştırıcının sertlik ve dayanımını artırarak bağlantıların kayma deformasyonu ve çatlak oluşumuna karşı direncini önemli ölçüde artırmıştır. Guadagno ve





arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise [16]; %0,5, %1 ve %4 oranında grafen katkılı nanokompozit yapıştırıcılar üretilmiş ve yapıştırma bağlantılarının mekanik özellikleri incelenmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucuna göre, yapıştırıcı içerisine grafen katkısının mukavemeti artırdığı görülmüştür. Sadigh ve Marami tarafından yapılan bir çalışmada [17], nanopartikül olarak farklı oranlarda indirgenmiş grafen oksit (RGO) kullanılarak, tek tesirli bindirme bağlantısı ve bulk numuneler üretilmiştir. Ağırlıkça %0.5 oranında grafen oksit kullanımı bulk numunelerin çeki ve bası özelliklerini artırdığı gibi, bağlantıların mukavemetinde de önemli artış sağladığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, yapısal yapıştırıcı içerisine fiber yerleştirilerek elde edilen fiber takviyeli kompozit yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının çeki hasar yükleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada yapıştırılan malzeme olarak havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı olarak çift bileşenli DP460 yapısal yapıştırıcı ve takviye elemanı olarak ise karbon fiber ile cam fiber kullanılmıştır.

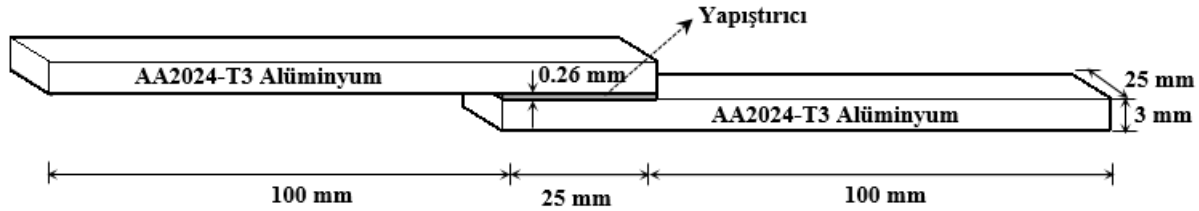
## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, hafifliği, işlenebilirliği, fiziksel ve mekanik özellikleri ve yüksek korozyon dayanımlarından dolayı havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı yapıştırılan malzeme olarak kullanılmıştır. Yapıştırıcı olarak ise çift bileşenli sıvı epoksi (DP460) kullanılmıştır. 3M™ DP460; epoksi (B) ve hızlandırıcı (A) nin hacimce B:A=2:1 oranında karışımıyla oluşan sıvı yapıştırıcıdır. Metal, seramik, cam ve birçok kompozit malzemenin birleştirilmesinde kullanılır.

Sunulan çalışmada; yapıştırılan malzemenin kalınlığı, genişliği ve bindirme uzunluğu aynı olan takviyesiz (TTB), iki farklı istifleme açısına sahip karbon fiber takviyeli (KTTB) ve iki farklı istifleme açısına sahip cam fiber takviyeli tek tesirli bindirme bağlantısının (CTTB) mekanik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Bu numunelere ait deneysel ve geometrik parametreler Tablo 1 ve Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılar için deneysel parametreler

Numune	Bağlantı Tipi	Katkı	İstifleme Açısı
Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	TTB	Katkısız	-
Karbon Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	KTTB [0]	Karbon Fiber	[0]
Karbon Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	KTTB [0-90]	Karbon Fiber	[0-90]
Cam Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	CTTB [0]	Cam Fiber	[0]
Cam Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	CTTB [0-90]	Cam Fiber	[0-90]



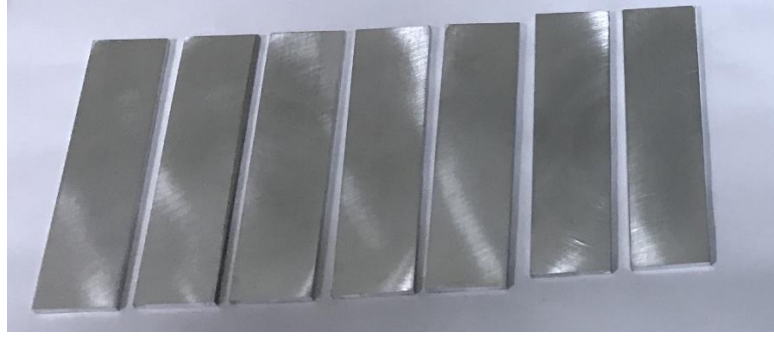
Şekil 2. Tek tesirli bindirme bağlantı (TTB) geometrisi

Yapıştırma bağlantılarının yüksek dayanım sergileyebilmesi, kullanılacak yüzey hazırlama yöntemlerine bağlıdır. Bu yüzden istenilen ebatlara getirilmiş AA2024-T3 numune parçalarına yapıştırma işlemi öncesi aşağıda anlatılan yüzey hazırlama yöntemi uygulanmıştır.

- İstenilen boyutlara getirilmiş numune parçaların kesme işleminde oluşan çapakların ve numune üzerindeki yağ, gres, kir gibi atıkların temizlenmesi numuneler 600 grade SiC zımpara ile zımparalanmıştır.
- 600 grade SiC zımpara işleminden sonra numuneler üzerinde oluşan ince zımpara çiziklerin giderilmesi için 1000 grade SiC zımpara ile numuneler üzerinde pürüzsüz yüzey elde edilmiştir.
- Zımpara işleminden sonra numuneler toz temizleyici ile musluk suyunda yıkanmıştır.
- Yıkama işlemi takiben numuneler 20 dakika asetonda bekletilip ve numune parçaları 60oC sıcaklıktaki bir fırın içerisinde 30 dakika kurularak yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemleri tamamlanmıştır (Şekil 2).





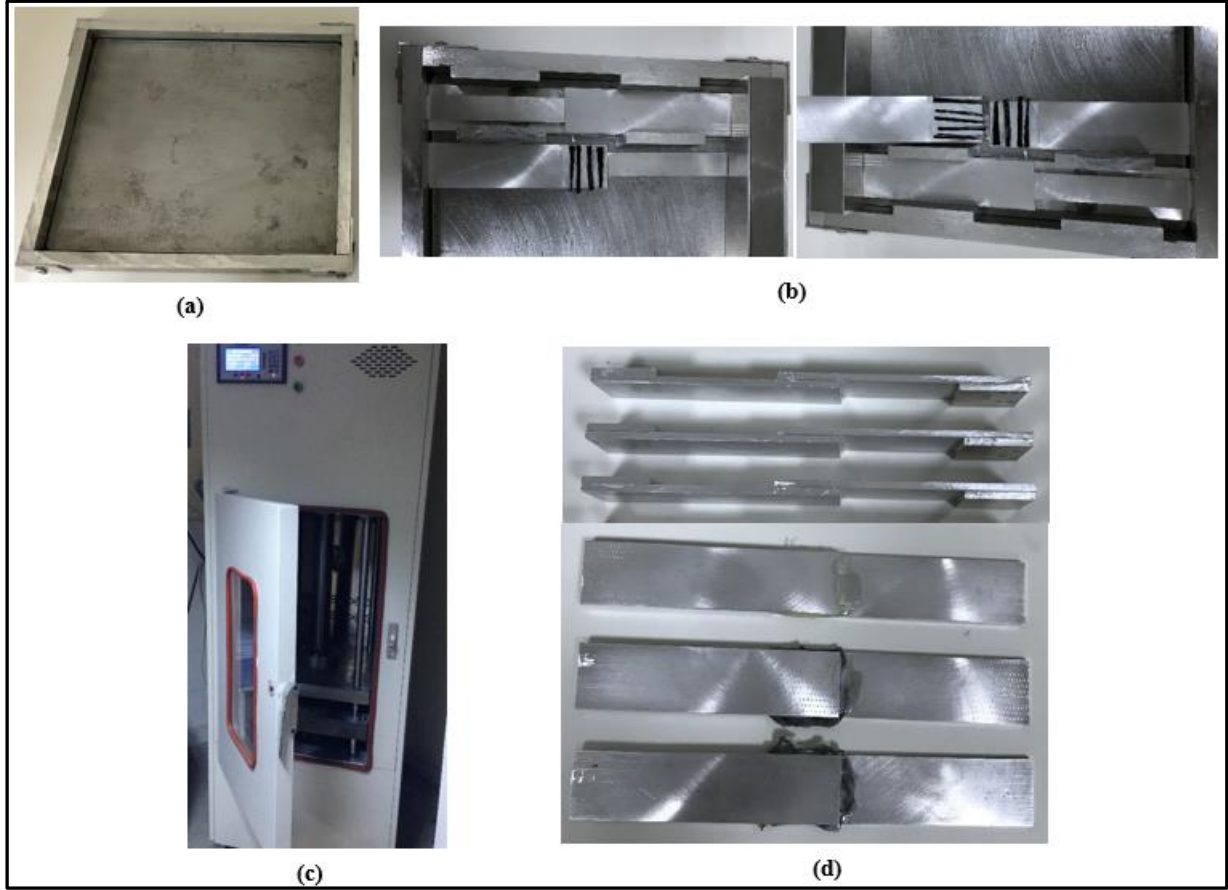


**Şekil 2. AA2024-T3 alüminyum bağlantı numuneleri.**

Çalışmada kullanılan yapıştırıcıların kürleşebilmesi basınç ve sıcaklık uygulanmasıyla mümkündür. Yapıştırılan malzemelerin konumunun korunabilmesi, yapıştırıcı tabaka kalınlığının ayarlanabilmesi ve aynı zamanda düzgün basınç uygulanabilmesi iyi tasarlanmış bir kalıbın kullanımını gerektirmektedir (Şekil 3a). Bu kalıp kullanılarak çekme deneylerinde kullanılacak numuneler aşağıda anlatıldığı gibi hazırlanmıştır.

- Bağlantı numunelerin kürleşme sonrası kalıptan kolayca ayrılması için, silikon yağlayıcı kalıp üzerine püskürtülerek çok ince bir film tabaka oluşturulmuştur.
- Bağlantı numunelerinin bindirme bölgelerine sıvı yapıştırıcı uygulanarak ve bir master yardımıyla yüzeylere yayılmış ve karbon ve cam fiberle yerleştirilmiştir (Şekil 3b).
- Yapıştırıcı kalınlığının 0.26 mm olması için 3+0.26 mm kalınlığında metal parçalar numunelerin serbest uçlarına koyulmuştur.
- Numunelerin bindirme uzunluğunun korunması ve uniform basınç sağlanması için numune kalınlığında alüminyum kalıp aparatları yerleştirilmiştir (Şekil 3b).
- Daha sonra numunelerin bulunduğu kalıp sıcak prese yerleştirilmiştir.
- Yapıştırıcılar için verilen kürleşme şartları, Şekil 3c'de gösterilen sıcak pres kullanılarak numunelerin kürleşmesi sağlanmıştır.
- Kürleşme işlemi sonrası numuneler oda şartlarında soğutularak kalıp içerisinden çıkarılmıştır.
- Kürleşme esnasında dışarı taşan kısımlar temizlenerek yapıştırma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3d).





**Şekil 3. a. Bağlantı numunesi üretim kalıbı, b. Bağlantının bindirme bölgesine yapıştırıcı uygulanması ve yapıştırıcı kalınlık ayar aparatları, c. Sıcak pres, d. Kırleşme sonrası bağlantı numuneleri.**

Çekme deneylerin tümü bilgisayar kontrollü Instron-5982-100 kN (USA) üniversal çekme cihazında 24°C ve %30 nem oranında 1 mm/dak.'lık çeki hızında yapılmıştır. Sınır şartları ve numunelere uygulanan kuvvetler Şekil 4'de gösterildiği gibidir. Hesaplamalarda kullanılmak üzere test öncesi her numunenin bindirme uzunluğu ve yapıştırıcı tabaka kalınlığı ölçülerek kaydedilmiştir. Deneyler yapılırken her numune yakından gözlemlenmiş ve hasar sonrası hasar bölgesi incelenmiştir. Aynı zamanda, numunelerin taşıyabildikleri maksimum yük kaydedilmiştir.

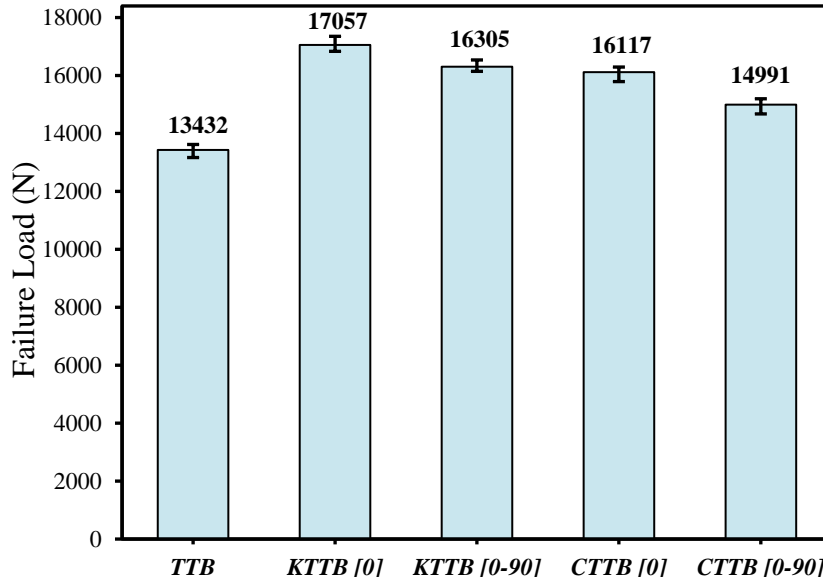




Şekil 4. Bağlantı numunelerine uygulanan çeki yüklemesi

### 3. Araştırma Bulguları

DP460 yapısal yapıştırıcı kullanılarak elde edilen takviyesiz, karbon ve cam fiber takviyeli tek tesirli bindirme bağlantı numunelerden her bir parametre için üç numune test edilmiş olup, bu üç numunenin ortalaması alınarak bağlantının hasar yükü elde edilmiştir (Şekil 5). Ortalama hasar yükleri göz önüne alındığında, tek tesirli bindirme bağlantısının bindirme bölgesinde yapıştırıcıya fiber takviye edilmesi bağlantının hasar yükünü artırmaktadır. Ancak bu artış, yapıştırıcıya fiber çeşidine göre değişmektedir. Yapıştırıcıya [0] istifleme açısına göre karbon fiber ilave edilmesi bağlantının hasar yükünü yaklaşık % 27 artırırken, [0-90] istifleme açısına göre karbon fiber ilave edilmesi bağlantının hasar yükünü yaklaşık %21 artırdığı Şekil 3'den açıkça görülmektedir. Ayrıca yapıştırıcıya cam fiber ilave edilmesi bağlantının hasar yükünü yaklaşık %20 ile %12 arasında artırmaktadır.

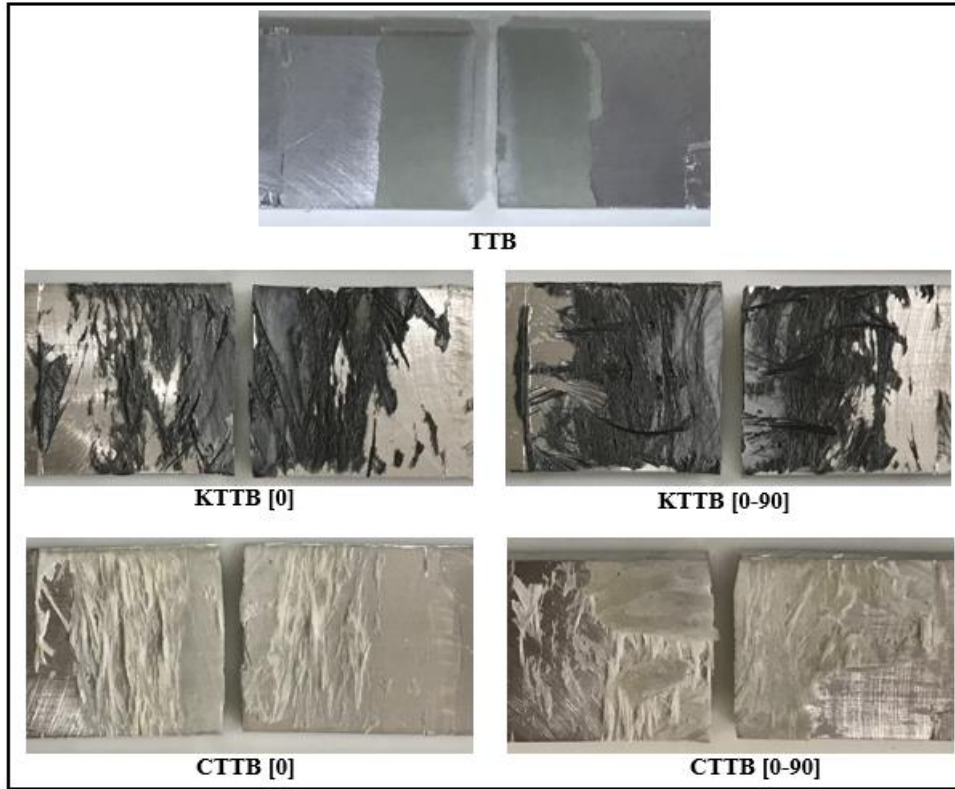


Şekil 5. Beş farklı TTB tipinden elde edilen maksimum hasar yükleri.

Bağlantıların hasar yükündeki bu artışlar tek tesirli bindirme bağlantısının hasar mekanizmasıyla ilişkilidir. Şöyle ki, tek tesirli bindirme bağlantılarında hasar bindirme bölgesinin her iki ucundan başlayarak merkeze doğru ilerlemektedir. Bunun sebebi tek tesirli bindirme bağlantıların geometrisine bağlı olarak bağlantıda oluşan eksantrik yüklemedir. Eksantrik yüklem bindirme bölgesinin her iki ucunda moment oluşturmaktadır ve bu moment bindirme bölgesinin uçlarını açmaya çalışarak hasar oluşturmaktadır. Yapıştırıcıya fiber



ilave edilmesi bindirme bölgesinin uçlarında oluşan bu açılmaya karşı engel oluşturmakta ve bu durum bağlantının hasar yükünü bir miktar artırmaktadır.



Şekil 6. Beş farklı TTB tipinden elde edilen hasar yüzeyleri.

Şekil 6’da verilen takviyesiz (TTB) bağlantının hasar yüzeyi incelendiğinde, üst malzeme ile alt malzemenin bindirme bölgelerinde kalan yapıştırıcı miktarları aynı olmayıp üst malzemenin sadece uç kısmında alt malzemenin ise diğer kısmında yapıştırıcı kaldığı görülmektedir. Bu durum da bağlantıda hasara neden olan çatlakın bindirme bölgesinin bir uçundan başlayıp ani bir şekilde merkeze doğru ilerlediği sonucuna varılabilir. Ancak fiber takviyeli bağlantıların hasar yüzeyleri incelendiğinde ise, üst malzeme ile alt malzemenin bindirme bölgelerinde kalan yapıştırıcı miktarları hemen hemen aynı olması, bağlantıda hasara neden olan çatlakın bindirme bölgesinin her iki uçundan başlayıp merkeze doğru ilerlediği sonucu çıkarılabilir. Bu durum bağlantının hasar yükünü artırmaktadır. Ayrıca ISO 10365 [19] tanımlanan deformasyon tipleri göz önüne alındığında, tüm bağlantılarda özel kohesiv hasar tipinin oluştuğu görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Yapıştırıcıya fiber ilave edilmesi yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların hasar yükünü artırmaktadır.
- Tek tesirli bindirme bağlantılarda yapıştırıcıyı karbon fiber ile güçlendirilmesi bağlantının hasar yükü açısından cam fiber ile güçlendirilmesine göre daha iyi sonuç vermektedir.
- Bağlantıların hasar yüklerine göre, yapıştırıcıya ilave edilen fiber istifleme açısı önemli bir faktördür.

Sunulan çalışma; bu konu üzerinde bir ön çalışma olup, bu ön çalışmanın sonuçlarına göre konunun birkaç farklı yönden detaylı çalışmaları sürdürülmektedir.

#### 5. Kaynakça

- [1] İçten, B.M. and Karakuzu, R., ‘Progressive failure analysis of pin-loaded carbon-epoxy woven composite plates’, Composites Science and Technology, 62(10):1259-1271,2002.
- [2] Crocombe, A.D. and Adams, R.D., ‘Influence of the Spew Fillet and other Parameters on the Stress Distribution in the Single Lap Joint’, J Adhes, vol.13, pp. 141–55, 1981.
- [3] Dorn, L. and Liu, W., ‘The stress state and failure properties of adhesive-bonded plastic/metal joints’, Int J Adhes Adhes, vol. 13, pp. 21–31, 1993.



- [4] Akpınar, S. and Temiz, S. and Aydın, M.D. and Ozel, A., ‘Effect of protrusion at the ends of bondline in single lap joints under tension and bending’ , J Adhes Sci Technol, vol. 26, pp. 2591–2602, 2012.
- [5] Marques, E.A.S. and da Silva, L.F.M., ‘Joint Strength Optimization of Adhesively Bonded Patches’, J Adhes, vol. 84, pp. 915–934, 2008.
- [6] da Silva, L.F.M. and Adams, R.D., ‘Techniques to reduce the peel stresses in adhesive joints with composites’ , Int J Adhes Adhes, vol. 27, pp. 227–235, 2007.
- [7] Ozel, A. and Temiz, S. and Aydın, MD., ‘Effect of overlap length on durability of joints bonded with a pressure-sensitive adhesive’, J Adhes Sci Technol, vol. 19, pp. 57-71, 2005.
- [8] Ozel, A. and Aydın, M.D. and Temiz, S., ‘The effects of overlap length and adherend thickness on the strength of adhesively bonded joints subjected to bending moment’, J Adhes Sci Technol, vol. 18, pp. 313-25, 2004.
- [9] Kim, T.H and Kweon, J.H. and Choi, J.H., ‘An Experimental Study on the Effect of Overlap Length on the Failure of Composite-to-Aluminum Single-Lap Bonded Joints’, J Reinf Plast Comp, vol. 27, pp. 1071-1081, 2008.
- [10] Reis, P.N.B. and Ferreira, J.A.M., ‘Antunes F. Effect of adherend's rigidity on the shear strength of single lap adhesive joints’, Int J Adhes Adhes, 31 (4):193-201,2011.
- [11] Pinto, A.M.G. and Campilho, R.D.S.G. and Mendes, I.R. and Baptista, A.P.M., ‘ Numerical and experimental analysis of balanced and unbalanced adhesive single-lap joints between aluminium adherends’, J Adhesion, 90:89-103,2014.
- [12] Gültekin, K. and Akpınar, S. and Ozel, A., ‘The effect of moment and flexural rigidity of adherend on the strength of adhesively bonded single lap joints’, J Adhesion, 91:637-50, 2015.
- [13] Ozel, A. and Yazici, B. and Akpınar, S. and Aydın, M.D. and Temiz, S., ‘A study on the strength of adhesively bonded joints with different adherends’, Composites Part B, 62:167-174,2014.
- [14] Khalili, S.M.R. and Shokuhfar, A. and Hoseini, S.D. and Bidkhorji, M. and Khalili, S. and Mittal, R.K., ‘Experimental study of the influence of adhesive reinforcement in lap joints for composite structures subjected to mechanical loads’, Int J Adhes Adhes, 28:436– 444,2008.
- [15] Srivastava, V.K., ‘Effect of carbon nanotubes on the strength of adhesive lap joints of C/C and C/C-SiC ceramic fibre composites’, International Journal of Adhesion and Adhesive , 31, 486-489, 2011.
- [16] Guadagno, L. and Maria Sarno, Vietri, U. and Raimondu, M. and Cirillo, C. and Ciambelli, P., ‘Graphene-based structural adhesive to enhance adhesion performance’, RSC Advances, 5,27874-86, 2015.
- [17] Sadigh, M.A. and Marami, G., ‘Investigating the effects of reduced graphene oxide additive on the tensile strength of adhesively bonded joints at different extension rates’, Materials and Design, 92, 36–43,2016
- [18] GÜLTEKİN, K. and AKPINAR S, and ÖZEL A., ‘The effect of moment and flexural rigidity of adherend on the strength of adhesively bonded single lap joints’, Journal of Adhesion, 91, 637-650, 2015.
- [19] ISO 10365, ‘Adhesives-Designation of main failure patterns’,1992(E).





## YAPIŞTIRICIYLA BİRLEŞTİRİLMİŞ BAĞLANTILARDA İNCE METAL ÇUBUK TAKVİYESİNİN BAĞLANTI HASAR YÜKÜ ÜZERİNE ETKİSİ

Kübra Demir<sup>1</sup>, Salih Akpınar<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

kubra.demir73@erzurum.edu.tr, \*salih.akpinar@erzurum.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Havacılık, uzay ve otomotiv sektörlerinde kullanılan kompozit veya farklı tür malzemelerin birleştirilmesinde büyük avantajlarından dolayı sıklıkla tercih edilen birleştirme yöntemlerinden biri yapıştırıcıyla birleştirme yöntemidir. Yapıştırıcıyla birleştirme yönteminde sıklıkla kullanılan bağlantı tipi ise tek tesirli bindirme bağlantı tipidir. Tek tesirli bindirme bağlantısının hasar yükünü artırmak için kullanılan yöntemlerden bazıları bindirme bölgesinin geometrik yapısının değiştirilmesi veya yapıştırıcı içerisine takviye malzemeler ilave edilerek elde edilen kompozit yapıştırıcıların kullanılmasıdır. Sunulan çalışmada, yapısal yapıştırıcı içerisine ince metal çubuklar yerleştirilerek güçlendirilmiş kompozit yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının çeki hasar yükleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada yapıştırılan malzeme olarak havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı olarak çift bileşenli DP460 yapısal yapıştırıcı ve takviye elemanı olarak ise farklı çaplara sahip ince silindirik çubuklar kullanılmıştır. Sonuç olarak, yapıştırıcı içerisine metal çubuklar yerleştirilerek güçlendirilmiş kompozit yapıştırıcı ile birleştirilen tek tesirli bindirme bağlantısının hasar yükü artmaktadır. Fakat bağlantının hasar yükündeki bu artış metal çubukların bindirme bölgesine yerleştirilme şekline göre değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İnce Metal Çubuk, Kompozit yapıştırıcı, Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantı, Mekanik test, Mukavemet.

### 1. Giriş

Yapıştırma bağlantıları, birleştirme teknolojileri içerisinde gittikçe artan bir öneme sahiptir ve özellikle kompozit malzemelerde meydana gelen hızlı gelişmeler ile birlikte, bağlantı güvenilirliğinin gerekli olduğu havacılık, uzay ve otomotiv sanayi gibi endüstriyel sektörlerde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır [1]. Bununla birlikte, yapısal amaçlı kullanılan yapıştırma bağlantılarının performansı, bağlantı konfigürasyonu, yapıştırıcı ve yapıştırılan malzemeler, yüklenme durumu ve çevresel şartlar gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu durum, birçok araştırmacının yapıştırıcılar ve yapıştırma bağlantılarının mekanik davranışlarının belirlenmesi üzerine yoğunlaşmalarına yol açmıştır. Literatür araştırıldığında; yapıştırıcıyla birleştirilmiş birçok bağlantı tipine rastlanılmakta olup, basit geometrisinden dolayı en fazla kullanılan bağlantı tipi tek tesirli bindirme bağlantı tipidir. Bu bağlantı tipi için yapılan analizler göstermiştir ki yapıştırıcıyla birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantılarda eksantrik yüklenmeden dolayı bindirme bölgesinin uçlarında soyulma gerilmeleri oluşmakta ve bu soyulma gerilmeleri bağlantının hasarına neden olmaktadır.

Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılardaki bu soyulma gerilmelerinin etkisini azaltıp, bağlantının mukavemetini artırmak için birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden biri bindirme bölgesinin uçlarına dolgu yapılması yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak elde edilen bağlantıların hasar yükü arttığı yapılan çalışmalarda görülmektedir [2-6]. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların mukavemetini artırmak için yapılan diğer bir yöntem ise bindirme uzunluğunu artırmaktır [7-9]. Özel ve ark. [8] tarafından yapılan bir çalışmada, film tip yapıştırıcının dayanımı üzerine bindirme uzunluğunun etkisi incelenmiştir. İnceleme sonucunda, bindirme uzunluğunun artırılması bağlantının hasar yükünü artırmıştır. Ancak hasar yükündeki bu artış belirli bir bindirme uzunluğuna kadar geçerli olup, bu uzunluktan sonraki bindirme uzunluğundaki artışın hasar yüküne etki etmediği anlaşılmıştır [9].

Ayrıca yapıştırma bağlantılarında yapıştırılan malzeme kalınlığı ve rijitliği bağlantının mukavemetini önemli derecede etkilemektedir [10-12]. Gültekin ve arkadaşları [12] tarafından yapılan çalışmada, alt malzeme kalınlığı sabit üst malzeme kalınlığı değişen ve alt ve üst malzeme kalınlığı aynı olan tek tesirli bağlantı geometrisini deneysel ve nümerik olarak incelemişler ve yapıştırılan malzeme kalınlıklarının değişmesinin bağlantının hasar yükünü etkilediğini ve bunun sebebinin yapıştırılan malzemenin kalınlığı ve eğilme rijitliği olduğunu ifade etmişlerdir. da Silva [13], Campilho [14], das Neves [15], Fitton [16] and Temiz [17] tarafından yapılan çalışmalarda, yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılarda bindirme bölgesinde iki farklı karakterde yapıştırıcı (karma yapıştırıcı) kullanılmasının hasar yüküne etkisi deneysel ve nümerik olarak incelendi. Yapılan çalışmalarda, karma yapıştırıcı ile birleştirilmiş bağlantının tek yapıştırıcı kullanılarak elde edilen yapıştırma bağlantısına göre daha fazla yük taşıdığı ve bindirme bölgesinin uçlarındaki gerilme yığılmaları düştüğü görülmüştür.

Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların hasar yükünü artırmak için kullanılan yöntemlerden biri ise kademeli bağlantı tipidir. Ichikawa tarafından yapılan bir çalışmada [18], yapıştırılan malzeme olarak çelik kullanılarak elde edilen kademeli bindirme yapıştırma bağlantının statik çeki yükü altında davranışı deneysel ve üç boyutlu sonlu eleman analizi ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda, kademe sayısı artıkça, yapıştırıcı kalınlığı azaldıkça ve yapıştırıcının elastisite modülü artıkça bindirme bölgesinin uçlarında oluşan maksimum asal gerilme değerleri azalmaktadır [19]. da Silva tarafından yapılan çalışmada ise [20], üç farklı yapıştırıcı kullanılarak (esnek, orta derecede esnek ve sert) elde edilen üç kademeli bindirme bağlantısında bindirme uzunluğunun çeki dayanımına etkisi deneysel ve nümerik olarak incelenmiştir. Çalışmada hem yapıştırıcı tipinin hem bindirme bölgesinin uzunluğunun bağlantı dayanımı etkilediği sonucuna varılmıştır. Esnek yapıştırıcılarda aşamalı bir kırılma olurken sert yapıştırıcılarda ise ani bir kırılma olduğu görülmüştür.





Sunulan çalışmada, yapısal yapıştırıcı içerisine ince metal çubuklar yerleştirilerek güçlendirilmiş kompozit yapıştırıcı ile birleştirilmiş tek tesirli bindirme bağlantısının çeki hasar yükleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada yapıştırılan malzeme olarak havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı, yapıştırıcı olarak çift bileşenli DP460 yapısal yapıştırıcı ve takviye elemanı olarak ise farklı çaplara sahip ince metal silindirik çubuklar kullanılmıştır.

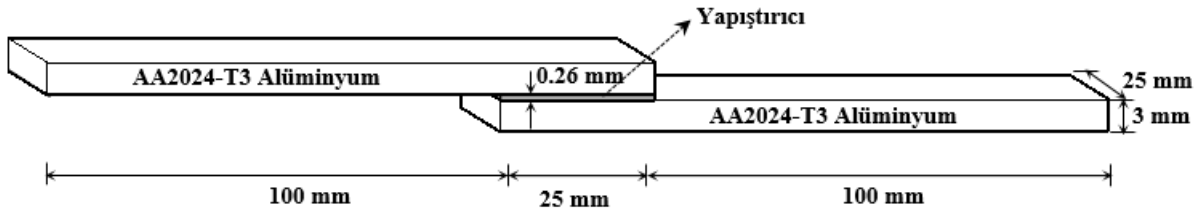
## 2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada, hafifliği, işlenebilirliği, fiziksel ve mekanik özellikleri ve yüksek korozyon dayanımlarından dolayı havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımı yapıştırılan malzeme olarak kullanılmıştır. Yapıştırıcı olarak ise çift bileşenli sıvı epoksi (DP460) kullanılmıştır. 3M™ DP460; epoksi (B) ve hızlandırıcı (A) nın hacimce B:A=2:1 oranında karışımıyla oluşan sıvı yapıştırıcıdır. Metal, seramik, cam ve birçok kompozit malzemenin birleştirilmesinde kullanılır.

Sunulan çalışmada; yapıştırılan malzemenin kalınlığı, genişliği ve bindirme uzunluğu aynı olan takviyesiz (TTB), iki farklı çapa sahip metal çubuk takviyeli ve iki farklı istifleme açısına sahip ince metal çubuk takviyeli tek tesirli bindirme bağlantısının mekanik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Bu numunelere ait deneysel ve geometrik parametreler Tablo 1 ve Şekil 1’de verilmiştir.

**Tablo 1. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılar için deneysel parametreler**

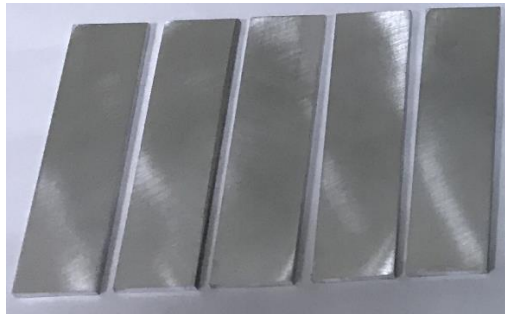
Numune	Bağlantı Tipi	Çubuk Çapı (mm)	İstifleme Açısı
Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	TTB	Katkısız	-
Kalın Çubuk Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	KÇTTB [0]-D	0.18	[0]-Düz
Kalın Çubuk Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	KÇTTB [0]-E	0.18	[0]-Eğri
İnce Çubuk Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	İÇTTB [0]-D	0.09	[0]-Düz
İnce Çubuk Tek tesirli Bindirme Bağlantısı	İÇTB [0-90]-D	0.09	[0-90]-Düz



**Şekil 2. Tek tesirli bindirme bağlantı (TTB) geometrisi**

Yapıştırma bağlantılarının yüksek dayanım sergileyebilmesi, kullanılacak yüzey hazırlama yöntemlerine bağlıdır. Bu yüzden istenilen ebatlara getirilmiş AA2024-T3 numune parçalarına yapıştırma işlemi öncesi aşağıda anlatılan yüzey hazırlama yöntemi uygulanmıştır.

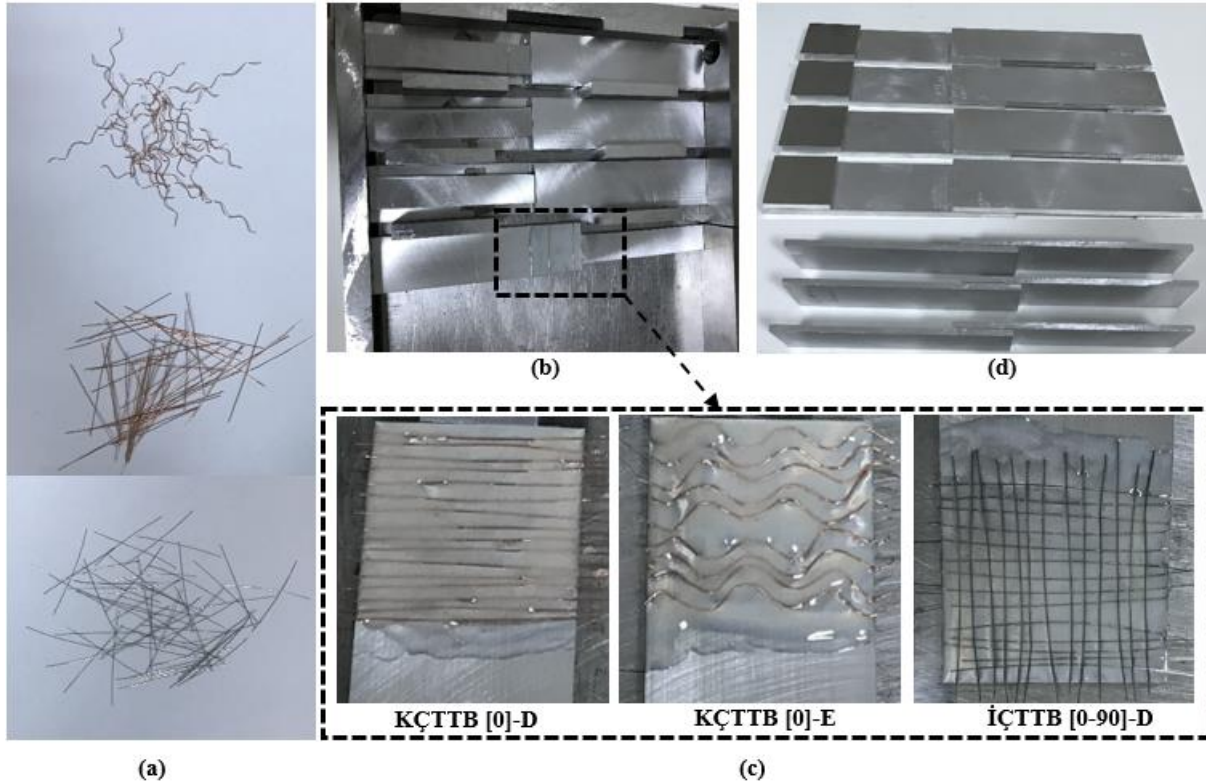
- İstenilen boyutlara getirilmiş numune parçaların kesme işleminde oluşan çapakların ve numune üzerindeki yağ, gres, kir gibi atıkların temizlenmesi numuneler 600 grade SiC zımpara ile zımparalanmıştır.
- 600 grade SiC zımpara işleminden sonra numuneler üzerinde oluşan ince zımpara çiziklerin giderilmesi için 1000 grade SiC zımpara ile numuneler üzerinde pürüzsüz yüzey elde edilmiştir.
- Zımpara işleminden sonra numuneler toz temizleyici ile musluk suyunda yıkanmıştır.
- Yıkama işlemini takiben numuneler 20 dakika asetonda bekletilip ve numune parçaları 60°C sıcaklıktaki bir fırın içerisinde 30 dakika kurularak yapıştırma öncesi yüzey hazırlama işlemleri tamamlanmıştır (Şekil 2).



**Şekil 2. AA2024-T3 alüminyum bağlantı numuneleri.**



Çalışmada kullanılan yapıştırıcıların kürleşebilmesi basınç ve sıcaklık uygulanmasıyla mümkündür. Yapıştırılan malzemelerin konumunun korunabilmesi, yapıştırıcı tabaka kalınlığının ayarlanabilmesi ve aynı zamanda düzgün basınç uygulanabilmesi iyi tasarlanmış bir kalıbın kullanımını gerektirmektedir (Şekil 3b). Bu kalıp kullanılarak çekme deneylerinde kullanılacak numuneler kürleşme sonrası kalıptan kolayca ayrılması için, silikon yağlayıcı kalıp üzerine püskürtülerek çok ince bir film tabaka oluşturulmuştur. Daha sonra bindirme bölgesinin ölçüleri göz önüne alınarak kalın ve ince çubuklar kesilmiştir. Ayrıca kalın çubuklar sinüs eğrisi formatında eğilmiştir (Şekil 3a). Bağlantı numunelerinin bindirme bölgelerine sıvı yapıştırıcı uygulanarak ve bir mastar yardımıyla yüzeylere yayılmış ve kalın-ince metal çubuklar yerleştirilmiştir (Şekil 3c). Yapıştırıcı kalınlığının 0.26 mm olması için 3+0.26 mm kalınlığında metal parçalar numunelerin serbest uçlarına koyulmuştur. Numunelerin bindirme uzunluğunun korunması ve uniform basınç sağlanması için numune kalınlığında alüminyum kalıp aparatları yerleştirilmiştir ve numunelerin bulunduğu kalıp sıcak prese yerleştirilmiştir. Yapıştırıcılar için verilen kürleşme şartları, sıcak pres kullanılarak sağlanmış olup kürleşme işlemi sonrası numuneler oda şartlarında soğutularak kalıp içerisinden çıkarılmıştır. Kürleşme esnasında dışarı taşan kısmlar temizlenerek yapıştırma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3d).



Şekil 3. a. Kalın ve ince metal çubuklar, b. Bağlantının bindirme bölgesine yapıştırıcı uygulanması ve yapıştırıcı kalınlık ayar aparatları, c. Metal çubukların istiflenmesi d. Kürleşme sonrası bağlantı numuneleri.

Çekme deneylerin tümü bilgisayar kontrollü Instron-5982-100 kN (USA) üniversal çekme cihazında 24°C ve %30 nem oranında 1 mm/dak.'lık çeki hızında yapılmıştır. Sınır şartları ve numunelere uygulanan kuvvetler Şekil 4'de gösterildiği gibidir. Hesaplamalarda kullanılmak üzere test öncesi her numunenin bindirme uzunluğu ve yapıştırıcı tabaka kalınlığı ölçülerek kaydedilmiştir. Deneyler yapılırken her numune yakından gözlemlenmiş ve hasar sonrası hasar bölgesi incelenmiştir. Aynı zamanda, numunelerin taşıyabildikleri maksimum yük kaydedilmiştir.





Şekil 4. Bağlantı numunelerine uygulanan çeki yüklemesi

### 3. Araştırma Bulguları

DP460 yapısal yapıştırıcı kullanılarak elde edilen takviyesiz, metal çubuk takviyeli tek tesirli bindirme bağlantı numunelerden her bir parametre için üçer numune test edilmiş olup, bu üç numunenin ortalaması alınarak bağlantının hasar yükü ve hasar tipi elde edilmiştir (Şekil 5). Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların hasar tipleri ISO 10365 [21] tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre adhezyon hasar yapıştırıcı ile yapıştırılan malzeme ara yüzeyinde ayrılmanın oluştuğu ve her iki yapıştırılan malzemede yapıştırıcı kalması, kohezyon hasar yapıştırıcıda oluşan hasar olup, özel kohezyon hasar ise her iki yapıştırılan malzeme üzerinde eşit miktarda yapıştırıcı kalmamasıdır.

Numune	Hasar Tipi	Hasar Yükü (N)	Standart Sapma
TTB	Adhezyon Hasar	13465	±203

(a)

Numune	Hasar Tipi	Hasar Yükü (N)	Standart Sapma
KÇTTB [0]-D	Özel Kohezyon	14808	±242

(b)

Numune	Hasar Tipi	Hasar Yükü (N)	Standart Sapma
KÇTTB [0]-E	Özel Kohezyon	15430	±235

(c)

Numune	Hasar Tipi	Hasar Yükü (N)	Standart Sapma
İÇTTB [0]-D	Özel Kohezyon	14643	±197

(d)





Numune	Hasar Tipi	Hasar Yükü (N)	Standart Sapma
İÇTTB [0-90]-D	Özel Kohezyon	15974	±267

(e)

**Şekil 5. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş beş farklı tek tesirli bindirme bağlantısının maksimum ortalama hasar yükleri ve hasar yüzeyleri, a. TTB, b. KÇTB [0]-D, c. KÇTB [0]-E, d. İÇTB [0]-D, e. İÇTB [0-90]-D.**

Ortalama hasar yükleri göz önüne alındığında, tek tesirli bindirme bağlantısının bindirme bölgesine metal çubuklar ilave edilmesi bağlantının hasar yükünü artırmaktadır. Ancak katkısız yapıştırma bağlantısına (TTB) göre, bindirme bölgesine [0] istifleme açısında 0.18 mm çapında eğri metal çubuklar yerleştirilmesi (KÇTTB [0]-D) bağlantının hasar yükünü yaklaşık % 10 artırırken, [0] istifleme açısında 0.18 mm çapında metal çubuklar yerleştirilmesi (KÇTTB [0]-E) bağlantının hasar yükünü yaklaşık % 15 artırmaktadır. Ayrıca [0] istifleme açısında 0.09 mm çapında metal çubuklar yerleştirilmesi (İÇTTB [0]-D) bağlantının hasar yükünde yaklaşık % 9 artış olurken, [0-90] istifleme açısında 0.09 mm çapında metal çubuklar yerleştirilmesi (İÇTTB [0-90]-D) bağlantının hasar yükünü yaklaşık % 19 artırmaktadır.

Bağlantıların hasar yükündeki bu artışlar tek tesirli bindirme bağlantısının hasar mekanizmasıyla ilişkilidir. Şöyle ki, tek tesirli bindirme bağlantılarında eksantrik yüklemeye dolayı hasar bindirme bölgesinin her iki uçundan başlayarak merkeze doğru ilerlemektedir. Bindirme bölgesine metal çubuklar yerleştirildiğinde, bindirme bölgesinin uçlarında başlayan hasarın merkeze doğru ani bir ilerlemesini engellemektedir. Bu durum bağlantının hasar yükünü artırmaktadır. Diğer taraftan Şekil 5’de verilen bağlantıların hasar yüzeyleri incelendiğinde, tüm bağlantılarda özel kohesiv hasar tipinin oluştuğu görülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılarda bindirme bölgesine metal çubuklar yerleştirilmesi bağlantının hasar yükünü artırmaktadır.
- Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantıların bindirme bölgesine yerleştirilen metal çubukların istifleme açısına, çubukların çapına ve çubukların şekline göre bağlantının hasar yükündeki artış değişmektedir.

Sunulan çalışma; bu konu üzerinde bir ön çalışma olup, bu ön çalışmanın sonuçlarına göre konunun birkaç farklı yönden detaylı çalışmalar sürdürülmektedir.

#### 5. Kaynakça

- [1] Mortensen, F. and Thomsen, O.T., ‘Coupling effects in adhesive bonded joints’, Compos Struct, vol. 56, pp. 165–174, 2002.
- [2] Crocombe, A.D. and Adams, R.D., ‘Influence of the Spew Fillet and other Parameters on the Stress Distribution in the Single Lap Joint’, J Adhes, vol.13, pp. 141–55, 1981.
- [3] Dorn, L. and Liu, W., ‘The stress state and failure properties of adhesive-bonded plastic/metal joints’, Int J Adhes Adhes, vol. 13, pp. 21–31, 1993.
- [4] Akpınar, S. and Temiz, S. and Aydın, M.D. and Ozel, A., ‘Effect of protrusion at the ends of bondline in single lap joints under tension and bending’, J Adhes Sci Technol, vol. 26, pp. 2591–2602, 2012.
- [5] Marques, E.A.S. and da Silva, L.F.M., ‘Joint Strength Optimization of Adhesively Bonded Patches’, J Adhes, vol. 84, pp. 915–934, 2008.
- [6] da Silva, L.F.M. and Adams, R.D., ‘Techniques to reduce the peel stresses in adhesive joints with composites’, Int J Adhes Adhes, vol. 27, pp. 227–235, 2007.
- [7] Ozel, A. and Temiz, S. and Aydın, MD., ‘Effect of overlap length on durability of joints bonded with a pressure-sensitive adhesive’, J Adhes Sci Technol, vol. 19, pp. 57-71, 2005.
- [8] Ozel, A. and Aydın, M.D. and Temiz, S., ‘The effects of overlap length and adherend thickness on the strength of adhesively bonded joints subjected to bending moment’, J Adhes Sci Technol, vol. 18, pp. 313-25, 2004.



- [9] Kim, T.H and Kweon, J.H. and Choi, J.H., ‘An Experimental Study on the Effect of Overlap Length on the Failure of Composite-to-Aluminum Single-Lap Bonded Joints’, *J Reinf Plast Comp*, vol. 27, pp. 1071-1081, 2008.
- [10] Reis, P.N.B. and Ferreira, J.A.M. and Antunes, F., ‘Effect of adherend's rigidity on the shear strength of single lap adhesive joints’, *Int J Adhes Adhes*, vol. 31, pp. 193-201, 2011.
- [11] Pinto, A.M.G. and Campilho, R.D.S.G. and Mendes, I.R and Baptista, A.P.M., ‘Numerical and experimental analysis of balanced and unbalanced adhesive single-lap joints between aluminium adherends’, *J Adhesion*, vol. 90, pp. 89-103, 2014.
- [12] Gültekin, K. and Akpınar, S. and Ozel, A. ‘The effect of moment and flexural rigidity of adherend on the strength of adhesively bonded single lap joints’, *J Adhesion*, vol. 91, pp. 637-650, 2015.
- [13] da Silva, L.F.M. and Lopes, M.J.C.Q., ‘Joint strength optimization by the mixed-adhesive technique’, *Int. J. Adhes. Adhes*, vol. 29, pp. 509–514, 2009.
- [14] Campilho, R.D.S.G. and Pinto, A.M.G. and Banea, M.D. and Silva, R.F. and Da Silva, L.F.M., ‘Strength Improvement of Adhesively-Bonded Joints Using a Reverse-Bent Geometry’ , *J. Adhesion Sci.Technol*, vol. 25, pp. 2351-2368, 2011.
- [15] das Neves, P. J. C. and da Silva, L. F. M, and Adams, R. D., ‘Analysis of Mixed Adhesive Bonded Joints Part II: Parametric Study’ , *J. Adhesion Sci. Technol*, vol. 23, pp. 35-61, 2009.
- [16] Fitton, M. D. and Broughton, J. G., ‘Variable modulus adhesives: an approach to optimised joint performance’, *Int. J. Adhes. Adhes*, vol. 25, pp. 329–336, 2005.
- [17] Temiz, S., ‘Application of bi-adhesive in double-strap joints subjected to bending moment’, *J. Adhesion Sci. Technol*, vol.20, pp. 1547–1560, 2006.
- [18] Ichikawa, K. and Shin Y, Sawa., ‘Three-Dimensional Finite- Element Stress Analysis And Strength Evaluation Of Stepped-Lap Adhesive Joints Subjected To Static Tensile Loadings”, *International Journal Of Adhesion And Adhesives*, vol.28 ,pp.464-470, 2008.
- [19] Sawa, T. and Ichikawa, K. And Shin, Y. and Kobayashi, T., ‘A Three- Dimensional Finite Element Stress Analysis And Strength Prediction Of Stepped-Lap Adhesive Joints Of Dissimilar Adherends Subjected To Bending Moments’, *International Journal Of Adhesion And Adhesives*, vol.30, pp.298-305, 2010.
- [20] Silva, J. O. S. and Campilho, R. D. S. G. and Rocha, R. J. B., ‘Crack growth analysis of adhesively-bonded stepped joints in aluminium structures’, *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* , vol. 40, pp.540, 2018.
- [21] ISO 10365, ‘Adhesives-Designation of main failure patterns’,1992(E).





## ORTA SEVİYE MANYETİK FIRTINA KAYNAKLI İYONOSFERİK DEĞİŞİMLERİN GNSS ÖLÇÜLERİ KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI

Samed İnyurt

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

samed\_inyurt@hotmail.com

### Özet

Manyetik fırtınalar, manyetik alandaki değişimlerin sonucunda oluşmaktadır. Genellikle manyetik fırtına süresi boyunca iyonosferde dalgalanmalar meydana gelir. Bu çalışmada 16 Temmuz 2017 tarihinde meydana gelen manyetik fırtınanın iyonosfer tabakasında sebep olduğu değişimler ele alınmıştır. Kyoto üniversitesinin yayınlamış olduğu DsT indisi kullanılarak manyetik fırtına şiddetinin saat 16:00'da şiddetinin -72 nT'ye kadar ulaştığı görülmüştür. Söz konusu çalışmada IZMI istasyonuna ait manyetik fırtına kaynaklı Toplam Elektron Miktarı (TEC) değişimlerinin tespit edilebilmesi amacıyla istatistiksel analiz yapılmış ve manyetik fırtınanın olduğu günde 6 TECU'ya varan pozitif anomaliler elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İyonosfer, GNSS, manyetik fırtına

### 1. Giriş

İlk olarak varlığı 1926 yılında belirlenen iyonosfer tabakası, yüksekliği 60km ile 1100 km arasında değişen ve içerisinde çok sayıda serbest halde elektron bulunduran tabaka olarak ifade edilmektedir. İyonosferin içerisinde 1 m<sup>2</sup> kesitli bir silindir boyunca elektron miktarı olarak tanımlanan Toplam Elektron Miktarı (TEC) iyonosferin uzay ve zamandaki değişimlerinin gözlenebilmesi için çok uygun bir parametredir. Coğrafi konum, mevsimsel değişim, jeomanyetik etki, solar aktivite, deprem gibi etmenler iyonosferi etkilemesi, diğer yandan günlük hayatımızda önemli bir yere sahip olan konum doğruluğunun iyileştirilmesi adına iyonosfer tabakasının hassas şekilde modellendirilmesi önem taşımaktadır.

Manyetik fırtınalar dünyada meydana gelen manyetik alandaki değişimlerin sonucunda oluşmaktadır. Bir diğer tanımlama ile dünyanın manyetik alanındaki geçici bozukluk olarak adlandırılabilir. Güneş rüzgarının basıncındaki artış ilk olarak manyetosferi sıkıştırır ve içerisinde barındırdığı enerji miktarının artmasına sebep olur. Bu etkileşim sonucunda manyetosfere doğru artan plazma hareketi ve iyonosferdeki elektrik akımının artmasına sebep olur. Manyetik fırtına esnasında elektron yoğunluğundaki değişim GPS sinyalini olumsuz yönde etkilemektedir. Manyetik fırtınanın şiddeti ve iyonosfer tabakasında yarattığı değişimler sırasıyla Disturbance Storm Time (Dst) ve The Estimated Planetary Index (K<sub>p</sub>) indisleri ile ifade edilmektedir. K<sub>p</sub> indisi gezenin manyetik etkilerini belirleyen ve güneş ışımından kaynaklanan jeomanyetik alandaki düzensiz bozulmaların incelenmesinde kullanılan parametreye verilen addır. 1932 senesinden bugüne kadar sürekli olarak üretilmektedir. Bu indis K indisinin ortalaması alınarak elde edilmektedir. Enlem ve mevsimsel özelliklere bağımlı ve günlük değişikliğin etkisinden bağımsızdır. 1957'den sonraki yıllar için saatlik veriler üretilmeye başlanmıştır. K<sub>p</sub> indisi 1 saat aralıklarla elde edilirken K<sub>p</sub> indisinin veri formatı 0<sub>0</sub>, 0+, 1-, 1<sub>0</sub>, 1+, 2-, 2<sub>0</sub>, 2+, ... 9-, 9<sub>0</sub> şeklindedir. Yani 0'dan 9'a kadar ki her bir değer 3'e bölünmüştür. Örnek vermek gerekirse 2<sub>0</sub> = 2, 1- = 2/3, 1+ = 4/3 değerine karşılık gelmektedir. Her bir + veya - işaretinde 1/3 ekliyor veya çıkarırken, eğer işaret 0 ise sayı aynı değerini koruyor anlamına gelmektedir. K<sub>p</sub> indisi 0 ≤ K<sub>p</sub> ≤ 9 arasında değer almaktadır. Çalışmada K<sub>p</sub> indisinin gösteriminin daha iyi yapılabilmesi için her bir değer on ile çarpılmış ve (K<sub>p</sub>\*10) şeklinde gösterilmiştir. Dst indisi ise jeomanyetik fırtınanın derecesini hakkında bilgi veren parametredir (Masci 2013). Dst indisi düşük enlem ölçüm istasyonlarında jeomanyetik alanın H bileşeni kullanılarak türetilmektedir. Birimi nanotesla (nT) olan bu indis manyetik alanın yatay düzlemdeki bileşeninin ekvatordaki azalmasını ifade eder. Bu indis bir saat aralıklarla elde edilmektedir. Dst indisi ne kadar küçük olursa jeomanyetik aktivite o kadar şiddetli olur (İnyurt 2015). National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) tarafından yayımlanan G ölçeği kapsamında K<sub>p</sub> indisi G1' den başlayarak G5'e kadar beş seviyeye ayrılmıştır. Nwankwo and Chakrabarti (2013) çalışmasında F10.7cm indisini benzer şekilde A, B, C, D, E olarak beş seviyeye ayırmıştır.

Tablo 1.1 G Ölçeğine Göre İndislerin Gösterimi

ÖLÇEK	(K <sub>p</sub> * 10)	Dst	Solar Aktivite F10.7 (sfu)
G5 En Büyük	90 ≥ K <sub>p</sub>	Dst < -300	251-300
G4 Şiddetli	80 > K <sub>p</sub> ≥ 89	-100 ≥ Dst > -250	201-250
G3 Güçlü	70 > K <sub>p</sub> ≥ 79	-50 ≥ Dst > -100	151-200
G2 Orta	60 > K <sub>p</sub> ≥ 69	-20 ≥ Dst > -50	100-150
G1 Küçük	≤ 50	Dst > -20	65-99

Bu çalışmada 16.07.2017 tarihinde meydana gelen orta ölçekli (G2) manyetik fırtınanın sebep olduğu iyonosferik değişimler detaylı şekilde irdelenmiştir.





## 2. Method ve Uygulama

Herhangi bir GNSS uydusundan çıkan sinyal iyonosfer tabakasından geçerken kırılmaya uğrar. Elektromanyetik dalganın bir ortamdaki yayılımını gösteren kırılma indisi,

$$n = c/v \quad (2.1)$$

şeklinde. Söz konusu denklemde  $c$  ışığın boşluktaki hızını;  $v$  elektromanyetik dalganın ortamdaki hızını ifade etmektedir. İyonosfer sahip olduğu özellikler nedeniyle 30 MHz ve altındaki frekanslardaki dalgaları yansıtırken, 50 MHz ve üstündeki sinyaller ise iyonosferden geçebilir fakat iyonosferde zayıflama ve gecikme etkisine uğrarlar (Schaer 1999). Söz konusu kırılma indisi troposfer tabakasından  $n > 1$ , iyonosfer tabakası için ise  $n < 1$  şeklindedir. Troposferde meydana gelen kırılma frekansa bağımlı değilken, iyonosferdeki kırılma frekansa bağımlıdır.

$$P_{1,a}^u = \rho_a^u + c(\delta t^u - \delta t_a) + d_{trop,a}^u + d_{ion1,a}^u + d_1^u + d_{1,a} + \varepsilon_{1,a}^u \quad (2.2)$$

$$P_{2,a}^u = \rho_a^u + c(\delta t^u - \delta t_a) + d_{trop,a}^u + d_{ion2,a}^u + d_2^u + d_{2,a} + \varepsilon_{2,a}^u \quad (2.3)$$

$P_{1,a}^u$ ,  $P_{2,a}^u$ ; Pseudorange gözlemi,  $\rho_a^u$ ; uydu-alıcı çifti arasındaki gerçek uzaklığı,  $d_{trop,a}^u$ ,  $d_{ion1,2,a}^u$ ; troposfer ve iyonosfer hataları,  $d_{1,2}^u$ ,  $d_{1,2,a}$ ; uydu ve alıcı donanım kod gecikmelerini  $\varepsilon_{1,2,a}^u$ ; artık hataları ifade etmektedir. Pseudorange ölçülerinde geometriden bağımsız doğrusal kombinasyon (L4) uygulandığında troposferik hata, uydu-alıcı arası gerçek uzunluk, uydu-alıcı saat hataları elimine olur. Dolayısıyla yeni denklem;

$$P_{4,a}^u = P_{1,a}^u - P_{2,a}^u = d_{ion1,a}^u - d_{ion2,a}^u + DCB^u + DCB_a \quad (2.4)$$

Denklem faz ölçüleri için yazılacak olursa;

$$L_{1,a}^u = \rho_a^u + c(\delta t^u - \delta t_a) - d_{ion1,a}^u + d_{trop1,a}^u - \lambda(b_{1,a}^u + N_{1,a}^u) \quad (2.5)$$

$$L_{2,a}^u = \rho_a^u + c(\delta t^u - \delta t_a) - d_{ion2,a}^u + d_{trop2,a}^u - \lambda(b_{2,a}^u + N_{2,a}^u) \quad (2.6)$$

$b_{1,2,a}^u$ ; uydu ve alıcı kaynaklı faz donanım ilerlemesini,  $N_{1,2,a}^u$ ; tamsayı faz belirsizliğini göstermektedir.

$$L_{4,a}^u = -(d_{ion1,a}^u - d_{ion2,a}^u) - \lambda(b_{1,a}^u - b_{2,a}^u) - \lambda(N_{1,a}^u - N_{2,a}^u) \quad (2.7)$$

Burada  $\Delta N_m$ ;

$$\Delta N_m = \lambda_1 N_{1,a}^u - \lambda_2 N_{2,a}^u \quad (2.8)$$

Uydudan çıkan sinyalin kod ve faz ölçüleri yaklaşık olarak eşit ve zıt yönde etkilenir. Matematiksel ifadesi;

$$d_{ion,a}^u \sim A \frac{STEC_a^u}{f^2} \quad (2.9)$$

Burada  $A = 40.3 \text{ m}^3/\text{sn}^2$  ve  $STEC_a^u$  uydu-alıcı arasındaki eğiş toplam elektron miktarını ifade eder. Sonuç eşitlik kod ve faz ölçüleri için aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$P_{4,a}^u = A \left( \frac{f_2^2 - f_1^2}{f_1^2 f_2^2} \right) STEC_a^u + (DCB^u + DCB_a) \quad (2.10)$$



$$STEC = -\frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} P_{4,a}^u - c(DCB^u + DCB_a) \quad (2.11)$$

STEC değeri her bir uydu-alıcı çifti arasındaki eğik toplam elektron miktarını ifade ettiği için haritalama amaçlı kullanılmamaktadır. Bir iyonosfer haritası oluşturabilmek için elde edilen STEC değerlerinin düşeye çevrilmesi gerekmektedir. Düşeydeki toplam elektron miktarına VTEC adı verilmektedir. VTEC değeri;

$$VTEC = MF(z) * STEC \quad (2.12)$$

$$MF(z) = \cos\left(\arcsin\left(\frac{R}{R+H} \sin(\alpha z)\right)\right) \quad (2.13)$$

(3.20) denklemlerindeki z uydu yükseklik açısını, R dünya yarıçapını, H elektronların en yoğun bulunduğu yüksekliği (aslında bu yükseklik F2 tabakasının en üst noktasıdır) ve  $\alpha = 0.9782 H = 450$  km değerini ifade etmektedir.

Küresel harmonik fonksiyonlar küresel ve bölgesel iyonosfer modellemesi için kullanılabilir (Alizadeh et al. 2011)

$$VTEC = E_v(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^n \hat{P}_{nm}(\sin\beta) (a_{nm} \cos(ms) + b_{nm} \sin(ms)) \quad (2.14)$$

Burada (n,m) derece ve mertebeyi,  $\beta$  iyonosfer kesişim noktasının jeosantrik enlemini,  $s = \lambda - \lambda_0$  iyonosfer kesişim noktasının güneş merkezli boylamını,  $\lambda$  ve  $\lambda_0$ ; sırasıyla iyonosfer kesişim noktasının boylamı ve görünür güneş zamanı boylamını,  $a_{nm}$  ve  $b_{nm}$  küresel veya bölgesel iyonosfer model katsayılarını,  $\hat{P}_{nm} = P_{nm} \Lambda(n, m)$  normalize edilmiş Legendre polinomlarını,  $\Lambda$  normalizasyon fonksiyonunu,  $P_{nm}$  normalize edilmemiş Legendre polinomlarını ifade eder.  $\Lambda$  normalizasyon fonksiyonu;

$$\Lambda = \sqrt{2 \frac{2n+1(n-m)!}{1+\delta_{0m}(n+m)!}} \quad (2.15)$$

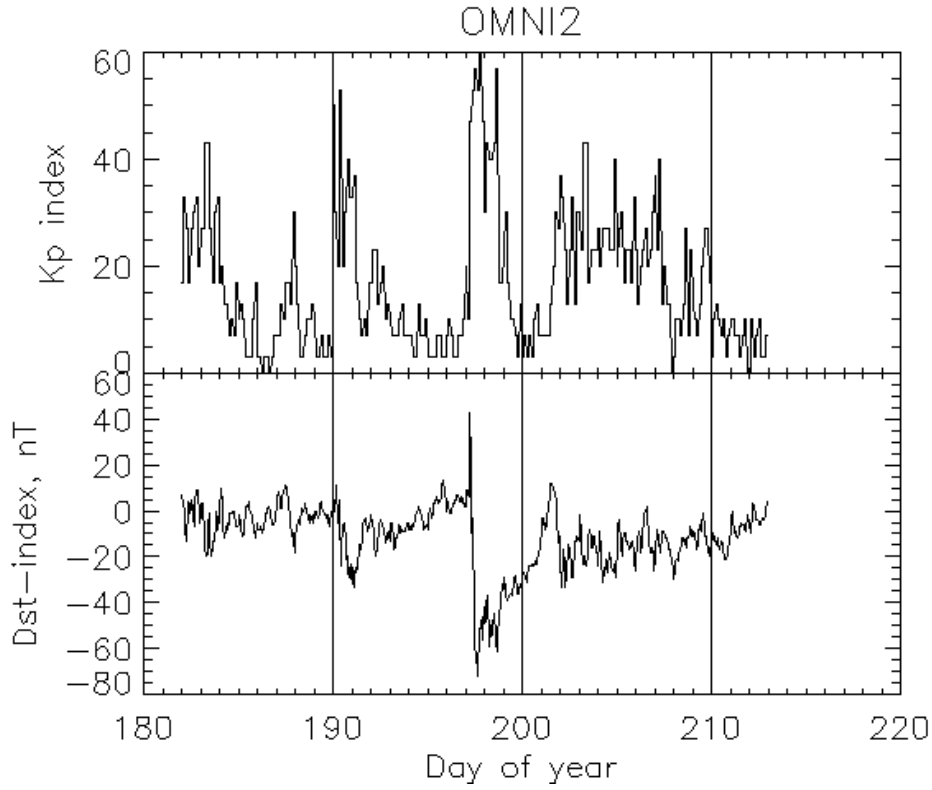
$\delta$  Kronecker Deltayı ifade etmektedir. Denklemler birbirine eşitlenirse;

$$VTEC = E_v(\beta, s) = \sum_{n=0}^{n_{\max}} \sum_{m=0}^n \hat{P}_{nm}(\sin\beta) (a_{nm} \cos(ms) + b_{nm} \sin(ms)) = \left[-\frac{f_1^2 f_2^2}{40.3(f_1^2 - f_2^2)} P_{4,a}^u - c(DCB^u + DCB_a)\right] * \cos\left(\arcsin\left(\frac{R}{R+H} \sin(\alpha z)\right)\right) \quad (3.24)$$

İfadesi elde edilir. Burada  $P_{4,a}^u$  ölçüleri yumuşatılmış kod ölçülerini ifade etmektedir. Denklem bakıldığında  $a_{nm}$ ,  $b_{nm}$ ,  $DCB^a$  ve  $DCB_u$  bilinmeyen olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel harmoniklerin katsayısı çalışma bölgesinin yerine göre değişiklik göstermektedir. Global çalışmalarda derece ve mertebeye genellikle (15,15) kullanılmaktadır. Denklemdaki bilinmeyen sayısı ölçü sayısından daha az olduğu için en küçük kareler ilkesiyle  $a_{nm}$ ,  $b_{nm}$ ,  $DCB^u$  ve  $DCB_a$  kestirilebilir. Söz konusu denklem tekil bir denklem olduğundan dolayı uydu ve alıcı donanım gecikmelerini ( $DCB^u$  ve  $DCB_a$ ) birbirinden ayırmak için bir dış kısıt getirilmesi gerekmektedir. Bu dış kısıt için tüm GPS uydularına ait donanım gecikmesi toplamının 0 olacağı düşünülür  $DCB_7^u = 0$ . Bu aşamadan sonra rahatlıkla tüm bilinmeyenlerin çözümü sağlanmış olur.

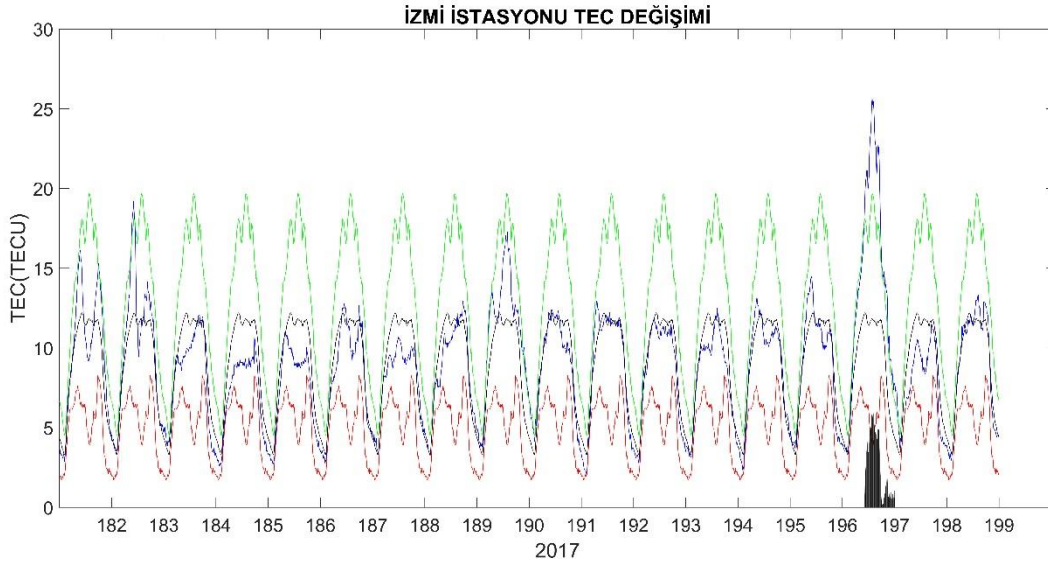
21.07.2017 tarihinde gerçekleşen manyetik fırtınaya ilişkin bilgiler <https://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html> adresinden elde edilmiş olup Şekil 2.1'de gösterilmiştir.





Şekil 2.1 01.07.2017-31.07.2017 tarihleri arasındaki (Kp\*10) ve DsT indislerinin gösterimi

16.07.2017 tarihinde meydana gelen manyetik fırtınanın iyonosferde sebep olduğu değişimin irdelenebilmesi için fırtına öncesi 15 gün ve sonraki gün dikkate alınarak iyonosferik değişimlere ilişkin alt ve üst sınırlar  $UB=M+2\sigma$ ,  $LB=M-2\sigma$  denklemleri aracılığıyla oluşturulmuştur. IZMI istasyonuna ilişkin alt, üst sınırlar ve gözlemlenen TEC değerleri değişimi Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 IZMI istasyonuna ait TEC değişimlerinin gösterilmesi

Şekil 2.2’de yeşil çizgi üst sınır TEC değerlerini, kırmızı çizgi alt sınır TEC değerlerini, siyah medyan TEC değerlerini, mavi renk ise gözlemlenen TEC değerlerini ifade etmektedir. Eğer gözlemlenen TEC değeri üst sınırın üstüne çıkmışsa pozitif anomali, alt sınırın altına inmişse bu durum negatif anomali olarak adlandırılmaktadır. Yapılan analiz sonucunda manyetik fırtınanın olduğu 6 TECU’ya varan pozitif anomaliler tespit edilmiştir.



### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada 16.07.2017 tarihinde meydana gelen orta seviye manyetik fırtınanın iyonosfer tabakasında sebep olduğu değişim IZMI istasyonu kullanılarak elde edilen TEC değerleri üzerinden irdelenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde 6 TECU'ya varan pozitif anomaliler elde edilmiştir. Bu durum özellikle tek frekanslı GNSS kullanıcılarının konum doğruluğunu oldukça etkilediği düşünülmektedir. Diğer yandan yapılan çalışma iyonosfer tabakasındaki değişimlerin ülkemizde aktif olarak kullanılan TUSAGA-Aktif istasyonları kullanılarak izlenebilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir.

### 4. Kaynakça

**Masci F** (2013) Brief Communication Further Comments on the Ionospheric Precursor Of the 1999 Hector Mine Earthquake, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 193-196, DOI: 10.5194/nhess-13-193.

**Nwankwo V U and Chakrabarti S K** (2013). Effects of Plasma Drag on Low Earth Orbiting Satellites due to Heating of Earth's Atmosphere by Coronal Mass Ejections. *arXiv preprint arXiv:1305.0233*, 1-19.

**Schaer S** (1999) Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System, *PhD Thesis*, Geodatisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz, Zurich, Switzerland, 280 pp.



## EFFECT OF PRODUCTION PARAMETERS OF WC-COCR COATINGS WITH HVOF SYSTEM

Fatih Sargin<sup>1</sup>, Kürşat Kanbur<sup>1</sup>, Savaş Öztürk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar University, Metallurgical and Materials Engineering Department

fatih.sargin@cbu.edu.tr, kursat.kanbur@cbu.edu.tr, savas.ozturk@cbu.edu.tr

\*Corresponding Author

### Abstract

Tungsten carbide (WC) coatings are used several applications such as automotive, aerospace and petrochemistry thanks to high hardness and wear resistance. Tungsten carbide – cobalt-chromium (WC-CoCr) cermet coatings, which are formed by adding CoCr into the WC structure, exhibit high corrosion resistance, toughness and bonding strength as well as superior hardness and abrasion resistance. In the production of WC-CoCr coatings, although electron beam PVD, warm spray and low-pressure plasma spray are used, the most widely used technique is high velocity oxy fuel (HVOF). In the production of WC-CoCr cermet coatings, parameters such as fuel flow rate, oxygen flow rate and stoichiometric combustion rate directly affect the velocity and temperature of the sprayed particles during coating and therefore these parameters determine the coating quality. In this study, 2<sup>nd</sup> order nonlinear and logarithmic regression models have been performed in order to understand the effect of production parameters of WC-CoCr cermet coatings produced with HVOF more clearly. In the second stage, Optimization study of coating process was carried out by using Differential Evolution algorithm.

**Keywords:** *Differential Evolution, Optimization, HVOF, WC-CoCr*

### 1. Introduction

Most of the engineering materials works under abrasive and corrosive environments that shortens their service life or results with performance lost. In the last century, a lot of effort has been put to overcome these problems (Sadat, Hosein, & Salehi, 2016). Improving the materials tribological properties by coating applications emerged as one of the most promising solution for this problem. One of the known coating materials for this applications are Tungsten carbide-cobalt chromium based cermet coatings which consists from very hard WC particles and tough CoCr metal binder phase (Zhao, Maurer, Fischer, Dicks, & Lugscheider, 2004). WC-CoCr coatings known by their superior properties such as abrasion and adhesion resistance, erosion resistance, high temperature oxidation, corrosion and chemical resistance (Marginean & Utu, 2010; Zhao, Maurer, Fischer, & Lugscheider, 2004). Since they offer such properties, WC-CoCr coatings have been effectively used in aerospace and automotive industry, machinery tools, mining and oil drilling applications and transportation systems (Hong et al., 2017; Marginean & Utu, 2010; Picas et al., 2019).

WC-CoCr cermet coatings can be produced with different methods such as electron beam treatment, warm spraying, flame spraying, detonation spraying, atmospheric plasma spraying and high velocity oxygen-fuel spraying (Hong et al., 2017; Marginean & Utu, 2010; Wesmann & Espallargas, 2016; Zhao, Maurer, Fischer, Dicks, et al., 2004). Among these methods HVOF system has been considered as the most suitable coating process for WC-CoCr applications. HVOF system has been accepted as one of the cost efficient and high technological process with superior advantages such as high gas and particle velocity and low flame temperature (Dongmo, Wenzelburger, & Gadow, 2008; Fang et al., 2008). High flame velocity, low flame temperature and short particle-flame interaction time do not allow decarburization process and decreases the possibility of secondary carbide formations while resulting with high bonding strength and low porosity rate (Hong et al., 2017; Murugan, Ragupathy, Balasubramanian, & Sridhar, 2014). Zoie et al. deposited WC-CoCr coatings by using HVOF and investigated grinding parameters on the wear resistance and residual stress (Sadat et al., 2016). Zhao et al. produced WC-CoCr coatings with HVOF and tried to understand the relations between spray parameters and particle flight properties (Zhao, Maurer, Fischer, Dicks, et al., 2004). Authors revealed that, spray parameters such as gas flow rate, powder feed rate and spray distance effected greatly particle and coating properties. It can be understood that, coating properties greatly affected by particle flight properties such as velocity, temperature, melting rate and oxide formation (Dongmo et al., 2008). And these particle properties are mainly result of selected HVOF coating parameters which are relatively complicated.

In order to obtain WC-CoCr coatings with desired properties, one must understand and optimize the HVOF process parameters and their effects. For this purpose, researchers have to conduct too many experiments which can be considered as a time consuming and costly way. Another option for understanding the effect of parameters is modelling and optimization of coating procedure with relatively few experiments. Nonlinear regression models with high R<sup>2</sup> values can be used for optimization algorithms to understand the effect of process parameters in complex engineering applications such as HVOF technique (Ozturk, Aydin, Kucukdogan, & Celik, 2018). In this study the experimental data which obtained from the study of J.A. Picas et al. is used (Picas, Punset, Baile, Martín, & Forn, 2011). For this purpose, 2<sup>nd</sup> order nonlinear and logarithmic regression models have been generated to understand the effect of production parameters of WC-CoCr cermet coatings produced with HVOF. After the modelling of coating process, an optimization study was carried out by using Differential Evolution (DE) algorithm to obtain higher particle velocity and temperature.



## 2. Material and Methods

### 2.1. Experimental Procedure

The experimental procedure of WC-CoCr coatings produced by HVOF system described according to J. A. Picas et al, 2011 (Picas et al., 2011). Commercial, WC-10wt.%Co-4wt%Cr powders that have a size distribution between 10-38 $\mu$ m purchased from Sulzer Metco Woka GmbH. The coatings deposited by Wokajet-400 spray gun onto AISI 4340 substrates with the help of an ABB IRB 2400/16 robot. Also, the flight properties of particles measured by Accuspray-g3 system.

### 2.2. Regression Analysis

Regression analysis are being used in engineering applications and processes as an efficient tool to calculate the relationship between input parameters and outputs(Ozturk et al., 2018). Although there are many types of regression analysis, basically all of them study the effect of one or more independent variables on a dependent variable. When there is only one response variable, the regression analysis called univariate regression, but in the case of more variables it is called multivariate regression. For complicated and challenging engineering applications, regression analysis can be seen as an iterative function which helps to identify, certify, evaluate and sometimes customize the input parameters (Fumo & Rafe Biswas, 2015). Both nonlinear polynomial and logarithmic regressions are used to model production or growth increases promptly and changes its incline in time.

The  $R^2$  value which is a key factor in regression analysis, changes between 0 and 1. For a value of  $R=0,95$ , the analysis shows 95% of total variables can be predicted by the mathematical model. Hence, a high  $R^2$  value does not always shows that the data calculated by model fits the experimental data perfectly (Fumo & Rafe Biswas, 2015).

### 2.3. Differential Evolution Optimization Algorithm

Optimization is a mathematical mechanism used for obtaining the desired or best outcome in a complex process. For that purpose, maximizing or minimizing of single or multi variables can be done to reach the dependent result. For a given engineering process or design, there are various optimization algorithms that can be used to find maximum and minimum values. Optimization tools basically can be classified as traditional and nontraditional ones. Traditional optimization tools usually begin from aimlessly selected introductory solution and proceeds to optimum solution iteratively. Constrained Variation and Lagrange multipliers can be given example for traditional optimization tools. And for the cases that cannot be solved with traditional optimization, nontraditional optimization methods can be used. These methods include genetic algorithms (GA), genetic programming (GP), evolution strategies (ES), simulated annealing (SA), ant colony optimization (ACO), differential evolution (DE) and etc (Pratihar, 2015). Among these methods, DE algorithm has been used to solve complex engineering problems recently. DE algorithm providing a population of candidate solutions subjected to iterations of recombination, evaluation, and selection (Brownlee, 2011).

**Table 1: Coating parameters and experimental results(Picas et al., 2011)**

Kerosene Flow Rate (l/h)	Oxygen Flow Rate (l/min)	Particle Velocity (m/s)	Particle Temp. (°C)
23.1	709	730	1828
23.1	749	741	1836
23.1	769	747	1838
23.1	788	750	1838
23.1	820	761	1840
23.1	850	770	1842
23.1	875	773	1838
23.1	900	779	1835
23.1	950	786	1830
23.1	990	793	1814
18.1	900	741	1741
20.5	900	767	1797
25.3	900	779	1810

## 3. Results and Discussion

For the optimization process of WC-CoCr cermet coatings produced with HVOF, firstly two different mathematical models generated for particle velocity and particle temperature. The input parameters; kerosene flow rate and oxygen flow rate, and the





experimental results which consists of particle velocity and particle temperature are used for the regression analysis. The coating parameters and the experimental results which obtained from J. A. Picas et al are given in Table 1.(Picas et al., 2011).

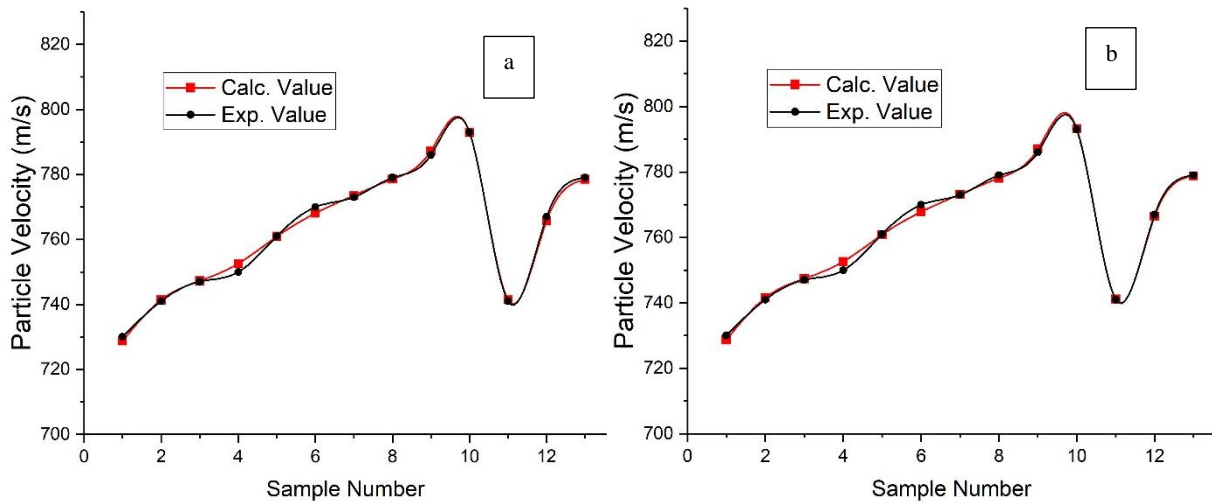
### 3.1. Particle Velocity

For the regression analysis, two different mathematical models generated with using 2<sup>nd</sup> degree non-linear polynomial and logarithmic functions (see Eq.1a and b). In these regression models, k= kerosene flow rate, o= oxygen flow rate. The R<sup>2</sup> value obtained from both of the models were 0.996 which means these models can describe the process very well. Also, it can be seen that the generated models are very simple.

$$\text{Particle Velocity (nonlinear)} = 268.99 + 25.959k - 1.0355k^2 + 0.2162o + 0.02681ko - 0.00035o^2 \quad (1a)$$

$$\text{Particle Velocity (logarithmic)} = -11566.08 + 1945.26 \ln(k) - 433.11 \ln(k^2) + 1338.59 \ln(o) - 146.03 \ln(o^2) + 820.54 \ln(ko) \quad (1b)$$

Figure 1 shows that there are high degree of [consistence](#) between experimental values and calculated values with the regression models. As can be seen in Figure 1 the line which represents calculated value fits with the experimental values almost perfectly which is a result of high R<sup>2</sup>.



**Figure 1: Experimental and calculated values for particle velocity a. nonlinear model and b. logarithmic model.**

With using this highly accurate regression models, optimizations are made by DE algorithm. Since the aim was obtaining results for higher particle velocity, we aimed highest possible particle velocities for the optimization. With this manner our optimization results showed that, with applying parameters k=25.3 and o=990, a particle velocity of 798.21 m/s can be achieved by nonlinear model. On the other hand, with applying parameters k=24.36 and o=990, a particle velocity of 794.47 m/s by logarithmic model. Results showed that, optimization calculations made with nonlinear model obtained better values. It can be seen that, our optimization results increased the particle velocity slightly compared to the highest particle velocity obtained by experimental procedure which is 793 m/s.

### 3.2. Particle Temperature

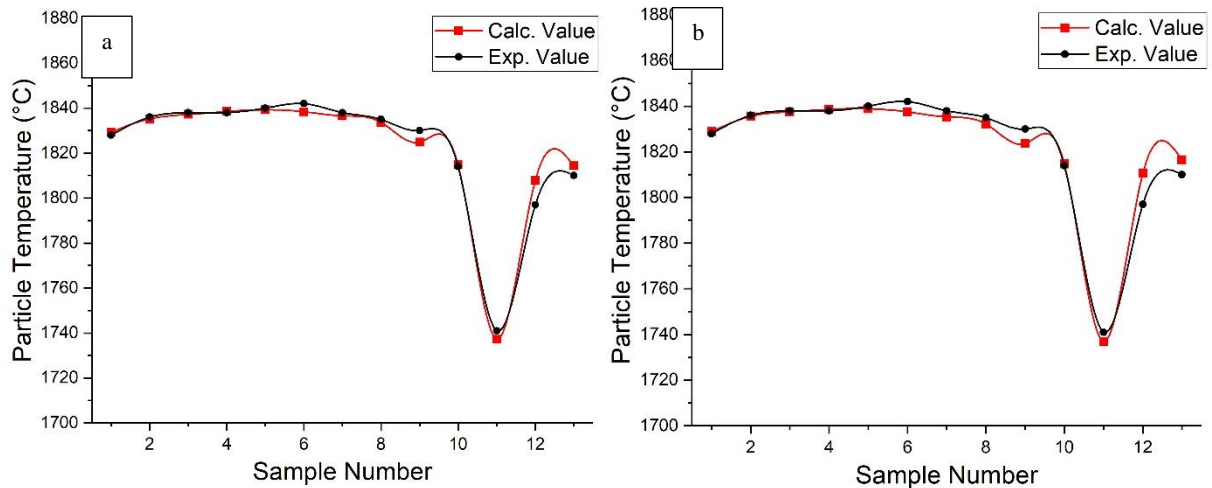
Similar with the models for particle velocity, two mathematical models generated with using 2<sup>nd</sup> degree non-linear polynomial and logarithmic equations (see Eq.2) for the output of particle temperature. The R<sup>2</sup> value obtained from nonlinear model was 0.978 while it was 0.965 for logarithmic model. These high R<sup>2</sup> values mean generated models explain the process parameters better enough. Also, as can be seen these models have simple structures too.

$$\text{Particle Temperature (nonlinear)} = 786.84 + 111.61k - 3.904k^2 - 0.3965o + 0.076ko - 0.0008o^2 \quad (2a)$$

$$\text{Particle Temperature (logarithmic)} = -41139.14 + 7500.64 \ln(k) - 1680.12 \ln(k^2) + 4877.5 \ln(o) - 590.64 \ln(o^2) + 3031.11 \ln(ko) \quad (2b)$$

Figure 2 shows the correlation between experimental values and calculated values obtained by regression models. As a result of high R<sup>2</sup> value good fitting obtained in these graphs too.





**Figure 2: Experimental and calculated values for particle temperature a. nonlinear model and b. logarithmic model.**

Also, an optimization analysis is made by using DE algorithm for particle temperature value. Since the aim was obtaining results for better particle flight behavior, we aimed for highest possible particle temperature for the optimization. With this manner our optimization results showed that with applying parameters  $k=21.6$  and  $\sigma=750$ , a particle temperature of  $1844\text{ }^{\circ}\text{C}$  can be achieved by nonlinear model. And with applying parameters  $k=22.97$  and  $\sigma=808$ , a particle temperature of  $1839\text{ }^{\circ}\text{C}$  by logarithmic model. Results showed that, while the optimization based on nonlinear regression model improved the obtained temperature, the optimization made by logarithmic model did not showed any improvement.

#### 4. Conclusion

In this study, the effect of WC-CoCr HVOF coating process parameters on the particle velocity and particle temperature are modeled mathematically by 2<sup>nd</sup> order nonlinear polynomial and logarithmic regression analysis. While the  $R^2$  values for particle velocity were same for both models, in the case of particle temperature nonlinear model showed higher  $R^2$  value. The optimum process parameters for each output were determined using DE algorithm. Optimization based nonlinear regression model improved both output results slightly while the optimization based logarithmic regression model was not able to show any considerable improvement.

#### 5. References

- Brownlee, J. (2011). *Clever Algorithms Nature-Inspired Programming Recipes ii. Information Technology focusing on Niching Genetic Algorithms*. Retrieved from <http://www.cleveralgorithms.com>
- Dongmo, E., Wenzelburger, M., & Gadow, R. (2008). Analysis and optimization of the HVOF process by combined experimental and numerical approaches, *202*, 4470–4478. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.04.029>
- Fang, W., Cho, T. Y., Yoon, J. H., Song, K. O., Hur, S. K., Youn, S. J., & Chun, H. G. (2008). Processing optimization , surface properties and wear behavior of HVOF spraying WC – CrC – Ni coating, *9*, 3561–3567. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.08.024>
- Fumo, N., & Rafe Biswas, M. A. (2015). Regression analysis for prediction of residential energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.035>
- Hong, S., Wu, Y., Wang, B., Zhang, J., Zheng, Y., & Qiao, L. (2017). crossmark. *Ceramics International*, *43*(1), 458–462. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.09.180>
- Marginean, G., & Utu, D. (2010). Surface & Coatings Technology Microstructure re fi nement and alloying of WC – CoCr coatings by electron beam treatment. *Surface & Coatings Technology*, *205*(7), 1985–1989. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2010.08.095>
- Murugan, K., Ragupathy, A., Balasubramanian, V., & Sridhar, K. (2014). Surface & Coatings Technology Optimizing HVOF spray process parameters to attain minimum porosity and maximum hardness in WC – 10Co – 4Cr coatings. *Surface & Coatings Technology*, *247*, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.03.022>
- Ozturk, S., Aydin, L., Kucukdogan, N., & Celik, E. (2018). Optimization of lapping processes of silicon wafer for photovoltaic applications. *Solar Energy*, *164*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.039>
- Picas, J. A., Punset, M., Baile, M. T., Martín, E., & Forn, A. (2011). Effect of oxygen/fuel ratio on the in-flight particle parameters and properties of HVOF WC-CoCr coatings. *Surface and Coatings Technology*, *205*(SUPPL. 2). <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2011.03.129>



Picas, J. A., Punset, M., Rupérez, E., Menargues, S., Martin, E., & Baile, M. T. (2019). Surface & Coatings Technology Corrosion mechanism of HVOF thermal sprayed WC-CoCr coatings in acidic chloride media. *Surface & Coatings Technology*, 371(February 2018), 378–388. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.10.025>

Pratihari, D. K. (2015). Traditional vs. non-traditional optimization tools. *Advances in Computational Optimization and Applications*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Dilip\\_Pratihari/publication/283344536\\_Traditional\\_vs\\_non-traditional\\_optimization\\_tools/links/5634db3508aeb786b702c16e/Traditional-vs-non-traditional-optimization-tools](https://www.researchgate.net/profile/Dilip_Pratihari/publication/283344536_Traditional_vs_non-traditional_optimization_tools/links/5634db3508aeb786b702c16e/Traditional-vs-non-traditional-optimization-tools)

Sadat, M., Hosein, M., & Salehi, M. (2016). Surface & Coatings Technology Effect of grinding parameters on the wear resistance and residual stress of HVOF-deposited WC – 10Co – 4Cr coating. *Surface & Coatings Technology*, 307, 886–891. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.09.067>

Wesmann, J. A. R., & Espallargas, N. (2016). Elucidating the complex role of surface oxides formed during sliding of self-mated warm sprayed WC-CoCr in different environments. *Tribology International*, 94, 360–372. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.09.043>

Zhao, L., Maurer, M., Fischer, F., Dicks, R., & Lugscheider, E. (2004). Influence of spray parameters on the particle in-flight properties and the properties of HVOF coating of WC-CoCr, 257, 41–46. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2003.07.002>

Zhao, L., Maurer, M., Fischer, F., & Lugscheider, E. (2004). Study of HVOF spraying of WC – CoCr using on-line particle monitoring, 185, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2003.12.024>



## OPTIMIZATION OF PLASMA SPRAY PARAMETERS OF AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> COATINGS USING DIFFERENTIAL EVOLUTION ALGORITHM

Fatih Sargin<sup>1</sup>, Kürşat Kanbur<sup>1</sup>, Savaş Öztürk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar University, Metallurgical and Materials Engineering

fatih.sargin@cbu.edu.tr, kursat.kanbur@cbu.edu.tr, savas.ozturk@cbu.edu.tr

\*Corresponding Author

### Abstract

Aluminum oxide – Titanium oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>) composite coating emerged with superior properties such as high corrosion resistance, chemical stability and bonding strength thanks to TiO<sub>2</sub> besides high wear strength of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Coating methods such as a sol-gel, micro-arc oxidation, flame spray and plasma spray are used to produce Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> coatings. Among these methods, atmospheric plasma spray (APS) coating method shows excellent properties such as high arc temperature and high coating adhesion strength. Atmospheric plasma spray coating method has some process parameters such as powder feed rate and gas flow rate, that effect the morphological properties of the coating. This study consists of two stages, firstly modeling of atmospheric plasma spray coating parameters were modelled by regression analysis in the production of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> composite coatings. In the second stage, using the Differential Evolution algorithm, optimum coating parameters were determined to meet the desired level of properties such as coating hardness and porosity rate.

**Keywords:** *Differential Evolution algorithm, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>, Regression, Plasma Spray*

### 1. Introduction

Wear is one of the most important problem that can be seen most of the mechanical parts working in dynamic conditions. In most of the cases wear leads them to failure or shortens their service life (K. Yang et al., 2019). The failure cost related to wear in an industrial nation can reach up to 2% of its gross national product (Volume, And, & 2002, 2018). To overcome this problem coating the surface of these parts with ceramic materials that have high wear resistance is a well-known solution.

Aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) is one of the emerging materials used for tribological coating applications, mostly because of its high hardness (Dallaire, Dube, & Fiset, 1999). In addition to that, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramics have high thermal stability, high strength, high thermal stress resistance, oxidation resistance and corrosion resistance (Krella, Krupa, Gazda, Sobczyk, & Jaworek, 2017; Z. Yang, Luo, Zhou, Zhu, & Huang, 2016). However brittle nature and low fracture toughness of these ceramics, prevents its applications in some cases (Dong, Jahanmir, & Hsu, 1991). One of the common approaches for improving tribological properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is mixing it with titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>). The relatively low melting point of TiO<sub>2</sub> increases the adhesion strength and wear resistance of coatings when it is used alongside the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (K. Yang et al., 2019). As a consequence, the coatings produced with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> powder mixture have outstanding wear and chemical resistance, better fracture toughness, high strength, excellent thermal shock resistance and low porosity rate (Krella et al., 2017; Wang et al., 2019; K. Yang et al., 2019). Because of its superior properties, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> coatings are being used in many applications such as; aviation, marine applications, aerospace industry, manufacturing equipment, automobile and printing industries, as well as textile and defense industries (Wang et al., 2019; Yusoff et al., 2012; Zou et al., 2018).

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> coatings can be produced with a variety of techniques such as; sol-gel, electrostatic deposition, micro arc oxidation, high velocity oxy fuel (HVOF), flame spray and atmospheric plasma spray (APS) (Krella et al., 2017; Shen et al., 2017; Simbar, Shanaghi, Moradi, & Chu, 2020; Singh, Grewal, Sekhon, & Rao, 2008; YOUNES et al., 2016). Among these methods, APS is one of the most important industrial technique with high plasma temperature and good bonding strength (Utu, Marginean, Hulka, Serban, & Cristea, 2015). Richter et al. produced Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-40wt.% TiO<sub>2</sub> coatings with plasma spray and observed powder characteristics on sprayability (Richter et al., 2019). Results showed that effect of feedstock powder has a great influence in the morphology of coating and additional experiments and optimization required for better understanding these properties. In another study, Z. Zou et al. investigated tribological property of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-13wt.% TiO<sub>2</sub> coatings deposited by APS method. The study revealed that hardness and bonding strength of coatings changed with the changing current (Zou et al., 2018).

APS technique has a wide range of parameters that can directly affect coating morphology and quality. Some of these parameters are powder feed rate, powder morphology, powder size distribution, gas flow rate, plasma gas composition, plasma jet temperature, spraying distance, and substrate temperature etc. Many studies have been made to understand the effect of these parameters. Authors generally rely on experimental data for process optimization, but it is both time consuming and costly. One of the solutions of this drawback is mathematical modelling and optimization of process parameters. Nonlinear regression models with high R<sup>2</sup> values can be used for optimization algorithms to understand the effect of process parameters in complex engineering applications such as APS technique (Ozturk, Aydin, Kucukdogan, & Celik, 2018).

In this study the experimental data which obtained from the study of Jafarzadeh et al. is used. With gas flow rate and powder feed rate parameters a simple mathematical modelling was made by regression analysis for the production of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub> composite coatings (Jafarzadeh, Valefi, & Ghavidel, 2010). After that, with using the Differential Evolution (DE) algorithm, optimum coating parameters were determined to meet the desired level of coating hardness, and porosity rate for wear resistant applications.



## 2. Materials and Methods

In many engineering applications, production parameters have different effects on the properties of the product. When this situation is considered statistically, it is expressed as the effects of independent variables on dependent variables. These relationships are investigated in a manner that also demonstrates response modelling and experimental modelling techniques. In regression analysis, the status of dependent variables is shown by mathematical models including independent variables. These models can be linear or non-linear depending on the complexity of that engineering application (Biggerstaff & Fox, 1998). Non-linear models can be in polynomial, logarithmic, trigonometric and rational forms due to the nature of the process described. The accuracy of these models can be checked by various stabilization tests and their proximity to the actual results can be determined by calculating the determination coefficient ( $R^2$ ) (Ozturk, Aydin, & Celik, 2018).

Optimization is defined as a mathematical process used to maximize or minimize a dependent variable using a model or global function prepared by regression analysis. In the implementation of optimization, the definition of all constraints that affect this dependent variable is necessary to find the best solution. It is also important to use an algorithm based on the nature of the dependent variable. The algorithms, which are divided into two groups as deterministic or stochastic, differ in terms of execution content (Rao, 2009; Sharma, Dhiman, Sehgal, & Sharma, 2008). For example, deterministic algorithms need derivative knowledge and others do not. Algorithms are random and generally perform approximate procedures with multiple iterations to find optimum results. Although stochastic algorithms are capable of producing acceptable high-quality solutions within a reasonable calculation time, they are flexible enough to quickly respond to changes in model, constraints and objective functions, but they do not always guarantee the optimum solution and sometimes local solutions can be obtained (Ozturk, Aydin, & Celik, 2018).

In this study, the stochastic algorithm of Differential Evolution (DE) is used. DE is one of the simple, powerful and population-based stochastic algorithms similar to the genetic algorithm in terms of operation. While this algorithm was initially used to solve unconstrained optimization problems, it has become one of the most preferred algorithms for challenging engineering problems including constraints. Detailed description of the DE can be found in Storn and Price (1997) (Storn & Price, 1997). The present study has explored the influence of the independent process parameters such as powder feeding rate (g/min), and hydrogen gas flow rate (L/min) on microhardness and Porosity percent of  $Al_2O_3$ -13%  $TiO_2$  coatings on carbon steel utilizing regression analysis and stochastic optimization methods. The ranges of the processing parameters and experimental results corresponding to Microhardness and Porosity percent are taken from Jafarzadeh et al. are given in Table 1 (Jafarzadeh et al., 2010).

## 3. Results and Discussion

For the optimization process firstly, mathematical modelling for coating hardness and porosity rate are made. The input parameters; gas flow rate and powder feed rate, and the experimental results which are porosity rate and coating hardness used for the regression analysis.

**Table 1: Coating parameters and experimental results (Jafarzadeh et al., 2010)**

Powder Feeding Rate (g/min)	Hydrogen Gas Flow Rate (L/min)	Porosity Rate (%)	Coating Hardness (HV)
20	12	6.1	890
20	14	2.8	1050
20	16	2.1	1390
25	12	6.9	865
25	14	3.9	975
25	16	2.7	1275
30	12	11.4	825
30	14	9.3	890
30	16	5.8	975

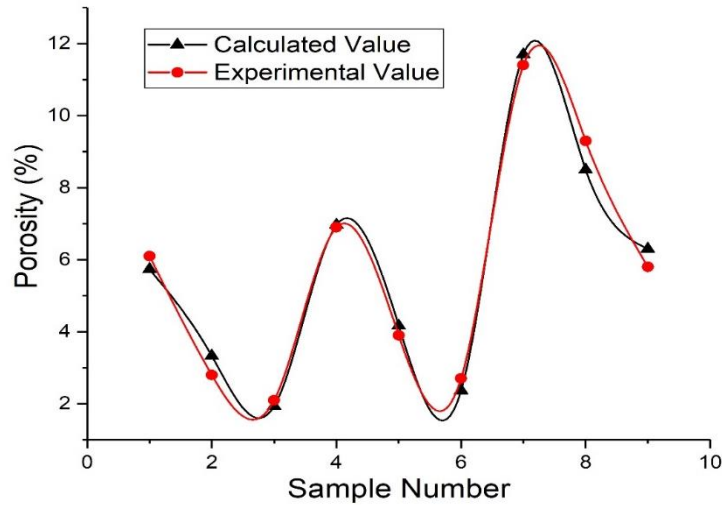
### 3.1. Porosity Rate

For the regression analysis, a mathematical model generated with using 2<sup>nd</sup> degree non-linear polynomial function (see Eq.1). In the modelling equation, f=powder feed rate, g=gas flow rate. The  $R^2$  value obtained from this model was 0.979 which means the newly generated model describes the process very well. Also, it can be seen that the generated model is very simple and effective.

$$\text{Porosity Rate} = 61.6 - 2.423f + 0.07f^2 - 3.649g - 0.039fg + 0.1249g^2 \quad (1)$$



Figure 1 shows that there is a remarkable degree of [consistence](#) between experimental value and calculated value with the regression modelling. As can be seen in Figure 1, the line which represents calculated value fits with the experimental values almost perfectly which is a result of high  $R^2$ .



**Figure 1: Experimental and calculated values for porosity ratio**

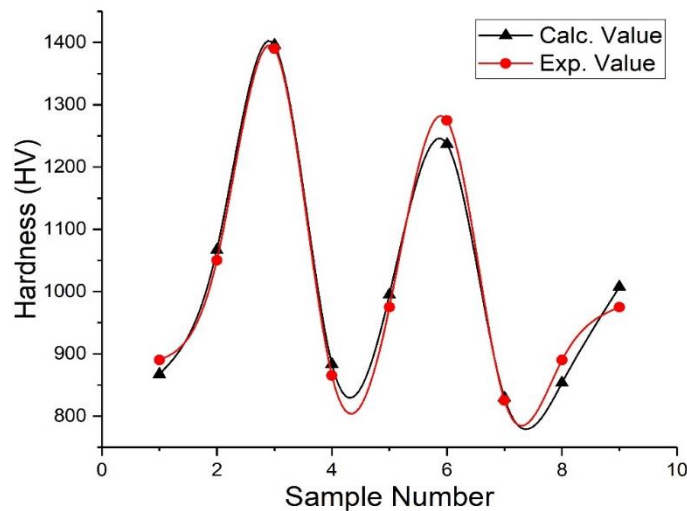
With using this highly accurate regression model, an optimization is made by DE algorithm. Since the aim was obtaining results for better wear resistance, we aimed lowest possible porosity rate for the optimization. With this manner our optimization results showed that with applying parameters  $f=21,88$  and  $g=16$ , a porosity rate of 1.685% can be achieved. It can be seen that, our optimization result decreased the porosity ratio greatly compared to lowest porosity ratio obtained by experimental procedure which is 2.1%.

### 3.2. Coating Hardness

Similar with the model for porosity ratio, a mathematical model generated with using 2<sup>nd</sup> degree non-linear polynomial function (see Eq.2) for the output of hardness. The  $R^2$  value obtained from this model was 0.982 which means this model explains the process parameters even better. Also, as can be seen generated model has a simple structure too.

$$\text{Coating Hardness} = -460.83 + 171.166f - 1.399f^2 - 147.9166g - 8.7499fg + 16.25g^2 \quad (2)$$

Figure 2 shows the correlation between experimental value and calculated value obtained by regression modelling. As a result of high  $R^2$  value good fitting obtained in this graph too.



**Figure 2: Experimental and calculated values for coating hardness ratio**





Also, an optimization analysis is made by using DE algorithm for hardness value. Since the aim was obtaining results for better wear resistance, we aimed for highest possible coating hardness value for the optimization. With this manner our optimization results showed that with applying parameters  $f=20$  and  $g=16$ , a hardness value of 1395.83 HV can be achieved. Results showed that, authors used best parameters for obtaining highest coating hardness value.

#### 4. Conclusion

In this study, the effect of  $Al_2O_3$ - $TiO_2$  APS coating process parameters on the coating porosity rate and coating hardness are modeled mathematically by 2<sup>nd</sup> order nonlinear regression analysis.  $R^2$  values of 0.979 and 0.982 for each output parameter. Then, the optimum process parameters for each output were determined using DE algorithm. The porosity rate result improved almost 20% with the help of optimization process. On the other hand, no significant improvement obtained for hardness value since optimization and experimental results were almost same.

#### 5. References

- Biggerstaff, B. J., & Fox, J. (1998). Applied Regression Analysis, Linear Models, and Related Methods. *Journal of the American Statistical Association*, 93(441), 400. <https://doi.org/10.2307/2669640>
- Dallaire, S., Dube, D., & Fiset, M. (1999). Laser melting of plasma-sprayed copper-ceramic coatings for improved erosion resistance. *Wear*, 231(1), 102–107. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(99\)00126-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(99)00126-X)
- Dong, X., Jahanmir, S., & Hsu, S. M. (1991). Tribological Characteristics of alpha-Alumina at Elevated Temperatures. *Journal of the American Ceramic Society*, 74(5), 1036–1044. <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1991.tb04340.x>
- Jafarzadeh, K., Valefi, Z., & Ghavidel, B. (2010). The effect of plasma spray parameters on the cavitation erosion of  $Al_2O_3$ - $TiO_2$  coatings. *Surface and Coatings Technology*, 205(7), 1850–1855. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2010.08.044>
- Krella, A. K., Krupa, A., Gazda, M., Sobczyk, A. T., & Jaworek, A. (2017). Protective properties of  $Al_2O_3 + TiO_2$  coating produced by the electrostatic spray deposition method. *Ceramics International*, 43(15), 12126–12137. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.06.070>
- Ozturk, S., Aydin, L., & Celik, E. (2018). A comprehensive study on slicing processes optimization of silicon ingot for photovoltaic applications. *Solar Energy*, 161, 109–124. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.12.040>
- Ozturk, S., Aydin, L., Kucukdogan, N., & Celik, E. (2018). Optimization of lapping processes of silicon wafer for photovoltaic applications. *Solar Energy*, 164, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.02.039>
- Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization: Theory and Practice: Fourth Edition*. *Engineering Optimization: Theory and Practice: Fourth Edition*. <https://doi.org/10.1002/9780470549124>
- Richter, A., Berger, L.-M., Sohn, Y. J., Conze, S., Sempf, K., & Vaßen, R. (2019). Impact of  $Al_2O_3$ -40 wt.%  $TiO_2$  feedstock powder characteristics on the sprayability, microstructure and mechanical properties of plasma sprayed coatings. *Journal of the European Ceramic Society*, 39(16), 5391–5402. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2019.08.026>
- Sharma, V. S., Dhiman, S., Sehgal, R., & Sharma, S. K. (2008). Estimation of cutting forces and surface roughness for hard turning using neural networks. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19(4), 473–483. <https://doi.org/10.1007/s10845-008-0097-1>
- Shen, Y., Tao, H., Lin, Y., Zeng, X., Wang, T., Tao, J., & Pan, L. (2017). Fabrication and wear resistance of  $TiO_2/Al_2O_3$  coatings by micro-arc oxidation. *Xiyou Jinshu Cailiao Yu Gongcheng/Rare Metal Materials and Engineering*, 46(1), 23–27. [https://doi.org/10.1016/s1875-5372\(17\)30071-1](https://doi.org/10.1016/s1875-5372(17)30071-1)
- Simbar, A. R., Shanaghi, A., Moradi, H., & Chu, P. K. (2020). Corrosion behavior of functionally graded and self-healing nanostructured  $TiO_2$ - $Al_2O_3$  - Benzotriazole coatings deposited on AA 2024-T3 by the sol-gel method. *Materials Chemistry and Physics*, 240(September 2019), 122233. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122233>
- Singh, H., Grewal, M. S., Sekhon, H. S., & Rao, R. G. (2008). Sliding wear performance of high-velocity oxy-fuel spray  $Al_2O_3/TiO_2$  and  $Cr_2O_3$  coatings. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 222(4), 601–610. <https://doi.org/10.1243/13506501JET362>
- Storn, R., & Price, K. (1997). Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization*, 11(4), 341–359. <https://doi.org/10.1023/A:1008202821328>
- Utu, I. D., Marginean, G., Hulka, I., Serban, V. A., & Cristea, D. (2015). Properties of the thermally sprayed  $Al_2O_3$ - $TiO_2$  coatings deposited on titanium substrate. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 51, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2015.03.009>
- Volume, R. B.-A. H., And, F. A., & 2002. (2018). Fundamentals of Wear Failures. In *Failure Analysis and Prevention* (pp. 901–905). <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v11.a0003558>
- Wang, L., Liu, S., Gou, J., Zhang, Q., Zhou, F., Wang, Y., & Chu, R. (2019). Study on the wear resistance of graphene modified nanostructured  $Al_2O_3/TiO_2$  coatings. *Applied Surface Science*, 492(June), 272–279. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.06.102>



- Yang, K., Li, J., Wang, Q. Y., Li, Z., Jiang, Y., & Bao, Y. (2019). Effect of laser remelting on microstructure and wear resistance of plasma sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-40%TiO<sub>2</sub> coating. *Wear*, 426–427(January), 314–318. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.01.100>
- Yang, Z., Luo, F., Zhou, W., Zhu, D., & Huang, Z. (2016). Design of a broadband electromagnetic absorbers based on TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>ceramic coatings with metamaterial surfaces. *Journal of Alloys and Compounds*, 687, 384–388. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.06.166>
- YOUNES, R., BRADAI, M. A., SADEDDINE, A., MOUADJI, Y., BILEK, A., & BENABBAS, A. (2016). Effect of TiO<sub>2</sub> and ZrO<sub>2</sub> reinforcements on properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coatings fabricated by thermal flame spraying. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 26(5), 1345–1352. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(16\)64237-1](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(16)64237-1)
- Yusoff, N. H. N., Ghazali, M. J., Isa, M. C., Daud, A. R., Muchtar, A., & Forghani, S. M. (2012). Optimization of plasma spray parameters on the mechanical properties of agglomerated Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-13%TiO<sub>2</sub> coated mild steel. *Materials and Design*, 39, 504–508. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.03.019>
- Zou, Z., Wang, Y., Zhou, F., Wang, L., Liu, S., & Wang, Y. (2018). Tribological property of plasma-sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-13wt%TiO<sub>2</sub> coatings onto resin-based composites. *Applied Surface Science*, 431, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.05.239>



## OPTIMIZATION OF PRODUCTION PARAMETERS OF VN THIN FILMS USING DIFFERENTIAL EVALUATION AND NELDER-MEAD ALGORITHMS

Kürşat Kanbur<sup>1</sup>, Fatih Sargin<sup>1</sup>, Savaş Öztürk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar University, Metallurgical and Materials Engineering

kursat.kanbur@cbu.edu.tr, fatih.sargin@cbu.edu.tr, savas.ozturk@cbu.edu.tr

\*Corresponding Author

### Abstract

Vanadium nitride (VN) thin film coatings are frequently used in applications where high hardness, chemical stability, high melting temperature, stable phase structure, high electrical conductivity and low costs are required for supercapacitors, chemical capacitors, rechargeable lithium coils and wear resistance applications. They are produced by methods such as ion beam deposition, chemical vapor deposition, sol-gel and magnetron sputtering. Among these methods, the magnetron sputtering method emerges because it controls of production parameters to obtain the desired properties in thin film. Optimization of production parameters of VN thin film produced by magnetron sputtering is extremely important for excellent coating surface properties. In this study, firstly, a second order nonlinear objective function was prepared by regression analysis using coating parameters such as substrate bias voltage, N<sub>2</sub> gas flow rate, substrate temperature and substrate rotational speed. After that, optimum coating parameters were determined to obtain the desired properties such as optimum coating thickness and surface roughness by using the Differential Evolution and Nelder-Mead algorithms.

**Keywords:** *Differential Evolution, Nelder-Mead, Vanadium nitride Thin film*

### 1. Introduction

Functional coatings are applied in various areas of industry to improve the materials surface properties (Veprek & Veprek-Heijman, 2008, Wu, Huang & Yu, 2019, Han et al., 2017, Smolik et al., 2015, Caicedo, Zambrano, Aperador, Escobar-Alarcon & Camps, 2011). Among them, metal nitride coatings are often used to improve the wear properties of tools, particularly drill bits (Veprek & Veprek-Heijman, 2008). There are several metal nitride coatings applications such as titanium nitride, chromium nitride, zirconium nitride and vanadium nitride [Veprek & Veprek-Heijman, 2008, Caicedo et al., 2011]. Among these, vanadium nitrides demonstrate unique property with self-lubricating at high temperatures [Wu et al., 2019].

Vanadium nitride (VN) coatings have properties such as high hardness, wear and corrosion resistance. Also, VN coatings show self-lubricating properties at high temperatures due to formation of vanadium oxide (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) layer on its (Wu et al., 2019, Han et al., 2017). Therefore, VN coatings can be preferred in high speed machining processes. Thanks to its feature, VN coatings could be substituted to titanium nitride coatings in machining tools coatings (Aghdam, H.A., 2014).

In order to produce thin VN coatings, magnetron sputtering process is one of the most commonly used methods (Aghdam, 2014). Magnetron sputtering process is defined as a magnetic field assisted physical vapor deposition method and is used to obtain high quality coatings (Mattox, 2010). However, in magnetron sputtering, there are many coating parameters and coating structure and properties are directly or indirectly influenced on coating parameters (Wu et al., 2019). In order to achieve the desired coating properties, it is necessary to optimization of the coating parameters.

Optimization process followed with regression analysis is utilized to define as mathematical formulas the relationship between process parameters and experimental results. It is aimed to obtain experimental results with mathematical formulas by using regression models. Also it is used to predict unknown experimental results (Ozturk, Aydin, Kucukdogan, Celik, 2018). The most used optimization method is Differential Evaluation method. Differential Evaluation is applied in many engineering areas such as solar cells, coatings and welding studies for optimizing experiments and processes (Aghdam, 2014, Turhan, 2017, Ozturk et al., 2018, Yalcin, 2011). Also Nelder Mead is another optimization method and it is used in several engineering areas like a Differential Evaluation (Ozturk et al., 2018, Yalcin, 2011, Artem, 2018, Ayakdas, 2018).

In this study, an optimization of magnetron sputtering process of an article that was made Wu et al., (2019), were made to determine optimum parameters for high coating thickness and low surface roughness. Wu et al., (2019) produced VN thin films with magnetron sputtering method. Various magnetron sputtering parameters have been designed according to Taguchi system by Chung-Kai Wu et al. Therefore, in this article, nine experiments were made with four experimental parameters (Wu et al., 2019). In the present study, with using parameters of Chung-Kai Wu's nine experiments, regression models are generated. In the optimization stage, the Differential Evolution and Nelder Mead algorithms were used to obtain high coating thickness and low surface roughness values.

### 2. Materials and Methods

In engineering processes, the parameters affect the results or each other. This relationship between them can be defined statistically by creating models via regression analysis. Regression models are linear or nonlinear and many applications can be defined by linear models, but when the process is complex, it can only be done with nonlinear models. Nonlinear models can be in logarithmic, trigonometric, power and rational forms according to the nature of the engineering process. At this stage, it shows the relationship of



a regression model with experimental data (Ozturk, Aydin, Celik, 2018). Or, more accurately, a series of statistical calculations are made to show how close the outputs are to the process when it is run with inputs. In these calculations, the error sum of squares (SSE) and the total sum of squares (SST) are calculated and then the determination coefficient ( $R^2$ ) is calculated by subtracting the ratio of SSE/SST from 1. The high  $R^2$  value is interpreted as that model may be more successful in predicting the process (Fox, 1997).

Optimization is a mathematical process used to achieve the best design to fulfill all defined constraints to obtain the desired purpose or objectives to be maximized or minimized in various applications. For this purpose, various traditional and non-traditional optimization algorithms have been developed. Models to be used with traditional ones must be differentiable (Rao, 2009). However, non-traditional optimization algorithms that do not require derivative knowledge are used in cases where many nonlinear terms can be difficult or impossible to take derivatives. Genetic Algorithms (GA), Differential Evolution (DE), Nelder-Mead (NM), and Simulated Annealing (SA), which have been used successfully in many engineering applications, have become popular among a large number of stochastic algorithms (Ozturk et al., 2018).

The present study has explored the influence of the independent process parameters such as substrate bias voltage (V), nitrogen flow rate (sccm), substrate temperature ( $^{\circ}$ C) and substrate rotational speed (rpm) on surface roughness and Coating Thickness of VN thin films utilizing regression analysis and stochastic optimization methods. The ranges of the process parameters and experimental results corresponding to surface roughness and coating thickness are taken from Wu et al (2019) are given in Table 1.

**Table 1. Process parameters relation with the experimental results of surface roughness and coating thickness (Wu et al., 2019).**

Experiments	Experimental Parameters					Experimental Results	
	Substrate Bias Voltage (V)	Nitrogen flow rate (sccm)	Substrate temperature ( $^{\circ}$ C)	Substrate rotational speed (rpm)	Coating Thickness (nm)	Surface Roughness (nm)	
E1	-40	1	150	10	774	14,9	
E2	-40	2	300	15	626	14,2	
E3	-40	3	450	20	531	13,8	
E4	-40	1	300	20	720	2,0	
E5	-40	2	450	10	570	0,8	
E6	-40	3	150	15	467	5,4	
E7	-40	1	450	15	649	1,3	
E8	-40	2	150	20	591	0,7	
E9	-40	3	300	10	478	0,6	

### 3. Results and Discussion

In this section, the regression analysis is generated with high  $R^2$  values. The functions determining the effect of four different parameters on the coating thickness and roughness were revealed. Also, according to optimization algorithms, high coating thickness and low surface roughness values and their parameters were obtained. The second-order non-linear regression model of magnetron sputtering parameters was shown as follows Equation 1 according to coating thickness (CT);

$$CT = 1211,03 - 11,2b + 0,03b^2 - 125,3n + 2,6bn - 13,4n^2 + 12,96r + 0,02br - 3,3nr - 0,05bnr - 0,14r^2 - 0,8t + 0,02bt - 0,09nt - 0,006bnt - 0,02rt + 0,03nrt - 0,001t^2 \quad (1)$$

In this formulation, b, n, t and r represent substrate bias voltage (V), nitrogen ( $N_2$ ) flow rate (sccm), substrate temperature ( $^{\circ}$ C) and substrate rotational speed (rpm), respectively.  $R^2$  value of this formulation is 0,988. The resulting coating thicknesses for the nine parameters used in the experiment and the coating thickness calculated by the function are shown in the Table 2. Experimental and calculated coating thickness are very close to each other. According to results, there is strong relation between coating parameters and coating thickness due to also high  $R^2$  value. Therefore, optimization was continued using this model.

**Table 2: Comparison regression model and experimental data.**

Experiments	Calculated Coating Thickness with Model (function) (nm)	Experimental Coating Thickness Data (nm) (Wu et al., 2019)
E1	784,333	774
E2	620,667	626



E3	526	531
E4	699,333	720
E5	580,667	570
E6	477	467
E7	659,333	649
E8	585,667	591
E9	473	478

The results of DE and NM algorithms were shown in Table 3 to reach the most coating thickness. When Table 3 is examined, the maximum coating thickness in both evaluation algorithms is 838.7 nm. According to results, the most suitable parameters to obtain high coating thickness, are 400 V substrate bias voltages, 1 sccm nitrogen flow rate, 150 °C substrate temperatures and 20 rpm substrate rotational speed in both algorithms. Therefore, this model has a high reliability to achieve high coating thickness because both optimization algorithms give same results.

**Table 3: Results of DE and NM algorithms to obtain maximum coating thickness**

Algorithms	Calculated Coating (nm)	Maximum Thickness	Substrate Bias Voltage (V)	Nitrogen Flow Rate (sccm)	Substrate Temperature (°C)	Substrate Rotational Speed (rpm)
DE	838,7		400	1	150	20
NM	838,7		400	1	150	20

The second-order non-linear regression model of magnetron sputtering parameters was shown as follows Equation 2 according to surface roughness (SR);

$$SR = 48,8 - 1,2b + 0,01b^2 - 1,3n + 0,05bn - 0,6n^2 + 0,9r - 0,02br - 0,08nr + 0,0005bnr + 0,006r^2 - 0,009t + 0,0003bt - 0,004nt - 0,000006bnt - 0,0005rt + 0,0006nrt - 0,00003t^2 \quad (2)$$

In the obtained formulation, b, n, t and r show substrate bias voltage (V), nitrogen (N<sub>2</sub>) flow rate (sccm), substrate temperature (°C) and substrate rotational speed (rpm), respectively. R<sup>2</sup> value was obtained as 0,971. The comparison of calculated and experimental results was shown in Table 4. According to results, surface roughness of calculated and experimental are very close each other. Therefore, there is strong relation between coating parameters and coating thickness due to also high R<sup>2</sup> value.

**Table 4: The results of experimental coating roughness and estimated coating roughness with the model**

Specimen Number	Calculated Coating Roughness with Model (function) (nm)	Experimental Coating Roughness Data (nm) (Wu et al., 2019)
E1	14,483	14,9
E2	13,6	14,2
E3	14,817	13,8
E4	2,833	2
E5	2	0,8
E6	3,367	5,4
E7	0,883	1,3
E8	0,1	0,7
E9	1,617	0,6



The results of DE and NM algorithms were demonstrated in Table 5. According to results in Table 5, the minimum surface roughness is 0,1 nm and required parameters were observed. In the Differential Evaluation algorithm, 70,6 V substrate bias voltages, 1,966 sccm nitrogen flow rate, 299,45 °C substrate temperatures and 18,15 rpm substrate rotational speed were found to reach minimum surface roughness. However, in the Nelder-Mead algorithm, 77,6 V substrate bias voltages, 2,047 sccm nitrogen flow rate, 449,99 °C substrate temperatures and 13,27 rpm substrate rotational speed are necessary.

**Table 5: Results of DE and NM algorithms to obtain minimum surface roughness**

Algorithms	Calculated Minimum Roughness (nm)	Substrate Voltage (V)	Bias	Nitrogen Flow Rate (sccm)	Substrate Temperature (°C)	Substrate Rotational Speed (rpm)
DE	0,1	77,6		2,047	449,99	13,27
NM	0,1	70,7		1,966	299,45	18,15

#### 4. 4. Conclusion

According to the results, produced both mathematical models related to process parameters for coating thickness and surface roughness gave very close results to the experimental results. In the optimization study, parameters were determined to obtain the highest coating thickness with using these mathematical models. The highest coating thickness can be achieved when a coating is made using these parameters. In the same way, parameters have been found to obtain the lowest surface roughness through the optimization study. The lowest roughness values can be obtained in a coating produced with these parameters.

#### 5. 5. References

- Veprek, S., & Veprek-Heijman, M. J. (2008). Industrial applications of superhard nanocomposite coatings. *Surface and Coatings Technology*, 202(21), 5063-5073.
- Wu, C. K., Huang, J. H., & Yu, G. P. (2019). Optimization of deposition processing of VN thin films using design of experiment and single-variable (nitrogen flow rate) methods. *Materials Chemistry and Physics*, 224, 246-256.
- Han, J., Zhang, Y., Liu, T., Huang, J., Xue, N., & Hu, P. (2017). Preparation of vanadium nitride using a thermally processed precursor with coating structure. *Metals*, 7(9), 360.
- Smolik, J., Mazurkiewicz, A., Słomka, Z., Bujak, J., Kacprzyńska-Gołacka, J., Garbacz, H., & Wiciński, P. (2015). Nanomultilayer coatings based on vanadium nitride. In *Solid State Phenomena* (Vol. 237, pp. 15-20). Trans Tech Publications.
- Caicedo, J. C., Zambrano, G., Aperador, W., Escobar-Alarcon, L., & Camps, E. (2011). Mechanical and electrochemical characterization of vanadium nitride (VN) thin films. *Applied Surface Science*, 258(1), 312-320.
- Aghdam, H.A.(2014). Manyetik alanda sıçratma yöntemi ile kaplanmış vn filmlerin yapısal, mekanik ve tribolojik özelliklerinin araştırılması (Master's thesis, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Mattox, D. M. (2010). *Handbook of physical vapor deposition (PVD) processing*. William Andrew.
- Turhan, F. (2017). 1100 serisi alüminyum malzemelerde TIG kaynağı ile oluşan kaynak dikiş geometrisinin optimizasyonu (Master's thesis, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ozturk, S., Aydın, L., Kucukdogan, N., & Celik, E. (2018). Optimization of lapping processes of silicon wafer for photovoltaic applications. *Solar Energy*, 164, 1-11.
- Yalcin, R. A. (2011). Optimization of Pigmented Coatings for Concentrating Solar Thermal Applications. In *ASME 2011 International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (pp. 1703-1713). American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
- Artem, H. S. (2018). Optimum design of composite hydrogen pressure vessels by stochastic search methods (Master's thesis, İzmir Institute of Technology).
- Ayakdaş, O. (2018). Design and development of the composite hydrogen storage tanks by using stochastic optimization methods (Master's thesis, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Ozturk, S., Aydın, L., & Celik, E. (2018). A comprehensive study on slicing processes optimization of silicon ingot for photovoltaic applications. *Solar Energy*, 161, 109-124
- Fox, J. (1997). *Applied regression analysis, linear models, and related methods*. Sage Publications, Inc.





Rao, S.S., 2009. Engineering Optimization: Theory and Practice. John Wiley & Sons. Sharma, V.S., et al., 2008. Estimation of cutting forces and surface roughness for hard turning using neural networks. J. Intell. Manuf. 19 (4), 473–483



# BİR LASTİK FABRİKASINDA ÇOKLU REGRESYON ANALİZİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TALEP TAHMİNİ

Seher Arslankaya

*Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya, Türkiye*

*aseher@sakarya.edu.tr*

## Özet

Yüksek miktarda üretim yapan işletmelerde en önemli veri taleptir. İşletmelerde yapılacak çalışmaların hemen hemen tamamına yakını, oluşacak talebin miktarına bağlıdır. İşletmeler devamlılıklarını sağlayabilmek için üretim miktarlarını birçok farklı değişkene göre ayarlamak zorundadırlar. Bu yüzden işletmelerin gelecek talep miktarını tahmin etmek ve üretimi modellemek bir zorunluluk olmuştur. Bu modellerden biri olan talep tahmini, ürün satışlarının bir sonraki dönem ne kadar olacağını belirlemek için, geçmiş verilerinden faydalanarak analiz edilmesi sürecidir. Ayrıca talebi etkileyecek diğer faktörlerdeki değişmelerin, talebi nasıl etkileyeceğinin tespitinde istatistiksel analizler kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan problemlerin çözümünde yapay sinir ağları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada amaç; talep tahmin yöntemleri kullanarak hesaplanan talep miktarları ile gerçekleşen talep miktarının karşılaştırılmış ve fabrika için en uygun talep tahmin yönteminin belirlenmiş ve işletmeye önerilerde bulunmak amacıyla uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Talep tahmini, regresyon analizi, yapay sinir ağları, istatistiksel analiz*

## 1. Giriş

İşletmelerin amacı, talebi karşılamak için mal ve hizmet üreterek bunları pazara sunabilmektir. Bu talep, müşterilerin üretilen ürünü belirli bir fiyatla almaya ikna oldukları rakamlardır (Tekin, 2009). Tahmin, bilinen parametrelerden faydalanarak bilinmeyen bir değer için gelecek değerinin kestirilmesidir. Talep tahmini ise müşterilerin ne kadar ürün talep edeceklerinin değişkenler aracılığıyla tahmin edilmesidir.

Üretim faaliyetlerinin planlamasında ilk hareket noktası, üretilmesi gereken veya istenen miktardır. İşletmelerde hammadde, yedek parça, yarı mamul, makine, insan gücü ve yatırım ihtiyaçlarının saptanmasında temel veri talep tahminleridir (Üreten, 1999).

Gelecekte talebin ne düzeyde oluşacağını bilmesi, daha doğru bir deyişle kestirilmesi, özellikle üretim planlama çalışmaları bakımından büyük önem taşımaktadır. Talebin doğru kestirilmesi kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi için de zorunludur. Ürüne pazarda oluşacak talebin işletme yöneticileri tarafından bilinmesi, buna göre bir takım kararlar alınmasında, hazırlıkların yapılmasında ve eyleme geçilmesinde önemlidir (Top ve Yılmaz, 2009).

Lastik sektöründeki ürün çeşitliliği ve ürün satışlarını ve taleplerini etkileyen kriterler düşünüldüğünde doğru tahmin yapmanın zorluğu ve önemi oldukça yüksektir. Oldukça sık bir şekilde kullanılan bu iki yöntem lastik fabrikasının 72 aylık verileri kullanılarak denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. Talep Tahmininin Önemi

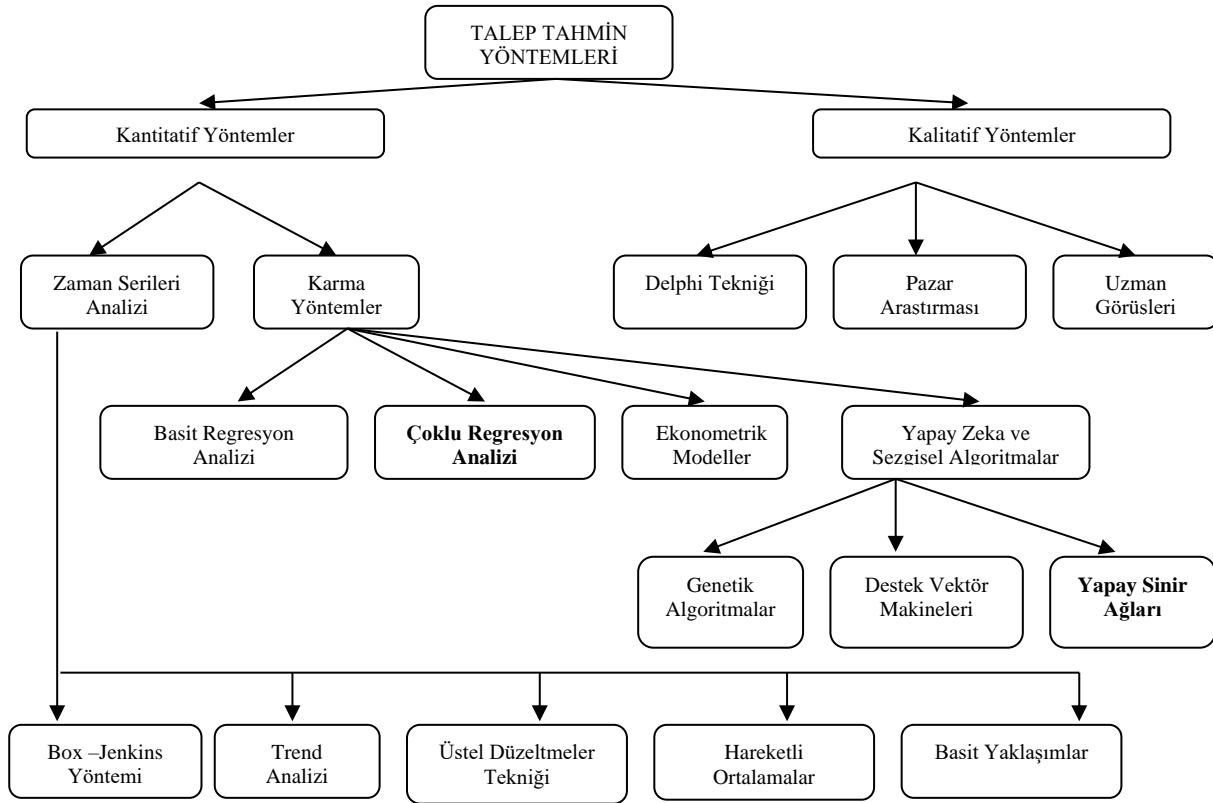
Üretim faaliyetlerinin planlamasında ilk hareket noktası, üretilmesi gereken veya istenen miktardır. İşletmelerde hammadde, yedek parça, yarı mamul, makine, insan gücü ve yatırım ihtiyaçlarının saptanmasında temel veri talep tahminleridir (Üreten, 1999). Gelecekte talebin ne düzeyde oluşacağını bilmesi, daha doğru bir deyişle kestirilmesi, özellikle üretim planlama çalışmaları bakımından büyük önem taşımaktadır. Talebin doğru kestirilmesi kapasite ihtiyaçlarının belirlenmesi için de zorunludur. Ürüne pazarda oluşacak talebin işletme yöneticileri tarafından bilinmesi, buna göre birtakım kararlar alınmasında, hazırlıkların yapılmasında ve eyleme geçilmesinde önemlidir (Top ve Yılmaz, 2009).

### 2.1. Talep Tahmin Yöntemleri

Talep tahmininde kullanılacak çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bunlar başlıca iki grupta toplanmaktadır. Bunlar; kalitatif (sayısal olmayan) yöntemler ve kantitatif (sayısal) yöntemlerdir (Çuhadar ve Kayacan, 2005). Kalitatif yöntemlerde, geçmişe ilişkin yeterli veri bulunmaması durumunda, kişisel yargı, deneyim ve uzmanlığına dayalı olarak tahmin oluşturulmaktadır. Kalitatif yöntemler konu ile ilgili uzman kişilerin bu alandaki gelişmelerin ne yönde olacağı hakkındaki düşünceleridir (Kılınç, 2015).

Kantitatif yöntemlerde ise veri çeşitli zaman aralıklarıyla yapılan ölçümlerle elde edilir. Kantitatif yöntemler geçmiş verilerden veya değişkenler arasındaki ilişkilerden yararlanılarak oluşturulmaktadır (Üreten, 1999). Talep araştırmasının geçerliliği kullanılacak yöntemden çok toplanan bilgilerin doğruluğuna bağlıdır. Bununla beraber yanlış yöntemin kullanılması doğru bilgilerin işe yaramaz hale gelmesine yol açmaktadır (Kobu, 1999).





Şekil 1 Talep tahmini yöntemleri

### 2.1.1. Çoklu Regresyon Analizi

Belirli bir bağımlı değişken birden çok bağımsız değişken ile ilişkili ise farklı bir tahmin metodu olarak çoklu regresyon analizi kullanılmaktadır (Top ve Yılmaz, 2009). Çoklu regresyon birden fazla değişken ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) ile bir bağımlı değişken ( $Y$ ) arasındaki ilişkiyi verir. Çoklu regresyon uygulamasında dikkat edilmesi gereken husus eklenecek bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni açıklamaya ne kadar katkı sağlayacağıdır. Bu katkı önemsiz veya küçükse modeli sadeleştirmek adına ilgili bağımsız değişken modelden çıkarılabilir. Regresyon denkleminde değişkenlerin katsayısı o değişkenin bağımlı değişkenle olan ilişkisinin kuvvetini göstermez. Değişkenler arasındaki ilişkinin kuvveti için korelasyon analizi yapılmalıdır (Karaca, 2015). Yönteme ait matematiksel eşitlik aşağıdaki gibidir (Özsoy, 2006).

$$Y_i = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (1)$$

$Y_i$  = Bağımlı değişken,  $X$  = Bağımsız değişken

$a$  = Regresyon doğrusunun başlangıç değeri  $b$  = Regresyon doğrusu eğimi,

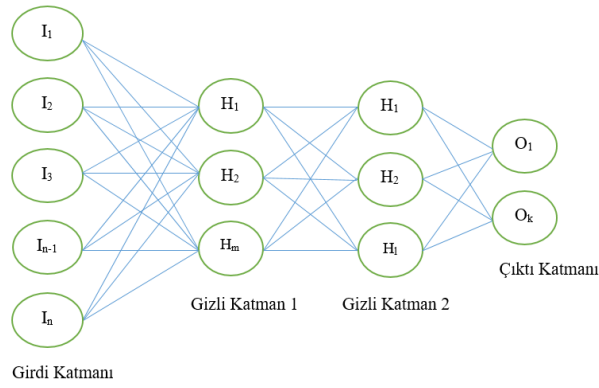
Bu eşitlik doğrusal bir fonksiyondur ve basit analizden farklı olarak bir regresyon katsayısı ( $b$ ) yerine  $n$  tane net veya kısmi regresyon katsayısı ihtiva etmektedir. Bu katsayıların her biri ile ilgili bağımsız değişkende meydana gelebilecek bir değişkenliğin bağımlı değişken üzerindeki etkisini ölçmektedir. Basit regresyon analizinde olduğu gibi çoklu regresyon fonksiyonuna varmak için en küçük kareler metodu kullanılabilir (Yoldaş, 2006).

### 2.1.2. Yapay Sinir Ağları

YSA, biyolojik sinir hücresinden esinlenerek geliştirilen yapay sinir hücrelerinin birleşmesiyle meydana gelmektedir. YSA'nın; doğrusal olmayan yapıları modelleyebilmesi, paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapabilme yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği ve hata toleransına sahip olması en önemli özelliklerindedir (Hamzaçebi, 2011). Bu öğrenme işlemi danışmanlı öğrenme olarak adlandırılmaktadır.

Mevcut problemin çözümünde danışmanlı öğrenme metodundan geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Bir yapay sinir ağının geri yayılım algoritmasıyla öğrenmesi; ileri ve geriye doğru hesaplama olmak üzere iki aşamadan oluşur. İleriye doğru hesaplama işleminde ağa gelen girdi değerleri ağırlık matrisleriyle işleme girerek çıktı değeri hesaplanır. Daha sonra ağırlık matrisiyle çıktı değeri ile gerçek değer arasındaki hata değerinin minimize edilmesi esas alınarak ağırlık matrisi geriye doğru yayılımı ile birlikte ağırlıkları yeniden düzenlenir. Bu işlem, ağın istenen çıktıyı ürettiği zamana kadar devam etmektedir.





Şekil 2: Çok katmanlı yapay sinir ağı yapısı

### 3. Uygulama

Şirketler için talep tahminleri kritik öneme sahiptir. Çünkü şirketler talep tahminleri doğrultusunda yatırım planlarını hazırlamakta ve üretim planı yapmaktadırlar. Ancak talep tahminini en uygun ve doğru şekilde yapabilmek için şirkete en uygun tahmin yönteminin belirlenmesi ve verilerin bu doğrultuda kullanılması gerekmektedir. Kantitatif yöntemlerin hepsinde geçmişe yönelik sayısal veriler kullanılıyor olsa da çıktılar aynı sonucu vermemekte ve işletmeleri büyük yanlışlara uğratabilmektedir. Bu sebeple talep tahmini yapılırken hangi yöntemin kullanılacağı işletmeler büyük bir soru işareti olmuştur. Bu fabrikada her geçen sene farklı talepler alınmakta ve ani gelişmelerde üretim planları değişebilmektedir. Bu sebeple üretilen 3 farklı ürün için ayrı ayrı tahminler yapılması gerektiğinden farklı tahmin yöntemleri denenecek ve 3 ürün için de en uygun talep tahmin yöntemi bulunacaktır.

#### 3.1. Talep Tahmini İçin Verilerin Toplanması

Talep tahminin ilk ve en önemli basamaklarından birisi verilerin toplanmasıdır. Verilerin doğru bir şekilde toplanmaması durumunda talep tahmini gerçeği yansıtmayacaktır. Talep tahmini yapılacak olan lastik fabrikasında 3 farklı türde lastik üretilmektedir. Otomobil lastikleri için ayrı, hafif ticari araç lastikleri için ayrı ve kış lastikleri için ayrı talep tahmini yapılacaktır. Bu talep tahminlerinin en doğru şekilde yapılabilmesi için talep tahmini yapılacak zaman aralığında kriterlerin alacağı en uygun değerleri saptamak gerekmektedir. Bu çalışma için ise bu kriterler şunlardır:

- Ülkenin aylık ortalama sıcaklığı,
- Otomobil ve hafif ticari araç satış miktarı,
- Ekonomik durum,
- Fabrikanın işgücü miktarı (çalışma saati).

Tablo 10:2019 yılı tahmini için kullanılacak kriterler ve değerleri

Aylar	Ort. Sıcaklık	Otomobil satışları	Hafif ticari satışları	Fabrika işgücü miktarı	Usd / try
Ocak	4	10979	3394	7	5,1645
Şubat	5,2	19205	5670	7	5,3371
Mart	7,7	38628	10593	7	5,5555
Nisan	14,3	36200	11000	7	5,9656
Mayıs	17	37500	10500	7	6,0512
Haziran	22	28000	5350	7	5,9850
Temmuz	24	29000	6100	7	6,0310
Ağustos	24	22000	5000	7	6,1021
Eylül	22	20000	4650	7	6,0745
Ekim	16	18000	4400	7	5,9900
Kasım	10	23000	10250	7	6,0876
Aralık	5	30000	11900	7	6,1293



**Tablo 11: Otomobil lastiği talep tahmini için kullanılacak veriler**

#	Yıl	Aylar	Wbr (otomobil)	Çalış. Gün	Ort. Sıcaklık	Otomobil satışları	Usd / try
1	2013	Ocak	96.486	6	7,5	25.835	1,759
2	2013	Şubat	112.668	6	8,5	36.814	1,799
3	2013	Mart	91.848	6	10,2	51.785	1,809
4	2013	Nisan	105.008	6	14,0	56.993	1,793
5	2013	Mayıs	92.240	6	19,9	62.383	1,876
6	2013	Haziran	136.768	6	23,4	58.290	1,929
7	2013	Temmuz	108.250	6	25,4	55.712	1,935
8	2013	Ağustos	155.354	6	26,5	51.611	2,040
9	2013	Eylül	113.082	6	22,1	52.925	2,019
10	2013	Ekim	115.609	6	15,2	46.985	1,996
11	2013	Kasım	100.920	6	14,1	64.117	2,020
12	2013	Aralık	87.316	6	7,2	101.199	2,146
...	...	...	...	...	...	...	...
70	2018	Ekim	152.326	7	18,0	16.809	5,584
71	2018	Kasım	102.009	7	12,0	46.204	5,213
72	2018	Aralık	128.608	7	7,5	60.843	5,289

**Tablo 12: Kış lastiği talep tahmini için kullanılacak veriler**

#	Yıl	Aylar	Wbr (otomobil)	Çalış. Gün	Ort. Sıcaklık	Otomobil satışları	Usd / try
1	2013	Ocak	89.418	6	7,5	35.523	1,759
2	2013	Şubat	87.209	6	8,5	48.307	1,799
3	2013	Mart	129.306	6	10,2	68.774	1,809
4	2013	Nisan	83.371	6	14,0	73.569	1,793
5	2013	Mayıs	79.021	6	19,9	81.468	1,876
6	2013	Haziran	47.100	6	23,4	74.096	1,929
7	2013	Temmuz	48.978	6	25,4	71.596	1,935
8	2013	Ağustos	49.593	6	26,5	65.043	2,040
9	2013	Eylül	37.103	6	22,1	67.963	2,019
10	2013	Ekim	45.699	6	15,2	58.014	1,996
11	2013	Kasım	67.260	6	14,1	79.301	2,020
12	2013	Aralık	59.450	6	7,2	129.718	2,146
...	...	...	...	...	...	...	...
70	2018	Ekim	168.618	7	18,0	21.571	5,584
71	2018	Kasım	235.495	7	12,0	58.204	5,213
72	2018	Aralık	239.779	7	7,5	77.706	5,289



**Tablo 13: Hafif ticari lastik talep tahmini için kullanılabilecek veriler**

#	Yıl	Aylar	Wbr (otomobil)	Çalış. Gün	Ort. Sıcaklık	Otomobil satışları	Usd / try
1	2013	Ocak	104.673	6	7,5	9.688	1,759
2	2013	Şubat	120.306	6	8,5	11.493	1,799
3	2013	Mart	109.709	6	10,2	16.989	1,809
4	2013	Nisan	101.337	6	14,0	16.576	1,793
5	2013	Mayıs	126.299	6	19,9	19.085	1,876
6	2013	Haziran	132.051	6	23,4	15.806	1,929
7	2013	Temmuz	114.018	6	25,4	15.884	1,935
8	2013	Ağustos	108.366	6	26,5	13.432	2,040
9	2013	Eylül	88.493	6	22,1	15.038	2,019
10	2013	Ekim	102.462	6	15,2	11.029	1,996
11	2013	Kasım	119.813	6	14,1	15.184	2,020
12	2013	Aralık	92.682	6	7,2	28.519	2,146
...	...	...	...	...	...	...	...
70	2018	Ekim	155.903	7	18,0	4.762	5,584
71	2018	Kasım	105.263	7	12,0	12.000	5,213
72	2018	Aralık	107.631	7	7,5	16.863	5,289

### Çoklu Regresyon Analizi ile Talep Tahmini

Çoklu regresyon analizi ile talep tahmini çalışması Excel Data Analysis Tool'da yapılacaktır. Katsayılar bulunduğundan sonra regresyon denkleminde yerine yazılıp 2019 yılına ait talep tahmini bulunacaktır. Regresyon analizi ile talep tahmini yapabilmek için Excel üzerindeki Data Analysis Tool kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıdaki denklemler elde edilmiş ve talep tahminleri bu denklemler ile hesaplanmıştır.

- Otomobil lastiği için elde edilen regresyon denklemi:

$$y = 23032,5x_1 + 2639,3x_2 - 0,27x_3 + 1555,42x_4 - 50867,7$$

Bu denklemde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ve  $x_4$  değerlerine sırasıyla 2019 yılına ait çalışılan gün, ortalama sıcaklık, otomobil satış miktarı ve dolar kuru eklendiğinde o aya ait talep tahmini bulunmuş olacaktır.

2019 yılı Ocak ayı için Tablo 1'deki Ocak ayı verileri kullanıldığında;

$$y = 23032,5 * 7 + 2639,3 * 4 - 0,27 * 10979 + 1555,42 * 5,1645 - 50867,7 = \mathbf{125956 \text{ adet}}$$
 otomobil lastiği talebi alacağını hesaplanabilir.

- Kış lastiği için elde edilen regresyon denklemi:

$$y = 27497,3x_1 - 3803,7x_2 - 0,11x_3 + 19175x_4 - 64875,9$$

Bu denklemde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ve  $x_4$  değerlerine sırasıyla 2019 yılına ait çalışılan gün, ortalama sıcaklık, toplam araç satış miktarı ve dolar kuru eklendiğinde o aya ait talep tahmini bulunmuş olacaktır.

2019 yılı Ocak ayı için Tablo 1'deki Ocak ayı verileri kullanıldığında;

$$y = 27497,3 * 7 - 3803,7 * 4 - 0,11 * 14373 + 19175 * 5,1645 - 64875,9 = \mathbf{209875 \text{ adet}}$$
 kış lastiği talebi alacağını hesaplayabiliriz.

- Hafif ticari lastik için elde edilen regresyon denklemi ise:

$$y = 21954,1x_1 - 165,5x_2 - 0,3x_3 - 2143,67x_4 + 324,5$$

Bu denklemde  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  ve  $x_4$  değerlerine sırasıyla 2019 yılına ait çalışılan gün, ortalama sıcaklık, hafif ticari araç satış miktarı ve dolar kuru eklendiğinde o aya ait talep tahmini bulunmuş olacaktır.

2019 yılı Ocak ayı için Tablo 1'deki Ocak ayı verileri kullanıldığında;





$y = 27497,3 * 7 - 3803,7 * 4 - 0,11 * 3394 + 19175 * 5,1645 + 324,5 = 141248$  adet hafif ticari araç lastiği talebi alacağımızı hesaplayabiliriz.

Yılın kalan ayları için de aynı hesaplamalar yapılmış ve bulunan tüm sonuçlar tablo 5’te gösterilmiştir.

**Tablo 14:Çoklu Regresyon Analizi ile 2019 Yılına İçin Talep Tahmini**

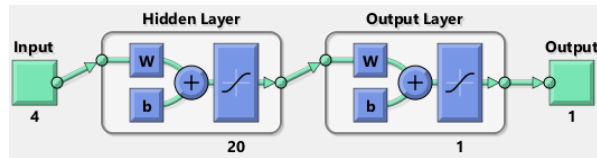
Aylar	Otomobil Lastiği Talebi Tahmini	Kış Lastiği Talebi Tahmini	Hafif Ticari Araç Lastiği Talebi Tahmini
Ocak	125956	209785	141248
Şubat	127149	207333	139994
Mart	128791	199236	137629
Nisan	147511	182226	135535
Mayıs	154416	173506	135056
Haziran	170100	154889	135922
Temmuz	175177	147964	135266
Ağustos	177197	150251	135445
Eylül	172420	157597	135941
Ekim	156998	179055	137190
Kasım	139951	202512	136211
Aralık	124910	221344	136452

### 3.2. Yapay Sinir Ağları ile Talep Tahmini

Yapay sinir ağları ile talep tahmini çalışması MATLAB programında Sinir Ağları Aracı’nda (Neural Network Tool) yapılacaktır. En iyi sonucu veren nöron sayılı ağ bilinmediği için çift katmanlı 10 nöronlu ve 20 nöronlu yapay sinir ağları denenecektir.

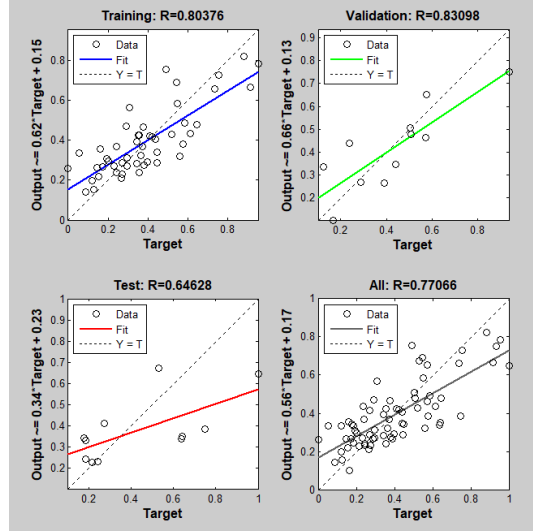
2 katmanlı 10 nöronlu ve 2 katmanlı 20 nöronlu talep tahmini yapıp çoklu regresyon ile karşılaştırılacak ve fabrika için en uygun tahmin yöntemi belirlenecektir.

#### Otomobil Lastikleri İçin Talep Tahmini (20 Nöron)



**Şekil 3:20 nöronlu yapay sinir ağı modeli**



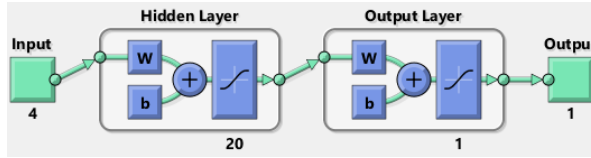


Şekil 4: 20 nöronlu ağı öğrenme sonrası çıktı grafikleri

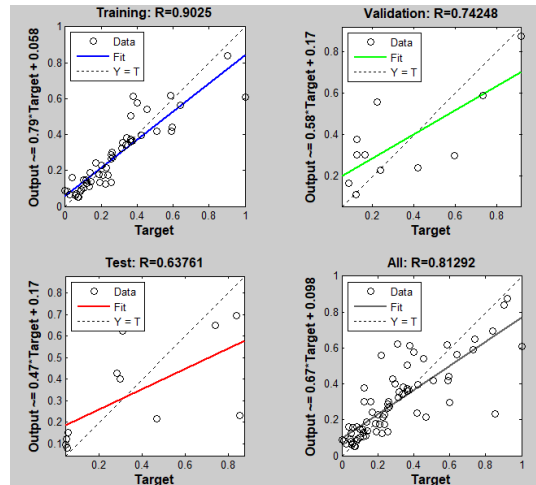
Tablo 15: 20 nöronlu YSA sonucu otomobil lastiği 2019 talep tahmini

20 nöronlu YSA ile otomobil lastiği talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	102759	114516	122198	138965	165740	188561	199930	196206	181098	161058	145287	120400

#### Kış Lastikleri İçin Talep Tahmini (20 Nöron)



Şekil 5: 20 nöronlu yapay sinir ağı modeli



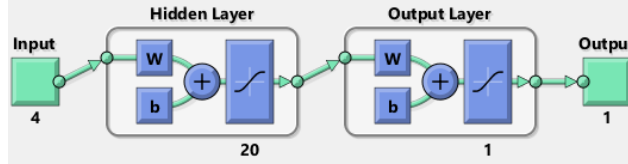
Şekil 6: 20 nöronlu ağı öğrenme sonrası çıktı grafikleri



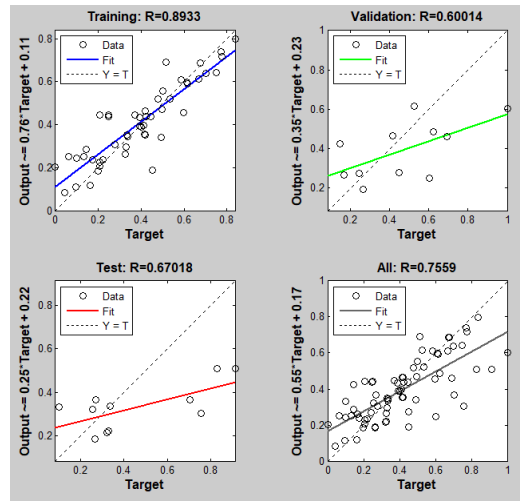
**Tablo 16: 20 nöronlu YSA sonucu kış lastiği 2019 talep tahmini**

20 nöronlu YSA ile kış lastiği talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	53176	105108	63010	164854	220615	194680	155305	174164	190043	191188	236734	220118

**Hafif Ticari Lastikler İçin Talep Tahmini (20 Nöron)**



**Şekil 7: 20 nöronlu yapay sinir ağı modeli**

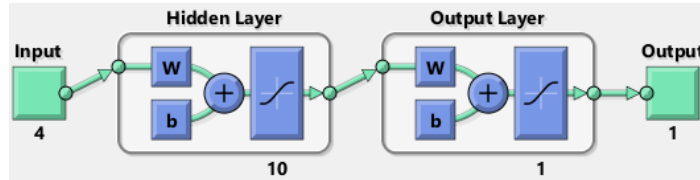


**Şekil 8:20 nöronlu ağıın öğrenme sonrası çıktı grafikleri**

**Tablo 17:20 nöronlu YSA sonucu hafif ticari lastik 2019 talebi tahmini**

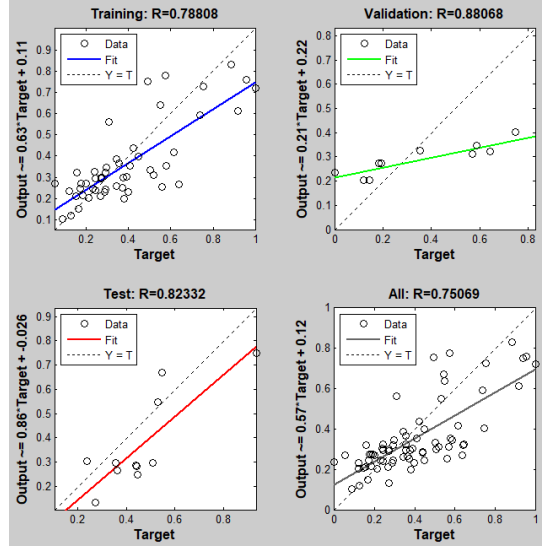
20 nöronlu YSA ile hafif ticari araç lastiği talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	144779	145339	120654	143099	99499	134903	157945	147038	125596	126481	145114	173059

**Otomobil Lastikleri İçin Talep Tahmini (10 Nöron)**



**Şekil 9: 10 nöronlu yapay sinir ağı modeli**



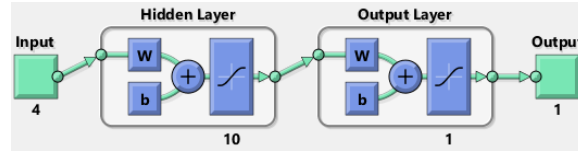


Şekil 10: 10 nöronlu ağı öğrenme sonrası çıktı grafikleri

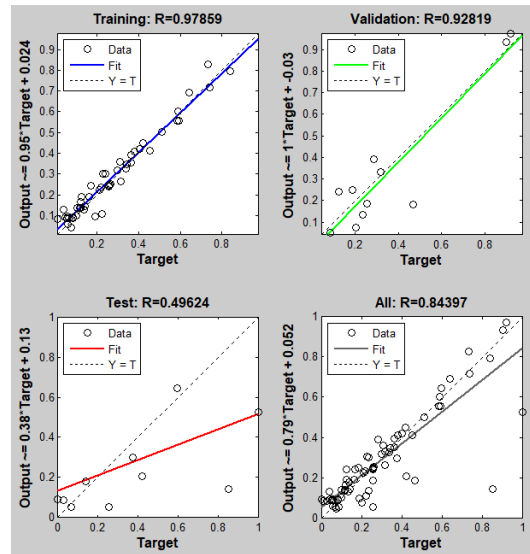
Tablo 18: 10 nöronlu YSA sonucu otomobil lastik 2019 talebi tahmini

10 Nöronlu YSA ile otomobil lastiği talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	112668	122400	187746	181746	184263	120017	125089	112317	108537	103172	119009	170534

Kış Lastikleri İçin Talep Tahmini (10 Nöron)



Şekil 11:10 nöronlu yapay sinir ağı modeli



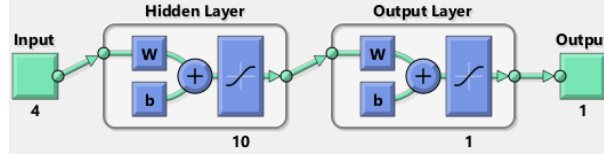
Şekil 12: 20 nöronlu ağı öğrenme sonrası çıktı grafikleri



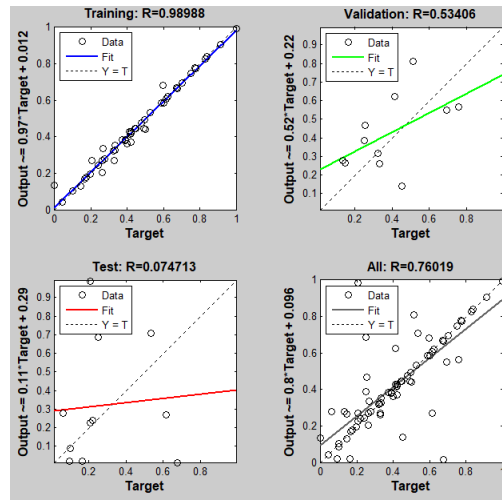
**Tablo 19: 10 nöronlu YSA sonucu kış lastiği 2019 talebi tahmini**

10 nöronlu YSA ile kış lastiği talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	256740	240467	70885	254941	255840	201663	229036	167737	128919	150324	248907	251367

**Hafif Ticari Lastikler İçin Talep Tahmini (10 Nöron)**



**Şekil 13:10 nöronlu yapay sinir ağı modeli**



**Şekil 14:20 nöronlu ağın öğrenme sonrası çıktı grafikleri**

**Tablo 20: 10 nöronlu YSA sonucu hafif ticari araç lastiği 2019 talebi tahmini**

10 nöronlu YSA ile hafif ticari lastik talep tahmini												
AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
TAHMİN	88493	88565	147977	88504	88493	90884	90556	89045	96913	155949	88506	88552

**3.3. Çoklu Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Sonuçlarının Karşılaştırılması**

İki tahmin yöntemini en doğru şekilde karşılaştırmak için tahmin yapılan verilerin gerçek değerlerini de bilmemiz gerekir. Ortalama mutlak yüzde hata hesabı yapılabilmesi ve hata oranlarının karşılaştırılabilmesi için 2018 yılının talep tahmini çoklu regresyon ve yapay sinir ağları ile hesaplanmış, Tablo 12 ve Tablo 13'te gösterilmiştir.

**Tablo 21:2018 yılı YSA ile talep tahmini**

		Gerçek veriler			10 nöronlu YSA tahminleri		
Yıl	AY	WBR (Otomobil)	HP (M+S)	RLT (Hafif Ticari)	WBR (Otomobil)	HP (M+S)	RLT (Hafif Ticari)
2018	Ocak	82.497	257.010	128.178	91.890	223.783	158.911
	Şubat	100.782	199.839	128.850	92.704	197.721	157.944
	Mart	74.895	221.689	160.583	84.929	212.854	143.271



	Nisan	97.330	198.275	163.193	108.389	173.185	180.598
	Mayıs	161.367	165.862	134.636	170.817	135.953	152.455
	Haziran	151.848	111.384	108.353	136.375	82.653	125.511
	Temmuz	199.506	93.263	169.152	171.467	100.635	167.273
	Ağustos	155.754	85.605	112.410	133.472	69.494	97.737
	Eylül	215.835	116.929	155.047	163.806	99.167	121.182
	Ekim	152.326	168.618	155.903	139.176	146.821	130.798
	Kasım	102.009	235.495	105.263	131.550	207.097	144.763
	Aralık	128.608	239.779	107.631	142.836	264.556	112.228
		<b>Gerçek veriler</b>			<b>20 nöronlu YSA tahminleri</b>		
<b>Yıl</b>	<b>AY</b>	<b>WBR (Otomobil)</b>	<b>HP(M+S)</b>	<b>RLT (Hafif Ticari)</b>	<b>WBR (Otomobil)</b>	<b>HP (M+S)</b>	<b>RLT (Hafif Ticari)</b>
2018	Ocak	82.497	257.010	128.178	97.009	211.248	147.932
	Şubat	100.782	199.839	128.850	87.665	187.708	139.529
	Mart	74.895	221.689	160.583	87.614	182.032	184.591
	Nisan	97.330	198.275	163.193	90.815	148.095	184.746
	Mayıs	161.367	165.862	134.636	166.491	120.278	154.694
	Haziran	151.848	111.384	108.353	147.428	85.209	123.683
	Temmuz	199.506	93.263	169.152	193.154	71.750	183.325
	Ağustos	155.754	85.605	112.410	130.306	105.776	105.655
	Eylül	215.835	116.929	155.047	179.019	79.265	135.013
	Ekim	152.326	168.618	155.903	100.432	128.682	128.275
	Kasım	102.009	235.495	105.263	128.952	186.948	150.824
	Aralık	128.608	239.779	107.631	146.671	200.692	137.498

**Tablo 22: 2018 yılı çoklu regresyon ile talep tahmini**

		<b>Gerçek veriler</b>			<b>Çoklu regresyon tahminleri</b>		
<b>YIL</b>	<b>AY</b>	<b>WBR (Otomobil)</b>	<b>HP (M+S)</b>	<b>RLT (Hafif Ticari)</b>	<b>WBR (Otomobil)</b>	<b>HP (M+S)</b>	<b>RLT (Hafif Ticari)</b>
2018	Ocak	82.497	257.010	128.178	117.082	198.225	152.034
	Şubat	100.782	199.839	128.850	129.310	151.638	149.903
	Mart	74.895	221.689	160.583	97.032	135.881	146.971
	Nisan	97.330	198.275	163.193	121.800	125.035	146.086
	Mayıs	161.367	165.862	134.636	176.660	123.096	148.014
	Haziran	151.848	111.384	108.353	173.646	114.882	150.048
	Temmuz	199.506	93.263	169.152	207.699	109.640	150.166
	Ağustos	155.754	85.605	112.410	197.071	142.847	163.423
	Eylül	215.835	116.929	155.047	227.078	142.674	162.364
	Ekim	152.326	168.618	155.903	209.910	146.288	161.281
	Kasım	102.009	235.495	105.263	147.429	153.794	137.153





Aralık	128.608	239.779	107.631	152.251	175.749	156.691
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Tüm bu yapılan talep tahminleri sonucunda sonuçların doğruluğunun testini hesaplamak için ortalama mutlak yüzde hata hesabı yapılmıştır. Bu yöntemin seçilmesinin sebebi ise hesaplama sonucunda yüzde olarak belirli bir hata oranı vermesi ve karşılaştırma yapılmasının kolay olmasıdır. Hata paylarının hesabında MAPE (Mean Absolute Percentage Error) (Ortalama Mutlak Yüzde Hata) metriği kullanılacaktır.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{j=1}^n \frac{e_j}{A_j} \quad (4)$$

A<sub>j</sub>: gerçek değer

e<sub>j</sub>: gerçek değer – tahmini değer

10 nöronlu yapay sinir ağları ile yapılan otomobil lastiği talep tahmini için MAPE hata oranı tablo 10'daki gibi hesaplanmıştır.

**Tablo 23: 10 nöronlu YSA ile yapılan tahmin için hata oranı hesaplanması**

Periyot	Gerçek	Tahmin	Hata	Mutlak Hata	Hatanın Karesi	Gerçek Bölünen Mutlak Değeri	Değerlere Hataların
t	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub>	(A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub> ) <sup>2</sup>	A <sub>t</sub> -F <sub>t</sub>  /A <sub>t</sub>	
1	82.497	91.890	-9393,248	9393,248	88233099,372	0,1139	
2	100.782	92.704	8078,069	8078,069	65255193,276	0,0802	
3	74.895	84.929	-10033,523	10033,523	100671577,198	0,1340	
4	97.330	108.389	-11058,965	11058,965	122300713,316	0,1136	
5	161.367	170.817	-9449,670	9449,670	89296260,380	0,0586	
6	151.848	136.375	15473,177	15473,177	239419210,154	0,1019	
7	199.506	171.467	28039,387	28039,387	786207195,382	0,1405	
8	155.754	133.472	22281,825	22281,825	496479744,376	0,1431	
9	215.835	163.806	52028,998	52028,998	2707016605,933	0,2411	
10	152.326	139.176	13150,471	13150,471	172934887,474	0,0863	
11	102.009	131.550	-29541,345	29541,345	872691062,491	0,2896	
12	128.608	142.836	-14227,694	14227,694	202427262,884	0,1106	
	<b>Toplam</b>		<b>55347,483</b>	<b>222756,370</b>	<b>5942932812,236</b>	<b>1,613</b>	

MAPE değeri için gerçek değere bölünen hataların mutlak değerleri toplamı periyot sayısına (12) bölünüp 100 ile çarpılmalıdır. Bu sonuç bize 13,444 oranını verir. Diğer tüm MAPE değerleri hesaplandığında Tablo 15'deki sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 24: Tahmin yöntemlerinin tüm lastik türlerinde ortalama mutlak yüzde hata oranları**

LASTİK TÜRLERİ	MAPE (ORTALAMA MUTLAK YÜZDE HATA)		
	10 nöronlu YSA	20 nöronlu YSA	Çoklu regresyon
WBR (Otomobil Lastiği)	13,4440	14,2895	23,7763
M+S (Kış Lastiği)	12,6407	21,4580	27,7207
RLT (Hafif Ticari)	15,9148	16,4139	20,2481

Tahmini veriler gerçek verilerle karşılaştırıldığında en düşük hata oranı Tablo 15'te görüldüğü üzere Yapay Sinir Ağları ile alınmıştır. Bu işletme için en uygun tahmin yöntemi 10 nöronlu YSA olmuştur.



#### 4. İstatistiksel Analiz

Yapılan çalışmada en iyi talep miktarını tahmin eden yöntemi belirlemek için istatistiksel analiz yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) normal dağılımlı bir seride üç ve daha fazla bağımsız ortalama arasındaki farkın manidarlığının hesaplanmasında kullanılır. ANOVA tek başına üç veya daha fazla grubun aritmetik ortalamalarını kümülatif olarak karşılaştırır; bu karşılaştırmalardan en az birisi anlamlı olduğunda ANOVA sonucu da anlamlı bulunur. Bu durumda hipotezler;

$H_0$ : Ortalamalar arasında fark yoktur.

$H_1$ : En az iki ortalama arasında anlamlı bir farklılık vardır.

**Tablo 25: Otomobil lastiği talep tahminleri**

Regresyon	10 nöronlu YSA	20 nöronlu YSA
147082	112668	102759
149310	122400	114516
147032	187746	122198
161800	181746	138965
176660	184263	165740
193646	120017	188561
207699	125089	199930
237071	112317	196206
227078	108537	181098
209910	103172	161058
177429	119009	145287
162251	170534	120400

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
REGRESYON	12	1956968,503	163080,7086	1765087092
10 NÖRON	12	1567409,517	130617,4598	924510857,8
20 NÖRON	12	1555556,276	129629,6897	1399185998

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	8695235507	2	4347617753	3,189910111	0,054133	3,2849
Within Groups	44976623433	33	1362927983			
Total	53671858940	35				

Tabloda hesaplanan p değeri  $\alpha$  değerinden (0,05) büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi kabul edilir. Diğer talep tahminleri için sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

Hafif ticari lastik talep tahminleri için anova sonuçları aşağıdaki gibidir:

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
REGRESYON	12	1824133,97	152011,1646	59471021,2
10 NÖRON	12	1692670,75	141055,8959	586633523



20 NÖRON 12 1775765,57 147980,4642 646730206,

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	736856410,2	2	368428205,1	0,85493108	0,434517	3,28491
Within Groups	14221182259	33	430944916,9			
Total	14958038670	35				

Burada p değeri 0,05'ten küçük olduğu için  $H_0$  hipotezi reddedilir.

Kış lastiği talep tahminleri için anova sonuçları aşağıdaki gibidir:

#### SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
REGRESYON	12	1719748,30	143312,358	636025437
10 NÖRON	12	1913920,65	159493,387	3977827299
20 NÖRON	12	1707683,75	142306,979	2549577093

#### ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	2232836447	2	1116418224	0,46754903	0,63062287	3,28491
Within Groups	78797728116	33	2387809943			
Total	81030564563	35				

Bu testin sonuçlarında ise p değeri  $\alpha$  (0,05) den büyük olduğu için  $H_0$  hipotezi kabul edilir.

### 5. Sonuç

Şirketler değişen talebe ve rekabete göre üretimlerine, yatırımlarına, satışlarına yönelik plan yapmaları gerekmektedir. İşletmeler dünyada değişen gelişmelere göre hızlı, etkin ve uygulanabilir programlara ihtiyaç duymaktadır. Tahmin konusu bu noktada çok büyük bir öneme sahiptir. Tahminler belirlenirken, tahmin yöntemlerinin özellikleri, yöntemin sınırları bilinmeli ve tahmin sonuçları doğru yorumlanmalıdır.

Literatürde birçok talep tahmin yöntemi vardır. Bu talep tahmin yöntemleri içerisinde çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağları yöntemleri bu çalışmada kullanılmıştır. Lastik sektöründeki ürün çeşitliliği ve ürün satışlarını ve taleplerini etkileyen kriterler düşünüldüğünde doğru tahmin yapmanın zorluğu ve önemi oldukça yüksektir. Oldukça sık bir şekilde kullanılan bu iki yöntem lastik fabrikasının 72 aylık verileri kullanılarak denenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu karşılaştırmanın sonucunda yapay sinir ağlarının daha az hata oranıyla talep tahmini yaptığı görülmüş ve bu fabrika için en uygun tahmin yöntemi olduğuna karar verilmiştir.

### 6. Kaynaklar

- [1] Tekin, M., Üretim Yönetimi, Günay Ofset, Konya, 2009.
- [2] Üreten, Sevinç, Üretim İşlemler Yönetimi (2. Baskı). Ankara: Nobel Yayınları, 1999.
- [3] Top, Aykut ve Erdal, Yılmaz., Üretim Yönetimi (2. Baskı), İstanbul: Yaprak Yayınları, 2009
- [3] Çuhadar, Murat ve Kayacan, Cengiz, Yapay Sinir Ağı Kullanarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, Turizm Araştırma Dergisi, 15(1), 25-30, 2005.
- [4] Kılınç, G., Yapay Sinir Ağları ile Yemekhane Günlük Talep Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2015.
- [5] Kobu, B. Üretim Yönetimi (10. Baskı). İstanbul: Beta Baskı, 1999.



- [6] Karaca, K., Araç Talep Tahmininde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Endüstri Mühendisliği, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015
- [7] Özsoy, E., Talep Tahminine Dayalı Müşteri Odaklı Üretim Planın Oluşturulması ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Üretim Yönetimi ve Endüstri İşletmeciliği Programı, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 2006.
- [8] Yoldaş, U. Can, Elektrik Enerjisinde yük Tahmini Yöntemleri ve Türkiye'nin 2005–2020 Yılları Arasındaki Elektrik Enerjisi Talep Gelişimi ve Arz Planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [9] Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., “Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”, Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Cilt 19, No 3, 227-233, 2004.



## IMPROVEMENT OF DIE CHANGE TIMES WITH SMED METHODOLOGY IN AN ALUMINUM MANUFACTURING COMPANY

Seher Arslankaya<sup>1\*</sup>, Hilal Kabacalı<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

aseher@sakarya.edu.tr , hilalkabacali.hk@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Abstract

In a world where consumption is so high and variable, companies are in a great competition because of the increasing and changing demands and needs. Therefore, companies can benefit from this competition when they use their resources as efficiently as possible. Customers always want to get the product they want in the quality they want, at an affordable price and on time. For this purpose, companies are focused on eliminating non-value added transactions. In this way, they avoid unnecessary waste of time, unnecessary costs and quality problems that may occur. In this study, die change times in CNC machine in an aluminum factory There is an unnecessary loss of time due to long die change times when switching to different profile types. Ergonomic comfort of operators cannot be provided due to long periods of change. In order not to change difficult dies, operators pretend that there is a malfunction in the machine and pass the die change to the next shift. Single Minute Exchange of Dies (SMED) was performed to eliminate the unnecessary and long time losses.

**Keywords:** CNC Machine, SMED, OEE Analysis, Simulation

### 1. Introduction

Firms want to avoid wasting as much as possible in the process of producing products or services in order to increase their profitability. One of the biggest wastes of companies that produce different kinds of products is wastes arising from the length of the die change time.

Lean production system is a form of system that aims to add value to the company in the way of reducing waste by increasing the quality in the product presentation process. It is everything that does not create value for the customer and the customer will not accept to pay extra price (Yalın, 2019). Tanık, has demonstrated how a SMED approach can be integrated into six sigma projects in line with the strategic objectives of the organization in a large company producing automotive parts (Tanık, 2010). H. Turan and G. Turan show the contribution of lean manufacturing to hospitals (Turan, 2015).

Kılıç (2016), determination of the value related to lean production in the production process of a company producing gasket, mapping the value flow, drawing system, 5S, SMED, one piece flow, cellular manufacturing, kaizen, poka-yoke, total efficient maintenance, quality circles, heijunka, contributed to the literature by applying principles and techniques such as shojinka (Kılıç, 2016). Taşdemir and Akyüz used SMED technique to reduce die change times in a company operating in the automotive sector (Taşdemir and Akyüz.) Jan applied SMED technique in the mixing process in a flat glass processing factory (Jan,2016).

In a CNC machine in an aluminum production factory, die change times are shifted to different profile types and unnecessary time loss occurs due to long die change times. Ergonomic comfort of operators cannot be ensured due to long periods of change. In order not to change difficult dies, operators pretend that there is a malfunction in the machine and pass the die change to the next shift. In this study, SMED - Single Minute Exchange of Dies study was performed to eliminate unnecessary and long time losses.

### 2. Material and Method

SMED, one of the lean manufacturing techniques, has been used to eliminate unnecessary and long time losses caused by die change times in a CNC machine in an aluminum factory.

#### 2.1. Lean Production System

The lean production system was first introduced in Toyota Factories. Its purpose is to eliminate muda, mura and muri. Muda (non-value added): These are wasted movements that extend work completion times, cause unnecessary movements to buy a material or tool, create excess stock or result in any kind of waiting (Muda, 2019). Mura (unbalanced load): means unbalanced work on factors that add value such as people and machines (Mura, 2019). Muri (overload): The overload of equipment and operators, with more force and effort than allowed, over a longer period of time, want to work with a higher performance (Muri, 2019). According to Taiichi Ohno, overproduction, waiting, transportation, overprocessing, overstock, movement, error are among the 7 major wastes that need to be destroyed. (Yedi israf, 2019).

Inaccurate layout, organizational defects, length of adjustment and repair times, inadequate processes, inefficient relations with suppliers, inadequate quality of raw materials, inadequate forms of conduct, failure to evaluate customer complaints are the major causes of waste.



### **2.1.1. Benefits of Lean Production System**

The benefits of lean production system can be summarized as follows: (Bulut, 2012):

- Lean production eliminates waste and resources are driven to create more value
- Reduces costs and ensures efficiency in worker and machine use.
- Increases customer satisfaction, customers can provide them more appropriate, better quality, cheaper products and services.
- Gives flexibility to adapt to market conditions.
- Accelerates cash flow and increases firm profitability and competitiveness.

Companies applying the lean manufacturing approach show significant improvements especially in raw material and intermediate stocks.

The main strategy of lean production is to increase speed, reduce flow time and improve quality, cost and delivery performance at the same time. It also uses some techniques to make these improvements. Kanban System, one-piece flow, 5S, total productive maintenance (TPM), U-Lines, Poka-Yoke, SMED lean production techniques (Taşdemir, Akyüz, 2012).

## **2.2. SMED**

First applied by Japanese engineer Shigeo Shingo, this technique shortens the setup time and increases the efficiency of production and enables the production of small batches.

The most important constraint on the ability of companies to produce with small batches is the job adjustment times during die changes. Rapid die change and quick adjustment enable the elimination of trial production and flexible production with small lots (SMED, 2019). Setup; is the time taken for the change of the model or product type in processes that produce for more than one product or model, the time between the last quality of the previous model and the first quality of the new model. (Setup, 2019).

### **2.2.1. Benefits of SMED**

Reduction in set-up times leads to the following positive effects on production (Tanık, 2010):

- Allows the transition to a flexible production system due to the reduction of production lots.
- Unplanned downtime and reduced workmanship occur due to reduced set-up times.
- Provides an increase in OEE (Total Equipment Efficiency) value from the machine performance indicators.
- Production or manufacturing costs are reduced.
- Reduction in time loss facilitates compliance with delivery times.

### **2.2.2. Steps of SMED Implementation**

SMED preparation processes are examined in two categories as internal and external transactions (Sarı, 2017):

Internal preparation: It is inevitable to remove the old die and start production by replacing the old die, stopping the machine and interrupting production during this period. External preparation: These are the activities that can be performed while the machine is running and the production is continued. These; bringing the die to be connected, cleaning the dismantled die, maintaining the dismantled die and transporting it to its place on the shelf.

There are 3 stages an enterprise should take when applying to SMED. These; (Taşdemir ve Akyüz, 2012)

1. Separation of internal and external preparation processes,
2. Translating internal preparation to external preparation,
3. To apply SMED separately for internal and external preparation

## **3. Improvement of Die Change Times in an Aluminum Manufacturing Company**

In an aluminum factory, on a CNC machine that processes different kinds of profiles, the setup time taken when the profile is changed takes too long. Due to the long set-up time, the production quantity is low and does not have flexible production. Operators can be adjusted for a very long time, their comfort is impaired ergonomically. At the same time, because the die change takes a long time, the operators do not want to change the die on their shift. Therefore, they process more profiles than needed and leave the next die change process to the other shift. Thus, although they seem to have produced more tonnage, most of the extruded profiles are scrap at the end of their waiting period.





### 3.1. Review of Current System

A CNC machine in an Aluminum sector is shown in Figure 1. 1 operator is employed in the CNC machine and 3 shifts are working. There is 1 hour space for each shift meal and tea breaks, CNC machine does not work in these spaces. It was observed that the setup times were very long for 4 profile types examined on CNC machine. Profile types were examined in 2 groups and 2 different SMED studies were applied.

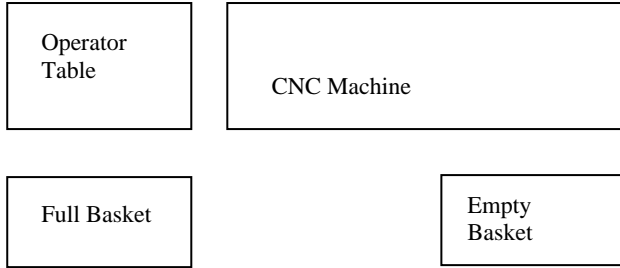


Figure 1. CNC Current status

### 3.2. Set Up and Cycle Time Measurement

For this example, the standard times and setup times of profiles A, B, C, D were measured. Profiles A, B and C, D as a group were studied as two groups due to the proximity of standard times and set up times.

### 3.3. Shortening Set Up Times

The processing steps of the die change times of profiles C, D are given in table 1.

As shown in Table 1, work steps 1, 4, 5, 9, 15 and 20 show the times lost due to the setting. For example, it was searched for suitable tools and apparatus for the new profile to be processed and checked to see if it was suitable and it was a waste of time. Work steps 2, 3, 6, 7, 10, 13, 14, 16, 17, and 21 show the times lost due to die change. For example, the removal of the removed jaw apparatus with air can be performed while the CNC machine is processing the next profile. Work steps 8, 12 and 18 show the times lost due to transport. For example, the jaw apparatus trolley can be replaced when the CNC machine is profiling. Work steps 11, 19, 22, 23 and 24 show small time losses that are not related to work. For example, the operator can edit the desk or search the drawing for the next profile while the CNC machine is running.

FSTCAM program was written in order to shorten the set up times, all the apparatus was ready for the product and the screws were connected to the apparatus, the operators were trained and the step file was provided to the CNC computer. Thus, the die change time of 85 minutes has been reduced to 45 minutes.

The die change steps of profiles A, B are given in table 2. As shown in Table 2, work steps 1, 4, 5, 8 and 18 show the times lost due to settings. Work steps 2, 3, 6, 9, 12, 13 14, 15 and 19 show the times lost due to die change. Work steps 7, 11 and 16 show the times lost due to transport. Work steps 10, 17, 20, 21 and 22 show minor losses not related to work. FSTCAM program was written in order to shorten the set up times, all the apparatus was ready for the product and the screws were connected to the apparatus, the operators were trained and the step file was provided to the CNC computer. Thus, the die change time of 70 minutes was reduced to 50 minutes

Table 1. First Group Set Up Operations

No	Work Step	Time			Notes	Type / Die Change	Moving / Walking	Wait Time	Adjustment	Other
		Start	Finish	Min.						
1	Calling the CAM program for the profile to be processed (checking the operations on the STEP file because the program is not ready, making the necessary arrangements and writing the program for the first time) and positioning the jaws	0,0	29,0	29,0	If the program had already been prepared Processing time = 5 min.				X	
2	Removing the jaw apparatuses (if any) from the previous profile from the bench	29,0	30,5	1,5	Should be done with hand brace	X				
3	Air cleaning of detached jaw apartments	30,5	30,8	0,3	Must be converted to	X				



					external processing				
4	Searching for suitable tools and apparatus for the profile to be processed, checking whether the found apparatus is suitable	30,8	36,0	5,2	All apparatus should be ready for the product				X
5	Connecting the jaw apparatus (Screws to the apparatus considered suitable)	36,0	42,5	6,5	Screws must be attached to the apparatus				X
6	Re-cleaning by holding air to the counter	42,5	43,5	1,0	Repeated operation must be done once	X			
7	Jaws are attached to the jaws	43,5	45,0	1,5	Number of jaws variable Hand brace should be used	X			
8	Replacement of the chin apparatus trolley	43,5	43,8	0,3	Not left where it is, should be put in place after production starts		X		
9	A more experienced operator improves the program (height adjustment)	43,2	49,3	6,1	Every operator has this capability should be. Also, if the STEP file is suitable, this process will not be necessary (This process will be reduced to 1.8 minutes).				X
10	Retightening of the jaws after adjustment (front)	49,3	50,8	1,5	Natural settings for the first time	X			
11	Non-business activities (Table editing, technical drawing search...)	50,8	51,8	1,0	These operations should be converted to external processing if necessary.				X
12	Unnecessary walking	51,8	52,3	0,5	These operations should be converted to external processing if necessary.		X		
13	Re-tightening the jaws (back side)	52,3	53,8	1,5	Natural settings for the first time	X			
14	Placing the profile to be processed on the jaws and testing whether it is seated	53,8	56,8	3,0	Natural settings for the first time	X			
15	Caliper measurement and registration to program the height of the jaw apartments	56,8	60,8	4,0	Natural settings for the first time				X
16	Controlled machining of the first profile by pressing the Start button	60,8	67,3	6,5	Natural for the first time	X			
17	Cleaning the bench by holding air	67,3	68,3	1,0		X			
18	Taking the processed profile from the bench and putting it on the table	68,3	69,3	1,0			X		
19	Measurement of profile with caliper and tape measure	69,3	70,8	1,5					X
20	Correction of the program after the profile is found to be inappropriate (jaw apparatus height)	70,8	75,8	5,0	Natural settings for the first time				X
21	Processing and processing of a new profile	75,8	80,3	4,5		X			
22	Measurement of profile with caliper and tape measure	80,3	81,0	0,7					X
23	Saving measured values to process control form	81,0	82,0	1,0					X





16	Taking the processed profile from the bench and putting it on the table	50,9	52,9	2,0		X			
17	Measurement of profile with caliper and tape measure	52,9	54,9	2,0					X
18	Correction of the program after the profile is found to be inappropriate (jaw apparatus height)	54,9	59,9	5,0	Natural settings for the first time			X	
19	Processing and processing of a new profile	59,9	65,4	5,5		X			
20	Measurement of profile with caliper and tape measure	65,4	67,9	2,5					X
21	Saving measured values to process control form	67,9	68,9	1,0					X
22	Non-business activities	68,9	70,0	1,1	These operations should be converted to external processing if necessary.				X

### 3.4. Measurement of Increase in Machine Efficiency by OEE Analysis

The benefit of SMED can be seen through OEE analysis for increased machine efficiency and simulation for increased production.

To determine the availability rate, we should look at how much downtimes are experienced. When the historical data is examined, there is a 3% pattern change. There have been 31 die changes in the production of 1037 long pieces. In 416 short parts changes, die changes were made 12 times. Since the die change of long pieces is 85 min in the first case and the die change of short pieces is 70 min, the total stop time is  $31 * 85 + 12 * 70 = 3475$  min.

$$\text{Availability Rate} = \frac{37800 - 3475}{37800} * 100 = \%90,8$$

In order to calculate the performance ratio, the amount of product realized and how long it is expected to be realized should be known. As shown in Table 3, the cycle time of the production of 1037 short pieces is 17 minutes and the cycle time of the production of 416 long pieces is 37 minutes. The ratio of the number of parts produced to the total number of parts is calculated and the weighted cycle times are calculated by multiplying the cycle time by this ratio. Weighted cycle time is the time taken to produce 1 piece. The number of parts produced in 1 minute is determined by  $1 / \text{weighted cycle}$ .

Working time is 34325 min. Since 0.088 pieces are produced in 1 minute, the number of pieces produced in 34325 min is  $34325 * 0.088 = 3020$  pieces.

**Table 3. Number of Initial Production Ideal (pcs / min)**

Profile	Piece	Rate	Cycle Time	Weighted Cycle
C	1037	0,713696	17	12,13282863
D	416	0,286304	37	10,59325533
	1453			11,36304198
				0,088004603

$$\text{Performance Rate} = \frac{1453}{3020} * 100 = \%48.$$

The quality rate is 100% since it is not scrap.

$$\text{OEE Analysis} = \%90,8 * \%48 * \%100 = \%43,7$$

As shown in Figure 2 before the application of SMED, the usability of the CNC machine is 90.8%, the performance is 48.1%, the quality is 100%, the OEE is 43.7%.



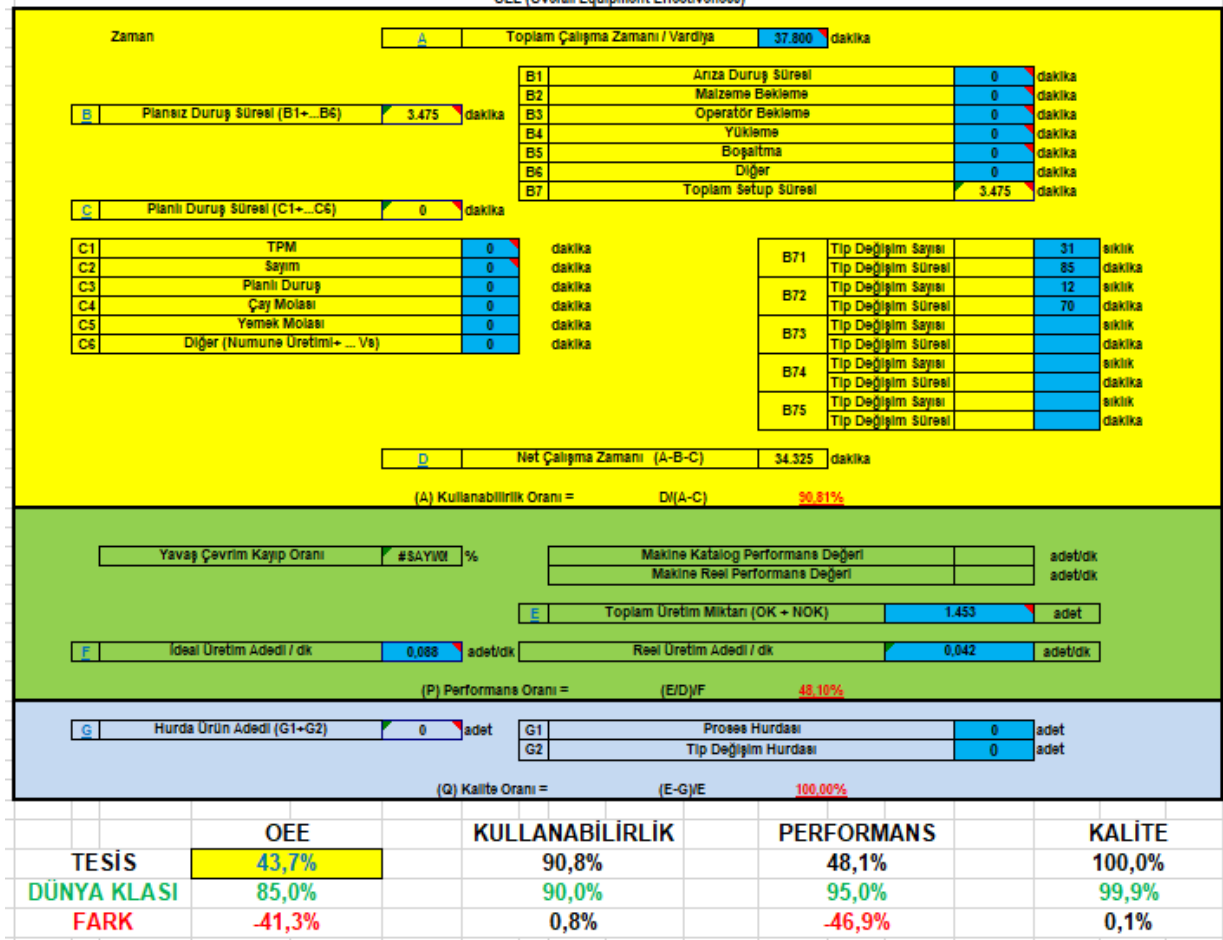


Figure 2. Initial State OEE Analysis

To determine the usability rate, we should look at how much downtimes are experienced. In the production of 1223 long pieces, die changes have been made 37 times. In 502 short parts changes, die changes were made 15 times. Since the die change of the long parts is 45 min in the last case and the die change of the short parts is 50 min, the total stop time is  $37 * 45 + 15 * 50 = 2415$  min.

$$\text{Availability Rate} = \frac{37800 - 2415}{37800} * 100 = \%93,6$$

In order to calculate the performance ratio, the amount of product realized and how long it is expected to be realized should be known. As shown in Table 4, the cycle time of the production of 1223 short pieces is 17 minutes and the cycle time of 502 long pieces is 37 minutes. The ratio of the number of parts produced to the total number of parts is calculated and the weighted cycle times are calculated by multiplying the cycle time by this ratio. Weighted cycle time is the time taken to produce 1 piece. The number of parts produced in 1 minute is determined by  $1 / \text{weighted cycle}$ .

The time worked was 35385 min. Since 0.087 pieces are produced in 1 minute, the number of pieces produced in 35385 minutes is  $35385 * 0.087 = 3078$  pieces.

Table 5. End-State Ideal Production (pcs / min)

Profile	Piece	Rate	Cycle Time	Weighted Cycle
A	1223	0,708986	17	12,05275362
B	502	0,291014	37	10,76753623
	1725			11,41014493
				0,087641306

$$\text{Performance} = \frac{1725}{3078} * 100 = \%56$$

The quality rate is 100% since it is not scrap.



OEE Analysis= %93,6\*%56\*%100=%52

As shown in Figure 3, the availability of the CNC machine increased to 93.6%, the performance increased to 55.6%, and the quality remained constant at 100%. OEE increased to 52.1%.

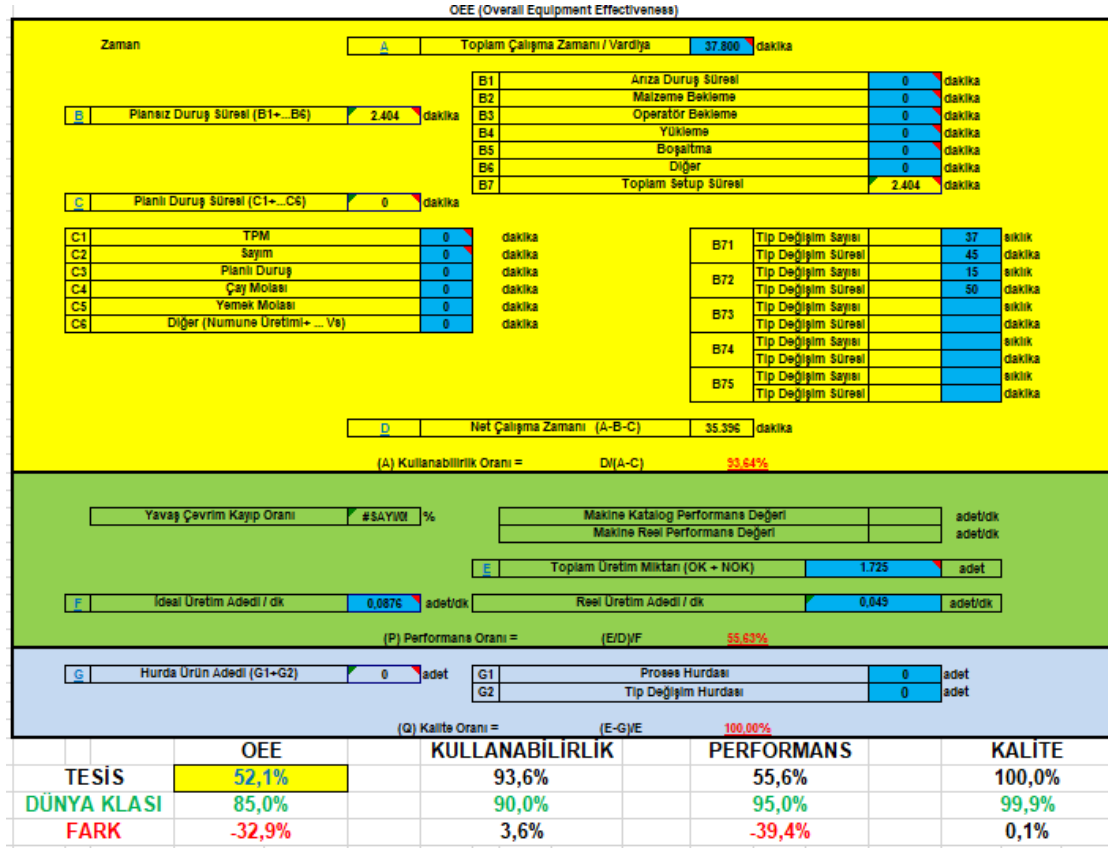


Figure 3. Final State OEE Analysis

### 3.5. Measurement of Increase in Production with Arena Simulation

In this study, simulation study was performed in Arena simulation program. Random distribution was used during the time of arrival. The product was found to have 2 different possibilities and the shorter probability was 70%. When the setup frequencies are examined, it is stated that 3% setup is done daily. Figure 4 shows the system made with arena simulation.

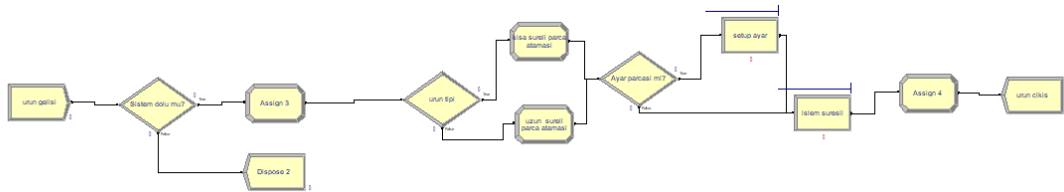
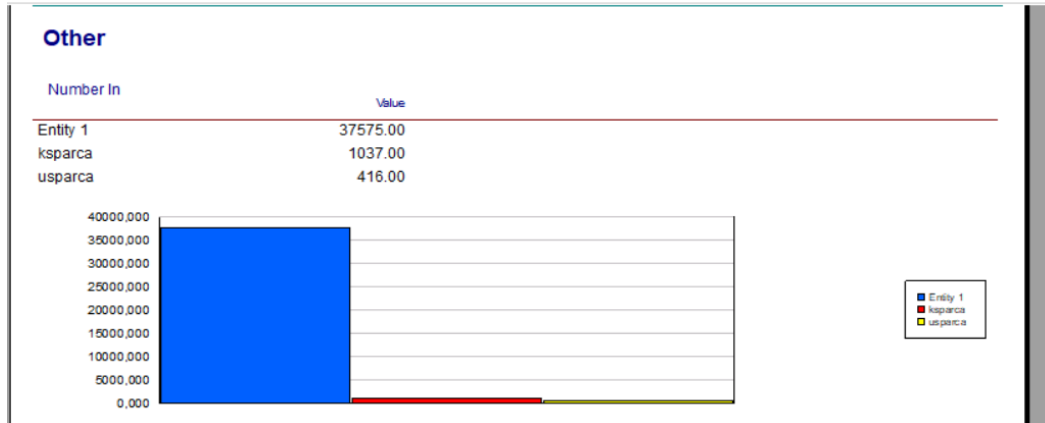


Figure 4. Simulation with Arena

As shown in Figure 5, the number of short pieces produced in the present case is 1037 and the number of long pieces is 416.

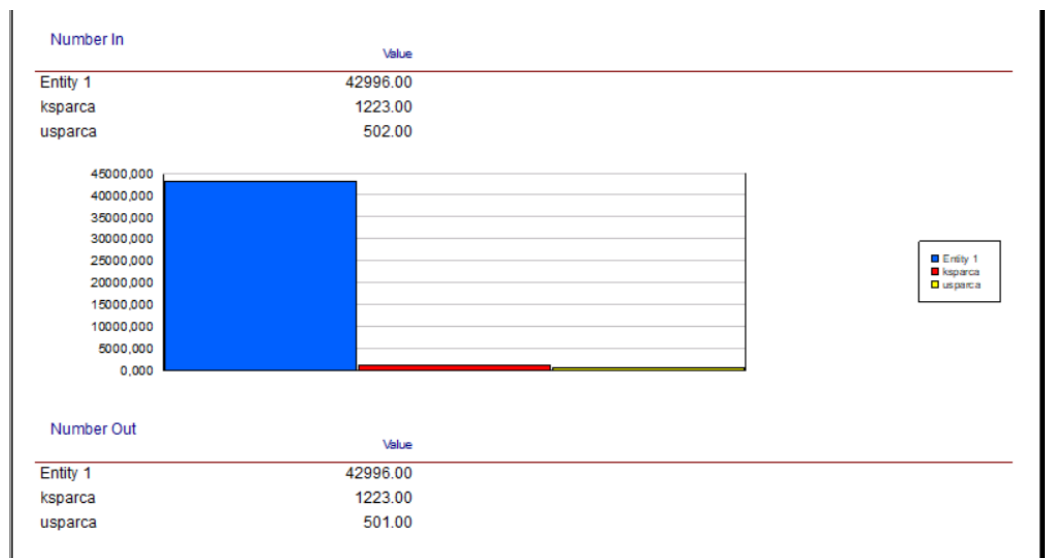






**Figure 5. Initial Condition Result**

In Figure 6, the number of short pieces produced in the SMED post-run case is 1223 and the number of long pieces is 502.



**Figure 6. Final Situation Conclusion**

The efficiency of the machine has been increased from 43.7% to 52.1% with the SMED study. The number of parts produced on the CNC machine increased from 1453 in 1724.

### 3.6. Statistical analysis

In this application, t-test was used. The t test was applied in the SPSS program between the die change times of the six observations made before the SMED application and the six observations after the SMED was applied to the CNC machine. In the example performed as in Figure 7, the result is 0,000, which means that the improvements have an effect on the die change time. In order to understand whether the effect of the improvement study is positive or negative, the mean section is looked at in the paired samples statistics. It can be said that the mean section in the paired samples test section improved approximately 40 minutes. It can be said from the 95% confidence interval of the difference section that the 95% confidence interval ranges from 36 to 43 minutes.



→ **T-Test**

[DataSet1]

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	İlk_Hal	85,0000	6	2,96648	1,21106
	Son_Hal	45,0000	6	2,52982	1,03280

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	İlk_Hal & Son_Hal	6	,107	,841

Paired Samples Test									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	İlk_Hal - Son_Hal	40,00000	3,68782	1,50555	36,12987	43,87013	26,568	5	,000

**Figure 9. Effect of Improvements on Die Change Result1**

According to the other result, sig (2-tailed) result is less than 0.05 shows that it gives significant results. In the example as in Figure 10, the result is 0,000, which means that the improvements have an effect on the die change time. To see whether the effect of the improvement study is positive or negative, look at the mean section in the paired samples statistics. It can be said that the mean section in the paired samples test section improved approximately 20 minutes. It can be said from the 95% confidence interval of the difference section that the 95% confidence interval will vary between 17 and 22 minutes.

→ **T-Test**

[DataSet2]

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	İlk_Hal	70,0000	6	1,67332	,68313
	Son_Hal	50,0000	6	2,28035	,93095

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	İlk_Hal & Son_Hal	6	,157	,766

Paired Samples Test									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	İlk_Hal - Son_Hal	20,00000	2,60768	1,06458	17,26341	22,73659	18,787	5	,000

**Figure 10. Effect of Improvements on Die Change Result2**

**4. Result**

With the rapid growth and development of production systems, customers want to reach their orders as quickly as possible in the quality and price they want. Therefore, companies work to eliminate or reduce all non-value added jobs in their production systems.

Therefore, in this application, SMED study was performed for 2 dies on a CNC machine in an aluminum sector. Die changes of 4 different profiles were examined and die changes were formed in 2 groups because they were similar. FSTCAM program was written in advance and the apparatus was supplied ready to product. Operators were trained about the work they performed and the step change file was reduced by making the step file suitable for the CNC machine.



The die change time for the first group was reduced from 85 min to 45 min, and for the other group the die change time was reduced from 70 min to 50 min. Monthly OEE analysis; availability increased from 90.8% to 93.6%. Performance rate increased from 48.1% to 55.6%. The quality rate remained constant at 100%. The overall efficiency of the machine has increased from 43.7% to 52.1%. Looking at the change in the amount of production in the simulation, monthly production increased from 1453 to 1724.

Operators do not make long and long die changes in non-ergonomic conditions and thus face less health-damaging factors. Operators continued to produce with the same die to avoid die change and production was made to stock so that a large amount of production was made in tonnage but the products produced were out of stock for a certain period of time waiting for scrap. Reducing the die change time, unnecessary scrap was eliminated and more flexible and stock-free production was achieved.

## 5. References

- [1] Bulut S., 2012, Beyaz Eşya Yan Sanayi Sektöründe Erp Ve Yalın Üretim Olgunluğu Analizi Ve Otomotiv Yan Sanayi İle Kıyaslama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Haziran 2012.
- [2] Jan, 2016, The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line, 2016
- [3] Kılıç A., 2016, Otomotiv yan sanayinde yalın üretim uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.
- [4] Muda, 2019, <http://yalinuygulamalar.blogspot.com/2014/04/muda-muri-mura-nedir.html>, 2019
- [5] Mura, 2019, <https://medium.com/@ebrucvsoglu/yalin-uretim-muda-muri-mura-nedir-a1362550ae19>, 2019
- [6] Muri, 2019, <https://yalindanismanlik.com.tr/muda-muri-mura-kavramlari-ve-yalin-uretim/>, 2019
- [7] Setup, 2019, <https://yalindanisman.com/oe-uygulama-rehberi-3/>, 2019
- [8] Sarı E.B., 2017, Modern Üretim Sistemlerinde Smed İle Hazırlık Sürelerinin İyileştirilmesine Yönelik Sanayi Uygulaması, İzmir.
- [9] Tanık M., 2010, Kalıp Ayar Sürelerinin Smed Metodolojisi İle İyileştirilmesi: Bir Yalın Altı Sigma Uygulaması, Muğla Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Muğla, 2010.
- [10] Turan H., Turan G., Sağlık Sisteminde Yalın Üretim Uygulamaları, Kocaeli, Sağlık Akademisyenleri Dergisi, Kocaeli, Bursa, Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 2015.
- [11] Taşdemir U., Akyüz U., Mayıs 2012, Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Setup Sürecinin İyileştirilmesi, İzmir.
- [12] Yalın, 2019, <https://lean.org.tr/yalin-uretim-felsefesi/>, 2019
- [13] Yedi israf, 2019, <http://www.gembapartner.com/muda-israf/>, 2019



## TRAKTÖR ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA KONUM AĞIRLIKLIL Dengeleme ve COMSOAL YÖNTEMİ İLE MONTAJ HATTI Dengeleme

Seher Arslankaya

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

aseher@sakarya.edu.tr

### Özet

Günümüzde gittikçe yaygın hale gelen yalın üretim felsefesi ve sürekli iyileştirme düşünceleri ile israf noktalarının en aza indirilmesi, hat verimliliklerinin en büyüklenmesi gibi amaçlar oluşmaktadır. Ürün çıktı miktarını ve ürün kalitesini artırmak, müşteri teslim süresini ve üretim maliyetlerini azaltmak için yapılacak olan her türlü iyileştirme, global pazarda firmalar için zorunlu hale gelmiştir. Otomotiv ve otomotiv yan sanayi kuruluşlarında ana proses olarak belirlenen montaj hatlarındaki kayıpların belirlenmesi ve en aza indirilmesi, kuruluşlar açısından ciddi miktarda verimlilik artışlarına neden olmaktadır.

Traktör üretimi yapan bir firmanın montaj hattının bir bölümünde gözlemlenen atıl sürelerin fazlalığı sonucunda bu çalışmanın yapılması gerektiğine karar verilmiştir. Çalışmanın amacı; atıl süreleri en aza indirgeyerek kuruluşun verimliliğini ve montaj hattının etkinliğini artırmaktır. Çalışmada, Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi'nden yararlanılmıştır. Bu yöntem sonucunda hat üzerindeki istasyon ve operatör sayısında değişiklik açığa çıktığı gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Montaj Hattı, Montaj Hattı Dengeleme, Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi, COMSOAL Yöntemi, Verimlilik, Hat Etkinliği

### 1. Giriş

Montaj hattı, iş istasyonlarının malzeme taşıma sistemiyle birleştirilmesiyle oluşan bir sistemdir. Smontaj hattının amacı bir ürüne ait motajı gerçekleştirip bitmiş ürün haline getirmektir (Özdemir vd. 2004). Montaj hatlarının performansı, üretim süreçlerinin genel performansı üzerinde önemli ölçüde etkiye sahiptir. Çok sayıda firma, süreçlerinin performansını artırmak amacıyla montaj hattı kurmaktadır.

Özkan (2003), yüksek lisans tezinde, ARÇELİK-LG Gebze Klima İşletmesi'nde dış ünite bandına ilişkin son hat üzerinde genetik algoritma yöntemiyle hat dengeleme yapmış olup, bunu sonucunda genetik algoritmanın bulacağı çözüm ile varolan sistem arasında performans kıyaslaması yaparak genetik algoritma çözümünün etkinliğini ortaya koymayı amaçlamıştır. Şeber (2004), yüksek lisans tezinde, elektrik malzemeleri üretimi yapan EMFA firmasının aydınlatma armatürü yapılan bölümünde mevcut personel sayısını sabit tutarak, verimliliğin artırılması ile mevcut kapasitenin artırılması için hat dengeleme çalışması yapmıştır. Bu çalışma sonuçlarını ARENA Simülasyon programında kullanarak yeni oluşturulan düzenin verimliliğini incelemiştir. Eryürük (2005), yüksek lisans tezinde, Akın Tekstil'e ait konfeksiyon fabrikasında 5 farklı model için Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ve Probabilistik Hat Dengeleme Yöntemini kullanarak bir montaj hattı dengeleme çalışma gerçekleştirmiştir.

Benzer (2005), doktora tezi için, birden fazla özdeş ya da benzer hattın bulunması durumunun söz konusu olduğu hatların dengelenmesi için yeni bir felsefe ortaya koymuş ve bu doğrultuda yeni sezgisel metotlar: (PASİF), (P-COMSOAL) ve çeşitli modeller sunmuştur. Saçlı (2010), doktora tezinde, çok modelli, montaj hattı dengeleme problemleri ile ilgili hat etkinliğini en iyilemeye yönelik yeni bir paket program geliştirmiş, geliştirdiği bu yeni programı Tepe Mobilya A.Ş. ve Kenzel Mobilya Sanayi ve Ticaret Limitet Şirketi'nde uygulamıştır. Küçükkoç (2011), yüksek lisans tezi için, karışık modelli düz montaj hattında COMSOAL Yöntemi ve Genetik Algoritma'nın birleştirilmesiyle geliştirilen Hibrid Genetik Algoritma ile hat dengeleme çalışması yapmıştır. Ervural (2012), yüksek lisans tezinde, tedarik zinciri tasarımı ve montaj hattı dengeleme entegrasyonuna sezgisel bir yaklaşım sunmuştur. Montaj hattı dengeleme problemi için karınca kolonisi optimizasyonunun; tedarik zinciri ağ tasarımı problemi için ise parçacık sürü optimizasyonunun eş zamanlı olarak çalıştığı bir sezgisel yaklaşım önermiştir. Ataseven (2014), yüksek lisans tezinde, seri dizilmiş çeşitli sayıda makineden oluşan ve tek tip parça üretimi yapan bir montaj hattında iki kriterli hat dengeleme çalışması gerçekleştirmiştir. Altunay (2017), doktora tezinde, montaj hattı dengeleme literatüründe henüz çok yeni teknikler olan paralel görev atama ve paralel istasyon oluşturma yaklaşımlarından yararlanarak bir hat dengeleme çalışması ortaya koymuştur. Çengil (2018), yüksek lisans tezinde, Vestel firmasında işçilerin yetenekleri ve devamsızlık durumunu göz önünde bulundurarak, işçilerin havuz kadrosundan çoklu üretim hatlarına atanmasını konu edinen bir hat dengeleme çalışması yapmıştır.

Bu çalışmada traktör üretimi yapan bir firmanın verimliliğinin düşük olduğu gözlemlenen montaj hattında Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ve COMSOAL Yöntemi kullanılarak hat dengeleme yapılmıştır.

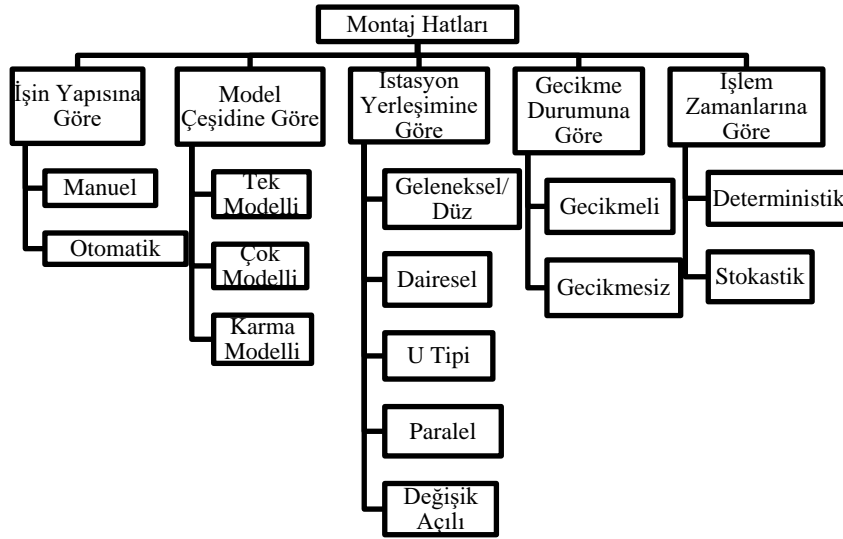
### 2. Montaj Hattı Dengeleme

Bir ürünün, akış hattı üzerinde üretilmesi için toplam iş yükünün, hattı oluşturan iş istasyonları arasında olduğunca eşit bir şekilde dağıtılması gerekir. Bu amaçla, montaj işlemini oluşturan iş öğeleri, bu iş öğelerinin aldıkları süreler ve aralarındaki öncelik ilişkileri verildiğinde, işlerin bir performans ölçüsü en iyilenecek şekilde sıralı iş istasyonlarına atanması, montaj hattı dengeleme problemi olarak tanımlanmaktadır (Eryürük, 2005).



## 2.1. Montaj Hatlarının Sınıflandırılması

Montaj hatları; işin yapısına göre, model çeşidine göre, istasyon yerleşimine göre, gecikme durumuna göre ve işlem zamanlarına göre sınıflandırılabilir (Montaj, 2019).



Şekil 24: Montaj Hatlarının Sınıflandırılması

## 2.2. Montaj Hattı Dengeleme Probleminin Amaçları

Montaj hatlarının dengelenmede amaç malzeme akışının düzenli olması, insan gücü ve tezgah kapasitelerinin en üst düzeyde kullanılması, montaj hattı üzerindeki iş istasyonu sayısının en küçüklenmesi, atıl sürelerin en küçüklenmesi, üretim maliyetinin azaltılmasıdır (Tanrıverdiyev, 2014).

## 2.3. Montaj Hatlarının Dengelemesinde Kullanılan Temel Kavramlar

Montaj Hatlarının Dengelemesinde Kullanılan Temel Kavramlar şu şekilde sıralanabilir (Koç, 2012)

**İş Ögesi/Operasyon:** Montaj sürecinde toplam işin bölünemeyen en küçük birimidir.

**Toplam İş Süresi:** Ürünün tamamlanması için gerekli olan süre veya iş istasyonlarının süreleri toplamıdır.

$$TS = \sum_{i=1}^N (t_i) \quad (1)$$

Formülde, toplam iş süresi,  $N$  operasyon sayısı,  $t_i$  ise  $i$ . operasyonun işlem süresidir.

**İş İstasyonu:** İşin, işçi/işçiler tarafından yapıldığı yerdir (Tanrıverdiyev, 2014).

**Çevrim süresi:** Çevrim süresi (cycle time), montaj hattında, ürünün bir istasyonda kalabileceği en büyük süre veya bir iş istasyonundaki işçinin o istasyonda yapılması gerekli işleri tamamlaması için gerekli süre olarak tanımlanabilir (Çakır, 2006).

C: Çevrim Süresi                      N: Yapılması istenen ürün sayısı olmak üzere

$$T: \text{Eldeki toplam süre} \quad C = T / N \quad (2)$$

**Denge Kaybı:** Görevlerin, istasyonlara dağıtımının ne ölçüde dengeli olduğunu gösteren bir ölçüttür. Denge kaybı, çoğunlukla sıfırdan büyük bir değerdir, ancak bu değerın sıfır olması ideal durumdur (Tanrıverdiyev, 2014).

D : denge kaybı

n : dengeleme sonucunda elde edilen iş istasyonu sayısı

C : çevrim zamanı

$\sum_{i=1}^N (t_i)$  : toplam iş süresi olmak üzere aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$D(\%) = [(n \cdot C - \sum_{i=1}^N (t_i)) / (n \cdot C)] \times 100 \quad (3)$$

**Hat Etkinliği:** Hat üzerinde operasyonların gerçekleştirildiği etken sürelerin toplamının, montaj için ayrılan süreye oranıdır (Koç, 2012).

$$HE(\%) = \frac{\sum ES_i}{n \cdot C} * 100 \quad (4)$$



Formül içerisinde belirtilen HE hat etkinliği,  $n$  iş istasyonu sayısı, C çevrim süresidir. ES<sub>i</sub> ise i. istasyonun etken süresidir. Hat etkinliği indeksi sayesinde, toplam işgücünün ne kadarlık bir yüzdesinin montaj hattında kullanıldığı tespit edilir.

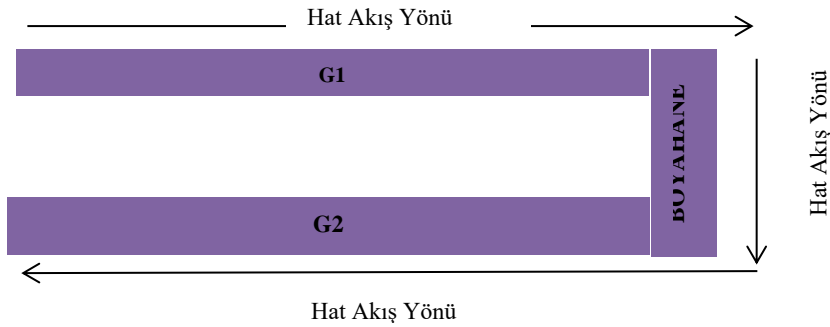
**Teknolojik Öncelik Diyagramı:** Montajın teknik özelliklerinden dolayı, bazı iş öğelerinin zorunlu olarak birbirini izlemesi gerekir. Bu özelliklerin tümü öncelik ilişkileri adı altında toplanır (Çakır, 2006).

#### 2.4. Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri

Montaj Hattı Dengeleme Yöntemleri Analitik Yöntemler, Sezgisel (Bulgusal) Yöntemler ve benzetim teknikleri olarak ikiye ayrılır. Konum ağırlıklı dengeleme tekniği ve COMSOAL tekniği sezgisel yöntemdir.

#### 2.5. Traktör Üretimi Yapan Bir Firmada Konum Ağırlıklı Dengeleme ve Comsol Yöntemi İle Montaj Hattı Dengeleme

Traktör üretimi yapan bir firmanın montaj hattı U-Tipi şeklindedir. Montaj hattının gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil: Hat akış yönü

Bu firmanın ürettiği X model traktör için montaj bölümündeki boyahane ve G2 hatlarında herhangi bir sorun gözlenmezken, G1 hattındaki operasyonların dengesiz bir şekilde istasyonlara dağılması sonucu fazla miktarda atıl sürenin olduğu gözlemlenmiştir. Bu da operatörlerin çalışma süreleri içerisinde boş kalmalarına, hat etkinliğinin ve verimliliğinin düşük çıkmasına neden olmaktadır. Hat etkinliğinin düşük çıkması firma tarafından istenmeyip bu duruma çözüm aranmaktadır.

Traktör üretimi yapan bir firmanın X modeli için gözlemlenen montaj hattındaki verimsizlik üzerine Konum Ağırlıklı Dengeleme ve COMSOAL Yöntemleri kullanılarak en uygun çözüme ulaşılmak istenmektedir. Çözüm aşamaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

#### 2.6. Zaman Etüdü

İlk olarak zaman etüdü çalışması yapılmıştır. Belirlenen operasyonların süreleri, kronometraj yöntemiyle ölçülmüş olup aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1: Operasyon adları, istasyon numaraları ve operasyon süreleri

Operasyon No	İstasyon No	Operasyon Adı	Operasyon Süreleri (Dk)
1	1	Sağ-Sol Gergi Mesnedlerinin Montajı	2,7
2		Sağ-Sol Arka Kabin Ayakları Montajı	3,95
3		Su Pompası Kasnağı Montajı	1
4	2	Yağ Filtresi Montajı	1,1
5		Powershuttle Geri Dönüş Filtre Mesned Montajı	0,7
6		Geri Dönüş Filtre Montajı	2,3
7		Boru Montajı	1,15
8	3	Çökelti Filtre Montajı	3,7
9		Kaporta Mesned Montajı	3,1
10		Genleşme Kabı Kelepçe Montajı	1,1
11	4	Braket Montajı	1,05
12		Soğutucu Boru Montajı	3,2





13	5	Şaft Mili Kompleksi Montajı	7,6
14	6	Ön Dingil Komplexinin Montajı	7,5
15	7	Çeki Sehpaı Montajı	7,32
16		Çeki Oku Montajı	1,8
17	8	Ön Kabin Ayakları Montajı	6,12
18		Yakıt Deposu Mesned Montajı	1,2
19	9	Yan Kolların Montajı	4,2
20		Askı Kollarının Montajı	2,23
21	10	Gergi Kollarının Montajı	3,6
22		Motora Şase No Vurulması	1,85
23		Motorun Boyahaneye Gönderilmesi	3,96

Öncelik Diyagramı aşağıdaki gibi hazırlanmış ve operasyonlara ait öncelik ilişkileri tablo 2’de verilmiştir. Firmada günlük çalışma süresi net olarak 430 dakikadır. Günlük üretilecek istenen traktör sayısı da 45’tir. Buna göre belirlenen çevrim süresi:

$$C = 430dk/45adet = 9,55dk/adet \quad \text{Toplam İş Yüğü} = 72,43dk$$

$$\text{Hat Etkinliği (\%)} = \frac{72,43}{10 \times 9,56} * 100 = 75,76 \quad \text{Denge Kaybı (\%)} = \frac{10 \times 9,56 - 72,43}{10 \times 9,56} * 100 = 24,24$$

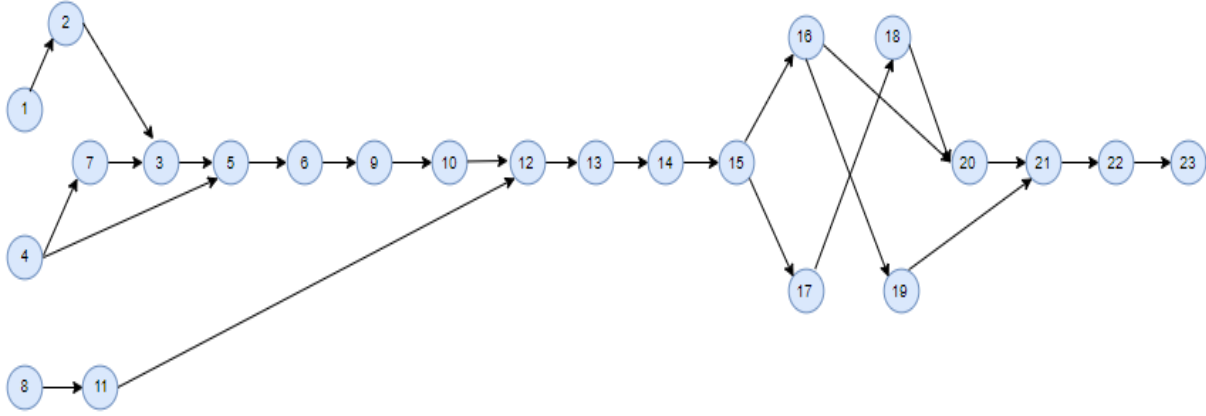
**Tablo 2: Operasyonların öncelik ilişkileri**

Operasyon No	Operasyon Adı	Öncelik İlişkileri
1	Sağ-Sol Gergi Mesnedlerinin Montajı	-
2	Sağ-Sol Arka Kabin Ayakları Montajı	1
3	Su Pompası Kasnağı Montajı	2
4	Yağ Filtresi Montajı	-
5	Powershuttle Geri Dönüş Filtre Mesned Montajı	3,4
6	Geri Dönüş Filtre Montajı	5
7	Boru Montajı	4
8	Çökelti Filtre Montajı	-
9	Kaporta Mesned Montajı	6,7
10	Genleşme Kabı Kelepçe Montajı	9
11	Braket Montajı	8
12	Soğutucu Boru Montajı	10,11
13	Şaft Mili Kompleksi Montajı	12
14	Ön Dingil Komplexinin Montajı	13
15	Çeki Sehpaı Montajı	14
16	Çeki Oku Montajı	15
17	Ön Kabin Ayakları Montajı	15
18	Yakıt Deposu Mesned Montajı	17
19	Yan Kolların Montajı	16
20	Askı Kollarının Montajı	16,18
21	Gergi Kollarının Montajı	19,20



22	Motora Şase No Vurulması	21
23	Motorun Boyahaneye Gönderilmesi	22

Tablo 2'ye göre oluşturulan öncelik diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil 25: Öncelik Diyagramı

## 2.7. Montaj Hattı Dengeleme

Mevcut durumdaki verilerin WinQSB programına girilmiş ve Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ve COMSOUL yöntemine göre sonuçlar elde edilmiştir.

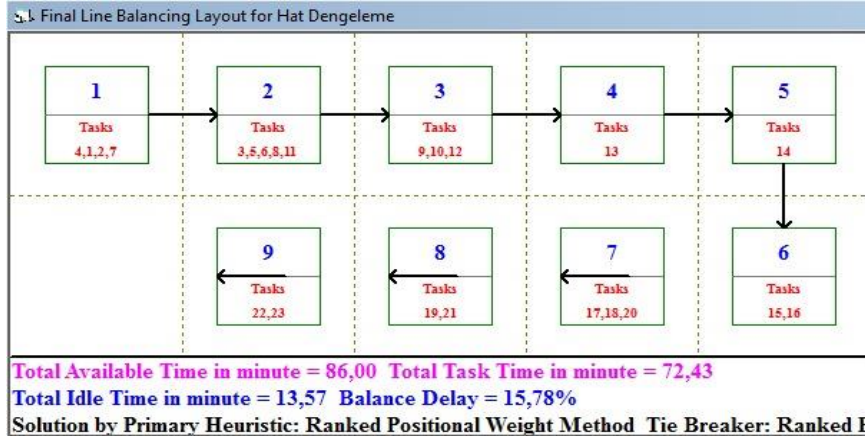
### 2.7.1. Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi

WinQSB Programı'nda Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi'nin seçilmesiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.'te görüldüğü gibi program çözümünde 4-1-2-7 No'lu operasyonlar 1. istasyona, 3-5-6-8-11 No'lu operasyonlar 2. istasyona, 9-10-12 No'lu operasyonlar 3. istasyona, 13 No'lu operasyon 4. istasyona, 14 No'lu operasyon 5. istasyona, 15-16 No'lu operasyon 6. istasyona, 17-18-20 No'lu operasyon 7. istasyona, 19-21 No'lu operasyonlar 8. istasyona, 22-23 No'lu operasyonlar ise 9. istasyona atanmıştır.

05-08-2019 21:28:20	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	4	Task 4	1.10	8.46	88.49%
2			1	Task 1	2.70	5.76	60.23%
3			2	Task 2	3.95	1.81	18.90%
4			7	Task 7	1.15	0.66	6.86%
5	2	1	3	Task 3	1	8.56	89.53%
6			5	Task 5	0.70	7.86	82.21%
7			6	Task 6	2.30	5.56	58.14%
8			8	Task 8	3.70	1.86	19.42%
9			11	Task 11	1.05	0.81	8.43%
10	3	1	9	Task 9	3.10	6.46	67.56%
11			10	Task 10	1.10	5.36	56.05%
12			12	Task 12	3.20	2.16	22.56%
13	4	1	13	Task 13	7.60	1.96	20.47%
14	5	1	14	Task 14	7.50	2.06	21.51%
15	6	1	15	Task 15	7.32	2.24	23.40%
16			16	Task 16	1.80	0.44	4.56%
17	7	1	17	Task 17	6.12	3.44	35.95%
18			18	Task 18	1.20	2.24	23.40%
19			20	Task 20	2.23	0.01	0.06%
20	8	1	19	Task 19	4.20	5.36	56.05%
21			21	Task 21	3.60	1.76	18.37%
22	9	1	22	Task 22	1.85	7.71	80.64%
23			23	Task 23	3.96	3.75	39.20%
Solved by		Heuristic	Method				

Şekil 26: WinQSB konum ağırlıklı dengeleme yöntemi program çıktısı





Şekil 27: WinQSB konum ağırlıklı dengeleme yöntemi hat dengeleme düzeni

05-08-2019	Item	Result
1	Desired Cycle Time in minute	9,56
2	Number of Line Stations	9
3	Number of Required Operators	9
4	Total Available Time in minute	86,00
5	Total Task Time in minute	72,43
6	Total Idle Time in minute	13,57
7	Balance Delay (%)	15,78%
Solution has been obtained by		
Primary Heuristic: Ranked Positional Weight Method		
Tie Breaker: Ranked Positional Weight Method		

Şekil 28: WinQSB konum ağırlıklı dengeleme yöntemi sonuçları

Şekil 6. 'da da görüldüğü gibi Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi sonucunda denge kaybı %15,78 çıkmıştır. Buna göre hat etkinliği %84,22 olarak belirlenmiştir.

### 2.7.2. COMSOAL Yöntemi

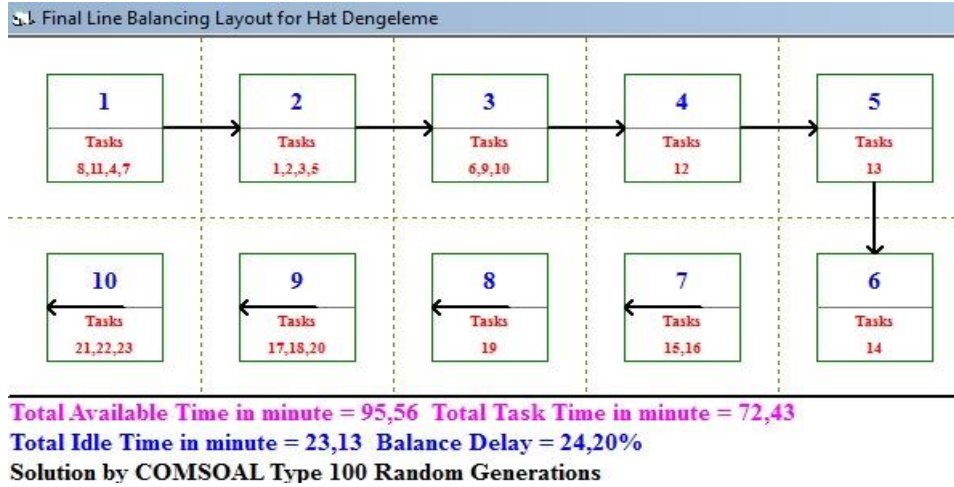
WinQSB Programı'nda COMSOAL Yöntemi'nin seçilmesiyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

05-08-2019 21:31:01	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	8	Task 8	3,70	5,86	61,28%
2			11	Task 11	1,05	4,81	50,29%
3			4	Task 4	1,10	3,71	38,78%
4			7	Task 7	1,15	2,56	26,74%
5	2	1	1	Task 1	2,70	6,86	71,74%
6			2	Task 2	3,95	2,91	30,41%
7			3	Task 3	1	1,91	19,94%
8			5	Task 5	0,70	1,21	12,62%
9	3	1	6	Task 6	2,30	7,26	75,93%
10			9	Task 9	3,10	4,16	43,49%
11			10	Task 10	1,10	3,06	31,98%
12	4	1	12	Task 12	3,20	6,36	66,51%
13	5	1	13	Task 13	7,60	1,96	20,47%
14	6	1	14	Task 14	7,50	2,06	21,51%
15	7	1	15	Task 15	7,32	2,24	23,40%
16			16	Task 16	1,80	0,44	4,56%
17	8	1	19	Task 19	4,20	5,36	56,05%
18	9	1	17	Task 17	6,12	3,44	35,95%
19			18	Task 18	1,20	2,24	23,40%
20			20	Task 20	2,23	0,01	0,06%
21	10	1	21	Task 21	3,60	5,96	62,33%
22			22	Task 22	1,85	4,11	42,97%
23			23	Task 23	3,96	0,15	1,52%
Solved by		COMSOAL	Type	Generation			

Şekil 29: WinQSB COMSOAL yöntemi program çıktısı



Şekil 7.'de görüldüğü gibi program çözümünde 8-11-4-7 No'lu operasyonlar 1. istasyona, 1-2-3-5 No'lu operasyonlar 2. istasyona, 6-9-10 No'lu operasyonlar 3. istasyona, 12 No'lu operasyon 4. istasyona, 13 no'lu operasyon 5. istasyona, 14 No'lu operasyon 6. istasyona, 15-16 No'lu operasyon 7. istasyona, 19 No'lu operasyonlar 8. istasyona, 17-18-20 No'lu operasyonlar 9. istasyona, 21-22-23 No'lu operasyonlar ise 10. istasyona atanmıştır.



Şekil 30: WinQSB COMSOAL yöntemi hat dengeleme düzeni

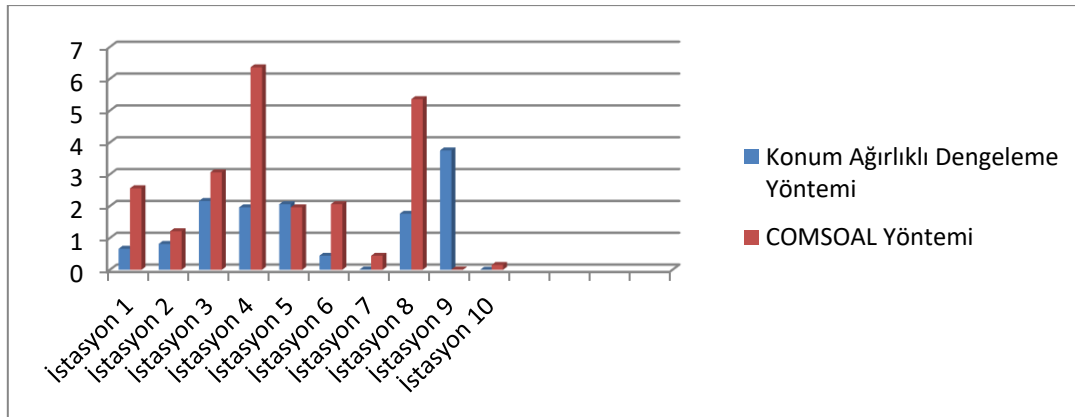
Şekil 9. 'da da görüldüğü gibi COMSOAL Yöntemi sonucunda denge kaybı %24,20 çıkmıştır. Buna göre hat etkinliği %75,80 olarak belirlenmiştir.

05-08-2019	Item	Result
1	Desired Cycle Time in minute	9,56
2	Number of Line Stations	10
3	Number of Required Operators	10
4	Total Available Time in minute	95,56
5	Total Task Time in minute	72,43
6	Total Idle Time in minute	23,13
7	Balance Delay (%)	24,20%
	Solution has been obtained by	
	COMSOAL Type Random Generation	
	Number of Solution Generated: 100	

Şekil 31: WinQSB COMSOAL yöntemi sonuçları

## 2.8. Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Çalışmada Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ve COMSOAL Yöntemi karşılaştırıldığında en iyi sonucu veren yöntemin Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi olduğu görülmüştür. Denge kaybı daha az çıkarak daha verimli bir yerleşim düzeni oluşturmuştur.



Şekil 32: Konum ağırlıklı dengeleme yöntemi ve comsoal yöntemi sonucu istasyonlardaki atıl süreler



### 3. İstatistiksel Analiz

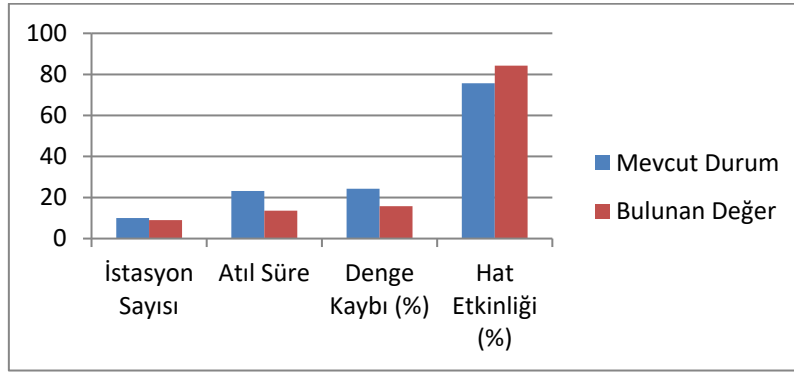
Montaj hattı üzerinde Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ile yapılan iyileştirmenin istatistiki açıdan anlamlı bir fark yaratıp yaratmadığını test etmek için verimlilik analizi yapılmıştır.

Mevcut durum ile bulunan durum verileri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo 3: Dengeleme öncesi ve dengeleme sonrası değerler**

Çevrim Süresi = 9,56	Atıl Süre (Dk)	Denge Kaybı (%)	Hat Etkinliği (%)	İstasyon Sayısı
Mevcut Durum	23,17	24,24	75,76	10
Bulunan Değer	13,57	15,78	84,22	9

Tablo 3.'te de görüldüğü gibi yapılan dengeleme çalışmasında atıl sürelerin ve denge kaybının azaldığı, bunun sonucunda hat etkinliğinin arttığı belirlenmiştir.



**Şekil 33: Mevcut durum ve bulunan değerlerin grafik üzerinde gösterimi**

Hat üzerinde atıl sürelerin azalması, denge kaybının azalması ve hat etkinliğinin artması istenmektedir. Şekil 11. 'de de görüldüğü gibi bulunan değerler mevcut durumdan daha iyi sonuçlar ortaya koymuştur.

### 4. Sonuç

Verimliliği artırmaya yönelik çalışmaların önemli ölçüde fayda sağladığı ve çok kullanıldığı yerlerden birisi montaj hatlarıdır. Bu çalışmada traktör üretimi yapan bir firmanın verimliliğinin düşük olduğu gözlemlenen montaj hattında, hat dengeleme yapılmıştır. Yöntem olarak, Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi ve COMSOAL Yöntemi kullanılmış, karşılaştıma sonucu Konum Ağırlıklı Dengeleme Yöntemi daha verimli çıkmıştır.

Var olan sistemde, hatta 10 istasyon bulunmaktadır ve her istasyonda 1 operatör çalışmaktadır. Ancak hatta çok fazla atıl sürelerin olduğu gözlemlenmiştir. Dengeleme sonucunda ise gerekli istasyon sayısı 9 olarak belirlenmiştir. Bu da hatta 9 operatöre ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Ayrıca dengeleme sonucu hat etkinliği %75,76'dan %84,22'ye yükselmiştir.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışma önemli bir etkiye sahip olmuştur. İstasyon sayısında azalma, bir traktörün toplam üretim süresinde azalmayı sağlar. Bu da traktör birim üretim maliyetinde azalmayı gösterir. Maliyetlerin azalması da her üreticinin istediği bir şeydir.

Bu çalışmada farklı hat dengeleme metotları kullanılarak sonuçlar incelenebilir. ARENA, Promodel gibi simülasyon programları da kullanılarak hattın görseli oluşturulabilir.

### 5. Kaynaklar

- [1] Özdemir R.G., Ayağ, Z., Çakır, D., "Hazırlık Sürelerinin Azaltılması İçin Bir Hat Dengeleme Modeli", YA/EM (Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği), XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep - Adana 15-18 Haziran 2004.
- [2] Özkan, Raşit, Tek Modelli Deterministik Montaj Hattı Dengeleme Problemlerine Genetik Algoritma İle Çözüm Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2003.
- [3] Şeber, Şafak, Sipariş Üzerine Üretim Yapan Bir İşletmede Hat Dengeleme Çalışması Ve Bir Benzetim Yaklaşımı Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2004.
- [4] Eryürük, Hanife, Bir Konfeksiyon İşletmesinde Montaj Hattı Dengeleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2005.
- [5] Benzer, Recep, Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Yeni Modeller, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2005.



- [6] Saçlı, C., Montaj hattı dengeleme problemleri için yeni modeller ve panel mobilya üreten işletmelerde uygulamalar. Selçuk Üniversitesi, Yayınlanmamış doktora tezi, Konya, 2010
- [7] Küçükkoç, İbrahim, Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemleri Ve Genetik Algoritmalar İle Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, 2011.
- [8] Ervural, Bilal, Tedarik Zinciri Tasarımı Ve Montaj Hattı Dengeleme Entegrasyonuna Sezgisel Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2012.
- [9] Ataseven, E. Büşra, Robotik Hücrelerde İki Kriterli Hat Dengeleme, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi Ve Teknoloji Üniversitesi, 2014.
- [10] Altunay, Hakan, Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinde Çevrim Süresinin Minimasyonu İçin Yeni Yaklaşımlar: Paralel Görev Atama Ve Paralel İstasyon Oluşturma, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, 2017.
- [11] Çengil, M. Fatih, Montaj Hattı Dengeleme Ve Yetkinlik Bazlı Operatör Atama Problemi Üzerine Sezgisel Algoritmalar, Yüksek Lisans Tezi, Özyeğin Üniversitesi, 2018.
- [12] Montaj, <https://endustrimuhendisi16.wordpress.com/montaj-hatti-dengeleme/>  
Erişim tarihi: 10 Mayıs 2019.
- [13] Tanrıverdiyev, Mammad, Tek Modelli Deterministik U-tipi Montaj Hattı Dengeleme Probleminin Değişken Komşu Arama Yöntemi ile Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2014.
- [14] Koç, Erdiñ, Çift Taraflı Montaj Hattı Dengeleme Problemlerinin Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 2012.
- [15] Çakır, Burçin, Stokastik İşlem Zamanlı Montaj Hattı Dengeleme İçin Tavlama Benzetimi Algoritması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 2006.





## FPAA BASED DESIGN AND IMPLEMENTATION OF SPROTT N CHAOTIC SYSTEM

Serdar Çiçek

*Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Vocational School of Hacibektaş, Department of Electronic and Automation, Hacibektaş, Nevşehir, Türkiye*

*serdarcicek@gmail.com ; serdarcicek@nevsehir.edu.tr*

### Abstract

Nowadays, chaotic systems are used in various studies of different disciplines. Today, chaotic systems are used in various studies of different disciplines. In the literature, chaotic systems with various features have been introduced up to the present. In order to use these new chaotic systems in real-world engineering applications such as encryption, secure communication and authentication, they must be realized besides numerical simulations. In the literature, analog chaotic system implementations have been realized mainly with OPAMP devices. FPGAs and microcontrollers are used mostly in digital designs of chaotic systems. In this study, FPAA (Field Programmable Analog Array) based design and realization of Sprott N chaotic system was carried out. FPAA based design and numerical simulation results confirmed each other. As a result, it has been shown that the Sprott N chaotic system can be used based on FPAA in various engineering applications.

**Keywords:** *Chaotic system, Sprott N chaotic system, FPAA*

### 1. Introduction

Chaotic systems have been used in different disciplines since they were first noticed. Chaotic systems are especially used in areas such as secure communication [1, 2], encryption [3, 4], authentication [5, 6] and optimization [7, 8]. In addition, many chaotic, hyper chaotic and multi-scroll chaotic systems have been introduced in the literature. Some of these introduced systems have only been examined numerically and have not been realized. However, these chaotic systems must be designed as analog circuits or digital circuits (embedded system) in order to be used in real engineering applications. For this purpose, different designs and approaches are available for the realization of chaotic systems. OPAMP is generally used in analog circuit designs [9-11]. In digital designs, FPGA (Field Programmable Gate Array) [12, 13] and microcontroller [14, 15] usage is more.

Digital designs can be easily redesigned and programmed according to analog designs. But in digital designs, the system needs to be digitized. FPAA (Field Programmable Analog Array) is used when analog design of chaotic systems and easy reprogramming of the system is desired. FPAA is an embedded system product based on switched-capacitor technique. FPAA includes configurable analog blocks (CABs) to perform the desired analog operations. In the design software developed by the manufacturer, configurable analog modules (CAMs) for various functions are prepared and presented to the users. [16]. The use of FPAA in the realization of dynamical systems provides more efficient and small-scale designs [17]. There are studies in the literature on FPAA based realizations of various chaotic systems [16-23].

In 1994, Sprott introduced 19 new three-dimensional algebraically simple chaotic systems [24]. These chaotic systems are named from A to S. In this study, FPAA based design of Sprott N chaotic system is examined.

In this study, firstly numerical analysis results of Sprott N chaotic system were obtained. Afterwards, FPAA based design and implementation of Sprott N chaotic system was performed. The numerical analysis results of the Sprott N chaotic system and the FPAA based realization results confirmed each other.

### 2. Numerical Simulation of Sprott N Chaotic System

In this section, numerical results of Sprott N chaotic system were obtained in Matlab-Simulink program. The mathematical model of Sprott N chaotic system is given in Eq. 1. The system (1) contains a total of six terms. One of these terms is a nonlinear term and one is a fixed term. The outputs of the  $x$ ,  $y$  and  $z$  state variables obtained as a result of numerical calculation in Matlab-Simulink program are given in Figure 1. The initial conditions of the system (1) were taken as ( $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 0$ ,  $z_0 = 0$ ).

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -2y \\ \dot{y} &= x + z^2 \\ \dot{z} &= 1 + y - 2z\end{aligned}\tag{1}$$



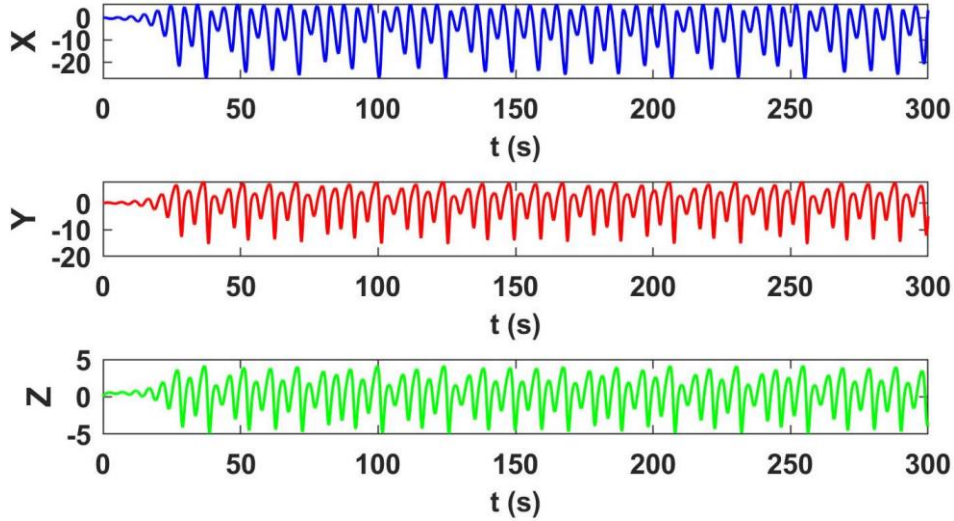


Figure 1: Numerical calculation results of state variables of Sprott N chaotic system (1) in Matlab-Simulink program

### 3. Scaling of Sprott N chaotic system

The operating voltage of the input/output pins of the FPAA is maximum  $\pm 3V$ . However, as shown in Figure 1, the state variable outputs of the system (1) are above  $\pm 3V$ . Therefore, the system must be scaled according to the FPAA input/output voltage values. Scale ratios are given in Eq. 2. In the scaled system, the new state variables names are given as  $u$ ,  $v$  and  $w$ . Mathematical model of the scaled system obtained as a result of scale operation is given in Eq. 3.

$$u = \frac{x}{12}, \quad v = \frac{y}{9}, \quad w = \frac{z}{3} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \dot{u} &= -1.5v \\ \dot{v} &= 1.33u + w^2 \\ \dot{w} &= 0.33 + 3v - 2w \end{aligned} \quad (3)$$

The outputs of the  $u$ ,  $v$  and  $w$  state variables obtained as a result of numerical calculation in Matlab-Simulink program are given in Figure 2. As can be seen from the Figure 2, the outputs of the state variables of the scaled Sprott N chaotic system (3) has reached the voltage limits required for the FPAA device. The phase portraits of the scaled Sprott N chaotic system (3) are given in Figure 3.

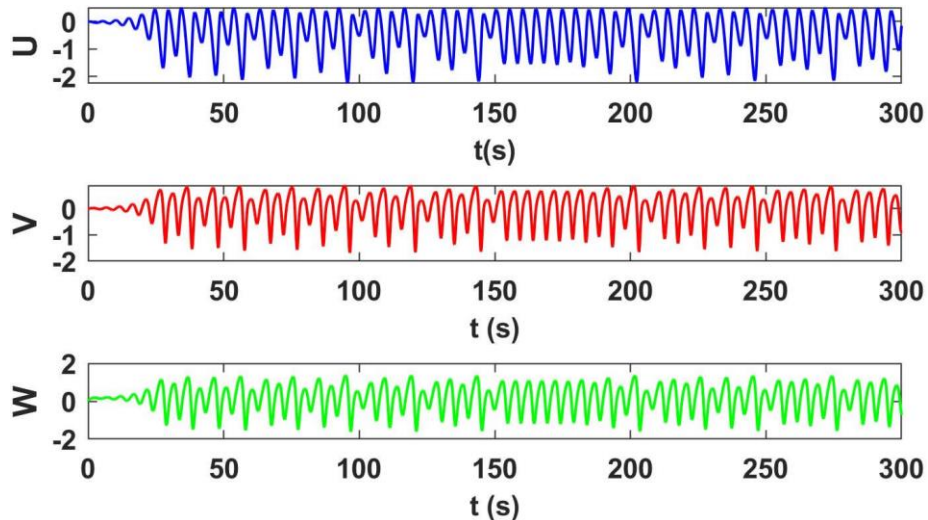


Figure 2: Numerical calculation results of state variables of scaled Sprott N chaotic system (3) in Matlab-Simulink program



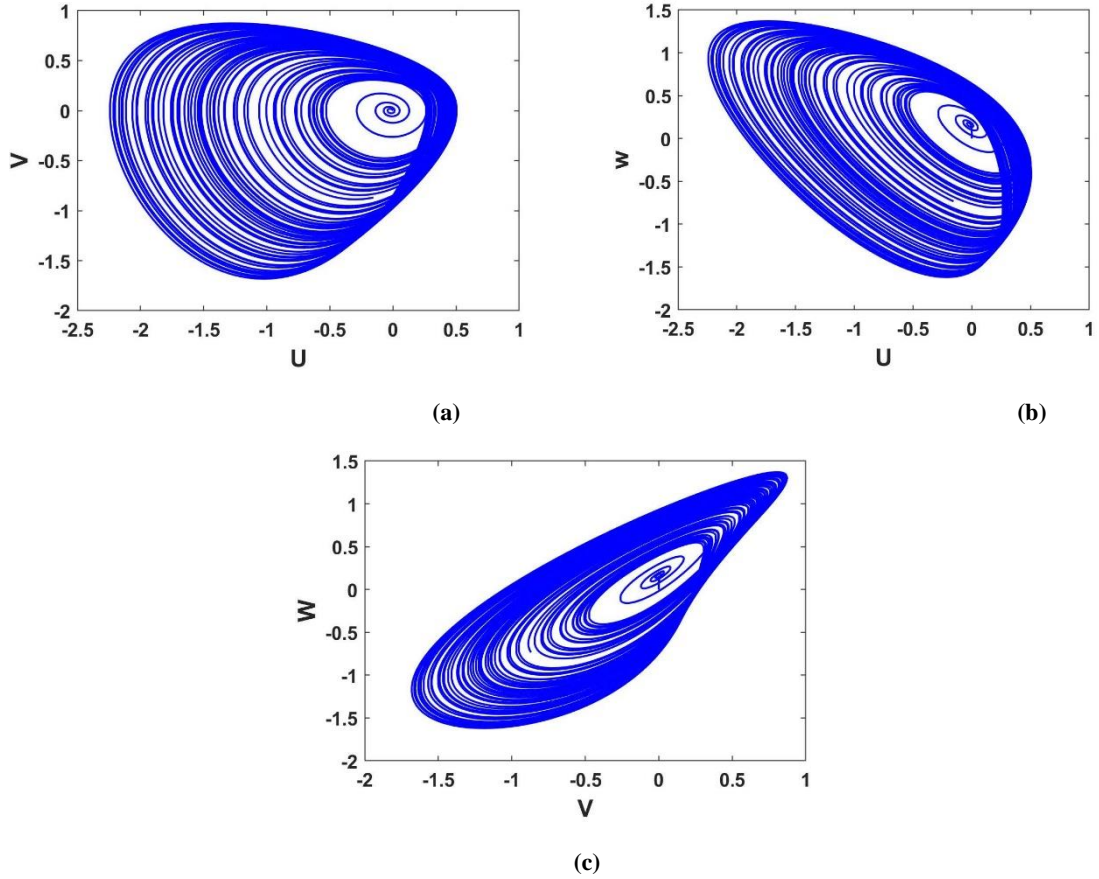


Figure 3: Phase portraits of scaled Sprott N chaotic system (3) in Matlab-Simulink program (a)  $u-v$  (b)  $u-w$  (c)  $v-w$

#### 4. FPAA Based Design and Implementation of Sprott N Chaotic System

In this part of the study, FPAA based design and implementation of the scaled Sprott N chaotic system (3) is performed. In the design, the Quad Apex v2.0 FPAA development board of Anadigm was used. AnadigmDesigner2 program developed by Anadigm was used for FPAA design. Figure 4 shows the circuit of FPAA based design of the system (3). The parameter values of the CAMs used in the design are given in Figure 5.



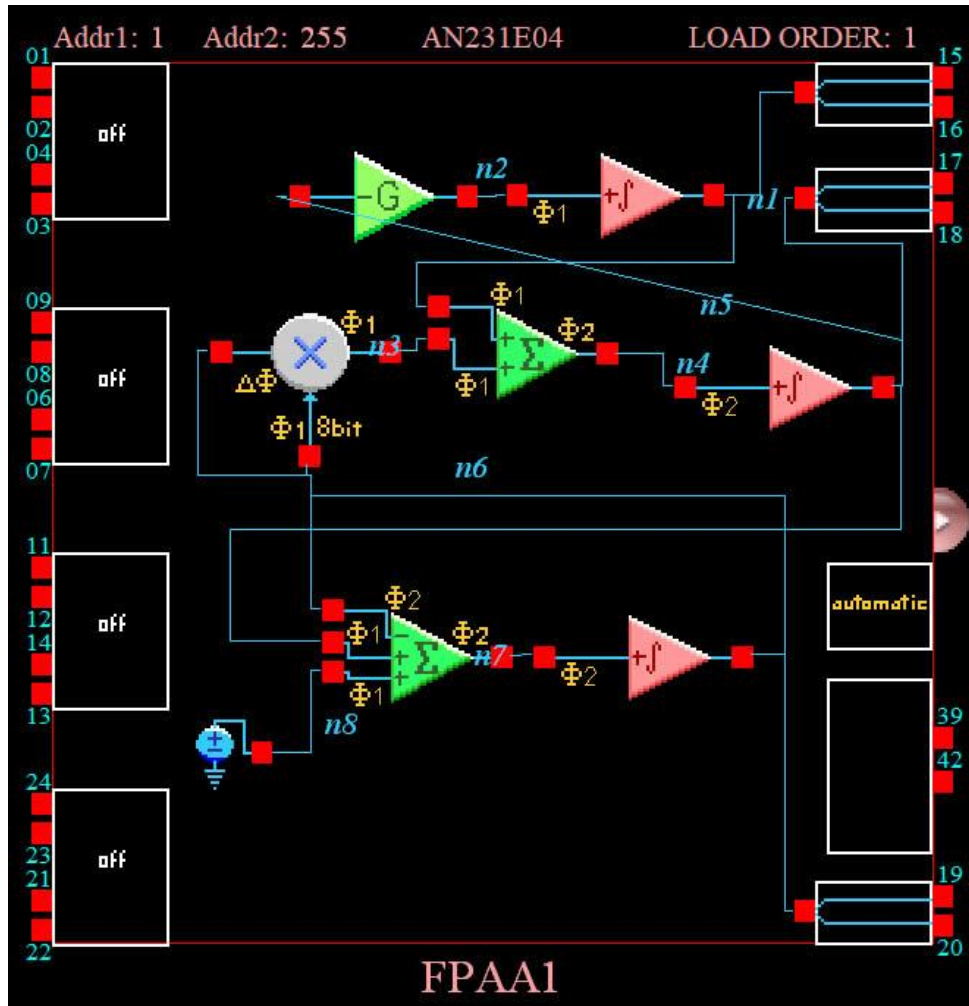
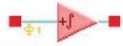



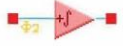

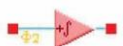



Figure 4: FPA1 design circuit of the system (3)



Sprott\_N.ad2 - AnadigmDesigner2

**Configurable Analog Modules: FPAA1**

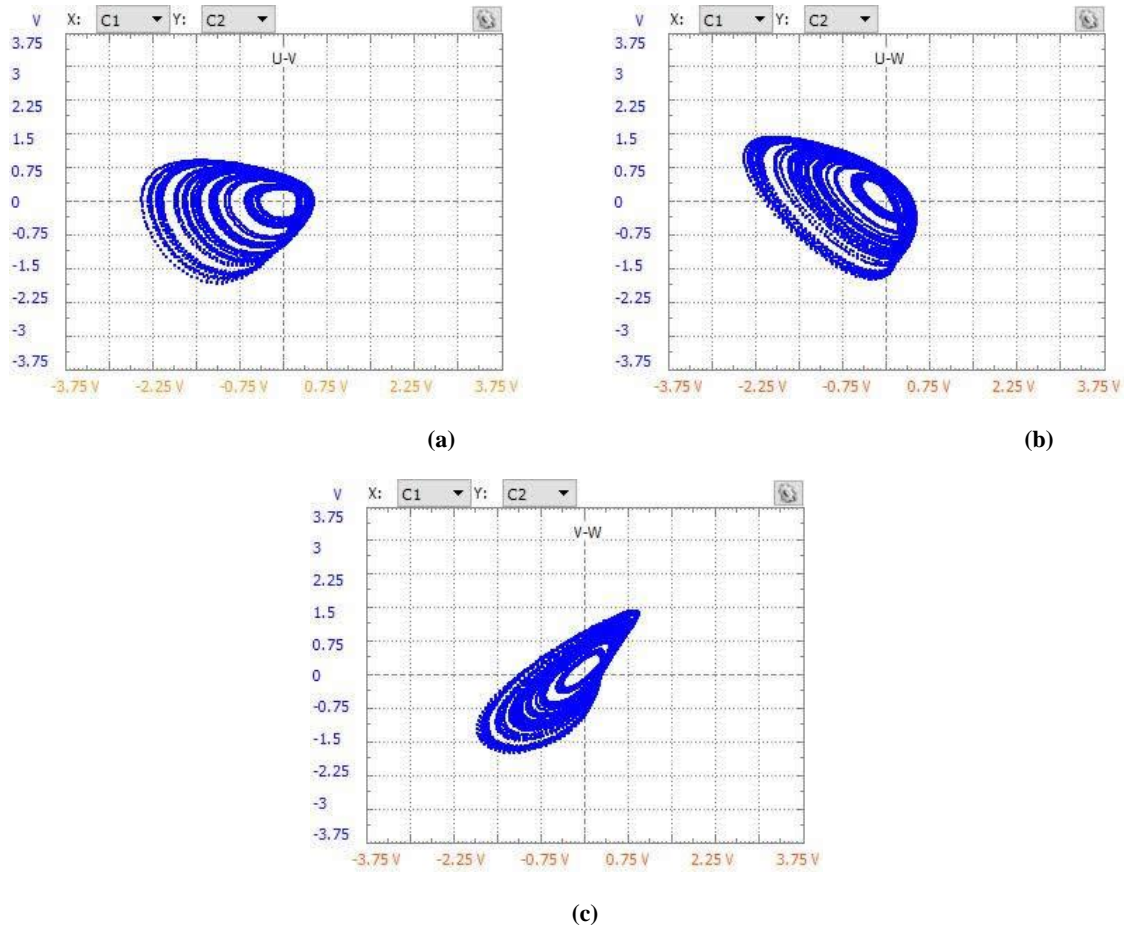
Name	Options	Parameters	Clocks
<b>Integrator1</b> (Integrator v1.1.1)  Anadigm (Approved)	Polarity <i>Non-inverting</i> Input Sampling Phase <i>Phase 1</i> Compare Control To <i>No Reset</i>	Integration Const. [1/us] <i>0.00250</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>GainInv1</b> (GainInv v1.0.1)  Anadigm (Approved)		Gain <i>1.50</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>SumDiff1</b> (SumDiff v1.0.1)  Anadigm (Approved)	Output Phase <i>Phase 2</i> Input 1 <i>Non-inverting</i> Input 2 <i>Non-inverting</i> Input 3 <i>Off</i> Input 4 <i>Off</i>	Gain 1 (UpperInput) <i>1.33</i> Gain 2 (LowerInput) <i>1.00</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>Multiplier1</b> (Multiplier v1.0.2)  Anadigm (Approved)	Sample and Hold <i>Off</i>	Multiplication Factor <i>1.00</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i> ClockB <i>4 MHz (Chip Clock 0)</i>
<b>Integrator2</b> (Integrator v1.1.1)  Anadigm (Approved)	Polarity <i>Non-inverting</i> Input Sampling Phase <i>Phase 2</i> Compare Control To <i>No Reset</i>	Integration Const. [1/us] <i>0.00250</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>SumDiff2</b> (SumDiff v1.0.1)  Anadigm (Approved)	Output Phase <i>Phase 2</i> Input 1 <i>Inverting</i> Input 2 <i>Non-inverting</i> Input 3 <i>Non-inverting</i> Input 4 <i>Off</i>	Gain 1 (UpperInput) <i>2.00</i> Gain 2 (MiddleInput) <i>3.00</i> Gain 3 (LowerInput) <i>0.165</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>Integrator3</b> (Integrator v1.1.1)  Anadigm (Approved)	Polarity <i>Non-inverting</i> Input Sampling Phase <i>Phase 2</i> Compare Control To <i>No Reset</i>	Integration Const. [1/us] <i>0.00250</i>	ClockA <i>250 kHz (Chip Clock 3)</i>
<b>Voltage1</b> (Voltage v1.0.1)  Anadigm (Approved)	Polarity <i>Positive (+2V)</i>		

**Figure 5: The parameter values of the CAMs used in the FPAA design**

FPAA outputs were examined by PC based oscilloscope. The oscilloscope outputs of the implemented FPAA based system (Figure 4) are given in Figure 6. When the numerical simulation results (Figure 3) and FPAA output results (Figure 6) are examined, it is seen that the phase portraits obtained are the same.







**Figure 6: The oscilloscope outputs of the implemented FPAA based system (a)  $u-v$  (b)  $u-w$  (c)  $v-w$**

## 5. Results

In this study, FPAA based design and implementation of Sprott N chaotic system was performed. Since the output values of the state variables of the Sprott N chaotic system are outside the FPAA operating voltage range ( $\pm 3V$ ), the system (1) was first scaled. With scaling operation, the outputs of the system (3) were matched to the FPAA operating voltage range ( $\pm 3V$ ). When the numerical simulation results (Figure-3) in Matlab program and FPAA based implementation results (Figure-6) were examined, it was seen that they confirmed each other. As a result, it has been shown that the design of the Sprott N chaotic system with FPAA can be used in various engineering applications. In addition, the FPAA can be easily redesigned so that the design can be updated more easily than designs using analogue elements such as OPAMP, multiplication IC, capacitor, resistor.

## 6. References

- [1] Varan, M., Yalçın, F. and Uyaroğlu, Y., "Synchronizations and secure communications applications of a third degree Malasoma system with chaotic flow", *Optik*, 127, 11086-11093, 2016.
- [2] Elzaher, M.F.A., Shalaby, M., Kamal, Y. and Ramly, S.E., "Securing digital voice communication using non-autonomous modulated chaotic signal", *Journal of Information Security and Applications*, 34, 243-250, 2017.
- [3] Liu, H., Zhang, Y., Kadir, A. and Xu, Y., "Image encryption using complex hyper chaotic system by injecting impulse into parameters", *Applied Mathematics and Computation*, 360, 83-93, 2019.
- [4] Xingyuan, W., Junjian, Z. and Guanghui, C., "An image encryption algorithm based on ZigZag transform and LL compound chaotic system", *Optics and Laser Technology*, 119, 105581, 2019.
- [5] Ni, R., Ruan, Q. and Zhao, Y., "Pinpoint authentication watermarking based on chaotic system", *Forensic Science International*, 179, 54-62, 2008.
- [6] Lin, H.Y., "Improved chaotic maps-based password-authenticated key agreement using smart cards", *Communication in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 20, 482-488, 2015.
- [7] Tang, M. and Xin, Y., "Energy efficient power allocation in cognitive radio network using coevolution chaotic particle swarm optimization", *Computer Networks*, 100, 1-11, 2016.





- [8] Pourmousa, N., Ebrahimi, S.M., Malekzadeh, M. and Alizadeh, M., “Parameter estimation of photovoltaic cells using improved Lozi map based chaotic optimization algorithm”, *Solar Energy*, 180, 180-191, 2019.
- [9] Qi, G., Chen, G., “Analysis and circuit implementation of a new 4D chaotic system”, *Physics Letters A*, 352, 386-397, 2006.
- [10] Liu, J., “A four-wing and double-wing 3D chaotic system based on sign function”, *Optik*, 125, 7089-7095, 2014.
- [11] Le, X., Sen, Z., Yicheng, Z. and Boquan, L., “Dynamics of a new composite four-scroll chaotic system”, *Chinese Journal of Physics*, 56, 2381-2394, 2018.
- [12] Azzaz, M.S., Tanougast, C., Sadoudi, S., Fellah, R. and Dandache, A., “A new auto-switched chaotic system and its FPGA implementation”, *Communication in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 18, 1792-1804, 2013.
- [13] Tuna, M., Alçın, M., Koyuncu, İ., Fidan, C.B. and Pehlivan, İ., “High speed FPGA-based chaotic oscillator design”, *Microprocessors and Microsystems*, 66, 72-80, 2019.
- [14] Chiu, R., Mora-Gonzalez, M. and Lopez-Mancilla, D., “Implementation of a chaotic oscillator into a simple microcontroller”, *IERI Procedia*, 4, 247-252, 2013.
- [15] Janakiraman, S., Thenmozhi, K., Rayappan, J.B.B and Amirtharajan, R., “Lightweight chaotic image encryption algorithm for real-time embedded system: implementation and analysis on 32-bit microcontroller”, *Microprocessors and Microsystems*, 56, 1-12, 2018.
- [16] Frasca, M., Fortuna, L. and Arena, P., “Implementation and synchronization of 3x3 grid scroll chaotic circuits with analog programmable devices”, *Chaos*, 16, 013121, 2006.
- [17] Kılıç, R. and Dalkıran, F.Y., “Reconfigurable implementations of Chua’s circuit”, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 19(4), 1339-1350, 2009.
- [18] Kılıç, R. and Dalkıran, F.Y., “Programmable design and implementation of a chaotic system utilizing multiple nonlinear functions”, *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 18(4), 647-655, 2010.
- [19] Arık, S. and Kılıç, R., “Reconfigurable hardware platform for experimental testing and verifying of memristor-based chaotic systems”, *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, 23(10), 1450145, 2014.
- [20] Caponetto, R., Mauro, A.D., Fortuna, L. and Frasca, M., “Field programmable analog array to implement a programmable Chua’s circuit”, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 15(5), 1829-1836, 2005.
- [21] Günay, E., Altun, K. and Ünal, C., “Anahtarlamalı Durum Kontrollü HSA Tabanlı Sprot C Kaos üreticinin FPGA ve FPAA Gerçekleştirimi”, *International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, 28-30 September, Malatya, Turkey, 2018.
- [22] Günay, E. and Altun, K., “HSA tabanlı kaos üreticinin FPAA kullanılarak gerçekleştirilmesi”, *25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 15-18 May, Antalya, Turkey, 2017.
- [23] Li, C., Thio, W.J.C., Sprott, J.C., Iu, H.H.C. and Xu, Y., “Constructing infinitely many attractors in a programmable chaotic circuit”, *IEEE Access*, 6, 29003-29012, 2018.
- [24] Sprott, J.C., “Some simple chaotic flows”, *Physical Review E*, 50(2), 647-650, 1994.



## CHAOTIC HARMONY SEARCH ALGORITHM FOR BIFUNCTIONAL CATALYST BLEND OPTIMAL CONTROL

Burhanettin Durmuş<sup>1</sup>, Serdar Özyön<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering, Kütahya, TURKEY.

burhanettin.durmus@dpu.edu.tr , serdar.ozyon@dpu.edu.tr

### Abstract

One of the issues that traditional search algorithms suffer from is the danger of getting stuck to the local minimum. Desirable results cannot be achieved in the solution of problems with high degree of nonlinear dynamics, such as the control of chemical processes. The fact that the problem is multimodal causes the search algorithm to easily fall to the local minimum. Swarm based search algorithms achieve satisfactory results in this field. Harmony Search Algorithm (HSA) is a nature-inspired algorithm with few self-parameters and a simple computational process. In this study, versions of HSA using chaotic equations have been developed and applied to the bifunctional catalyst blend optimal control problem to increase local search capability. The obtained results show that the chaotic equations increase the performance of HSA and help to maintain genetic diversity throughout the search.

**Keywords:** *Harmony Search Algorithm, Optimal Control, Chaotic*

### 1. Introduction

The solution of many control problems in applied sciences is of great importance. Because the systems in these areas are non-linear due to their nature. Sensitive interactions of system parameters with each other make them difficult to control. In general, the dynamics of such systems are represented by sets of differential-algebraic equations. A number of local optimum solutions can be found in the solution of these equations. Especially in control problems of chemical processes, temperature and chemical interactions increase the number of local optimum in problem dynamics [1, 2]. In this case, the solution of the control problem becomes quite difficult. Several methods have been applied to chemical control problems. Integrated controlled random search (ICRS) method was applied to the bifunctional catalyst blend (BCB) control problem [3] Dynamic programming (DP) was used in the solution of chemical applications and successful results were obtained [1, 2]. In another study, iterative dynamic programming (IDP) was developed for the BCB control problem [4]. In general, it has been reported that the solution of the chemical problems addressed is numerous local optimum and algorithms can often be fitted to these local optimums [1-5]. On the other hand, the use of heuristic algorithms in solving chemical control problems is becoming more common. The differential evolution (DE) algorithm was applied to the BCB control problem and the results were more successful than the other evolutionary algorithms [6]. In other study, combinations of genetic algorithms (GA) were applied to optimal control problems [7]. GA based robust control technique has been applied to chemical process control [8]. Although heuristic algorithms produce better results, it is stated that the algorithms fall easily to local optimizations [6-8].

Harmony search algorithm (HSA) is an effective metaheuristic algorithm that inspires musicians in an orchestra to look for the best harmony [9, 10]. It has been widely used to solve optimization problems [11-13]. In basic HSA, all decision variables are processed at various evolutionary stages according to random selections. These selection operations generally use random numbers with uniform distribution. This uniform distribution may cause decision variables to accumulate in certain regions. And it can cause decision variables to resemble each other over time. In other words, genetic diversity may decrease. To overcome this problem, random numbers generated from chaotic equations are used instead of random numbers with uniform distribution. It has been reported in literature that the use of chaotic maps with wide spectral range increases the performance of algorithms [14-17].

In this work, five chaotic HSA methods were derived by integrating chaotic based maps into HSA to improve the performance of HSA. The values derived from the chaotic maps were used for random selections in the computational process of HSA. Chaotic based HSA methods were applied to BCB optimal control problem and their performance was compared.

### 2. BCB Control Problem

This problem is an optimal control problem involving the conversion of methylcyclopentane to benzene in a tubular reactor [4]. The control problem aims to find the amount of catalyst blend along the length of the reactor to maximize the concentration at the exit of reactor. This chemical process is modeled by the following set of equations [4, 8].

$$\frac{dx_1}{dt} = -k_1x_1 \quad (1)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = k_1x_1 - (k_2 + k_3)x_2 + k_4x_5 \quad (2)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = k_2x_2 \quad (3)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = -k_6x_4 + k_5x_5 \quad (4)$$



$$\frac{dx_5}{dt} = k_3x_2 + k_6x_4 - (k_4 + k_5 + k_8 + k_9)x_5 + k_7x_6 + k_{10}x_7 \quad (5)$$

$$\frac{dx_6}{dt} = k_8x_5 - k_7x_6 \quad (6)$$

$$\frac{dx_7}{dt} = k_9x_5 - k_{10}x_7 \quad (7)$$

Where  $x_i$  are mole fractions of the chemical species,  $k_i$  are the rate constants. The rate constants of catalyst blend are defined as following:

$$k_i = c_{i1} + c_{i2}u + c_{i3}u^2 + c_{i4}u^3 \quad i = 1,2, \dots, 10 \quad (8)$$

where,  $u$  is the catalyst blend control input,  $c$  are experimental coefficients and are detailed in the literature [4, 8].

The problem is to find optimal control that maximizes benzene concentration at the exit of reactor. Reaction time  $t$ , is interval in  $[0, t_f]$ . Final time  $t_f=200$  gm/mol. The objective function of the problem is defined as follows:

$$J = x_7(t_f) \quad (9)$$

$$0 < t < t_f = 200 \text{ g/mol} \quad (10)$$

### 3. Basic HSA

HSA is an optimization method that inspires musicians in an orchestra to seek for the best harmony [9]. The harmony in the memory of each musician represents the possible solution vector. The musical notes that make up the harmony represent the decision variables. It is aimed to obtain the best harmony sequence by using all exist decision variables [9, 10, 18, 19]. HSA has five process phases: initialization, harmony memory ( $HM$ ) initialization, new harmony improvisation,  $HM$  update and termination.

In the initialization phase, the problem description and the parameters of the HSA are determined. HSA has three self-parameters: harmony memory size ( $HMS$ ), harmony memory considering rate ( $HMCR$ ) and pitch adjusting rate ( $PAR$ ).

In the second processing phase, the  $HM$  matrix is formed. This matrix consists of randomly generated solution vectors as  $HMS$ . These vectors are evaluated according to the objective function as in Eq. (11).

$$HM = \begin{bmatrix} x_1^1 & \dots & x_N^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{HMS} & \dots & x_N^{HMS} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} f(x^1) \\ \vdots \\ f(x^{HMS}) \end{bmatrix} \quad (11)$$

In the harmony improvisation phase, a new harmony vector  $x' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_N)$  is created. For this purpose, random selections are made among the decision variables in the existing  $HM$ . The new decision variable  $x'_1$  is randomly selected with the probability of  $HMCR$  from the decision variables in the  $HM$ , with the probability of  $1-HMCR$  from the existing solution space. This selection process is shown in the following equation.

$$x'_i = \begin{cases} HMCR \text{ prob.} & x'_i \in \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HMS}\} \\ 1 - HMCR \text{ prob.} & x'_i \in X_i \end{cases} \quad (12)$$

It is then decided whether or not to pitch adjust for each decision variable. In this process, the randomized bandwidth is added to the target decision variable with the probability of  $PAR$ , while no action is performed with the probability of  $1-PAR$ . This process is shown in Eq. (13).

$$x'_i = \begin{cases} PAR \text{ prob.} & x'_i \pm rand(0,1) \times bw \\ 1 - PAR \text{ prob.} & x'_i \end{cases} \quad (13)$$

In the  $HM$  update phase, the newly generated harmony  $x' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_N)$  is evaluated according to the objective function. If the fitness of the new harmony is better than the worst harmony in the  $HM$ , the new harmony is included in the  $HM$ . And the worst harmony is removed from the  $HM$ . Finally, when the HSA reaches the stop criterion, the search is terminated. The harmony which has the best fitness is accepted as the solution.

### 4. Chaotic HSA

As described in the previous section, random variables are used for initialization, new harmony improvisation and pitch adjusting of HSA. These random numbers generally have a uniform distribution. This may lead to the resemblance of individuals in the improvisation of new individuals over time. Chaotic maps with a broad spectrum rather than uniformly distributed numbers will help maintain genetic diversity and improve the performance of the search algorithm. In this context, five commonly used chaotic mapping in the literature are integrated into the HSA algorithm. The random variables that HSA needs use the numbers generated by these chaotic maps. In this study, Ikeda map, Duffing map, Zaslavskii map, Lozi map and Standard map are used as chaotic number generators. Mathematical definitions of chaotic maps are given in following equations, respectively [15, 20-22]. The characteristics of the chaotic maps are shown in Figure 1.



$$x_{i+1} = 1 + u(x_i \cos(\theta_i) - y_i \sin(\theta_i)) \quad (14)$$

$$y_{i+1} = u(x_i \sin(\theta_i) + y_i \cos(\theta_i))$$

$$x_{i+1} = y_i \quad (15)$$

$$y_{i+1} = -bx_i + ay_i - y_i$$

$$x_{i+1} = [x_i + v(1 + \mu y_i) + \varepsilon v \mu \cos(2\pi x_i)] \bmod(1) \quad (16)$$

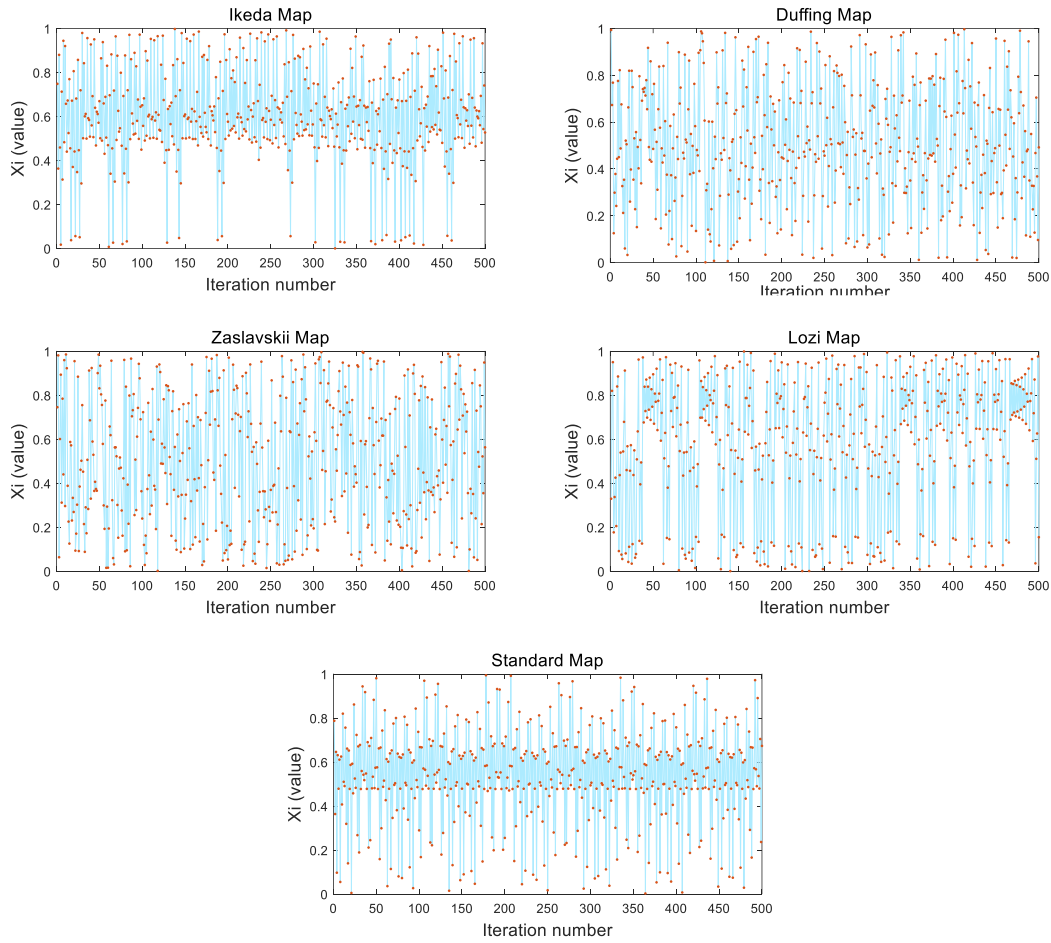
$$y_{i+1} = e^{-\gamma}(y_i + \varepsilon \cos(2\pi x_i))$$

$$x_{i+1} = 1 - \alpha|x_i| + y_i \quad (17)$$

$$y_{i+1} = \beta x_i$$

$$x_{i+1} = x_i + K \sin(y_i)$$

$$y_{i+1} = y_i + x_{i+1} \quad (18)$$

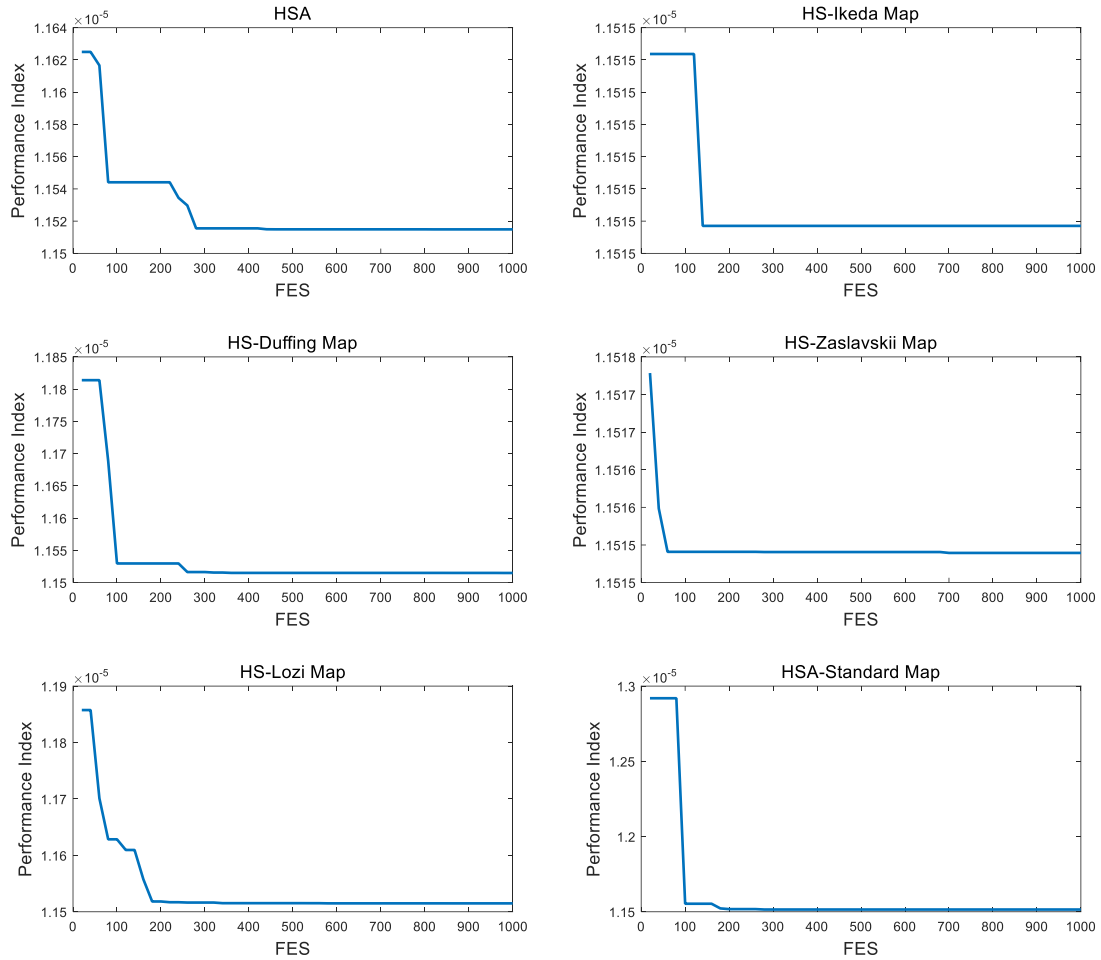


**Figure 1: The characteristics of chaotic maps**

## 5. Simulation Results

To illustrate the performance of the proposed methods, the derived chaotic HSA versions were applied to the BCB optimal control problem. The performance index defined in equation (9) is used as the objective function. The self-parameters of HSA were taken as  $HMCr=0.9$ ,  $PAR=0.1$ ,  $bw=0.01$  as in the literature [9,10]. In the simulation studies, population size is determined as 20 and maximum  $FES$  is 1000. The results from 30 independent runs were compared.





**Figure 2: The graphs of convergence of chaotic HSAs**

Figure 2 show the convergence curves of the best solution for basic HSA and chaotic HSA algorithms. According to the figure, chaotic HSA algorithms seem to have a faster convergence. Zaslavskii mapped HSA achieved the fastest convergence with 60 FES. The standard map, Ikeda map, Lozi map and Duffing map converged to their global optimum neighborhoods with 100, 150, 200 and 250 FES, respectively. The basic HSA converged to global solution in 300 FES. As can be seen, chaotic based approaches increase the convergence ability of HSA.

Table 1 shows the statistical results obtained from 30 independent trials. According to the table, the basic HSA reaches the global solution in 22 trials, while the chaotic HSAs reach the global solution in more trials. HSA with Zaslavskii map has achieved the best performance index in all trials. In addition, its minimum std. dev. value indicates that it performs a more stable search.

**Table 1: Statistical results**

Methods	Rank	Std. Dev.	$U_o(t_f)$
HSA	22	1.4E-08	0.7915
HSA-Duffing Map	24	2.8E-10	0.7878
HSA-Ikeda Map	27	2.9E-11	0.7889
HSA-Lozi Map	28	4.5E-11	0.7891
HSA-Standard Map	28	9.7E-12	0.7890
HSA-Zaslavskii Map	30	8.3E-13	0.7891

## 6. Conclusion

In the solution of multimodal problems such as chemical processes, search algorithms can easily be fitted to the local optimum. Maintaining the genetic diversity of the method during exploration contributes to finding the global solution. The use of chaotic



mapping instead of random numbers with uniform distribution helps to maintain this diversity of solutions. In this study, various chaotic HSA versions have been derived and applied to optimal control of a chemical process. It was aimed to increase the performance of HSA by using chaotic equations. The results show that the use of chaotic maps in random selection increases the diversity of solutions in search space.

## 7. References

- [1] Luus, R., “Numerical Convergence Properties of Iterative Dynamic Programming When Applied to High Dimensional Systems”, *Chem Eng Res Des*, 74, pp. 55-62, 1996.
- [2] Luus, R., *Dynamic Programming: Optimal Control Applications*. Springer, Boston, 2008.
- [3] Banga, J.R. and Seider, W.D., “Global optimisation of chemical processes using stochastic algorithms”, in *State-of-the-Art in Global Optimisation: Computational Methods and Applications*, Princeton University, Princeton, 1995.
- [4] Luus, R. and Bojkov, B., “Global Optimization of the Bifunctional Catalyst Problem”, *Can J Chem Eng*, 72, pp. 160-163, 1994.
- [5] Esposito, W. R. and Floudas, C. A., “Deterministic Global Optimisation in Non-Linear Optimal Control Problems”, *J Global Optim*, 17, pp. 97-126, 2000.
- [6] Lopez Cruz, I. L., Van Willigenburg, L.G., Van Straten, G., “Efficient Differential Evolution Algorithms for Multimodal Optimal Control Problems”, *Appl Soft Comput*, 3(2), pp. 97-122, 2003.
- [7] Sim, Y. C., Leng, S. B. and Subramanian, V., “A Combined Genetic Algorithm-Shooting Method Approach to Solving Optimal Control Problems”, *Int J Syst Sci*, 31(1), pp. 83-89, 2000.
- [8] Upreti, S. R., “A New Robust Technique for Optimal Control of Chemical Engineering Processes”, *Comput & Che Eng*, 28, pp. 1325-1336, 2004.
- [9] Geem, Z. W., Kim, J. H. and Loganathan, G. V., “A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search”, *Simulation*, 76(2), pp. 60-68, 2001.
- [10] Lee, K. S. and Geem, Z. W., “A New Meta-Heuristic Algorithm for Continuous Engineering Optimization: Harmony Search Theory and Practice”, *Comput Meth Appl Mech Eng*, 194, pp. 3902-3933, 2004.
- [11] Kang, S. L. and Geem, Z. W., “A New Structural Optimization Method Based on the Harmony Search Algorithm”, *Comput Struct*, 82 (9-10), pp. 781-798, 2004.
- [12] Geem, Z. W., Tseng, C. and Park, Y., “Harmony Search for Generalized Orienteering Problem: Best Touring in China”, *LNCS*, 3412, pp. 741-750, 2005.
- [13] Geem, Z. W., Kim, J. H. and Loganathan, G.V., “Harmony Search Optimization: Application to Pipe Network Design”, *Int J Model Simul*, 22(2), pp. 125-133, 2002.
- [14] Caponetto, R., Fortuna, L., Fazzino, S. and Xibilia, M. G., “Chaotic Sequences to Improve the Performance of Evolutionary Algorithms”, *IEEE Trans Evol Comput*, 7(3), pp. 289-304, 2003.
- [15] Talatahari, S., Kaveh, A. and Sheikholeslami, R., “An Efficient Charged System Search using Chaos for Global Optimization Problems”, *Int J Opt Civil Eng*, 2, pp. 305-325, 2011.
- [16] Feng, J., Zhang, J., Zhu, X. and Lian, W., “A Novel Chaos Optimization Algorithm”, *Multimed Tools Appl*, 76(16), pp. 17405-17436, 2017.
- [17] Durmuş, B., “Chaotic Map Based Tree Seed Algorithm”, *Süleyman Demirel University J Nat & App Sci*, 23(2), pp. 601-610, 2019.
- [18] Mahdavi, M., Fesanghary, M. and Damangir, E., “An Improved Harmony Search Algorithm for Solving Optimization Problems”, *Appl Math Comput*, 188, pp. 1567-1579, 2007.
- [19] Omran, M. G. H. and Mahdavi, M., “Global-Best Harmony Search”, *Appl Math Comput*, 198, pp. 643-656, 2008.
- [20] Chirikov, B. V., “A Universal Instability of Many-Dimensional Oscillator Systems”, *Physics Reports*, 52(5), pp. 263-379, 1979.
- [21] Zaslavskii, G. M., “The Simplest Case of A Strange Attractor”, *Physics Let A*, 69(3), pp. 145-147, 1978.
- [22] Thompson, J.M.T. and Stewart, H. B., *Nonlinear Dynamics and Chaos*, John Wiley & Sons, Chichester, 2002.





## PARAMETRIC FEM INVESTIGATION OF LOCATION ADAPTIVE FIELD FREE REGION FOR TARGETED MAGNETIC HYPERTHERMIA APPLICATIONS

Serhat Küçükdermenci

*Department of Electrical and Electronics Engineering, Balıkesir University, Balıkesir, Turkey*

*kucukdermenci@balikesir.edu.tr*

### Abstract

Magnetic fluid hyperthermia (MFH) is a very innovative method for the treatment of cancer. This method uses magnetic nanoparticles (MNPs) to generate heat and kill cancer cells. However, if the warming zones are not controlled, normal tissue may be damaged. Localized heat treatment methods are being investigated to minimize this risk. One such method involves the use of a field free region (FFR). In this study, inferences are obtained by simulating the conditions for controlling FFR over a primitive organ model. In simulation, FFR is generated by a pair of conjugate coils placed with 84 cm height and currents between 250 and -250 Amps. The liver-like structure is formed with a total of 23 spherical structures of 1 cm radius and placed inside cylindrical hollow. A random sphere domain is selected as a tumor site. Surrounding regions are investigated whether these regions are safe or not by calculating the volumetric integral of magnetic field norm.

**Keywords:** *Magnetic Hyperthermia, Field Free Region (FFR), Cancer Therapy, Magnetic Nanoparticle (MNP)*

### 1. Introduction

Recently, one of the most popular cancer treatment techniques is magnetic fluid hyperthermia. The term hyperthermia is derived from the words “hyper”, which means elevation, and “therme”, which means heat. This is attributed to increased body temperature. Unlike traditional treatments like surgery, chemotherapy and radiotherapy MFH has fewer side effects and it is presented as a new alternative treatment [1]. This therapeutic procedure is based on temperature rise above the physiological level in cancerous cells. The growth of cancer cells can be terminated at temperatures ranging from 41 °C to 46 °C or below 47 °C. This information varies in the literature [2,3]. In other words, an increase in temperature in the range of 42-45 °C causes cell damage in tumors without any damage to healthy tissues. The heat required for temperature rise in MFH is produced by exposure to alternative magnetic field (AMF) by well-dispersed MNPs in a physiological solution [4]. In this method, biocompatible, targeted magnetic nanoparticles are injected directly into the tumor or into the blood stream. The magnetic energy applied to the MNPs from outside is converted into heat energy by induction. In areas where cancer cells are present, body tissues are exposed to high temperatures about 42-45 °C. Cancer cells that are not resistant to thermal effects either lose their viability (thermo ablation) or become more sensitive to drug and radiation therapy. Healthy cells continue to function as they are more resistant to heat increase than cancer cells.

In practice, some disadvantages have emerged as MFH tests have increased in trials on living things. The problem encountered in the typical MFH technique is the inevitable distribution of MNPs located in the tumor towards healthy tissues adjacent to the tumor over time [5]. Healthy tissues around the tumor zone are heated as MNPs are heated unselected when exposed to an alternate magnetic field. A new type of MFH approach to this disadvantage has been investigated in recent years.

### 2. Physical Underground of Heat generation for MNPs

Magnetic losses are known to cause heating where MNPs meet in or around tissue. Due to relaxation losses, MNPs are heated under the influence of AMF. Neel relaxation is the rotation of the magnetic moment with a Neel characteristic time ( $\tau_N$ ). Brownian relaxation is the rotation of the particle with Brownian characteristic relaxation time ( $\tau_B$ ). Effective relaxation time can be expressed as the common effect of two relaxation periods:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_B} + \frac{1}{\tau_N} \quad (1)$$

One of the models defining the energy dissipation rate of MNPs is the Rosensweig model [6]. Rosensweig provides valuable information on how energy dissipation depends on the frequency, intensity of magnetic field and characteristics of the MNPs. From this theory energy dissipation (P) can be given as follows:

$$P = \pi\mu_0\chi_0 H_{ac}^2 f \frac{2\pi f \tau}{1 + (2\pi f \tau)^2} \quad (2)$$

where  $\mu_0$  is the magnetic permeability of the vacuum,  $\chi_0$  is the equilibrium susceptibility,  $H_{ac}$  AMF intensity,  $f$  is AMF frequency and  $\tau$  is relaxation time. The heating efficiency is represented by a certain loss power (SLP). This term is also referred to as the specific absorption rate (SAR), expressed as the ratio of heat power dissipated to MNP mass ( $m_{MNP}$ ):



$$SLP = \frac{P}{m_{MNP}} \quad (3)$$

Specific properties of AMF and MNPs are optimized with in vitro studies. The desired state is to obtain a saturation temperature between 42 °C and 47 °C. If the results are reasonable these samples can be used for in vivo assays. However, some limitations also have to be taken into consideration like focusing AMF on target region and blocking MNPs outside the tumor area.

### 3. Applying FFR for MFH Tests

The main disadvantage of the typical MFH technique is the inevitable distribution of MNPs expected to vibrate in the tumor to healthy tissues adjacent to the tumor over time. In the treatment of MFH, undesirable warming occurs in healthy tissues around the target region of the tumor, since each of the MNPs is heated when the site is exposed to AMF. It is very difficult to fully heat the targeted tumor without damaging adjacent healthy tissues. To minimize damage to the untargeted area, it is necessary to selectively heat the target site and establish safe zones for healthy tissues around the tumor. Following procedure should be followed to minimize thermal ablation risk of healthy tissues. Firstly, the target tumor position coordinates should be determined linearly, planarly or volumetric. The tumor site should be kept under the influence of magnetic moment vibration region (a.k.a FFR). And surrounding region should be kept under the influence of magnetic moment blocking region (also can be called as safe region). The AMF can now be applied to heat the target area then AMF energy is interrupted for the new tumor location. The same procedure should be repeated for the new tumor focus. A new MFH approach to meet these requirements has been investigated in recent years [7,8].

Heat generation of multi-domain MNPs depends on the combination of hysteresis loss and magnetic relaxation. Unlike multidomain MNPs in single domain MNPs, the heating mechanism for MFH is related to Neel and Brownian relaxation. A static magnetic field (SMF) can be used to limit these two relaxations. Therefore, this causes limited increase of warming. MNP relaxations, which generate heat by exposure to the AMF, are locked by the presence of SMF and heat generation is damped. If the SMF amplitude in the study area is equal to or greater than the AMF amplitude, MNP magnetic moments oscillates very weakly and heat production is dramatically reduced. Therefore, an additional SMF can reduce or suppress the heating properties of MNPs.

For selective hyperthermia, FFR is generated in the SMF medium. The formation of the FFR can be described as putting two same pole magnetic poles face to face. The opposing flux lines bend each other, and this bending effect creates a region in the center where no DC flux lines are present (see Fig. 1) [9].

Two electromagnet coils can be used to create FFR. When the same poles of the magnetic field obtained from the windings look face to face, the gradient field and FFR are created. The distance between the two coils and the current intensities applied to the coils determine the strength of the gradient area and the size of the FFR. While SMF restricts the heat generation of MNPs, FFR within the SMF allows the heat generation of MNPs.

Hensley et al. developed a system capable of selective magnetic hyperthermia using the FFR principle in magnetic particle imaging [10]. Some theoretical models describing the impact of SMF on MNPs have been developed [11]. Murase et al. [12] presented a model that improved Rosensweig's theory of SAR calculation by adding SMF to AMF. For this new situation, the energy distribution (Ps) is expressed as:

$$P_s = \pi\mu_0\chi_0\bar{H}_{ac}^2 f \frac{2\pi f\tau}{1+(2\pi f\tau)^2} \quad (4)$$

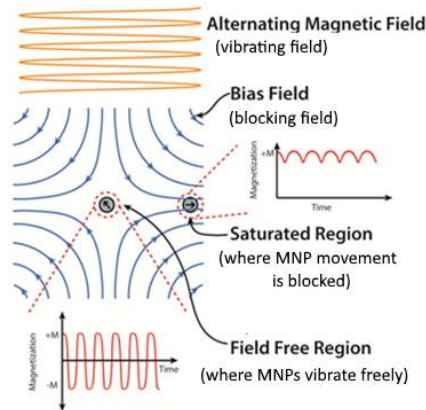


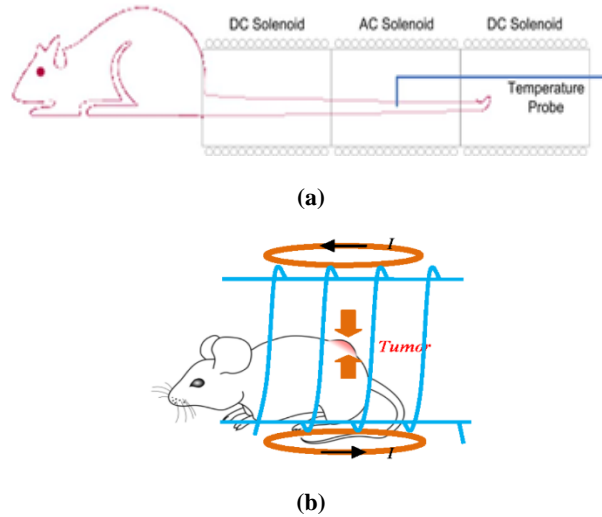
Fig. 1. Representation of FFR and saturated region in work area [9].



Under the influence of SMF, AMF amplitude is rearranged and given with equality  $\vec{H}_{ac} = CF \cdot H_{ac}$ . Here, CF It is named correction factor and can be found with equation  $CF = H_{ac} / \sqrt{H_{ac}^2 + H_s^2}$ .  $H_{ac}$  is the dynamic magnetic field intensity and  $H_s$  is the SMF intensity, respectively. If SMF is present, it is assumed that AMF decreases with a correction factor [11]. Note that when  $H_s$  is zero, the value of CF is 1.

Study groups prefer mainly two ways; the one is simply NdFeB magnets utilized as a SMF gradient source. The other one is creating SMF by a solenoid pair. It is obvious that DC coils and permanent magnets can both be used as SMF source. Nevertheless, varying focusing point and moving it in a line can be in a different manner. In DC coil option, coils are fixed and if it is wanted to spoil symmetry between balanced SMF parts, DC current rates of coils should be changed. Moreover, focal point of FFR can be moved smartly. Permanent magnet setup offers mechanical way for this focus targeting phenomena. If two magnets have equal distance to the center point, focal point locates at the center of all system. If the distance is changed asymmetrically by moving the permanent magnets forward and backward, focal point changes. Therefore, it can be said that electrical way (varying current rate) and mechanical way (moving magnets) are alternative ways to change focal point in FFR.

Various experiment setups are installed by study groups. Positioning attractive poles face-to-face or repellent poles face-to-face creates MF gradients in different way. Also reversing power source poles makes the current flow in the reverse direction. This can be a way to alter poles like attractive poles or repellent poles face-to-face. Tasci et al. proposed the use of the FFR approach with a pair of DC solenoids to control the heating of MNPs [7]. They showed how the temperature increase in MNPs injected into the tails of the rat decreased using FFR by in vivo experiments. They used DC current excited coil pairs to generate SMF. Coil pairs generated SMF in reverse direction. Direction of SMF is in y direction (longitudinal) and AMF coil position is horizontal in y direction with  $H = 4.5 \text{ kA m}^{-1}$  and  $f = 80 \text{ kHz}$ . Zhao et al. [8] used DC current excited coil pairs to generate SMF. Coil pairs generated SMF in supporting direction. Direction of SMF is in z direction (transverse) and AMF coil position is horizontal in y direction with  $H = 7 \text{ kA m}^{-1}$  and  $f = 130 \text{ kHz}$ .

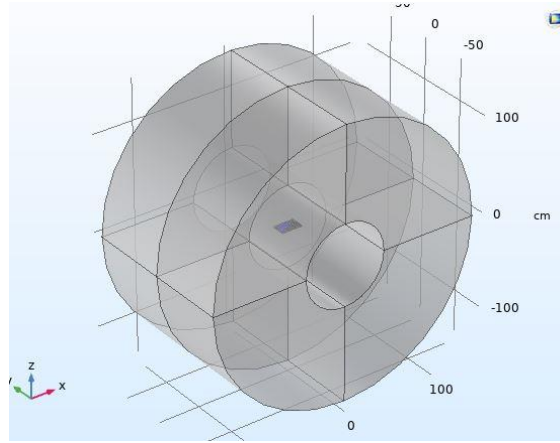


**Fig. 2. Schematic of the experimental setup a. SMF longitudinal with AMF [7], b. SMF transverse with AMF [8].**

#### 4. FEM Simulation

Finite element methods are used to solve the magneto-static problem numerically. Static magnetic fields are computed from pair of coil electromagnets in the 3D space dimension using the AC/DC module of the COMSOL Multiphysics software (Version 5.4, COMSOL Inc., Burlington, MA). Firstly, work plane 2 (wp2) and work plane 3 (wp3) is generated on zx-plane with y-coordinate = 0 [cm] and -84 [cm] respectively. Circle 1 (c1) is plotted on both work planes with radius 143 [cm] and center based on  $xw = 0$  [cm],  $yw = 0$  [cm]. Both work planes are extruded with distance 84 [cm]. Design of coils can be seen in Fig. 3.

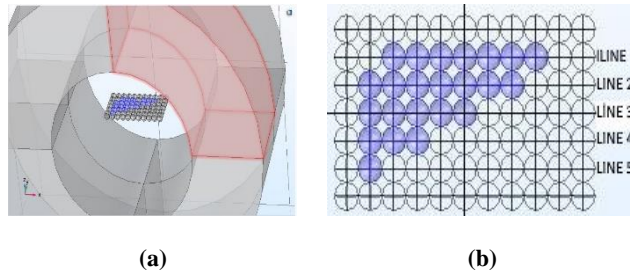




**Fig. 3. Representation of FFR and saturated region in work area**

The hollow room inside the cylinder is large enough to fit average human body. Total dimensions of adjacent coils are 168 [cm] height and 143 [cm] radius. Cylinder shape hollow has the same height with 43 [cm] radius.

A sphere with radius 1 [cm] is located at position (-10, -6, 0) [cm] in cartesian coordinates. And an array created based on this sphere in with size (11, 7, 1) units in 3D with displacement (2, 2, 8) [cm]. This array is thought as cross section area of a human body which lies inside the hollow room. This cross section can be seen in Fig 4a.



**Fig. 4a. Body cross section lies inside the coils b. Primitive liver model created by selection of spheres in the body cross section array structure.**

Some domains are selected among array units to create any primitive organ model. It is decided to create liver-like model by selection domains. This primitive liver model is made up of 5 lines. 7 spheres are chosen from line 1, again 7 spheres are chosen from line 2, 5 spheres are chosen from line 3, 3 spheres are chosen from line 4 and lastly 1 sphere is chosen from line 5 and liver model completed in the Comsol Multiphysics software. Totally 23 spheres are combined in 5 lines to obtain primitive liver-like shape shown in Fig. 4b.

Experiment area is surrounded by air media in the block shape with dimensions 400 [cm] width, 320 [cm] depth and 400 [cm] height. It is center is located at (0,0,0) [cm] position.

Air material is chosen for all domains by default. Material selection for coils is done as copper which is selected from materials library. Copper has relative permeability 1, relative permittivity 1 and electrical conductivity 5.998e7[S/m]. Water is chosen as material for liver model in material selection section.

Coils are built as homogenized multi-turn conductor model with numeric coil type. Coil excitation is selected as current and coil currents are named as Icoil1 and Icoil2 respectively under global definitions in parameters section. Icoil1 and Icoil2 is chosen as 250[A]. Number of turns for coils are also presented in parameters section as N1=N2= 1000 turns.

After completing geometric and physical definitions free tetrahedral meshing is defined separately for windings and liver model. Cross section of meshed model is shown in Fig. 5.





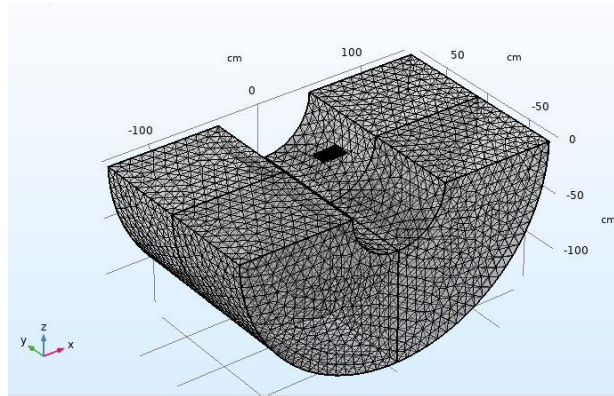


Fig. 5. Cross section of meshed model

Under study 1 section parametric sweep option is chosen for Icoil2. Its parameter range is starts at -250 [A] and it arrives stop point 250 [A] with 25 [A] step size. Study 1 is computed with coil geometry analysis step and stationary step. After FEM analysis post-production is completed with 3D plot groups for visual information. And then analytical values are derived from volume integration calculations.

#### 4.1. Analysis Results

By using parametric sweep option, graphics are generated while Icoil1 is 250 [A] and Icoil2 changes from -250 [A] to 250 [A] with 25 [A] steps. Totally 21 graphics are obtained for magnetic flux density in working area. With the help of these magnetic flux maps an estimation can be done for choosing suitable target regions for magnetic fluid heating. An example is given in Fig.6. This map is generated when Icoil1 is 250 [A] and Icoil2 is -250 [A]. The graphic shows that the weakest SMF region is in the center the array structure with red and yellow mixed color in the magnetic flux density range  $1.81 \times 10^{-4}$ -0.01 [T]. Slightly away from the center color changes to green. It means that magnetic flux density is about 0.01-0.02 [T].

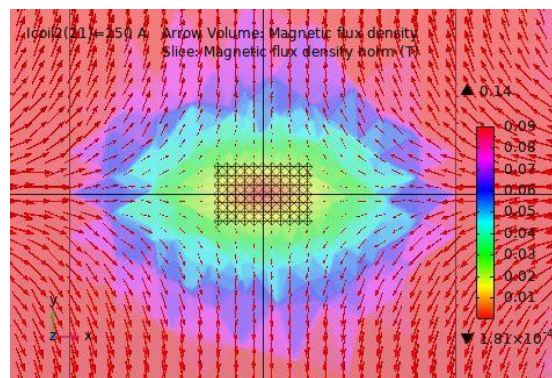


Fig. 6. Magnetic flux map of a working area when Icoil2 = -250 [A]

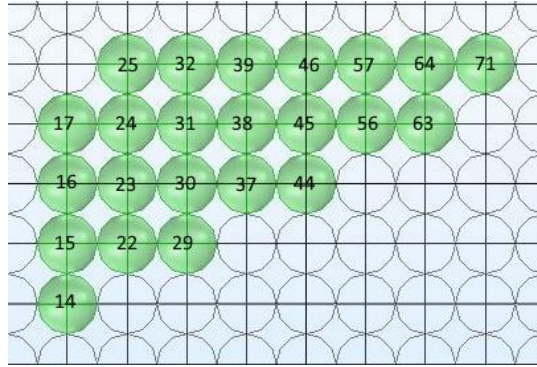
Beyond graphical estimations volume integration option and 1D plot settings are used for analytical calculations. 3D plot is settled over liver photo which has metastatic nodules. Metastasis is a pathogenic agent's spread from an initial or primary site to a different or secondary site within the host's body [13] the term is typically used when referring to metastasis by a [cancerous](#) tumor. Fig. 7 shows cut surface of a [liver](#) showing multiple paler metastatic nodules.



Fig. 7. Cut surface of a [liver](#) showing multiple paler metastatic nodules originating from [pancreatic cancer](#) [13].



So, depending on this information domain numbers are given to the base spheres forming the primitive liver model (see Fig. 8). As a scenario, one of the spheres has been identified as the target cancerous region. Other surrounding spheres have been identified as areas to be protected against heat.



**Fig. 8. Giving number to spheres and selecting a target region**

A sphere named domain 44 is chosen as target region randomly. It is supposed to be heated by MNPs. Surrounding spheres are chosen as healthy tissues which should be kept under safe zone. Their domain names are given as 37, 38, 45, 56 respectively. Magnetic field intensity magnitudes are calculated for 21 current values for target and safe zones and table is created to decide which condition is best for domain 44 under selective MFH conditions (see Table 1).

**Table 1: Magnetic field norm values for different coil excitations calculated for target (D44) and surrounding safe regions (D38, D45, D56, D37).**

Icoil2	D37	D38	D44	D45	D56
-250	0,0033	0,0071	0,0003	0,0063	0,0069
-225	0,0125	0,0068	0,0121	0,0062	0,0069
-200	0,0244	0,0187	0,0242	0,0186	0,0188
-175	0,0365	0,0311	0,0363	0,0310	0,0311
-150	0,0485	0,0434	0,0484	0,0434	0,0435
-125	0,0606	0,0558	0,0605	0,0558	0,0559
-100	0,0727	0,0683	0,0726	0,0683	0,0683
-75	0,0848	0,0807	0,0847	0,0807	0,0807
-50	0,0969	0,0931	0,0969	0,0931	0,0932
-25	0,1090	0,1055	0,1090	0,1055	0,1056
0	0,1211	0,1179	0,1211	0,1179	0,1180
25	0,1332	0,1304	0,1332	0,1304	0,1304
50	0,1454	0,1428	0,1453	0,1428	0,1428
75	0,1575	0,1552	0,1574	0,1552	0,1552
100	0,1696	0,1676	0,1695	0,1676	0,1677
125	0,1817	0,1800	0,1816	0,1800	0,1801
150	0,1938	0,1925	0,1938	0,1925	0,1925
175	0,2059	0,2049	0,2059	0,2049	0,2049
200	0,2180	0,2173	0,2180	0,2173	0,2173
225	0,2301	0,2297	0,2301	0,2297	0,2298
250	0,2422	0,2422	0,2422	0,2421	0,2422





It is understood that the best condition creating FFR for domain 44 is  $I_{coil2} = -250$  [A]. When at this current value, volume integral of magnetic field norm in target region is  $0.0003$  [ $m^2 \cdot A$ ]. Surrounding spheres have magnetic field norm value from  $0.0033$  to  $0.0071$  [ $m^2 \cdot A$ ]. It means that norm value of surrounding spheres is higher in the range of  $+0.0030$ ,  $+0.0067$  [ $m^2 \cdot A$ ] from the target region. In this case when MNPs are in the target region and ACMF is applied, MNPs which are in the FFR vibrates freely without any blocking. Surrounding regions have higher SMF values. SMF blocks vibrating rising from AMF and MNP heating affect is suppressed due to SMF-AMF intensity balance. When changing current values, new distributions of magnetic field lines are obtained in the work area. Field map has new texture and FFR moves due to new experiment conditions. For instance, when  $I_{coil2} = 0$  [A] domain 44 loses its FFR property. Volume integral of magnetic field norm in target region is  $0.1211$  [ $m^2 \cdot A$ ]. Surrounding spheres have magnetic field norm value from  $0.1180$  to  $0.1211$  [ $m^2 \cdot A$ ]. It means that norm value of surrounding spheres is higher in the range of  $0.0001$  up to  $0.0067$  [ $m^2 \cdot A$ ] from the target region. It is obvious that SMF value of target region is higher than the surrounding regions. If MNPs tend to move from target to neighbor regions in some time, they vibrate more than target region MNPs and their heat will be up. It means that selective warming is unsuccessful with this condition for target domain 44. Another random condition is chosen that  $I_{coil2} = 250$  [A]. Volume integral of magnetic field norm in target region is  $0.2422$  [ $m^2 \cdot A$ ]. Surrounding spheres have almost the same values with the target area. It shows that when MNPs are in the target region and then they try to reach neighbor regions by time they will be blocked or vibrated at the same time due to SMF-AMF balance. Their behavior is the same all together. To sum up, different magnetic field maps and different FFRs can be created by changing current of magnetic field generating coils. Target region magnetic field can be higher, lower or same values compared to surrounding regions. These study shows that graphical and analytical estimations can be done to determine FFR warming areas and suppression areas for MFH tests.

## 5. Discussion and Conclusion

It is pointed out that traditional MFH therapy utilizing MNPs has a drawback as unselective heating. The focused heating of MNPs can be provided effectively by depositing SMF gradients on AMF. This newly developed heat treatment system has ability to suppress heating on healthy tissues and to focus heat on tumors. MFH can be a more effective heat treatment method with these proposed and analyzed novel approach. The magnetic inductive MFH using combined SMF and AMF may be a feasible method to control and optimize MFH treatment with the aim to increase treatment quality. This combination of fields can be utilized not only for focusing heat on target point (the area of tumor) but also for preventing adjacent zones (the area of healthy tissue) against warming.

Results showed that controlling the heat rise in MFH is possible by offered method and it is open for development. By varying the SMF gradient lines, the strength and position of the heating focus can be changed simply. Raising the SMF gradient can be done by applying higher current rates to the SMF solenoids. Both coils should be energized with the equal DC current rates for focusing the heat at the center. For varying the position of the focus, different current rates should be flowing through the coils.

This simulation study can help investigators to understand the effects of the treatment better and can give them a point of view about dynamics of the MFH tests.

For future studies, induction heating and fluid flow physics can be added to magnetic field physics in simulation software. Developing this base model to the advanced model will improve the usability of simulation results in real life challenges.

## 6. References

- [1] Hergt, R., Dutz, S., Roder, M., (2008). Effects of size distribution on hysteresis losses of magnetic nanoparticles for hyperthermia, *J. Phys. Condens. Matter* 20 (38) 385214.
- [2] Chiriac, H., Petreus, T., Carasevici, E., Labusca, L., Herea, D.D., Dancianu, C., Lupu N., (2015). In vitro cytotoxicity of Fe-Cr-Nb magnetic nanoparticles under high frequency electromagnetic field, *J. Magn. Magn. Mater.* 380 13–19.
- [3] Hervault, A., Thanh, N.T.K., (2014). Magnetic nanoparticle-based therapeutic agents for thermo-chemotherapy treatment of cancer. *J. Nanoscale* 6, 11553-11573.
- [4] Habib, A.H., Ondeck, C.L., Chaudhary, P., Bockstaller, M.R., McHenry, M.E., (2008). Evaluation of iron-cobalt/ferrite core-shell nanoparticles for cancer thermotherapy. *J. Appl. Phys.* 103, 07A307.
- [5] Küçükdermenci S., (2019). Targeted Magnetic Hyperthermia: Focusing Heat on Tumors and Creating Safe Zones for Healthy Tissues. *Theoretical Investigations and Applied Studies in Engineering* 361-376.
- [6] Rosensweig, R.E., (2002). Heating magnetic fluid with alternating magnetic field. *J. Magnetism Magnetic Mater.* 252, 370-374.
- [7] Tasci TO, Vargel I, Arat A, Guzel E, Korkusuz P, Atalar E. Focused RF hyperthermia using magnetic fluids. *Med Phys.* 2009; 36:1906. [PubMed: 19544810]
- [8] Q. Zhao, L. Wang, R. Cheng, L. Mao, R. D. Arnold, E. W. Howerth, Z. G. Chen, S. Platt, *Theranostics* 2012, 2, 113.
- [9] Dhavalikar, R.; Rinaldi, C. Theoretical Predictions for Spatially-Focused Heating of Magnetic Nanoparticles Guided by Magnetic Particle Imaging Field Gradients. *J. Magn. Magn. Mater.* 2016, 419, 267-273.
- [10] Hensley, D. W.; Tay, Z. W.; Dhavalikar, R.; Zheng, B.; Goodwill, P.; Rinaldi, C.; Conolly, S. Combining Magnetic Particle Imaging and Magnetic Fluid Hyperthermia in a Theranostic Platform. *Phys. Med. Biol.* 2016, 62, 3483-3501.



- [11] Mehdaoui B, Carrey J, Stadler M, Cornejo A, Nayral C, Delpech F, Chaudret B, Respaud M. Influence of a transverse static magnetic field on the magnetic hyperthermia properties and high frequency hysteresis loops of ferromagnetic FeCo nanoparticles. *Appl Phys Lett*. 2012; 100:052403.
- [12] Murase K, Takata H, Takeuchi Y, Saito S. Control of the temperature rise in magnetic hyperthermia with use of an external static magnetic field. *Phys Medica*. 2013; 29:624–630.
- [13]"Metastasis", Merriam–Webster online, accessed 20 Aug 2019.

## 7. Acknowledgement

This study is financially supported by Balıkesir University under the project number 2018/126 and 2018/026 and 2018/126 and by TUBITAK under the project number 215E107.



## HEDEFLEMELİ MANYETİK HİPERTERMİ İÇİN KARMA YÖNTEMLE OLUŞTURULAN ALANSIZ BÖLGENİN FEM SİMULASYONU

\*Serhat Küçükdermenci

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

kucukdermenci@balikesir.edu.tr

### Özet

Manyetik sıvı hipertermi (MFH) kanser tedavisinde çok yenilikçi bir yöntemdir. Bu yöntem manyetik nano parçacıkların (MNP) ısıtma kabiliyetini kullanır. MFH'nin tedavisi belirli durumlarda sağlıklı hücreleri tahrip etme riski taşımaktadır. Bu hasarı en aza indirmek için lokalize ısıtma yöntemleri çözüm olarak önerilebilir. Önerilen bu çözüm alansız bölge (FFR) yaklaşımı olarak adlandırılır. FFR hedef bölgeyi lokalize ısıtmak ve çevre bölgeleri güvene almak için statik manyetik alan (SMF) ile gradyen bölgeleri oluşturmaktır. Bu çalışmada FFR oluşturmak için farklı iki yöntemi bir araya getirilerek yeni karma durum simüle edilmiştir. Bu karma durum sabit mıknatıslar ve elektromıknatıs kullanarak süperpoze gradyen bölgeleri oluşturmaktır. Kurulan deney düzeneğinde sabit mıknatıslar arası mesafe 12-20 cm aralığında değiştirilmektedir. Sisteme 2 cm'lik adımlarla parametrik tarama uygulanmıştır. Buna ek olarak manyetik alan üretici bobinlere 5 A'lık adımlarla -25 A ve +25 A aralığında parametrik tarama uygulanmıştır. Çalışma alanındaki manyetik alan haritası 0.8 cm çapında ve 0.4 cm aralıklı 13 adet küre üzerinden incelenmiştir. Farklı durumlar için manyetik akı haritaları ortaya çıkarılmıştır. Kürelere manyetik alan norm hacim integrali uygulanarak sonuçlar görsel ve analitik olarak incelenmiştir. Isıtılması gereken hedef bölge ve güvende tutulması gereken çevre bölgelerin durumu her karma gradyen bölgeleri üzerinden tespit edilmiştir. FFR kontrolü için iki farklı yöntemin birleştirilmesinin ortaya çıkardığı avantajlar tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kanser Tedavisi, Manyetik Nano Parçacık (MNP), Manyetik Hipertermi, Manyetik Alansız Bölge (FFR),

### 1. Giriş

Manyetik hipertermi geleneksel kanser tedavisi yöntemlerine alternatif olarak sunulan tekniklerden biridir. MFH'nin yan etkileri cerrahi, kemoterapi ve radyoterapi gibi geleneksel tedavilerin aksine daha azdır [1]. Hipertermi temelde kanserli hücrelere dayanacakları seviyenin üzerinde sıcaklık uygulama prensibine dayanır. Kanser hücrelerinin etkinliği 41 °C ila 47 °C'nin arasındaki sıcaklıklarda sonlandırılabilir [2,3]. Bu aralıktaki sıcaklık artışı sağlıklı dokularda herhangi bir hasara yol açmadan tolere edilebilir. Ortama enjekte edilen MNP'lerin alternatif manyetik alana (AMF) maruz bırakılmasıyla tümörlerdeki kritik sıcaklık artışı için gereken ısı üretilir [4]. Dışarıdan uygulanan manyetik enerji MNP' vasıtasıyla ısı enerjisine dönüştürülür. Yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan , termal etkilere dirençli olmayan kanser hücreleri canlılıklarını kaybederler (termo ablasyon). Sağlıklı hücreler, kanser hücrelerine kıyasla ısı artışına daha dirençli oldukları için yaşamaya devam ederler. MFH yöntemi ile canlılar üzerinde yapılan testlerde ortaya çıkan problem, tümöre bitişik sağlıklı dokulara doğru tümörde bulunan MNP'lerin zamanla dağılmasıdır [5]. AMF'ye maruz kaldıkça tümör etrafındaki sağlıklı dokulara nüfuz eden MNP'ler kontrolsüz şekilde ısınır. Bu dezavantaja karşı MFH testlerinde yeni yaklaşımlar üzerinde çalışılmaktadır.

### 2. MNP'larda Isı Üretme Mekanizmaları

MNP'ler AMF etkisi altında relaksasyon kayıpları nedeniyle, ısınır. , manyetik momentin bir Neel karakteristik zamanı ( $\tau_N$ ) ile hareketi Neel relaksasyonudur. Brownian karakteristik relaksasyon zamanıyla ( $\tau_B$ ) partikülün dönmesi Brownian relaksasyonudur. iki relaksasyon zamanının ortak etkisi etkin relaksasyon süresi olarak bilinir ve eşitlik 1'deki gibi verilir.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_B} + \frac{1}{\tau_N} \quad (1)$$

Rosensweig modeli enerji disipasyonunun frekans, manyetik alanın şiddeti ve MNP'lerin özelliklerine bağlılığı hakkında değerli bilgiler sağlayan MNP'lerin enerji disipasyon oranını tanımlayan modellerden biridir[6]. Eşitlik 2'de bu teoriden oluşturulan enerji disipasyonu (P) formülülü aşağıda verilmiştir.

$$P = \pi \mu_0 \chi_0 H_{ac}^2 f \frac{2\pi f \tau}{1 + (2\pi f \tau)^2} \quad (2)$$

Burada  $H_{ac}$  AMF şiddeti,  $f$  AMF frekansı ve  $\tau$  relaksasyon süresi,  $\mu_0$ , boşluğun manyetik geçirgenliği,  $\chi_0$  manyetik süseptibilitedir. Isıtma verimliliği, (SLP) kayıp ısı gücünün MNP kütlelerine ( $m_{MNP}$ ) oranı olarak ifade edilen özgül soğurma oranı (SAR) olarak da adlandırılır ve eşitlik 3 ile ifade edilir.



$$SLP = \frac{P}{m_{MNP}} \quad (3)$$

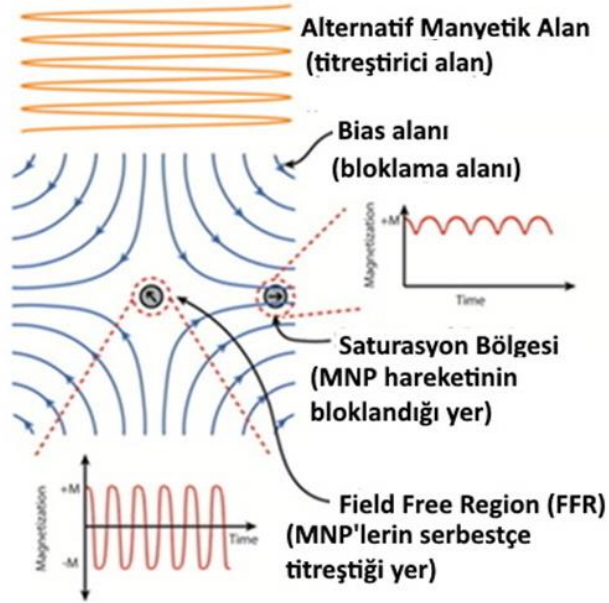
Arzu edilen durum olan 42 °C ila 47 °C arasında sıcaklık elde etmek için MNP'lerin spesifik özellikleri, in vitro çalışmalar ile optimize edilmektedir. Bu uygun sıcaklığa erişilmesi başarıldıktan sonra deney şartları in vivo analizler için uyarlanılmaktadır.

### 3. MFH Teslerine Yeni Bir Yaklaşım

Tümörde titreşerek ısınması beklenen MNP'lerin zamanla tümöre bitişik sağlıklı dokulara doğru kaçınılmaz dağılımı tipik MFH tekniğinin ana dezavantajıdır. MNP'lerin sağlıklı doku içinde AMF'ye maruz kalması hedef bölge etrafındaki sağlıklı dokularda istenmeyen ısınma meydana gelmesinin sebebidir. Bitişik sağlıklı dokulara zarar vermeden ısıtılması hedeflenen tümörü tamamen ısıtmak çok zordur. Hedef bölgeyi seçici bir şekilde ısıtmak ve tümör çevresindeki sağlıklı dokular için güvenli bölgeler oluşturmak hedeflenmemiş bölgedeki hasarı en aza indirmek için gereklidir.

Neel ve Brownian relaksasyonları tek domain MNP'lerin temel ısıtma mekanizmasıdır. SMF'nin etkisi ile AMF'ye maruz bırakılarak ısı üreten MNP relaksasyonları bloklanır. Böylece MNP'lerin ısı üretimi sönüme uğrar veya sınırlandırılır. MNP manyetik momentleri çalışma alanındaki SMF genliği AMF genliğinden daha baskın ise çok zayıf osilasyon yapar. Dolayısı ile ısı üretimi etkin şekilde düşer. MNP'lerin ısıtma özelliklerinin SMF etkisiyle azaltılabilir veya baskılanabilir olduğu söylenebilir.

SMF yardımıyla hedeflemeli MFH için çalışma alanında FFR oluşturulması gerçekleştirilir. iki aynı kutuplu manyetik kutbun yüz yüze konumlanması olarak FFR'nin oluşumu tanımlanabilir. Böylece manyetik akı çizgileri birbirini bükür. Bu bükme etkisi statik manyetik akı çizgisinin olmadığı boş bir bölge merkezde oluşturur (bkz. Şekil 1) [7].



Şekil 1. Titreşim ve bloklama bölgelerinin gösterimi [7].

Karşılıklı konumlanmış akımla enerjilenmiş iki bobin veya iki sabit mıknatıs FFR oluşturmak için kullanılabilir. Sabit mıknatıslardan veya bobinlerden elde edilen manyetik alanın aynı kutupları yüz yüze baktığında FFR ve gradyan alanı çalışma alanında oluşturulur. Manyetik akı kaynağının gücü ve karşılıklı kutuplar arasındaki mesafe FFR'nin boyutunu ve gradyan alanının yapısını belirler. Bobinlere uygulanan akımın yönü ve şiddeti, sabit mıknatısın manyetizasyon yönü ve bağlı manyetik permabilitesi çalışma alanında oluşacak manyetik alan haritalarının yapısını etkileyen faktörlerdir. MNP'lerin hareketi SMF etkisinde bloklandığı için ısı üretimi kısıtlanır. Ters mantıkla FFR'deki MNP'ler serbestçe ısı üretebilirler.

MFH temel çalışma prensibine sahip manyetik parçacık görüntülemeye FFR ilkesini kullanan bir sistem Hensley vd. tarafından geliştirilmiştir [8-10]. SMF'nin MNP'ler üzerindeki etkisini tanımlayan bazı teorik modeller MFH uygulamalarında Murase vd. tarafından ortaya atılmıştır [11]. Buna göre SMF'nin de etkisini Rosensweig'in SAR hesaplama teorisine ekleyerek yeni bir model sunulmuştur [12]. Enerji disipasyonu ( $P_s$ ) bu yeni durum için eşitlik 4 ile ifade edilir:

$$P_s = \pi\mu_0\chi_0\vec{H}_{ac}^2 f \frac{2\pi f \tau}{1 + (2\pi f \tau)^2} \quad (4)$$

AMF genliği SMF'nin etkisi altında eşitlik 5 ile yeniden düzenlenir;



$$\vec{H}_{ac} = CF \cdot H_{ac} \quad (5)$$

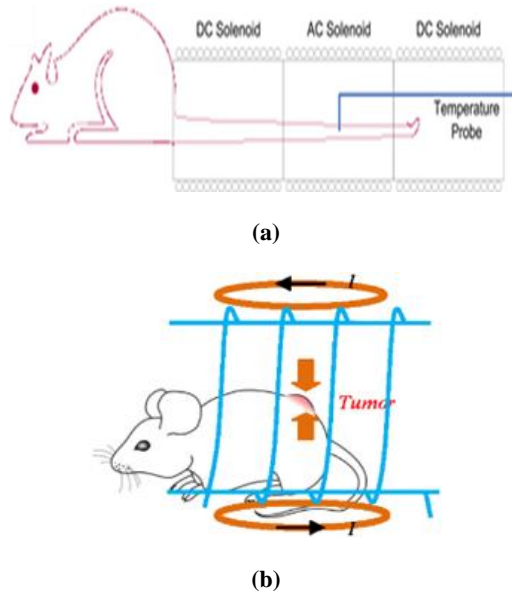
Burada, düzeltme faktörü olarak CF adlandırılır ve CF eşitlik 6 ile bulunabilir.

$$CF = H_{ac} / \sqrt{H_{ac}^2 + H_s^2} \quad (6)$$

eşitlikte  $H_{ac}$  ve  $H_s$  sırasıyla ACMF şiddeti ve SMF şiddetidir. AMF'nin düzeltme faktörü ile söndüğü SMF mevcutsa söylenebilir [11]. CF değerinin 1 olduğu  $H_s$  sıfır olduğunda gözlemlenebilir.

SMF üretmek için tercih edilen yollardan biri sabit mıknatıs kullanmak diğeri ise DC bobin çiftini kullanmaktır. FFR'nin odak noktasının değiştirilmesi isteniyorsa sabit mıknatıslar ileri ve geri hareket ettirilerek merkeze olan mesafe asimetrik olarak değiştirilebilir. Akım değerleri değiştirilerek DC bobin seçeneğinde bobinler sabitken simetri bozulması sağlanabilir. Bobinlerdeki akım değişimi sayesinde mekanik harekete gerek kalmadan uygulamada daha pratik çözümlere ulaşılabilir. Bobin çiftlerinde akım değişimi, sabit mıknatıslarda mekanik hareket farklı manyetik alan haritaları oluşturmanın alternatif yollarıdır.

Yeni tip MHF testleri için SMF yaklaşımının kullanılması Tasci vd. tarafından önerilmiştir [7]. Yapılan in vivo teste SMF ile kobay kuyruğuna enjekte edilen MNP'lerde sıcaklık artışının nasıl azaldığını gösterilmiştir. Deneyde 4.5 kA/m şiddetinde ve 80 kHz frekansındaki AMF'ye boyuna doğrultuda SMF uygulanmıştır (bkz. Şekil 2.a). Zhao vd. başka bir çalışmada [8], DC akımla enerjilenmiş bobini SMF üretmek için kullanmışlardır. Bu teste AMF değerleri  $H=7$  kA/m ve  $f=130$  kHz'dir ve SMF, AMF'nin enine doğrultuda sisteme uygulanmıştır (bkz. Şekil 2.b).



Şekil 2.a., AMF'nin boyuna doğrultuda SMF [7],b., AMF'nin enine doğrultuda SMF [8].

#### 4. Karma Yöntemle Oluşturulan Alansız Bölgenin FEM Simülasyonu

Manyeto-statik problemleri sayısal olarak çözmek için COMSOL Multiphysics yazılımının (Versiyon 5.4, COMSOL Inc., Burlington, MA) AC/DC modülünü kullanarak 3D uzayda simülasyonlar yapılmıştır.

Simülasyonda mıknatıs bloklarının genişliği, derinliği ve yüksekliği sırasıyla 10,4,4 cm olarak belirlenmiştir. Blokların merkezi 0,8,0 ve simetrik olarak 0,-8,0 noktasına konumlanmıştır. Çalışma alanının merkezine sembolik olarak kanserli hedef bölgeleri ve korunması gereken sağlıklı hücreleri temsil eden 0.8 cm çaplı ve 0.4 cm aralıkla toplam 13 küre yerleştirilmiştir.

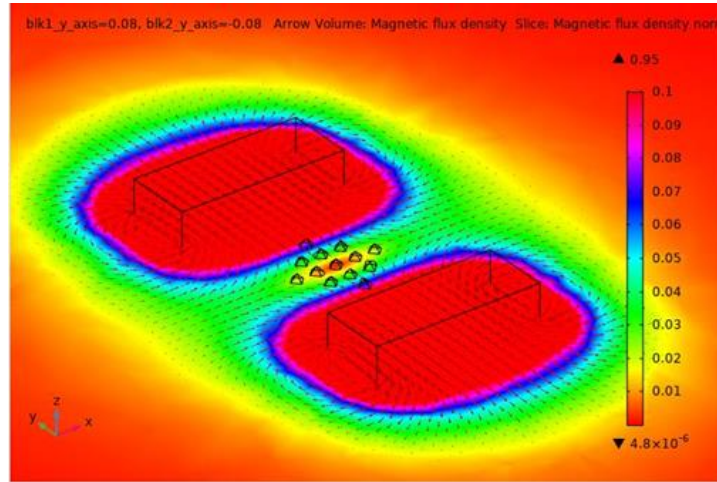
Sabit mıknatısların malzeme ataması bağlı permeabilitesi 1.07 olan malzeme seçilerek yapılmıştır. Simülasyonda sabit mıknatısların artık akı yoğunlukları sırasıyla 0,1.17,0 ve 0,-1.17,0 T olarak belirlemiştir. Böylece merkezde bir FFR oluşturulması için mıknatısların S kutupları sistemin içine bakacak şekilde konumlanmıştır. Mıknatıslar arası mesafe 12 cm'den 20 cm'ye 2 cm adımlarla parametrik olarak arttırılmıştır (bkz. Tablo 1).



**Tablo 1. Sabit mıknatısların konumunun parametrik taramayla değiştirilmesi**

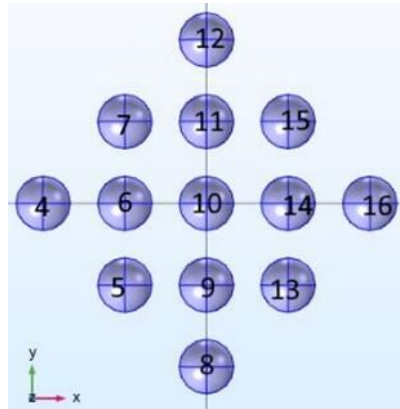
blk1_y_axis [cm]	blk2_y_axis [cm]	merkezden toplam uzaklık [cm]
8	-8	12
9	-9	14
10	-10	16
11	-11	18
12	-12	20

Çalışma alanındaki manyetik akı yoğunluğu renk skalası ve yön okları yardımıyla 3D plot group çizim özellikleri kullanılarak haritalanmıştır. Şekil 3'te örnek olarak çalışma alanındaki manyetik alan haritası sabit mıknatıslar arasındaki mesafe 12 cm iken görülebilir.



**Şekil 3. Çalışma alanındaki manyetik alan haritası (Sabit mıknatıslar arasındaki mesafe 12 cm iken)**

Çalışma alanındaki 13 küreden herbirine domain numaraları verilmiştir (bkz. Şekil 4) ve manyetik alan norm değerleri hacimsel integralle belirlenmiştir (bkz. Tablo 2).



**Şekil 4. Çalışma alanındaki kürelerin domain numaralarının sabit mıknatıslı sistem için belirlenmesi**



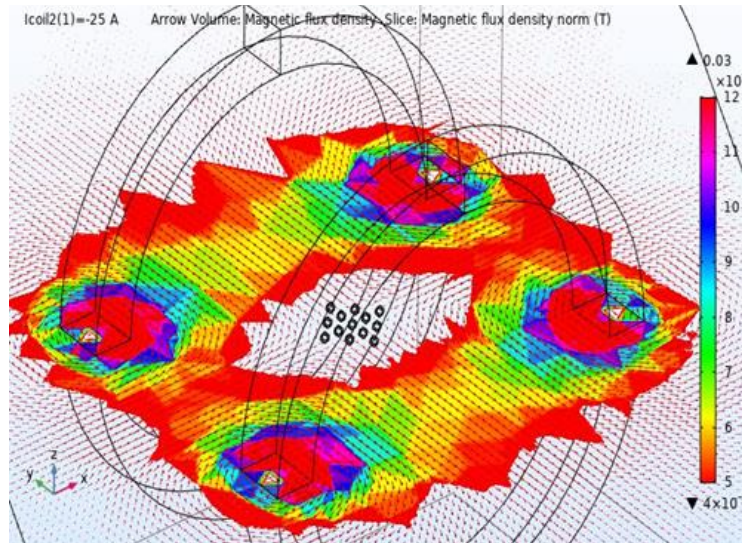


**Tablo 2. Çalışma alanındaki kürelerin manyetik alan norm değerlerinin [ $m^2 \cdot A$ ] sabit mıknatıslı sistem için hesaplanması**

	blk1 = 8[cm] blk2 = -8 [cm]	blk1 = 9 [cm] blk2 = -9 [cm]	blk1 = 10 [cm] blk2 = -10 [cm]	blk1 = 11 [cm] blk2 = -11 [cm]	blk1 = 12 [cm] blk2 = -12 [cm]
<b>D12</b>	7.3750E-3	3.6823E-3	2.2690E-3	3.1465E-3	1.2796E-3
<b>D7</b>	2.5287E-3	2.1839E-3	1.5177E-3	1.2250E-3	632.59E-6
<b>D11</b>	2.4229E-3	1.4716E-3	1.1210E-3	922.15E-6	542.75E-6
<b>D15</b>	2.4546E-3	1.8755E-3	1.0922E-3	1.4560E-3	729.68E-6
<b>D4</b>	1.6094E-3	1.5640E-3	1.2786E-3	806.02E-6	441.09E-6
<b>D6</b>	974.58E-6	629.68E-6	422.28E-6	313.26E-6	236.36E-6
<b>D10</b>	279.52E-6	247.33E-6	176.23E-6	84.553E-6	62.082E-6
<b>D14</b>	883.51E-6	576.21E-6	577.35E-6	383.31E-6	236.86E-6
<b>D16</b>	1.4673E-3	1.1827E-3	1.0448E-3	644.04E-6	441.72E-6
<b>D5</b>	2.7461E-3	2.3986E-3	1.0924E-3	788.59E-6	818.38E-6
<b>D9</b>	2.3933E-3	1.7470E-3	1.3245E-3	740.29E-6	542.69E-6
<b>D13</b>	2.9961E-3	1.5495E-3	1.8457E-3	1.1924E-3	731.17E-6
<b>D8</b>	5.59064E-3	3.5923E-3	2.8089E-3	1.9541E-3	2.0660E-3

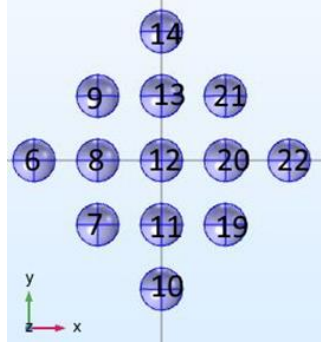
Simulasyonda SMF kaynağı olarak DC akımlı bobinler tasarlanırken zx düzleminde y-koordinatı 8 cm olan bir work plane üzerine yarıçapı 16 cm olan bir daire merkezi  $x_w = 0$  ve  $y_w = 0$  noktasına konumlanmıştır. 3 cm layer kullanılarak daire kalınlaştırılmış ve 4 cm extrude verilerek bir sarı geometrisi oluşturulmuştur. Aynı sarımın eşleniği  $y = -12$  konumuna yerleştirilerek aralarındaki mesafe 16 cm olan bir helmholtz bobini ortaya çıkarılmıştır(bkz. Şekil 6). Homogenized multi turn ve numerik bobin tipi atamaları yapılmış ve sarım sayısı olarak 72 belirlenmiştir. Bobin akımları için birinci bobine  $I_{coil1} = 25$  A uygulanmıştır. İkinci bobine uygulanan  $I_{coil2}$  için -25 A'den 25 A'e 5 A adımlarla parametrik değerler verilmiştir.

Çalışma alanındaki manyetik akı yoğunluğu renk skalası ve yön okları yardımıyla haritalanmıştır. Örnek olarak Helmholtz bobin akımları 25A ve -25A iken çalışma alanındaki manyetik alan haritası Şekil 5'de görülebilir.



**Şekil 5. Manyetik alan haritasının Helmholtz bobin akımları 25A ve -25A iken oluşturulması**

Çalışma alanındaki 13 küreden herbirine domain numaraları verilerek (bkz. Şekil 6) manyetik alan norm değerleri hacimsel integrale belirlenmiştir (bkz. Tablo 3).



**Şekil 6. Helmholtz bobinli sistem için çalışma alanındaki kürelerin domain numaralarının belirlenmesi**

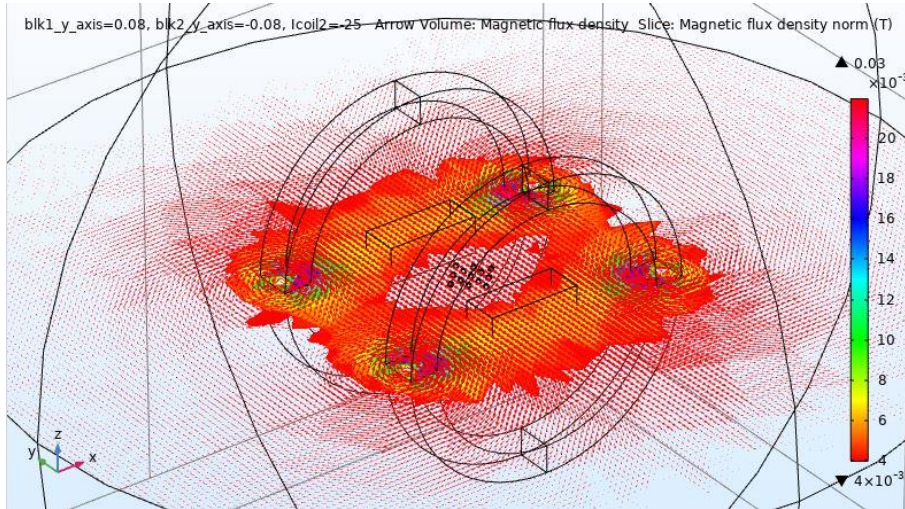
**Tablo 3. Helmholtz bobinli sistem için çalışma alanındaki kürelerin manyetik alan norm değerleri [ $m^2 \cdot A$ ]**

	<b>Icoil<sub>2</sub> = -25 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = -20 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = -15 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = -10 A</b>
<b>D14</b>	134.25E-6	63.475E-6	7.4781E-6	78.122E-6
<b>D9</b>	76.983E-6	28.937E-6	62.211E-6	122.58E-6
<b>D13</b>	68.835E-6	5.3937E-6	58.370E-6	121.95E-6
<b>D21</b>	75.333E-6	30.209E-6	64.795E-6	124.63E-6
<b>D6</b>	67.878E-6	81.518E-6	122.84E-6	173.03E-6
<b>D8</b>	32.251E-6	62.642E-6	114.87E-6	169.87E-6
<b>D12</b>	1.9972E-6	57.465E-6	113.79E-6	170.13E-6
<b>D20</b>	32.348E-6	63.433E-6	115.62E-6	170.53E-6
<b>D22</b>	67.648E-6	84.338E-6	126.26E-6	176.23E-6
<b>D7</b>	76.561E-6	122.34E-6	170.39E-6	219.22E-6
<b>D11</b>	69.075E-6	118.85E-6	168.63E-6	218.41E-6
<b>D19</b>	75.039E-6	120.74E-6	168.88E-6	217.85E-6
<b>D10</b>	136.95E-6	180.63E-6	224.32E-6	268.01E-6
	<b>Icoil<sub>2</sub> = -5 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = 0A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = 5 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = 10 A</b>
<b>D14</b>	148.90E-6	219.68E-6	290.46E-6	361.24E-6
<b>D9</b>	185.21E-6	248.40E-6	311.80E-6	375.32E-6
<b>D13</b>	185.54E-6	249.13E-6	312.72E-6	376.30E-6
<b>D21</b>	186.86E-6	249.69E-6	312.77E-6	375.97E-6
<b>D6</b>	226.27E-6	280.82E-6	336.05E-6	391.67E-6
<b>D8</b>	225.62E-6	281.68E-6	337.89E-6	394.18E-6
<b>D12</b>	226.47E-6	282.81E-6	339.49E-6	395.49E-6
<b>D20</b>	226.18E-6	282.14E-6	338.25E-6	394.45E-6
<b>D22</b>	229.05E-6	283.12E-6	337.85E-6	392.96E-6
<b>D7</b>	268.41E-6	317.80E-6	367.29E-6	416.86E-6
<b>D11</b>	268.19E-6	317.97E-6	367.76E-6	417.54E-6



<b>D19</b>	267.19E-6	316.73E-6	366.39E-6	416.12E-6
<b>D10</b>	311.69E-6	355.38E-6	399.07E-6	442.75E-6
	<b>Icoil<sub>2</sub> = 15 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = 20 A</b>	<b>Icoil<sub>2</sub> = 25 A</b>	
<b>D14</b>	432.02E-6	502.81E-6	573.59E-6	
<b>D9</b>	438.89E-6	502.51E-6	566.15E-6	
<b>D13</b>	439.89E-6	503.48E-6	567.07E-6	
<b>D21</b>	439.23E-6	502.54E-6	565.88E-6	
<b>D6</b>	447.54E-6	503.57E-6	559.72E-6	
<b>D8</b>	450.53E-6	506.92E-6	563.34E-6	
<b>D12</b>	451.83E-6	508.17E-6	564.51E-6	
<b>D20</b>	450.71E-6	507.01E-6	563.32E-6	
<b>D22</b>	448.30E-6	503.81E-6	559.44E-6	
<b>D7</b>	466.48E-6	516.14E-6	565.82E-6	
<b>D11</b>	467.32E-6	517.10E-6	566.89E-6	
<b>D19</b>	465.90E-6	515.72E-6	565.57E-6	
<b>D10</b>	486.44E-6	530.13E-6	573.82E-6	

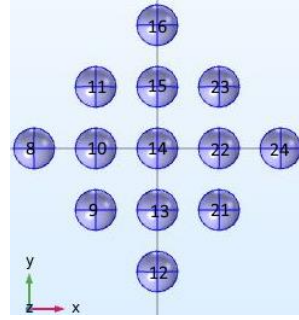
Son olarak bu iki sistem bir araya getirilerek iki etkinin süperpoze etkisi incelenmiştir. Örneğin sabit mıknatıslar +/- 8 cm de ve Icoil2:-25 A iken çalışma alanındaki manyetik alan haritası Şekil 7’de görülebilir.



Şekil 7. Karma sistemle manyetik alan haritasının oluşturulması

Çalışma alanındaki 13 küreden herbirine domain numaraları verilerek (bkz. Şekil 8) manyetik alan norm değerleri hacimsel integrale belirlenmiştir (bkz. Tablo 4).





Şekil 8. Karma sistem için çalışma alanındaki kürelerin domain numaralarının belirlenmesi

Tablo 4. Helmholtz bobinli sistem için çalışma alanındaki kürelerin manyetik alan norm değerlerinden örnekler [ $m^2 \cdot A$ ]

blk1_y_axi	blk2_y_axi	Icoil2 (	16	11	15	23	8	10	14	22	24	9	13	21	12
80.000E-3	-80.000E-3	-25.000	135.79E-6	78.418E-6	68.993E-6	76.656E-6	68.481E-6	34.201E-6	2.2022E-6	33.907E-6	68.894E-6	77.322E-6	68.464E-6	77.111E-6	136.80E-6
80.000E-3	-80.000E-3	-20.000	64.418E-6	31.030E-6	5.0767E-6	30.347E-6	82.871E-6	62.442E-6	56.669E-6	64.464E-6	82.706E-6	123.36E-6	118.69E-6	123.37E-6	180.96E-6
80.000E-3	-80.000E-3	-15.000	6.9910E-6	63.294E-6	58.924E-6	64.349E-6	124.45E-6	114.60E-6	113.48E-6	116.66E-6	124.11E-6	171.71E-6	168.92E-6	171.80E-6	225.13E-6
80.000E-3	-80.000E-3	-10.000	78.333E-6	123.61E-6	122.88E-6	124.64E-6	174.79E-6	169.92E-6	170.30E-6	171.78E-6	174.46E-6	220.84E-6	219.15E-6	220.97E-6	269.30E-6
80.000E-3	-80.000E-3	-5.0000	149.70E-6	186.50E-6	186.83E-6	187.36E-6	228.16E-6	226.10E-6	227.12E-6	227.72E-6	227.90E-6	270.34E-6	269.37E-6	270.49E-6	313.48E-6
80.000E-3	-80.000E-3	0.0000	221.08E-6	250.03E-6	250.79E-6	250.70E-6	282.85E-6	282.61E-6	283.95E-6	284.00E-6	282.69E-6	320.04E-6	319.60E-6	320.19E-6	357.66E-6
80.000E-3	-80.000E-3	5.0000	292.45E-6	313.81E-6	314.74E-6	314.28E-6	338.22E-6	339.30E-6	340.78E-6	340.44E-6	338.16E-6	369.84E-6	369.83E-6	370.00E-6	401.84E-6
80.000E-3	-80.000E-3	10.000	363.82E-6	377.71E-6	378.70E-6	377.98E-6	393.98E-6	396.09E-6	397.61E-6	396.97E-6	394.04E-6	419.73E-6	420.06E-6	419.88E-6	446.02E-6
80.000E-3	-80.000E-3	15.000	435.19E-6	441.69E-6	442.65E-6	441.74E-6	450.00E-6	452.94E-6	454.44E-6	453.57E-6	450.16E-6	469.66E-6	470.29E-6	469.81E-6	490.21E-6
80.000E-3	-80.000E-3	20.000	506.57E-6	505.71E-6	506.61E-6	505.55E-6	506.18E-6	509.83E-6	511.26E-6	510.21E-6	506.45E-6	519.63E-6	520.52E-6	519.77E-6	534.39E-6
80.000E-3	-80.000E-3	25.000	577.94E-6	569.76E-6	570.56E-6	569.39E-6	562.47E-6	566.75E-6	568.09E-6	566.87E-6	562.86E-6	569.63E-6	570.75E-6	569.75E-6	578.57E-6

## 5. Tartışma ve Sonuçlar

Sabit mıknatıslarla oluşturulan sistemde merkezdeki domain 10 numaralı küre hedef kanser tümörü olarak kabul edilmiştir. Bu kürenin  $62 \cdot 10^{-6}$  dan  $279 \cdot 10^{-6}$  a [ $m^2 \cdot A$ ] biriminde manyetik alan norm değerinde bir FFR içinde olduğu gözlemlenmektedir. Çevresindeki diğer küreler sağlıklı dokular olduğu kabul edilirse bu kürelerin daha yüksek norm değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Böylece sağlıklı dokuların güvenli bölge içinde kaldığı söylenbilir. Artık bölgeye AMF uygulanması durumunda MNP'ler titreşerek hedef bölgede ısı açığa çıkaracak ve çevre bölgelere dağılan MNP'ler SMF sayesinde bloklanacaktır. Sonuç olarak kontrol dışı ısınma azaltılmış ya da sönüme uğratılmış olacaktır.

Helmholtz bobini ile kurulan sistemde 12 domain numaralı merkez küre hedef hacim seçildiğinde farklı parametre durumları için manyetik alan norm değeri  $-25A$  için  $19972 \cdot 10^{-10}$  [ $m^2 \cdot A$ ] değerinde kalmıştır. Çevre bölgelerdeki SMF değeri merkezden büyük olmasına rağmen sabit mıknatısla karşılaştırıldığında değerlerin düşük seviyede kaldığı gözlemlenmektedir. Çünkü böyle bir geometride sarım sayısı ve telden geçecek akım sınırlı kalmak durumundadır. Bunun sonucunda yine bir FFR odak noktası oluşturulduğu ve çevre dokular için güvenli bölge oluşturulduğu düşünülebilir. Ama uygulanacak AMF genliği bu durumda sorun yaratabilir.

Karma sistemle kurulan düzenekte 14 domain numaralı küre hedef hacim seçildiğinde  $\pm 8$  cm sabit miktis aralıkları ve  $\pm 25$  A arası Icoil2 değerleri için örnek tablo incelendiğinde  $2.2022 \cdot 10^{-6}$  dan  $568.09 \cdot 10^{-6}$  ya [ $m^2 \cdot A$ ] elde edilen manyetik alan norm değerleriyle yine sistemin FFR üretmeye uygun davrandığı görülmektedir. Bu sistemin avantajı olarak çok fazla kombinasyona sahip olması söylenebilir. Çeşitli durumlara göre uygun çalışma alanı şartları gerek mıknatıs aralıklarını gerekse bobin akımlarını değiştirilerek daha ince ayar imkanı elde edilebilir.

Sonuç olarak sabit mıknatısla oluşturulan sistemde manyetik alan gradyanları oldukça güçlüdür. Helmholtz bobinleri ile oluşturulan sistemde SMF değeri sabit mıknatısa göre oldukça düşük seviyede kalmaktadır. Sabit mıknatıs ince ayar konusunda sıkıntılar yaratabilir. Ama helmholtz bobinleri akım ayarı sayesinde manyetik alan gradyanında daha ince ayarlar yapılabilir. Karma sistemde ise iki sistemin avantajlı kısımları bir araya getirilerek daha fazla seçenek arasından sistem için optimum şartlar seçilebilir. Sonuçlar sistemin gelişime açık olduğunu göstermiştir.

Bu simülasyon çalışması MFH testlerinin dinamikleri hakkında bir bakış açısı vermektedir. Sabit mıknatıs ve Helmholtz bobini ortak kullanılmasıyla iki bileşenin avantajları tarafları bir araya getirilerek optimum seviyede bir FFR sistemi tasarımı sunulmuştur. Gelecekteki çalışmalar için Helmholtz bobini dışında farklı geometride sarımlar ve çok sayıda farklı dizilimli sabit mıknatıslarla çalışmaya özel manyetik alan desen haritaları ortaya çıkarılabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi tarafından 2018/026 ve 2018/126 numaralı bilimsel araştırma projeleri ve 215E107 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.





## 6. Kaynaklar

- [1] Hergt, R., Dutz, S., Roder, M., (2008). Effects of size distribution on hysteresis losses of magnetic nanoparticles for hyperthermia, *J. Phys. Condens. Matter* 20 (38) 385214.
- [2] Chiriac, H., Petreus, T., Carasevici, E., Labusca, L., Herea, D.D., Danceanu, C., Lupu N., (2015). In vitro cytotoxicity of fe–cr–nb–b magnetic nanoparticles under high frequency electromagnetic field, *J. Magn. Magn. Mater.* 380 13–19.
- [3] Hervault, A., Thanh, N.T.K., (2014). Magnetic nanoparticle-based therapeutic agents for thermo-chemotherapy treatment of cancer. *J. Nanoscale* 6, 11553-11573.
- [4] Habib, A.H., Ondeck, C.L., Chaudhary, P., Bockstaller, M.R., McHenry, M.E., (2008). Evaluation of iron-cobalt/ferrite core-shell nanoparticles for cancer thermotherapy. *J. Appl. Phys.* 103, 07A307.
- [5] Küçükdermenci S., (2019). Targeted Magnetic Hyperthermia: Focusing Heat on Tumors and Creating Safe Zones for Healthy Tissues. *Theoretical Investigations and Applied Studies in Engineering* 361-376.
- [6] Rosensweig, R.E., (2002). Heating magnetic fluid with alternating magnetic field. *J. Magnetism Magnetic Mater.* 252, 370-374.
- [7] Dhavalikar, R.; Rinaldi, C. Theoretical Predictions for Spatially-Focused Heating of Magnetic Nanoparticles Guided by Magnetic Particle Imaging Field Gradients. *J. Magn. Magn. Mater.* 2016, 419, 267-273.
- [8] Tasci TO, Vargel I, Arat A, Guzel E, Korkusuz P, Atalar E. Focused RF hyperthermia using magnetic fluids. *Med Phys.* 2009; 36:1906. [PubMed: 19544810]
- [9] Q. Zhao, L. Wang, R. Cheng, L. Mao, R. D. Arnold, E. W. Howerth, Z. G. Chen, S. Platt, *Theranostics* **2012**, 2, 113.
- [10] Hensley, D. W.; Tay, Z. W.; Dhavalikar, R.; Zheng, B.; Goodwill, P.; Rinaldi, C.; Conolly, S. Combining Magnetic Particle Imaging and Magnetic Fluid Hyperthermia in a Theranostic Platform. *Phys. Med. Biol.* 2016, 62, 3483-3501.
- [11] Mehdaoui B, Carrey J, Stadler M, Cornejo A, Nayral C, Delpech F, Chaudret B, Respaud M. Influence of a transverse static magnetic field on the magnetic hyperthermia properties and high frequency hysteresis loops of ferromagnetic FeCo nanoparticles. *Appl Phys Lett.* 2012; 100:052403.
- [12] Murase K, Takata H, Takeuchi Y, Saito S. Control of the temperature rise in magnetic hyperthermia with use of an external static magnetic field. *Phys Medica.* 2013; 29:624–630.



## KENTSEL ATIKSULARIN DENİZE DEŞARJI: KAŞ ÖRNEĞİ

Hakan Aydoğan<sup>1</sup>, Sinan Altın<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>*Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

*hakanaydoganeses@hotmail.com*

<sup>2</sup> *İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye*

*saltin@gazi.edu.tr*

### Özet

Artmış, seyreltilmiş ve hatta ham evsel atık suyun tekrar kullanımı, su kıtlığı yaşanan günümüzde, sürdürülebilir ve bütünlük su kaynakları yönetiminin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Atık suyun yeniden kullanımı ayrıca, mahsul verimindeki iklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya, yeraltı suyu beslemeye ve endüstriyel uygulamalara da katkı sağlayabilmektedir. Bu bildiride, Kaş(Antalya)'da mevcut olan atık su arıtma tesisi incelenmiştir. Kaş Atıksu Arıtma Tesisinden çıkan atıksular,deşarj boru hattı ile denize bırakılmaktadır. Kaş ilçesine ait kıyı alanları, Kaş ve Bucak Körfez'lerinin kıyılarını kapsamaktadır. Bu iki körfezi Çukurbağ Yarımadası birbirinden ayırmaktadır. Kaş Körfezi güneyinde yer alan Meis adasıyla, dalga ilerlemelerine ve denizel akıntılara karşı yarı kapalı bir Körfezdir. Bucak Körfezi ise dar ve kıvrımlı bir yapıya sahip korunaklı bir körfez olmasından dolayı açık deniz akıntılarında çok az etkilenmektedir. Bölgede tarım yapılacak arazilerin ve sanayinin yoğun olarak bulunmaması sebebiyle deniz suyu için başlıca kirletici etmenler azot ve fosfat tuzları içeren atıksulardır. Akdeniz suları doğal olarak besin tuzunun düşük konsantrasyonlarda bulunduğu bir ekosisteme sahiptir. Besin tuzlarının artması durumunda ortamda algler ve bakteri popülasyonunda belirgin bir artış gözlemlenebilir. Kaş ilçe merkezinin pıssu ağı, Çukurbağ yarımadasında bulunan Atıksu arıtma tesisine iletilmektedir. Arıtma tesisinin çıkış suyu ise Kaş körfezi su kalitesini etkileyebilecek bir potansiyele sahiptir. Kaş Körfezi'nde, atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksular derin denizdeşarjı ile denize bırakılmaktadır. Kaş Körfezi denizdeşarjı kıyısal alanında rüzgar, dalga iklimleri, akıntılar vedeşarj edilen atıksuların uzak alan seyrelmeleri, coğrafi bilgi sistemleri destekli HYDROTAM-3D üç boyutlu hidrodinamik, taşınım ve su kalitesi sayısal modeli ile incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Modelleme, atıksu, arıtma, denizdeşarjı, HYDROTAM-3D*

### 1. Giriş

Kaş vadi içerisinde dar bir topoğrafyaya sıkışmış doğal bir liman yerleşimidir. Bir liman şehri olarak Kaş Antik Kenti bugünkü yerleşimin batısında, benzer bölgede yer almıştır. Bugün Kaş İlçesi, liman alanının batısında yer almakta olup, kuzey-batıya doğru genişlemiştir. Turizmin giderek yoğunlaştığı Kaş İlçesinde otel, motel ve ikinci konut talebi günden güne artmaktadır. Kaş'ın üzerinde bulunan yamaçlarda ve ilçenin doğu bölgesinde geleneksel dokuya uymayan çok katlı yeni yerleşimler oluşturulmuştur. Kaş Körfezi içinde bir yat limanı yapılması, Körfez içinde deniz trafiğini artırmakta, ve su kalitesi için bir tehdit oluşturmaktadır. Çevre sorunları açısından atıksudeşarjı en önemli çevre sorunlarından birisidir. Turistik tesis sayısının hızla artması ve yat turizminin yoğunlaşması nedeniyle deniz kirliliği riski günden güne artmaktadır. İlçede 25 bin kişi kapasiteli arıtma tesisi bulunmakta olup, kanalizasyon hattı olmayan bölgelerde halen fosseptik çukuru kullanılmaktadır. Bunun yanında kontroller ile kanalizasyon sistemine bağlantı olanaklarının artırılması kaçakdeşarjın önlenmeye çalışılması ile deniz kirliliği mümkün olduğunca önlenmeye çalışılmaktadır (Aksoy, 2015).

Kaş, Akdeniz Bölgesinin önemli turizm alanlarında biri olup, Antalya'dan Fethiye'ye uzanan sahil şeridinde gelişmekte olan bir ilçedir. İlçenin batısında Toros Dağlarının dik yamaçlarının deniz ile kesiştiği noktaya adacıklar ve Meis Adası ile etrafı sarılmıştır. Kuzey kısımda, yükseklikler artmaktadır. Kıyı çizgisinden sonra yükseklikler aniden artmakta ve tepelikler oluşmaktadır. Kara yoluyla ulaşılamayan kıyılara, deniz yoluyla erişilmektedir (Demir, 2011). Meis'e bakan Çukurbağ Yarımadası'nın kıyı kesiminin büyük çoğunluğu blok kayalıklardan oluşup, kayalıklar dik şekilde aşağıya inerek, dipte bulunan kayalık alan ile birleşmektedir. Kıyı kısımları genellikle kayalık 2-3 m'den başlayarak ta Cymodocea nodosa kaplı kum zemin yapısı kayalığın yerini almaktadır. Yarımada'nın iç kıyısındaki tek ada olan Güvercin Ada kıyıları kayalık olup, 18m derinlikteki kum zemine doğru az bir eğimle inmektedir. Güvercin Adanın yaklaşık 200 m güney tarafında bulunan Çundur Burnu'na doğru kayalık zemin derinleşmekte ve burundan 50 m açığa tekrar yükselerek Neptün Reef adı verilen topuğu oluşturmaktadır. İnce Burun ile Gata Burnu arası deniz seviyesinden başlayan ve 20-25 m derinliğe kadar yaklaşık 45 derecelik bir açı ile devam eden kayalık yapı daha sonra kumluk yapıya dönüşmektedir. Gata Burnu - Kuş Tüneği arasında kalan bölgede deniz seviyesinde birçok tatlı su çıkışı bulunmaktadır. Kuş Tüneği'ne doğru kayalık kıyıdaki kayalık yapının yerini kayalık-kumluk ve kumluk-taşlık yapı almaktadır. Kuş Tüneği yapı itibari ile uç kısımdan su altında devam eden 20 m lik dik bir blok kayadan sonra 20-30 m lik bir platform ile devam etmektedir (Demir, 2011).

Kaş Körfezi için başlıca kirleticiler azot ve fosfat tuzları içeren atıksulardır (Cebe, 2016). Akdeniz, besin tuzlarının az miktarlarda görüldüğü bir ekosistemdir. Kaş Körfezi suları için önemli kirlilik kaynakları; arıtma tesisi atık suları, Kaş Limanı ve deniz araçları olarak sıralanabilir. Kaş İlçesi atıksuları, Çukurbağ yarımadasında yer alan Atıksu Arıtma Tesisine(AAT) iletilmektedir(Cebe, 2016). 2006 yılında işletmeye alınan Kaş Atıksu Arıtma Tesisi, 5.400 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli olup, ortalama debisi 3000 m<sup>3</sup>/gün'dür ve uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemine sahiptir (ASAT, 2014). AAT atık suyu, birdeşarj borusu ile Kaş Körfezi'ne yaklaşık 20 m su





derinliğinden bırakılmaktadır. Bu çalışmada derin deniz deşarj boru sistemi ile Kaş Körfezi'ne deşarj edilen atıksuların, Kaş Körfezi'nde dağılım ve yayılımı incelenmiştir.

## 2. Metot ve Materyaller

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma sahası konum olarak Antalya'nın Kaş ilçesi denizel alanıdır. Modelleme alanı Kaş Körfezi'ni kapsamaktadır (Harita 1 ve 2).



Harita 1 Çalışma Sahası Genel Coğrafi Konumu (Google Earth Pro,2019)



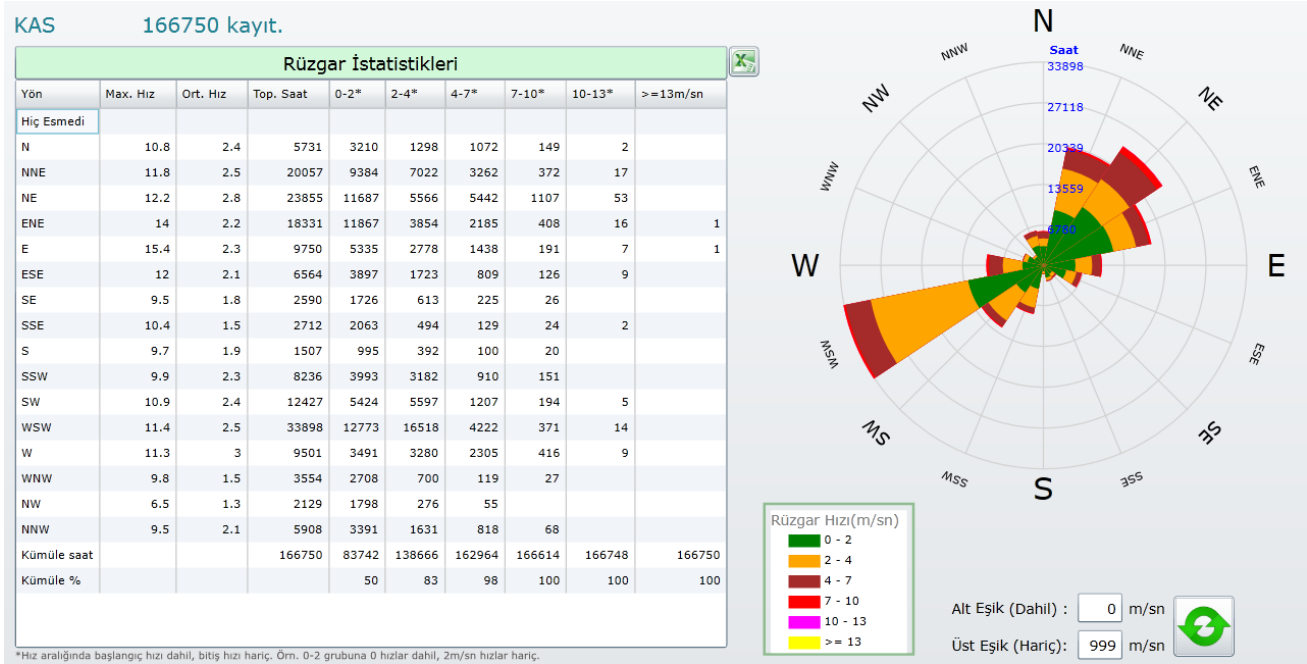
Harita 2. Çalışma Sahasının Konumu (Google Earth Pro,2019)

### 2.2. Rüzgar İklimi

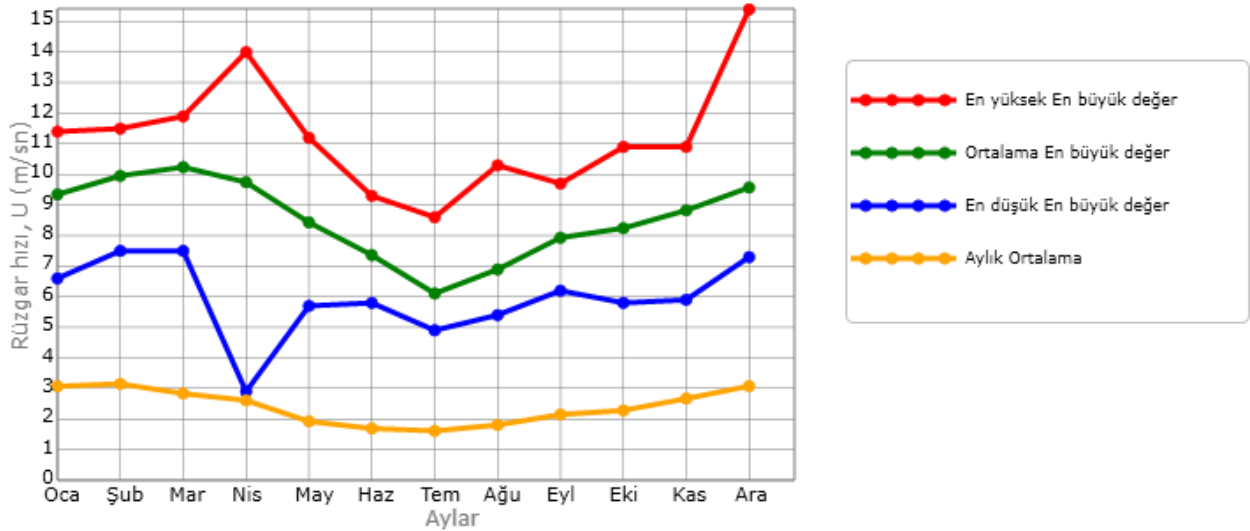
Kaş Körfezi rüzgar iklimi çalışmalarında, HYDROTAM-3D veri tabanındaki Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlanan Kaş Meteoroloji İstasyonu'na (36,200671°N-29,650025°E) ait, 1997 ile 2018 yılları arasındaki saatlik rüzgar verileri kullanılmıştır. Tüm rüzgar hızı ölçümleri deniz seviyesinden 10 m yüksekliktedir. HYDROTAM-3D rüzgar iklimi modülünde, uzun dönem ve en büyük değer (ekstrem) olmak üzere iki farklı istatistiksel dağılım kullanılmaktadır. Uzun dönem analizde, kesintisiz zaman serisi olarak 1997'den 2018 yılına dek saatlik olarak kayıt edilmiş tüm rüzgar verileri kullanılmaktadır. Rüzgar hızı, uzun dönemde istatistik dağılım olarak log-lineer ile incelenmekte, yönel olarak tüm rüzgar hızlarının belirli eşik değerlerden yüksek olma olasılıkları hesaplanmaktadır. Herhangi bir yön için, belirlenen herhangi bir rüzgar hızının, yıl boyunca kaç saat aşılabileceği bulunmaktadır. Yıllık rüzgar gülü ve uzun dönem rüzgar istatistiği çalışması sonuçları Çizim 1'de sunulmuştur. Çizim 2'de ekstrem değer rüzgar hızları ve aylık ortalamalar gösterilmiştir. Bir aydaki tüm hızların aritmetik olarak ortalaması alınarak rüzgar hızlarının



aylık ortalamaları bulunmaktadır. Herhangi bir ayda ölçümlenen en düşük, en yüksek ve ortalama ekstrem değerler ekstrem analizde kullanılmaktadır.



Çizim 1. Yıllık rüzgar güllü (Kaş Meteoroloji İstasyonu ölçümleriyle) (HYDROTAM-3D, 2019)

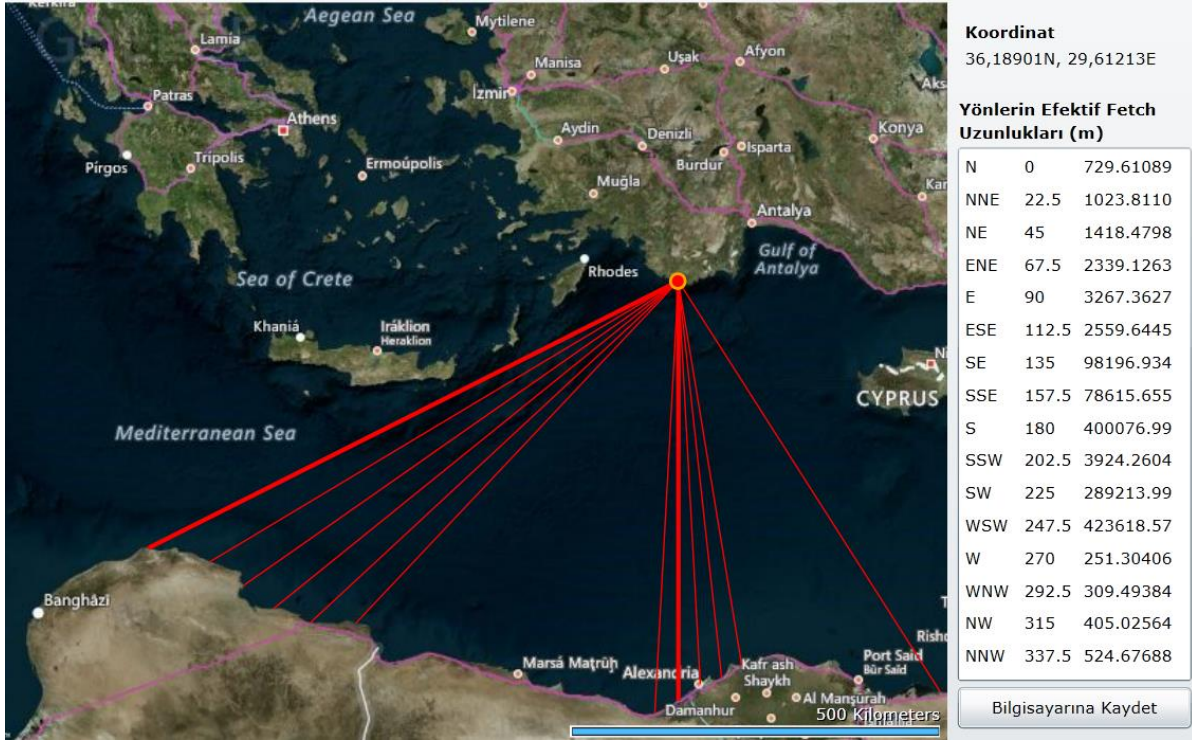


Çizim 2. Ekstrem değer ve aylık ortalama rüzgar hızları (HYDROTAM-3D,2019)

### 2.3. Dalga İklimi

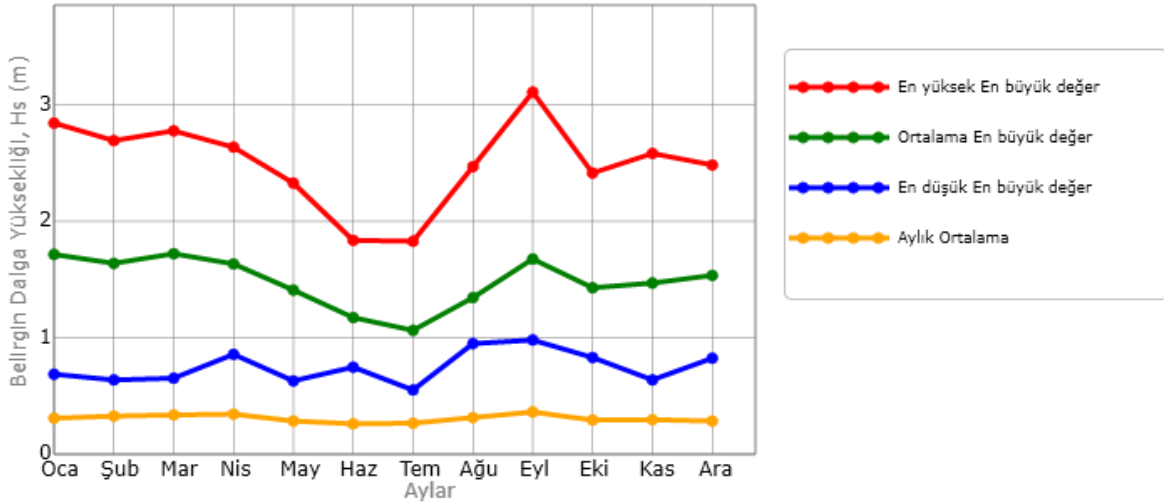
Çalışma alanında, tüm yönlerden yaklaşan dalgalar için efektif dalga kabarma uzunluğu (etkin feç uzunluğu) Kosinüs Ortalama Metodu kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) tabanlı HYDROTAM-3D programı ile hesaplanmıştır. Kaş Körfezi'nde alınan 36,18901 N-29,61213E noktası için (Harita 3), en yüksek feç uzunlukları saatin ilerleme yönünde GüneyDoğu (SE) - BatıGüneyBatı (WSW) yönleri aralığındadır (Harita 3).





Harita 3. Etkin dalga kabarma (feç) mesafeleri (HYDROTAM-3D, 2019)

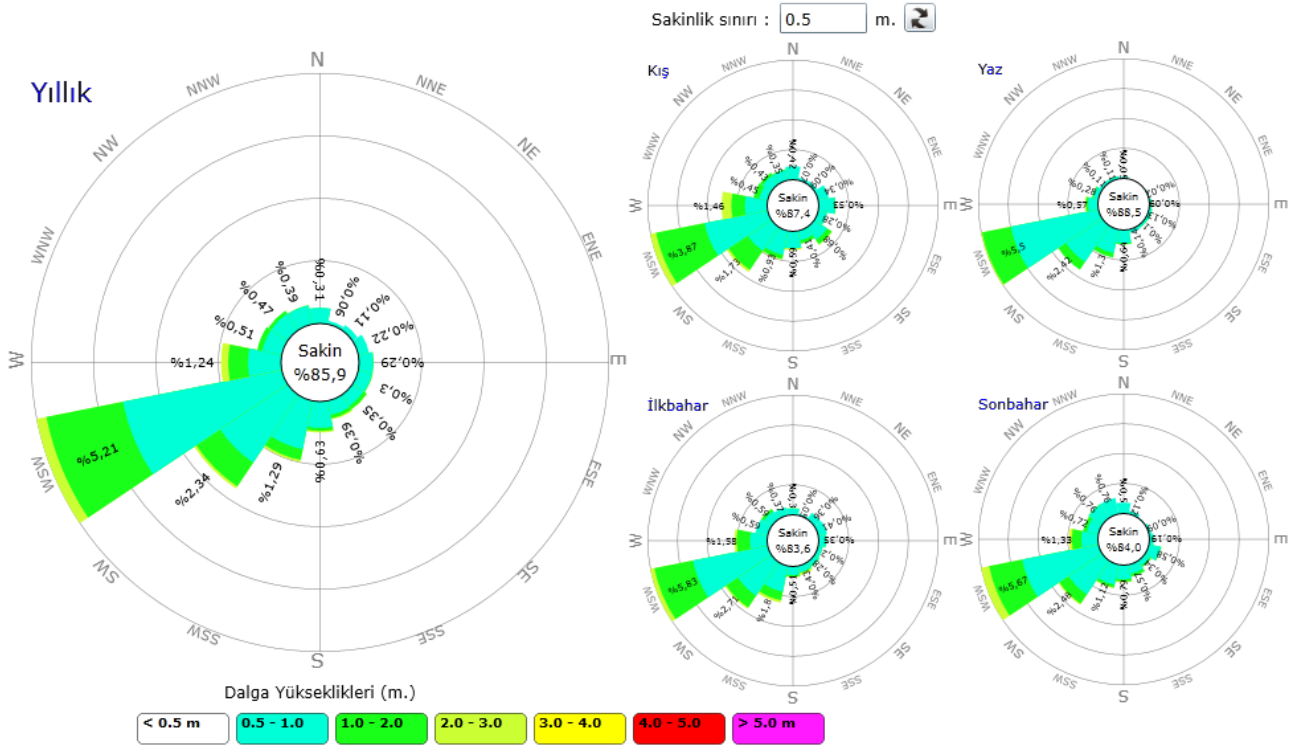
Dalga ikliminin belirlenmesi çalışması kapsamında, rüzgar ikliminde sunulan Kaş Meteoroloji İstasyonu 1997-2018 yılları arası saatlik rüzgar verileri kullanılmıştır. HYDROTAM-3D modeli dalga iklimi modülü kullanılarak, CEM (2006) ampirik yöntemi ile tahmin edilen belirgin dalga yükseklikleri log-linear istatistik dağılımı ile uzun dönemde incelenmiştir. Uzun dönem ve ekstrem değer dalga istatistiğine dayanılarak hazırlanan ekstrem değer ve ortalama aylık belirgin dalga yükseklikleri Çizim 3’de verilmektedir. Mevsimlik ve yıllık hazırlanan dalga gülleri Çizim 4’de sunulmaktadır.



Çizim 3. Ekstrem ve ortalama belirgin dalga yükseklikleri (HYDROTAM-3D, 2019)





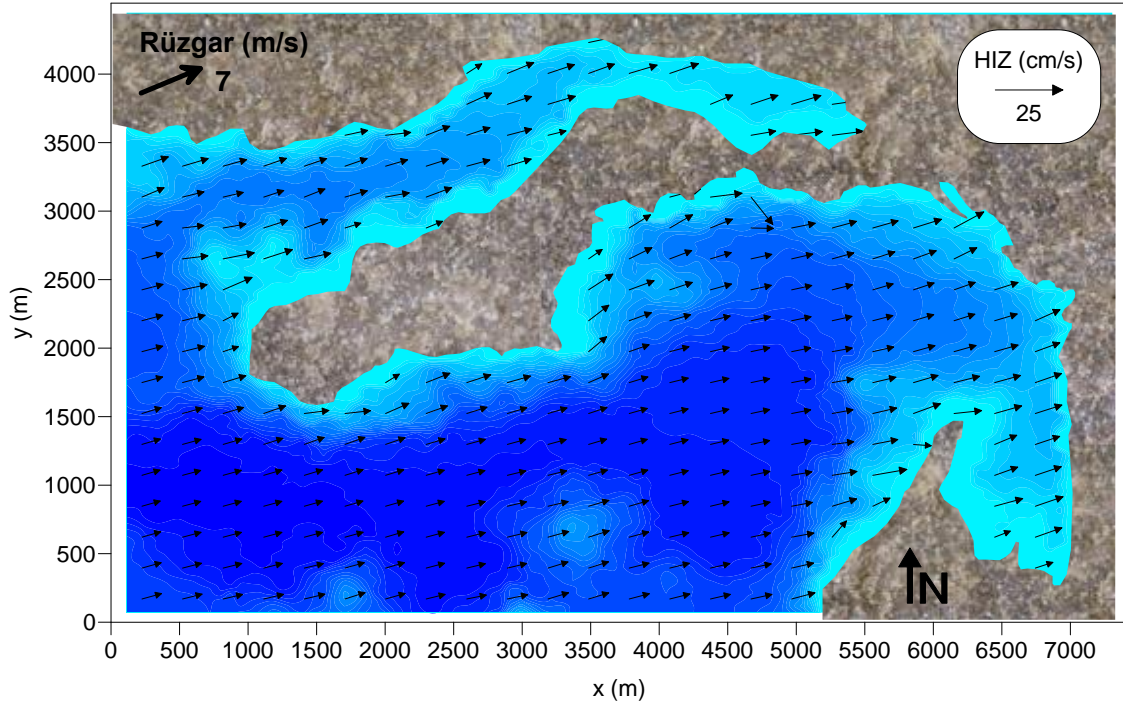


Çizim 4. Mevsimlik ve yıllık ve dalga gülleri (HYDROTAM-3D, 2019)

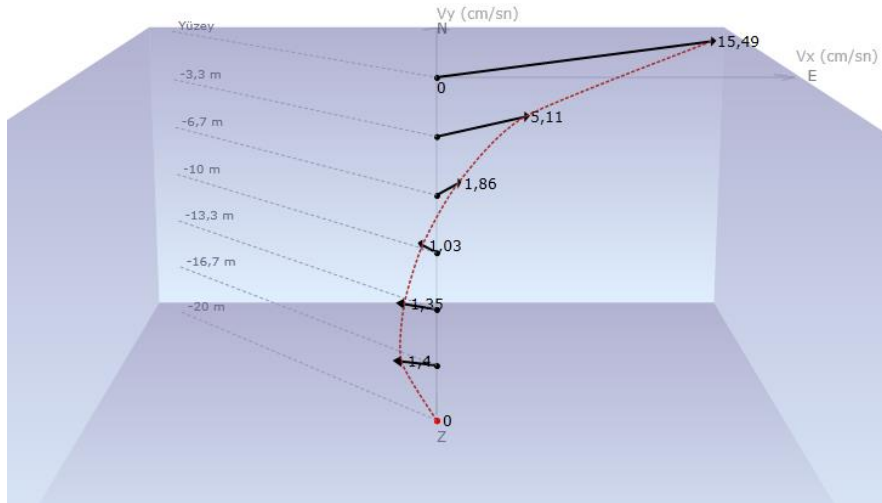
## 2.4. Kirletici Dağılımı Modellemesi

Kıyusal su alanlarında, kirleticilerin dağılımlarının tahmini, akıntı düzenlerinin başarı ile tahmin edilmesine dayalıdır. Kaş Körfezi kıyusal sularında rüzgar, dalga ve gelgit değişimi etkisiyle oluşan zamana bağlı kıyusal akıntıların yersel dağılımları ve su seviyesi değişimleri, HYDROTAM-3D sayısal modelinin hidrodinamik ve taşınım modülleri kullanılarak modellenmiştir (Cebe ve Balas, 2016). Sayısal çalışmalarda, Kaş Körfezi'nde oluşan çevrintileri ve kıyusal akıntıları tahmin edebilmek için, rüzgar iklimine dayanılarak, esme sıklığı en fazla olan yönler için belirlenen rüzgar kuvvetlerinin sürüklenme etkisi kullanılmıştır. Hakim deniz rüzgar yönü olan BatıGüneyBatı (WSW)'dan, 7 m/s hıza sahip rüzgarların sürüklenme kuvvetiyle zamanla akıntı düzeninin değişmediği yatışkın durumda su yüzeyinde elde edilen akıntı düzeni Çizim 5'de ve deniz deşarjı difüzörünün bulunduğu ve su derinliğinin yaklaşık  $d=20$  m olduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili Çizim 6'da sunulmuştur. Hakim karadan rüzgar esme yönü olan KuzeyDoğu(NE) yönünden 7 m/s esen rüzgarlar etkisinde zamanla akıntı düzeninin değişmediği yatışkın durumda su yüzeyindeki akıntı düzeni Çizim 7'de ve difüzörün bulunduğu noktada derinlik boyunca akıntı profili Çizim 8'de sunulmuştur. Türbülanslı vizkozite değerleri  $k-\epsilon$  modeli kullanılarak hesaplanmıştır.



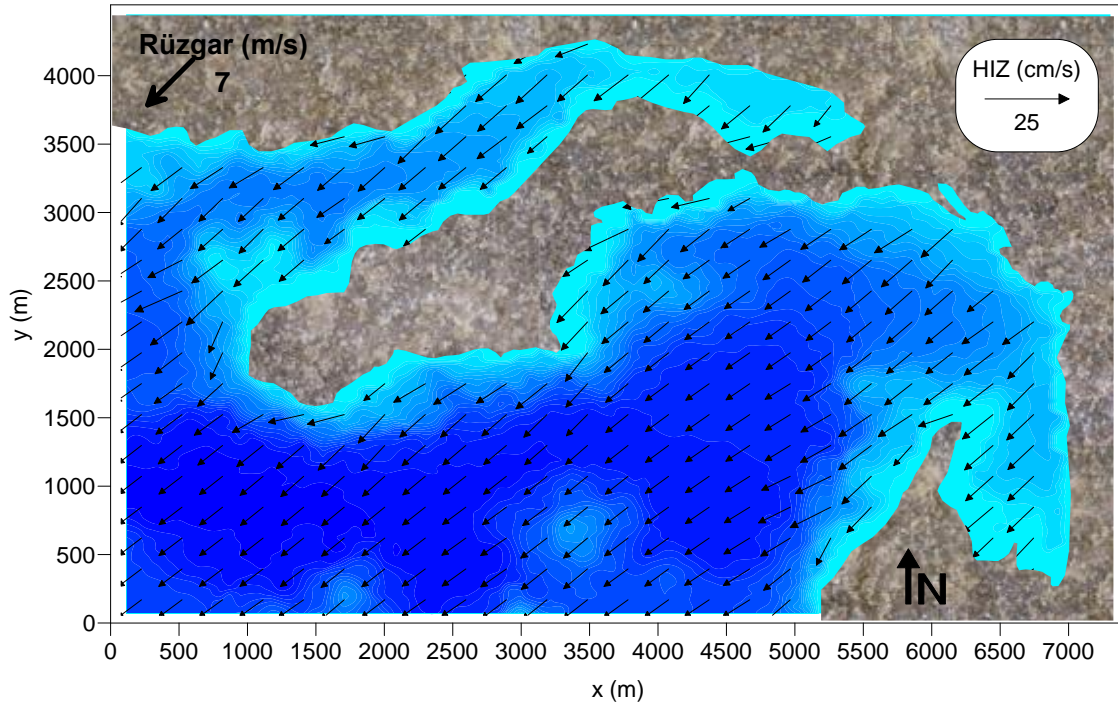


Çizim 5. Su yüzeyinde kararlı durumda akıntı düzeni (Rüzgar hızı: 7 m/s, Rüzgar yönü: WSW)

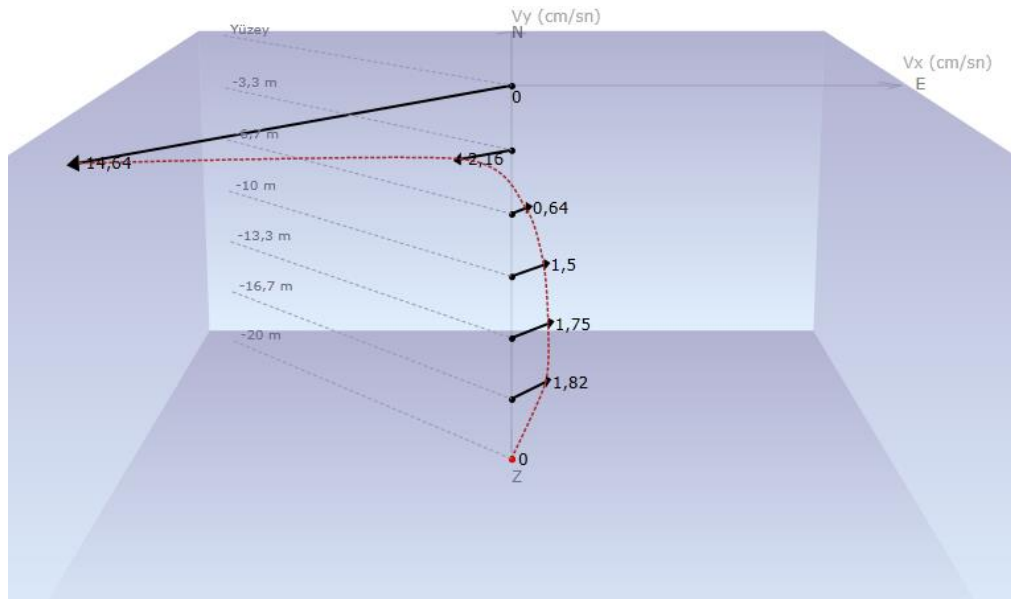


Çizim 6. Kararlı durumda deşarj noktasında (d=-20 m) derinlik boyunca akıntı hızı profili (Rüzgar hızı: 7 m/s, Rüzgar yönü: WSW)





Çizim 7. Su yüzeyinde kararlı durumda akıntı düzeni (Rüzgar hızı: 7 m/s, Rüzgar yönü: NE)

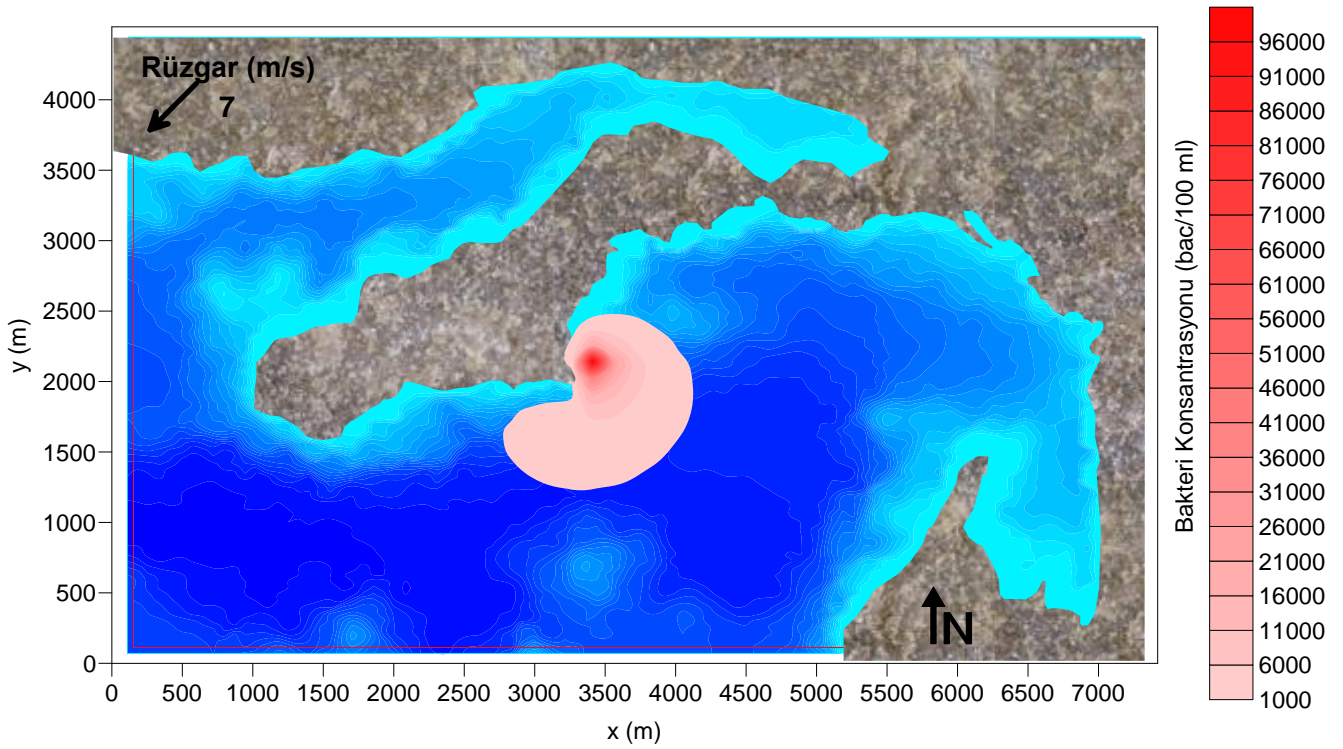


Çizim 8. Kararlı durumda deşarj noktasında (d=-20 m) derinlik boyunca akıntı hızı profili (Rüzgar hızı: 7 m/s, Rüzgar yönü: NE)

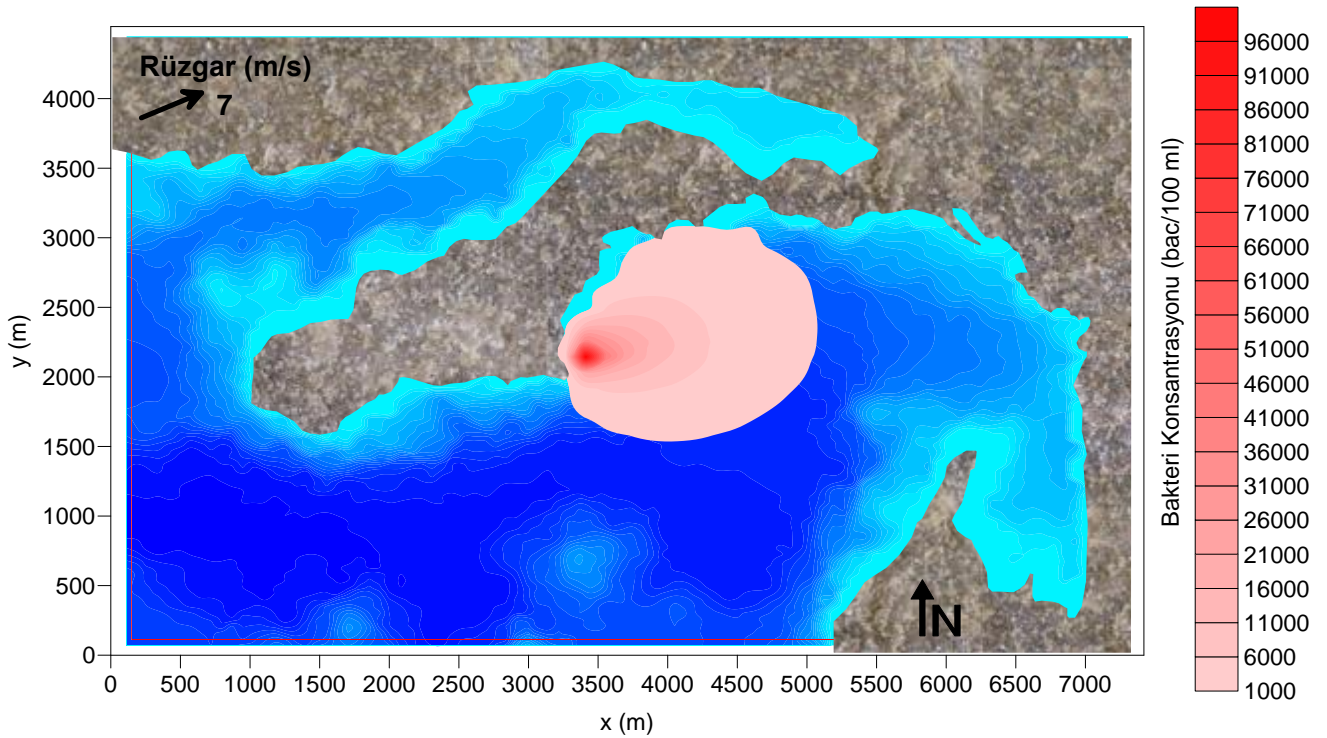
Deniz alana deniz deşarjı yoluyla bırakılan evsel atıksu kirleticisinin, zamana bağlı kıyasal akıntılar ile uzak alan dağılımları üç boyutlu kıyasal alan hidrodinamik, taşınım ve su kalitesi modeli HYDROTAM-3D kullanılarak modellenmiştir. Deniz deşarjı noktasında deniz tabanından sürekli olarak bırakıldığı düşünülen,  $10^7$  bac/100ml evsel atıgım (bakteriyel kirlilik), hakim rüzgar yönleri olan KuzeyDoğu ve BatıGüneyBatı yönlerinden, 7m/s hızla esen rüzgar etkisinde oluşan akıntılar etkisinde, deşajın bırakılmasından sonra zamanla uzak alan dağılımının sona erdiği yatışkın durumdaki yayılımı sırasıyla Çizim 9 ve Çizim 10'da sunulmuştur.







Çizim 9. KuzeyDoğu(NE) yönünden 7 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde kirlilik bulutu dağılımı



Çizim 10. BatıGüneyBatı(WSW) yönünden 7 m/s rüzgar hızı etkisinde yatışkın durumda yüzeyde kirlilik bulutu dağılımı

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada, Kaş Körfezi denizel alanında yürütülen sayısal modelleme çalışmaları ile su alanının su değişim özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla, Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli HYDROTAM-3D, Kaş Körfezi kıyısız su



alanına uyarlanarak, rüzgar ve dalga iklimleri, çevrinti düzeni ve kirleticinin uzak alan taşınım davranışları modellenmiştir. Kaş Körfezi hakim rüzgar yönlerini ve şiddetini belirleyebilmek için, Devlet Meteoroloji İşleri (DMI) Genel Müdürlüğü Kaş Meteoroloji İstasyonuna ait, 1997 ile 2018 yılları arasındaki saatlik rüzgar verileri kullanılarak yıllık rüzgar gücü elde edilmiş, mevsimsel rüzgar gülleri hazırlanmıştır. Kaş Meteoroloji İstasyonu 22 yıllık saatlik rüzgar verileri incelendiğinde, hakim olarak 4 m/s ve üzeri rüzgar hızlarının deniz yönünden BatıGüneyBatı(WSW) ve kara yönünden KuzeyDoğu(NE)'dan estiği görülmektedir. Aylık ortalama rüzgar hızı 3 m/s iken, en yüksek ekstrem değer rüzgar hızları 9-15 m/s aralığındadır. Yüksek rüzgar hızlarının (>7) sıklıkla kuzey doğulu yönlerden estiği görülmüştür. Belirtilen birincil ve ikincil yön aralıklarında ölçümlenen en büyük rüzgar hızları da 12.2 m/s ve 11.4 m/s'dir. Rüzgarların 4 m/s ve üzeri hızlar ile esme olasılığı %17 ve 7 m/s ve üzeri hızlarla esme olasılığı ise %2'dir.

Kaş deniz deşarjı denizel alanında, en büyük feç uzunlukları saatin ilerleme yönünde GüneyDoğu (SE) - BatıGüneyBatı (WSW) yönleri aralığındadır. Kaş Meteoroloji İstasyonu 1997-2018 yılları arası saatlik rüzgar verileri ve HYDROTAM-3D modeli dalga iklimi modülü kullanılarak, CEM ampirik yöntemi ile uzun dönem ve ekstrem değer dalga istatistiği çalışmaları yapılmıştır. Hakim dalga ilerleme yönü BatıGüneyBatı (WSW) yönüdür. Dalga tahminlerine göre, denizel alanda belirgin dalga yüksekliklerinin 0-3,0 m arasında, dalga periyodunun ise 1-7 sn arasında değişmesi beklenmektedir. Tüm yönlerden yaklaşan dalgalar etkisinde, denizel alanda 0,5 m den az dalga yüksekliği oluşma olasılığı %85,9 bulunmuştur. Aylık ortalama ekstrem dalga yüksekliği 1,5 m olarak tahmin edilmiştir.

Benzeştirmelerde, olası olabilecek en kritik ve en geniş uzak alan etkilenme su alanını belirlemek amacıyla, deniz suyu yüzeyi hakim dalga ilerleme ve hakim rüzgar yön aralığından BatıGüneyBatı (WSW) yönünden ve hakim kara yönü olan KuzeyDoğudan (NE) 7 m/s hızla esen rüzgarın kesme kuvveti ile hareketlendirilmiştir. WSW yönünden esen rüzgarlar ve yaklaşan dalgalar, kıyısal alan yüzey sularını batıgüneybatıdan kuzey doğuya doğru sürüklerken, NE yönlerinden esen rüzgarlar ve yaklaşan dalgalar, kıyısal alan yüzey sularını NE yönünden SW yönüne doğru sürüklemektedirler. Baroklinik etkiyle, taban tabakalarında yüzey tabakaların zıttı yönde bir akıntı düzeni oluşmaktadır. Hidrodinamik modelleme çalışmalarından 7 m/s ve üzeri rüzgar hızlarının ve dalgaların, difüzör derinliğinde oluşturduğu en yüksek yüzey akıntılarının yaklaşık 15 cm/s olduğu, taban tabakasında ise 2 cm/s hızlar değerlerine azalmakta olduğu görülmektedir. Deniz deşarjı difüzör borusundan denizel alıcı ortama bırakılan bakteriyel kirlenici bulutu su yüzeyine yükselmekte, ve denizel akıntılar etkisiyle uzak alan seyrelemesine başlamaktadır. En fazla kirlenici bulutu dağılımı, en yüksek akıntılar ve türbülans etkisiyle oluşacaktır. Kaş denizel alanında hakim yönlerdeki akıntılar ile deniz deşarjından etkilenecek kıyısal su alanları incelenmiş ve deşarj noktasından kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan yaklaşık 2 km çapında bir en yüksek etki alanı belirlenmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada HYDROTAM-3D yazılımının kullanımına verdikleri izin ve sağladıkları destek için DLTM Yazılım Teknolojileri San. ve Tic. Ltd.Şti.'ne teşekkür ederiz.

#### 4. Kaynakça

- Aksoy, S.Y.(2015). Kaş- Kalkan Planlama Alt Bölgesi Kaş İlçe Merkezi(Antalya) 1/25.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı, Kaş Antalya.
- ASAT (2014). Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü, 2014 Yılı Faaliyet Raporu, 192 sayfa.
- Cebe, K. (2016). Kıyısal sularda su kalitesi modellemesi, Doktora Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Cebe, K., Balas, L. (2016). Water Quality Modelling in Kaş Bay, Applied Mathematical Modelling, Cilt:40, No:3, 1887-1913.
- CEM (2006). Coastal Engineering Manual, Coastal Engineering Research Center, Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Washington DC, USA.
- Demir, V. (2011). Kaş (Antalya) Deniz Koruma Planlamasında Karar Destek Sistemleri Kullanılarak Biyoçeşitlilik Araştırması, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul.
- Google Earth Pro. (2019). <http://www.google.com/earth/index.html>
- HYDROTAM-3D. (2019) *Üç Boyutlu Hidrodinamik Taşınım ve Su Kalitesi Modeli*. [www.hydrotam.com](http://www.hydrotam.com)



## GIDA SANAYİNDE BORUN KULLANIM İMKANLARI İLE İLGİLİ BİR ARAŞTIRMA

Bekir Güney<sup>1</sup> Süleyman Gökmen<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dr. Öğr. Üyesi Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,

guneyb@kmu.edu.tr

<sup>2</sup>Dr. Öğr. Üyesi Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,

sugokmen42@hotmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bor, bitkilerin ihtiyaç duyduğu önemli bir mikrobesindir. Borun organik asidi olan borik asit sebze ve meyvelerdeki doğal olarak oluşabileceği gibi saflaştırma yöntemleriyle de kimyasal olarak elde edilebilir. Bor ülkemizde yaygın olarak bulunması ve birçok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Bu çalışma borun gıda sanayinde kullanımının araştırılmasını kapsamaktadır. Literatürden elde edilen sonuçlara göre bor; gıda sanayinde gıdaların mikrobiyal bozulmalarının önlenmesi, besin ögesi açısından zenginleştirilmesi, gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi, raf ömürlerinin artırması ve duyuşal özelliklerinin korunmasında başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Borun kullanılmasını kısıtlayan tolere edilebilir günlük alım düzeyi (0.16 mg boron/kg )dir. Borun gıda sanayinde kullanımıyla ilgili dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerin gıdanın içeriği ve yapısı, borun formu, borun kullanım düzeyi olduğunun sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Gıda sanayi, Gıda maddesi, Güvenirlik

### 1. Giriş

Bor minerali Arapça'da Buraç ve Farsça'da Burah ifadelerinden gelip simgesi B atom ağırlığı 10,81 g, yoğunluğu 2,84 g/cm<sup>3</sup> ve ergime noktası ortalama 2300 °C olan bir madendir. Tabiatta farklı formlarda bulunan Bor minerali 150 den fazla kristal yapı barındırmasına karşılık ticari açıdan magnezyum, sodyum ve kalsiyum ile hidrat bileşikleri olarak meydana gelmiş formları bulunmaktadır. Farklı Bor yapılarından maddi değere sahip olanlar; Hidroborasit, Üleksit, Probertit, Tinkal Borasit, Szyabelit, Kernit ile Kolemanit'tir. Bor mineralinden dünden bugüne yapılan gelişmeler Tablo1'de verilmiştir [1, 2]. Resim 1'de Bor mineraline ait değişik kristal yapılar görülmektedir.



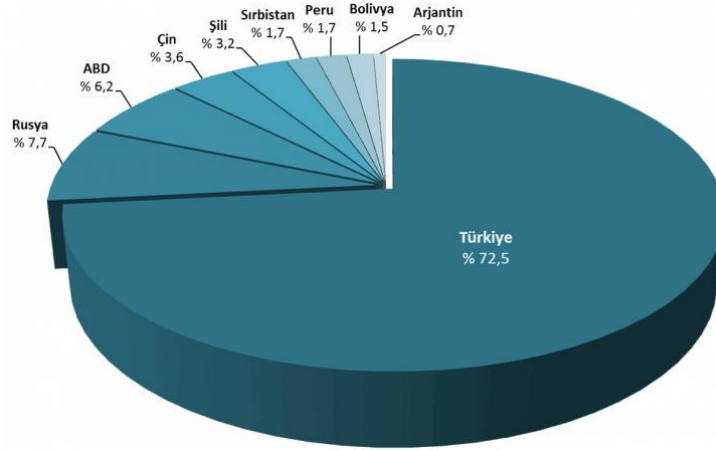
Resim: 1 Bor Minerali Yapıları



**Tablo1: Bor'un Tarihsel Gelişimi [3-6]**

M.Ö. 2000	Babiller, altını ilk işleyen Babiller boraksı Uzak Doğu'dan temin etmişlerdir.
875	Bor tuzlarıyla ilk kez ilacı Araplar üretmiştir.
13. yy	Bor endüstrisinin modernleşmesi başlamıştır.
1702	Boraks elde edilmiştir.
1771	Katı borikasit ilk kez üretilmiştir.
1808	Elementel bor üretilmiştir.
1852	Bor üretim tesisi açılmıştır.
1857	Bazı bitkilerin Bor içerdiği belirlenmiştir.
1865	Ülkemizde Bor madeni işlenmeye başlanmıştır.
1870	Gıda endüstrisinde ilk kez Bor gıdaları korumak amaçlı kullanılmıştır.
1909	Yüksek saflıkta Bor elde edilmiştir.
1923	Bitkilerin temel yaşam koşulları için elzem olduğu belirlenmiştir.
1935	Ülkemizde MTA (Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü ile ETİBOR kurulmuştur.
1950	Kanser tedavisinde Bor kullanılmaya başlanmıştır.
1987	Tıbbi alanda kullanılmaya başlanmıştır.
2003	Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) faaliyete başlamıştır.
2003	Food and Drug Administration (FDA) bor takviyeli ilaçlara müsaade etmiştir.
2010	Ülkemizde Bor rezerv kaynakları belirlenmiştir.
2010-2016	Bor ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde bilimsel faaliyetler hız kazanmıştır.

Bor, bitkilerin ihtiyaç duyduğu önemli bir mikrobesindir. Borun organik asidi olan borik asit sebze ve meyvelerdeki doğal olarak oluşabileceği gibi saflaştırma yöntemleriyle de kimyasal olarak elde edilebilir. Bor ülkemizde yaygın olarak bulunması ve birçok sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Bor ülkemizde yaygın olarak bulunan (dünya bor rezervinin %70'i) elementlerden biridir [7, 8] (Resim-1).



**Resim 1: Dünyada Bor Rezervi [9]**

Bu elementin borik asit ve boraks şeklinde formları bulunmaktadır. Bor elementi çevrede çeşitli formlarda geniş bir alanda bulunduğundan gıdaların doğal bileşenlerine de karışmaktadır. Buna dayanarak yapılan çalışmalar; sebze ve meyvelerde 1-6 ppm kabuklu yemişlerde ve kuru baklagillerde (10-45 ppm,) bol miktarda Bor elementini bulunduğunu belirtmektedir. Patates ve hububatlarda daha az miktarda Bor bulunurken, yumurtanın (<0,6 ppm) daha az bor barındırdığı tespit edilmiştir[10]. Ülkemizde gıdalardaki Bor miktarına ilişkin yapılan araştırmalarda; çayda ortalama 1,05 ppm, Türk kahvesinde 14,33 ppm ve kırmızı şarap örneklerinde 9,33 ppm seviyesinde Bor bulunduğu deneysel olarak tayin edilmiştir[11, 12]. Fındık türlerinde Bor ortalama 18 ppm seviyesinde olduğu belirlenmiş ve Türk fındığının zengin Bor kaynağı olduğu görüşü belirtilmiştir [13]. Bor içeriği açısından kekik, nane, kırmızı lahana, bakla, ayva, nar ve portakalın çok zengin olduğu belirlenmiştir [14]. Ülkemizin Bor minerali açısından zengin olan bölgelerinden alınan fındık, üzüm yaprağı, vişne ve ayva gibi gıdaların Bor bakımından çok zengin olduğu anlaşılmıştır [15]. Dünya Sağlık Örgütü'nün verileri; içme suyunda bulunan Bor miktarının 0,1-0,3 mg/L arasında değiştiğini ifade etmektedir. Yine Dünya Sağlık Örgütü, kişinin günlük Bor alımını yaklaşık 1,2 mg/gün şeklinde tayin etmiştir [16]. Gıdaların yapısında yer alan bor miktarları Tablo-2'de görülmektedir [17, 18].



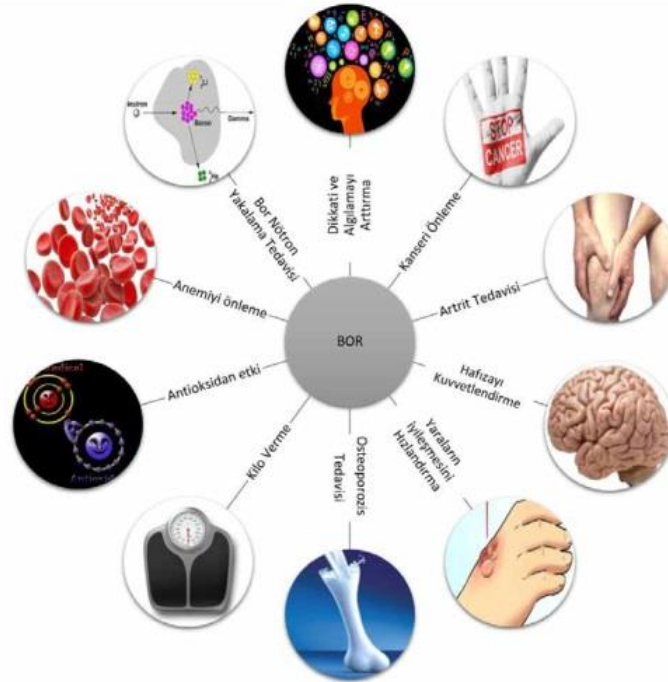


**Tablo 2: Bazı gıdalardaki bor düzeyleri ( $\mu\text{g/g}$ )**

Bazı Gıdalar	Bor miktarı (PGAA) <sup>1</sup>
Sığır eti	<0.05
Tavuk eti	0.34
Beyaz peynir	0.19
Yumurta	0.12
Ekmek	0.48
Un	-
Makarna	0.14
Şeker	0.29
Bal	6.07
Avokado	11.10
Kiraz	7.00

<sup>1</sup>Nötron yakalama istemi, X- ışını aktivasyon analizi

Gıdalarda yer alan borunda insanlarda bazı önemli fonksiyonlara sahiptir. Bu fonksiyonlar; vücutta kemiklerdeki kalsiyum, magnezyum ve fosforun korunabilmesi ve kullanılabilmesinde, bağışıklık sisteminde, beyin fonksiyonlarında ve kan hücrelerinin kompozisyonunda, üreme ve embriyonun gelişiminde, hücrenin yapısı ve fonksiyonlarından görev almaktadır. Şekil-1 'de görüldüğü gibi borun insan sağlığının bu çok önemli fonksiyonlarını icra etmesinin yanı sıra borun bir çok kullanım alanı mevcuttur [8, 19, 20].



**Şekil 1: Borun İnsan Sağlığındaki Yararları [6]**

İnsanda önemli fonksiyonlara sahip olan Bor insan vücudunda da bulunmaktadır. Borun insan vücudundaki bulunma miktarları Tablo 2'de verilmiştir [2, 19].



**Tablo 2: İnsanların Bazı Organlarında Bor Miktarları**

Doku	Bor Konsantrasyonu
Beyin	0,87 µg/g <sup>a</sup>
Kalp	0,59 µg/g <sup>a</sup>
Böbrek	1,28 µg/g <sup>a</sup>
Karaciğer	2,25 µg/g <sup>a</sup>
Pankreas	0,51 µg/g <sup>a</sup>
Dalak	3,95 µg/g <sup>a</sup>
Kemik	1,60 µg/g <sup>b</sup>
Saç	1,05 µg/g <sup>b</sup>
Tırnak	15 µg/g <sup>b</sup>
Sereprospinal sıvı	1,15 µg/g <sup>b</sup>
Sinovyai sıvı	30 µg/g <sup>b</sup>
Tükrük	4,4 µg/g <sup>b</sup>
<sup>a</sup> Kuru ağırlık,	<sup>b</sup> yaş ağırlık

İnsan vücudunda bu kadar önemli fonksiyonları ve bulunma miktarlarının yanı sıra birçok endüstride bor değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Borun başlıca kullanım alanları Tablo-3’de verilmiştir.

**Tablo 3: Borun başlıca kullanım alanları [18, 21]**

Borun kullanımı	Fonksiyonu
Temizlik malzemesi olarak	Sabun ve Deterjan formu
Kimyasal madde olarak	Yanmayı önleyici etkisi
İnşaat sektörü	Yalıtım malzemesi
Enerji sektörü	Enerjinin depolanması
Gıda sektörü	Mikrobiyal bozulmayı önleyerek gıdaların raf ömrünün artırılması
Gıda katkı maddesi [Borik asit ve boraksın (E-284 ve E-285)]	Koruyucu olarak

Tüm bunların yanı sıra gıdalarda borun kullanımında dikkat edilmesi gereken en önemli husus kullanım düzeyidir. Bu amaçla bazı gıdalarda borik asidin kullanımıyla ilgili mevzuat ve sınırlamalar mevcuttur. Örneğin su ürünlerinde CAC 2014’e göre bor kullanılması yasaklanmışken TGKY (2013)’e göre borik asit mersin balığı yumurtasında 4000 ppm kadar kullanımına müsaade edilmiştir. Avrupa ile ülkemizde borik asit kullanımıyla ilgili yapılan karşılaştırmada CAC’da borik asit kullanımı tamamıyla yasakken ülkemizde ise bazı deniz ürünlerinde kullanımına izin verilmiştir. Bu katkı maddelerinin kullanımında tüketici sağlığı ve insanların günlük alım düzeyleri (ADI) mutlaka dikkate alınmalıdır [4, 18, 22, 23].

Son yıllarda ülkemizde borik asidin et ve süt ürünlerinde kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda özellikle bazı et ve süt ürünlerinin raf ömrünün %25 uzadığı bildirilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada borun insan sağlığı açısından da önemli olduğu özellikle kanser vakiaları gibi önemli hastalıkların önlenmesinde umut verici olduğu vurgulanmıştır [2, 19, 20].

Borik asit et, süt ve su ürünlerinde koruyucu, turuncgillerde antifungal, meyvelerde küf önleyici olarak kullanılmaktadır. Bor kullanımında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta gıdada parçalanmasında açığa çıkan bileşenlerin insan sağlığı açısından önemi dikkate alınmalı buna göre katkı maddesinin yasal spesifikasyonları oluşturulmalıdır. Bu konuyla ilgili bilimsel araştırmalar artırılmalı, bor rezervi olan ülkemizin bu kaynağı daha etkili kullanabilme yolları araştırılmalıdır.





## 2. Kaynaklar

1. El-Ramady, H.R., et al., *Selenium in agriculture: water, air, soil, plants, food, animals and nanoselenium*, in *CO2 sequestration, biofuels and depollution*. 2015, Springer. p. 153-232.
2. Demirtaş, A. and A.J.A.Ü.Z.F.D. DEMİRTAŞ, *Bor'un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi*. 2010. **41**(1): p. 75-80.
3. Nielsen, F.H.J.N.T., *Boron-an overlooked element of potential nutritional importance*. 1988. **23**(1): p. 4-7.
4. J, E.J.E., *European Food Safety Authority. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the Food Chain of the EFSA on a request from the Commission related to ochratoxin A in food*. 2006. **365**: p. 1-56.
5. Nielsen, F.H., et al., *Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women*. 1987. **1**(5): p. 394-397.
6. Kuru, R., A.J.C. Yarat, and E.H. Sciences, *Bor ve Sağlığımıza Olan Etkilerine Güncel Bir Bakış*. 2017. **7**(3): p. 107-114.
7. Yıldız, N.J.E.a.w.m.g.t.E.t., *Bor*. **24**.
8. KALYONCU, F.J.E.S., *GIDA SANAYİNDE SIKLIKLARLA KULLANILAN ANTİFUNGAL KATKI MADDELERİ*. **3**(3): p. 462-426.
9. Arslan, İ. *Geleceğin Madeni: Bor*. 2018; Available from: <https://www.muhandisbeyinler.net/gelecegin-madeni-bor/>.
10. UÇKUN, Z.J.T.B.D.D., *Esansiyel bir komponent: bor-borun günlük alımı ve fizyolojik etkileri*. 2013. **6**(2): p. 119-123.
11. Derun, E.M., A. Kıpçak, and O.D. Ozdemir. *The determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP-OES technique*. in *Proceedings of the World Congress on Engineering*. 2010.
12. Ozbek, N., S.J.L.-F.S. Akman, and Technology, *Determination of boron in Turkish wines by microwave plasma atomic emission spectrometry*. 2015. **61**(2): p. 532-535.
13. Simsek, A., et al., *Boron concentrations in selected foods from borate-producing regions in Turkey*. 2003. **83**(6): p. 586-592.
14. Sungur, Ş. and R.J.F.c. Okur, *Using azomethine-H method determination of boron contents of various foods consumed in Hatay Region in Turkey*. 2009. **115**(2): p. 711-714.
15. Şimşek, A., et al., *Determination of boron in hazelnut (Corylus avellana L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry*. 2003. **83**(2): p. 293-296.
16. WHO, *Boron in drinking-water report*. 1998. p. 1-12.
17. Velioglu, S., B.S. Saylı, and S.J.G. Altunsoy, *Bor madeni havzalarında üretilen bazı gıdalarda bor miktarlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma*. 1999. **24**(1).
18. B. Cemeroglu, J.A., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi, 1988. **1**(6): p. 1-10.
19. Shuler, T.R., et al., *Effect of Thalassemia/Hemoglobin E Disease on Macro, Trace, and Ultratrace*. 1990. **3**: p. 31-43.
20. Hunt, C., T. Shuler, and L.J.J.A.D.A. Mullen, *Concentration of boron and other elements in human foods and personal-care products*. 1991. **91**(5): p. 558-568.
21. YESİLBAĞ, D.J.U.Ü.V.F.D., *Hayvan Beslemede Bor Elementinin Kullanımı" The Use of Boron in Animal Nutrition"*. 2008. **27**(1-2): p. 61-68.
22. FAO. *Protecting health, facilitating trade*. 2019 [cited 2019 11.11]; Available from: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>.
23. TGKY, *Türk Gıda Kodeksi Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Katkı Maddeleri Tebliği*. 2008.



## ORMAN YOLLARINDA TOPRAK İNDEKS ÖZELLİKLERİ VE ZEMİN TAŞIMA KAPASİTESİ

Tuğrul Varol<sup>1\*</sup>, Mertol Ertuğrul<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bartın Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

tugrulvarol@gmail.com

mertol.ertugrul@hotmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Üstyapının boyutlandırılmasında kullanılan çeşitli deneysel metotlardan bir tanesi de California Bearing Ratio (CBR)'dir. Orta ve zayıf taşıma yeteneğine sahip zeminlerde deney sonuçlarının çok duyarlı olmaması, kumlar için genellikle yüksek değerler vermesi, zahmetli ve zaman alıcı olması gibi hususlar dikkate alındığında CBR'in optimum olarak belirlenmesinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle tahmin modellerinin geliştirilmesinde kullanılan çeşitli parametreler; atterberg limitleri (likit limit [LL], plastik limit [PL], plastisite indeksi [PI]), optimum nem içeriği (OMC), maksimum kuru birim ağırlık (MDD) değerleri ile elek analizi sonuçlarıdır. Basit Doğrusal Regresyon (SLRA) ve Çoklu Doğrusal Regresyon modelleri (MLRA), Yapay Sinir Ağları (ANN), Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Genetik Algoritmalar (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve diğer otomatik öğrenme algoritmaları (SVM: Support Vector Machine, RF: Random Forest, RVM: Relevance Vector Machine) ile modeller üretilmeye devam etmektedir. Yöntemlerin performansları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında çok farklı sonuçlarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada taşıma kapasitesinin belirlenmesi aşamasındaki belirsizliği en aza indirebilecek yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CBR, Atterberg Limitleri, Orman Yolları, Otomatik Öğrenme Algoritmaları, Toprak İndeks Özellikleri

### 1. Giriş

Geoteknik mühendisliğinde, zemin taşıma kapasitesi yol temeli ve üst yapısı, istinat duvarları ve yığma barajlar gibi birçok jeoteknik yapının tasarımı ile denetiminde sıklıkla kullanılan bir parametredir (Vanapalli ve Fredlund, 2000). Benzer şekilde orman yollarında alt temel malzemesi iyi drenaja ve yüksek dayanıma sahip olmalıdır ki her iki unsorda zeminlerin taşıma kapasitesini belirlemektedir. Bu nedenle zeminlerin taşıma kapasitesini etkileyen faktörlerden likit limitin (LL) %25'den düşük, plastisite indeksinin de (PI) 6'dan az olduğu toprakların alt temel malzemesi olarak kullanılması MORTH (2001) tarafından önerilmektedir. Bu iki unsurun yanı sıra zeminlerin plastik limit [PL], optimum nem içeriği (OMC), maksimum kuru birim ağırlık (MDD) ve elek analizi sonuçları taşıma kapasiteleri üzerinde etkili olabilmektedir. Zeminlerin taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ya da yol üst yapılarının boyutlandırılmasında kullanılan deneysel metotlardan birisi de California Bearing Ratio (CBR) dir. Trafik yoğunluğu 2 milyon aksı geçen yollarda CBR (California Bearin Ratio) in en az %20, 2 milyonu aştığı durumlarda ise %30 olması gerektiği belirtilmektedir (IRC, 2001). Tane boyutu 2.36 ve 0.425 mm'lik eleklerden geçen, plastikliği az ya da hiç olmayan zeminler minimum gereksinimleri karşılar niteliktedir. Aksi takdirde zemin düşük mukavemet değerlerine sahip olacağından plastisiteyi azaltmak için kum, mukavemeti arttırmak için farklı boyutlarda agregalar kullanarak mekanik stabilizasyonun artması sağlanmalıdır. Özellikle Orta ve zayıf taşıma yeteneğine sahip zeminlerde deney sonuçlarının çok duyarlı olmaması, kumlar için genellikle yüksek değerler vermesi, zahmetli ve zaman alıcı olması gibi hususlar dikkate alındığında CBR'in optimum olarak belirlenmesinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır (Roy vd., 2010). Bu nedenle yukarıda adı geçen parametreler ile tahmin modellerini geliştirilmesi kullanışlı olabilir (Kin, 2006). Bu amaçla Eslami ve Gholami (2006), Behera vd. (2013), Azari vd. (2014), Griffiths vd. (2016), Oliveira vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda yüksek tahmin doğrulukları elde etmek için iyi kurulmuş bir matematiksel modelin oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Son yıllarda atterberg limitleri, OMC, MDD ve elek analizi sonuçları ile CBR tahmin modellerinin üretilmesi için Basit Doğrusal Regresyon (SLRA) ve Çoklu Doğrusal Regresyon modelleri (MLRA), Yapay Sinir Ağları (ANN), Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Genetik Algoritmalar (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve diğer otomatik öğrenme algoritmaları (SVM: Support Vector Machine, RF: Random Forest, RVM: Relevance Vector Machine) yaygın olarak kullanılmaktadır.

CBR'in toprak özellikleri tahmin edilmesine yönelik ilk yaklaşımlar Black (1962) tarafından başlatılmış olup kohezyonlu topraklar için CBR ile PI arasında korelasyon geliştirilmiş olup bu korelasyon Graft-Johnson vd. (1969) plastisite ve derecelenme özelliklerine uygunluk indeksi (Uygunluk İndeksi=(A/LL log(PI))) kavramı kullanılarak revize edilmiştir. Agarwal ve Ghanekar (1970) LL, PL ve PI değerleri ile CBR arasında bir korelasyon bulamasa da OMC ve LL ile CBR arasında anlamlı bir ilişki tespit etmiştir (CBR=2.0-16.0 log (OMC)+0.07 LL). Stephens (1990) tarafından CBR ve çeşitli sınıflandırma parametreleri arasında hem basit hem de çok değişkenli modeller arasında ilişkiler aranmış fakat tatmin edici sonuçlar bulunamamıştır. Bunların yanı sıra NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) bazı toprak özellikleri CBR arındaki ilişkiyi tanımlayan bazı korelasyonlar önermiştir. Önerilen iki denklemden bir tanesi iri boyutlu materyal içeren topraklar için CBR=28.09(D<sub>60</sub>)<sup>0.398</sup> iken diğeri ince taneli topraklar için CBR= 75 / (1+ 0.728(wPI) dir. Bu denklemlerde w 200 nolu elekten geçen miktarı, D<sub>60</sub> ise 0.01 mm ile 30 mm aralığında %60 düzeyindeki materyalin çapını ifade etmektedir.



Gözlemlenen ve tahmin edilen CBR değerleri arasındaki ilişkiyi açıklamak için regresyon denklemlerinin kullanılmasına SLRA ile başlanmış olup Gregory ve Gross (2007) tarafından CBR ile üniformluk ( $CBR=0.09 C_u$ ), Yıldırım ve Günaydın (2011) CBR ile çakıl yüzdesi ( $CBR=0.2353 G+3.0798$ ), Datta ve Chottopadhyay (2011) CBR ile LL ( $CBR=-0.889 LL+45.616$ ), Ramosubbarao ve Sankar (2013) CBR ile MDD ( $CBR=1.737 MDD$ ), Shirur ve Hiremath (2014), Talukdar (2014) PI, MDD ve OMC ile CBR arasında çeşitli düzeylerde doğrusal ilişkiler tespit etmişlerdir. Satyanarayana and Pavani (2006) LL, MDD ve iyi derecelenme ile CBR arasında ( $CBR=-0.388 F-0.064 LL+20.38 MDD$ ), Patel ve Desai (2010) PI, OMC ve MDD ile CBR arasında ( $CBR=17.009-0.069PI-2.96 MDD + 0.0648 OMC$ ), Shirur ve Hiremath (2014) CBR ile OMC ve PI ( $CBR=6.5452-0.07703 OMC-0.10395 PI$ ), Ibrahim (2017) CBR ile MDD, OMC, LL, PI arasında ( $CBR=42.538-22.625 MDD+0.843 OMC-0.101 LL+0.079 PI$ ), arasında korelasyonlar tespit etmişlerdir. Benzer bir korelasyon CBR ile LL, PL, PI, MDD ve OMC ( $CBR=0.127 LL+0.001 PL-0.1598 PI+1.405 MDD-0.259 OMC+4.618$ ) arasında Talukdar (2014) tarafından da belirlenmiştir.

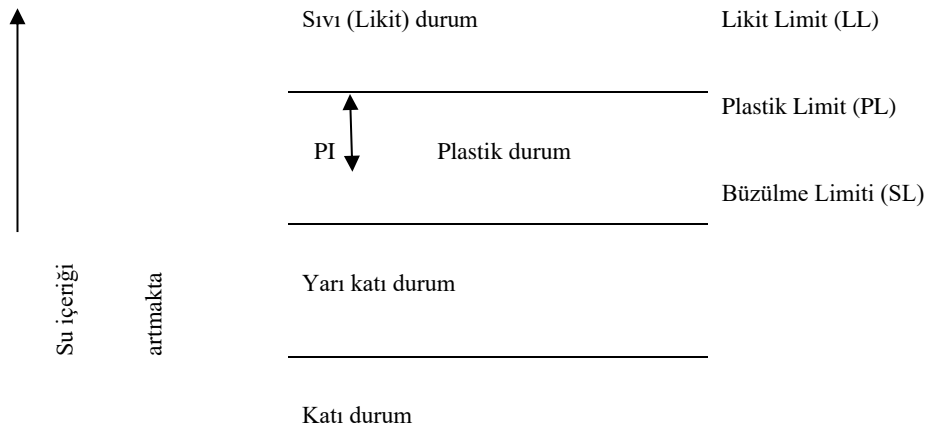
Son yıllarda ise bu tür tahmin modellerinin üretilmesi için makine öğrenmesi veya yapay akıllı yöntemler yaygın olarak tercih edilmektedir (Shahin vd., 2009; Pham vd., 2017; Shirzadi vd., 2017; Pourghasemi ve Rahmati, 2018). Samui (2008), killi toprakların taşıma kapasitesinin tahmininde SVM (Support Vector Machine) kullanırken Suman vd. (2016) tarafından da çok değişkenli adaptif regresyon eğrileri (MARS) ve işlevsel ağlar (FN) kullanılmıştır. RF (Random forest); Vagen vd. (2016) ve Silva Chagas vd. (2016) zemin özelliklerinin konumsal tahminlerinin yapılmasında kullanılırken Gambill vd. (2016) tarafından da çeşitli toprak özelliklerinden zeminlerin sınıflandırılmasının tahmininden faydalanılmıştır. Zeminlerin taşıma kapasitesi, kayma dayanımını etkileyen faktörler ile yolların temel tabakasının davranışlarının tahmini de dahil olmak üzere pek çok çalışmada yapay sinir ağları (ANN) kullanılmıştır (Kuo vd., 2009; Padmini vd., 2008). Otomatik öğrenme algoritmalarının ve optimizasyon tekniklerinin gelişimi neticesinde PSO (Particle Swarm Optimization) ile kumlu zeminlerin mekanik özelliklerinin tahmini yapılırken (Kutanaei ve Choobasti, 2015), Cheng vd. (2007) ve Hosseini vd. (2016) tarafından yamaç stabilizasyonu ile zeminlerin mekanik dirençleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Baykasoğlu vd. (2008) tarafından kayalık zeminlerin dayanım özelliklerinin tahmininde GEP (Gene expression programming) ve LGP (Linear genetic programming) olarak adlandırılan GA (Genetic Algorithm) ların farklı versiyonları kullanılırken Taşkıran (2010) tarafından iyi derecelenmiş toprakların CBR değerlerinin tahmininde GA'dan faydalanılmıştır.

Parçacık Sürüşü Optimizasyonu - Uyarlamalı Şebeke Bazlı Bulanık Çıkarım Sistemi (PANFIS), Genetik Algoritma - Uyarlamalı Şebeke Bazlı Bulanık Çıkarım Sistemi (GANFIS) gibi yeni bilişim yöntemleri meta-sezgisel algoritmaları ve sinirsel bulanık modeller birleştirilerek oluşturulan son teknoloji yöntemlerdir (Pham vd., 2018). Bu bilişim yöntemlerinin sel (Bui vd., 2016a), orman yangını (Bui vd., 2017), hidroelektrik santrallerinin yer değiştirmesi (Bui vd., 2016b) ve toprak kayması gibi çeşitli çevresel sorunları öngörmede güçlü araçlar olduğu kanıtlanmıştır (Chen vd., 2017). Bu çalışmada, sınıflandırmada kullanılan temel toprak özellikleri ile CBR'nin belirlenmesinde kullanılan birçok yöntem bir arada değerlendirilerek tahmin performanslarına ait bilgi birikimi sunulmaktadır. Bildirinin 2. bölümünde zeminlerin sınıflandırılmasında olduğu gibi tahmin modellerinde kullanılan parametreler anlatılmıştır. Bölüm 3'de tüm bu bahsi geçen modelleme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4'de ise elde edilmiş tahmin modellerinden elde edilen istatistiksel veriler karşılaştırılmıştır.

## 2. Tahmin Modellerinde Kullanılan Parametreler

Suyun varlığı zeminlerin davranışını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle söz konusu etkileri tanımlayan indekslere gereksinim vardır (Şekil 1).

Toprak zemin-su karışımı



Kuru toprak

Şekil 1: Atterberg (Kıvam) limitleri

### 2.1. Likit Limit (LL)

Atterberg limitlerinden biri olan LL, zeminlerin plastik halden likit hale geçişteki nem içeriği olarak tanımlanmaktadır (Das ve Sobhan, 2013). Bu likit motorlu yada manuel Casagrande aleti (ASTM D4318, BS 1377:2, AASHTO T89, TS 1900-1 standartlarında) kullanılarak belirlenebilir. LL değerinin hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır. Eşitlikte  $W_L$ , toprak örneğinin plastikten likit duruma geçişteki su miktarının ağırlığı,  $W_s$  ise toprak numunesinin ağırlığıdır.



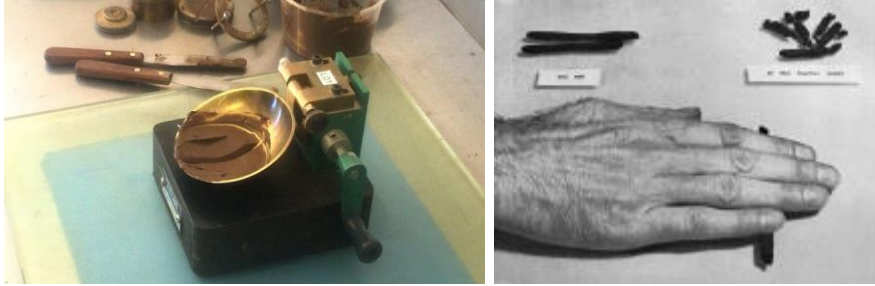
$$LL (\%) = \frac{W_L}{W_S} 100 \quad (1)$$

## 2.2. Plastik Limit (PL)

PL, yarı katı halden plastik hale geçiş noktasındaki nem içeriği (toprak numunelerinin dağılmadan 3 mm çapında çubuk haline getirildiği en düşük nem içeriği) olarak tanımlanan Atterberg limitlerinden bir tanesidir (Das ve Sobhan, 2013). Plastik limit deney seti (ASTM D4318, AASHTO T90, BS 1377:2, UNE 103-104, UNI 10014 ve TS 1900-1 standartlarında) ile belirlenmekte olup aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$PL (\%) = \frac{W_P}{W_S} 100 \quad (2)$$

$W_P$ , yarı katı maddeden plastik hale geçiş noktasındaki toprak numunesinin su ağırlığını ifade etmektedir.



Şekil 2: Likit ve plastik limitin belirlenmesi

## 2.3. Plastisite İndeksi (PI)

PI, Plastik durumun geçerli olduğu su içeriği aralığını ifade etmekte olup aşağıdaki eşitlik ile belirlenir.

$$PI = LL - PL \quad (3)$$

## 2.4. Optimum Nem İçeriği (OMC)

Zeminler sıkışmanın maksimum olabileceği su içeriğine ulaştığında yoğunlukta maksimuma ulaşmaktadır. Sabit olan su içeriğine OMC adı verilmektedir (Arslan, 2007). OMC, proktor analizi ile belirlenmekte olup aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir (Varol, 2004).

$$OMC (\%) = \frac{W_w}{W_s} 100 \quad (4)$$

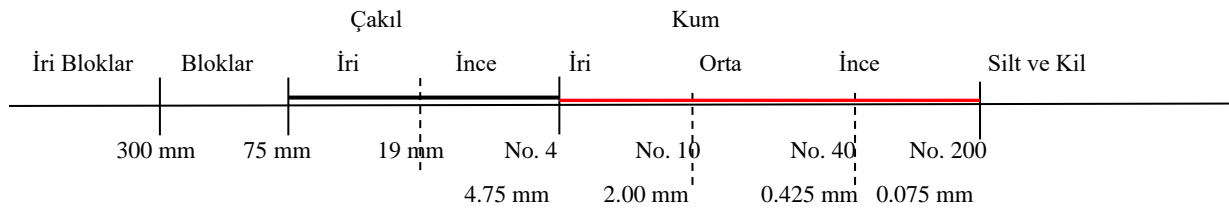
## 2.5. Maksimum Kuru Birim Ağırlık (MDD)

Zeminin 105±5°C de 24 saat kurutulmasından sonraki kuru ağırlığının toplam hacmine oranına maksimum kuru birim ağırlık denir ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir (Aytekin, 2000). Burada  $\gamma$  yağ birim ağırlığı ifade etmektedir.

$$MDD (t/m^3) = \frac{100 \gamma}{100 + OMC} \quad (5)$$

## 2.6. Elek Analizi (Tane Boyutu Dağılımının Belirlenmesi)

Zeminlerin mühendislik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi de zemin içerisinde ki değişik boyuttaki tanelerin miktarıdır (Demirel vd., 1999) ki deneylerin sonuçları mühendislik çıkarımlarına altlık oluşturmaktadır (Orhan vd., 2003). Elek analizi, benzer davranışa sahip toprak gruplarının oluşturulması ve sınıflandırılmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Tane boyu dağılımına bağlı olarak sınıflandırma USCS (Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırması) ya da AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials System) ya göre yapılmaktadır (Varol, 2002). Şekil 3'de görülen elek boyutlarına göre zeminin tane boyunun tanımı yapılmakta ve No.4 (4.75 mm) elek üzerinde kalan materyal kuru altında kalan materyal ise ıslak elemeye tabi tutulmaktadır.



Şekil 3: Tane boyu dağılımı



### 3. Modellemede Kullanılan Yöntemler

#### 3.1. Basit Doğrusal Regresyon (SLRA)

Basit doğrusal regresyon, iki sürekli (nicel) değişken arasındaki ilişkilerin özetlenip incelenmesini sağlayan istatistiksel bir yöntemdir: X ile gösterilen bir değişken, tahmin, açıklayıcı veya bağımsız değişken olarak kabul edilir. Y ile gösterilen diğer değişken ise yanıt, sonuç veya bağımlı değişken olarak kabul edilir (Rencher ve Schaalje, 2008).

#### 3.2. Çoklu Doğrusal Regresyon (MLRA)

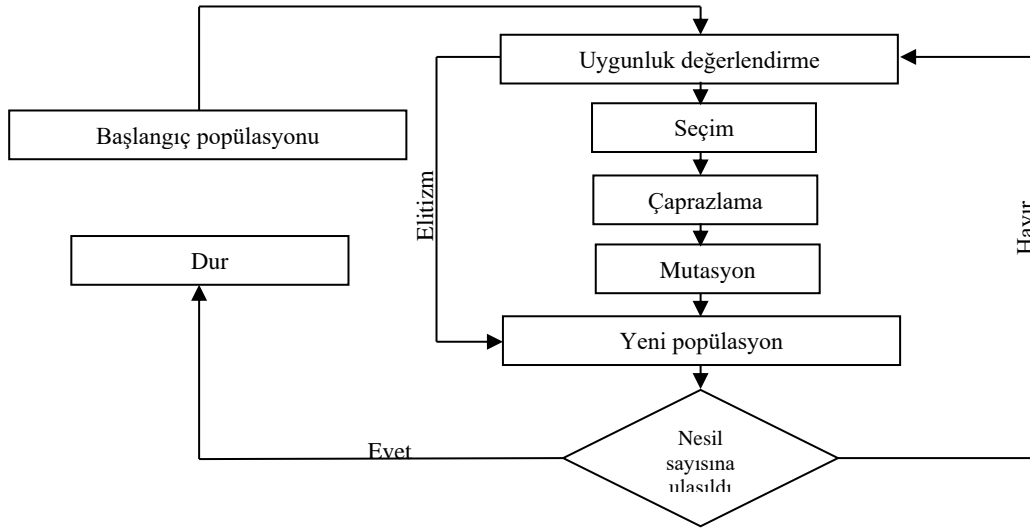
İlk olarak 1908'de Pearson tarafından kullanılan MLRA'nın genel amacı birkaç bağımsız veya tahmin değişkeni ile bir bağımlı veya ölçüt değişken arasındaki ilişki hakkında daha fazla şey öğrenmektir (Yılmaz ve Yüksek, 2008).

#### 3.3. SVM ve RF

SVM, Vladimir Vapnik tarafından geliştirilen ve sınıflandırmada kullanılan basit ve etkili yöntemlerden biridir. Algoritma çok boyutlu uzayda bir veya daha fazla hiperdüzlem oluşturmakta ve normal olasılık dağılımını ile Gaussian fonksiyonunu kullanmaktadır. Algoritmada parametre tahminleri maksimum benzerlik yöntemine bağlıdır. Klasik modellerin aksine parametreler önceden tanımlı değildir ve sayısı eğitim verilerine göre değişir. Eğitim verilerinin hata değeri sabit tutularak, güven aralığı minimize edilmektedir (Ebina vd., 2010). RF'da SVM gibi hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılabilen olup 2001 yılında Leo Breiman tarafından geliştirilmiştir. Ayrıca RF, bu işlemler sırasında birden fazla karar ağacı üretmekle sınıflandırma değerini yükseltmeyi hedefleyen bir algoritmadır. Karar ağaçları yönteminden düğüm bulma ve düğümleri bölme işlemlerinin rastgele çalışıyor olmasıyla ayrılır. Aşırı uyum problemini önlemesi ve eğitim verisindeki mevcut özellikler arasından en önemli özelliği tanımlaması avantajlarıdır (Liaw and Wiener, 2002).

#### 3.4. GA ve PSO

Genetik algoritma, doğada canlıların kendi özelliklerini bir sonraki nesle aktarma yeteneğine benzer şekilde çalışan arama ve eniyileme yöntemidir. GA, 1970'li yıllarda John Holland ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında en iyinin hayatta kalması ilkesine göre bütünsel en iyi çözümü arar. GA'nın akış diyagramı şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4: GA akış diyagramı

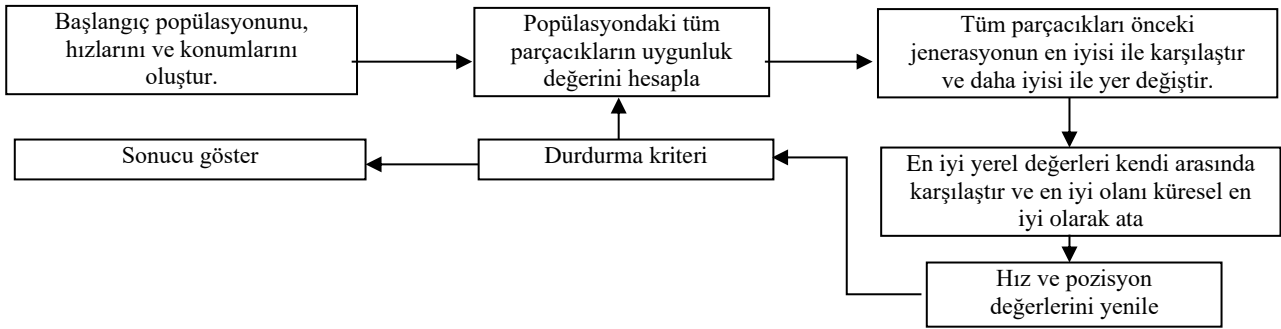
PSO, 1995 yılında James Kennedy ve Russell Eberhart tarafından geliştirilmiştir (Özsağlam ve Çunkaş, 2008). Her bir bireye parçacık parçacıkların oluşturduğu bütüne de sürü adı verilmektedir. Algoritmanın temeli, kuş ve balık gibi hayvanların alışkanlıklarının gözlemlenmesi ile evrimsel hesaplamalara dayanmaktadır. Bireyler kendileri için en iyi konumu eski deneyiminden yararlanarak belirlemektedir. Aşağıda verilen PSO'ya ait akış diyagramını durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam ettirilmektedir (Şekil 5). Her bireyin hızı ve konumu aşağıdaki eşitlikler ile belirlenir.

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1 r_1 [\hat{x}_i(t) - x_i(t)] + c_2 r_2 [g(t) - x_i(t)] \quad (6)$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (7)$$

Bu eşitliklerde  $i$ ; parçacık indeksini,  $w$ ; atalet katsayısını,  $c_1$ - $c_2$ ; ivme katsayısını ( $0 \leq c_1, c_2 \leq 2$ ),  $r_1, r_2$ ; her hız güncellemesinde yenilenen rastgele ( $0 \leq r_1, r_2 \leq 1$ ),  $v_i(t)$ ;  $t$  zamanda parçacıkların hızını,  $x_i(t)$ ;  $t$  zamanda parçacıkların pozisyonunu,  $\hat{x}_i(t)$ ;  $t$  zamanda parçacık için bireysel en iyi çözümü,  $g(t)$ ;  $t$  zamanda popülasyon için en iyi çözümünü ifade etmektedir.

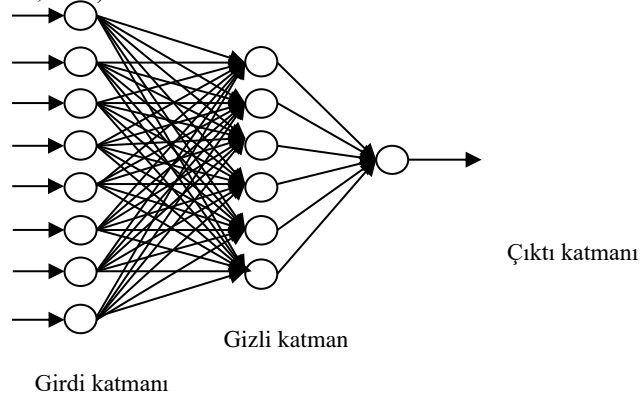




Şekil 5: PSO akış diyagramı

### 3.5. ANN, ANFIS (PANFIS ve GANFIS)

ANN, beyinden ilham alan bir hesaplama yöntemidir. ANN, üç katmandan oluşur (Şekil 6). Bunlar girdi, gizli ve çıktı katmanlarıdır. Gizli katman girdinin çıktı katmanının kullanabileceği bir şeye dönüştürüldüğü yerdur (Farifteh vd., 2007). Nöronlar olarak bilinen NN (sinir ağları) 1940’lardan beri kullanılmakla birlikte teorisi ve matematiksel temeli Haykin (1999) ve Bishop (1995)’de kapsamlı bir şekilde tarif edilmiştir. Sonucun yaratıcının beklentisi ile uyuşmadığı durumlarda yanlış tanımlamaları belirlemek için tasarlanmış geri besleme olarak adlandırılan teknik ile çok katmanlı bir ağın farklı katmanlarının aradığını buluncaya kadar farklı özellikler çıkardığı bir derin öğrenme metodudur ki sinir ağlarının gelişimi ML’de önemli ilerlemelere neden olmuştur. Gizli katmandaki nöronların sayısı, Fletcher ve Goss (1993) tarafından önerilen bir formül kullanılarak veya Chang vd. (2004) önerdiği gibi bir deneme yanılma yaklaşımı kullanılarak tanımlanabilmektedir. Çok fazla sayıda nöron aşırı uydurma sorunlarına neden olabileceğinden gizli katmandaki nöronların sayısı çok önemlidir (Huang ve Foo, 2002).



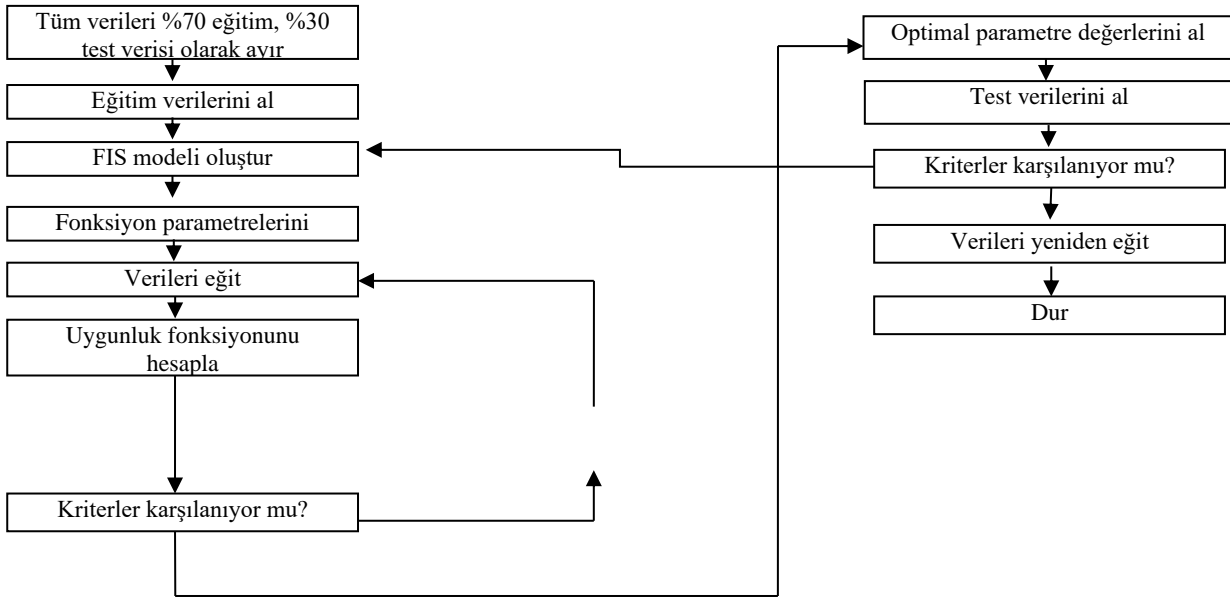
Şekil 6: Çok katmanlı ANN mimarisi

ANFIS, bir sinir ağının öğrenme yetenekleri ile bulanık mantığın akıl yürütme yeteneklerinin gelişmiş tahmin yetenekleri sağlanması amacıyla bir metodoloji de birleştirilmiş halidir (Yılmaz ve Kaynar, 2011). ANFIS’in amacı, girdi değerlerini hedef değerlerle doğru şekilde ilişkilendirecek bir model bulmaktır (Kakar vd., 2005). Bulanık çıkarım sistemi (FIS), her bulanık kuralın sistemin yerel bir davranışı olarak tanımlandığı bir bilginin temsildir (Kakar vd., 2005). ANFIS, hibrit bir öğrenme şeması ile girdi-çıkıı veri çiftlerini ve insan bilgisini kullanarak girdi ve çıktıları haritalayabilmektedir (Sugeno ve Kang, 1988). Yüksek performanslı bir ANFIS modeli elde etmek için, başlangıçtaki parametre sayısını ve ampirik olarak belirlenen sistemin girdi ve kurallarını (Lee vd., 2005) dikkatle belirlemek gerekmektedir. Ek olarak, çıkarmalı kümeleme algoritması, uygunluk değeri bir olan verilerin dağılımını belirlemek için kullanılmaktadır (Geronimo vd., 2013). Ayrıca, kümelerin sayısı, her küme merkezinin etkisinin yarıçapı ve eğitim yineleme sayısı çıkarım sisteminin yapılandırılması için parametreler olarak tanımlanmalıdır. Olası kümenin potansiyeli ( $P_i$ ), aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \exp\left(-\frac{4}{r_a^2} x_i - x_j^2\right) \quad (8)$$







Şekil 7: GANFIS akış diyagramı

$X_i$ 'nin kümelenme merkezi olduğu yerlerde,  $X_j$  kümelenmenin çevresindeki her noktadır ve  $n$ , çevredeki nokta sayısıdır. ANFIS'de test verisinin optimizasyonunda PSO kullanılması ile PANFIS, GA kullanılması ile de GANFIS yöntemleri elde edilmektedir. GANFIS'e ait örnek bir akış diyagramı Şekil 7'de görülmektedir.

#### 4. Değerlendirme

Modellemelerde kullanılan yöntemler incelendiğinde basit doğrusal regresyondan otomatik öğrenme algoritmalarından SVM-Rf, GA, PSO ve takiben yapay sinir ağları (ANN) ile Uyarımlı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemine ANFIS) doğru yöntemlerin CBR tahmin seviyelerinin tarihsel akış içerisinde ilerlediği görülmektedir. Ancak 1962 yılında Black tarafından elde edilen ve CBR ile PI arasındaki basit doğrusal ilişkiden günümüze kadar CBR'ın tahmininde değişken olarak kullanılan parametrelerin (LL, PL, PI, Elek analizi, OMC, MDD gibi) sayısı değişkenlik göstermektedir. Örneğin 1970'de Agarwal ve Ghanekar OMC-LL ile CBR arasında basit doğrusal bir ilişki bulurken, Yıldırım ve Günaydın (2011) çakıl miktarı ile CBR arasında, Ramosubbarao ve Sankar (2013) ise MDD ile CBR arasında basit doğrusal bir ilişki tespit etmiştir. Benzer değişkenlik çoklu regresyon denklemleri içinde geçerlidir. Bunlardan birkaç tanesi aşağıdaki gibidir.

- Satyanarayana and Pavani (2006)  $CBR = -0.388 F - 0.064 LL + 20.38 MDD$   $R = 0.96$
- Patel ve Desai (2010)  $CBR = 17.009 - 0.069 PI - 2.96 MDD + 0.0648 OMC$  % hata = %5
- Shirur ve Hiremath (2014)  $CBR = 6.5452 - 0.07703 OMC - 0.10395 PI$   $R^2 = 0.75$
- Talukdar (2014)  $CBR = 0.127 LL + 0.001 PL - 0.1598 PI + 1.405 MDD - 0.259 OMC + 4.618$
- Ibrahim (2017)  $CBR = 42.538 - 22.625 MDD + 0.843 OMC - 0.101 LL + 0.079 PI$   $R^2 = 0.19$

Yıldırım ve Günaydın (2011) tarafından farklı sayıda değişkenlerle kurulan 5 adet modelin yapısı ve bu modeller için 0.85-0.95 arasında değişen  $R^2$  değerlerine sahip olan modellerin istatistiksel performansı Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1: ANN modelleri (Yıldırım ve Günaydın, 2011)

Modeller	Girdiler	Yapı	$R^2$	STD	SE	$\mu$
I	G, S, FG, WL, WP, PI, MDD, OMC	8-7-1	0.93	4.745	1.336	1.124
II	G, S, MDD, OMC	4-4-1	0.95	5.800	1.282	1.128
III	G, S, FG	3-3-1	0.95	8.732	2.087	0.837
IV	MDD, OMC	2-1-1	0.85	3.775	1.508	0.762
V	MDD	1-1-1	0.85	4.006	1.593	0.979

GA ve PSO ile ANFIS'in birlikte değerlendirildiği Pham vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada da PANFIS farklı başlangıç ağırlık değerleriyle doğrulanmasında 0.533-0.601 arasında değişen R değerleri ile 0.034-0.039 arasında değişen RMSE değerleri elde edilmiştir. Aynı çalışmada GANFIS için 0.248-0.59 arasında değişen R değerleri ile 0.194-0.035 arasında değişen RMSE değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla genellikle kullanılan doğrusal regresyon yöntemlere kıyasla nadiren kullanılan ANN-ANFIS (PANFIS-GANFIS) metodlarının daha yüksek tahmin performanslarına sahip olduğu görülmektedir. Birçok farklı toprak yapısındaki çalışma alanlarında zemin taşıma kapasitesinin belirlenerek bu konudaki bilgi birikimi geliştirilmelidir. Bu nedenle bundan sonraki



çalışmalarda bilgi birikiminin geliştirilmesinde doğrusal regresyon modelleri yerine farklı otomatik öğrenme algoritmalarının kullanımı faydalı olacaktır. Bu tip çalışmalar geoteknik yapılarda çalışanlara LL, PL, PI, MDD ve OMC gibi girdi değişkenleri ile pratik olarak zeminlerin taşıma kapasitesinin tahmin edilmesine yardımcı olurken laboratuvar testlerinin maliyetlerini azaltarak inşaat maliyetlerini de düşürecektir.

## 5. Kaynakça

- Agarwal, K. B. and Ghanekar, K.D. *Prediction of CBR from plasticity characteristics of soil*, Proceeding of 2nd south-east Asian conference on soil engineering, Singapore. 1970.
- Arslan, M.Ş., *Bardat (Mersin-Gülnar-Köseçobanlı) Göleti Mühendislik Jeolojisi*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122 s., 2007.
- Azari, B., Behzad F., and Hadi K. "Assessment of the elastic-viscoplastic behavior of soft soils improved with vertical drains capturing reduced shear strength of a disturbed zone." *International Journal of Geomechanics*, 16(1), 2014.
- Baykasoğlu, A., Güllü, H., Çanakçı, H. ve Özbakır, L., "Prediction of compressive and tensile strength of limestone via genetic programming", *Expert Systems with Applications*, 35(1-2): 111-123, 2008.
- Behera, R. N., Patra, C. R., Sivakugan, N. and Das, B. M., "Prediction of ultimate bearing capacity of eccentrically inclined loaded strip footing by ANN: part II", *International Journal of Geotechnical Engineering*, 7(2), 165-172, 2013.
- Bishop, Christopher M. *Neural networks for pattern recognition*. Oxford university press, 1995.
- Black, W. P. M. "A method of estimating the California bearing ratio of cohesive soils from plasticity data." *Geotechnique* 12(4): 271-282, 1962.
- Cheng, Y. M., Li, L., Chi, S. C. and Wei, W. B., "Particle swarm optimization algorithm for the location of the critical non-circular failure surface in two-dimensional slope stability analysis." *Computers and Geotechnics* 34(2): 92-103, 2007.
- Chiang, Y. M., Chang, L. C. and Chang, F. J., "Comparison of static-feedforward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modeling", *Journal of hydrology*, 290(3-4): 297-311, 2004.
- Das, B. M. and Sobhan, K., *Principles of geotechnical engineering*, Cengage learning USA, Eight Edition, 160 p, 2013.
- Datta, T., and Chottopadhyay, B.C., *Correlation between CBR and index properties of soil*, Proceedings of Indian Geotechnical Conference, Kochi, India. 2011.
- Demirel, Z., Kadioğlu, M., Aray, S., Orhan, F. ve Alp, A. *Toprak ve Stabilizasyon laboratuvarı el kitabı*, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, Ankara, 180 s, 1999.
- Ebina, T., Toh, H. and Kuroda, Y., "DROP: an SVM domain linker predictor trained with optimal features selected by random forest." *Bioinformatics* 27.4: 487-494, 2010.
- Eslami, A., and M. Gholami. "Analytical model for the ultimate bearing capacity of foundations from cone resistance." *Scientia Iranica*. 13(3), 223-233, 2006.
- Farifteh, J., Van der Meer, F., Atzberger, C. and Carranza, E. J. M., "Quantitative analysis of salt-affected soil reflectance spectra: A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN)", *Remote Sensing of Environment*, 110(1): 59-78, 2007.
- Fletcher, D. and Goss, E., "Forecasting with neural networks: an application using bankruptcy data." *Information & Management* 24(3):159-167, 1993.
- Gambill, D. R., Wall, W. A., Fulton, A. J. and Howard, H. R., "Predicting USCS soil classification from soil property variables using Random Forest", *Journal of Terramechanics*, 65: 85-92, 2016.
- Geronimo, T. M., Cruz, C. E., de Souza Campos, F., Aguiar, P. R. and Bianchi, E. C., MLP and ANFIS Applied to the Prediction of Hole Diameters in the Drilling Process. *In Artificial Neural Networks-Architectures and Applications*. IntechOpen, 2013.
- Graft-Johnson, J. W., Bhatia, H.S. and Gidigas, D.M., "The engineering characteristics of the laterite gravels of Ghana." *Soil Mech & Fdn Eng Conf Proc/Mexico/*. 1969.
- Gregory, G. H., and Cross, S.A., *Correlation of CBR with shear strength parameters*, Proceedings of 9th international conference on low volume roads, Austin, Texas. 2007.
- Griffiths, Shawn C., Brady R. Cox, and Ellen M. Rathje. "Challenges associated with site response analyses for soft soils subjected to high-intensity input ground motions." *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 85, 1-10, 2016.
- Haykin, S., *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall PTR, 1994.
- Hosseini, M., Naeini, S. A. M., Dehghani, A. A. and Khaledian, Y., "Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle swarm optimization, genetic algorithm and multiple regression methods", *Soil and Tillage Research*, 157: 32-42, 2016.
- Hung, W. and Foo, S., "Neural network modelling of salinity variation in Apalachicola River. Research Note." *Water Research* 36: 356-362, 2002.



- Ibrahim, F. K., "Application of Soft Computing Techniques and Multiple Regression Models for CBR prediction of Soils." *Journal of University of Babylon* 25(5): 1552-1561, 2017.
- IRC (Indian Roads Congress), "Guidelines for the design of flexible pavements." *Indian code of practice, IRC 37* (2001).
- Kakar, M., Nyström, H., Aarup, L. R., Nøttrup, T. J. and Olsen, D. R., Respiratory motion prediction by using the adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). *Physics in Medicine & Biology*, 50(19), 4721, 2005.
- Kin, M. W., *California bearing ratio correlation with soil index properties*, Master degree Project, Faculty of Civil Engineering, University Technology Malaysia, 2006.
- Kuo, Y. L., Jaksa, M. B., Lyamin, A. V. and Kaggwa, W. S., "ANN-based model for predicting the bearing capacity of strip footing on multi-layered cohesive soil", *Computers and Geotechnics*, 36(3): 503-516, 2009.
- Kutanaei, S. S. and Choobasti, A. J., "Prediction of combined effects of fibers and cement on the mechanical properties of sand using particle swarm optimization algorithm." *Journal of Adhesion Science and Technology* 29(6): 487-501, 2015.
- Lee, K. C., Ho, S. J. and Ho, S. Y., Accurate estimation of surface roughness from texture features of the surface image using an adaptive neuro-fuzzy inference system. *Precision engineering*, 29(1): 95-100, 2005.
- Liaw, A. and Wiener, M. "Classification and regression by randomForest." *R news* (2.3): 18-22, 2002.
- MORTH (Ministry of Road Transport and Highways), *Specifications for road and bridge works*, New Delhi, India: Indian Roads Congress, 2001.
- NCHRP (National Cooperative Highway Research Program), *Guide for Mechanistic and Empirical-Design for New and Rehabilitated Pavement Structures*, Final Document, Appendix CC-1: Correlation of CBR Values with Soil Index Properties, West University Avenue Champaign, Illinois, USA, 2001.
- Oliveira, Paulo J. Venda, António AS Correia, and Luís JL Lemos. "Numerical prediction of the creep behaviour of an unstabilised and a chemically stabilised soft soil." *Computers and Geotechnics*, 87, 20-31, 2017.
- Orhan, M., Nihat, S.I. ve Özer, M., "Zeminlerin İnce Tane Büyüklüğünün Doğru Belirlenmesinin Önemi", *Politeknik Dergisi* 6(4), 671-675, 2003.
- Özsağlam, M. Y. ve Çunkaş, M., "Optimizasyon problemlerinin çözümü için parçacık sürü optimizasyonu algoritması." *Politeknik Dergisi* 11(4): 299-305, 2008.
- Padmini, D., Ilamparuthi, K. and Sudheer, K.P., "Ultimate bearing capacity prediction of shallow foundations on cohesionless soils using neurofuzzy models." *Computers and Geotechnics* 35.1 (2008): 33-46.
- Patel, R. S. and Desai, M. D., *CBR predicted by index properties for alluvial soils of South Gujarat*, Proceedings of the Indian geotechnical conference, Mumbai. 2010.
- Pham, B. T., Bui, D. T., Prakash, I. and Dholakia, M. B., "Hybrid integration of Multilayer Perceptron Neural Networks and machine learning ensembles for landslide susceptibility assessment at Himalayan area (India) using GIS." *Catena* 149: 52-63, 2017.
- Pham, B. T., Hoang, T. A., Nguyen, D. M., and Bui, D. T., Prediction of shear strength of soft soil using machine learning methods. *Catena*, 166, 181-191, 2018.
- Pourghasemi, H. R. and Rahmati, O., "Prediction of the landslide susceptibility: which algorithm, which precision?." *Catena* 162: 177-192, 2018.
- Ramasubbarao, G. V. and Siva Sankar, G. "Predicting soaked CBR value of fine grained soils using index and compaction characteristics." *Jordan Journal of Civil Engineering* 159(3164):1-7, 2013.
- Rencher, A. C. and Schaalje, G. B., *Linear models in statistics*, John Wiley & Sons, 2008.
- Roy, T. K., Chattopadhyay, B. C. and Roy, S. K., "California bearing ratio, evaluation and estimation: A study of comparison", *In Proceedings of the Indian Geotechnical conference*, Geotrendz, Mumbai, 19-22, 2010.
- Samui, P. "Prediction of friction capacity of driven piles in clay using the support vector machine." *Canadian Geotechnical Journal* 45(2): 288-295, 2008.
- Satyanarayana, R. C. N. V. and Pavani, K., *Mechanically stabilised soils-regression equation for CBR evaluation*, Proceedings of the Indian geotechnical conference, Chennai, India. 2006.
- Shahin, M. A., Jaksa, M. B. and Maier, H. R., "Recent advances and future challenges for artificial neural systems in geotechnical engineering applications." *Advances in Artificial Neural Systems* 5, 2009.
- Shirur, N. B. and Hiremath, S.G., "Establishing relationship between CBR value and physical properties of soil." *IOSR journal of mechanical and civil engineering* 11(5): 26-30, 2014.
- Shirzadi, A., Shahabi, H., Chapi, K., Bui, D. T., Pham, B. T., Shahedi, K. and Ahmad, B. B., "A comparative study between popular statistical and machine learning methods for simulating volume of landslides", *Catena*, 157: 213-226, 2017.



- Silva Chagas, C., Carvalho Junior, W., Bhering, S. B. and Calderano Filho, B., "Spatial prediction of soil surface texture in a semiarid region using random forest and multiple linear regressions", *Catena*, 139: 232-240, 20216.
- Sugeno, M. and Kang, G.T., "Structure identification of fuzzy model." *Fuzzy sets and systems* 28(1): 15-33, 1988.
- Suman, S., Das, S.K. and Mohanty, R., "Prediction of friction capacity of driven piles in clay using artificial intelligence techniques." *International Journal of Geotechnical Engineering* 10(5): 469-475, 2016.
- Talukdar, D. K., "A study of correlation between California Bearing Ratio (CBR) value with other properties of soil." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 4(1): 59-562, 2014.
- Taşkıran, T. "Prediction of California bearing ratio (CBR) of fine grained soils by AI methods", *Advances in Engineering Software* 41(6): 886-892, 2010.
- Vågen, T. G., Winowiecki, L. A., Tondoh, J. E., Desta, L. T. Gumbricht, T., "Mapping of soil properties and land degradation risk in Africa using MODIS reflectance", *Geoderma*, 263: 216-225, 2016.
- Vanapalli, S. K., and Fredlund, D. G., "Comparison of different procedures to predict unsaturated soil shear strength", *Advances in Unsaturated Geotechnics*. 195-209, 2000.
- Varol, T., "Orman Yollarının AASHTO Zemin Sınıflandırma Sistemi Uygulaması", *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*,4(4), 61-70, 2002.
- Varol, T., *Bartın Yöresi Orman Yollarının Üstyapı Kalınlığının ve Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi*, ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 167 s, 2004.
- Yıldırım, B. ve Günaydın, O., Estimation of California bearing ratio by using soft computing systems, *Expert Systems with Applications* 38(5): 6381-6391, 2011.
- Yılmaz, I. and Kaynar, O., "Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils." *Expert systems with applications* 38(5): 5958-5966, 2011.
- Yılmaz, I.ve Yüksek, A. G., "An example of artificial neural network (ANN) application for indirect estimation of rock parameters", *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 41(5): 781-795, 2008.



## REMOVAL OF ACID BROWN 349 DYES BY FENTON OXIDATION METHOD

Tüba Berberoğlu<sup>1</sup>, Macid Nurbaş<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Engineering and Architecture, West Meselik Campus, Department of Chemical Engineering

tuubaberberoglu@gmail.com , mnurbas@ogu.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Abstract

In this study batch Fenton oxidation process was used in order to minimize the negative environmental impacts of azo class Acid Brown 349 (AB 349) dyestuff which is widely used in textile industry. The effects of various parameters such as H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> initiator concentration (C<sub>p</sub>), Fe<sup>2+</sup> catalyst concentration (C<sub>f</sub>), solution pH, initial AB 349 concentration (C<sub>o</sub>), solution temperature and mixing speed on Fenton oxidation decolorization process were investigated and optimum conditions such as pH 2, C<sub>p</sub>=1 mM, C<sub>f</sub> = 0.1 mM, temperature 30 °C, mixing speed 250 rpm and C<sub>o</sub> = 0.12 mM were determined. Acid Brown 349 dyestuff removal efficiency was found to be 99.5% in the batch Fenton oxidation process. It can also be concluded that the decolorization of AB 349 by Fenton oxidation fits the second-order reaction kinetics and the rate constant value was 0.3396 lmg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>. These results showed that the Fenton oxidation process was effective for removal the wast textual dyes.

**Keywords:** Fenton oxidation, Textile wastewater, Dyestuff,

### 1. Introduction

As a result of rapid population growth and industrialization, the amount of wastewater is increasing and brings environmental problems. As a result of the development of the textile industry, which is one of these industries and to respond to visual demands, the type and consumption of dyes is rapidly increasing, and accordingly the amount and problem of wastewater containing dyes is increasing (Kocaer and Alkan, 2002).

Textile dyes used in dyeing processes carried out under acidic conditions, in the range of pH 2-6, are called acid dyes. It contains mostly azo group in the chemical structure of acid dyes. Acid dyes contain one or more sulfonic or carboxylic acid salt functional groups. These functional groups provide water solubility. Acid dyes are mainly used for dyeing wool and natural silk fibers. Acid dyes are preferred in the industry because they are cheap and easily applicable [1].

When the textile industry wastewater is discharged to landfills, it causes pollution defined as organic load and affects the light transmittance and leaves negative effects on the ecosystem of living organisms. For this reason, in addition to the treatment of textile industry wastewater, dyes-based colors should be removed. Numerous studies have been carried out in the literature regarding dye removal.

Many processes such as chemical oxidation, adsorption, chemical coagulation, membrane, ion exchange and electrochemical processes have been used for dye removal. The yields obtained from the researches made by biological processes were found to be lower when compared to chemical processes [1].

In the presence of toxic organic substances in wastewaters, biological processes cannot perform their duties. In this type of wastewater, BOD is much smaller than COD and therefore biological treatment is not suitable. Advanced oxidation processes are used to reduce organic load and toxicity, especially before biological treatment. Advanced oxidation processes are based on the formation of hydroxyl radicals with high electrochemical oxidation potential. Hydroxyl radicals are not selective and react with all organic substances. As a result of this reaction, they form CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O as the final product [4].

Advanced oxidation processes are new treatment methods that emerged about 100 years ago. These methods are used in the presence of contaminants that cannot be removed by conventional processes to form free hydroxyl radicals (OH·). The resulting OH· radicals are effective in breaking down organic pollutants with high oxidation forces. Among these advanced oxidation processes, Fenton reaction cost was low, Fe<sup>2+</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, such as reagents and application method has been of interest due to the ease of application [6].

Fenton method is used effectively in reducing toxicity, degradation of organic impurities, increasing of biodegradability, odor and color removal. It is anticipated that the Fenton oxidation process method will be more effective in the treatment of all dyed wastewater in the future and is also environmentally safe. In addition, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> is widely used as a pretreatment reagent in dyeing processes. This makes the Fenton oxidation process more economical. Table 1 shows the advantages and disadvantages of Fenton oxidation process compared to other processes[3].



Table 1.

Advantages and Disadvantages of Fenton Oxidation Process Compared to Other Processes

Benefits

- Low initial investment cost
- Removal of toxic and resistant compounds
- Low hydraulic holding time
- Easy to apply process
- Low output COD

Drawbacks

- Additional chemical cost
- Sludge formation and removal costs
- Corrosion problem
- Difficult to maintain proper chemical reaction conditions

Since  $H_2O_2$  and  $Fe^{+2}$  ions are more stable in the acidic environment, under acidic conditions, redox reactions occur when  $H_2O_2$  and  $Fe^{+2}$  ions are added to an aqueous system containing organic matter. Fenton oxidation process is based on the reaction of  $Fe^{+2}$  ion with  $H_2O_2$  under acidic conditions. This reaction results in hydroxyl radicals.



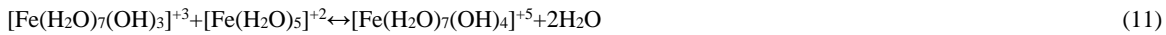
The  $Fe^{+2}$  ion initiates the decomposition of  $H_2O_2$ ; hydroxyl radicals are formed under the action of catalyst. The formation of radicals is in the form of a complex reaction chain in aqueous solutions.



The ferric ions formed also catalyze hydrogen peroxide and decompose into water and oxygen. Iron ions and radicals also occur in reactions. The reaction of  $Fe^{+3}$  with  $H_2O_2$  is called Fenton-like process [5].



Between pH 3 and 7, the above complexes are converted to the following complexes.



The mechanisms of these reactions are very complex. The reaction may vary depending on the conditions and the catalytic agent used. Fenton oxidation rate is affected by two important factors. These factors are;

Hydrogen peroxide dose: For better oxidation efficiency

Iron concentration: Reaction kinetics [2].

In this study, Fenton oxidation process which is one of the advanced oxidation processes is used. In this process, acid brown 349 (AB 349) azo dyestuff prepared in aqueous solutions using parameters that affect the removal of dyes were optimized.

## 2. Materials and Methods

In this study, the performance of Fenton oxidation process, which is an advanced oxidation process, in dye removal process of hydroxyl radical which has oxidation without distinguishing organic compounds such as azo dyes is determined. Wastewater concentration was determined by spectrophotometric analysis.

Acid Brown 349 (AB 349) commercial grade paint was used from Burboya paint factory located in Bursa Organized Industrial Zone and 1 gram of dye was dissolved in 1 liter of pure water and stock dye solution was prepared.





$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$ , which are used as reagents in Fenton oxidation experiments, were obtained from Merck.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and NaOH solution was used to adjust the pH of the samples.

Chemical substances used in experimental studies;

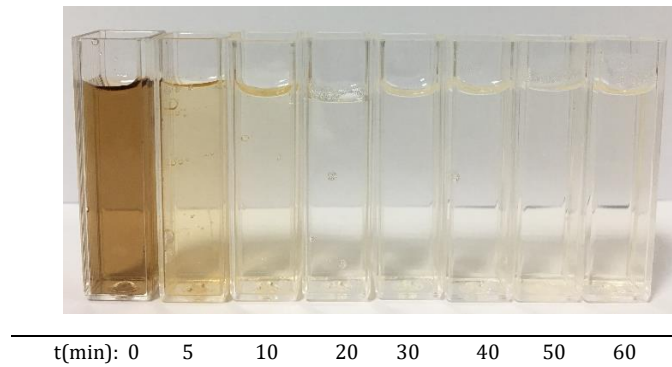
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Merck),  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Merck),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Merck), NaOH (Merck), Asit Brown 349: MA = 798 g/mol (Burboya)

- The experiments for the Fenton oxidation process were carried out in the batch system as follows.
- 250 ml conical flask used in the experimental study, 20 ml of 1000 ml dyestuff stock solution (0.12 mM), 500 ml  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  stock solution (0.1 mM) 20 ml and 500 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  stock solution (1 mM) 10 ml.
- The pH of the AB 349 dye aqueous solution was adjusted to 2 using NaOH and  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$  were added to the aqueous solution of the dyestuff to form OH- radicals.
- The mixing speed is 250 rpm and the temperature is 30 oC.

The absorbance measurements of the samples taken every 10 minutes during the reaction were read using the Jenway 6105 UV-Visible spectrophotometer at a wavelength of 440 nm and the concentration values were calculated.

Solution: 50 ml solutions of different concentrations were prepared by using stock solution and oxidation studies were performed.

In the experimental studies carried out with the Fenton oxidation process in the batch system, dye removal is shown in Figure 1.



**Figure 1. Change of removal of aqueous solution containing AB 349 dyes by Fenton oxidation process over time ( $C_0 = 0.12$  mM, Mixing speed = 250 rpm, pH = 2,  $C_p = 1$  mM,  $C_t = 1$  mM, Temperature = 30 °C)**

In the experimental studies, Fenton oxidation process was used for textile dye removal. In this process, parameters such as pH,  $C_t$ ,  $C_p$ ,  $C_0$ , temperature and mixing speed were determined and optimum values of these parameters were determined.

Optimization study: Except one parameter we selected, the other parameters were kept constant and the selected parameter was changed periodically. The highest dye removal efficiency was determined as optimum.

### 3. Findings and Discussion

Acid Brown 349 was used as textile dye. For absorbance calibration, solutions of different concentrations containing AB 349 dye were prepared using stock solution.

Determination of absorbance value of AB 349 dye:  $C_0 = 0,12$  mM dyestuff solution 400-580 nm wavelengths were measured and the optimum wavelength was found to be 440 nm.



**Table 2**

Optimization of parameters effective on dye removal study

T (°C)	$\mu$	pH	$\mu$	$C_p$ (mM)	$\mu$	$C_f$ (mM)	$\mu$	$C_0$ (mM)	$\mu$	rpm	$\mu$
10	91,7	1,5	98,5	0,125	83,8	0,0125	97,4	0,1	98,9	100	96,4
20	98,6	2	99,5	0,25	86,3	0,025	98,3	0,12	99,5	200	97,8
30	99,5	2,5	95,9	0,5	98,2	0,05	98,2	0,14	98,2	250	99,2
40	98,5	3	92,7	1	99,5	0,1	99,5	0,16	97,9	300	98,3
50	98,3	3,5	90,7	1,5	97,5	0,2	98,2	0,18	97,8	400	97,8
60	98,1	4	87,8	2	96,8	0,4	91,7	0,2	97,3	500	97,3

Not:  $\mu$ — Dyestuff removal efficiency (%).

Fenton metodu toksisitenin azaltılmasında, organik kirliliklerin yıkımında, biyolojik ayrışa bilirliğin arttırılmasında, koku ve renk giderimin de etkili olarak kullanılmaktadır. Fenton oksidasyon proses metodunun gelecekte bütün boyalı

In order to change from absorbance value to concentration value in the spectrophotometric method, calibration line was prepared. The absorbance values of AB 349 dyes at 440 nm, which is the best absorbance wavelength, were measured for the solutions at different concentrations and the calibration line equation was determined as  $y = 0,0938x$ .

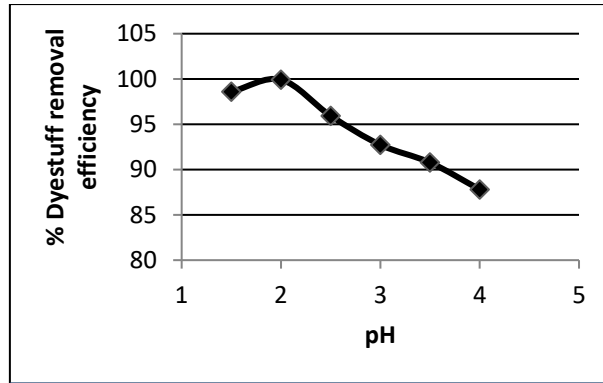
$$\% \text{Removal} = ((C_0 - C) / C_0) \times 100 \quad (12)$$

$C_0$  = Initial dye concentration (mM)

$C$  = t, concentrations of dyes in solution (mM)

### 3.1. Effect of pH

Treatment of AB 349 dye solution at 0.12 mM concentration by Fenton oxidation process was investigated. In order to determine the optimum pH value, Fenton oxidation process was applied to the samples with constant  $C_f$  and  $C_p$ ,  $C_0 = 0.12$  mM, temperature 30 °C and mixing speed 250 rpm at pH 1.5 - 4. 99.5% dyestuff removal efficiency was reached at optimum pH = 2. The change of dye removal efficiency with pH is given in Figure 2.



**Figure 2. Dyestuff removal for AB 349 - pH dependent change;  $C_0 = 0.12$  mM,  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0.1$  mM, Temperature = 30 °C, Stirring speed = 250 rpm**

### 3.2. Effect of $H_2O_2$ concentration ( $C_p$ )

In order to determine the optimum  $C_p$ , the factors affecting the process efficiency at the optimum pH in Table 2; Fenton oxidation process was applied to the samples at constant  $C_f = 0.1$  mM, pH = 2,  $C_0 = 0.12$  mM, temperature 30 °C and mixing speed 250 rpm.  $C_p$  was increased from 0.125 mM to 2 mM for optimal  $C_p$  determination. Variation of dye removal efficiency by  $C_p$  is given in Figure 4. The steady state was reached at the end of the 60 minute reaction. After the steady state was reached, there was no change in dye removal efficiency. As  $C_p$  increased, it was observed that dye removal was increased and this situation was observed in OH<sup>-</sup> can be interpreted with the increase of radicals.



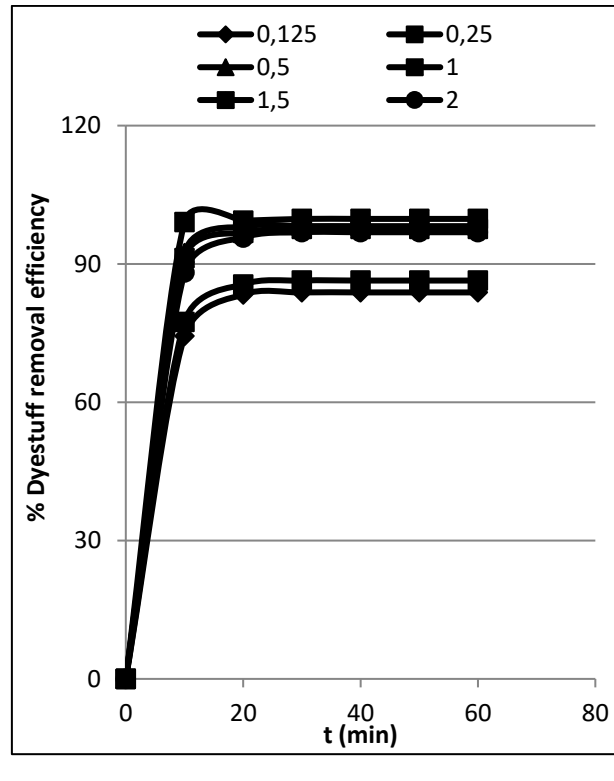


Figure 3. Dye removal for AB 349 –  $C_p$  dependent exchange;  $C_0 = 0.12$  mM, pH = 2,  $C_f = 0.1$  mM, Temperature = 30 °C, Mixing speed = 250 rpm

### 3.3. Effect of $Fe^{+2}$ concentration ( $C_f$ )

In order to determine optimum  $C_f$ , the factors affecting the process efficiency are; Fenton oxidation process was applied to the samples at constant  $C_p = 1$  mM, pH = 2,  $C_0 = 0.12$  mM, temperature 30 °C and mixing speed 250 rpm. Optimum  $C_f$  determination  $C_f$  was increased from 0.0125 mM to 4 mM. The variation of dye removal efficiency with  $C_f$  is given in Figure 4. At the end of the 30 minute reaction, the highest yield was reached at  $C_f = 0.1$  mM. At the end of the 60 minute reaction, no change in dye removal efficiency was observed.  $C_f$  increased dye removal was observed to increase and this situation  $OH\cdot$  can be interpreted by the emergence of radicals.



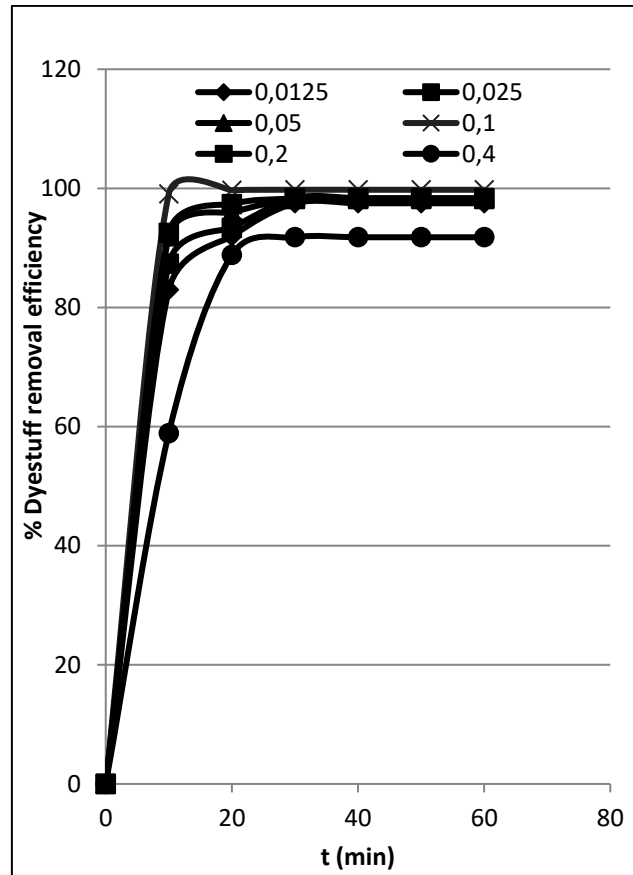


Figure 4. Dye removal for AB 349 -  $C_f$  dependent exchange;  $C_0 = 0.12$  mM,  $C_p = 1$  mM, Mixing speed = 250 rpm Temperature = 30 °C, pH = 2,

### 3.4. Effect of stirring rate

To determine the optimum mixing speed, the factors affecting the process efficiency are; Fenton oxidation process was applied to the samples at constant  $C_p = 1$  mM, constant  $C_f = 0.1$  mM, pH = 2,  $C_0 = 0.12$  mM, temperature 30 °C. In order to determine the optimum mixing speed, the mixing speed was increased from 100 rpm to 500 rpm. The maximum dye removal of the mixing speed at the optimum 250 rpm during the 30 min reaction time was determined to be 99.2%. The variation of dye removal efficiency with mixing speed is given in Figure 5.  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  ions are formed at different mixing speeds than the ideal mixing speed [6]. The ions formed are OH- cling to radicals. OH- With the end of the radicals, the dye removal efficiency decreases.

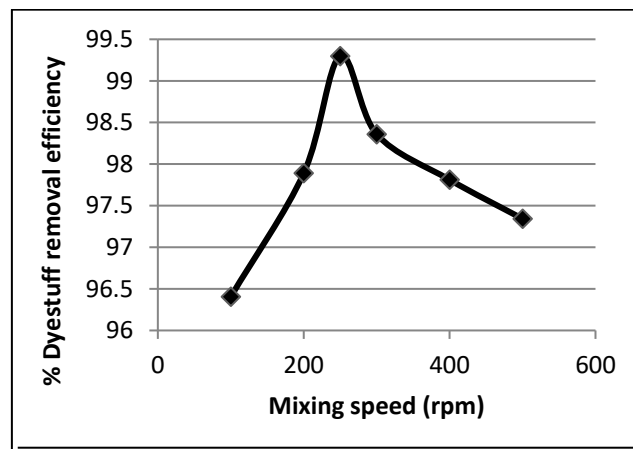


Figure 5. Dyestuff removal for AB 349 - Dependent change of mixing speed;  $C_0 = 0.12$  mM,  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0.1$  mM, Temperature = 30 °C, pH = 2



### 3.5. Effect of initial AB 349 dyestuff concentration ( $C_0$ )

Factors affecting the process yield for determining optimum dye concentration; Fenton oxidation process was applied to the samples at constant  $C_p = 1$  mM, constant  $C_f = 0.1$  mM, pH = 2, mixing speed 250 rpm, temperature 30 °C.  $C_0$  was increased from 0.1 mM to 0.2 mM for optimal  $C_0$  determination. The maximum dye removal at the optimal concentration of 0.12 mM during the 60 min reaction time was determined to be 99.5%. The variation of dye removal efficiency with  $C_0$  is given in Figure 6. It was seen that removal efficiency decreased as  $C_0$  increased. The reason for this is that in constant  $C_p$  and  $C_f$ ,  $H_2O_2$  is terminated due to the high concentration of dyes and the dye removal efficiency decreases.

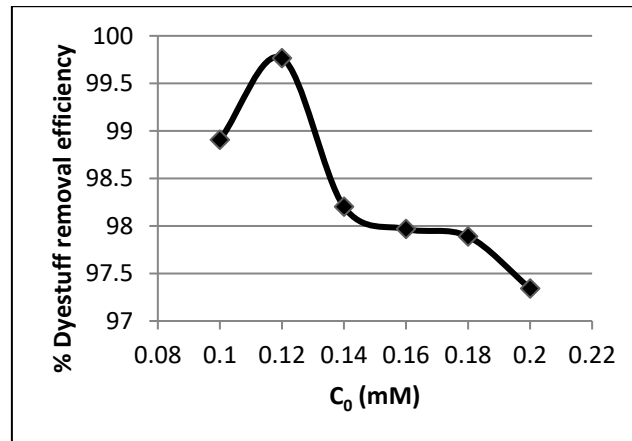


Figure 6. Dye removal for AB 349 -  $C_0$  dependent exchange;  $C_p = 1$  mM,  $C_f = 0.1$  mM, Mixing speed = 250 rpm, Temperature = 30 °C, pH = 2,

### 3.6. Effect of temperature

To determine the optimum temperature, factors affecting the process efficiency at the optimum pH; Fenton oxidation process was applied to samples at constant  $C_p = 1$  mM, constant  $C_f = 0.1$  mM, pH = 2, mixing speed 250 rpm,  $C_0 = 0.12$  mM. The temperature was increased from 10 °C to 60 °C to determine the optimum temperature. The optimum temperature was observed at 30 °C during the 30 min reaction and the maximum dye removal was 99.5%. The variation of dye removal efficiency with temperature is given in Figure 7.

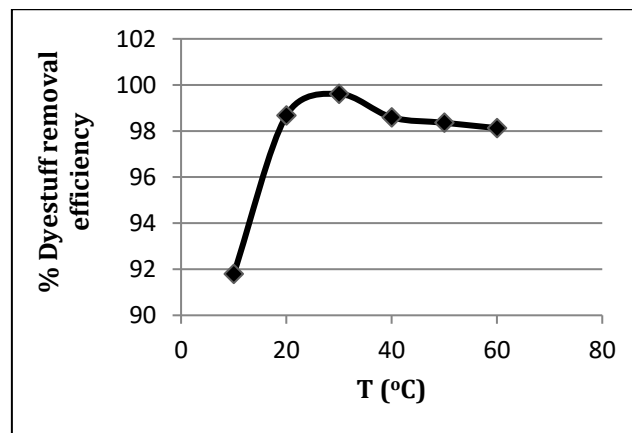


Fig. 7. Dye removal for AB 349 - Dependent variation of temperature;  $C_0 = 0.12$  mM, Mixing speed = 250 rpm,  $C_p = 1$  mM, pH = 2,  $C_f = 0.1$  mM

In this study, dye removal of AB 349 azo dyes by batch Fenton oxidation process was investigated in laboratory. The results obtained will continue to be used in a continuous system. Depending on the capacity of wastewater used in the industry, a discrete or continuous system can be used.

### 3.7. Kinetics study

The same procedures as those applied in the investigations of the kinetics of oxidation Fenton reaction were used in this study. The aqueous samples were taken from the solution periodically, and the concentration of the residual dye was measured by the 6105 UV-vis spectrophotometer at wavelength of 440nm. The ratio of  $[Fe^{2+}]:[H_2O_2]$  is very important in Fenton oxidation since it is well



known that it has a significant effect on the reaction rate. The temperature was kept constant throughout the experiment and the obtained data under the optimum conditions were tested for the appropriate reaction order as follows (Eqs. (13)–(15)):

Zero-order reaction kinetics:

$$-\frac{dC_i}{dt} = k_0 C_{c0} = k_{0,0} \rightarrow C_0 - C_{ti} = k_{0,0}t \rightarrow C_{ti} = C_0 - k_{0,0}t \quad (13)$$

First-order reaction kinetics:

$$-\frac{dC_i}{dt} = k_1 C_{c0} C_i = k_{1,1} C_i \rightarrow -\ln \frac{C_{ti}}{C_0} = k_{1,1}t \rightarrow C_{ti} = C_0 e^{-k_{1,1}t} \quad (14)$$

Second-order reaction kinetics:

$$-\frac{dC_i}{dt} = k_2 C_{c0} C_i^2 = k_{2,2} C_i^2 \rightarrow \frac{1}{C_{ti}} - \frac{1}{C_0} = k_{2,2}t \rightarrow \frac{1}{C_{ti}} = \frac{1}{C_0} + k_{2,2}t \quad (15)$$

Here,  $C_0$  (mg / l) is the initial concentration;  $C_{ti}$  (mg <1), the concentration of AB 349 at any time;  $k_0$ ,  $k_1$  and  $k_2$  represent apparent kinetic velocity constants of zero, first and second order kinetics, respectively;  $k_{0,0}$ ,  $k_{1,1}$  and  $k_{2,2}$  represent the modified ratio constants formed by multiplying the initial constant catalyst concentration ( $C_{c0}$ ; mg l<sup>-1</sup>) by rate constants; and  $t$  is the reaction time . In this study, it can be concluded that coloring with Fenton oxidation is second order reaction kinetics. The apparent kinetic velocity constant of the dye removal was found to be 0.3396 lmg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup> at optimal conditions of  $k_{2,2}$ , [AB 349] = 0.12 mM, [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = 1.0mM, [Fe<sup>+2</sup>] = 0.1 mM. pH 2.0 and T = 30 ° C.

#### 4. Results

In this study, an aqueous solution containing AB 349 azo group dye was prepared and the efficiency of dye removal was investigated by Fenton oxidation process. The effects of various parameters such as initiator H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration, catalyst Fe<sup>2+</sup> concentration, solution pH, initial AB 349 concentration, solution temperature and stirring speed on dye removal were investigated and an optimization study was conducted. The results were determined as  $C_f = 0.2$  mM,  $C_p = 1$ mM, temperature 30 °C, pH 2, stirring speed 250 rpm and  $C_0 = 0.12$  mM and maximum dye removal efficiency was found to be 99.5%. It can also be concluded that the decolorization of AB 349 by Fenton oxidation fits the second-order reaction kinetics and the rate constant value was 0.3396 lmg<sup>-1</sup>min<sup>-1</sup>. The obtained results may provide the theoretical basis and technical support for the possible applications of in the industrial wastewater treatment.

#### 5. References

- [1]Aygün, A., 2012, Tekstil endüstrisi reaktif ve dispers boya banyo atıksularının elektrokoagülasyon prosesi ile arıtımı: yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyon, Doktora Tezi, Selçuk Ü., Fen Bilimleri Ens.
- [2]Gökkuş, Ö., 2006, Dispers boyarmadde içeren tekstil endüstrisi atıksularından renk giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Ü., Fen Bilimleri Ens., 74 s.
- [3]Gönder, B., 2004, Fenton prosesi ve iyon değişimi kombinasyonu ile renkli atıksuların arıtımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4]Martinez, N.S.S, Fernandez, J.F., Segura, X.F. and Ferrer, A.S. 2003. Pre-oxidation of an extremely polluted industrial wastewater by the Fenton's reagent, Journal of Hazardous Materials B101. 315-322.
- [5]Neyens, E. and Baeyens, J. 2003. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. Journal of Hazardous Materials. B98 33-50.
- [6]Samar, M. E., Bouasla, C., and İsmail, F., 2010, Degradation of methyl violet 6B dye by the fenton process, Desalination, 254,35, 41.





## BİR OTOMOTİV FİRMASINDA KAPASİTE ARTIRMAYA YÖNELİK İŞ ETÜDÜ VE SİMÜLASYON ÇALIŞMASI

Tülay Korkusuz Polat<sup>1\*</sup>, Betül Palabıyıkoglu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

korkusuz@sakarya.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Kapasite planlaması, işletmeler için üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Kapasite planlaması, işletmelerin kullanacakları kapasitelerin belirlenmesi için yapılan planlamadır. Kapasite ile ilgili planlama hem üretimi hem de satışı ilgilendirmektedir. Dolayısıyla kapasite planının yanlış olması sadece üretimde değil aynı zamanda da satışta (müşteride) sıkıntılara neden olabilmektedir. Bu nedenle kapasite planlamayı stratejik bir karar olarak değerlendirmek yanlış değildir. İşletmelerde üretim esnasında oluşabilecek aşırı stokları veya beklemleri önlemek için üretim planının dengeli bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Aşırı stoklar ve beklemler kapasite sorunlarına yol açacaktır ve sorunun çözülmemesi sonraki proseslere aktarılması verimliliğin düşmesine de yol açacaktır. Bu çalışmada Sakarya İli'nde faaliyet gösteren bir otomotiv firmasına ait boyahane fabrikasında yaşanan kapasite artırımını ihtiyacı karşılamak için yapılan iş etüdü ve simülasyon çalışması anlatılmaktadır. Öncelikle iş etüdü çalışması yapılarak kapasite artırımının nerelerde yapılması gerektiği belirlenmiş, daha sonra simülasyon ile uygulanabilirlik kontrolü yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kapasite Planlama, İş Etüdü, Simülasyon, Otomotiv

### 1. Giriş

Kapasite planlaması işletmeler için oldukça önemli bir konudur. İşletmeler üretebilecekleri miktarları belirleyebilmek için kapasite planlaması yaparlar. Dolayısıyla kapasite planlaması üretimi olduğu kadar, satışı ve dolayısıyla karı etkileyen bir planlamadır. Bu nedenle işletmeler sahip oldukları kapasiteyi etkili olarak kullanmak zorundadırlar.

Kapasite planlaması, sadece yeni kurulacak işletmelerin değil, aynı zamanda da hâlihazırda kurulu olan bir işletmenin genişletilmesi gerekip gerekmediği, gerekiyorsa hangi oranlarda genişletilmesi gerektiği ile ilgili soruların cevabı için de kapasite planlaması yapılması gerekmektedir.

Sadece üretim sektörlerinde değil aynı zamanda da pek çok diğer sektörde de kapasite planlama yapılmaktadır. Li ve arkadaşları (2016), uzun süreli bakım ihtiyacı olan hastaların bakım hizmeti aldıkları bakım evleri ve toplum temelli hizmetler vb için sağlık politikaları belirleyen bir kamu kuruluşu için kapasite planlama çalışmışlardır. Zhong (2018), hasta bakım verimliliğini iyileştirmek ve hasta erişimini kolaylaştırmak için e-ziyaretleri kolaylaştırmak üzere randevu kapasite planlama çalışması yapmışlardır. Sağlık alanında kapasite planlama yapan bir diğer çalışma da Liu ve arkadaşları (2018) tarafından yapılmıştır. Liu ve Arkadaşları (2018) hem kısa vadeli hem de uzun vadeli kemoterapi hastalarının tedaviye zamanında erişebilmelerini sağlamak için kapasite planlama uygulamışlardır. Aghapour ve diğerleri (2019), Tahran'da yaşanabilecek olası bir doğal afet durumunda hastane ve sağlık tesislerinin etkin bir şekilde yeniden yapılandırılabilmesi için optimizasyon temelli kapasite planlaması çalışması yapmışlardır.

Kapasite planlama farklı sektörlerde de kullanılmaktadır. Örneğin Ghoneim ve arkadaşları (2017), Katar'da yapılacak FIFA 2022'yi izlemek için gelecek yabancı izleyiciler için lojman altyapısının hazırlanıp olmadığını değerlendirmek için tamsayı programlama modelini kullandıkları bir kapasite planlama çalışması yapmışlardır.

Chen ve arkadaşları (2015) da, entegre devrelerin son testlerinin yapıldığı bir tesiste makine ve kitlerin kapasitesini belirlemek için bir uygulama yapmışlardır. Lojistik alanında da kapasite planlama oldukça sık yapılmaktadır. Kim ve Lee (2015), ters lojistikte toplama sistemleri için araç güzergâhlarını da dikkate alarak ağ tasarımı ve kapasite planlama yapmışlardır. Li ve arkadaşları (2017) konteyner terminali konusunda çalışmışlardır. Büyük ölçekli konteyner terminallerinin kapasite planlamasını optimize etmek için karar verme süreci tasarladıkları çalışmalarında çeşitli simülasyon denemeleri ile farklı kapasiteler için sonuçları karşılaştırmışlardır. Jodlbauer ve Strasser (2019), tüketime dayalı kalemleri de içeren planlı siparişler için üretim yapan bir işletme için kapasite planlama çalışması yapmışlardır, önerdikleri çerçeve üç adımdan oluşmaktadır: taslak iş listesi oluşturma, kapasiteye dayalı planlama ve satınalam siparişi oluşturma. Wang ve arkadaşları (2019), Pekin'deki bir parkın entegre enerji sisteminde kapasite planlaması çalışması yapmışlardır. Park entegre enerji sistemin farklı mevsimlerdeki günlük yük karakteristik eğrilerine dayanarak, sistemin ekonomik çalışabilmesi için simülasyon çalışmışlar ve entegre enerjinin optimum kapasite tahsis modelini kurmuşlardır. Hamzeh ve diğerleri (2019) farklı bir şekilde kapasite planlamaya değil de kapasite planlamanın performansının bütünsel bir şekilde anlaşılmasına odaklandıkları bir çalışma yapmışlardır. Performansı gösteren metrikleri belirledikten sonra, bu metrikleri ABD de iyi yönetilen iki projeyi değerlendirmek için kullanmışlar ve sonuçta, kapasite stratejilerinin yetersiz olmasının proje performansını olumsuz yönde etkilediğini, yanlış stratejiler dolayısıyla boşa harcanabilen kaynaklardan dolayı iş yükü ve kapasite arasında bir uyumsuzluk oluşabileceğini belirtmektedirler.



Bu çalışmada, Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye Firmasında önemli bir proseste yaşanan kapasite eksikliğini gidermek amaçlanmaktadır. Oluşturulacak olan yeni düzenin simülasyonu yapılarak verimlilik hesaplanıp, yeni sistemin uygulanabilirliği test edilmiştir. Öncelikle sistemin günlük stok hareketlerine bakılarak kapasite eksikliği belirlenmiştir. Daha sonra ilgili prosesin ve onu etkileyen proseslerin Temel Proses Şeması ve İş Akışı Şemaları çizilmiştir. Son olarak projenin simülasyonu yapılarak yeni sistemin verimliliği analiz edilmiştir.

## 2. Yöntem

Kapasite; bir üretim/hizmet oranı veya belli bir süre içindeki maksimum üretim/hizmet miktarı olarak tanımlanabilir. Kapasite problemlerinin pek çoğunda belirsizlik sözkonusudur. Talep, işlem veya tamir-bakım sürelerindeki değişimler, arızalar, müşterilerin hizmet birimine varışları vb olaylarda belirsizlik normal sayılır. Eğer belirsizlik bilinen bir olasılık dağılımı ile temsil edilemiyorsa, çözüm için simülasyona başvurulur (Kobu, 2014).

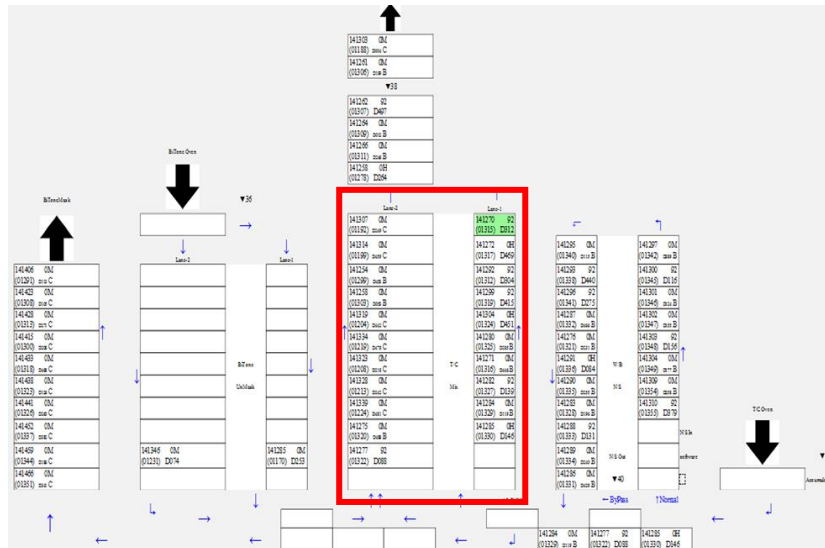
Proseslerin iyileştirilmesi, verimliliğin yükseltilmesi, üretim-hizmet maliyetlerinde iyileştirmelerin sağlanması, çevrim süresinin belirlenmesi gibi konularda firmalar yeni ve büyük yatırımlara geçmeden önce, planlanan sistemin simülasyon ile modelinin kurulması sayesinde mevcut kaynakların analizi daha kolay sağlanabilmektedir. Sistemin simülasyon ile modellenmesi sayesinde elde edilen performans ölçme metriklerine göre sonuçlar değerlendirilebilir. Sonuçlara göre yeni yatırıma veya yeni plana geçiş geçmeme kararı verilebilir (Koruca, 2010).

İş Etüdü; Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization-ILO) tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır: bir iş yapılması için gereken insan ve malzeme kaynaklarının optimum şekilde kullanılmasını sağlamak için iş ölçüm tekniklerinin kullanılması. Süreçlerin iyileştirilmesi, ekonomik açıdan daha uygun çalışma düzeninin kurulması için firmada bulunan her iş istasyonundaki iş akışlarının daha uygun hale getirilmesi gerekebilir. Bunun için de iş analistleri iş etüdü tekniklerinden yararlanmaktadır (Yaman ve diğ. (2008)).

## 3. Uygulama

Bu çalışma, Toyota Otomotiv Sanayi Türkiye'nin Boyahane Fabrikasında yapılmıştır. Toyota ürettiği araçları Tam Zamanında Üretim Felsefesine göre üretmektedir. Dolayısı ile minimum duruş, minimum stok amaçlanmaktadır. Araç üretiminin her aşamasında fazla stokları önlemek amacı ile üretim planının dengeli bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Üretilen her aracın kendine ait bir sıra numarası vardır ve sıra numarasına bağlı olarak üretim sırasına girmektedir. Bu düzenin bozulması halinde bir sonraki proseste aşırı stoklar veya stok yetmeme oluşabilecek ve kapasite sorunları ortaya çıkabilecektir. Sorunun sonraki proseslere aktarılmadan çözülmesi gerekir aksi takdirde kapasite sıkıntısından oluşan verimlilik düşmesi meydana gelebilmektedir. Bu yüzden araç sırası doğruluğu oldukça önemlidir.

Toyota'nın 2016 yılında pazara sunduğu CHR modelinin bitone ve monotone olmak üzere boya ile ilgili iki modeli bulunmaktadır. Monotone tek renk araçlar için, bitone ise iki renkli araçlar için kullanılan terimlerdir. Bitone araçlar üretebilmek için boyahane fabrikasına bitone maskeleme, bitone fırın ve bitone maske sökülmesi prosesleri kurulmuştur. Bu proseslerden çıkan araçlar tekrar ana üretim hattına katılırlar. Tüm modellerin ilk buluştuğu ve boya son kontrolden önce araçların toplandığı alan olan proses: "Top Coat Nightstorage" alanıdır ve bu prosesden sonra araç boyahane fabrikasının son kontrol alanına, daha sonra da montaj hattına gönderilmektedir. Yeni modelin üretilmeye başlanması ile birlikte Top Coat Nightstorage'da kapasite arttırımına ihtiyaç duyulmuştur. Kapasite arttırımı yapılacak alan şekil 1 de gösterilmektedir.



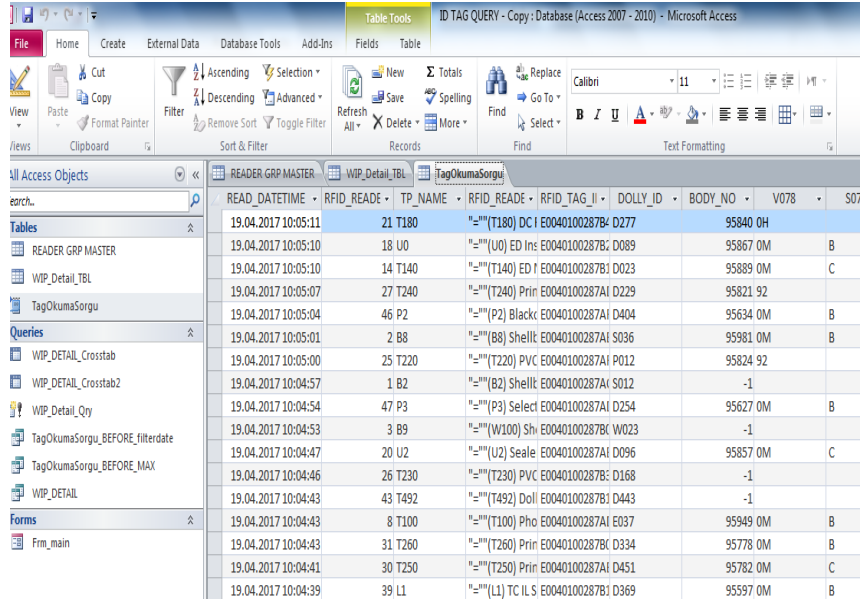
Şekil 1: Boyahane Top Coat Alanı



### 3.1. Kapasite Hesabı/ Aktif Kapasite Kontrolü

Kapasite hesabı Access Veritabanı programında yapılmıştır. Ardından aktif kapasite kontrolü hesabı için Excel kullanılarak veriler grafik üzerinde analiz edilmiştir.

Şekil 2, firmanın intranet ağından alınarak Access'e yüklenen verileri göstermektedir.

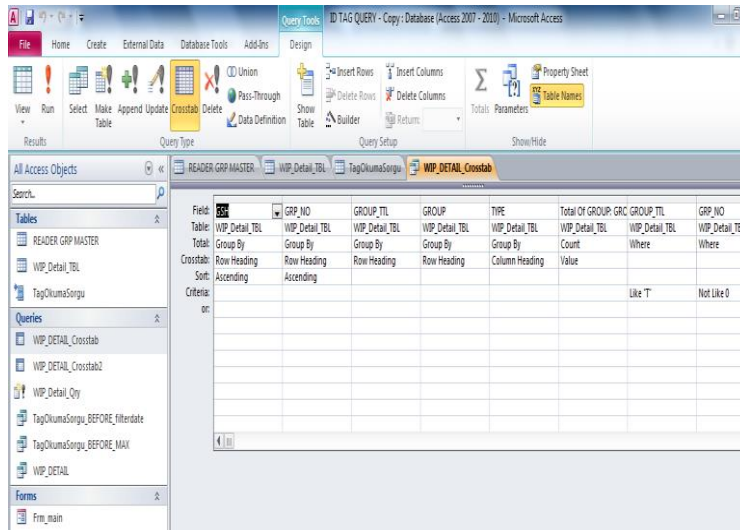


READ_DATETIME	RFID_READE	TP_NAME	RFID_READE	RFID_TAG_ID	DOLLY_ID	BODY_NO	V078	S075
19.04.2017 10:05:11	21	T180	"="(T180) DC I	E00401002878C D277		95840 OH		
19.04.2017 10:05:10	18	U0	"="(U0) ED Ins	E00401002878C D089		95867 OM	B	
19.04.2017 10:05:10	14	T140	"="(T140) ED f	E00401002878C D023		95889 OM	C	
19.04.2017 10:05:07	27	T240	"="(T240) Prin	E00401002878C D229		95821 92		
19.04.2017 10:05:04	46	P2	"="(P2) Blackc	E00401002878C D404		95634 OM	B	
19.04.2017 10:05:01	2	B8	"="(B8) ShellI	E00401002878C S036		95981 OM	B	
19.04.2017 10:05:00	25	T220	"="(T220) PVC	E00401002878C P012		95824 92		
19.04.2017 10:04:57	1	B2	"="(B2) ShellI	E00401002878C S012		-1		
19.04.2017 10:04:54	47	P3	"="(P3) Select	E00401002878C D254		95627 OM	B	
19.04.2017 10:04:53	3	B9	"="(W100) Sh	E00401002878C W023		-1		
19.04.2017 10:04:47	20	U2	"="(U2) Seale	E00401002878C D096		95857 OM	C	
19.04.2017 10:04:46	26	T230	"="(T230) PVC	E00401002878C D168		-1		
19.04.2017 10:04:43	43	T492	"="(T492) Doll	E00401002878C D443		-1		
19.04.2017 10:04:43	8	T100	"="(T100) Pho	E00401002878C E037		95949 OM	B	
19.04.2017 10:04:43	31	T260	"="(T260) Prin	E00401002878C D334		95778 OM	B	
19.04.2017 10:04:41	30	T250	"="(T250) Prin	E00401002878C D451		95782 OM	C	
19.04.2017 10:04:39	39	L1	"="(L1) TC IL S	E00401002878C D369		95597 OM	B	

Şekil 2: Access veri girişi

Şekil 2 de gösterilen veri girişindeki sütunları açıklaması: Read DateTime: Aracın prosese geldiği an; RFID\_Reader-1: Proses okuyucu numarası; TP\_Name: Proses okuyucu adı; RFID\_Reader-2: Proses adı; RFID\_Tag: RFID kodu; Dolly\_ID: Taşıdığı numara; Body\_NO: Araç numarası; V078: Model Kodu; S075: Bitone/ monotone şeklindedir.

Şekil 3'de anlık stok miktarını görebilmek için hazırlanan grup başlıkları ve tanımları verilmektedir.

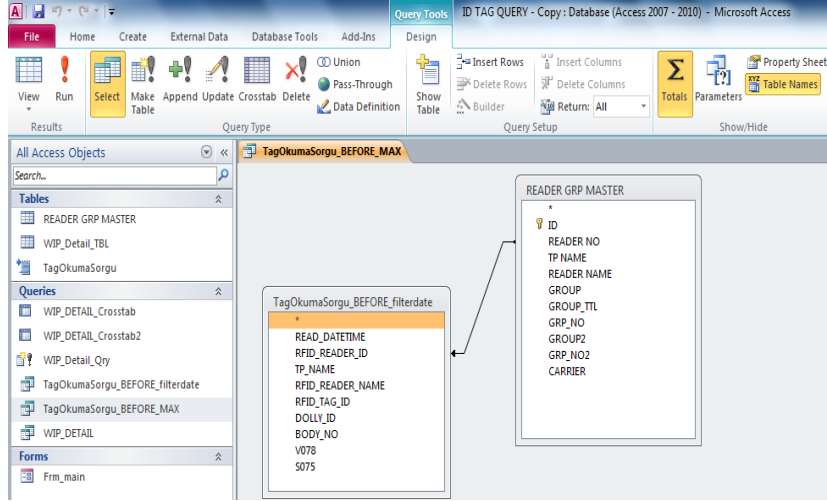


Field	GRP_MO	GROUP_TTL	GROUP	TYPE	Total Of GROUP	GRC	GROUP_TTL	GRP_MO
Table:	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL	WIP_DETAL_TBL
Total:	Group By	Group By	Group By	Group By	Count	Where	Where	
Crosstab:	Row Heading	Row Heading	Row Heading	Column Heading	Value			
Sort:	Ascending	Ascending	Row Heading	Row Heading	Column Heading			
Criteria:						Like T		Not Like 0

Şekil 3: Access anlık stok detayları

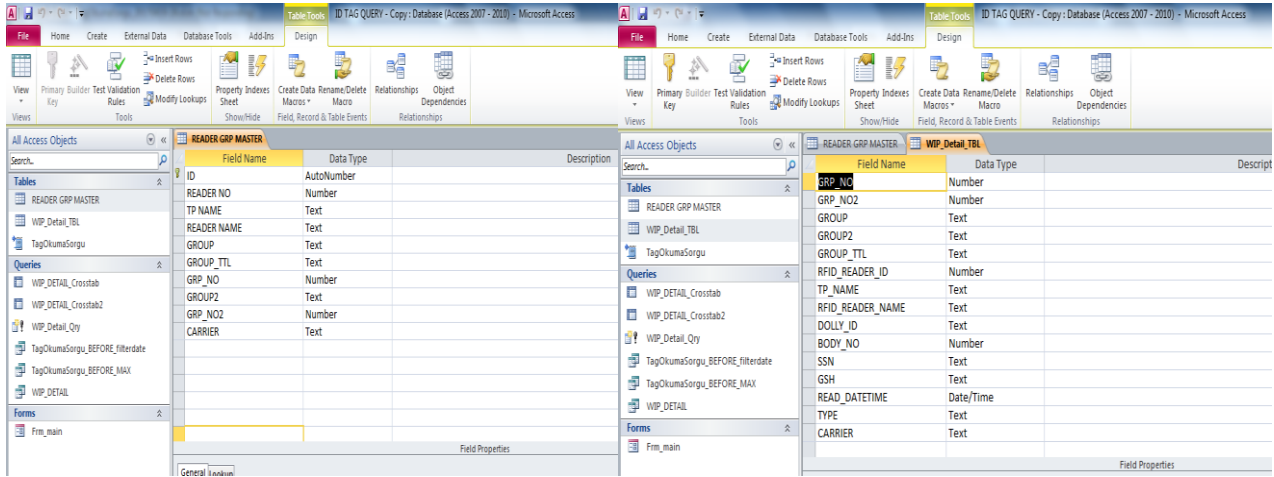
Şekil 3'de verilen anlık stok detayları ile intranet ağından çekilen verilerin ilişkilendirilmesi şekil 4'de gösterilmektedir.





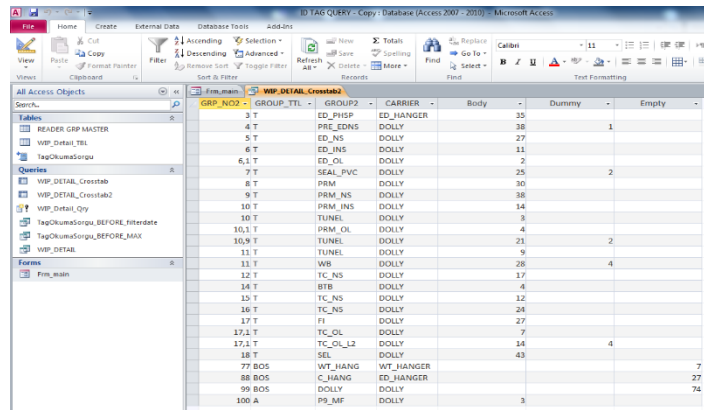
Şekil 4: Anlık stok detayları ile intranet verilerinin ilişkilendirilmesi

Oluşturulan veritabanı ilişkisi için değişkenlere atanan veri tipleri şekil 5’deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 5: Değişkenlere atanan veri tipleri

Access’de tasarlanan form ekranına istenilen tarih ve saat girildikten sonra RUN butonuna basılarak veri tabanı çalıştırılır. Ve Anlık kapasite bilgilerine ulaşılır. Bu durum şekil 6’da gösterilmektedir.

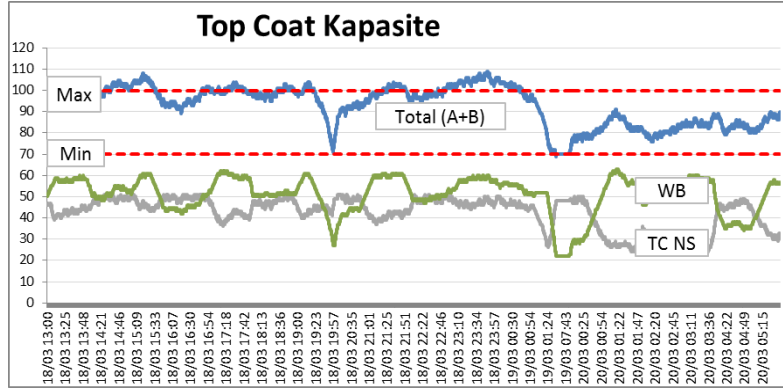


Şekil 6: Anlık kapasite bilgisi

Şekil 6’daki kapasite bilgisi için kullanılan sütunlar: Group2 yani “proses ismi” sütunu ve “Body” sütunudur. Body sütunu prosesdeki anlık kapasiteyi göstermektedir.



Kapasitenin günlük olarak dağılımını belirlemek için Excel programından yararlanılarak kapasite ve verimlilik arasındaki ilişki kurulmuştur (şekil 7)

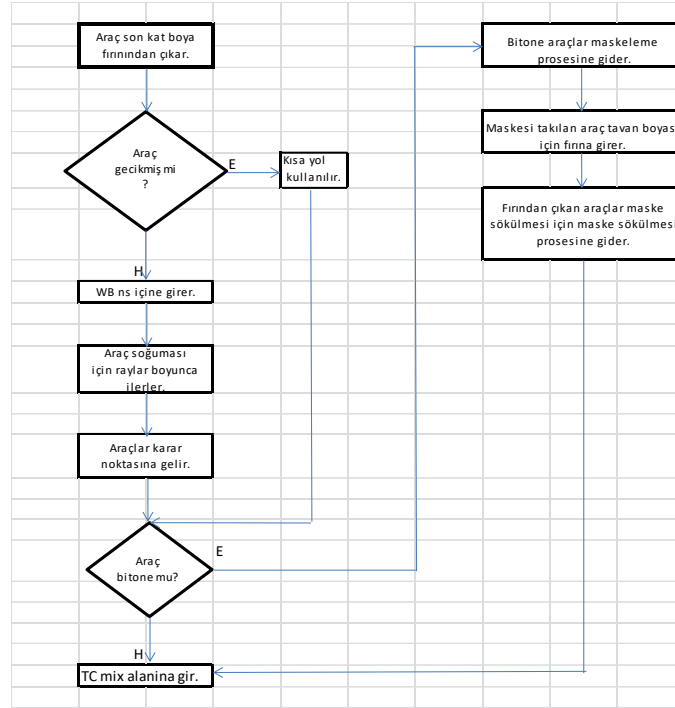


Şekil 7: Anlık kapasitenin günlük olarak dağılımı

Şekil 7'deki çizgi grafiğinde mavi çizgi ile gösterilenler top coat alanındaki kapasite miktarıdır. Gün içerisinde maksimum kapasitenin üzerine çıktığı zamanların çok sık olduğu gözlenmektedir.

### 3.2. İş Etüdü

İş etüdü çalışması yapılırken kullanılacak olan temel proses şeması şekil 8'de gösterilmektedir.



Şekil 8: Temel proses şeması

Şekil 8'de gösterilen proseslerin iş akış şeması tablo 1'de verilmektedir.







3. Liu E. & Ma X. & Saure A. & Weber L. & Puterman M.L. & Tyldesley S. (2018), *Improving Access to chemotherapy through enhanced capacity planning and patient scheduling*, IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering, 9:1, 1-13, DOI 10.1080/24725579.2018.1442376
4. Aghapour A.H. & Yazdani M. & Jolai F. & Mojtahedi M. (2019), *Capacity planning and reconfiguration for disaster-resilient health infrastructure*, Journal of Building Engineering 26, 100853
5. Ghoneim A. & Ali A.I. & Al-Salem M. & Khallouli W. (2017), *Prescriptive analytics for FIFA World Cup lodging capacity planning*, Journal of the Operational Research Society, 68:10, 1183-1194, DOI: 10.1057/s41274-016-0143-x
6. Chen J.C. & Sun C.-J. & Chen T.-L. (2015), *Capacity planning for integrated circuits final test plants*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 28-12, 1262-1274, DOI: 10.1080/0951192X.2014.964324
7. Kim J-S. & Lee D-H. (2015), *An integrated approach for collection network design, capacity planning and vehicle routing in reverse logistics*, Journal of the Operational Research Society, 66:1, 76-85, DOI: 10.1057/jors.2013.168
8. Li H. & Zhou C. & Lee B.K. & Lee L.H. & Chew E.P. & Goh R. S. M. (2017), *Capacity planning for mega container terminals with multi-objective and multi-fidelity simulation optimization*, IISE Transaction, 49:9, 849-862, DOI: 10.1080/24725854.2017.1318229
9. Jodlbauer H & Strasser S. (2019), *Capacity-driven production planning*, Computers in Industry, 113, 103126
10. Wang Y. & Li R. & Dong H. & Ma Y. & Yang J. & Zhang F. & Zhu J. & Li S. (2019), *Capacity planning and optimization of business park-level integrated energy system based on investment constraints*, Energy, Article in press
11. Hamzeh F. & Hattab M.A. & Rizk L. & Samad G.E. & Emdanat S. (2019), *Developing new metrics to evaluate the performance of capacity planning towards sustainable construction*, Journal of Cleaner Production 225, 868-882
12. Kobu B., (2014), *Üretim Yönetimi*, Beta Yayınları, İstanbul, Genişletilmiş-Güncellenmiş 17. Baskı, ISBN: 978-605-333-200-8
13. Koruca H.İ. (2010), *Simülasyon destekli vardiya planlama modülü geliştirilmesi*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 25, No 3, 469-482
14. Yaman R. & Uçmuş E. & Gönen D., (2008), *Traktör emniyet kabini imalatı yapan bir işletmede metot ve zaman etüdü teknikleri ile verimliliğin artırılması*, BAÜ FBE Dergisi, Cilt:10, Sayı:2, 13-32, Aralık



## BİR TRAKTÖR FİRMASINDA SÜREÇ İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Tülay Korkusuz Polat<sup>1</sup>, Büşra Güngör<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

korkusuz@sakarya.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Sakarya İli'nde faaliyet gösteren bir traktör fabrikasında lastik alt grupta yapılan gözlemler neticesinde mevcut olan üretim hattında standart bir iş akışının olmadığı gözlemlenmiştir. Bu grubun işlerinde çalışan işçiler, yapılması gereken işleri sabit bir iş akışına göre değil de kendi belirledikleri düzene göre yapmaktadırlar. Hatta bu sıralama her işçi bazında ve de vardiya değişikliklerinde de farklılaşabilmektedir. İç hat ve dış hat olarak iki ayrı alanda gerçekleştirilen üretimde fazla sayıda boş kapasite olması nedeni ile işçilerde yeterli verimlilikte çalışmamaktadırlar. Üretimden kaynaklanan bu esneklikten dolayı işçilerin boş kalma sürelerinin de çok fazla olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada bu problemlerin çözümü için öncelikle zaman etüdü çalışması yapılarak işlerin hangisinin gereksiz olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonrasında da lastik alt gruptaki işler için operasyon standartlaştırma ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Promodel programında da uygulanabilirlik ile ilgili bir çalışma yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Metot Etüdü, Operasyon Standartlaştırma, Zaman Analizi, Verimlilik

### 1. Giriş

Rekabeti zorlaştıran küreselleşme ile birlikte daha hızlı üretmek ve ürünleri daha hızlı sunmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu nedenle, üretimde standardizasyon oluşturabilme yeteneği, hızlı üretim için oldukça önemli bir etkidir. Standardizasyon üretim yapılan her sektörde kullanılabilirdiği gibi hizmet sektörlerinde de kullanılmaktadır. Standardizasyonu sağlayabilmek bu yüzden hem üreticiye hem de tüketiciye fayda sağlayabilir.

Standardizasyon hizmetin ve/veya üretimin bir plan takip edilerek belli bir sırada yapılmasını sağlamaktadır. Standardizasyonun sağlanması ile birlikte verimlilik ve kapasite kayıpları azaltılabilecek, gereksiz bekleme/yığılmalar ortadan kalkabilecektir.

Standardizasyon ve akabinde gelen iyileştirmelerle ilgili olarak farklı sektörlerde farklı amaçlarla yapılmış pek çok çalışma bulmak mümkündür. Sagot ve arkadaşları (2011), ITER (füzyon enerjisinin gelişiminde bir adım) fabrika sistemlerinin güvenilirlik, kullanılabilirlik, bakım kolaylığı ve denetlenebilirlik analizi konusunu çalıştıkları uygulamalarında; bileşenlerin çeşitliliğini azaltmak, yedek parça stoğunu düşük tutabilmek ve arıza tamir süresini azaltmak için standardizasyon çalışması yapmışlardır. Yıldırım ve arkadaşları (2013), mobilya sektöründe faaliyet gösteren 51 firma üzerinde, standartlaşmanın Pazar payına olan etkilerini araştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Mobilya sektöründe yapılan bir diğer çalışma da Kurtoğlu (1988) tarafından yapılmıştır. Kurtoğlu (1988) çalışmasında, mobilya sektöründe yapılacak standardizasyon çalışmalarının ürün kalitesine olan etkisini araştırmıştır.

Weyers ve Louw (2017) hizmet sektöründe standartlaşmanın derecesinin tanımlanmasına yönelik bir çalışma yaparak standardizasyon seviyesini değerlendirmek için kullanılabilir boyutları belirlemeye çalışmışlardır. Sundbo (2010) ise, hizmet firmalarının özelleştirme ve standardizasyon arasında sıkıştığını vurgulayarak, hizmet sektörü için modülasyona dayalı yeni bir teori sunmaktadır ve bu üç teoriden hangisinin daha mantıklı olduğunu Danimarka'da iki anket yaparak ölçmüştür. Ellingsen ve arkadaşları (2007), bir başka hizmet sektörü olan sağlık sektöründe uygulama yaparak hemşirelik hizmet işindeki standardizasyon konusunu el almışlardır ve hemşirelikte standardizasyonun sağlanması ile sağlık hizmetlerinde etkinliğin ve kalitenin artabileceğini savunmaktadırlar. Sağlık sektöründe standardizasyon konusu ile ilgilenen bir diğer çalışma da Price ve Lu (2013) tarafından yapılmıştır. Price ve Lu (2013) çalışmalarında, hasta verimliliğini artırma, hasta bakımını ve güvenliğini iyileştirme vb için sağlık tesisi tasarımında standardizasyonun öneminden bahsetmektedirler. Ataş ve arkadaşları (2013), Aile Hekimlerinin ve Aile Hekimliği hizmetinden yararlananların memnuniyetini arttırmak için standartlaşmayı önerdikleri bir çalışma yapmışlardır.

Marka imajında, verimlilik ve tutarlılık sağlamak için standardizasyon ve kontrol anlamında kullanılan bir kelime olan “franchising” pek çok akademik çalışmaya konu olmuştur. Kellner (2017) Avustralya kahve franchise'ları standardizasyon anlamında incelediği bir uygulama yapmıştır. Pardo-Del-Val ve arkadaşları (2014), franchise'ın standardizasyon ve esneklik arasındaki dengeyi nasıl sağlayacağı konusunu tartıştıkları çalışmalarında, bu ikilemin nasıl çözüldüğünü görmek için bilgisayar perakende sektörüne odaklanmışlardır.

Hasgül (2009), beyaz et üretimi yapan bir firmanın ekipman ve tezgah verimliliğinin artırılması için yaptığı çalışmada, tezgahlarda meydana gelen arızaların duruşlara neden olmasından dolayı üretimi ve verimliliği düşürdüğünü belirtmektedir. Çalışmada bu duruşlarla ilgili olarak yaptığı analizleri anlatmaktadır.

Türk Traktör Firmasına ait Sakarya Fabrikası'nda üretim farklı alt gruplar şeklinde kümelenmektedir. Lastik alt gruba ait çalışma alanında yapılan üretimin standart bir akışının olmaması nedeniyle işgücünün ve diğer kaynakların verimsiz kullanılmakta olduğu, kapasite kullanımında verimsizlikler olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada boş kapasiteleri azaltmak, kapasite verimliliğini arttırmak için bir uygulama yapılmaktadır. Alt grupta çalışması gereken işçi sayısı belirlenmiş ve iki ayrı hat olarak



çalışan alt grubun tek bir hatta birleştirilmesine karar verilmiştir. Önerilen yeni sistemin simülasyon modeli, promodel programı ile oluşturulmuştur. Simülasyon modeli üzerinden işçi sayıları, işçilerin çalışma zamanları, yeni sistemin düzgün olarak çalışıp çalışmadığı gözlenmiştir.

## 2. Yöntem

Kapasite; kuruluşların belli bir zaman içinde üretim ve/veya hizmet ile ilgili bileşenlerini mantıklı bir şekilde kullanarak oluşturdukları üretim ve/veya hizmet miktarıdır (Mordoğan ve Üstüntaş, 2017). Kapasite hesabının doğru şekilde yapılması, üretim/hizmet planlarının hazırlanmasında oldukça önemlidir. Hazırlanan planların düzgün işlemesi ve istenilen hassasiyete sahip olması açısından, kapasite hesaplarının doğru yapılması ve iyi dayanaklara oturtulması gerekmektedir. Kapasite hesabının yanlış yapılması; üretimde durmalara, stokların/operasyonların yığılmasına vb. neden olarak verimliliği de etkilemektedir (Yamak, 2001).

İş ölçümü, kalifiye bir personelin belirli bir işi, tanımlanmış bir performans düzeyinde yapması için gereken zamanın bulunması amacı ile tasarlanmış tekniklerin uygulanmasıdır. Tekniklerle belirlenen standart zaman, gelecekte ortaya çıkabilecek etkin olmayan çalışma sürelerinin belirlenmesini de sağlayacaktır. İş ölçümü teknikleri: zaman etüdü, iş örnekleme, önceden saptanmış zaman standartları, standart verilerin sentezi şeklinde sıralanabilir (Top ve Yılmaz, 2009).

Üretime doğrudan katkısı bulunmayan gereksiz işlemleri oluşturan nedenlerin önemli bir kısmını ortadan kaldırabilmek bazı teknikler ile mümkün olabilir: mamul geliştirme ve değer analizleri, standardizasyon ve uzmanlaştırma, Pazar/tüketici/mamul araştırmaları, malzeme ve stok kontrolü, proses planlama ve programlama, metot geliştirme, iş ölçülmesi ve standart zamanların belirlenmesi (Kobu, 2014).

Metot etüdü yapılırken, tüm sistemin analiz edilmediği gereklidir. Sistemi oluşturan faaliyetler içerisindeki tüm işlemler incelenir ve işlemlerin birbiri ile uyumlu olması sağlanır. Oluşabilecek gecikmeler, yapılmaması gereken işlemler belirlenir. Taşımaların azaltılması için çalışılır (Yamak, 2001).

Proseslerin iyileştirilmesi, verimliliğin yükseltilmesi, üretim-hizmet maliyetlerinde iyileştirmelerin sağlanması, çevrim süresinin belirlenmesi gibi konularda firmalar yeni ve büyük yatırımlara geçmeden önce, planlanan sistemin simülasyon ile modelinin kurulması sayesinde mevcut kaynakların analizi daha kolay sağlanabilmektedir. Sistemin simülasyon ile modellenmesi sayesinde elde edilen performans ölçme metriklerine göre sonuçlar değerlendirilebilir. Sonuçlara göre yeni yatırıma veya yeni plana geçiş geçmemeye kararı verilebilir (Koruca, 2010).

## 3. Uygulama

Türk Traktör Firmasına ait Sakarya Fabrikası'nın lastik alt grup üretiminde yaşanan operasyonlarda standart akışın olmaması problemi üretimde boş kapasitelerin çok fazla olmasına ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Bu uygulamada bu probleme çözüm aranmaktadır.

### 3.1. Operasyon Standartlaştırılmasının Yapılması

Lastik alt grubuna ait çalışma alanında üretim, iç hat ve dış hat olarak tanımlanan iki ayrı hatta gerçekleştirilmektedir. Hatlardaki operasyonlar incelendiğinde, operasyonların sabit bir sıralamasının olmadığı belirlenmiştir. Model bazlı incelemeler yapıldıktan sonra tüm modelleri kapsayacak şekilde "standart operasyon sıralaması" oluşturulmuştur. Hazırlanan standart operasyon sıralaması tablo 1 de gösterilmektedir.

Tablo 1: Standartlaştırılmış Operasyon Sıralaması

İŞLEM ADIMLARI	RESTYLING	UTILITY	56	STRADDLE	HC
Palete yürü	X	X		X	X
Zinciri aç	X	X		X	X
Sağ arka tekerleği yuvarlayarak operasyon alanına getir bariyere daya	X	X		X	X
Palete yürü	X	X		X	X
Sol arka tekerleği yuvarlayarak operasyon alanına getir bariyere daya	X	X		X	X
Palete yürü İş Emrini al ve gel	X	X		X	X
	X	X		X	X
	X	X		X	X
Ağırlik civatası ve somununu al sağ tekere yürü	X	X		X	X
Civataları yerleştir tabancayla monte et	X	X		X	X
3 adet arka ağırlik civatası, somununu al sol tekere yürü	X	X		X	X
Civataları yerleştir tabancayla monte et	X	X		X	X
Tabancayı geri yerine lokmayı çıkararak koy	X	X		X	X
1. ağırlik için cersakal ile palete yürü, ağırliğı al ve gel	X	X		X	X
Civataları sık	X	X		X	X
Tork anahtarını yerinden al	X	X		X	X
Civataları torkla	X	X		X	X
Tork anahtarını geri yerine koy	X	X		X	X



Tablo 1’de, daha önceleri standart olmadığı için işçiden işçiye değiştirilebilen sıralarda yapılan iş akışı engellenerek, model bazlı yapılarak elde edilen standart operasyon sıralaması gösterilmektedir.

### 3.2. Zaman Analizi Çalışması

Yeni hazırlanan standart operasyon akışına göre zaman analizi yapılarak, bir traktörün üretilmesi için kaç dakika gerektiği ve işlemlerin hangilerinin gerekli hangilerinin gereksiz olduğu tespit edilmiştir. Yapılan zaman etüdü çalışması tablo 2 de gösterilmektedir.

**Tablo 2: Zaman etüdü çalışmasının analizi**

İŞLEM ADIMLARI	TZ SÜRE	YP YÜZDE	TZ	KP	YP	ÇZ	VAA - Dönüştürme/Transform	VAA - Montaj/Assemble	VAA - Çıkarma/Disassemble	SVAA - Alma-Kaynak/Sourcing	SVAA - Yükleme-Boşaltma/Loading	NVAA - Bekleme/Waiting	NVAA - Vürüme(malzeme)Waste	NVAA - Vücut Hareketi/Body	NVAA - Kaldırma/Handling	NVAA - Paketleme/Packaging	NVAA - Diğer/Other	NVAA - Kalite Kontrolü/Quality	
Palette yürü	9	5	0,09	0,0036	0,005	0,0981													
Düdükleme	9	5	0,09	0,0036	0,005	0,0981													
tekerleği yuvarlayarak operasyon alanına getirme	28	8	0,28	0,0112	0,022	0,3136							0,3136						
Palette yürü	9	5	0,09	0,0036	0,005	0,0981							0,0981						
Sol arka tekerleği yuvarlayarak operasyon alanına getirme	28	8	0,28	0,0112	0,022	0,3136							0,3136						
Palette yürü İş Emniyetli ve gel	18	5	0,18	0,0072	0,009	0,1962							0,1962						
			1,0100	0,0404	0,0673	1,1177	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0196	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0981	0,0000
							0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	100%	0%

Tablo 2’de, standartlaştırılan operasyonlara yapılan zaman analizi sonuçları gösterilmektedir. Buna göre SVAA, NVAA, VAA zamanlar tespit edilmiştir.

### 3.3. Metot Etüdü Çalışması

Lastik alt grubunda yapılan çalışmalar doğrultusunda, iç hat ve dış hat olmak üzere iki ayrı hatta gerçekleştirilen üretim için müşteri siparişlerine göre aylık üretim belirlenmiş ve toplam üretime olan oranı hesaplanmıştır. Zaman analizinden elde edilen verilere göre, üretilen her modeldeki bir adet ürün için gerekli üretim zamanı ve toplam sipariş için gereken üretim miktarları hesaplanmıştır. Oranlarla günlük üretim adeti çarpılarak günlük üretimin kaçının hangi modelden olduğu belirlenmiştir. Tablo 3’de bu hesaplamalar hem dış hem de iç hat için gösterilmektedir.

**Tablo 3: Model bazlı günlük üretim miktarları ve zamanları**

DIŞ HAT					İÇ HAT				
Model	Adet	Oran (%)	Zaman	45 üretim için	Model	Adet	Oran (%)	Zaman	40 üretim için
56	461	39,50	15,35	17,7763	Restyling	430	44,56	14,29	17,8238342
Ap/lp	412	35,30	8,7	15,8868	Utility	250	25,91	8,74	10,3626943
Step1/2	273	23,39	15,35	10,5296	Straddle	170	17,62	8,74	7,046632124
Aph	21	1,80	15,35	0,8097	Hc	5	0,52	14,29	0,207253886
Toplam	1167	100		45	New tt	110	11,40	9,1	4,559585492
					<b>Toplam</b>	965	100,00		40

Tablo 3’de aylık siparişlere göre üretim miktarları, toplam üretime oranları ve her model için bir traktörün üretim zamanları gösterilmektedir. Günlük üretimin (dış hat için: 45, iç hat için: 40) kaçının hangi modelden olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3’de hesabı yapılarak gösterilen zaman ve üretim miktarlarına göre hesaplanan boş kapasite ve gerekli işçi sayısı tablo 4’de gösterilmektedir.



**Tablo 4: Boş kapasitenin ve gerekli işçi sayısının belirlenmesi**

DIŞ HAT			İÇ HAT		
Ağırlıklı çevrim süresi		13,00227	Ağırlıklı çevrim süresi		11,28284974
Kapasite	Saat/gün	14,333333	Kapasite	Saat/gün	14,33333333
İş yükü	Saat/gün	9,751703	İş yükü	Saat/gün	7,521899827
Boş kapasite	Saat/gün	4,58163	Boş kapasite	Saat/gün	6,811433506
Boş kapasite oranı (%)		31,96	Boş kapasite oranı (%)		47,52
Çevrim zamanı/operasyon sayısı		6,501135	Çevrim zamanı/operasyon sayısı		5,64142487
Toplam iş yükü		585,1022	Toplam iş yükü		451,3139896
Operatör ihtiyacı		1,3931	Operatör ihtiyacı		1,074557118

Tablo 3 ve tablo 4'den elde edilen verilere göre her modelin günlük üretim miktarı ile üretim için gerekli olan zaman çarpılıp, toplanıp, toplam üretime bölüldüğünde ağırlıklı zaman elde edilmiş olur. Bunun neticesinde boş kapasite ve ihtiyaç duyulan operatör sayısı belirlenmiştir.

Daha sonra iki ayrı hat tek bir hatta birleştirilerek aynı işlemler yapılmış ve sonuçlar tablo 5'de gösterilmiştir.

**Tablo 5: Tek hat model bazlı günlük üretim miktarları ve zamanları**

TEK HAT				
MODEL	SİPARİŞ	ORAN	ADET %	ZAMAN
56	461	21,62%	18,37945591	15,35
AP/LP	412	19,32%	16,42589118	8,7
STEP	273	12,80%	10,88414634	15,35
APH	21	0,98%	0,837242026	15,35
RETYLİNG	430	20,17%	17,1435272	14,29
UTILITY	250	11,73%	9,967166979	8,74
STRADDLE	170	7,97%	6,777673546	8,74
HC	5	0,23%	0,19934334	14,29
NEW TT	110	5,16%	4,385553471	9,1
	2132	100,00%	85	

Tablo 5'de iç hat ve dış hat birleştirilerek aylık siparişlere göre üretim miktarları, toplam üretime oranları ve her model için bir traktörün üretim zamanı hesaplanmıştır. Günlük üretim olan 85 adet üretimin (iç hat:40 ve dış hat: 45 toplamı) kaçının hangi modelden olduğu belirlenmiştir. Tablo 5'de bulunan zaman ve üretim miktarlarında göre hesaplanan boş kapasite ve gerekli işçi sayısı tablo 6'da gösterilmektedir.



**Tablo 6: Tek hat boş kapasitenin ve gerekli işçi sayısının belirlenmesi**

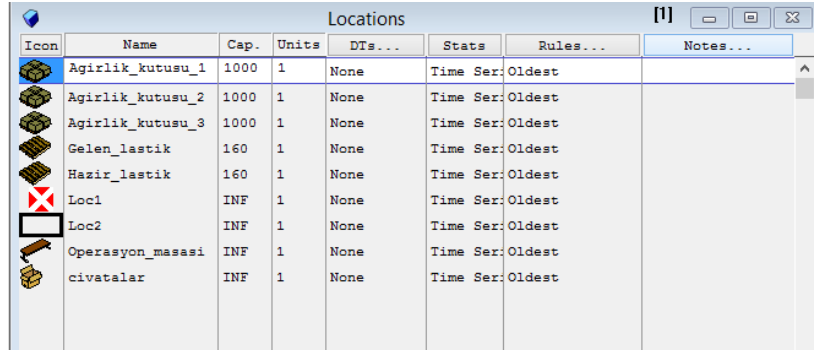
Ağırlıklı çevrim zamanı		12,22401501
Kapasite	saat/gün	14,33333333
İş yükü	saat/gün	9,168011257
Boş kapasite		5,165322076
Boş kapasite oranı		36,04%
Çevrim zamanı/op.sayısı		6,112007505
Toplam iş yükü		1039,041276
İhtiyaç		2,4739078

Tablo 5 ve tablo 6'dan elde edilen verilere göre her modelin günlük üretim miktarı ile üretim için gerekli olan zaman çarpılıp, toplanıp, toplam üretime bölüldüğünde ağırlıklı zaman elde edilmiş olur. Bunun neticesinde tek hat için boş kapasite ve ihtiyaç duyulan operatör sayısı belirlenmiştir.

### 3.4. Simülasyonunun Kurulması

#### 3.4.1. Location'ların Belirlenmesi

Simülasyon modelinin kurulacağı Promodel programında, üretim sisteminde işlem yapılacak olan mekanlar "location" olarak tanımlanmıştır. Belirlenen locationlar ve kapasiteleri şekil 1 de gösterilmektedir.

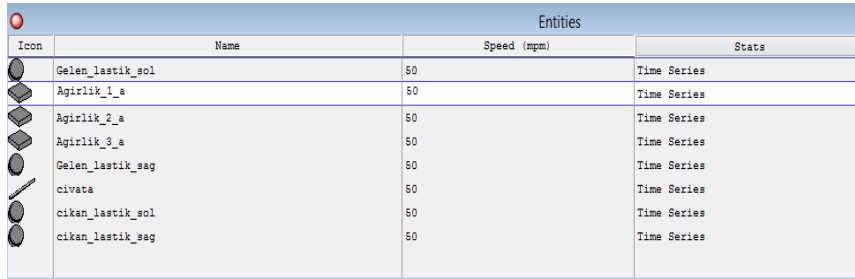


Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats	Rules...	Notes...
	Agirlik_kutusu_1	1000	1	None	Time Ser: Oldest		
	Agirlik_kutusu_2	1000	1	None	Time Ser: Oldest		
	Agirlik_kutusu_3	1000	1	None	Time Ser: Oldest		
	Gelen_lastik	160	1	None	Time Ser: Oldest		
	Hazir_lastik	160	1	None	Time Ser: Oldest		
	Loc1	INF	1	None	Time Ser: Oldest		
	Loc2	INF	1	None	Time Ser: Oldest		
	Operasyon_masasi	INF	1	None	Time Ser: Oldest		
	civatalar	INF	1	None	Time Ser: Oldest		

**Şekil 1: Locationların ve kapasitelerinin belirlenmesi**

#### 3.4.2. Entity'lerin Belirlenmesi

Promodel programında üretim sistemine girip sistemde işlem gören parçalar "entity" olarak tanımlanmıştır. Entity'ler hızlarıyla beraber şekil 2'de gösterilmektedir.



Icon	Name	Speed (mpm)	Stats
	Gelen_lastik_sol	50	Time Series
	Agirlik_1_a	50	Time Series
	Agirlik_2_a	50	Time Series
	Agirlik_3_a	50	Time Series
	Gelen_lastik_sag	50	Time Series
	civata	50	Time Series
	cikan_lastik_sol	50	Time Series
	cikan_lastik_sag	50	Time Series

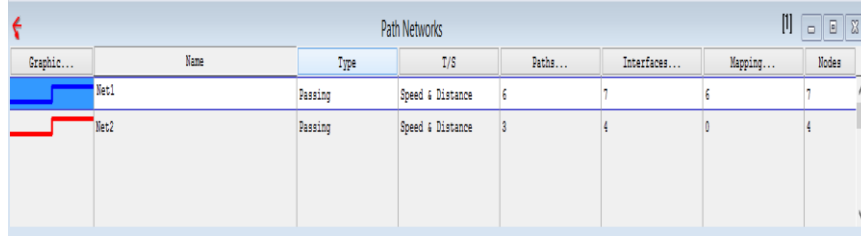
**Şekil 2: Entity'lerin belirlenmesi**

#### 3.4.3. Path Networks'lerin Belirlenmesi

Üretim sistemine giren kaynakların nereden girecekleri ve kullanılacak yollar "path networks" olarak tanımlanmış ve şekil 3'de gösterilmektedir.





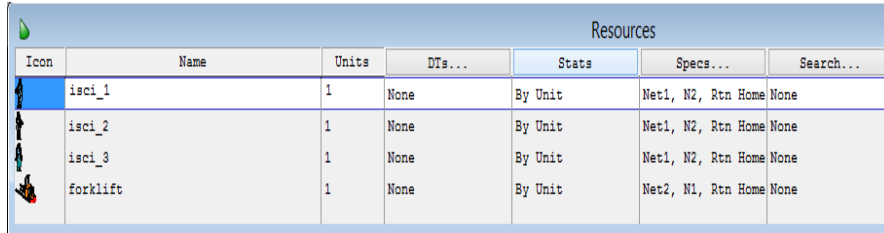


Graphic...	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Net1	Passing	Speed & Distance	6	7	6	7
	Net2	Passing	Speed & Distance	3	4	0	4

Şekil 3: Path networks'lerin belirlenmesi

#### 3.4.4. Resource'lerin Belirlenmesi

Üretim sistemindeki kaynaklar (resources) 3 adet işçi ve 1 adet forklift olarak belirlenmiş ve şekil 4'de gösterilmektedir.

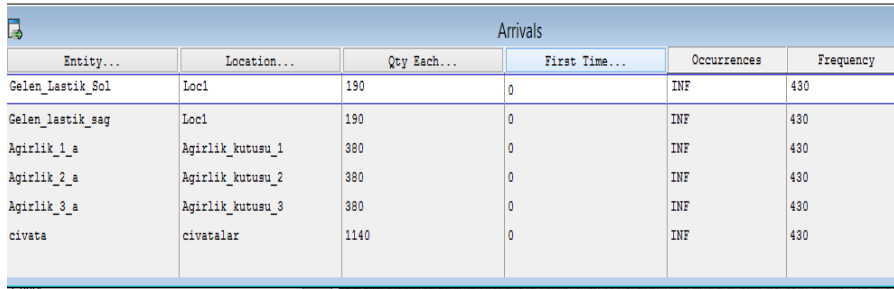


Icon	Name	Units	DTs...	Stats	Specs...	Search...
	isci_1	1	None	By Unit	Net1, N2, Rtn Home	None
	isci_2	1	None	By Unit	Net1, N2, Rtn Home	None
	isci_3	1	None	By Unit	Net1, N2, Rtn Home	None
	forklift	1	None	By Unit	Net2, N1, Rtn Home	None

Şekil 4: Resource'lerin belirlenmesi

#### 3.4.5. Arrivals'ların Belirlenmesi

Üretim sistemindeki Entity'lerin sisteme neren giriş yapacağı, ne kadar gireceği ve giriş sıklıkları "arrivals" olarak tanımlanmaktadır ve şekil 5'de gösterilmektedir.

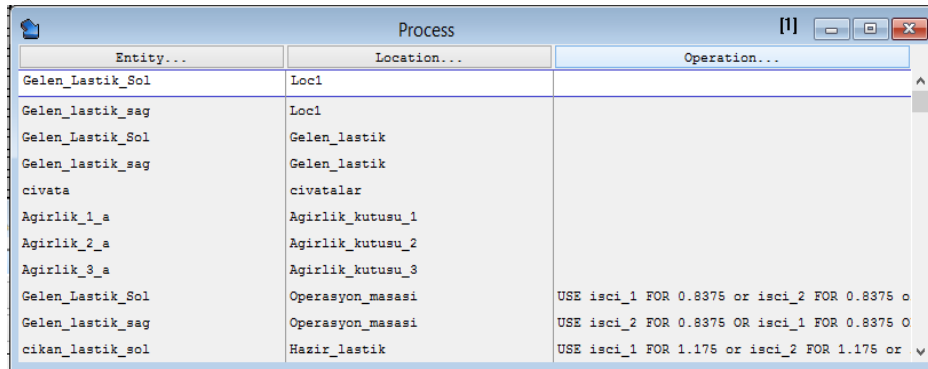


Entity...	Location...	Qty Each...	First Time...	Occurrences	Frequency
Gelen_lastik_sol	Loc1	190	0	INF	430
Gelen_lastik_sag	Loc1	190	0	INF	430
Agirlik_1_a	Agirlik_kutusu_1	380	0	INF	430
Agirlik_2_a	Agirlik_kutusu_2	380	0	INF	430
Agirlik_3_a	Agirlik_kutusu_3	380	0	INF	430
civata	civatalar	1140	0	INF	430

Şekil 5: Arrivals'ların belirlenmesi

#### 3.4.6. Process'lerin Belirlenmesi

Üretim sisteminde yapılan işlemler, işlem süreleri, nereden nereye gittikleri, hangi operasyonların gerçekleştiği verileri "process" olarak tanımlanmaktadır ve şekil 6'da gösterilmektedir.



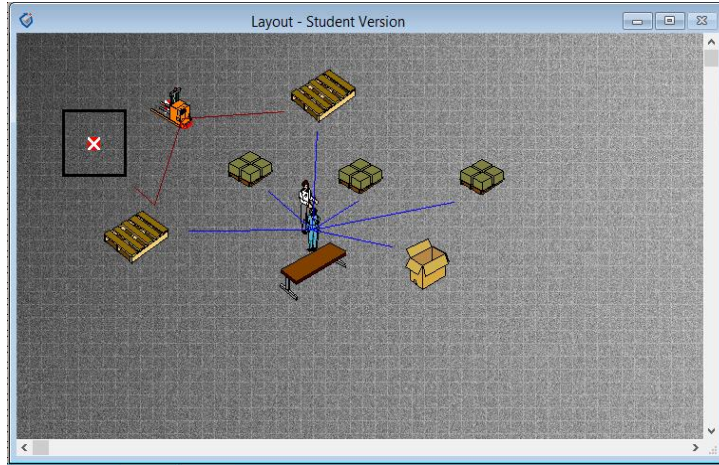
Entity...	Location...	Operation...
Gelen_lastik_sol	Loc1	
Gelen_lastik_sag	Loc1	
Gelen_lastik_sol	Gelen_lastik	
Gelen_lastik_sag	Gelen_lastik	
civata	civatalar	
Agirlik_1_a	Agirlik_kutusu_1	
Agirlik_2_a	Agirlik_kutusu_2	
Agirlik_3_a	Agirlik_kutusu_3	
Gelen_lastik_sol	Operasyon_masasi	USE isci_1 FOR 0.8375 or isci_2 FOR 0.8375 o
Gelen_lastik_sag	Operasyon_masasi	USE isci_2 FOR 0.8375 OR isci_1 FOR 0.8375 O
cikan_lastik_sol	Hazir_lastik	USE isci_1 FOR 1.175 or isci_2 FOR 1.175 or

Şekil 6: Process'lerin belirlenmesi



### 3.4.7. Simülasyon Modelinin Kurulması

Üretim sisteminin simülasyon modeli için gerekli olan location'lar, entity'ler, path network'ler, resource'lar, arrival'lar ve process'ler belirlendikten sonra (detayları önceki adımlarda gösterilmiştir) oluşturulan simülasyon modeli şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7: Simülasyon modeli

Fabrikanın mevcut yapısında çalıştırılan iç hat ve dış hattın tek hatta birleştirilmesiyle elde edilen tek hattın promodel programında simülasyon modeli kurulmuş ve 3 işçi çalıştırıldığında elde edilecek işçi verimlilikleri şekil 8'de gösterilmektedir.

General Report (Normal Run - Rep. 1)									
tek hat (2).MOD (Normal Run - Rep. 1)									
Name	Units	Scheduled Time (HR)	Number Times Used	Avg Time Per Usage (MIN)	Avg Time Travel To Use (MIN)	Avg Time Travel To Park (MIN)	% Blocked In Travel	% Utilization	
isci 1	1,00	7,17	937,00	0,29	0,02	0,02	0,00	66,66	
isci 2	1,00	7,17	900,00	0,30	0,02	0,02	0,00	66,64	
isci 3	1,00	7,17	823,00	0,33	0,02	0,02	0,00	66,47	
forklift	1,00	7,17	761,00	0,02	0,04	0,04	0,00	10,91	

Şekil 8: Resource'ların verimlilikleri

## 4. Sonuçlar

Türk Traktör Firmasına ait Sakarya Fabrikası'nın lastik alt grubunda yapılan gözlemler sonucunda üretimde düzensizliklerin olduğu ve düzensizliklerin nedenin de standart bir iş akışının olmamasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Bunu engellemek için üretilen ürünlerin modelleri bazında incelemeler yapılarak bütün modelleri kapsayan standart bir iş akışı elde edilmiştir. Standart operasyon sıralamasına göre zaman analizi yapılmıştır. Her lastik modeli için bir traktörün üretileceği süre hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar neticesinde boş kapasiteler ve iki ayrı hat için de gereken işçi sayıları belirlenmiştir. Boş kapasitelerin fazla olmasından dolayı mevcut durumda üretim yapılan iki ayrı hat, tek bir hat olarak birleştirilmiş, tüm modeller tek bir hattan üretilmeye başlanarak toplamda 4 işçi çalışırken 3 işçi yeterli hale getirilerek boş kapasite oranı azaltılmıştır. Yapılan bu çalışmalar için promodel programı üzerinde simülasyon modeli kurularak işçi verimlilikleri, kapasite kullanım oranları, boş kapasite oranları gözlenmiştir.

## 5. Kaynaklar

Sagot F. & Houtte D.V. & Okayama K. & Hourtoule J. & Song I., (2011), *Optimizing ITER power supplies operation through RAMI and standardization*, Fusion Science and Technology, 60:1, 134-138, DOI: 10.13182/FST11-A12340

Yıldırım K. & Söğütü C. & Döngel N. & Çakır M., (2013), *Türkiye mobilya Sektöründe Kalite ve Standartlaşmanın Pazarlamaya Etkisi*, Politeknik Dergisi, Cilt: 16, Sayı: 1, sayfa 9-17

Kurtoğlu (1988), *Mobilya Üretiminde Kalite Kontrol ve Standardizasyon Esasları*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, seri: B, cilt: 38, sayı: 2

Weyers M. & Louw L., (2017), *Framework for the classification of service standardisation*, The Service Industries Journal, 37: 7-8, 409-425, DOI: 10.1080/02642069.2017.1329419

Sundbo J., (2010), *The Service Economy: Standardisation or Customisation?*, Service Industries Journal, 22:4, 93-116, DOI: 10.1080/714005099



- Ellingsen G. & Monteiro E. & Munkvold G., (2007), *Standardization of work: Co-constructed Practice*, The Information Society, 23-5, 309-326, DOI: 10.1080/01972240701572723
- Price A.D.F. & Lu J., (2013), *Impact of hospital space standardization on patient health and safety*, Architectural Engineering and Design Management, 9:1, 49-61, DOI: 10.1080/17452007.2012.688522
- Ataş M. & Dikici A. & Tümay A., (2013), *Ahbs İstemci Yazılımı Standardizasyonu Yol Haritası*, Akademik Bilişim Konferansı, 23-25 Ocak, Akdeniz Üniversitesi, Hukuk Fakültesi, Antalya, <https://ab.org.tr/ab13/bildiri/19.pdf>
- Kellner A., (2017), *Human resource management standardisation and adaptation in franchises*, The Service Industries Journal, 37:9-10, 545-566, DOI: 10.1080/02642069.2017.1339794
- Pardo-Del-Val M. & Martinez-Fuentes C. & Lopez-Sanchez J.I. & Minguela-Rata B., (2014), *Franchising: the dilemma between standardisation and flexibility*, The Service Industries Journal, 34:9-10, 828-842, DOI: 10.1080/02642069.2014.905925
- Hasgül Ö., (2009), *Verimliliğin artırılmasına yönelik makine duruş zamanları analizi: Bir gıda işletmesi uygulaması*, 9. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 16-17 Ekim, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
- Mordoğan M.A. & Üstüntaş N., (2017), *Üretim Yönetimi*, Lisans Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978-605-9498-00-5
- Yamak O., (2001), *Üretim Yönetimi*, Sinerji Yayınları, İstanbul, ISBN: 975-95251-0-0
- Kobu B., (2014), *Üretim Yönetimi*, Beta Yayınları, İstanbul, Genişletilmiş-Güncellenmiş 17. Baskı, ISBN: 978-605-333-200-8
- Top A. & Yılmaz E., (2009), *Üretim Yönetimi*, Yaprak Yayın Dağıtım, İstanbul, ISBN: 978-605-60708-2-2
- Koruca H.İ. (2010), *Simülasyon destekli vardiya planlama modülü geliştirilmesi*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 25, No 3, 469-482



## YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK BİNA İÇİ WİFİ SİNYALLERLE KONUM BULMA

Umran Şeker<sup>1\*</sup>, Abdullah Erdal Tümer<sup>23</sup>

<sup>1</sup>Necmetin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

umranseker.21200@gmail.com

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

<sup>3</sup> Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı Programı

aetumer@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

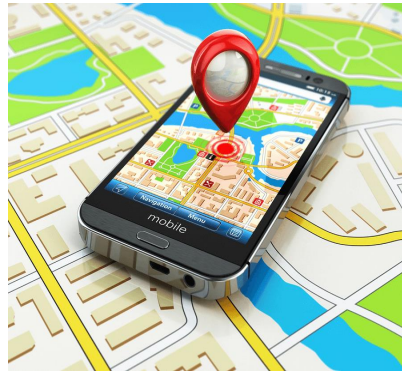
Son zamanlarda kapalı mekânlarda konum bulma işlemi çok önemli bir duruma gelmiştir. Bu işlem ile özellikle, hasta veya kaybolma ihtimali olan bireylerin konumlarının bulunması sağlanabilir. Konum bulmada kullanılan GPS ve Bluetooth gibi bazı teknolojiler sinyal gücü ve menzil mesafesi sebebiyle bu sorunu tam olarak çözememektedir. Kapalı mekânlarda doğru konuma erişim wifi teknolojisi ile sağlanabilir. Bu çalışmada yönlendiricilerden alınan wifi sinyaller, yapay sinir ağları kullanılarak konum belirleme yapılmıştır. Bina içi konum belirlemede yapay sinir ağlarının %98 oranında başarılı olduğu gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Wifi, Wireless Indoor Localization Dataset, Yapay Sinir Ağları*

### 1. Giriş

Konum belirlemeye dayalı yöntemlerin bulunması araştırmacıların yoğun çalıştıkları bir araştırma alanıdır. Akıllı telefonlar sayesinde konumlar sinyaller sayesinde belirlenebilir. Bu işlem için küresel yer sistemi (GPS-Global Positioning System), Bluetooth, Wifi gibi teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilerden yaygın olarak kullanılan GPS, Bluetooth ve Wi-Fi ye bazı özellikler ve kullanım alanları özetlenecek olursa:

- GPS kodlanmış verilerin düzenli aktarımını sağlayan uydu ağına denir. Dünya yörüngesinde 24 tane GPS uydusu bulunmaktadır. Yeryüzündeki GPS alıcıları bu sinyaller sayesinde konum tespiti yapabilmektedir [1]. GPS navigasyon sistemleri [2], coğrafi bilgi sistemleri [3], askeri ve ticari sistemler olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Belirli aralık ve zayıf uydu sinyalleri yayması sebebiyle bu teknoloji bina içinde tercih edilmemektedir.



Şekil 11: GPS [4]

- Bluetooth hızla gelişen kablosuz iletişim teknolojisidir. Birbirinden bağımsız olan elektronik araçlar arasında iletişim kurar. Bluetooth 4.0 ile Beacon teknolojisi geliştirilerek düşük enerjili güç tüketimi sağlanmıştır. Bluetooth Beacon'ın gelişmesine çok katkı sağlamıştır [5]. Bluetooth çeşitli sensörlerden alınan verilerin elektronik bir ortama aktarımı için çoğu uygulamada kullanılmaktadır [6]. Bluetooth teknolojisinin kısa menzilli alanlarda kullanılması sebebiyle konum bulma için tercih edilmemektedir.





Şekil 2: Bluetooth [7]



Şekil 3: Wi-Fi Router [11]

- Wifi internet üzerinden kablosuz erişim sağlayan bir bağlantı türüdür. Wifi, erişim noktaları ve konum belirleme açısından iyi bir yere sahiptir. Wifi teknolojisi güvenlik, sensör tasarımı akıllı giysiler [8], görüntü aktarımı [9], kapalı alanlarda konum belirleme [10] gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Özellikle bina içi konum belirlemede wifi teknolojisi diğer konum belirleme teknolojilerine göre daha başarılı olduğu söylenebilir. Kapalı alanlardan toplanan sinyal verileri sınıflandırma, tahmin, kümeleme gibi yöntemlerle analiz edilebilir.

Sınıflandırma bir veri kümesinde bulunan değerlerin özelliklerine göre sınıflara ayrılmasına denir. Sınıflandırma yöntemi olarak Bayes, Yapay Sinir Ağları(YSA), Genetik Algoritmalar gibi bazı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır.

Literatür [12] de, yazarlar, bina içi GPS teknolojisinin yetersizliği, devre dışı kalma gibi durumlarını göz önüne alarak wifi teknolojileri ve erişim noktalarının sinyal seviyelerini araştırmışlardır. Ofis ve ev ortamları için uygulama gerçekleştirmişlerdir. Bu uygulamada, ofis için 6\*6 m<sup>2</sup> oda, ev için 7x5.5 m<sup>2</sup> oda kullanmışlardır. YSA ile yapılan sınıflandırma sonuçlarına göre ofis ortamında MSE hata değeri 1.76 ev ortamında ise 1.44 olarak bulunmuştur.

Bina içi wifi sinyal gücüne dayalı yapılan literatür [13] deki çalışmada kullanıcılara ulaşmak için cihazların izlenmesi, sinyal güçlerine göre kullanıcıların konumlarının haritalanması amaçlanmıştır. FPSOGSA bulanık hibritinin elde ettiği ağırlıklar kullanılarak optimizasyon ile sinir ağı oluşturulmuştur. Oluşturulan ağı başarılı bir şekilde konum haritalaması yaptığını ifade etmişlerdir.

[14] de, e-sağlık sisteminde, hastane ortamındaki hastaları uzaktan takip etmek amacıyla yapılan çalışmada, kablosuz sensörler yardımıyla iç mekânlarda bulunan sinyaller toplanmıştır. Bu sinyallerin güçleri hesaplanarak en iyi sinyal toplama yönteminin bulunup sağlık hizmetindeki etkileşimin artırılması sağlanmıştır.

[15] de, yazarlar, wifi tabanlı parmak izi yerleştirme konusunda bazı araştırmalar yapmışlardır. Burada yazarların amacı, kablosuz kapalı alanlarda yerleşme için otomatik ve sürekli olarak konumların güncellenmesini sağlamaktır. Sistem, zaman içerisinde RSS varyasyonlarını etkili bir şekilde barındırdığı ve güncel radyo haritasının doğru tahminini ürettiği sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada bina içindeki 4 farklı odadan toplanan yedi farklı wifi sinyalinden yararlanılmıştır. UCI veri tabanından alınan 2000 adet veri, her biri dört odadan birine dâhil edilmiştir. Yapay sinir ağları kullanılarak sinyallerin hangi odaya ait olduğu sınıflandırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Yapay Sinir Ağları

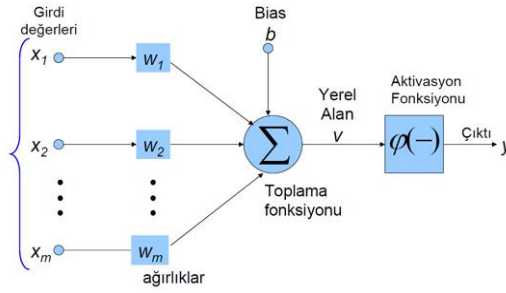
YSA, insan beyninin çalışma yapısından esinlenerek oluşturulmuş bilgi işleme teknolojisidir. Olayların örneklerini inceler, bu örneklere göre genelleme yapar, sistemini oluşturur ve hiç bilmediği verilere göre sonuçlar üretir. Biyolojik sinir sisteminin yapay sinir sistemindeki karşılığı Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 8: Biyolojik Sinir Sisteminin Yapay Sinir Sistemindeki Karşılığı

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Sistemi
Nöron	İşlemci eleman
Dentrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer fonksiyonu
Aksonlar	Yapay nöron çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Şekil 4’te yapay sinir ağlarının çalışma yapısı gösterilmektedir.





Şekil 4: YSA [16]

YSA'da sınıflandırma işlemi yapılırken çeşitli aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. Bunların en yaygın kullanılanları Tablo 2'de gösterilmiştir:

Tablo 9: Biyolojik Sinir Sisteminin Yapay Sinir Sistemindeki Karşılığı

Aktivasyon Fonksiyonu	Formülü
Doğrusal(Linear)	$A = Purelin(n)$ [17]
Sigmoid	$logsig(n) = \frac{1}{1+e^{-n}}$ [18]
Tanjant Hiperbolik	$tansig(n) = \frac{2}{1+e^{-2n}} - 1$ [19]

YSA'nın geleneksel algoritmalarından farkı aşağıdaki gibidir.

- Öğrenme sırasında eğitim ve test verileri verilerek kurallar oluşturulur.
- Deneyimden yararlanarak sonuçlar üretilir.
- Hesaplama işlemi; toplu ve eş zamansız olarak gerçekleştirilirken, öğrenmeden sonra paralel olarak gerçekleştirilir.
- Bellek ayrılarak ağa yayılır.
- Hata toleransları her zaman vardır.
- Donanıma bağımlıdır ve yavaştır [20].

## 2.2. Veri Toplama

Bina içi konum belirleme amacıyla UCI veri tabanından elde edilen 2000 adet veri kullanılmıştır. Veriler, akıllı telefonlar aracılığıyla yedi farklı WiFi sinyalinin sinyal gücü gözlemlenerek bina içinden toplanmıştır. Her veri 4 odadan birine dâhil edilmiştir. Örnek veri seti Tablo 3'de gösterilmiştir. Tablodaki 7 farklı Wireless sinyalleri (WS) sinyalin gücüne göre bir sınıfa/ odaya (C) dahil edilmiştir.

Tablo 3: Örnek Veri Seti

WS1	WS2	WS3	WS4	WS5	WS6	WS7	C
-64	-56	-61	-66	-71	-82	-81	1
-68	-57	-61	-65	-71	-85	-85	1
-35	-54	-55	-40	-61	-79	-73	2
-19	-60	-56	-36	-63	-70	-75	2
-45	-54	-48	-49	-65	-78	-81	3
-45	-53	-55	-49	-63	-78	-81	3
-59	-54	-51	-59	-58	-80	-87	4





-58 -54 -53 -60 -47 -82 -83 4

### 2.3. Yazılım Performans ve Kriterleri

Veri setinde 2000 adet veri ve 4 sınıf/oda bulunmaktadır. Dağılım Tablo 4’de gösterilmiştir.

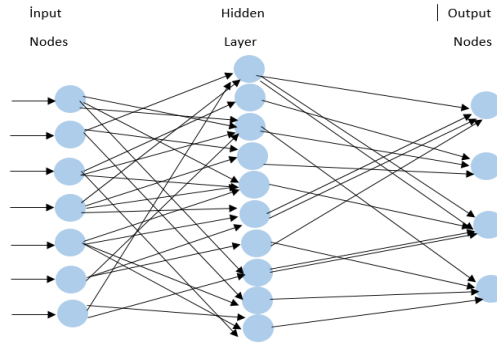
**Tablo 4: Veri Dağılımı**

Veri Adedi	Oda No
500	1
500	2
500	3
500	4

**Tablo 5: WSN Değerlerinin Maximum, Minimum, Ortalama ve Standart Sapma Değerlerinin Gösterimi**

WSn	Max	Min	Mean	Stdev
WS1	-10	-74	-52,316	11,30802
WS2	-45	-74	-55,623	3,41769
WS3	-40	-73	-54,964	5,3161861
WS4	-11	-77	-53,566	11,471982
WS5	-36	-89	-62,640	9,1050925
WS6	-61	-97	-80,985	6,5166716
WS7	-63	-98	-81,726	6,5198122

Veri setine ait maximum, minimum, ortalama ve standart sapma değerlerine ait istatistiksel bilgiler Tablo5’de gösterilmiştir. YSA işlemleri için tasarlanan mimari Şekil 5’de gösterilmiştir.



**Şekil 5: Sınıflama için Kullanılan Mimari**

**Tablo 6: Verilerin Dağılım Miktarları**

Veri Adedi	Sınıf	Eğitim Veri	Test Veri
500	1	350	150
500	2	350	150
500	3	350	150
500	4	350	150



## 2.4. Normalizasyon

Herhangi bir nedenle veri toplandıığında veriler arasında farklılık çeşitli nedenlerden dolayı çok olabilir. Bu durumda verileri tek bir düzen içerisinde ele almak gerekir. Verileri belirli bir düzen içerisinde alma ya da başka bir ifadeyle belirli bir aralığa getirmek için yapılan işlemlere normalizasyon denir. Pek çok kullanılan normalizasyon yöntemi vardır. Yaygın olarak kullanılan normalizasyon yöntemlerinden birisi de Min-Max normalizasyon yöntemidir. Min-Max Normalizasyonunda veriler [0,1] aralığına çekilir. Formülü aşağıdaki gibidir.

$$d_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

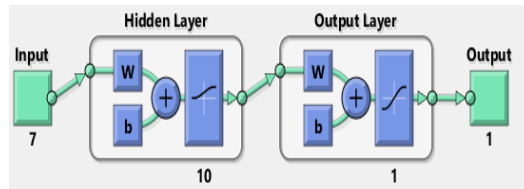
Veriler normalize edildikten sonra Matlab yazılımı kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

1. Veriler eğitim ve test olmak üzere 2 kısma ayrılır. Eğitim için %70, test için %30 oranında veri kullanılmıştır.
2. Verilerin eğitim ve test için ayrılan kısımlarının dengeli olması iyi sonuçlar almamızı sağlar. Buna göre 2000 adet veriden her sınıf için 350 tanesi eğitim, 150 tanesi test için ayrılmıştır. Toplam 1400 adet veri eğitimde, 600 adet veri test için kullanılacaktır. Tablo 6'da veri dağılımları gösterilmiştir.
3. Eğitim için ayrılan verilerin giriş parametreleri input (giriş) değeri olarak alınır. Output olan veriler target (hedef) olarak seçilmiştir.
4. Tablo 7'de gösterilen eğitim parametreleri kullanılmıştır.

**Tablo 7: YSA Eğitim Parametreleri**

Network type	Feed Forward Back-propagation
Training function	Levenberg–Marquardt (trainlm)
Adaptive learning function	Gradient Descent (learngdm)
Performance function	MSE
Number of layer and nöron	(2,2),(5,5),(10,10),(20,20)
Transfer function	Hyperbolic Tangent (tansig)

Şekil 6'da oluşturulan ağı yapısı gösterilmektedir.



**Şekil 6: Ağın Yapısı**

Oluşturulan mimarinin başarı oranları MSE, RMSE ve R<sup>2</sup> ile incelenmiştir. Formülleri aşağıdaki gibidir.

**MSE formülü;**

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{exp,i} - Y_{prd,i})^2 \quad (2)$$

**RMSE formülü;**

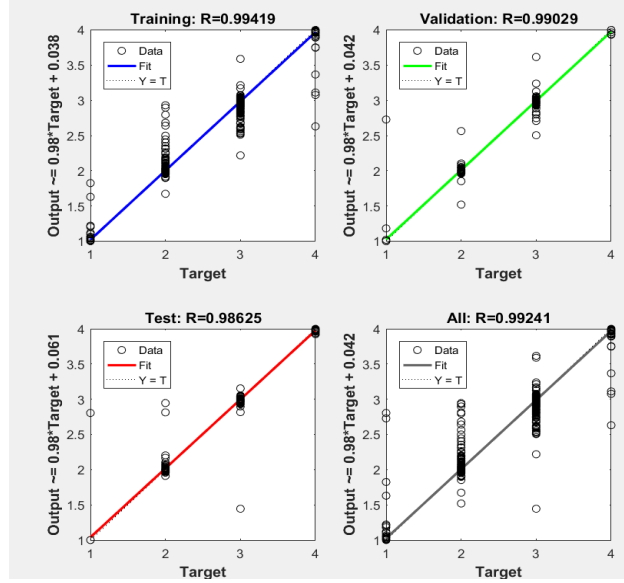
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{exp,i} - Y_{prd,i})^2} \quad (3)$$

**R<sup>2</sup> formülü;**

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{prd,i} - Y_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_{prd,i} - Y_m)^2} \quad [22] \quad (4)$$

Şekil 7' de ağın eğitim başarısı, Tablo8 ve Tablo9' da ise R, MSE, RMSE ve R<sup>2</sup> değerleri gösterilmiştir.





Şekil 7: Ağın Regresyonu

Tablo 8: Farklı Katman ve Nöronlarda R Değeri

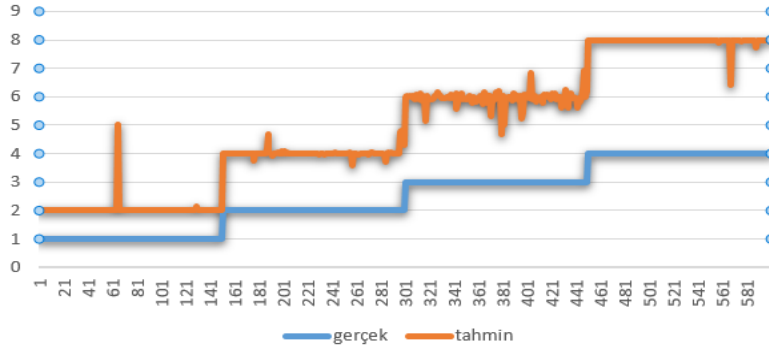
Katman ve Nöron Sayısı	R
2 katman 2 nöron	0.98447
5 katman 5 nöron	0.99717
10 katman 10 nöron	0.99796
20 katman 20 nöron	0.9933

Tablo 9: Farklı Katman ve Nöronlarda MSE, RMSE ve R<sup>2</sup> Değeri

Katman ve Nöron Sayısı	MSE	RMSE	R <sup>2</sup>
2 katman 2 nöron	0,032991177	0,016495588	0,973853829
5 katman 5 nöron	0,033831607	0,183933704	0,973017124
10 katman 10 nöron	0,037201703	0,018600852	0,984563386
20 katman 20 nöron	0,03901343	0,019506715	0,968881682

Şekil 8'de R<sup>2</sup> grafiği gösterilmiştir.





Şekil 8: Matlab R<sup>2</sup> Grafiği

### 3. Tartışma ve Bulgular

Bina içinde wifi sinyali ile konum tespiti yapmak için gerçekleştirilen uygulamada, Hyperbolic Tangent (tansig) transfer fonksiyonu ile 4 farklı katman ve 4 farklı nöron sayısı kullanılmıştır. En iyi sonuç 10 katmanlı ve 10 nöron sayılı mimariden alınmıştır. Diğer katman ve nöron sayılarında iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yaklaşık olarak %98 bir başarıyla kapalı alanlarda doğru konum tespiti yapılmıştır.

### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada bina içi/kapalı mekânlarda wifi sinyali ile konum tespiti yapmak için bir yapay sinir ağı sınıflandırma modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen YSA modelinde, pek çok transfer fonksiyonu denenmiş ancak, Hyperbolic Tangent (tansig) transfer fonksiyonunda en iyi sonuç alınmıştır. En iyi sonuç alınan YSA mimarisi ise 10 katman ve 10 nörona sahiptir. Model sınıflama başarısı %98 olarak bulunmuştur. Bu oran bina içi/kapalı alanlarda oldukça tatmin edici bir sonuç olduğu değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile bina içi alanlarda konuma bağlı gelişimlere büyük bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Navigasyon vb. araçlarla konum belirlemeye alternatif başarılı bir yöntem geliştirilmiştir. Kapalı alanlarda wifi ile sinyal bulmanın gücü başarılı bir şekilde gösterilmiştir.

### 5. Kaynaklar

- [1] Sağbaşı, E. A. and Ballı S., "Akıllı Telefon Sensörlerinin Kullanımı ve Ham Sensör Verilerine Erişim", 2015 *Akademik Bilişim Konferansı*, s. 4-6, 2015.
- [2] Canan S., "Yapay Sinir Ağları İle GPS Destekli Navigasyon Sistemi", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [3] Demirci A. and Karaburun A., "CBS, GPS ve Google Earth Teknolojilerinin Coğrafya Derslerinde Kullanımı", *Marmara coğrafya dergisi*, 24, s. 99-123, 2011.
- [4] [https://www.google.com/search?q=gps&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjuhJfgw9beAhXMzaQKHWasDysQ\\_AUIECgD&biw=1536&bih=716#imgrc=vxe4Gd4nkHxIVM:&spf=1542289398067](https://www.google.com/search?q=gps&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjuhJfgw9beAhXMzaQKHWasDysQ_AUIECgD&biw=1536&bih=716#imgrc=vxe4Gd4nkHxIVM:&spf=1542289398067)
- [5] Arsan, T., "Büyük Patlama Büyük Çöküş Optimizasyon Yöntemi İle Ultra Geniş Band Sensörlerinin İç Mekân Konum Belirleme Doğruluklarının İyileştirilmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 24.5, s. 921-928, 2018.
- [6] ALTIN, S. and BULUT F., "Bluetooth Bağlantılı Ultrasonik Sıvı Seviyesi Ölçer Tasarımı ve Endüstriyel Proses Uygulamaları." *Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 4.1, s. 19-21, 2016.
- [7] [https://www.google.com/search?q=bluetooth+internet&tbm=isch&tbs=rimg:CSxz5PJAF4UxIjhSOe1Z0dbxp-rdmfrPJ66pZlV0tPLYLKtyLp7t81TUheAVvyGNoi3Z4k218spb9wZb3twV29JIQyoSCVI57VnR1vGnEbu32DNDXKzFKhIJ6t2Z-s8nrqkRX0BwpUCMrwQqEgnOVXS2ktsqxEjWhxZW0UDsCoSCXIunu3zVNSFEVingEkpNfRhKhIJ4BW\\_1Y2iLdkRA-ctzuBIMfsqEgniTaXyy1v3BhFoxlRvld9-PCoSCVve3BXb0khDESze2cDAMARL&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwin147gxdbeAhUMLFAKHTRnA-UQ9C96BAgBEBs&biw=1536&bih=716&dpr=1.25#imgrc=LHPk8kAXhTEmpM:&spf=1542289947734](https://www.google.com/search?q=bluetooth+internet&tbm=isch&tbs=rimg:CSxz5PJAF4UxIjhSOe1Z0dbxp-rdmfrPJ66pZlV0tPLYLKtyLp7t81TUheAVvyGNoi3Z4k218spb9wZb3twV29JIQyoSCVI57VnR1vGnEbu32DNDXKzFKhIJ6t2Z-s8nrqkRX0BwpUCMrwQqEgnOVXS2ktsqxEjWhxZW0UDsCoSCXIunu3zVNSFEVingEkpNfRhKhIJ4BW_1Y2iLdkRA-ctzuBIMfsqEgniTaXyy1v3BhFoxlRvld9-PCoSCVve3BXb0khDESze2cDAMARL&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwin147gxdbeAhUMLFAKHTRnA-UQ9C96BAgBEBs&biw=1536&bih=716&dpr=1.25#imgrc=LHPk8kAXhTEmpM:&spf=1542289947734)
- [8] Eşme, E., and Karlık, B., "Güvenlik Takibi İçin Sensör Füzyonlu Akıllı Giysi Tasarımı", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18-2, 2018.
- [9] SAĞLAM, M., AYDINOĞLU, B. and ALTAN, C., "Görüntü Aktarmalı Quadrotor", Lisans Bitirme Projesi, 2013
- [10] Doughangi, H., "Kapalı Alanda Konum Belirleme Sistemi", MS thesis. İstanbul Ticaret Üniversitesi, 2017.



- [11][https://www.google.com/search?biw=1536&bih=716&tbm=isch&sa=1&ei=rn3tW6TQDoK1kwWv26uoDg&q=wifi+router&oq=wifi+router&gs\\_l=img.3..013j0i3017.25072.26792..26998...0.0.0.131.881.0j7.....1....1..gws-wiz-img.....0i67.Jck0AG-UMUQ#imgdii=Iz9P8OHC9QB5DM:&imgcr=yQ7lDbri0Ux2M:&spf=1542290883738](https://www.google.com/search?biw=1536&bih=716&tbm=isch&sa=1&ei=rn3tW6TQDoK1kwWv26uoDg&q=wifi+router&oq=wifi+router&gs_l=img.3..013j0i3017.25072.26792..26998...0.0.0.131.881.0j7.....1....1..gws-wiz-img.....0i67.Jck0AG-UMUQ#imgdii=Iz9P8OHC9QB5DM:&imgcr=yQ7lDbri0Ux2M:&spf=1542290883738)
- [12] Tunca, C., et al. "Yapay Sinir Ağları ile WiFi Tabanlı İç Mekan Konumlandırma", *Akademik Bilişim 2014*, 2014.
- [13] Rohra, J. G., et al. "User Localization In An Indoor Environment Using Fuzzy Hybrid Of Particle Swarm Optimization & Gravitational Search Algorithm With Neural Networks", *Proceedings of Sixth International Conference on Soft Computing for Problem Solving*. Springer, Singapore, 2017.
- [14] Aguirre, E., et al. "Design And Performance Analysis Of Wireless Body Area Networks In Complex Indoor E-Health Hospital Environments For Patient Remote Monitoring", *International Journal of Distributed Sensor Networks* 12.9, (2016): 1550147716668063.
- [15] Hossain, A. M., et al. "Indoor Localization Using Multiple Wireless Technologies", *IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems MASS 2007*, 2007.
- [16][https://www.google.com/search?q=ysa+nedir&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwihrOme-9neAhXGCywKHZTdCb8Q\\_AUIDigB&biw=1536&bih=716#imgcr=FTHss405MOpFUM:&spf=1542407489096](https://www.google.com/search?q=ysa+nedir&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwihrOme-9neAhXGCywKHZTdCb8Q_AUIDigB&biw=1536&bih=716#imgcr=FTHss405MOpFUM:&spf=1542407489096)
- [17] Tan, L. P. and Kuan Y. W. "A Neural Network Approach for Predicting Manufacturing Performance using Knowledge Management Metrics." *Cybernetics and Systems* 48.4 (2017): 348-364.
- [18] Dorofki, Mohammad, et al. "Comparison Of Artificial Neural Network Transfer Functions Abilities To Simulate Extreme Runoff Data", *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering* 33, s. 39-44, 2012.
- [19] Bhoopal, R. S., Ramvir S., and Pradeep K. S., "Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System For Prediction Of Effective Thermal Conductivity Of Polymer-Matrix Composites", *Modeling and Numerical Simulation of Material Science* 2.03, s 43, 2012.
- [20] <http://www.derinogrenme.com/2017/03/04/yapay-sinir-aglari/>
- [21] <https://towardsdatascience.com/intro-to-data-analysis-for-everyone-part-3-d8f02690fba0>
- [22] Tümer, A. E., and Aytekin A., "Forecasting Gross Domestic Product per Capita Using Artificial Neural Networks with Non-Economical Parameters." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 512, s. 468-473, 2018.



## KENT ORMANCILIĞI KAVRAMI VE SAFRANBOLU KENT ORMANININ REKREASYONEL OLANAKLARININ İRDELENMESİ

Yasin Dönmez<sup>1\*</sup>, Ahmet Duyar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük/Türkiye

\*Sorumlu Yazar: yasindonmez@karabuk.edu.tr

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük/Türkiye

ahmetduyar@karabuk.edu.tr

### Özet

Kentlerin nüfus sayılarındaki hızlı artış ile birlikte konut sayılarında da aynı şekilde bir artış söz konusudur. Buna bağlı olarak kent yaşamında gerekli diğer sosyal donatılarında yoğun bir şekilde eklenmesi sebebiyle kentsel açık-yeşil alanların giderek azalmasına yol açmaktadır. Yoğun iş hayatı sonucu insanların dinlenmek, doğa ile bütünleşme arzusu ve bazı rekreasyonel aktivitelerin yapıldığı kentsel açık-yeşil alanların giderek önemi artmaktadır. Kentte yaşayan insanların kent içi veya çevresindeki ormanlık alanlara gitme isteği etkili olmaktadır. Kent ormanları; kentlerde yaşayanlar için çalışma zamanlarından arta kalan serbest zamanlarında gidilen, insanlara fiziken ve ruhen dinlenme sağlayan alanlardır. Kent ormancılığı kavramı 1900'lü yılların başlarında orman ekosistemini kentsel alanlara yaygınlaştırmak amacıyla ortaya çıkarılmıştır. Bu alanlar ekolojik, estetik, ekonomik rekreasyon ve dinlenme hizmetleri ile birçok kentte bulunmaktadır. Safranbolu Kent Ormanı 2006 yılında Orman Genel Müdürlüğü tarafından 30 dönümlük bir alanda oluşturulmuştur. İçerisinde gölet, çocuk parkı, seyir terasları, gözetleme kulesi, koşu yolu, oturma ve piknik alanları yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında kent ormancılığı kavramının Safranbolu Kent Ormanı özelinde irdelenmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kent ormancılığı, Safranbolu, Karabük, Safranbolu kent ormanı.

### 1. Giriş

Bir şehrin genel karakterini; mevcut yapılar ve bunlar ile ilişkili yeşil alanlar ortaya koyarlar. Açık-yeşil alanlar, iş hayatından sıkılan insanların boş zamanlarında vakit geçirdikleri, pasif ve aktif rekreasyon faaliyetlerinde buldukları alanlardır. Bu sebeple bu alanların nitelik ve nicelikleri medeniyetin yaşam göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Kentler planlanırken açık yeşil alanlarında yapılar ile birlikte planlanması oldukça önemlidir. Kişi başına düşen yeşil alan miktarı yaşam kalitesi açısından bir göstergedir. Bu amaçla birçok ülkede, şehircilik faaliyetleri kent mekanı oluşturmada yeşil alan sistemleri ile birlikte ele alınmaktadır (Gül ve Küçük 2001). Kent içi ormanlık alanlar, şehircilik anlayışına göre kent içerisinde önemli bir yere sahiptirler. Planlama çalışmalarında bu alanların çalışma içerisine dahil edilmesi gerekmektedir (Yılmaz vd., 2006).

Kent ormancılığı, şehrin içi ve yakın civarındaki tabii olarak bulunan ya da suni olarak kurulmuş yeşillik, meşçere ve ormanların, toplum yararına uygun olarak tasarımı, planlanması, kuruluşu, korunması ve yönetim faaliyetlerinin gerçekleştirildiği özel bir ormancılık disiplini. Bu tanım içinde yer alan kent ormanları, yeşil kuşak oluşturmak amacıyla kent koruluğu tanımı da yapılabilmektedir. Özellikle kent içi rekreasyon alanları olarak planlanan bu yerler, yaban hayatı bakımından da bir önem arz etmektedir (Grey ve Deneke, 1986; Harris, Clark ve Matheny, 1999; Ayaşlıgil, 2007; Öztürk, 2011).

Kent ormanlarının diğer ormanlardan farkı, kentin hemen içinde veya yakın bir bölgesinde bulunmasıdır. Bu amaçla kent ormanı ve orman tanımlarının yapılması gerekmektedir. **Orman**; bir ekosistemdir. Yani yapısında oluşturduğu bitki örtüsü ile birlikte, canlılar ve mikroorganizmalar gibi varlıklarla bir bütündür. Fiziksel çevre faktörlerinin yani su hava ve sıcaklık gibi etkenlerin birlikte oluşturdukları bir yaşam alanıdır. Bu konuda çok tanımlama yapılmıştır. Aytuğ (1976)'a göre biyolojik açıdan; geniş alanlarda kendine ait bir mikro-iklim oluşturan, ağaçların; ağaççık, çalı ve otsu bitkiler, çeşitli böcek ve hayvanlarla orman toprağının birlikte oluşturduğu bir yaşam birliği olarak tanımlanır (Anonim, 2004; Öztürk, 2011).

Kent ormanlarının buldukları ortamlara olan etkileri aşağıda verilen gruplar altında toplamak mümkün olabilir (Öner vd., 2007).

#### • **Fiziksel İşlevler**

Oluşturulan yeşil kuşaklar kentlerdeki trafik, alışveriş, sanayi, spor gibi etkinlikler sonucu ortaya çıkan gürültüyü emer ve insan ile çevre arasındaki olumsuzlukları azaltır (Ortaçşme cd., 2013).

Karakter olarak farklı bölgeleri birbirinden ayırarak tampon bölge oluşturup fiziksel dengeyi sağlar. Aynı zamanda kent gelişimine yapı sayısı ve yoğunluğunu dengede tutarak insan ile çevre, yapı kitleleri ile boşluklar arasında istenmeyen görüntüler için perde oluştururlar.

#### • **Sosyal ve Psikolojik İşlevler**

Yeşil alanlar, toplumun fiziksel ve psikolojik sağlığını olumlu etkileyerek çalışma motivasyonu yükseltirler. Eğitim ve kültürel faaliyet imkanı sağlaması açısından yeşil alanlar çocuklar ve yetişkinler için önemli eğitim alanı oluşturur. Günümüz kentlerinde yok





olmaya yüz tutmuş yeşil alanlar, insanların bitki ve hayvanlar ile ilişki kurmasını sağlar. Rekreatyonel faaliyetlere imkan sağlaması kentlerde yaşayanların psikolojik yönden rahatlaması ve sosyalleşme açısından yeşil alanların önemi oldukça fazladır. Bu alanlar eğlence, dinlenme, spor ve oyun faaliyetlerine olanak vermektedir (Barbosa at all, 2007; Karlier, 2017).

- **Ekolojik ve Klimatik İşlevler**

Kent içerisinde ve çevresinde kirli havanın temizlenmesi, oksijen üretiminde, ısı ve nem dengesinin korunmasına katkı sağlar. Kentlerdeki yapılar ve sert zeminler(kaldırımlar, meydanlar, asfalt yollar,) gündüz topladıkları ısıları geceleri dışarıya vermektedirler. Bu nedenle kentlerdeki ısı yeşil alanlardakinden daha fazla olmaktadır. Bu sonuca bağlı olarak planlı yeşil alanlar kentler üzerindeki sıcaklıkların dengelenmesinde önemli rol oynamaktadır (Atalay, 2008)

- **Estetik İşlevler**

Açık ve yeşil alanlar, bulundurdıkları farklı bitkisel materyaller ile (ağaç, çalı, mevsimlik çiçek) ölçü, form, renk özellikleri ile peyzajın kademe kademe algılanmasını sağlarlar. Kitleler halinde yer alan yeşil alanlar yapılarıdaki sertlikleri kırarak kente yumuşaklık ve canlılık verir. Kentlerde yumuşak bir doku özelliği oluşturur (Gül, 2001; Öztürk, 2004).

- **Ekonomik İşlevler**

Rekreasyon alanlarında yer alan satış birimleri, fuar standları, büfeler ticarete olanak sağlayarak kent ekonomisine katkıda bulunurlar. Kent çevresinde ve içerisinde açık alanların içlerinde yer alan tarım alanları taze ve ekonomik değere sahip ürünler üreterek kente faydalı olur. Yeşil alanlar çevrelerinde yer alan yapı çevrelerinin ekonomik değerini artırır. Turizm ve iş imkanı sağlayarak ekonomiye katkı sağlar. Kentin ısınma ve soğumasına yardımcı olduğu için enerji tasarrufu sağlar (Öztürk, 2004).

- **Toprak Koruma Üzerindeki Etkileri**

Kent ormanları, hassas ortamlarda kurulan kentler çevresinde erozyon ve heyelan etkilerine karşı toprağı korurlar. Özellikle vejetasyonun seyrek ve eğimlerin yüksek olduğu yamaç arazilerde biyolojik mühendislik tekniklerine uygun kurulan kent ormanlarında, toprak koruma işlevi diğer işlevlerine göre ön plana geçer. Kurak ve yarı kurak bölgelerde yer alan kentlerde ise rüzgâr erozyonunun yarattığı olumsuzlukların giderilmesine önemli katkılar sağlarlar.

- **Biyolojik Çeşitliliği Koruma Yönünden Etkileri**

Kent ormanları ve kentsel yeşil doku, kentsel biyolojik çeşitliliğin temeli konumundadır. Ses yansımaları ile hoş etkiler oluşturan kuşların, birçok sevimli hayvanların, faydalı böceklerin barındığı kent içi ve kent çevresi yeşil alanlar, genel anlamda ekolojik dengeye katkı sağlayan fauna çeşitliliğine uygun zemin hazırlayan ortamlardır.

- **Doğa ve Çevre Eğitimi için Ortam Oluşturma Etkisi**

Kent ormanları, o kentte yaşayan bireyler için bitkilerin özelliklerini tanımada iyi bir fırsat oluşturur. İlkokul çağındaki çocukların özellikle bu alanlara gelip, bitki örtüsünün sağlamış olduğu faydaları yerinde görmek eğitim için uygulama konusunda bir fırsat oluşturur.

## **2. Safranbolu Kent Ormanı**

Safranbolu Kent Ormanı 2006 yılında kurulmuştur. Karabük ilinin Safranbolu ilçesinin kuzeyinde yer almaktadır. Kent ormanı Bağlar mevkiinde ve ilçe merkezine 3 km uzaklıktadır. 284,90 ha alana sahiptir. Kent ormanına girdikten yaklaşık 200-300 m sonra tesislere ulaşılabilir (Çinis, 2016). Alanın konumuna ilişkin şekiller Şekil 1'de sunulmuştur.





Şekil 1. Safranbolu Kent Ormanı (URL-1)

Safranbolu Kent Ormanı alanında;

- Piknik alanları,
- gözlem kulesi,
- yürüyüş yolları ve patikalar,
- çeşmeler ( 2 adet),
- tuvaletler,
- yapay gölet,
- seyir terasları ( 3 adet ),

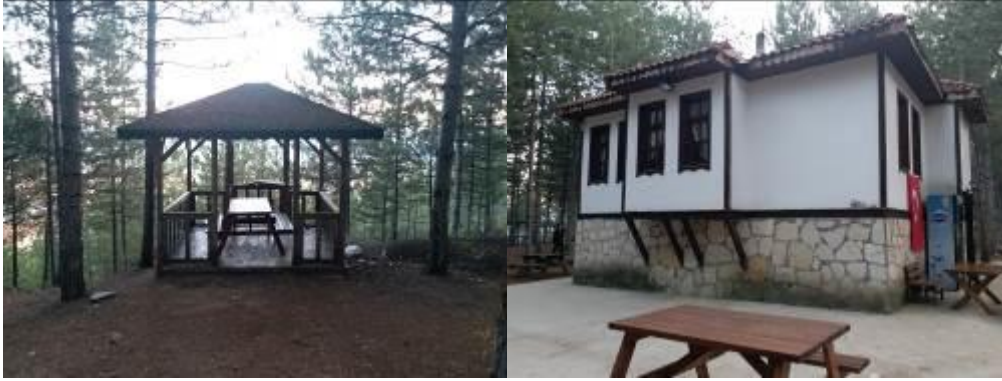


- çocuk oyun alanı,
- mescit,
- yağmur barınağı,
- otopark, yönlendirme ve bilgilendirme tabelaları ile tarihi Safranbolu evidir (Şekil 2 ve 3)

Kent ormanına hizmet eden bir yönetim binası ile birlikte gelen ziyaretçilerin isteklerini sağlayacak bir işletme mevcuttur. Alan içerisinde piknik yapmalarına izin verildiği gözlemlenmiştir. Kontrollü bir şekilde kullanımları noktasında gerek işletmenin gerekse ziyaretçilerin çok hassas davrandıkları belirlenmiştir.



**Şekil 2. Yapay gölet ve çeşme (Orijinal)**



**Şekil 3. Yönetim binası ve seyir terası (Orijinal)**

Ağaç türü bakımından incelendiğinde, karaçam ağırlıklı bir bitki örtüsüne sahiptir. Sık dikilme aralıklarıyla, dikeyde ve yatayda derinlik hissi uyandırmaktadır. Bunun yanında sarıçam, meşe ve kayın gibi türlere de rastlanmaktadır. Kent ormanının flora ve fauna verilerine ilişkin bilgilendirme panosu ile bitki örtüsüne ilişkin resimler şekil 4'de verilmiştir.







Şekil 4. Safranbolu Kent Ormanı (Orijinal)

Kent ormanı sığ ve orta derinlikte killi bir toprak yapısına sahiptir. Özellikle sığ toprak üzerindeki ağaçlar derin bir kök sistemi kuramadıkları için, sert rüzgârlarda devrikler meydana gelmektedir. Ormanın sık tepe kapallığı ve ziyaretçilerin yoğun arazi kullanımı nedeniyle toprak üzerinde örtücü vejetasyon gelişmemektedir. Ayrıca, kent ormanının çam ağaçları Eylül'den Nisana kadar orta düzeyde çam kese böceği zararına maruz kalmaktadır. Beyaz renkli çam kese böceği keseleri, ziyaretçileri görsel açıdan rahatsız ettiği gibi, havada uçan ve zemine dökülen tırtıl kılları ve kese parçaları ziyaretçilerde alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir. Bu durumlar, kent ormanının olumsuz yönlerini oluşturmaktadır.



Şekil 5. Safranbolu Kent Ormanı ağaçların mesafeleri ve çapları

### 3. Sonuç ve Öneriler

Kent ormanlarının sahip oldukları estetik ve fonksiyonel etkileri ile buldukları alanlara zenginlik katarlar. Yoğun iş hayatı ve gündelik hayattan bunalan insanların nefes aldıkları, dinlendikleri ve bazı rekreatif faaliyetlerini kolayca gerçekleştirdikleri yerlerdir. Doğal formasyonları ile kent parklarından ayrılan, sessizlikleriyle huzur veren yapıları ile şehrin vazgeçilmez peyzaj alanlarındandır.

Son yıllarda planlama yaklaşımları incelendiğinde kentsel açık yeşil alanların daha da artırılması konusunda ülkeler görüş birliğine varmışlardır. İnsan nüfusunun artkça konut sayısı da paralel bir şekilde artmaktadır. Kent içinde farklı büyüklükte tasarlanan parklar, kent için yetmemeye başlamış ve farklı alanlarda çözümlenmelere gidilmeye gidilmiştir. Ülkemizde de bu alanların sayılarının artırılması ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Kent ağaçları, işlevsel ve diğer etkileri ile kent içi yaşam ortamlarının yaşam kalitesinin ciddi bir şekilde iyileştirilmesinde önemli görevler üstlenirler. İnsanların hem psikolojik hemde fiziksel olarak rahatlatma imkanı sağlarlar.

Özellikle turizm konusunda da kent ormanlarının önemi büyüktür. Kısa süreli ziyaretlerde dinlenme veya rekreasyon amaçlı uğrak yerler arasında yer alırlar. Özellikle orman örtüsünden yoksun yerlerde yaşayanlar için cazibe merkezi yerleri arasında yer alırlar. Bitki tanıma turizmi, kampçılık veya özellikle orman içi yürüyüş ve piknik gibi faaliyetler için bu alanlar oldukça sık ziyaret edilirler.

Kent planlamalarında temel amaç, sağlıklı kaliteli kentsel çevre oluşturulmasıdır. Kentlerde yaşayan insanların fiziksel ve psikolojik gereksinimlerinin karşılanması konusu eskiden beri günümüze gelen önemli konular arasında yer almaktadır. Kent ormanları, doğal özelliklerin korunmasında, yerleşim alanlarına mikro iklimik özellik kazandırmasında, hava ve gürültü kirliliğini önleyen tampon bölgeler oluşturulmasında, rekreasyonel amaçlar için düzenlenmiş alanların oluşmasında önem taşımaktadır.

Safranbolu kent ormanı için getirilen öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.



- Kent ormanı girişindeki otopark alanı yeniden düzenlenmelidir. Araçlar düzensiz olarak park ettikleri için, acil durumda alana girmesi gereken ambulans itfaiye araçlarına engel olmaktadır.
- Şehirden kent ormanına giden yönlendirme levhaları eksiktir. Bu sebeple kentte yaşamayan, yabancı ziyaretçilerin alanı bulmaları zorlaşacaktır.
- Kent ormanına ulaşımını sağlayan (anayoldan ayrılıp, kent ormanına girişteki) yolda bakım yapılmalıdır.
- Tuvaletlerin bakım ve temizliğine yeterince önem verilmelidir.
- Alanda ateş kullanımına ilişkin yeterince bilgilendirme ve uyarı levhaları yapılmalıdır.

#### 4. Kaynaklar

Anonim, 1999. Ormancılık Hukuku. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, No: 136, 231, Önder Matbaası, Ankara.

Atalay, H. (2008). Deprem Durumunda Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Kullanımı –Küçükçekmece Cennet Mahallesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ayaşlıgil, T., 2007. Kent Ormanlarının Rekreatif Amaçlı Kullanımı ve İstanbul İli Örneğinde İrdelenmesi. YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi. 2(4): 213- 236.

Barbosa, O., J.A.Tratalos, P.R. Armsworth, R.G. Davies, R.A.Fuller, P.Johnson, P, &K.J. Gaston, (2007). Who benefits from access to greenspace? A case study from Sheffield, UK." Landscape and Urban Planning, 83(2), 187-195.

Çinis, F. (2016). Batı Karadeniz Bölümü'ndeki Kent Ormanlarının Kullanıcı Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği ABD., Bartın.

Gül, A. (2001). Orman Peyzajı ve Rekreatif Ders Notları, Süleyman Demirel Üniversitesi . Orman Fakültesi Isparta.

Gül, A., Küçük, V., 2001. Kentsel Açık Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2, 27-48

Grey, W.G and J.F.Deneke , 1986. Urban Forestry. John Willey and Sons, Newyork.

Harris, R.W., J.R. Clark, and N.P., Matheny, 1999. Arboriculture. Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs and Vines. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey 07558, p:7-15.

Karlier, G. (2017). Kent Parkları Kavramı ve Bursa Kent Parklarında Kullanıcı Memnuniyetinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Ortaçşme, V., E.Yıldırım, E. ve Yılmaz, T. (2013). 'Çevre Ve İnsan Sağlığının Korunmasında Yeşil Alanların Rolü: Kentlerimiz İçin Ne Yapmalıyız?. Çevre ve İnsan Sağlığı Sempozyumu", Denizli.

Öner, N., Ayan, S., Sıvacıoğlu, A., ve Bora, İ. (2007). Kent Ormancılığı ve Kent Ormanlarının Çevresel Etkileri. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 7(2), 190-203.

Öztürk, B. (2004). Kentsel Açık ve Yeşil Alan Sistemi Oluşturulması, Kayseri Kent Bütünü Örneği, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Öztürk, T. K. A. (2011). Kent Ormanlarının Rekreatif Kullanımı ve Yerel Halkın Farkındalığı: Edirne Kent (İzzet Arseven) Ormanı örneği. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2), 105-117.

URL-1. <http://wownturkey.com/forum/viewtopic.php?t=78657> Erişim Tarihi: 25/10/2019

Yılmaz, S., Bulut, Z., ve Yeşil, P. (2006). Kent Ormanlarının Kentsel Mekana Sağladığı Faydalar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1), 131-136.



## DOĞAL YAPISI BOZULMUŞ JEOLojİK YAPILARA BİR ÖRNEK: AKHÜYÜK (EREĞLİ) TRAVERTENLERİ

Yaşar Eren

*Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

*yeren@ktun.edu.tr*

### Özet

Bu çalışma insan eliyle doğal yapısı bozulmuş ve değiştirilmiş bir doğal harika olan yapılara örnek olabilecek bir oluşumu konu almaktadır. Konya ili geniş coğrafyası ile beraber çok zengin jeolojik miras yapılarına sahiptir. Akhüyük (Ereğli) travertenini gerek ülkemiz gerekse global ölçekte bu doğa harikası yapılara örnektir. Ereğli Orta Toroslarda önemli bir birlik olan Bolkardağlarının kuzey eteklerinde yer alır. Bolkardağları Permiyen-Mesozoyik yaşlı düşük dereceli metamorfik kayalardan oluşur. Bu temel üzerine Ereğli-Ulukışla havzasının Kretase-Eosen yaşlı İç-Toros Okyanusunu evrimini yansıtan kayalar yer alır. Yörenin en genç kayaç topluluğunu ise Oligosen-Kuvaterner yaşlı görsel ve alüviyal özellikli kayalar oluşturur. Akhüyük travertenini Ereğli ilinin 10 km kuzeyinde Akhüyük Mahallesinin yakın çevresinde bulunmaktadır. Yaklaşık KB-GD doğrultusunda toplam uzunlukları 2.4 km olan üç farklı sırt (semer) tipi traverten yapısından oluşmaktadır. Pleyistosen-Holosen yaşlı Akhüyük travertenleri K10-30B doğrultusunda yönelim sunmakta ve alüviyal bir zemin üzerinde bulunmaktadır. Ana kütle yaklaşık 2 km uzunluğunda ve 5-15 m yüksekliğindedir. Genişliği 230 m ye kadar varmaktadır. Küçük kütlelerin boyları 370 ve 310 m civarındadır ve genişlikleri 75 m ye varabilmektedir. Sırt tipi travertenlerin orta kesiminde bu travertenleri oluşturan kaynakların çıkmasını sağlayan gerilme kökenli bir kırık boydan boya uzanmaktadır. Traverten oluşumu devam etmekte olup kırık boyunca termal su çıkışı devam etmektedir. Sırt boyunca kaynakların çıktığı yerlerde dairesel havuzlar gözlenir. Yörede tabakalı ve damar tipi travertenler gözlenir. Işınsal ve konsantrik yapıli travertenler göze hoş yapılar oluşturur. Ayrıca sırt tipi travertenlerin etek kesimlerinde teras şekilli aktif kaynak ve havuz oluşumları bulunur. Oluşumu devam eden, dünyada ve Türkiye’de örnekleri nadir olan Jeolojik miras nitelikli Akhüyük travertenlerinin bir bölümünde traverten ocakları bulunmakta ve bir bölümünde de termal amaçlı düzenlemeler yapılmaktadır. Bölge için turizm ve ekonomik açıdan oldukça önemli ve nadir doğa (tabiat) varlıklarımızdan olan Akhüyük travertenini ciddi bir insan kaynaklı tahribat geçirmektedir.

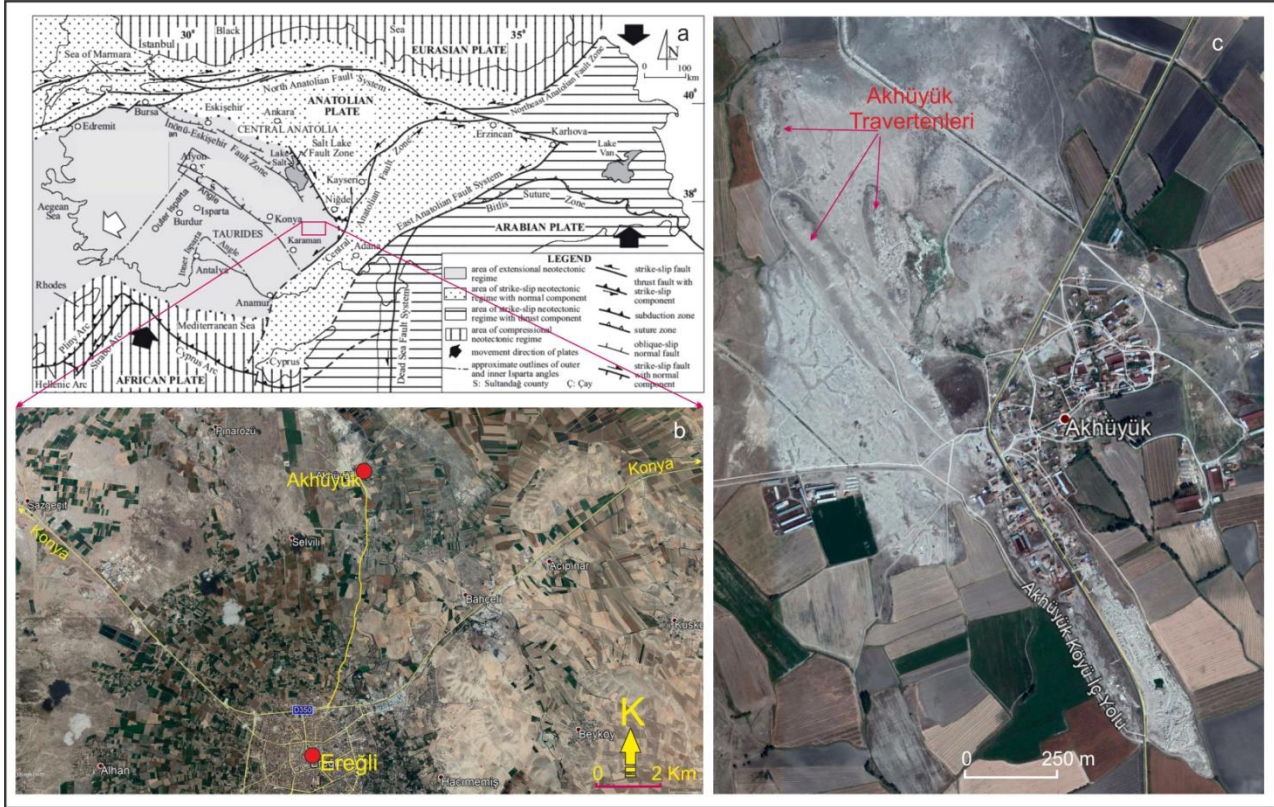
**Anahtar Kelimeler:** *Akhüyük, Ereğli, Traverten, Jeolojik miras, Sırt Tipi Traverten*

### 1. Giriş

Sıcak yeraltı sularının yeryüzüne çıktığı yerlerde bünyelerinde taşıdıkları taşıdıkları  $CaCO_3$ 'ü çöktürmeleri sonucu oluşan travertenler görsel açıdan çok güzel ve farklı şekiller oluşturmaktadır. Güncel olarak oluşumu devam eden travertenler çoğunlukla aktif faylarla ilişkilidir ve ülkemizde de aktif faylara bağlı olarak gelişmiş çok sayıda traverten bulunmaktadır. Ülkemizde de Pamukkale örneğinde olduğu gibi travertenler oldukça güzel şekil ve yapıya sahiptirler ve turizm potansiyeli açısından oldukça önemlidirler (Polat, 2011). Akhüyük travertenleri de (Ereğli-Konya) gerek ülkemiz açısından gerekse global ölçekte bu doğa harikası yapılara güzel bir örnektir. Bolkardağı eteklerinde Ereğli ovasının alüviyal düzlüğü üzerinde ince uzun bir sırt şeklinde yüzlerce metre uzanım sunan Akhüyük travertenini yörenin turizm potansiyeli açısından önemli bir tabiat varlığıdır. Akhüyük travertenleri Konya'nın güneydoğusunda Ereğli ilçesinin 10 km kuzeyinde Akhüyük Mahallesinin yakın çevresinde bulunmaktadır (Şekil 1).







Şekil 1: İnceleme alanının yer bulduru haritası a: Türkiye'nin neotektonik yapıları ve bölgeleri (Koçyiğit ve Özacar, 2003), b ve c: İncelenen alanın Google Earth görüntüleri

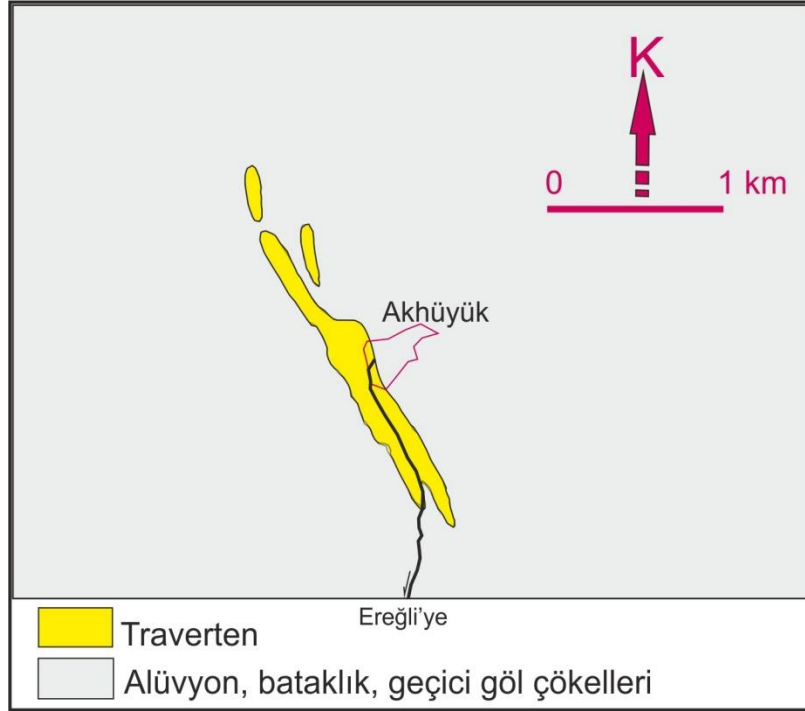
Bütün tarihi ve kültürel zenginliklerimiz örneklerinde olduğu gibi doğa harikası olan varlıklarımız da gittikçe artan insan kaynaklı bir tahribat geçirmektedir. Bu çalışma insan eliyle jeolojik yapısı bozulmuş ve değiştirilmiş bir doğa harikası olan Akhüyük travertenlerini tanıtilmesini ve bozulmadan kalmış kesimlerinin korunmasının sağlanmasını amaçlamıştır.

## 2. Ereğli Çevresinin Jeolojik özellikleri

Akhüyük travertenlerinin bulunduğu Ereğli (Konya) ilçesi Orta Toroslarda önemli bir birlik olan Bolkardağlarının kuzey eteklerinde yer alır. Bolkardağları Permiyen-Mezozoyik yaşlı düşük dereceli metamorfizmaya uğramış, kireçtaşı, dolomit, şeyl türü sedimanter kökenli kayalardan oluşur (Demirtaşlı, Turhan, Bilgin ve Selim, 1984). Bu birimleri Kretase yaşlı ofiyolitik melanj tektonik olarak üstlemektedir. Söz konusu temel üzerinde Ereğli-Ulukışla havzasının Kretase-Eosen yaşlı ve İç-Toros Okyanusu'nun evrimini yansıtan kayaları yer alır (Oktay, 1982). Ereğli-Ulukışla Havzası fliş özellikli derin deniz denizel çökelleri, denizaltı volkanitleri ve bunlar içine sokulmuş mağmatitlerden yapıldır. Oligosen-Miyosen yaşlı molas türünde çökellerden oluşan topluluk yukarıda değinilen tüm birimleri açılı uyumsuz olarak örter. Bu topluluk jips, anhidrit, tatlı su kireçtaşı - marn ardışımı ve akarsu koşullarında çökelmiş çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanasından yapıldır (Oktay, 1982). Miyosen-Kuvaterner yaşlı Karacadağ volkanik kompleksi inceleme alanının yakın kuzeyinde bulunur. İnceleme alanının en genç birimleri ise alüviyal kompleks özellikli Ereğli Havzası'nın dolgusunu oluşturan çökellerdir. Ereğli ilçesi Bolkardağları eteklerinden düzlüklere doğru uzanan bir alüviyal yelpaze üzerine kuruludur. Akhüyük Travertenleri de Ereğli Havzasının Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüviyal zemini üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2). Travertenlerle yanal ve düşey geçiş gösteren Ereğli Havzasının genç dolgusu, alüviyal özellikli kayalar ile geçiçi göl ve bataklık çökellerinden oluşmaktadır.

Yapısal olarak bölgenin en önemli faylarını Tuzgölü çöküntüsünü (grabenini) oluşturan KB-GD gidişli ve sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı normal fay özelliğindeki Tuzgölü Fay Zonu ve bu fayın eşleniği olan KB-GD gidişli Eskişehir-Sultanhanı Fay Zonu oluşturur. KD-GB yönelimli sol yönlü doğrultu atımlı fay niteliğindeki Niğde Fay zonu ve yine KB-GD gidişli eğim atımlı normal fay özelliğindeki Akşehir Fay Zonu bölgenin önemli uzunluklara sahip yapısal sınırlarıdır (Koçyiğit ve Özacar, 2003). Niğde Fay Zonu Ereğli Havzası'nı ve travertenlerin bulunduğu bölgeyi güneydoğudan sınırlamaktadır. Eskişehir-Sultanhanı Fay zonuna paralel olarak gelişen faylar inceleme alanının hemen yakın kuzeyine kadar devam etmektedir (Dilek, Whitney ve Tekeli, 1999). Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre ve diğ., 2011) Akhüyük travertenlerinin uzun ekseninden geçen yaklaşık 2.5 km'lik bir fay yer almaktadır.





Şekil 2: Akhüyük (Ereğli) ve çevresinin jeoloji haritası

### 3. Akhüyük Travertenleri

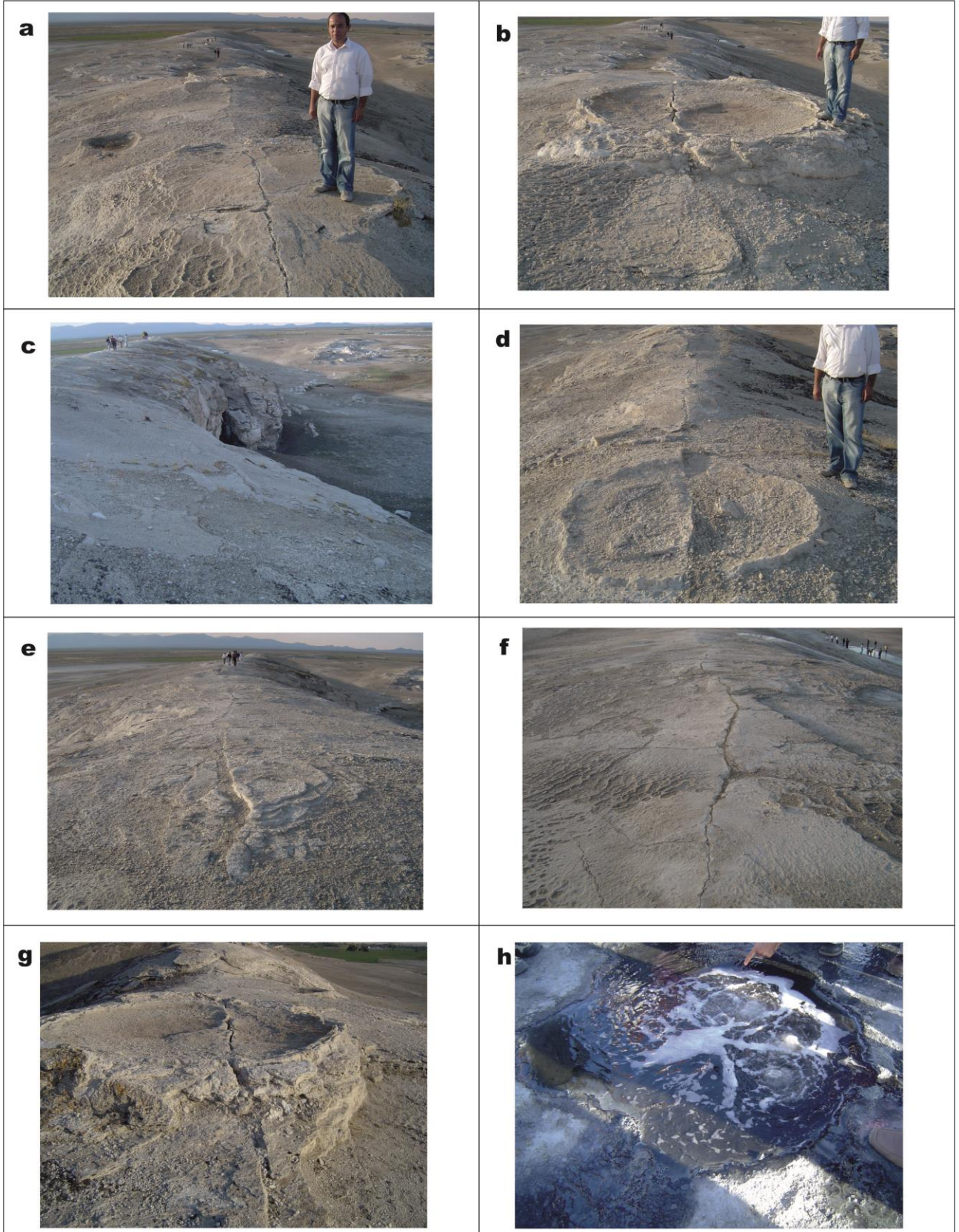
Akhüyük travertenini Ereğli ilçesinin 10 km kuzeyinde Akhüyük Mahallesi'nin yakın çevresinde bulunmaktadır. Yaklaşık KB-GD doğrultusunda toplam uzunlukları 2.4 km olan üç farklı sırt (semer) tipi traverten yapısından oluşmaktadır (Şekil 2 ve 3a, b ve c).. Akhüyük travertenleri Biricik (1978) tarafından sırt tipi bir traverten olarak nitelendirilmiştir ve 2375 m uzunluğunda olduğu belirtilmiştir. Kuvaterner yaşlı Akhüyük travertenleri K10-30B doğrultusunda yönelim sunmakta ve alüvyal bir zemin üzerinde bulunmaktadır. Radyometrik yöntemlerle travertenlerin bir bölümünün mutlak oluşum yaşı  $3345 \pm 105 - 47850 \pm 980$  yıl olarak saptanmıştır (Temiz ve Savaş, 2018). Yapılan çalışmada travertenlerin tümüyle kalsit minerallerinden yapıldığı belirlenmiştir (Şener, 2018). Travertenlerin taze yüzeyleri genellikle süt-renkli, beyaz ve yer yer saydamdır. Bazen de beyaz ve açık gri renk araldanmasından oluşan bir laminalanma sunar. Ana kütle yaklaşık 2 km uzunluğunda ve 5-20 m yüksekliğindedir. Genişliği 230 m ye kadar varmaktadır. Küçük kütlelerin boyları 370 ve 310 m civarındadır ve genişlikleri 75 m ye ulaşabilmektedir.

Sırt tipi travertenlerin orta kesiminde bu travertenleri oluşturan kaynakların çıkmasını sağlayan gerilme kökenli bir kırık boydan boya uzanmaktadır (Şekil 3d, e ve f). Ana kırığa yaklaşık olarak dik gelişmiş, fakat boyutları daha küçük olan ikinci bir sistematik kırık takımı da bulunmaktadır (Şekil 3f). Bu geometrik düzenleme söz konusu kırıkların jenetik olarak çekme kırıkları olduğunu belirtmektedir. Bunların yanı sıra traverten sırtının kenar kesimlerinde ana kırığa paralel ve bir kısmında güncel su çıkışlarının olduğu boyutları daha küçük kırıklar da bulunmaktadır. Kırıkların açıklığı 1 kaç mm ile 10 cm arasında değişir. Traverten oluşumu devam etmekte olup kırık boyunca sırt üzerinde yer yer termal su çıkışları devam etmektedir (Şekil 3h ve Şekil 4a ve b). Travertenleri oluşturan kırık boyunca bir çok sıcak ve mineralli su çıkışı bulunmakta ve bunların sıcaklıkları  $18,5 - 25$  °C, debileri ise 0,1 - 1,5 l/s arasında değişmektedir (Göçmez, 2011).

Sırt boyunca kaynakların çıktığı yerlerde dairesel havuzlar gözlenir. Havuzların çapı 30 cm - 2 m arasında değişir. Havuzların bazılarında su çıkışları olurken bazıları da boştur. Ana kırığın olduğu sırtın merkezi kesimindeki kurumuş havuzlar kesitleri dairesel aşağı doğru silindirik şekilli üst üste bulunan çay tabağına benzer güzel yapılar sunar (Şekil 3a ,b, d, e ve g). Sırtın etek kesiminde bazen mağara şekilli küçük boşluklar bulunur. Boşlukların genişliği 2 m'ye varabilmektedir. Bu boşluklarda yine boşluk dolguları şeklinde  $CaCO_3$  birikimleri gözlenir. Yörede tabakalı ve damar tipi travertenler bulunur (Şekil 4c ve d). Tabakalı travertenler sırttan itibaren eteklere doğru uzanırlar.







Şekil 3: a, b ve c: Sırt tipi Akhüyük travertenlerinin güneybatıdan kuzeydoğuya doğru görünüşleri; d, e ve f: Akhüyük travertenlerini oluşturan kırıklar; g ve h: Kırık boyunca gözlenen kuru ve aktif sulu dairesel havuzlar (Ayrıntılı açıklamalar metin içinde).







**Şekil 4: a: Aktif su barındıran dairesel havuz, b: Güncel traverten oluşumu, c: Tabakalı travertenler, d. Damar tipi travertenler, e ve f: Konsantrik ve ışmsal dokulu traverteneler, g: Akhüyük traverteni eteklerindeki aktif bir havuz, h: Traverten boyunca gözlenen kaynak çıkışları (Daha geniş açıklamalar metin içinde verilmiştir).**





Damar tipi travertenler de kırık düzlemlerine paralel olarak gözlenir. Işınsal ve konsantrik yapıli travertenler göze hoş yapılar oluşturur (Şekil 4e ve f). Sırt kenarlarında kırıklardan çıkan aktif kaynaklar küçük ölçekli Pamukkale travertenlerini andırır beyaz ve kirli beyaz renkli güncel oluşumlar da meydana getirmektedir (Şekil 4b). Ayrıca sırt tipi travertenlerin etek kesimlerinde teras şekilli aktif kaynak ve havuz oluşumları bulunur (Şekil 4g ve h). Farklı noktalardan çıkan karbonatça zengin kaynak sularının oluşturduğu ve doldurduğu havuzların uzunluğu 10 m'ye kadar varabilmektedir. Oluşumu devam eden, dünyada ve Türkiye'de örnekleri nadir olan Jeolojik miras nitelikli Akhüyük travertenlerinin bir bölümünde traverten ocakları bulunmakta ve bir bölümünde de termal amaçlı düzenlemeler yapılmaktadır. Ana traverten oluşumunun güneydoğu kesiminde ve küçük ölçekli iki traverten sırtında taş ocakları bulunmakta ve travertenler işletilmektedir (Şekil 5a, b, c ve d). Ana traverten sırtının kuzeybatı bölümünde ise yerel yönetimler tarafından termal amaçlı düzenlemeler yapılmıştır (Şekil 5e, f, g ve h). Bu kesimdeki travertenin sırtı alınarak düzleştirilmiş ve düzleştirilmiş sırtın üst kesimine havuzlar inşa edilmiştir.



Şekil 5: a ve b:Akhüyük travertenini ana sırtının güneydoğusundaki taş ocakları, c ve d: Kuzeydoğu daki küçük sırtta açılmış traverten ocağı; e ve f: Ana sırtın üzerinde inşa edilmiş termal havuzların üstten görünüşü; g ve h: Tesislerin yandan görünüşleri



#### 4. Sonuçlar

Bölge için turizm ve ekonomik açıdan oldukça önemli ve nadir doğa (tabiat) varlıklarımızdan olan Akhüyük travertenini ciddi bir insan kaynaklı tahribat geçirmiştir ve geçirmektedir. Akhüyük Travertenlerinin bozulmadan kalan kesimleri acil olarak koruma altına alınmalı ve insan eliyle yapılan faaliyetler tekrar gözden geçirilerek yeniden planlanmalıdır.

#### 5. Kaynakça

- Biricik, A. S. (1978). Konya Ereğlisi Akhüyük travertenleri ve kükürtlü suları. *Jeomorfoloji Dergisi*, 7, 55-61.
- Demirtaşlı, E., Turhan, N., Bilgin, A. Z. ve Selim, M. (1984). Geology of the Bolkar mountains, *International Symposium on the Geology of The Taurus belt*, M.T.A. Publ., Ankara, 125 -142.
- Dilek Y, Whitney DL, Tekeli O. (1999). Links between tectonic processes and landscape morphology in an Alpine collision zone, south-central Turkey. *Z Geomorphol NF Suppl-Bd*, 118. 147-164.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013). 1/1.125.000 Ölçekli Türkiye diri fay haritası, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi*, Ankara, Türkiye,
- Göçmez, G. (2011). Konya'nın Jeotermal Enerji Potansiyeli, *I. Konya Kent Sempozyumu, Bildiriler 26-27 Kasım 2011*, 465-469
- Kocyiğit, A. & Ozacar, A. (2003). Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: New field and seismic data, *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 67-90.
- Oktay, F. (1982). Ulukışla ve çevresinin stratigrafisi ve jeolojik evrimi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 25, 15-24.
- Polat, S. (2011). Türkiye'de traverten oluşumu, yayılış alanı ve korunması. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428.
- Şener, M. F. (2018). Akhüyük (Konya) jeotermal alanındaki hidrotermal akışkan dolaşımı ve traverten oluşum mekanizması, Orta Anadolu, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 6, 193-206.
- Temiz, U & Savaş, F. (2018). U/Th Dating of the Akhüyük fissure ridge Travertines in Ereğli, Konya (Central Anatolia, Turkey): Their relationship to active tectonics, *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 3739–3749.





## AYHAN (AVANOS-NEVŞEHİR) ÇEVRESİNİN JEOLOJİK MİRAS AÇISINDAN ÖNEMİ

Yaşar Eren<sup>1\*</sup>, Ramazan Demircioğlu<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

yeren@ktun.edu.tr

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü

ra.demircioglu@gmail.com

### Özet

Peri bacaları ile ünlü Nevşehir Bölgesi bunların dışında farklı jeolojik oluşum ve yapılarla da sahiptir. Ayhan (Avanos) çevresinde her biri jeolojik miras sayılabilecek birçok yapı yüzelemektedir. Bu çalışmanın amacı Ayhan (Avanos) çevresinde jeolojik miras açısından önemli olan yapıları tanıtmak ve korunmalarını sağlamaktır. Ayhan bölgesinde temeli Kırşehir Masifi'ne ilişkin yüksek dereceli metamorfik kayalar ve bunları kesen Geç Kretase yaşlı granitler oluşur. Bu temel Paleosen-Eosen yaşlı karasal-denizel sedimanter kayalarla uyumsuz olarak üstlenir. Yörenin en genç birimlerini Miyosen-Kuvaterner yaşlı karasal, görsel ve volkanik kökenli kayalar oluşturur. Paleosen-Eosen yaşlı sedimanter kayalar Miyosen öncesinde Tuzgölü havzasının evrimleşmesine bağlı olarak şiddetli bir şekilde deforme olmuş, kıvrımlanmış ve kırılanmıştır. Jeolojik Miras açısından önemli olan yapılar da Paleosen-Eosen yaşlı ve farklı renkteki tabakaların ardalanmasından oluşan sedimanter kayalarda gözlenmektedir. Bu oluşumlar kayaların çökmesi esnasında oluşan birincil sedimanter yapılar ile bunların deformasyonu sonucu gelişmiş kıvrımlı ve kırık yapılar gibi ikincil yapıları da kapsamaktadır. Jeolojik açıdan ilginç ve güzel birincil yapıları genellikle kıvrımların dış yaylarında gözlenen sürüme, oyu-dolgu yapıları, akıntı izleri ve kaval yapıları oluşturmaktadır. Sürüme yapılarına Ayhan'ın 1.5 km kuzeybatısında kum-kil ocaklarında açılmış yarmalarda kıvrımlanmış kumtaşı tabakalarının dış yayında rastlanılmaktadır. Kaval yapıları ise yine Ayhan'ın 1 km kuzeybatısında Ayhan - Hacıbektaş karayolunun hemen doğusunda çamurtaşı-kumtaşı ardalanması içinde gelişmiş kıvrımlanmış tabaka yüzeylerinde gözlenmektedir. Ayhan çevresindeki daha ilginç yapıları farklı renklerdeki seviyelerin ardalanmasından oluşan kıvrımlanmış tabakalar oluşturur. Ayhan'ın hemen güneyinde Ayhan - Gülşehir karayolu üzerinde açılan yarmalarda gözlenen kıvrımlar, görsel olarak oldukça dikkat çekicidir. Yol yarmalarında 25 m uzunluğunda 10 m yüksekliğinde devrik kıvrımlar ile çeşitli boyutlarda her biri doğal sanat eseri olan yapılar izlenmektedir. Yine aynı yol yarmasında güneye doğru çok güzel bindirmeli ve kırık yapılar da mostra vermektedir. Ayhan çevresinde dünya da bile nadir olarak görülebilecek diğer bir yapıyı da kayma zonlarına özgü kılıf-kın kıvrımları oluşturur. Yer yer 200-250 m uzunluğunda deve hörgücü şeklinde bükülmüş kıvrım eksenlerine sahip bu yapılar Ayhan'ın kuzey ve doğusunda açılan kum-kil ocağı yarmalarında rastlanır. Yol yarmalarında ve Ayhan'ın kuzey ve doğusundaki kum-kil ocaklarında izlenen bu jeolojik miras açıdan ilginç yapılar hem eğitim hem de jeo-turizm açısından oldukça önemli ve nadir görülen örneklerdir. Yöredeki kum-kil işletmeleri nedeniyle bu yapıların bir kısmı tahrip olmuş, büyük bir kısmı yok olma tehdidi altındadır.

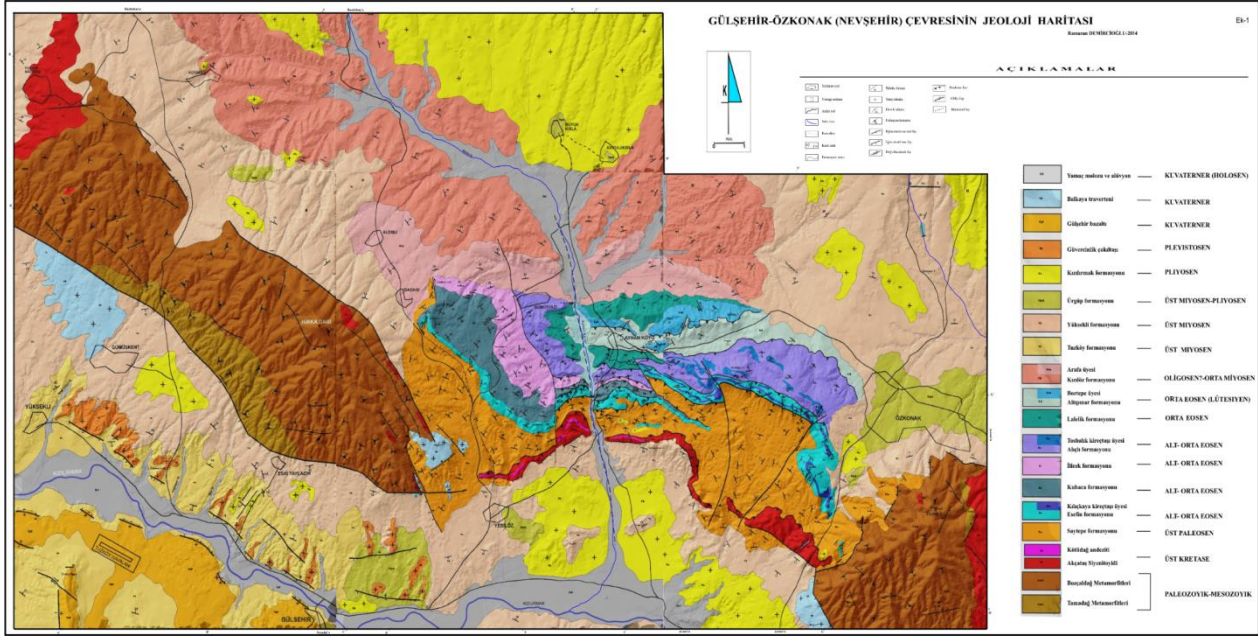
**Anahtar Kelimeler:** Ayhan, Avanos, Kıvrım, Sedimanter Yapılar, Jeolojik Miras

### 1. Giriş

Peri bacaları ile ünlü Nevşehir bölgesi bunların dışında farklı jeolojik oluşum ve yapılarla da sahiptir. Ayhan (Avanos) çevresinde her biri jeolojik miras sayılabilecek birçok yapı yüzelemektedir. Bu çalışmanın amacı Ayhan (Avanos) çevresinde jeolojik miras açısından önemli olan yapıları tanıtmak ve korunmalarını sağlamaktır. İnceleme alanı Orta Anadolu Bölgesinde Nevşehir ilinin kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 1)







Şekil 2: Ayhan ve çevresinin jeoloji haritası (Demircioğlu, 2014'ten)

Yay gerisi havza şeklinde evrimleşen Ayhan havzasına ilişkin üstte değinilen birimler açılı uyumsuz olarak Yaylacık grubuna ait Üst Miyosen gösel, karasal ve volkanoklastik kayalar tarafından örtülmektedir. Ayhan çevresinde yüzeyleyen birimlerin üçüncü topluluğu olan Üst Miyosen - Pleyistosen Avanos grubuna ait kırıntılı klastik kayalar ve volkanikler tüm bu birimleri uyumsuz olarak örter. Yörenin en genç litolojilerini ise Kuvaterner yaşlı traverten, yamaç molozu ve alüvyonlar oluşturur.

Bölgede Paleosen - Orta Eosen döneminde genelde gerilmeli bir yay-ardı havzada karasal-denizel özellikli Ayhan grubuna ait kayalar çökelmiştir. Geç Eosenden itibaren yay-gerisi Ayhan havzasının kapanmasına bağlı olarak, gruba ait kayalar, Gümüşyazı ekay zonu boyunca güneyden-kuzeye doğru taşınmış ve en az iki evreli deformasyona (D<sub>1</sub>- ve D<sub>2</sub>) ve üç evreli kıvrımlanmaya (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>- ve F<sub>3</sub>) uğramıştır. İlk evre ilerleyen *deformasyon sonucu Ayhan grubuna ait kayalarda, Tip-3 türü kıvrımlanmış kıvrım ve kayma zonlarına özgü kılıf kıvrımları* gelişmiştir (Demircioğlu, 2014). Bölgede Orta Miyosen'de molas tipi karasal çökeller depolanmıştır. Orta - Geç? Miyosene kadar etkinliğini sürdüren sıkışmalı tektonik rejime ilişkin D<sub>2</sub>- deformasyonu Geç Miyosen-Pliyosen öncesinde, ana olarak harita ölçeğinde kink kıvrımları ve kuzeydoğu-güneybatı gidişli yanal atımlı ters ve bindirme fayları oluşturmuştur. Devam eden kabuk kısaltmaları Yaylacık grubuna ait kayaları da kıvrımlandırmıştır. Geç Miyosen'den itibaren sıkışmalı rejim yerini gerilmeli bir tektonik rejime bırakmış ve blok faylanmalarla yörede Neotektonik döneme ilişkin kuzeybatı-güneydoğu gidişli horst-graben yapıları meydana gelmiştir (Şekil 2).

### 3. Ayhan Çevresindeki Jeolojik Miras Yapıları

Jeolojik Miras açısından önemli olan yapılar Paleosen-Eosen yaşlı ve farklı renkteki tabakaların ardalanmasından oluşan Ayhan grubuna ilişkin sedimanter kayalarda gözlenmektedir. Ayhan grubuna ait kayalar ana olarak, şeyl, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası ve kireçtaşlarından oluşur. Jeolojik miras niteliğindeki yapılar, kayaların çökmesi esnasında oluşan birincil sedimanter yapılar ile bunların deformasyonu sonucu gelişmiş kıvrımlı ve kırıklı yapılar gibi ikincil yapıları kapsamaktadır.

Jeolojik açıdan ilginç ve görsel olarak güzel olan birincil yapıları genellikle kıvrımlanmış kumtaşı tabakaları yüzeylerinde iz fosiller, sürüme yapıları, oygu-dolgu yapıları, akıntı izleri ve kaval yapıları oluşturmaktadır (Şekil 3). Sürüme yapılarına Ayhan'ın 1.5 km kuzeybatısında kum-kil ocaklarında açılmış yarmalarda kıvrımlanmış kumtaşı tabakalarında rastlanılmaktadır (Şekil 3a-d). Taze yüzeyleri gri, krem ve yer yer kahve renkli olan kumtaşı tabakalarının kalınlığı 30 - 50 cm arasında değişmekte ve kırmızı, kahve, yeşil ve gri renkli çamurtaşı ve şeyllerle ardalanma göstermektedir. Bu kesimde 7 - 8 m yüksekliğindeki antiklinalin dış yayında uzaktan 10-20 cm çapında yükselteler ve aralardaki çukurluklardan oluşan çarpıcı görüntü dikkati çeker (Şekil 3a ve b). Çukurluklarda 1-2 cm genişliğinde ve çok güzel desenler oluşturan iz fosiller bulunur (Şekil 3c ve d). Kaval yapıları ve akıntı izleri kapsayan kayalara yine Ayhan'ın 1 km kuzeybatısında Ayhan-Hacıbektaş karayolunun hemen doğusunda rastlanılmaktadır. Yapılar yine kıvrımlanmış kumtaşı tabaka yüzeylerinde bulunmaktadır. Bu kesimde 10 - 50 cm kalınlığında gri-krem renkli kumtaşı tabakaları yine toplam kalınlığı 10 m ye varabilen yeşil, gri, kahve ve mor renkli çamurtaşı ve şeyllerle arasında ara tabakalar şeklinde bulunmaktadır (Şekil 3 - h). Kıvrımların eksen düzlemleri güneye eğiktir ve kuzeye devrik kıvrımlar şeklindedirler. Çamurtaşı ve şeyller eksen bölgeleri dar kanatları düz kıvrımlar şeklineyken, kumtaşı tabakalarındaki kıvrımlar geniş eksen bölgelerine sahip konsantrik kıvrımlar şeklinde bulunurlar (Şekil 3e). Akıntı izleri genellikle aşınmayla ortaya çıkmış devrik kumtaşı tabaka yüzeylerinde bulunur ve bu izler kıvrımlanmaya bağlı olarak deforme olmuşlardır (Şekil 3g ve h)







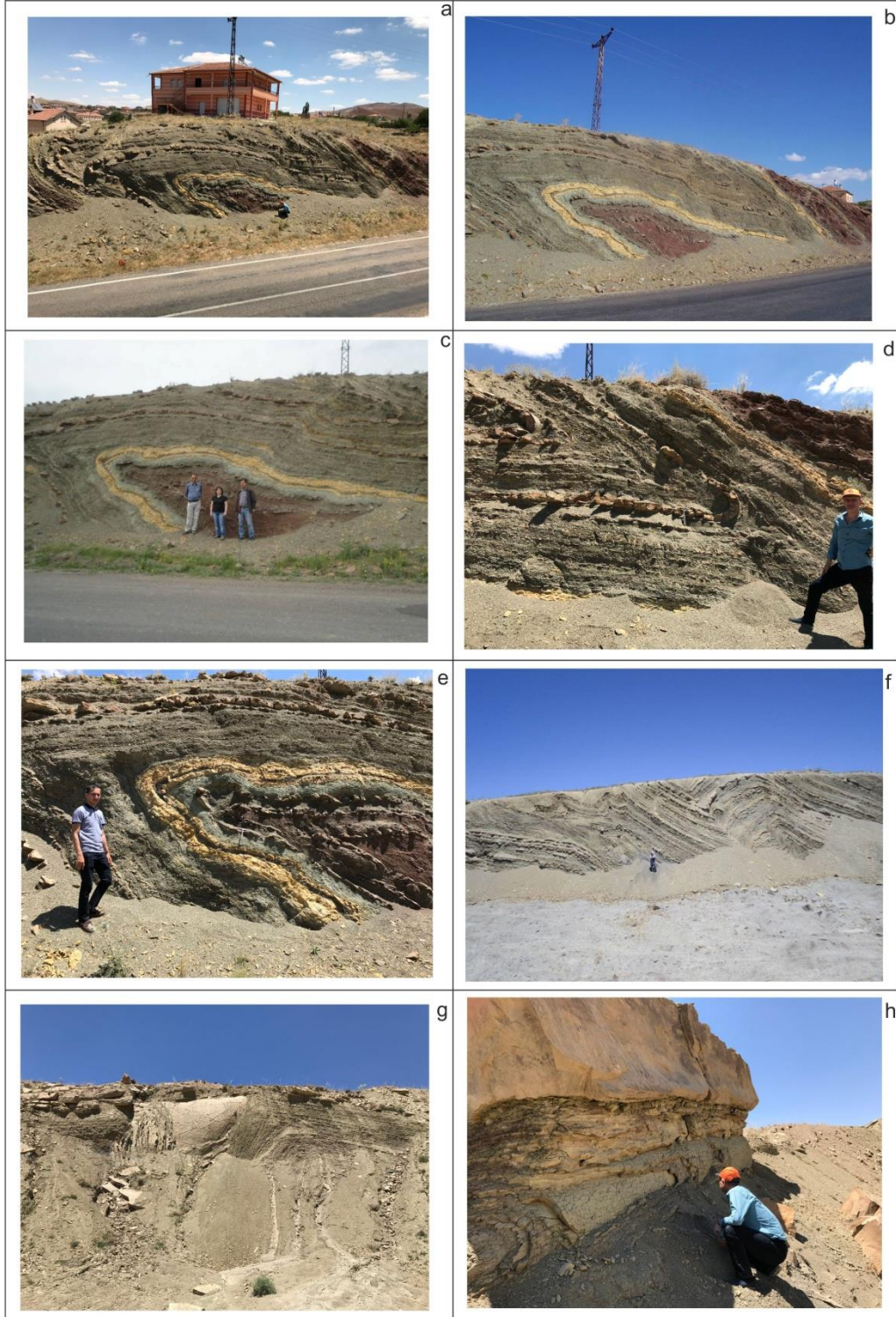
Şekil 3: a-d: İnceleme alanındaki birimlerde izlenen iz fosil ve sürüme izleri; f-h: Kaval yapıları ve akıntı izleri





Akıntı yapıları devrik kıvrım kantalarında izlenirler ve diğer akıntı yapıları ile iz fosillerle beraber bulunurlar. Benzer yapılara yaygın olarak bu kesimde açılmış kum-kil ocağı yarmalarında rastlamak mümkündür.

Ayhan çevresindeki daha ilginç yapıları farklı renklerdeki seviyelerin ardalanmasından oluşan kıvrımlanmış tabakalar oluşturur (Şekil 4 ve 5).



Şekil 4: a-e: Ayhan Köyü (Avanos) civarında Hacibektaş-Gülşehir karayolu yol yarmalarında izlenen devrik kıvrımlar; f, g ve h: Ayhan kuzeyindeki taş ocaklarında gözlenen kıvrımlı-bindirmeli yapılar (Daha geniş açıklamalar metin içinde)





Ayhan'ın hemen güneyinde Ayhan-Gülşehir karayolu üzerinde açılan yarmalarda gözlenen kıvrımlar, görsel olarak oldukça dikkat çekicidir (Şekil 4a - e).



**Şekil 5: a-c: Ayhan kuzeyindeki kum-kil ocaklarında Paleosen-Eosen yaşlı kayalarda izlenen kıvrımlar; d ve e: Hacıbektaş-Gülşehir yolu üzerinde gözlenen kıvrımlanmış kıvrımlar; f, g ve h: aynı yol yarmasında gözlenen bindirmeli - faylı yapılar (Daha geniş açıklamalar metin içindedir)**

Doğal sanat eseri olan bu kıvrımda yeşilin ve grinin her tonunu taşıyan çamurtaşı, şeyl ve kiltası ardalanması içinde sarı renkli kireçtaşı ve yine kırmızı-kahve renkli çamurtaşları ve kumtaşları bulunmaktadır (Şekil 4b ve e). Ana kıvrımın tekrar deforme olması ile Tip-3 türü (Ramsay, 1967) kıvrımlanmış kıvrım gelişmiştir (Şekil 4e). Kıvrımlanma nedeniyle tabakalarda kalınlaşma ve incelmeler gözlenmektedir. Özellikle dayanımsız (inkompetent) kayalar kıvrımın eksen bölgelerinde oldukça kalınlaşma sunmaktadır (Şekil4 d ve e). Aynı yolun hemen yakınında açılan taş ocağı ve kum-kil ocağı yarmalarında benzer şekilli çok sayıda





kitaplara girebilecek özelliklerde kıvrımlara rastlanılır (Şekil 4f,g ve h; Şekil 5a, b ve c). Şekil 4 f’de gözlenen kıvrımlı-bindirmeli yapı da doğada ender rastlanacak jeolojik yapılarıdır. Bu yapı yeşil ve gri renkli, ince orta tabakalı, Lalelik formasyonuna ait çamurtaşı, şeyl ve kumtaşı ardalanmasında bulunmaktadır. Aynı birim içinde oluşmuş bir düz-yokuş yapısı (ramp-flat structure) şeklindeki bir bindirme düzlemi üzerinde fay-bükülme ve daha küçük ölçekli fay ilerleme kıvrımları gelişmiştir. Aynı yarmada yine çekirdeğinde kumtaşlarının kanatlarında ise çamurtaşı-şeyl ardalanmasının bulunduğu kıvrımda göze hoş gelen bir yapı oluşturmaktadır (Şekil 4g). Bu kıvrım yeniden kıvrımlanmış bir kıvrımın kalıntısını oluşturmaktadır. Yine Ayhan’ın hemen yakın kuzeybatısında yol kıyısına yakın açılmış bir taş ocağı yarmasında gözlenen yatık kıvrım, silindirik kıvrım eksenli bölgesiyle güzel bir yapı oluşturur (Şekil 4h). Söz konusu kıvrım ilerde tanıtılacak bir kılıf kıvrımının arta kalan bölümünü temsil etmektedir. Lalelik formasyonunun kumtaşı, çamurtaşı ve şeyl ardalanmasında yaygın olarak gözlenen bu kıvrımlarda, çamurtaşı ve şeylerde zig-zag veya şevron özellikli düz kanatlara ve keskin köşeli dar eksen bölgelerine sahip kıvrımlar gözlenirken, orta kalın ve kalın tabakalı kumtaşlarında konsantrik özellikli (yay-şekilli) kıvrımlar izlenir (Şekil 5a, b ve c). Gülşehir-Ayhan karayolu yol yarmasında kireçtaşı ve çamurtaşı ardalanmasında gelişen tip-3 türü kıvrımlanmış kıvrım (Ramsay, 1967) ilginç şekliyle yine dikkat çeken bir yapıdır (Şekil 5d ve e). Tabaka kalınlığı 10-30 cm arasında değişen sarı renkli kireçtaşı ve yeşil – gri şeyllerde gelişen bu yapıda ilk evre kıvrımın kanatları farklı kalınlıktadır. İkinci evreye ilişkin kıvrımlarda çok farklı şekilli kıvrımlar oluşur ve genellikle yassılmış paralel kıvrım özelliği sunarlar. Kıvrımların eksen bölgelerinde kanatlara göre kalınlaşma vardır. Yer yer incelmeye bağlı olarak sosis-sucuk yapıları (budinajlanma) da gelişmiştir. Yine kıvrımın üst kesimlerinde sonraki deformasyonlara bağlı normal faylar da bulunur. Ayhan’ın güneyinde aynı yol yarmasında Lalelik formasyonun farklı renkteki ve farklı kalınlıktaki tabakaları içinde gelişen düşük açılı faylanmalar yine jeolojik açıdan ilginç ve görsel olarak göze hoş gelen yapılar oluşturur (Şekil 5f ve g). Kalınlığı 20cm-1m arasında değişen kırmızı - kahve renkli çamurtaşları arasında izlenen gri, yeşil, sarı ve beyaz renkli kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşı ara katkıları tabakalanma boyunca incelmeye ve kalınlaşma sunarlar. Aynı yüzlelerde bu kayalar içinde yüksek açılı ters fay, normal fay ve budinajlar görülür. Bu kesimin güneyinde Esefin formasyonunun koyu renkli şeyl ve kumtaşları içinde kalınlığı 1 m ye varan bindirme zonu bulunmaktadır (Şekil 5h). Zon içindeki bir kumtaşı tabakasında sürüklenmeye bağlı olarak gelişmiş eksenli yay geometrilili kıvrım yine nadir görülen yapılarıdır.

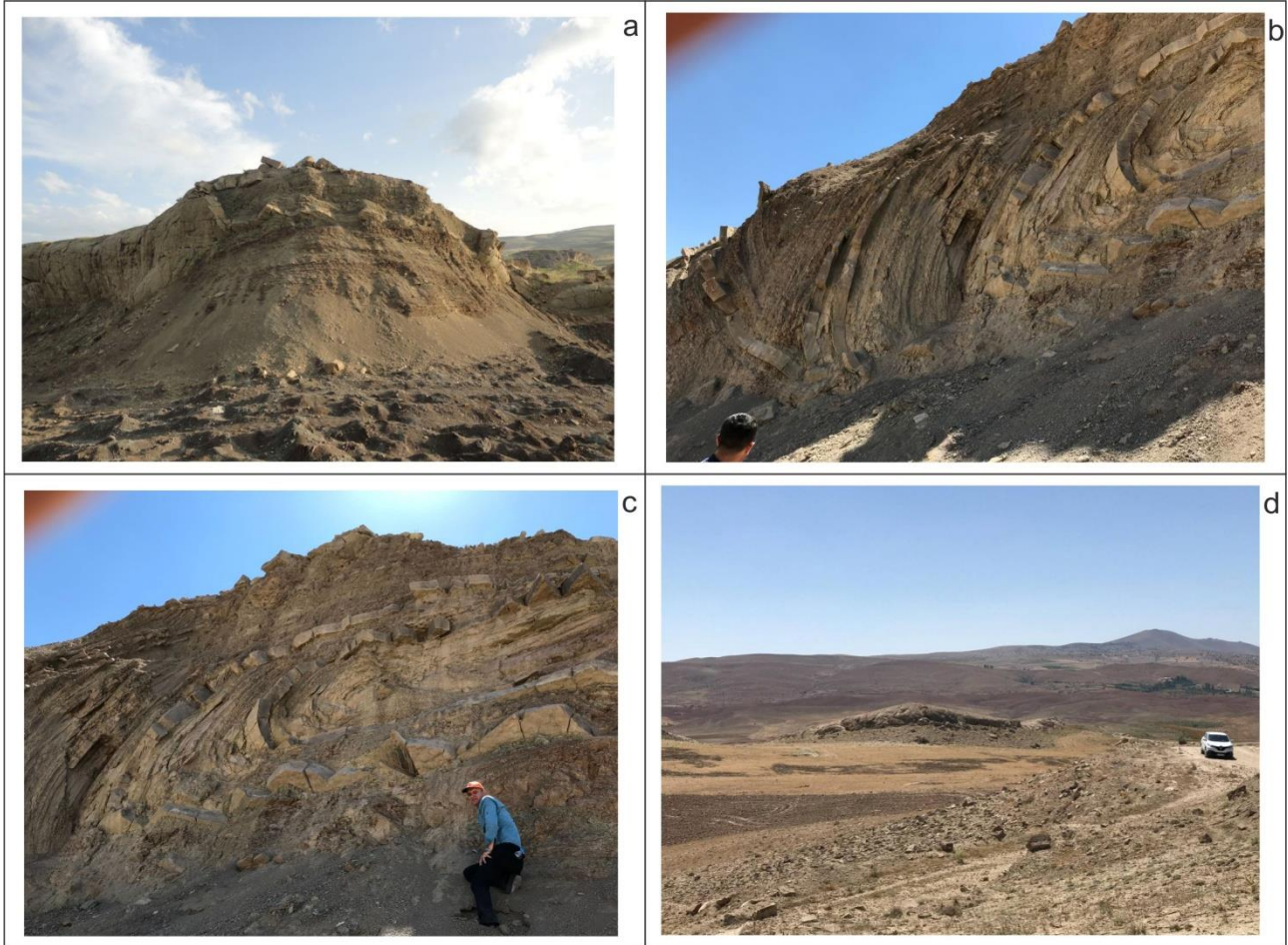
Ayhan çevresinde, dünya da bile nadir olarak görülebilecek diğer bir yapıyı da kayma zonlarına özgü kılıf-kın kıvrımları (Ramsay, 1980; Alsop ve Holdsworth, 2007) oluşturur.



Şekil 6: Ayhan yakın kuzeyinde gözlenen ve bu boyutta dünyada bile örneği nadir olan kayma zonlarına özgü kılıf-kın kıvrımının a: Genel; b ve c: Sırasıyla sol ve sağ kanat bölümlerinin görünüşü (Kıvrım taş ocağı işletmesi nedeniyle büyük ölçüde yok olmuştur)



Ayhan'ın hemen kuzeyindeki taş ocağı yarmasında izlenen deve hörgücünü andıran kılıf kıvrımının uzunluğu 150 m'ye varmaktadır (Şekil 6a-c). Kıvrım Lalelik formasyonunun gri – yeşil renkli kumtaşı, çamurtaşı, şeyl ardalanması içinde gelişmiştir. Eksen düzlemi güneye eğik bu devrik - yatık kıvrımın eksenini de yay şekilli olarak bükülmüştür (Şekil 6b ve c). Kalınlığı 1 m ye varan kumtaşı tabakası ana kıvrımı oluşturmaktadır. Kıvrımın sol kanadı hafif yay geometrisi sunarken soldaki bölümün eksenini şiddetli bir şekilde bükülmüş ve daha küçük bir antiform oluşturmuştur (Şekil 6b ve c). Ana kılıf kıvrımının uç kesiminde kumtaşı tabakası aşınmış ve dikdörtgen bir göz yapısı içinde çamurtaşı ve şeyl tabakaları yüzeylenmiştir (Şekil 7a). Dünyada bile belki örneği olmayan bu kıvrım daha sonra malzeme alımı nedeniyle tahrip edilmiş geriye sadece kanat bölgesindeki birkaç ufak kıvrım (Şekil 4g) kalmıştır. Aynı bölgedeki kil ocağı işletmelerinde yine yöredeki kayma zonlarında gelişmiş çeşitli geometrideki kıvrımlanmış kıvrım yüzeylemeleri bulunmaktadır (Şekil 7b ve c). Bu bölgede Altıpınar formasyonu içinde bulunan Boztepe üyesine ait kireçtaşları uzanımları boyunca deve hörgücü şeklinde kılıf kıvrımları oluşturmaktadır (Şekil 7d).



Şekil 7: a: Ayhan kuzeyindeki kılıf-kın kıvrımının eksen bölgesinin görünümü, b ve c: Ayhan Kuzeyindeki kil-kum ocaklarında gözlenen kayma zonlarına ilişkin eş-eksenli kıvrımlanmış kıvrımlar; d: Ayhan kuzeydoğusunda Eosen yaşlı kireçtaşlarında yaygın olarak izlenen kılıf kıvrımının eksen bölgesinin görünümü

#### 4. Sonuçlar

Ayhan Köyü (Avanos-Nevşehir) yakınında Gülşehir - Hacıbektaş karayolu yol yarmalarında ve Ayhan'ın kuzey ve doğusundaki kum-kil ocaklarında izlenen birincil ve ikincil kökenli yapılar jeolojik miras açısından oldukça ilginç ve nadir oluşumlar barındırmaktadır. Paleosen – Eosen yaşlı ve çok renkli tabakalardan oluşan sedimanter kayalarındaki bu yapılar hem eğitim hem de jeo - turizm açısından oldukça önemli örneklerdir. Yöredeki kum - kil ocağı işletmeleri nedeniyle bu yapıların bir kısmı tahrip olmuş, yok olmuş, büyük bir kısmı da yok olma tehdi altındadır. Bu nedenle yörenin jeosit alanı olarak koruma altına alınması ve önemli yapıların uzmanlarca belirlenerek, kil ocakları işletilmesi ve yol yarmalarının yeniden düzenlenmesi çalışmalarında yok olmalarını için gerekli tedbirlerin alınması gerekir.

#### 5. Kaynakça

Akgün, F., Olgun, E., Kuşçu, İ., Toprak, V., Göncüoğlu, M.C. (1995). Orta Anadolu Kristalen Kompleksinin ‘‘Oligo-Miyosen’’ örtüsünün stratigrafisi, çökme ortamı ve gerçek yaşına ilişkin yeni bulgular. *T.P.J.D. Bülteni*, 51-68.



- Alsop, G.I. & Holdsworth, R.E. (2007). Scale invariant sheath folds in salt, sediments and shear zones, *Journal of Structural Geology*, 29(10), 1-20.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu, H. ve Canpolat, M. (1988). Hacibektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir) Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi. *M.T.A. Rapor* No: 8523.
- Demircioğlu, R. (2014). Gülşehir-Özkonak (Nevşehir) çevresinde Kırşehir masifi ve örtü birimlerinin jeolojisi ve yapısal özellikleri, *Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya*, 209s.
- Eldert L. A., Douwe J. J. van Hinsbergen, Kaymakçı, N., Reinoud L.M., Vissersa & Bart W. H. Hendriks. (2014). Late Cretaceous extension and Palaeogene rotation related contraction in Central Anatolia recorded in the Ayhan-Büyükkişla basin. *International Geology Review*, 56 (15), 1-25.
- Göncüoğlu, C., Yalınz, K., Kuşçu, I., Köksal, S. ve Dirik, K.. (1993). Orta Anadolu Masifinin orta bölümünün jeolojisi, *Orta Kızılırmak Tersiyer Baseninin Jeolojik evrimi. T.P.A.O. Rapor*, No: 3313.
- Lefebvre C., Barnhoorn A., Hinsbergen D.J.J , Kaymakçı N., Vissers R. L.M. (2011). Late Cretaceous extensional denudation along a marble detachment fault zone in the Kırşehir masif near Kaman, central Turkey. *Journal of Structural Geology*, 33, 1226-1236.
- Ramsay, J.G. (1967). Folding and fracturing of rocks, *McGraw - Hill, New York*. 568 s.
- Ramsay, J.G. (1980). Shear zone geometry: a review. *Journal of Structural Geology* 2, 83-99.
- Seymen, İ. (1981). Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir Masifi'nin stratigrafisi ve metamorfizması. *Türkiye Jeol. Kur. Bült*, 24,101 - 108.





# MEYVE SUYU ÜRETİMİNDE UYGULANAN ISIL VE ISIL OLMAYAN İŞLEMLERİN FENOLİK BİLEŞİKLERE ETKİSİ

Cemal Kaya<sup>1</sup>, Yıldız Ağca<sup>2\*</sup>, Mustafa Bayram<sup>1</sup>, Semra Topuz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

cemal.kaya@gop.edu.tr, mustafa.mbayram@gop.edu.tr, semra.topuz@gop.edu.tr

<sup>2</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği A.B.D., Tokat, Türkiye

yildizagca@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

## Özet

Günümüzde beslenmenin sağlık üzerindeki etkisi ile ilgili tüketici bilincinin artmasıyla birlikte, tüketicinin fonksiyonel gıda tüketimine eğilimi de artmıştır. Böylelikle vücudun temel besin öğelerinin dışında, insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonları üzerinde yararlar sağlayan biyoaktif bileşenler önem kazanmıştır. Gıdalardan doğal olarak alınabildiği gibi, prosesler sırasında da açığa çıkabilen, miktarı artan veya azalan bu ikincil metabolitler üzerinde gıda işleme teknolojilerinin etkilerini araştırmayı zorunlu kılmıştır. Meyve suyu üretiminde kullanılan ısı işlemlerin ürünün fizikokimyasal özellikleri ve biyoaktif bileşenleri üzerinde olumsuz etkileri nedeniyle, ısı olmayan işlemlerin araştırılması ve uygulanmasına yönelik ilgi artmıştır. Bu derleme çalışmasında, farklı meyve sularına uygulanan ısı (Pastörizasyon) ve ısı olmayan (Darbeli Elektrik Alan, Yüksek Basıncılı İşleme, Ozon ve Ultrases Uygulaması, UV-Işınlama) işlemlerin fenolik bileşenler üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncelenen araştırmalarda meyve sularının işlemlerden önceki ve sonraki fenolik bileşik, biyoyararlılık ve antioksidan kapasiteleri incelenmiş olup, sonuçların değişkenlik arz ettiği tespit edilmiştir. Genel olarak ısı işlemin fenolik bileşikler üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu, ısı olmayan işlemlerin ise gıdanın özelliğine, işlem süresi ve yoğunluğuna bağlı olarak değişken sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu durum, ısı olmayan işlemler üzerinde daha fazla araştırma yapılmasını ve yeni yöntemlere yönelişini gerektirdiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Meyve suyu, Fenolik, Isıl İşlem, Darbeli Elektrik Alan

## 1. Giriş

Fenolik bileşikler farklı biyolojik etkilere sahip, aromatik aminoasit metabolizması sırasında sentezlenen ara ürünlere ikincil metabolitler denir. Biyoaktif bileşenlere arasında bulunan fenolik bileşikler de ikincil metabolitler olup, gıdada renk ve tat oluşumuna etki eden, biyolojik olarak sağlık üzerinde olumlu güce sahip, antimikrobiyal ve antioksidatif özellik gösteren, reaksiyonlara substrat ve inhibitör olarak katılan bu bileşenler, bitkiler için oldukça önem taşımaktadırlar (Saldamlı, 1998).

Bitkilerde yoğun olarak bulunan fenolik bileşikler, antioksidan etkileri nedeniyle insan beslenmesinin önemli bir parçası ve faydalı sağlık etkileri nedeniyle büyük önem taşırlar. Bu bileşikler yapısal olarak basit bir fenolik molekülden karmaşık yüksek moleküler ağırlıklı polimerlere kadar çeşitlilik gösterir. Antioksidanlar gıdalarda bulunduğu, bitkinin gelişimini kontrol eder, toksik oksidasyon ürünlerinin oluşumunu geciktirir, besin kalitesini korur ve ürünlerin raf ömrünü uzatır (Shadidi, 2015).

Bitki türü, ekim zamanı, olgunlaşma derecesi, büyüme mevsimi, çevre ve iklim koşulları, bitki hastalıkları, toprak çeşidi, coğrafi bölge, işleme ve depolama koşulları gibi etkenler bitkilerdeki fenolik maddelerin dağılımını ve miktarını etkilemektedir (Öztaş, 2006).

Meyve suyu; sağlıklı ve olgunlaşmış meyvelerden çeşitli metotlarla elde edilen fermente olmamış fakat fermente olabilme yeteneğinde olan içeceklerdir. Meyve suyu işlendiği meyvenin tat, renk, koku gibi özellikleri taşımaktadır. Meyve suları; meyve suyu, meyve nektarı ve meyve içeceği olarak sınıflandırılabilir (Yaralı, 2019).

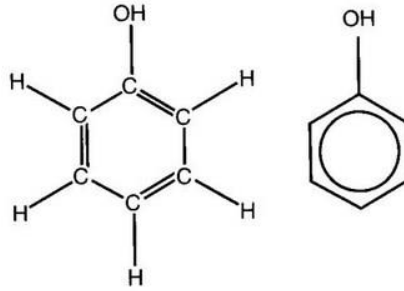
Bitkisel ürünlerde bulunan fenolik bileşikler tat ve renk üzerine etkileri, antioksidan aktiviteleri ve sağlık üzerine olumlu etkileri sebebiyle birçok çalışmanın konusu olmuş ve bu etkileri çalışmalarla kanıtlanmıştır. Ancak bitkisel ürünlere gıda işleme sırasında uygulanan metotlar ( parçalama, ısı uygulaması, paketleme, depolama vb.) üründe fiziksel ve kimyasal değişimlere neden olmakta ve yapısında bulunan fenolik madde miktarı üzerinde olumlu veya olumsuz etki yaratmaktadır. Bu çalışmanın amacı, gıda proseslerinin gıdanın yapısında bulunan fenolik madde içerik ve miktarlarına olan etkisinin araştırılmasıdır.

## 2. Fenolik Bileşenler

### 2.1. Fenolik Bileşiklerin Tanımı

Fenolik bileşikler ve daha yaygın olarak kullanılan ismi ile polifenoller benzen halkası veya bunun fonksiyonel gruplarını içeren aromatik halkadan oluşmuşlardır (Şekil 1). Buna göre fenolik bileşiklerin en basit şekli tek bir hidroksil grubu içeren benzen (hidroksibenzen) yani *fenoldür* (Tanrısever, 1982).





Şekil 34. Fenol Halkası

Genel kimyasal karakterleri C6-C3-C6 karbon iskeleti şeklindedir. 6 Fenol ve piron halkalarını taşıyan benzo- $\gamma$ -piron türevleri olup halkaya takılan gruplara göre sınıflandırılırlar (Heim ve ark. 2002). Basit fenolik bileşiklerden yüksek polimerize bileşiklere kadar değişen tarzda bileşikler oluştururlar. 1 Doğal olarak bulunan fenolik bileşikler genellikle mono, oligo ve polisakkaritlerle konjugat oluşturmuş hâldedir, bununla birlikte esterler gibi fonksiyonel türevleri de bulunmaktadır (Balasundram ve ark., 2006).

## 2.2. Fenolik Bileşiklerin Sınıflandırılması

Bitkilerde aromatik aminoasit metabolizması sırasında sentezlenen ara ürünlerden oluşan ikincil metabolitler olan fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoid türevleri olmak üzere başlıca iki gruba ayrılmaktadır. Fenolik asitler, hidroksisünamik asitler ve hidroksibenzoik asitler şeklinde iki gruba ayrılır. Polifenoller içinde en önemli ve en geniş grubu oluşturan flavonoidler ise antosiyanidinler, flavon ve flavonoller, flavanonlar, kateşin ve lökoantosiyanidinler, proantosiyanidinler olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır (Özdemir ve ark., 2004).

### 2.2.1. Fenolik Asitler

Fenolik asitler, aromatik karboksilik asitlerin hidroksi türevleridir. Bunlar aromatik zincirler üzerindeki hidroksil karbonların pozisyonları ve sayılarındaki fark nedeniyle yapısı içinde değişiklik gösterebilirler (Andreasen ve ark. 2001, Yu ve ark. 2002, Yu ve ark. 2003). Hem bağlı hem de serbest şekilde bulunabilen bu asitler, bitkilere eter, ester ve asetat bağları ile bağlı olabilirler (Ignat ve ark., 2011).

Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, fenolik asitlerin peroksil radikaller tarafından indüklenen oksidasyona karşı güçlü inhibitör aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Neo ve ark. 2010). Bundan dolayı da fenolik asitlerin birçok biyolojik fonksiyonları olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca fenolik asitler iltihap önleyici, bağışıklık sistemlerini güçlendirici ve kan dolaşımını iyileştirici özelliklerinden dolayı vücuda önemli düzeyde anti-aging etki gösterirler (Ravichandran ve ark., 2012).

Bu yapılar içinde bulunan –OH ve OCH<sub>3</sub> gruplarına göre hidroksibenzoik ve hidroksisünamik asitler olarak ikiye ayrılırlar (Şekil 2).

Asit	R1	R2	R3	Asit	R1	R2	R3
<i>p</i> -Hidroksibenzoik	H	OH	H	<i>p</i> -Kumarik	H	OH	H
Pirokateşinik	H	OH	OH	Kafeik	H	OH	OH
Vanilik	CH <sub>3</sub> O	OH	H	Ferulik	CH <sub>3</sub> O	OH	H
Siringik	CH <sub>3</sub> O	OH	CH <sub>3</sub> O	Sinapik	CH <sub>3</sub> O	OH	CH <sub>3</sub> O
Gallik	OH	OH	OH				

Şekil 2. Hidroksibenzoikler ve Hidroksisünamikler (Nizamhoğlu ve Nas, 2010)

### Hidroksibenzoik Asitler

Hidroksisünamik asitlerin oksidasyonu ile oluşan, bitkilerde iz miktarda bulunan C6-C1 fenilmetan yapısındaki bileşiklerdir (Nizamhoğlu ve Nas, 2010). En sık rastlanılan örnekleri; salisilik asit, m-hidroksibenzoik asit, gallik asit, izovanilik asittir, gentisik asit, sirinjik asittir.

### Hidroksisünamik Asitler

Meyve ve sebzelerde az miktarda ve serbest halde bulunurlar. C6-C3 fenilpropan yapısındadırlar. Fenilpropan halkasına bağlanan OH grubunun konumuna ve yapısına göre farklılaşır (Saldamlı, 2007, Balasundram ve ark., 2006)





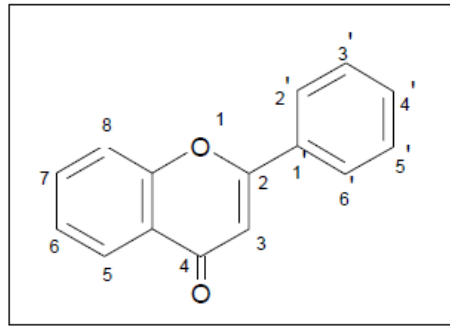
En yaygın bulunanları; kafeik asit, ferulik asit, p-kumarik asit ve o-kumarik asitlerdir. Bitkilerde büyük bir kısmı organik asitler ve şekerlerle esterleşmiş halde bulunurlar (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

### 2.2.2. Flavonoidler

Bitkilerden elde edilen, genellikle sarı renkli olan bileşiklerdir. Flavon ismi latince sarı anlamına flavus kelimesinden gelmektedir (Öztaş,2006).

Flavonoidler, türevleri C6-C3-C6 difenilpropan iskeletiyle kurulan bir kimyasal yapıya sahiptirler ve ortadaki piran halkasındaki değişikliğe göre alt gruplara ayrılmaktadırlar (Söylemezoğlu, 2003).

Flavonoidlerin yapısında bulunan OH grupları reaktif özelliklere sahiptir ve bu özellikleri sayesinde çok kolay glikozitlenirler. Flavonoidler arasındaki farklılık; hidroksil grubu sayısı, doymamışlık derecesi ve üçlü karbon atomu oksidasyonuna bağlıdır. Gıdalarda en yaygın bulunan flavonoidler polifenollerdir. Flavonoidlerin genel yapısı Şekil 3'te görülmektedir (Bayram, 2011).



Şekil 3. Flavonoidlerin Genel Yapısı

Fenolik bileşikler içerisinde en yaygın olan grup flavonoidlerdir. Bu gruba ait yaklaşık 8000 bileşik mevcuttur (Eruçar, 2006). Flavonoidler sebze ve meyvelere kırmızı, turuncu, sarı, mavi ve mor rengi vermektendirler (Öztaş, 2006).

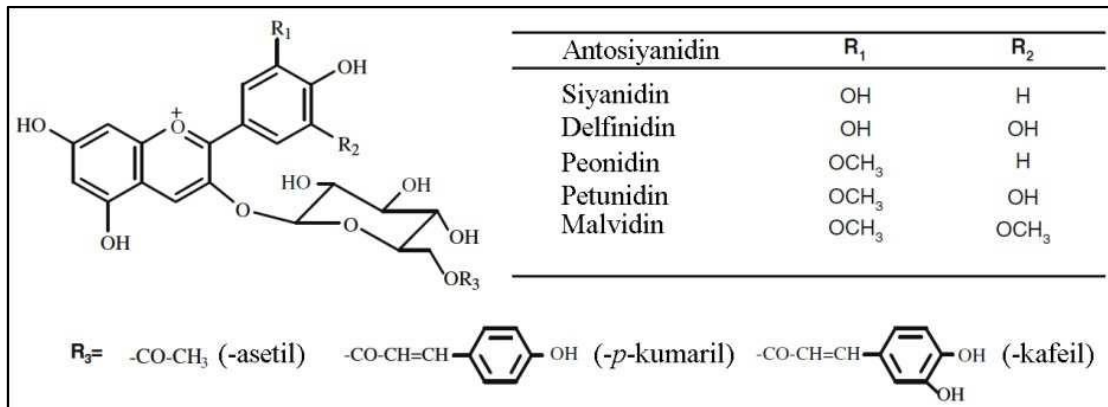
Flavonoidler meyve ve sebzelerde; renk oluşumunda, bitkiyi UV-A ve UV-B ışımından korumada, enzim inhibitörü, antioksidan vb. olaylarda kullanılırlar. Yaralanma, kuraklık ve metal ve açlık stresinde sentezlenirler (Aktaş ve Çölgeçen, 2017).

Flavonoidler, son yıllarda endüstride farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Besin, tekstil, ziraat, metalürji, tıp gibi alanlarda kullanımı artmaktadır. UV ışınlarından koruma özellikleri nedeniyle kozmetik ürün ve kremlerde kullanılmaktadır (Aktaş ve Çölgeçen, 2017).

### Antosiyanidinler

Çoğunlukla antosiyanin olarak adlandırılan glikozit formunda bulunurlar. Antosiyanidinlerin farklı şeker veya asitlerle, farklı pozisyonlarda bağlanmasıyla antosiyaninler oluşmaktadır. Bitkilerde kırmızıdan mora kadar birçok renk oluşumunu sağlayan glikozit formudur (Öztaş, 2006).

Antosiyanidinler, polar karakterli ve suda çözünebilen yapıdadırlar. Bitkilerin yaprak, kök, çiçek ve meyveler gibi neredeyse tamamında bulunabilmektedir. Antosiyanidinlerin en çok bilinen altı türü; siyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidindir (Demircan, 2016). Sıcaklık, pH, ışık, kopigmentler, metalik iyonlar, oksijen, askorbik asit, şeker gibi faktörler antosiyaninlerin stabilitesini etkilemektedir (Öztaş, 2006). Şekil 4' te antosiyanidinlerin kimyasal yapısı gösterilmiştir.

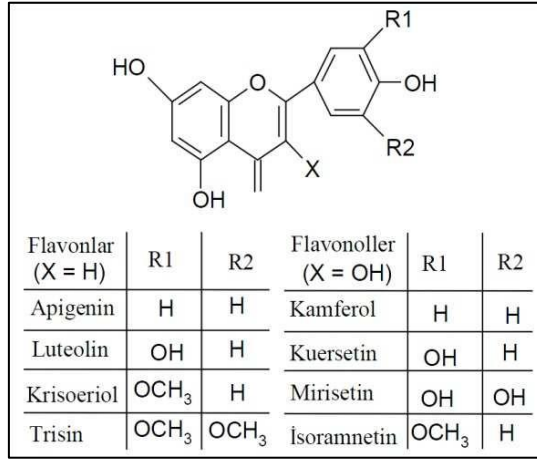


Şekil 4. Antosiyanidinlerin Kimyasal Yapısı (Akalm, 2011)



## Flavonlar ve Flavonoller

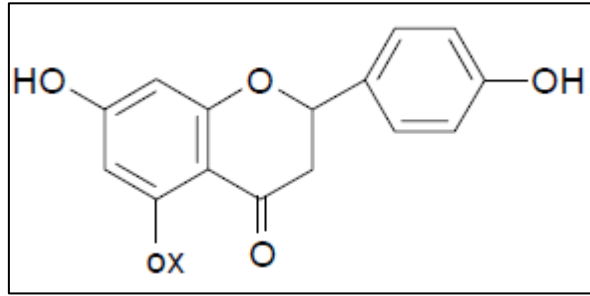
Flavonoller ise en yaygın bulunan flavonoidlerdir. Bunların başlıcaları; kaemferol, kuersetin, mirisetin ve izoramnetin'dir. Şekil 5'te flavonlar ve flavonollerin kimyasal yapısı kimyasal yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5. Flavonlar ve Flavonollerin Kimyasal Yapısı (Akalin, 2011)

## Flavanonlar

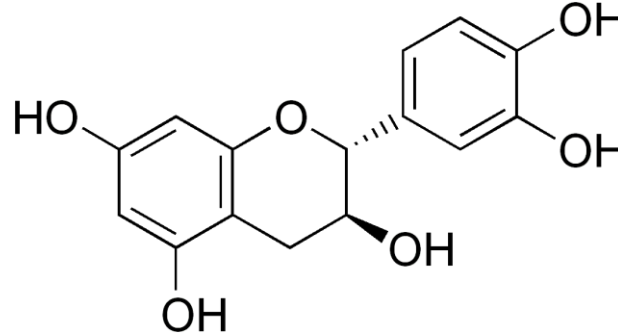
Flavanonlar, turunçgillerde yaygın olarak bulunmaktadır. En önemlileri naringin, hesperidin ve naringenin'dir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). Diğer önemli flavanonlar, elma ve armutlarda bulunan dihirokalkon yapısındaki bileşiklerden floretin ve floridzindir (Saldamlı, 2007).



Şekil 6. Flavanon Yapısı (Bayram, 2011).

## Kateşinler (Flavanoller)

Kateşinlerin kimyasal yapısı, flavon-3-ol'dür. Hem kimyasal hem de enzimatik olarak hava oksijeni ile kolaylıkla kondanse olarak proantosiyanidinleri oluştururlar (Saldamlı, 2007). Bazı kateşinlerin kimyasal yapıları Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 35. Kateşinlerin Kimyasal Yapısı



## Proantosiyanidinler

Kateşinlerden veya löykoantosiyanidinlerden oluşan polimerik yapılara proantosiyanidinler denir. Proantosiyanidinler tanenler olarak da bilinirler. Proantosiyanidinlerde renk değişimi zincir uzunluğuyla alakalıdır. Zincir uzunluğu arttıkça renk sarıdan kahverengiye doğru değişmektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

### 2.3. Fenolik Bileşiklerin Renk Üzerine Etkisi

Fenolik bileşikler buldukları sebze ve meyvelerde renk değişimlerine neden olmaktadır. Bu durum metal iyonlarıyla tepkimeye girerek ve substrat olarak katıldığı enzimatik esmerleşme yoluyla gerçekleşmektedir (Karadeniz ve Ekşi, 2001). Elma, ayva ve patates gibi bazı bitkilerde parçalanma, zedelenme gibi fiziksel etkenler sonucunda bir süre sonra renk değişimi ve esmerleşme görülmektedir. Polifenoloksidaz enzimleri fenolik bileşikleri okside ederek esmerleşmeye sebep olmaktadır. Bu durum kalite kriterlerini olumsuz etkilemektedir ve gıda işleme sırasında çeşitli önlemler alınarak önlenmeye çalışılmaktadır (Anonim, 2006).

Cevizlerde depolama sürecinde ortaya çıkan ve bir kalite kriteri olan sarı- kahverengi renk değişimine lökoantosiyanidinler ve lökodelfinidinler etki etmektedir (Şimşek, 2004).

Antosiyaninler sebze, meyve ve meyve suyunda pembe, kırmızı, mavi ve mor renkleri; flavonoller, flavonlar, kalkonlar, flavanonlar, izoflavanonlar ve biflavonoidler gibi flavanoidler ise bitkilerde sarı veya fildişi renkleri verirler (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Üzüm tanesinin kabuğunda yer alan antosiyanin, şarapların tüketici tarafından tercih edilmesini sağlayan renk özelliklerini veren fenolik maddedir (Kamiloğlu, 2007). Şalgam suyunun karakteristik kırmızı rengini veren madde fermentasyon sırasında hammaddesi olan siyah havuçtan geçen antosiyanindir (Utuş, 2008).

### 2.4. Fenolik Bileşiklerin Tat Üzerine Etkisi

Fenolik bileşikler gıdalarda acılık ve burukluk kaynağı olarak bulunmakta ve meyve, sebze ve bunlardan elde edilen ürünlerin lezzetinde etkili olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, birden fazla fenolik asitin birarada bulunması durumunda sinergist etki göstererek acı ve buruk tadın daha kolay algılandığını göstermektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Greyfurtların kendine özgü acı tadını veren fenolik bileşik naringindir (Saldamlı, 2007). Narginin ve neohesperidin portakallarda daha fazla bulunmaktadır. Depolama sırasında meyve sularında ortaya çıkan nahoş tat ise ferulik asitten kaynaklanmaktadır (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Proantosiyanidinler acı ve buruk tat vermektedir. Gıda içerisinde acılık verme özellikleri miktarlarıyla yakından ilişkilidir. Örneğin elma içerisinde bulunan floridzin acılık veren bir fenolik madde olmasına rağmen miktarının düşük olması acılığın algılanmasını engellemiştir (Cemeroğlu, 2004).

Üzümlerde bulunan basit fenoller ekşilik, kondanse fenoller ise burukluğa vermektedir. ( Harmankaya, 2003).

Andız pekmezi içeriğindeki kateşol, kateşin, epikateşin, kuersetin, o-kumarik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, kloregenik asit ve gallik asit sebebiyle diğer pekmezlere göre daha buruk bir tada sahiptir. Bu durum içeriğindeki fenolik maddeler açısından çok zengin bir ürün olduğunu göstermektedir ( Turhan ve ark., 2007).

Yer fıstığının karakteristik tat ve aroması vanilik, o-kumarik ve ferulik asit gibi fenolik

bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Şimşek,2004). Tarçının lezzetini veren eugenol, kekik ve kekik yağında bulunan timol de ürün özelliklerini belirleyen fenolik bileşiklerden bazılarıdır (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Yapılan araştırmalarda, monomerik fenolikler; flavanoller, flavonoller, theogallein, kloregenik asit, p-kumarik asit ve kafeik asidin siyah çayın lezzetinde etkili olduğu ve flavanoller, klorojenik asit, kateşin ve theaflavinlerin çaydaki buruk tada sebep olduğu görülmüştür (Veliöğlu,2005).

Flavonlardan elde edilen dihidrokalkonlar gıda endüstrisinde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Örneğin naringinden elde edilen dihidrokalkon sakarin kadar tatlı iken neohesperidin dihidrokalkonu sakarinden 20 defa daha tatlıdır (Saldamlı,2007).

Yeşil çayın rengini veren kamferol, kuersetin ve mirisetin aglikon flavonolleridir ( Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Antosiyaninler gıda ürünlerinde (reçel, jöle, içecekler, dondurma, yoğurt, konserve meyve, yiyecek süsleri, şekerlemeler vb.) renklendirici olarak kullanılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan antosiyanin kaynakları üzüm, mürver meyvesi, kuş üzümü, kırmızı lahana ve siyah havuçtur (Yıldız ve ark., 2009).

### 2.5. Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Etkisi

Antioksidanlar vücutta oluşan serbest radikallere karşı vücudu savunmakta ve etkilerini iki şekilde göstermektedir. Birincisi, serbest radikal oluşumunun engellenmesi, ikincisi ise oluşan serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesidir. Birinci sınıf antioksidanlara katalaz, peroksidaz, transverin örnek olarak verilebilir. İkinci sınıf antioksidanlar içerisinde en önemlisi askorbik asittir. Askorbik asit bulunduğu ürünlerdeki E vitamini yapısını korur ve vitaminin antioksidan etki göstermesine katkı sağlar (Eruçar, 2006).

Antioksidanlar düşük yoğunluklu lipoproteinleri (LDL) ve lipoprotein oksidasyonunu önleyerek sağlık üzerine olumlu etkiler göstermektedir (Aras,2006).



Flavonoidler güçlü antioksidan etkiye sahiptir. Yapılarında bulunan hidroksil grupları sayesinde hidrojen vererek redoks reaksiyonlarına girebilir ve serbest radikalleri yok ederler. Çoklu doymamış bağlardan oluşmaları sebebiyle dayanıklı bir kimyasal yapıya sahiptirler (Eruçar, 2006).

Son yıllarda yapılan çalışmalarla antioksidanlar farmakolojik çalışmalarda kullanılmaya başlamıştır. Özkal ve Dinç (1993) tarafından yapılan bir çalışmada; nar kabuklarının proantosyanidin ve kersetol kaynağı olarak kullanılabilceğini bildirmiştir. Başka bir çalışma, greyfurt suyunda bulunan nariginin oral siklosporin-A (Cs-A)'ya karşı kullanılmakta olan ilaçlara göre daha ucuz ve toksik olmadığı ifade edilmiştir (Burak ve Çimen, 1999).

## 2.6. Fenolik Bileşiklerin Sağlık Üzerine Etkisi

Fenolik bileşikler kronik hastalıkları azalmaya yardımcı olmaktadır. Birçok çalışmada bildirildiği üzere, fenolik bileşikler, antioksidan, anti-mikrobiyal, anti-karsinogenik, antiinflamatuar, diyabet, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi gibi çeşitli etkiler gösterirler (Cong ve ark., 2017). Fenolik bileşikler kılcal dolaşım sistemindeki yararlı etkilerinden dolayı önceleri vitamin P olarak adlandırılmıştır. (Karadeniz ve Ekşi, 2001).

Serbest radikaller hücre membran proteinlerini yıkarak hücreyi öldürmek, hücre membran yapısını bozarak hücrenin fonksiyonlarını engellemek, DNA'ya zarar vererek mutasyona neden olmak ve bağışıklık sistemindeki hücrelere zarar vererek bağışıklık sistemini zayıflatmaktadır. Yapılan çalışmalarda serbest radikallerin sebep olduğu kanser, katarakt, yaşlanma gibi hastalıklara karşı fenolik bileşikler bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve koruyucu etki göstermektedir (Eruçar, 2006)

Fenolik bileşiklerden resveratrol fitoaleksinin yapısında bir maddedir özellikle asma ve üzümde bol miktarda bulunmaktadır. Kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu etkisi, kolesterol düşürücü etkisi bulunmaktadır. Ayrıca yaşlanmayı yavaşlatır ve doku yenilenmesini hızlandırır (Cong ve ark., 2017). Bu özellikleri yanında resveratrol, patojen gelişimini engelleyen doğal bir antibiyotik özelliğindedir (Demircan, 2016). Yapılan çalışmalarda fenolik maddelerin kemopreventif etkisi olduğu ve kanseri önleyici etki gösterdiği görülmüştür (Uyar ve ark., 2014).

Flavonoidler antitrombotik etki göstermekte ve protrombotik ve proinflamatuar aracı maddeleri azaltmaktadır. Kao ve arkadaşları vücut ağırlığı başına 1 mg genistein alımının inflamasyonu azaltıcı etki gösterdiğini belirtmektedirler (Uyar ve ark., 2014).

Bazı araştırmalar polifenollerin kemo-preventif ve anti-kanser ajanı olarak birçok kanser türünü yavaşlattığını, kalp ve damar hastalıkları riskini, kemik erimesi ve diyabet gibi hastalıkları azalttığını ortaya koymuştur (Demircan, 2016).

Polifenoller üzerine yapılan bir başka çalışmada, bu maddelerin antienflamatuar etki göstererek bağırsak iltihabına karşı etkisinin olduğu gösterilmiştir (Demircan, 2016).

Fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri sayesinde kardiyoprotektif (kalbi koruyucu), vazorelaksasyon (damar açıcı), antienflamatuar (enfeksiyonu önleyici) etkileri yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Tahmaz ve Söylemezoğlu, 2014). Başka bir çalışmada, bu özelliklerin yanı sıra katarakt, göz hastalıkları ve Alzheimer gibi hastalıkları da engellediği bildirilmiştir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Üzüm meyvelerinde bulunan antosiyanin, kuersetin, kamferol, mirisetin ve ellajik asit antikanserojenik, antibakteriyal, antiviral ve antioksidan özellik göstermektedir (Pehlivan ve Gülyeryüz, 2004). Trabzon hurması ve kızılıcıkta bulunan proantosyanidinler, kateşin ve izokversetinler; antioksidan, antidiyabetik, antienflamatuar, antikanserojen, kabızlık giderici, kilo verdirici ve kolesterol düşürücü etki göstermektedir (Koca, 2007). Zeytin ve yapraklarında bulunan apigenin, luteolin gibi flavonoidler antiromatizmal, diüretik, hipoglisemik ve kolesterol düşürücü olduğu bildirilmiştir (Burak ve Çimen, 1999).

Çayda bulunan fenolik bileşikler kanser ve kalp hastalıklarına karşı koruyucu etki göstermektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010). Soya fasulyesi ve soya ürünlerinde bulunan fenolik bileşikler osteoporoz, kalp hastalıkları ve bazı kanser türleri için koruyucu etki gösterdiği çalışmalarda gösterilmiştir (Gürsoy ve Gökçe, 2001).

Nar suyu içeriğinde bulunan delfinidin, siyanidin, pelargonidin gibi antosiyaninlerden ve punikalın, ellagatinler ve ellajik asit sebebiyle yüksek antioksidan etkiye sahiptir. Bu özelliği sayesinde; damar hasarını, prostat kanserini ve kireçlemeyi önleme, ishal durdurma, kan şekeri seviyesini koruma, eklem iltihabını önleme ve AIDS'e karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Karaca, 2011). Flavon-3-ol HIV virüsüne karşı diğer flavonoidlere karşı daha fazla etki gösterdiği bildirilmiştir (Aktaş ve Çölgeçen, 2017).

Kateşin, apigenin, kuersetin, naringenin, rutin ve venoruton gibi flavonoidlerin karaciğer koruyucu etkisi bulunmaktadır (Aktaş ve Çölgeçen, 2017).

## 3. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl ve Isıl Olmayan İşlemlerin Fenolik Bileşiklere Etkisi

Meyve sularının üretiminde gerek mikrobiyal riskleri ve enzim aktivitesini azaltmak gerekse ürün stabilitesini sağlamak ve muhafazasını kolaylaştırmak için ayıklama, presleme, durultma, pastörizasyon ve konsantrasyon gibi işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz, 2001).

Meyve suyu pastörizasyonu için genellikle ısı işlem uygulanmaktadır. Ancak ısı işlem ile ürünlerin uçucu bileşenler, vitaminler (C ve E), karotenoidler, antosiyaninler, organik asitler, pH ve renk gibi besleyici ve fizikokimyasal özelliklerinde olumsuz değişimler meydana gelebilmektedir (Zinoviadou vd., 2015; Dinçer ve Topuz, 2015; Anaya-Esparza vd., 2017).

Polifenol oksidaz ve peroksidaz, meyve sularının esmerleşme reaksiyonlarında yaygın olarak yer alan enzimlerdir. PPO ve POD ile fenolik bileşikler meyve sularında esmerleşme reaksiyonlarına neden olurlar. Sonuç olarak, meyve sularının duyuusal ve besinsel



özelliklerinin kaybı önlemek ve son ürünün kalitesini sağlamak için meyve suyu üretim aşamalarında bu enzimlerin inaktif edilmesi gerekmektedir. Meyve suyu endüstrisinde, bu enzimler üründe kalite kaybına neden olmalarının yanı sıra büyük miktarda enerji gerektiren ısı işlemlerle inaktif olmaktadır (Saeeduddin ve ark.,2015).

### 3.1. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl İşlemler

Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal güvenliği sağlamak amacıyla belirli şartlar altında + veya - sıcaklık uygulanmasına ısı işlem denir. Meyve suyu üretiminde kullanılan iki yaygın ısı işlem yöntemi pastörizasyon ve sterilizasyondur. Bu iki işlem esnasındaki yüksek sıcaklıklar patojen mikroorganizmaların inaktif olmasına neden olurken, aynı zamanda ürünün tat, koku, besin değerleri ve biyoaktif bileşenlerinde olumsuz etkilere de neden olmaktadır (Güleç, 2006). Son zamanlarda sağlıklı beslenme bilinci arttıkça, tüketiciler ürünün raf ömrünün uzamasının yanı sıra uygulanan prosesden sonra bileşenlerin taze ürüne yakın düzeyde kalması arzu etmektedirler. Bu talep, ısı işlemlere alternatif olarak ısı olmayan işlemlerin uygulanmasını ve bu konudaki araştırmalarının artırılmasını zorunlu kılmıştır.

### 3.2. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl Olmayan İşlemler

#### 3.2.1. Darbeli Elektrik Alan

Darbeli elektrik alanları (DEA), mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için elektrik darbeleri kullanan ve gıda kalitesinde hiç ya da çok az düşüşe neden olan termal olmayan bir koruma yöntemidir. Yüksek yoğunluklu elektrik alan darbeleri, lipid çift katmanını ve hücre zarlarının proteinlerini geçici olarak dengesizleştirir. İşlem esnasında elektrik alan içerisindeki canlı hücrelerin elektrik potansiyeli yükselir (Castro ve diğerleri, 1993). Gıdaların pastörizasyon ve sterilizasyonunda kullanılan iki elektrot arasına koyulan gıda maddesinin çok kısa süreyle (1-100  $\mu$ s) yüksek voltaj elektriksel alana (80-100 kV/cm) maruz bırakıldığı bu uygulamada, düşük maliyetle oluşu avantaj sağlarken, etkinliğinin gıdanın elektrik iletkenliğine bağlı olması bu yöntemin dezavantajı olarak kabul edilmektedir. Cortés ve ark. (2006), portakal suyuna DEA ve pastörizasyon işlemi uygulayarak karotenoid içeriğindeki ve A vitamini içeriğindeki değişimler üzerine çalışma yapmışlardır. 90 °C'de 20 saniye pastörizasyon uygulamasının karotenoid içeriğinde taze portakal suyuna göre % 12.6 düzeyinde azalmaya neden olduğu, bunun yanında 25, 30 ve 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulaması yapılan örneklerde sırasıyla % 9.6, % 6.4 ve % 7.8 azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir. A vitamini içeriğinde pastörizasyonun taze portakal suyuna göre %15.6 azalmaya neden olduğunu, 25, 35 ve 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamasında ise sırasıyla % 11.1, % 13.9 ve % 9.9 azalmanın meydana geldiğini belirtmişlerdir.

#### 3.2.2. Yüksek Basıncılı İşlem

Bu işlem düşük sıcaklıkta (+ 4°C ile 10°C) 400 MPa / 58.000 psi üzerindeki basınç ile uygulanır. İşlem sonunda gıdada bulunan bitkisel flora (bakteri, virüs, mayalar, küfler ve parazitler) basıncın etkisiyle etkisiz hale gelir ve böylelikle ürünlerin raf ömrü gıdadaki biyoaktif bileşenlere önemli ölçüde zarar vermediği için gerek duyuşsal özelliklerine gerekse besin değerlerini korumaya yardımcı olur.

#### Uygulanan İşlemlerin Toplam Fenolik Bileşik Miktarı Üzerine Etkisiyle İlgili Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada soya sütü-meyve suyu karışımının en yüksek toplam fenolik asit ve flavonoid içeren içecek olduğu belirtilmiştir (Tablo 1). Bunu da süt-meyve suyu ve su-meyve suyu karışımları takip etmektedir. Bu sonuçlar, soya sütü veya sütün meyve sularına eklenmesinin, fenolik bileşikler ve proteinler arasındaki etkileşime rağmen, fenolik bileşik konsantrasyonunu arttırdığını göstermektedir. Yapılan çalışmada Fenolik bileşiklerin korunmasında yüksek basınç uygulamasının en etkili işlem olduğu, bunu sırasıyla darbeli elektrik alanı uygulaması ve ısı işleminin takip ettiği belirtilmiştir.





**Tablo 1. İşlenmiş ve İşlenmemiş Meyve Suyu Bazlı İçeceklerdeki Toplam Fenolik Bileşik Miktarı**

İçecekler	İşlemler	Fenolik Bileşiklerin Konsantrasyonu			
		Toplam Fenolik Asitler (mg/100 mL)	Flavanoidler (mg/100 mL)	TFB/ HPLC (mg/100 mL)	TFB/ F-C (mg of gallik asit eşdeğerleri/100 mL)
Su-Meyve Suyu	İşlenmemiş	9.5 ± 0.4dA	15.9 ± 0.3dA	25.4 ± 0.6dA	76 ± 4aA
	DEA	7.61 ± 0.22bA	13.8 ± 0.6bA	21.5 ± 0.5bA	88 ± 5bA
	YBİ	8.53 ± 0.25cA	14.97 ± 0.21cA	23.5 ± 0.3cA	90 ± 6bA
	İİ	6.82 ± 0.14aA	12.6 ± 0.3aA	19.4 ± 0.4aA	73 ± 5aA
Süt-Meyve Suyu	İşlenmemiş	9.9 ± 0.4aA	19.1 ± 0.4aB	29.1 ± 0.3aB	82 ± 4aA
	DEA	12.0 ± 0.4bB	23.5 ± 0.5cB	35.4 ± 0.8cB	90 ± 6aA
	YBİ	12.5 ± 0.3cB	25.2 ± 0.3dB	37.7 ± 0.4dB	85 ± 5aA
	İİ	10.22 ± 0.13aB	21.6 ± 0.3dB	31.8 ± 0.4bB	92 ± 6aB
Soya Sütü-M.S	İşlenmemiş	11.1 ± 0.4aB	23.3 ± 0.6aC	34.4 ± 0.9aC	125 ± 9cB
	DEA	13.1 ± 0.3bC	26.2 ± 0.7bC	39.3 ± 0.8cC	118 ± 5cB
	YBİ	13.6 ± 0.3bC	29.7 ± 0.7cC	43.3 ± 0.7dC	102 ± 5bB
	İİ	11.6 ± 0.5aC	26.4 ± 0.5bC	38.0 ± 0.5bC	92 ± 5aB

A: Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilir.

Her içecek için aynı sütündeki farklı küçük harfler, işlemlerde önemli farklılıklar ( $p < 0.05$ ) göstermektedir.

Aynı sütündeki ve işlemdeki farklı büyük harfler, içecekler içindeki önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) göstermektedir.

TFB:Toplam Fenolik Bileşik, DEA: Darbeli Elektrik Alanı, YBİ: Yüksek Basınçla İşleme, İİ: Isıl İşlem

Gıda matrisinin, sıvı gıdalardan elde edilen fenolik bileşiklerin konsantrasyonu üzerindeki etkisini değerlendiren çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu çalışmada elde edilen sonuçların aksine, en fazla fenol içeriğinin demlenmiş siyah çay, ardından şekerli siyah çay, sütlü ve şekerli siyah çay ve son olarak da sütlü siyah çay olduğu gözlemlenmiştir (Sharma ve ark.,2008).

Öte yandan bir çalışmada YBİ'nin farklı sıvı gıdaların beslenme özellikleri üzerindeki etkisini incelenmiştir. Bazı genel eğilimler gözlemlense de, YBİ'nin biyoaktif bileşenler üzerindeki etkisinin hem işlem yoğunluğuna hem de gıda matrisine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır (Barbara ve ark.,2012).

### 3.3. Ultrases Uygulaması

Katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, insan kulağının işitme sınırından (16-20 kHz) daha yüksek frekanslı ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Condón ve ark., 2005). Bu yöntem meyve suyu işlemede umut vadeden ısı olmayan alternatif yöntemlerden birisidir.

Ses dalgası sıvının içerisinde geçerken boyuna dalgalar oluşturur ve ardışık olarak kasılıp gevşeme olayları gerçekleşir. Ses dalgası gevşeme pozisyonuna geçerken negatif basınç sıvının noktasal çekme kuvvetini aştığı zamanlarda mikro kabarcıklar ve boşluklar oluşur. Sıvı içindeki küçük kabarcıklar ultrases dalgalarının gevşeme-sıkışma hareketleri ile hızlı bir şekilde gelişir ve kritik bir değere ulaştığında patlamaktadır ki buna kavitasyon denir. Bu yöntemin sıvı içerisindeki etki mekanizması kavitasyon ile açıklanmaktadır (Piyasena vd., 2003; Tiwari ve Mason, 2011).

Ultrasesin geniş frekans ve güç aralığında kullanışlı kullanımı, kolay kullanım ve bu teknolojinin insan için güvenliği, analiz, kontrol ve işleme gibi farklı meyve, meyve suları ve süt endüstrilerinde uygulanmasında uygun bir tekniktir. Göz ardı edilmemesi gereken husus, tarım ürünlerinin karmaşık yapılarına sahip olması, belirli bir ürünün fizikokimyasal özelliklerinin, büyüme, hasat ve hasat sonrası işleme, depolama, çeşitlilik ve her biriyle sonuçlanan diğer birçok faktörün koşullarına güçlü bir şekilde bağlı olmasıdır. Ürünün kendine özgü davranışını sergileyen ürün, ultrasesin endüstriyel ölçekte kullanılmasını büyük ölçüde zorlar ve bu nedenle istenen beklentilere ulaşamayabilir. Diğer bir nokta, meyve, meyve suyu ve süt endüstrisinde ultrases kullanımının istenmeyen sonuçlara yol açmaması gerektiğidir. Çünkü bu ürünler son derece hassastır ve ultrasonik işlem diğer ürünün özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir.



Ultrases uygulamasıyla, enzimler ve mikroorganizmalar termal yöntemle kıyasla daha düşük sıcaklıklarda inaktive edilebildiğinden daha kaliteli, lezzetli ve besleyici meyve suyu üretilmesi mümkün olmaktadır (Dinçer ve Topuz, 2018).

### 3.3.1. Ultrases Uygulamasının Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi

Meyve sularında askorbik asit, karotenoidler ve fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı bu ürünlerin kalitesi ve besin değerini tanımlar. Bu nedenle, ultrases uygulamasının biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi büyük önem taşımaktadır.

Meyve sularında askorbik asit korunumu bir kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır. Askorbik asit başlangıç konsantrasyonu % 50 azaldığında raf ömrünün sona ermiş olduğu varsayılır (Anaya-Esparza ve ark., 2017). Genellikle, ultrases uygulamasıyla askorbik asit ile antosiyaninlerin meyve sularında aynı anda azaldığı, bu nedenle aralarında doğrudan bir etkileşim olabileceği rapor edilmektedir (Tiwari ve ark., 2008). Antosiyanin içeriğinin uygulanan ultrases gücü, uygulama süresi ve sıcaklığının yanında meyve suyu çeşidi ve içeriğine göre önemli farklılıklar gösterdiği bildirilmektedir. Özellikle uygulanan ultrases gücü ve süresi antosiyanin içeriğini önemli düzeyde etkilemektedir (Zinoviadou ve ark., 2015; Weber ve Larsen, 2017).

Nitekim Tiwari ve ark. (2010) kırmızı üzüm suyunda gerçekleştirdikleri ultrases uygulamasında düşük genlik ve kısa uygulama sürelerinde antosiyanin miktarında cüzi bir artış gözlemlenmişler, bu artışın matriksteki bağlı antosiyaninlerin ekstraksiyonu nedeniyle olabileceğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde çilek suyunda pelargonidin-3-glikozitin de düşük genlik ve kısa süre ultrases işlemi ile içeriğinde bir miktar artış gerçekleştiği bildirilmektedir. Bununla birlikte ultrases gücü ve sürenin artışıyla antosiyaninlerde azalış bildirilmektedir (Tiwari ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2009).

Yapılan diğer bir çalışmada ise en iyi sonuç 10 dakika boyunca 65 ° C'de ultrasonik pastörizasyon için kaydedilmiştir. Bu işlem sonucunda, askorbik asit ve fenolik bileşikler etkileyen enzim aktivitelerinde azalma ve mikroorganizmaların tamamen etkisiz hale gelmesinin yanı sıra ve pH, asitlik ve ° Brix'in konvansiyonel veya ultrason pastörizasyon işlemlerinde önemli ölçüde değişmediği saptanmıştır (Saecuddin ve ark., 2015).

## 3.4. Ozon Uygulaması

Ozon üç oksijen atomundan doğal olarak meydana gelen çok yüksek reaksiyon yeteneğine sahip ilk defa 1840 yılında bulunan bir oksijen formudur. Yüksek oksidasyon yeteneğine sahip olması nedeniyle organik ve inorganik maddeleri okside etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ozonun bakteri, maya, küf, patojen mikroorganizmaları ve sporlarını daha hızlı öldürmektedir (Finch ve ark., 1993).

1840'ta Schonbein tarafından keşfedilen ozon 1900'lerin başında antimikrobiyal ajan olarak içilebilir su üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Klor ve diğer dezenfektanlara göre daha geniş bir spektrumda mikroorganizma faaliyetini engelleyen ozonun klorine göre %52 daha güçlü olması onun gıda sanayinde etkili olarak kullanılmaya başlanmasında önemli bir sebep olmuştur. Amerikan Gıda ve İlaç dairesi (FDA) tarafından 1997 yılında güvenli ajanlar (GRAS) statüsü kazanan ozon 2001 yılından itibaren "gıdalarla doğrudan temasında sakınca olmadığı" yönündeki kararlar gıda sanayinde kullanım alanı bulan alternatif bir koruma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Çatal ve İbanoğlu, 2010).

Ozon mikroorganizmanın hücre membranında bulunan glikoproteinleri, glikolipidleri, lipoproteinleri okside etmekte ve enzim sistemindeki sülfidril grupları ile reaksiyona girmektedir. Bu etkinin, oluşan serbest radikaller sayesinde gerçekleştiği belirtilmektedir (Young ve Setlow, 2004). Ozonun etkinliği sıcaklıkla ters, bağıl nemle doğru orantılı olarak değişir ve ortam asidik oldukça ozonun etkinliği artmaktadır (Kim ve ark., 1999)

Meyve suyu üretiminde ozon denenmiş ve pastörizasyona alternatif olup olamayacağı konusu araştırılmıştır. Ozon (ozon/ozon-oksijen/ozon-hava) sıvı gıdalarda gaz olarak daha etkin kullanılmaktadır. Genellikle karıştırıcı tankta ya da kabarcık kolonunda gerçekleştirilen denemelerde elma şarabı, portakal, çilek ve böğürtlen sularındaki mikrobiyal, fizikokimyasal ve besinsel değişim incelenmiştir. Gerçek bir C vitamini kaynağı olarak günlük tüketimde önemli bir yer edinmiş meyve sularının vitamin içeriklerinin ozon ile azaldığı, çilek ve böğürtlen gibi antosiyanin içeren meyve suyu üretiminde ozonun bu renk maddelerinin azalmasına neden olmakla birlikte pek çok dirençli mikroorganizma popülasyonunda da (E. coli, Salmonella, Listeria monocytogenes) kayda değer azalmalara neden olduğu belirtilmiştir (Cullen ve ark., 2010; Tiwari ve ark., 2008; Tiwari ve ark., 2009).

### 3.4.1. Ozon Uygulamasının Fenolik Bileşikler Üzerindeki Etkisi

Ozon uygulamasının, 30 dakika sonra toplam Karotenoid içeriğini ( $\beta$ -Karoten cinsinden ölçülür, çünkü kavunda en çok bulunan karotenoiddir.) önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. 30 dk sonunda, toplam karotenoidler % 76 azalırken, 60 dakika boyunca % 83'lük bir azalma gözlemlendi. Bu azalmayı Ali ve ark., (2014) meyve suyu uzun süre ozona maruz kalınca karotenoidlerin oksidatif bozulması sonucu absisik asit oluşumuna bağlamaktadırlar.

Kavun suyu üzerinde yapılan bir çalışmada ozon uygulaması ile toplam fenolikler, toplam karotenoidler ve antioksidan aktivitesi için değişiklikler gözlemlenmiştir. Toplam karotenoidler, sırasıyla 30 ve 60 dakikalık uygulamadan sonra % 76 ile % 83 oranında azalan en etkili biyoaktif bileşiklerdir. C vitamini % 54 ve % 76 oranında azalmıştır. Meyve suyunun toplam antioksidan aktivitesi, 30 dakika ve 60 dakika ozon muamelesinden sonra sırasıyla % 45 ve % 52 kayıp vermiştir (Miller ve ark., 2018).

Görüldüğü üzere yapılan çalışmalarda toplam fenolik içeriğinin, ozon uygulaması ile önemli ölçüde değiştiği gözükmektedir. Taze kavun suyunda toplam fenolikler  $164,70 \pm 23,24 \mu\text{g} / \text{mL}$ , ozonlanmış meyve sularında  $198,67 \pm 37,59 \mu\text{g} / \text{mL}$  ve  $266,71 \pm 19,69 \mu\text{g} / \text{mL}$ 'ye yükselmiştir (30 ve 60 dk sonunda). Ozonla muamele edilmiş meyve suyundaki toplam fenolik içeriği arttığından, antioksidan aktivitede gözlenen değişiklik, muhtemelen oksidatif strese bağlı olarak toplam C vitamini ve karotenoid içeriğinin azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Görülebileceği gibi, işlem süresinden bağımsız olarak, toplam karotenoid içeriği en çok etkilenen parametre olmuştur. Toplam fenolik içeriği, ozon muamelesiyle birlikte artan biyoaktif bileşiktir (Miller ve ark., 2018).



### 3.5. UV Işınlama

Ultraviyole ışınları, elektromanyetik spektrumun 100-400 nm aralığında yer alan ışınım türüdür. Dalga boyuna göre UV-A, UV-B ve UV-C olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Gıda endüstrisinde kullanılan UV-C türüdür. En etkili UV dalga boyu 240-280 nm dir (Halkman ve Yücel 2005).

UV-C ışınların etkinliği penetrasyon özelliğine bağlıdır ve bu özelliği UV absorptivitesi, briks ve madde içeriğini etkilemektedir (Pala Uysal ve Toklucu Kırca, 2010). UV ışınlaması ile hücre mutasyona uğrar böylelikle hücrelerin çoğalmasını engeller ve mikroorganizmanın inaktivasyonu sağlanır. UV ışınları ürünlerdeki sporları öldürürken fitoaleksinin üretimini artırarak sonrasında ürünün korunmasına yardımcı olur (Kasım ve Kasım, 2007).

#### 3.5.1. UV Işınlamanın Toplam Fenolik İçeriği ve Antioksidan Aktivitesi Üzerindeki Etkisi

Yapılan çalışmada meyve suyunun UV geçirgenliği tek kullanımlık polistiren ve 10 mm optik yola sahip akrilik küvetler kullanılarak 254 nm'de bir spektrofotometrik yöntemle ölçülmüştür (Fundo ve ark., 2019). Kavun sularına UV-C uygulanması sonrasında fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitelerinde meydana gelen değişimlerin önemsiz olduğu belirtilmiştir (Tablo 2).

**Tablo 2. İşlem görmemiş ve UV-C ile muamele edilmiş kavun suyunun toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi**

	İŞLEM	DEPOLAMA SÜRESİ (gün)	
		0	13
<b>Toplam Fenolik (mg/mL)</b>	<b>İşlenmemiş</b>	146.7 ± 31.2 <sup>a</sup>	140.5 ± 47,5 <sup>a</sup>
	<b>UV-C (20dk)</b>	153.0 ± 42.6 <sup>a</sup>	129.3 ± 29.3 <sup>a</sup>
<b>Antioksidan Akt. (mg/mL)</b>	<b>İşlenmemiş</b>	192.2 ± 80.1 <sup>a</sup>	80.7 ± 88.7 <sup>b</sup>
	<b>UV-C (20dk)</b>	165.8 ± 28.8 <sup>a</sup>	137.7 ± 55.4 <sup>a</sup>

### 4. Kaynaklar

- Akalın, A. C., (2011). *Nar Şaraplarında Antioksidan Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi. Ankara
- Aktaş, T. ve Çölgeçen, H., (2017). *Farklı Bitki Türlerinde Bitki Doku Kültürü Teknikleriyle Flavonoidlerin Üretimi*. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi. 7(2): 665-673.
- Anaya-Esparza, L. M. Velázquez-Estrada, R. M. Roig, A. X. García-Galindo, H. S. SayagoAyerdi, S. G. ve ark., (2017). *Thermosonication: An alternative processing for fruit and vegetable juices*. Trends Food Sci Technol 61: 26-37.
- Andreasen, MF. Kroon, PA. Williamson, G. Garcia-Conesa, MT., (2001). *Intestinal release and uptake of phenolic antioxidant diferulic acids*. Free Radical Biology and Medicine. 31: 304-314.
- Anonim, (2006). *Bitkilerde Doğal Renk Maddeleri ve Fenolik Bileşikler*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.
- Anonim, (2016). *Gıdalardaki Pigmentler ve Fenolik Bileşikler*. Gıda Teknolojisi. Milli Eğitim Bakanlığı.
- Aras, Ö., (2006). *Üzüm ve Üzüm Ürünlerinin Toplam Karbonhidrat, Protein, Mineral Madde ve Fenolik Bileşik İçeriklerinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta.
- Balasundram, N. Sundram, K. Samman, S., (2006). *Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses*. Food Chemistry 99(1): 191-203.
- Barba, F. J. Cortés, C. Esteve, M. J. & Frigola, A., (2012a). *Study of antioxidant capacity and quality parameters in an orange juice-milk beverage after high-pressure processing treatment*. Food and Bioprocess Technology, 5(6): 2222-2232.
- Barut, U. Karadağ, M. Sanlier, N. ve Günyel, S., (2013). *Toplumumuzda Sıklıkla Kullanılan Bazı Bitkilerin Toplam Fenolik Madde Miktarlarının Saptanması*. Gıda. 38 (1): 23-29.
- Bayram, M., (2011). *Kırmızı Şarap Üretiminde Farklı Proses Koşullarının Fenolik Bileşik Dağılımına ve Duyusal Özelliklere Etkisi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi. Ankara.
- Bozdoğan, D. Didin, M. Keçeli, T., (2003). *Hatay İli Natürel Zeytinyağlarının Kalitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma*. Türkiye 1. Zeytinyağı ve Sofralık Zeytin Sempozyumu Bildirileri. 2-3 Ekim. Çiğli-İzmir



- Burak, M. Çimen, Y., (1999). *Flavonoidler ve Antioksidan Özellikleri*. Klinik Tıp Bilimleri, 19: 296-304.
- Castro, A. J. Barbosa-Canovas, G. V. & Swanson, B. G., (1993). *Microbial inactivation of foods by pulsed electric fields*. J. Food Process Pres. 17:47-73.
- Cemeroğlu, B. Karadeniz, F., (2001). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 25: 384-385.
- Cemeroğlu, B., (2004). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 1. Cilt. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 35*, Ankara, 77-88.
- Cong- cong., X. Bing, W. Yi- Qiong, P. Jian- Sheng, T. ve Tong, Z., (2017). *Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials*. Chinese Journal of Natural Medicines , 15(10): 0721-0731.
- Çatal, H. İbanoğlu, Ş., (2010). *Gıdaların Ozonlanması*. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5: 47-55.
- Demircan, E., (2016). *Elma Kabuklarından Elde Edilen Fenolik Bileşiklerin Lipozom ile Enkapsülasyonu*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Dinçer, C. Topuz, A., (2018) *Meyve Suyu İşlemede Ultrases Kullanımı*, Akdeniz Üniversitesi. Antalya.
- Eruçar, S., (2006). *Bazı Bitkisel Çayların Fenolik Madde Profili ve Antioksidan Aktivitelerinin İncelenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Fátima A. Miller, Joana F. Fundo, Cristina L. M. Silva & Teresa R. S. Brandão, (2018). *Physicochemical and Bioactive Compounds of 'Cantaloupe' Melon: Effect of Ozone Processing on Pulp and Seeds*. Ozone: Science & Engineering, 2018, VOL. 40, NO. 3, 209-215
- Fereidoon, Shahidi ve Priyatharini Ambigaipalan, (2015). *Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects : A review*, Department of Biochemistry, Memorial University of Newfoundland. USA
- Finch, GR. Black, EK. Labatiuk, CW. Gyurek, L. Belosevic, M., (1993). *Comparison of Giardia lamblia and Giardia muris cyst inactivation by ozone*. Appl. Env. Micr 59 (11): 3674-80.
- Joana F. Fundo, Fátima A. Miller, Gabriela F. Mandro, Andréia Tremarin, Teresa R.S. Brandão, Cristina L.M. Silva, (2019). *UV-C light processing of Cantaloupe melon juice: Evaluation of the impact on microbiological, and some quality characteristics, during refrigerated storage*. LWT - Food Science and Technology 103 (2019) 247-252
- García-Vico, L.,García-Rodríguez, R.,Sanz, C. ve Pérez, A.G., (2017). *Biochemical aspects of olive freezing-damage: Impact on the phenolic and volatile profiles of virgin olive oil*. Food Science and Technology. 86: 240-246
- Güleç, H., (2006). *Modern Gıda Muhafazasında Vurgulu Elektrik Alan ve Ultrason Uygulamaları*. 24-26 Mayıs. Bolu.
- Gürsoy, O. Gökçe, R., (2001). *Soya ve Ürünlerinde Fenolik Bileşikler ve Beslenmeyi Kısıtlayıcı Faktörler*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik F A Kültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (1): 87- 93.
- Harmankaya, N., (2003). *Tane Tutum Şekilleri Farklı Üzüm Çeşitlerinde Olgunlaşma Süresince Tanelerdeki Hormonlar İle Fenolik Madde Değişimlerinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi. Isparta.
- Heim, KE. Tagliaferro, AR. Bobilya, DJ., (2002). *Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships*. J Nutr Biochem. 13(10): 572-84.
- <https://akademik.adu.edu.tr>, Erişim tarihi: 17.09.2019
- Ignat, I. Volf, I. Popa, V.I., (2011). *A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables*. Food chemistry, 126(4): 1821-1835.
- Joana, F. Fátima A. Andréia, T. Ester, G. Silva, L.M. ve ark., (2018). *Quality assessment of Cantaloupe melon juice under ozone processing*, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 47: 461-466
- Kamiloğlu, Ö., (2007). *Üzümlerde Antosiyaninler ve Biyosentezi*. Alatarım. 6 (1): 47-52.
- Karaca, E., (2011). *Nar Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanan Bazı İşlemlerin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi. Adana.
- Karadeniz, F. ve Ekşi, A., (2001). *Elma Suyunda Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Araştırma*. Tarım Bilimleri Dergisi. 7 (3): 135-141.
- Karagoz, S.G. Yilmazer, M. Ozkan, G. Carbonell-Barrachina, Á.A. Kiralan, M. ve Ramadan, M.F., (2017). *Effect of cultivar and harvest time on C6 and C5 volatile compounds of Turkish olive oils*. European Food Research and Technology 243: 1193-1200.
- Kim, JG. Yousef, AE. Dave, S., (1999). *Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review*. J. Food Prot. 62 (9):1071-1087.
- Koca, İ., (2007). *Kızılıçık ve Trabzon Hurması Pekmezlerinin Üretim Teknikleri*. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2: 33-37.



- Kuo, F.J. Sheng, C.T. Ting, C.H., (2008). *Evaluation of ultrasonic propagation to measure sugar content and viscosity of reconstituted orange juice*, J. Food Eng. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.09.016>.
- Leadley, C. E. Williams, A., (2006). *Pulsed electric field processing, power ultrasound and other emerging technologies*. In: *Food processing handbook*. Brennan, J. G: 201-235.
- Morales-de la Peña, M. Salvia-Trujillo, L. Rojas-Graü, M. A. & [Martín-Belloso, O., \(2011\). \*Changes on phenolic and carotenoid composition of high intensity pulsed electric field and thermally treated fruit juice-soymilk beverages during refrigerated storage\*. Food Chemistry 129\(3\): 982–990.](#)
- Neo, YP. Ariffin, A. Tan, CP. Tan, YA., (2010). *Phenolic acid analysis and antioxidant activity assessment of oil palm (E. guineensis) fruit extracts*. Food Chemistry 122: 353–359.
- Nizamloğlu, N. M. ve Nas, S., (2010). *Meyve ve Sebzelerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri*. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi. 5 (1): 20-35.
- Özdemir, F. Topuz, A. Şahin, H. Gölükçü, M., (2004). *Andız pekmezinin fenolik madde içeriği ve fonksiyonel gıda olarak önemi*. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, Van.
- Özkal, N. Dinç, S. (1993). *Nar (Punica granatum L.) Meyva Kabuklarının Eczacılık Yönünden Değerlendirilmesi*. Ankara Ecz. Fak. Dergisi, 22: 1-2.
- Öztan, T., (2006). *Mor Havuç, Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Pehlivan, M. ve Güler, M., (2004). *Ahududu ve Böğürtlenlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi*. Bahçe, 33 (1-2): 51 – 57.
- Piyasena, P. Mohareb, E. Mckellar, R.C., (2003). *Inactivation of microbes using ultrasound: a review*. Int J Food Microbiol 87 (3): 207-216.
- Ravichandran, K. Ahmed, AR. Knorr, D. Smetanska, A., (2012). *The effect of different processing methods on phenolic acid content and antioxidant activity of red beet*. Food Research International 48: 16–20.
- Rawson, A. Tiwari, B. K. Patras, A. Brunton, N. Brennan, C. ve ark., (2011). *Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice*. Food Res Int 44(5): 1168-1173.
- Rawson, A. Tiwari, B. K. Patras, A. Brunton, N., Brennan, C. ve ark., (2011). *Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice*. Food Res Int, 44(5): 1168-1173.
- Saeeduddin, M. Abid, M. Jabbar, S. Wu, T. Hashim, M.M. ve ark., (2015). *Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions*, LWT . Food Sci. Technol. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.005>.
- Saldamlı, İ., (1998). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Saldamlı, İ., (2007). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara, 463-492.
- Shahidi, F. ve Nacz, M., (1995). *Food Phenolics, Chemistry, Effects*. Applications Technomic. USA
- Sharma, V. Vijay Kumar, H. & Jagan Mohan Rao, L., (2008). *Influence of milk and sugar on antioxidant potential of black tea*. Food Research International, 41(2): 124–129.
- Söylemezoğlu, G., (2003). *Üzümde Fenolik Bileşikler*. Gıda. 28 (03): 277-285.
- Şimşek, A., (2004). *Değişik Kavurma Proseslerinin Bazı Fındık Çeşitlerinde Oluşturduğu Biyokimyasal Değişiklikler*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi. Ankara.
- Tahmaz, H. ve Söylemezoğlu, G., (2014). *Farklı Vinifikasyon Tekniklerinin Kalecik Karası Şaraplarındaki Fenolik Bileşik İçeriklerine Etkisi*. Gıda. 39 (4): 219-226.
- Tanrısever, A., (1982). *Bitkisel Fenollerin Çiçek Tomurcuklarının Farklaşmasında Fizyolojik Parametreler Olarak Kullanılma Olanakları*. (Yayınlanmamış Doçentlik Tezi). Ege Üniversitesi. İzmir.
- Tiwari, B. K. O'Donnell, C. P. Patras, A. Cullen, P. J., (2008). *Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice*. J Agric Food Chem 56(21): 10071-10077.
- Tiwari, B.K. & Mason, T.J., (2011). *Ultrasound processing of fluid foods*. In: *Novel thermal and non-thermal technologies for fluid foods*. Academic Press. 135-165.
- Tiwari, B.K. Patras, A. Brunton, N. Cullen, P.J. O'donnell, C.P., (2010). *Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice*. Ultrason Sonochem 17 (3): 598-604.
- Turhan, İ. Tetik, N. Karhan, M., (2007). *Andız Pekmezi Üretimi ve Bileşimi*. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, (2): 65-69.
- Utus, D., (2008). *Şalgam Suyu Üretiminde Kullanılan Siyah Havuç (Daucus Carota) Boyutunun Şalgam Suyu Kalitesi Üzerine Etkisi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi. Adana.





- Velioğlu, S., (2005). *İşlenmiş Türk Çaylarında İşleme Yöntemi, Çay Sınıfı ve Sürgün Döneminin Fenolik Madde Dağılımı Üzerine Etkisinin Belirlenmesi*. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. Ankara.
- Wang, T. He, F. & Chen, G., (2014). *Improving bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in cereal grains through processing technologies: A concise review*. *Journal of Functional Foods* 7(1): 101–111.
- Weber, F. Larsen, L. R., (2017). *Influence of fruit juice processing on anthocyanin stability*. *Food Res Int* 100: 354-365.
- Yaralı, E., (2019). *Meyve ve Sebze Teknolojisi II*. 312-320.
- Yıldız, H. Toprak, E., (2009). *Meyve ve Sebzelerden Doğal Renk Maddelerinin Ekstraksiyonu*. *Akademik Gıda*, 7 (84): 28-34.
- Young, SB. Setlow, P., (2004). *Mechanisms of Bacillus subtilis spore resistance to and killing by aqueous ozone*. *Journal of Applied Microbiology* 96: 1133–1142.
- Yu, L. Haley, S. Perret, J. Harris, M. Wilson, J. Qian, M., (2002). *Free radical scavenging properties of wheat extracts*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 1619–1624.
- Yu, L. Perret, J. Harris, M. Wilson, J. Haley, S., (2003). *Antioxidant properties of bran extracts from “Akron” wheat grown at different locations*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1566–1570.
- Zinoviadou, K. G. Galanakis, C. M. Brnčić, M. Grimi, N. Boussetta, N. Ve ark., (2015). *Fruit juice sonication: Implications on food safety and physicochemical and nutritional properties*. *Food Res Int* 77: 743-752.



# ISIL VE ISIL OLMAYAN İŞLEMLERİN MEYVE SUYU BAZLI İÇECEKLERİN C VİTAMİNİ, KAROTENOİD VE ANTIOKSİDAN KAPASİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Yıldız Ağca<sup>1</sup>, Cemal Kaya<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

cemal.kaya@gop.edu.tr

yildizagca@gmail.com

## Özet

Beslenme sağlık ilişkisine dayalı yapılan araştırmaların sonuçları, gıda bileşenlerinin hastalıklar üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Temel besin grupları arasında bulunan meyve ve sebzelerin birçok hastalığa karşı koruyucu özellik göstermesinin nedenlerinden en önemlisi antioksidan özelliğe sahip bileşenlerce zengin olmalarıdır. Bu gıda bileşenleri, serbest radikaller tarafından oluşturulabilecek oksidatif stresi yok ederek, hücre hasarını engellediklerinden dolayı vücudun savunma sistemi için önem arz etmektedirler. Yüksek antioksidan aktiviteye sahip gıda bileşenleri arasında bulunan fenolik bileşikler, C vitamini ve karotenoidler, meyve suyu işleme teknolojilerinin bu bileşenler üzerindeki etkilerini araştırmayı zorunlu kılmaktadır. Bu derlemede, meyve suyu üretiminde uygulanan ısı (pastörizasyon) ve ısı olmayan proseslerin (Darbeli Elektrik Alan, Yüksek Basıncılı İşleme, Ultrases ve Ozon Uygulaması, UV-Işınlama) incelenen meyve suyu bazlı içeceklerin antioksidan kapasiteleri üzerindeki etkisinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. İncelenen çalışmalarda elde edilen bulguların her meyve suyu çeşidi için değişkenlik gösterdiği, uygulanan işlem koşullarının da bu durum üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu görülmüştür. Sonuçlar, gıdalardaki antioksidan bileşiklerin gıda matrisine bağlı olarak sinerjik ve antagonistik etkileşimlere girebileceğini ve ürünlerin antioksidan kapasitelerinde azalma ve artma yönünde etkiler meydana getirebildiğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Meyve suyu, Antioksidan, C vitamini, Karotenoid, Ultrases

## 1. Giriş

Beslenme sağlık ilişkisine dayalı yapılan araştırmaların sonuçları, gıda bileşenlerinin hastalıklar üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Optimum beslenme, vücudun fonksiyonlarını yerine getirebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin ve biyoaktif bileşiklerin yeterli miktarlarda alınması ve ileri dönemlerde oluşabilecek hastalık risklerinin en aza indirgenmesi yaklaşımıdır.

Meyve ve sebzelerin birçok hastalığa karşı koruyucu özellik göstermesinin nedenlerinden en önemlisi antioksidan özelliğe sahip bileşenlerce zengin olmalarıdır.

Bu gıda bileşenleri, serbest radikaller tarafından oluşturulabilecek oksidatif stresi yok ederek, hücre hasarını engellediklerinden dolayı vücudun savunma sistemi için önem arz etmektedirler.

Yüksek antioksidan aktiviteye sahip gıda bileşenleri arasında bulunan fenolik bileşikler, C vitamini ve karotenoidler, meyve suyu işleme teknolojilerinin bu bileşenler üzerindeki etkilerini araştırmayı zorunlu kılmaktadır. Tam metin çalışmalarını MS-Word® ofis programını kullanarak hazırlayınız ve gönderiniz. Çalışmalar İngilizce ve Türkçe olabilirler.

## 2. Biyoaktif Bileşenler

Biyoaktif bileşenler, fizyolojik ve hücrel aktiviteleri etkileyerek sağlık üzerine olumlu etkiler sağlayan sekonder metabolitlerdir. Biyoaktif bileşenler, birincil metabolitler olarak bilinen karbonhidrat, protein ve yağ gibi canlının büyüme ve gelişmesi için olmazsa olmaz ana besin kaynakları değildirler (Harborne, 1982).

Theis ve Lerdau (2003) ise sekonder metabolitleri bitkiler tarafından üretilen, fotosentez ürünü olmayıp, birtakım fizyolojik mekanizmaların fonksiyonlarıyla oluşan ve fotosentez ya da solunum gibi hayati fizyolojik olaylar için mutlak gerekli olmayan maddeler şeklinde tanımlamışlardır.

Bitkisel kaynaklar biyoaktif bileşenlerce zengin gıdalardır. Fitokimyasal olarak da adlandırılan bitkisel kaynaklı biyoaktif bileşenler; terpen ve terpenoidler, alkaloidler ve fenolik bileşenler olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar (Neilson ve ark.,2012). Sayfa düzeni ile ilgili kurallar aşağıda verilmiştir. Yazım kurallarının şartlarını yerine getirmek için hazır bir şablon kullanmanızı tavsiye ederiz.

### 2.1. Biyoaktif Bileşenlerin Etkisi

Kardiyovasküler hastalıklar, obezite, tip 2 diyabet ve kanser gibi kronik hastalıklar önemli halk sağlığı problemlerini temsil etmektedir (Nyberg ve ark., 2018). Bu hastalıklar karmaşık bir fizyopatoloji sunmanın yanı sıra çeşitli çevresel risk faktörleriyle de ilişkilidir (Aguilera ve ark., 2019; Mazloumi ve ark., 2019). Bu faktörler arasında beslenme önemli bir rol oynar. Yüksek trans, doymuş ve omega-6 yağ asitleri, rafine karbonhidratlar ve tuz alımı ile düşük bitkisel ürün tüketimini kapsayan bir beslenme düzeni bu hastalıkların artmasına yönelik risk teşkil etmektedir. Öte yandan, tam tahıllardan, omega-3 yağ asitlerinden zengin balık, meyve ve sebzelerden oluşan sağlıklı beslenme şekilleri kronik hastalıklara karşı koruyucu etki sağlar (Silva ve ark.,2019).



Meyve ve sebzelerde bulunan polifenoller, izotiyosiyanatlar, kükürt içeren bileşikler ve terpenoidler gibi biyoaktif bileşik sınıflarının tüketimi, kronik hastalıkların önlenmesi ile ilişkilendirilmiştir (Cömert ve Gökmen, 2018). İn vitro ve in vivo çalışmalar, bu biyoaktif gıda bileşenlerinin farklı metabolik, hücresel ve moleküler mekanizmalar yoluyla koruyucu etkilerinin olduğunu ortaya çıkarmıştır (Silva ve ark., 2019).

Bir gıdanın biyoaktif bileşikleri genetik, fizyolojik ve çevresel parametrelere bağlıdır. Farklı türler farklı polifenolik bileşik konsantrasyonları sunar. Örneğin her üzüm türündeki biyoaktif bileşen miktarı ve konsantrasyonu aynı değildir. Ancak ekim alanlarının ve uygulanan tarım tekniklerinin bu moleküllerin varlığını güçlü bir şekilde etkilediğini de belirtmek gerekir (Donno ve ark., 2012). Dolayısıyla bir gıdanın biyoaktif bileşenlerinin etkisini incelerken, her tür için farklı araştırma yapmak gerekmektedir.

Biyoaktif bileşenler;

- Biyokimyasal reaksiyonlarda substrat,
- Enzimatik reaksiyonlarda kofaktör veya inhibitör,
- Bağırsaktaki istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılmasında absorbant,
- Faydalı bakteriler için fermentasyon substratı,
- Zararlı bakteri gelişimini önleyici inhibitör,
- Reaktif ve toksik kimyasallar için yakalayıcı ajan olarak kullanılması gibi mekanizmalar ile sağlık üzerine olumlu etkiler gösterdikleri ortaya konmuştur (Kris-Etherson ve ark., 2002).

Fitokimyasal olarak da adlandırılan bitkiler tarafından üretilen biyoaktif bileşenler, farklılaşmış özel hücrelerden oluşmaktadırlar. Bu bileşenler üç ana grupta incelenmektedir (Hermann, 2010).

**Tablo 1. Bitkisel Kaynaklı Biyoaktif Bileşenler**

Terpen ve Terpenoidler	Alkoloidler	Fenolik Bileşikler
<ul style="list-style-type: none"><li>• 5 C'li birim sayısı</li><li>• 10 C monoterpenler</li><li>• 15 C sesquiterpenler</li><li>• 20 C'li diterpenler</li><li>• 30 C'li triterpenler</li><li>• 40 C'li tetraterpenler</li><li>• C sayısı &gt; 40 ise politerpenler</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Feniletilamin tipi</li><li>• Piridin tipi</li><li>• Pirrolidin-piperidin tipi</li><li>• Kinolin tipi</li><li>• İzokinolin tipi</li><li>• İndol tipi</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Antisiyadinler</li><li>• Flavon ve Flavonoller</li><li>• Flavanonlar</li><li>• Kateşinler</li><li>• Proantisyanidinler</li></ul>

## 2.2. Karotenoidler

### 2.2.1. Tanım

Karotenoidler, uzun karbon zincir iskeletine sahip bir izoprenoid bileşikler grubudur. Doğrusal tetraterpen fitoenden (karotenoidlerin biyosentezinde bir ara madde) türetilirler, bu nedenle genellikle 40 karbona sahiptirler (Nagao, 2014). Bazı bakteriler tarafından farklı ara maddeler yoluyla üretildiğinde 30 ile 50 karbona sahip olabilirler (Siems ve ark., 2005).

Vücut için son derece önemli olan A vitamini, ön maddesi olmadan sentezlenemediği için dışarıdan alınması zorunlu olan bir vitamindir. En önemli A vitamini kaynaklarından olan karotenoidler, fotosentetik mikroorganizmalar ve bitkiler tarafından sentezlenmektedirler (Tee, 1992). Ana karotenoidler a-karoten, β-karoten, β-kriptoksantin, lutein, violaksantin ve likopendir (Saini ve ark., 2015).

### 2.2.2. Karotenoidlerin Yapısal Özellikleri

Karotenoidlerin genel yapısı beş karbonlu sekiz izoprenoid birimi şeklindedir. Genel formülü C<sub>40</sub>H<sub>56</sub> olup, yapılarında çok sayıda çift bağ bulunmaktadır. Molekülün merkezinden sonra diziliş sırası ters şeklindedir, simetrik bir görünüm söz konusudur. Bağların kırık doğru şeklinde gösterimi ile izoprenoid birimlerine formal bölünme gerçekleştirilir.

Karotenoidlerin farklı formlarda kristalize olduğu ve kristallerin ise koyu kırmızı ile siyaha yakın renklerde olduğu tespit edilmiştir. Erime noktaları genellikle yüksektir, moleküler ağırlık ve fonksiyonel grup sayısı arttıkça erime noktalarının da arttığı bilinmektedir. Konjuge çift bağ sistemi, karotenoidlerin kristalize halde iken hava oksijeni etkisiyle dekompozisyona duyarlılığın artmasına neden olur. Suda çözünmeyen karotenoidler, bitkisel yağlarda az çözünmektedirler. Alifatik ve aromatik hidrokarbonlarda orta derecede çözünür, kloroformda ise iyi çözünürler (Tee, 1992).



Doğada en yaygın bulunan renk pigmentleri olup, bitkiye sarıdan kırmızıya dek değişen renk pigmentleri sağlarlar. Proteinlerle kompleks oluşturduklarında ise yeşil ve mavi renk verirler (Walter ve Strack, 2011).

### 2.2.3. Karotenoidlerin Fonksiyonları

Karotenoidlerin önemli fizyolojik fonksiyonlarından birisi, hayvanlarda A vitamini ön maddesi olarak görev almasıdır. Bir çok hayvan türünde bitkisel kaynaklı karotenoidler enzimatik reaksiyon ile A vitaminine dönüşebilmektedir. Günümüzde tespit edilmiş olan 600 çeşit karotenoid arasında altmış tanesinin provitamin A aktivitesi gösterdiği tespit edilmiştir. Bunlar arasında  $\beta$ -karotenin en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni, diğer karotenoidlerden farklı olarak zincir yapısının her iki ucunda da  $\beta$ -iyonon halkasının bulunmasıdır (Lee, 1992).

Karotenoidlerin diğer bir fonksiyonu; sarı turuncu ile kırmızı arasında değişen renklerden sorumlu doğal pigmentleri olmalarıdır. Karotenoidler belirli bir renk oluşumu için en az yedi konjuge çift bağ içermelidir. Konjuge bağ sayısı arttıkça renk yoğunluğu da artmaktadır. Genel olarak karotenoidlerin renkleri, konsantrasyona ve molekülün yapısına bağlı olarak değişmektedir (Bağdatlıoğlu, 1999). Tüm fotosentetik organizmalarda sentezlenirler. Bu organizmalar siyanobakteriler, Alphaproteobacteria dahil fotosentetik bakterileri, algler, yüksek bitkiler ve bazı fotosentetik olmayan bakteriler, mayalar ve fungusları kapsamaktadır. Fotooksidatif süreçlere karşı bitkilerin korunmasında önemli bir rol oynayan bu pigmentler, gıda katkı maddesi olarak kullanılan renk maddeleridir (Turkcan ve Okmen, 2012).

Karotenoidlerin en önemli fonksiyonu ise antioksidan özelliğine sahip olmalarıdır. Bundan dolayı son yıllarda bu bileşenler üzerinde yapılan araştırmalar da önem kazanmıştır.

### 2.3. Antioksidanlar

Metabolizma sırasında üretilen bazı reaktif oksijen türleri vücuda zarar vermektedir (Diplock, 1998). Ksenobiyotik adı verilen dış etkenler (sigara, çevre kirlenmeleri, kontamine sular, pestisitler, kansinojenler) ve ayrıca çoklu doymamış yağ asitlerince zengin bir diyet aracılığıyla oluşabilen tekli oksijen ( $O_2$ ), peroksil radikali ( $ROO\cdot$ ) süperoksit anyonu ( $O_2^-$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksi radikali ( $OH\cdot$ ) gibi çeşitli reaktif oksijen türleri ve serbest radikaller vücutta normal metabolizma sırasında oluşabilmektedir (Koca, 2003). Serbest radikaller hücre duvarı ve yapısındaki lipidlere, aminoasitlere, nükleik asitlere ve DNA'ya zarar vererek, diyabet, kanser, karaciğer tahribatı, katarakt gibi çok çeşitli hastalıklara yol açmaktadır (Velioğlu, 2000).

Serbest radikallerin neden olduğu oksidasyonları önleyen, serbest radikalleri yakalama ve stabilize etme yeteneğine sahip olan moleküllere antioksidan denir (Elliot, 1999). Serbest radikallerin bu olumsuz etkilerine karşı, canlı metabolizması kendilerini korumak için çeşitli enzimatik savunma sistemlerine sahiptir. Ancak sistemlerinin etkinliği bazı bileşiklerin ve iz elementlerin gıdalar aracılığıyla yeterli miktarda alınmasına bağlıdır (karotenoidler, Se, Cu, Zn vb.) (Koca,2003). Serbest radikallerin ve antioksidanların kimyası, her ikisi arasındaki dengeye dayanır. Radikal türler açısından, üç ana sınıf vardır, reaktif oksijen türleri (ROS), reaktif azot türleri (RNS) ve reaktif kükürt türleri (RSS). Oksidatif stres, süperoksit, hidroksil radikal, azot oksit radikal, alkoksil radikal, hidrojen peroksit ve atomik oksijen vb. hem eksojen hem de endojen olarak üretilebilen diğer türler gibi yüksek oranda reaktiflerin üretimine yol açar (Ferreira ve ark., 2009).

Antioksidanlar elde edildikleri kaynaklara göre doğal ve sentetik olmak üzere iki başlık altında incelenmektedirler (Taner,2015). Sentetik antioksidanların bazı toksik etkilerinden dolayı kullanımı son yıllarda tercih edilmemekle birlikte, doğal antioksidanlara olan ilgi de artmıştır.

#### 2.3.1. Doğal Antioksidanlar

Çok çeşitli doğal antioksidanlar vardır ve bunlar arasında en önemli gruplardan bazıları; polifenoller, karotenoidler, lutein ve annatto, biksin, norbiksinidir. Bunlar insan vücudu tarafından sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gereken bileşenlerdir (Carocho ve ark.,2018).

#### 2.3.2. Antioksidan Vitaminler

A, E ve C vitaminleri gibi enzimatik olmayan antioksidanlar serbest oksijen radikallerinde (SOR) bulunan yüksek enerjili elektronları yapılarına alarak SOR'nin meydana getireceği oksidatif hasarın azaltılmasına katkıda bulunurlar (Aslan,1985). Organizmada süperoksit radikalleri enzimatik dismutasyonla temizlenirken, antioksidan olarak bilinen bileşikler de oksijen radikallerinin yok edilmesini sağlarlar. Bu kimyasal bileşikler arasında A, E, C vitaminleri ve selenyum (Se) önemli bir rol oynamaktadırlar (Jain, 1995).

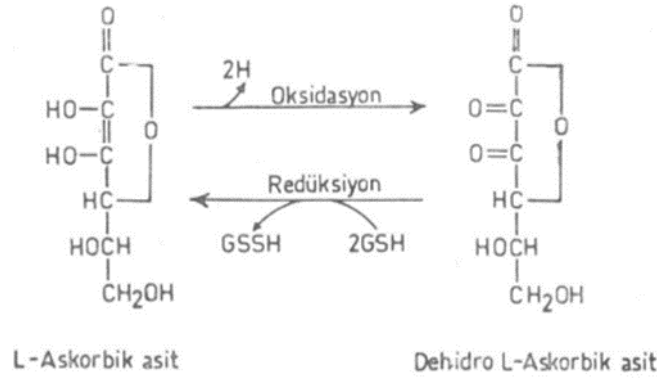
### 2.4. C Vitamini

Yapı itibarıyla monosakkaridlere benzeyen ve oldukça basit yapıda bir vitamindir. İnsan, maymun, kobaylar, yarasalar ve bazı balık türleri askorbik asidi sentezleyemezler ve dışarıdan almak zorundadırlar (Machlin ve ark.,1976). Bunun sebebi bunlarda askorbik asit biyosentezinin son reaksiyonunu katalizleyen gulonolaktan oksidaz enziminin olmamasıdır (Binney ve ark., 1976)

Suda çözünen bir vitamin olan C vitamini vücutta genellikle askorbat formunda bulunur. Kolayca elektron vererek dehidro askorbik asite kendiliğinden okside olur ve superoksit, hidrogen peroksit, hipoklorit, hidroksil radikali, peroksil radikali ve singlet oksijeni süpürücü etki gösterir. C-vitamini lipid peroksidasyonunu başlatmadan peroksil radikallerini su fazında inhibe ederek, biyolojik membranları peroksidatif hasardan korur (Gökpınar ve ark.,20016).

Oksitlenmiş ve indirgenmiş olarak iki şekilde bulunur; Askorbik asit ve Dehidroaskorbik asit (Bingöl, 1977)





Şekil 36. Askorbik Asit ve Dehidroaskorbik Asit

### 3. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl İşlemler

Gıdaların raf ömrünü uzatmak amacıyla belirli şartlar altında + veya - sıcaklık uygulanmasına ısıl işlem denir. En yaygın kullanılan ısıl işlemler;

1. Pastörizasyon (60– 85 °C arasındaki sıcaklıklarda birkaç saniyeden bir saate varan sürelerde uygulanır.)
2. Sterilizasyon (En az 115 °C'de 13 dakika veya 121 °C'de 3 dakika gibi uygun zaman – sıcaklık kombinasyonunda yüksek sıcaklıkta uzun süreli uygulanır.)

### 4. Meyve Suyu Üretiminde Uygulanan Isıl Olmayan İşlemler

Isı etkisi olmaksızın gıda maddesinin genel özelliklerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla kullanılan yöntemler ısıl olmayan işlemler olarak adlandırılmaktadır. Geleneksel gıda işleme, gıdada yer alan patojenleri (bakteri, virüs ve parazitler) etkisiz hale getirmek amacıyla ısıyı kullanır. Ancak uygulanan ısı istenmeyen mikroorganizmaları yok ederken gıdaların duyu özelliklerini ve besin değerini koruması amaçlanmaktadır (Akkara ve Kayaardı, 2014).

Bundan dolayı işlenen gıdalarda işlem sonrası özelliklerinin taze gıdaya en yakın olacak uygun prosesleri bulmak amacıyla çalışmalar devam etmektedir.

#### 4.1. Darbeli Elektrik Alan Uygulaması

Kısa süreli(1-10  $\mu$ s) yüksek elektrik alan vurguları (20-80 kV/cm) ile uygulanan gıdanın kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirmeksizin, mikroorganizmaların inaktive olması sağlanmaktadır. Genel olarak yüksek bir harici elektrik alan uygulamasıyla, hücre zarının elektro-mekanikleştirilmesi olarak adlandırılır. Bu elektrik alanı, elektroporasyon adı verilen bir işlem olan gözenek oluşumunu başlatarak, zar boyunca bir voltaj oluşturur. Membran üzerindeki voltaj 1 voltluk eşik değerini aştığında bakteriyel zarın parçalanması meydana gelir.

Transmembran voltajının etkinliği, hücrenin karakteristiği, dış çevre özellikleri ve uygulanan elektrik alan ile mikrobiyal inaktivasyon arasındaki ilişkiye bağlı olup, proses parametreleri ile de yakından ilgili olduğu bilinmektedir. DEA, sütün, meyve sularının ve sıvı yumurtaların işlenmesinde başarıyla uygulanmıştır. Genel inaktivasyon seviyeleri bakteri popülasyonunun % 99,99 olduğu yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir (Pizzichemi, 2007).

#### 4.2. Yüksek Basınç İşlem

Düşük sıcaklıkta (+ 4°C ile 10°C), 100-900 MPa basınç aralığında uygulanan ve basıncın etkisiyle mikroorganizmaların morfolojisi, biyokimyasal reaksiyonları, genetik mekanizmaları, hücre zarları ve duvarları ve spor kılıfları üzerinde değişimler oluşmaktadır (Gökmen ve Acar, 1995). Basıncın mikroorganizmalar üzerindeki etkisi, mikroorganizma özellikleri, spor veya vejatatif formu, uygulanan basınç seviyesi ve uygulama süresi, ortam bileşimi, pH ve sıcaklık gibi faktörlere bağlıdır (Alpas ve ark., 2000; Hugas ve ark., 2002). YBİ, ısıya dayanıklı bileşikler için güvenli aralıktaki basınca ve sıcaklıkta uygulanmaktadır. Meyve sularındaki mikroorganizmaları (Pokhrel ve ark., 2017) ve karotenoidlerin biyolojik olarak işlenebilirliği gibi meyve sularının kalitesini bozmaya neden olan enzimleri etkisiz hale getirmek için yeterli parametrelere sahiptir (Liu ve ark., 2019).

##### 4.2.1. Uygulanan İşlemlerin Karotenoid İçeriği Üzerine Etkisi

Portakal suyuna uygulanan pastörizasyon uygulamasının karotenoid içeriğinde taze portakal suyuna göre % 12,6 düzeyinde azalmaya neden olduğu, DEA uygulamasında en iyi sonucun %0,80'lik azalma ile 40 kV/cm elektrik alan kuvvetinde meydana geldiği bildirilmiştir (Tablo 2).





**Tablo 2. Portakal Suyuna Uygulanan Pastörizasyon ve DEA İşlemleri Sonucu Karotenoid Miktarındaki % Azalma\***

İşlem	DEA			Pastörizasyon
Parametreler	25 Kw	30 Kw	40 Kw	90 °C/ 20 s
Karotenoid	9,60%	6,40%	0,80%	12,60%

\*(Cortés ve ark., 2006)

González-Casado ve ark. (2018), darbeli elektrik alan uygulamasında (30 darbe, 200 kV m<sup>-1</sup>), domates suyundaki karotenoidlerin miktarında %50 artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda, lipofilik antioksidan kapasitede de önemli bir gelişme gözlenmiştir

#### 4.2.2. Uygulanan İşlemlerin Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi

Corrales ve ark. (2008) doğal antioksidan ya da renklendirici olarak kullanılan antosiyaninlerin tüzümden ° ekstraksiyonuna 70 C'deki ısı ile DEA uygulaması, yüksek basınç ve ultrasonik uygulamanın kombinasyonun etkilerini araştırmışlardır. Bunun sonucunda ekstraktın antioksidan aktivesinde; 3 kV/cm elektrik alan kuvvetinde DEA uygulamasıyla 4 kat, 600 MPa'lık yüksek basınç uygulamasıyla 3 kat ve 35 KHz'lik ultrasonik uygulamasıyla 2 kat artış olduğunu tespit etmişlerdir.

#### 4.2.3. Uygulanan İşlemlerin C Vitamini Üzerine Etkisi

Yapılan bir çalışmada tüm meyve suyu bazlı içeceklerde uygulanan işlemde sonra C Vitamini konsantrasyonunda azalma olduğu belirtilmiştir (Tablo 3). C vitamininin, kimyasal ve enzimatik oksidasyona çok duyarlı olan bir termolabil bileşik olduğu bilinmektedir. Besin matrisinin ısı ile işlemin etkisi sonucu parçalanmasıyla C vitamini ve oksidatif enzimler (Örn: Askorbik asit oksidaz ve peroksidaz) reaksiyona girerler. Isıl işlem uygulanan meyve sularının en düşük C vitamini içeriğinin nedeni bu şekilde açıklanabilir. C vitamini stabilitesinin, oksijen mevcudiyeti, sıcaklık, ışık, pH, metal katalizör, diğer antioksidanların ve indirgeyici ajanların varlığıyla birlikte askorbik asit oksidazın mevcudiyeti gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği iyi bilinmektedir. Soya sütü zengin bir fenol ve izoflavon kaynağıdır. Bu antioksidan bileşiklerin, soya sütü-meyve suyu içeceğinde C vitamini oksidasyonunu önleyebileceği düşünülmektedir (Rodríguez-Roque ve ark.,2015).

**Tablo 3. Meyve Suyu Bazlı İçeceklerde C Vitamini Konsantrasyonu (Rodríguez-Roque ve ark.,2015)**

	Su-M.S	Süt-M.S	Soya-M.S
	Konsantrasyon (mg/100 mL)		
İşlenmemiş	30.4±2.0bA	30.8±2.1cA	29.5±1.7cA
DEA	25.8±1.3aA	27.9±1.6bA	27.1±1.5bA
YBİ	28.0±1.8abAB	29.5±2.0bcB	26.4±1.5bA
İİ	25.7±1.1aC	21.3±0.9aA	23.9±1.0aB

Değerler ortalama ± standart sapma olarak ifade edilir. Aynı sütündeki farklı küçük harfler, işlemlerde önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) göstermektedir. Aynı satırdaki farklı büyük harfler, içecekler içindeki önemli farklılıkları ( $p < 0.05$ ) gösterir.

-Sindirilmemiş meyve suyu bazlı içeceklerde C vitamini konsantrasyonu

-Su-M.S:Su-meyve suyu, Süt-M.S:Süt-meyve suyu, Soya-MS:Soya sütü-meyve suyu

-DEA:Darbeli Elektrik Alan, YBİ: Yüksek Basınçlı İşlem, İİ:Isıl İşlem

#### 4.3. Ultrases Uygulaması

Katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, insan kulağının işitme sınırından (16-20 kHz) daha yüksek frekanslı ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Condón ve ark., 2005). Bu yöntem meyve suyu işlemede umut vadeden ısı olmayan alternatif yöntemlerden birisidir. Ultrases işlemi meyve suyu işlemede genel olarak hedef mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu amacıyla uygulanmaktadır. Bununla birlikte ultrases işlemi meyve sularının fizikokimyasal özelliklerinde de değişimlere neden olabilmektedir.

#### 4.3.1. Ultrases Uygulamasının Karotenoid İçeriği Üzerine Etkisi

Ultrases uygulamasında ses dalgası sıvının içerisinden geçerken boyuna dalgalar oluşturur ve ardışık olarak kasılıp gevşeme olayları gerçekleşir. Bu esnada mikro kabarcıklar ve boşluklar oluşur. Kabarcıklar kritik bir değere ulaştığında patlamaktadır. Bu patlama anna kaviteyi denilmektedir. Bu yöntemin sıvı içerisindeki etki mekanizması kaviteyi ile açıklanmaktadır. (Piyasena ve ark., 2003). Ultrason ile işlenen meyve sularında genellikle karotenoid miktarında artış görülmektedir. Bu artış hücre duvarının mekanik olarak yırtılmasıyla açıklanabilir. Kaviteyi işlemlerinden dolayı lipoksijenaz enziminin etkisizleştirilmesiyle birlikte bu bileşenlerin salınır ve miktarlarında artış gözlenir (Ordóñez-Santos ve ark., 2017). Ayrıca Ordóñez-Santos ve ark. (2009),



karotenoidlerin başka antioksidanların (askorbik asit, tokoferol ve fenolikler) varlığı ile stabilize edilmiş olabileceğini de yorumlamaktadır.

Bektaş üzümlerinden elde edilen meyve suyunda yapılan bir çalışmada farklı parametrelerde uygulanan ultrases işleminden sonra, karotenoidlerde (b-karoten, a-karoten, b-kriyotransantin, zeaksantin ve likopen) önemli bir artış olduğu görülmüştür (Ordóñez-Santos ve ark., 2017).

Jabbar ve ark., (2015) havuç suyu üzerinde yapmış oldukları bir çalışmada karotenoidlerde (özellikle lutein ve likopen) artış olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer çalışmalarda da ultrason uygulanan mango, elma ve portakal sularındaki karotenoidlerde bir artış olduğunu bildirilmiştir (Abid ve ark., 2014; Guerrouj ve ark., 2016; Santhirasegaram ve ark., 2013). Ordóñez-Santos ve ark. (2009), karotenoidlerin başka antioksidanların (askorbik asit, tokoferol ve fenolikler) varlığı ile stabilize edilmiş olabileceğini de yorumlamaktadır.

#### **4.3.2. Ultrases Uygulamasının Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi**

Yapılan araştırmalarda ultrases uygulamasından sonra meyve suyu örneklerinin antioksidan kapasitelerinde genel bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu artışlar, esas olarak ultrason işleminden sonra antioksidanların (örneğin fenolikler) artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, polifenol oksidazlar gibi oksidasyon ile ilişkili bazı enzimlerin inaktif hale gelmesi, işlem süresi boyunca oluşan kayma kuvvetinden kaynaklanmaktadır. Bu da meyve suyunda toplam antioksidan kapasitesinin artmasına neden olmaktadır (Cheng ve ark., 2007).

Kivi suyu numunelerinde yapılan araştırmalarda, örneklerin antioksidan kapasitelerinin %28,86 ile %65,67 oranında artış görülmüştür (Wang ve ark., 2019). Havuç suyunda yapılan bir çalışmada ise, uygulamadan sonra antioksidan kapasitesinde %5,21 artış gözlemlenmiştir (Martínez Flores ve ark., 2015).

#### **4.3.3. Ultrases Uygulamasının C Vitamini Üzerine Etkisi**

Meyve sularında askorbik asit korunumu bir kalite göstergesi olarak kullanılmaktadır. Askorbik asit başlangıç konsantrasyonu % 50 azaldığında raf ömrünün sona ermiş olduğu varsayılır (Anaya Esparza ve ark., 2017).

Birçok araştırma, yüksek yoğunluklu ultrason uygulamasının, meyve suyunda biyoaktif bileşik içeriğini de artırabildiğini göstermektedir. Limon suyunda askorbik asit, 60 dakika boyunca 25 kHz'lik bir frekansta ultrason işleminden sonra 37.6 mg / mL'den 40.2 mg / 100 mL'ye önemli ölçüde artış kaydetmiştir. Ultrason uygulanmış limon suyundaki toplam fenolikler ve toplam flavonol içerikleri sırasıyla % 27,5 ve % 127,4 oranında artmıştır (Bhat ve ark., 2011). Greyfurt suyunda ise askorbik asit, toplam fenolikler ve toplam flavonoid içerikleri, 28 kHz frekansta 90 dakikalık ultrason işleminden sonra sırasıyla % 28.5, % 9.0 ve % 30.5 artışı görülmüştür (Aadil ve ark., 2013). Ayrıca, çalışmalar ultrason işleminin elma suyunda şekerleri (örn. sukroz ve fruktoz), mineralleri (örneğin Ca ve K) ve toplam karotenoid içeriğini ve ananas suyunda protein içeriğini (Abid ve ark., 2014) iyileştirebileceğini göstermiştir. Artışın nedeni dokuların ve hücre duvarının bozulmasına bağlı olarak askorbik asit salınımının arttığı düşünülmektedir (Costa ve ark., 2013).

Bununla birlikte, ultrasonun olumsuz etkisine ilişkin birçok yayın da mevcuttur. Mango ve çilek suyunda ultrason işleminden sonra kayda değer miktarda askorbik asit (% 78) ve antosiyanin miktarı düşüşü gözlemlendi. Kivi suyuna uygulanan ultrases işleminden sonra askorbik asit oranında önemli azalma görülmüştür (Wang ve ark., 2013). Benzer bir askorbik asit azalması çilek suyunda (Tiwari ve ark., 2008) ve ultrason uygulanan mango suyunda (Santhirasegaram ve ark., 2013) gözlemlenmiştir. İşlem süresince, oksidasyonu artırabilen ve askorbik asidin bozulmasına yol açabilecek bazı sonokimyasal reaksiyonlar nedeniyle ekstra serbest radikaller oluşabilmektedir. Bu da askorbik asit miktarında düşüşe neden olmaktadır.

### **4.4. Ozon Uygulaması**

Ozon üç oksijen atomundan doğal olarak meydana gelen çok yüksek reaksiyon yeteneğine sahip ilk defa 1840 yılında bulunan bir oksijen formudur. Yüksek oksidasyon yeteneğine sahip olması nedeniyle organik ve inorganik maddeleri okside etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ozonun bakteri, maya, küf, patojen mikroorganizmaları ve sporlarını daha hızlı öldürmektedir (Finch ve ark., 1988). Ozonun etkinliği sıcaklıkla ters, bağıl nemle doğru orantılı olarak değişir ve ortam asidik oldukça ozonun etkinliği artmaktadır. Ozon (ozon/ozon-oksijen/ozon-hava) sıvı gıdalarda gaz olarak daha etkin kullanılmaktadır (Cullen ve ark., 2010).

#### **4.4.1. Ozon Uygulamasının Karotenoid ve C Vitamini Miktarı Üzerine Etkisi**

Yapılan bir çalışmada Kavun suyuna Ozon uygulamasında 30 dk sonunda, toplam karotenoidler % 76 azalırken, 60 dakika boyunca % 83'lük bir azalma olduğu belirtilmiştir (Tablo 4). Bu azalmayı Ali ve ark., (2014) meyve suyu uzun süre ozona maruz kaldığında karotenoidlerin oksidatif bozulması sonucu absisik asit oluşumuna bağlamaktadırlar Tablo 4'te.



**Tablo 4. Taze ve Ozonla Muamele Edilmiş Kavun Suyunun Toplam C vitamini ve Toplam Karotenoid Miktarı (Fundo ve ark.,2018).**

Meyve Suyu	C Vitamini (mg/100 mL)			Toplam Karotenoid (µg/mL)
	DHA	AA	TOPLAM	
Taze	62.13	2.34 ± 0.53 <sup>b</sup>	64.47	31.44 ± 21.11 <sup>b</sup>
30 dk O <sub>3</sub>	28.05	1.89 ± 0.12 <sup>a</sup>	29.94	7.59 ± 4.41 <sup>a</sup>
60 dk O <sub>3</sub>	13.60	1.90 ± 0.13 <sup>a</sup>	15.50	5.44 ± 2.39 <sup>a</sup>

Kavun suyunda yapılan bir araştırmada, ozonla uygulamadan sonra sırasıyla 30 dk ve 60 dk sonunda C vitamini % 54 ve % 76 oranında azalmıştır. Bu durum oksidatif strese bağlı olarak, toplam C vitamini ve karotenoid içeriğinin azalmasıyla ilişkilendirilebilir (Fundo ve ark.,2018).

#### 4.4.2. Ozon Uygulamasının Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi

Ozonun güçlü oksitleyici aktivitesine bağlı olarak antioksidan bileşiklerin kaybı beklenebilse de, oksidatif stres meyvede bazı savunma mekanizmalarına neden olabilir (Forney, 2003). Bu da fenolik bileşiklerin artmasıyla sonuçlanır. Alothman ve ark. (2010), ozon varlığının, muhtemelen fenilalanin amonyakliyak gibi ortamda var olan enzimlerin aktifleştirilmesiyle fenolik bileşiklerin açığa çıkmasına neden olduğu sonucuna varmıştır. Böylelikle antioksidan kapasitesi de artış göstermiştir. Bu, fenolik bileşiklerin biyosentezinde kilit düzenleyici bir enzim olan ozon uygulamasıyla fenilalanin amonyakliyakın indüklediğini ve kafeik, p-kumarik asitlerin birikiminde artışa yol açtığını belirten Booker ve Miller'ın (1998) daha önce bildirdiği bulgularıyla uyumludur.

Kavun suyu üzerinde yapılan bir araştırmada ozon uygulaması ile toplam antioksidan aktivitesi, 30 dakika ve 60 dakika ozon muamelesinden sonra sırasıyla % 45 ve % 52 kayıp vermiştir (Fundo ve ark.,2019). Toplam fenolik içeriğinin, ozon muamelesiyle birlikte artması antioksidan kapasitesini de arttırmıştır. 10 günlük depolamadan sonra çeşitli ozon konsantrasyonlarına 1.5, 2.5 ve 3.5 ppm maruz kalan papaya meyvelerinin antioksidan aktivitesinde sırasıyla % 0.03, % 30.9 ve % 21.9 artış meydana gelmiştir (Ali ve ark.,2014).

#### 4.5. UV-C Işınlama Uygulaması

Ultraviyole (UV) ışık uygulaması, içeceklerin termal pastörizasyonuna bir alternatif olarak kabul edilmesinden bu yana (FDA, 2013), bu teknoloji kimyasal olmayan bir işleme seçeneği haline gelmiştir. Yüksek oranda patojen azaltma etkinliği ve daha az istenmeyen fizikokimyasal değişimin eşlik ettiği beslenmeye ilgi, tüketicilerin, üreticilerin ve araştırmacıların bu teknolojiye yönelmelerine neden olmuştur. Bununla birlikte, bazı çalışmalar UV ışığını güçlü bir şekilde absorbe eden bileşiklerin varlığından dolayı bazı içecekler için bu uygulamanın sınırlı olabileceğini göstermiştir.

##### 4.5.1. UV-C Işınlamanın C Vitamini Üzerine Etkisi

Bu ışığa duyarlı meyveler, UV uygulaması sırasında ciddi şekilde bozulabilir (Bhat, 2016). Koutchma ve Shmalts (2002), elma suyunun 600 mJ cm<sup>2</sup> UV dozuna maruz bırakıldığında C vitamininin % 30 ile 40'ünün tahrip olduğunu bildirmiştir. Benzer bir UV doza maruz kaldığında, portakal ve havuç sularında sırasıyla % 18 ve % 25'lik bir bozulma olmuştur. Tran ve Farid (2004), 100 mJ cm<sup>2</sup> UV dozda işlem görmüş portakal suyunda C vitamini konsantrasyonunda % 17'lik bir düşüş olduğunu bildirmiştir.

##### 4.5.2. UV-C Işınlamanın Karotenoid İçeriği Üzerine Etkisi

UV-C uygulamasından sonra mango suyu numunelerinin karotenoid içeriğinde önemli bir artış gözlenmiştir. Bu, karotenoid bağlayıcı proteinin değişmesine ve dolayısıyla serbest karotenoidlerin mevcudiyetinin artırılmasına bağlanabilir. Ek olarak, UV fotonlarının oluşumu, karotenoidlerin kaybından sorumlu olan enzimlerin etkisiz hale gelmesine neden olabilir, böylece karotenoid ekstraksiyon verimini geliştirebilir. Ayrıca bu artış UV-C maruziyetine bağlı antioksidanların artırılması ile de açıklanabilir, böylece karotenoidlerin daha iyi tutulması sağlanmaktadır (Santhirasegaram ve ark., 2015).

##### 4.5.3. UV-C Işınlamanın Antioksidan Kapasitesi Üzerine Etkisi

Mango suyu üzerinde gerçekleştirilen araştırmadan, UV-C ile muamele edilmiş meyve suyu numunelerinin tamamında polifenollerin ekstraksiyon veriminde önemli bir artış gözlenmiştir. En yüksek artış % 31 olarak kaydedilmiştir. Enzim fenilalanin amonyakliyakının UV-C maruziyeti ile artmış aktivitesinin, fenolik bileşiklerin artışına yol açan fenolik biyosentezine katkıda bulunduğu ileri sürülmüştür (Alothman ve ark., 2009). Ek olarak, UV-C'nin neden olduğu polifenol oksidazın inaktivasyonu, polifenollerin daha fazla kaybını önleyebilir (Oms-Oliu ve ark.,2012). Ayrıca Bhat ve ark. (2011), UV-C ile muamele edilmiş yıldız meyve suyu üzerinde, polifenol içeriğinde önemli bir artış gözlenmiştir.

#### 5. Kaynakça

Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z., & Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. Food Chemistry, 141(3), 3201–3206.



- Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M. M., Hu, B., Lei, S., (2014). Sonication enhances polyphenolic compounds, sugars, carotenoids and mineral elements of apple juice. *Ultrasonics Sonochemistry*. 21(1), 93–97.
- Aguilera, C., Labbé, T., Busquets, J., Venegas, P., Neira, C., & Valenzuela, Á. (2019). Obesidad: Factor de riesgo o enfermedad? *Revista Médica de Chile*. 147(4), 470–474. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872019000400470>.
- Akkara, M., Kayaardı, S. (2013). Effects of dry ice decontamination technique on microbiological quality of poultry carcasses, 59th International Congress of Meat Science and Technology, 1–7.
- Ali, A., Ong, M. K., & Forney, C. F. (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage. *Food Chemistry*, 142, 19–26.
- Alothman, M., Kaur, B., Fazilah, A., Bhat, R., & Karim, A. A. (2010). Ozone-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(4), 666–671
- Asgar Ali, Mei Kying Ong , Charles F. Forney, (2014). Effect of ozone pre-conditioning on quality and antioxidant capacity of papaya fruit during ambient storage, *Food Chemistry*, Volume 142, 19-26.
- Aslan S. (1985) *Modern teşhis ilaç ve tedavi*. Beta Basım Yayın Dağıtım, İstanbul, I. Cilt; pp.258-273
- Bağdathoğlu N. ve Demirbuker B. (1999). Gıda İşlemede Karotenoidlerde Meydana Gelen Gelişmeler. *Gıda*. 9:48- 51.
- Bhat, R. (2016). Impact of ultraviolet radiation treatments on the quality of freshly prepared tomato (*Solanum lycopersicum*) juice. *Food Chemistry*, 213, 635-640.
- Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L., & Karim, A. (2011). Sonication improves kasturi lime (*Citrus microcarpa*) juice quality. *Ultrasonics Sonochemistry*. 18(6), 1295–1300.
- Bjelakovic, G., Nikolova, D., Gluud, L. L., Simonetti, R. G., & Gluud, C. (2007). Mortality in randomized trials of antioxidant supplements for primary and secondary prevention – Systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Medical Association*, 297(8), 842–857.
- Booker, F. L., & Miller, J. E. (1998). Phenylpropanoid metabolism and phenolic composition of soybean *Glycine max* (L.) Merr. leaves following exposure to ozone. *Journal of Experimental Botany*, 49(324), 1191–1202.
- Cortés, C., Esteve, M. J., Rodrigo, D., Torregrosa, F., Frígola, A. (2006). Changes of colour and carotenoids contents during high intensity pulsed electric field treatment in orange juices. *Food and Chemical Toxicology*, Volume 44, Issue 11, 1932-1939.
- Cheng, L., Soh, C., Liew, S., & Teh, F. (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. *Food Chemistry*, 104(4), 1396–1401.
- Corrales, M., Toepfl, S., Butz, P., Knorr, D., & Tauscher, B. (2008). Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 9, Issue 1, Pages 85-91.
- Costa, M. G. M., Fonteles, T. V., de Jesus, A. L. T., Almeida, F. D. L., de Miranda, M. R. A., Fernandes, F. A. N., (2013). High-intensity ultrasound processing of pineapple juice. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 997–1006.
- Cömert, E. D., & Gökmen, V. (2018). Evolution of food antioxidants as a core topic of food science for a century. *Food Research International*, 105, 76–93. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.056>.
- Donno, D., Beccaro, G.L., Mellano, G.M., Cerutti, A.K., Canterino, S., Bounous, G., (2012). Effect of agronomic and environmental conditions on chemical composition of treespecies buds used for herbal preparations. *Int. J. Plant Res*. 25 (1), 21–29.
- Ferreira, I. C. F. R., Barros, L., & Abreu, R. M. V. (2009). Antioxidants in wild mushrooms. *Current Medicinal Chemistry*, 16, 1543–1560.
- Forney, C. F. (2003). *Postharvest response of horticultural products to ozone*. In D. M. Hodges (Ed.). *Postharvest oxidative stress in horticultural crops* (pp. 13–54). New York: Food Products Press.
- Gordon R. Finch, Daniel W. Smith, Michael E. Stiles, (1988). Dose-response of *Escherichia coli* in ozone demand-free phosphate buffer. *Water Research*, (22)12. 1563-1570.
- Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T., ve Durmaz, Y. (2006). Algal antioksidanlar, *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*, Sayı 23, 85-89.
- Guerrouj, K., Sánchez-Rubio, M., Taboada-Rodríguez, A., Cava-Roda, R. M., & MarínIniesta, F. (2016). Sonication at mild temperatures enhances bioactive compounds and microbiological quality of orange juice. *Food and Bioprocess Processing*. 99, 20–28.
- Héctor E. Martínez-Flores, Ma. Guadalupe Garnica-Romo, Daniela Bermúdez-Aguirre, Prashant Raj Pokhrel, Gustavo V. Barbosa-Cánovas, (2015). Physico-chemical parameters, bioactive compounds and microbial quality of thermo-sonicated carrot juice during storage. *Food Chemistry*, 172, 650-656.



- Hermann M. (2010). Influence of pulsed electric fields on polyphenol production, peroxidase and polyphenol oxidase activity of grape cell culture (*Vitis vinifera*). Technical University of Berlin, Diplomarbeit, Berlin, Germany, 73p.
- Jain SK, Levine SN. (1995) Elevated lipid peroxidation and vitamin E-quinone levels in heart ventricles of strep tozotocin-treated diabetic rats. *Free Radic Biol Med*; 18(2):337-341
- Jin Wang, Sai Kranthi Vanga, Vijaya Raghavan, (2019). High-intensity ultrasound processing of kiwifruit juice: Effects on the ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and antioxidant capacity, *LWT - Food Science and Technology*, (107), 299-302.
- Joana F. Fundo, Fátima A. Miller, Andréia Tremarin, Ester Garcia, Teresa R.S. Brandão, Cristina L.M. Silva, (2018), Quality assessment of Cantaloupe melon juice under ozone processing, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 461-466.
- Koca N. ve Karadeniz F. (2003). Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve antioksidan savunma sistemleri. *Gıda Mühendisliği Dergisi*. 16:32-37
- Koutchma, T., & Shmalts, M.. (2002). Degradation of vitamin C after alternative treatments of juices. Paper presented at the Institute of Food Technologists Annual Meeting, New Orleans.
- Kris-Etherson, P.M., Hecker, K.D., Bonanome, A., Coval, S.M., Binkoski, A.E., Hilpert, K.F., Griel, A.E., and Etherton, T.D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*, 113: 71-83.
- Liu, X., Liu, J., Bi, J., Yi, J., Peng, J., Ning, C., Zhang, B. (2019). Effects of high pressure homogenization on pectin structural characteristics and carotenoid bioaccessibility of carrot juice. *Carbohydrate Polymers*, 203, 176–184.
- Lívia Beatriz Aparecida Ribeiro Silva, Natália Pinheiro-Castro, Gabriela Machado Novaes, Gabriela de Freitas Laiber Pascoal, Thomas Prates Ong, (2019), Bioactive food compounds, epigenetics and chronic disease prevention: Focus on early-life interventions with polyphenols. *Food Research International, Brazil*
- Luis Eduardo Ordóñez-Santos, Jader Martínez-Girón, Maria Enith Arias-Jaramillo, (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice, *Food Chemistry*. 96-100.
- Lynda R. Horn, L. J. Machlin, Myra O. Barker, Myron Brin, (1976). Drug metabolism and hepatic heme proteins in the vitamin E-deficient rat. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, Volume 172, 270-277.
- Márcio Caroch, Patricia Morales, Isabel C. F. R. Ferreira, (2018). Antioxidants: Reviewing the chemistry, food applications, legislation and role as preservatives. *Trends in Food Science & Technology*, Volume 71, 107-120.
- María Janeth Rodríguez-Roque, Begoña de Ancos, Concepción Sánchez-Moreno, M. Pilar Cano, Pedro Elez-Martínez, Olga Martín-Belloso, (2015). Impact of food matrix and processing on the in vitro bioaccessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages. *Journal of Functional Foods*, Volume 14, 22-42.
- Mazloui, E., Poorolajal, J., Sarrafzadegan, N., Roohafza, H. R., Faradmal, J., & Karami, M. (2019). Avoidable burden of cardiovascular diseases in the Eastern Mediterranean Region: Contribution of selected risk factors for cardiovascular-related deaths. *High Blood Pressure & Cardiovascular Prevention*. 26(3), 227–237. <https://doi.org/10.1007/s40292-019-00319-3>
- Nagao, A., (2004). Oxidative conversion of carotenoids to retinoids and other products. *J. Nutr.* 134, 237s–240s.
- Nagao, A., (2014). Bioavailability of dietary carotenoids: intestinal absorption and metabolism. *JARQ (Jpn. Agric. Res. Q.)* 48, 385–391.
- Nyberg, S. T., Batty, G. D., Pentti, J., Virtanen, M., Alfredsson, L., Fransson, E. I., ... Kivimäki, M. (2018). Obesity and loss of disease-free years owing to major noncommunicable diseases: A multicohort study. *The Lancet Public Health*. 3(10), 490–497. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(18\)30139-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(18)30139-7)
- Oms-Oliu, G., Odrizola-Serrano, I., Martín-Belloso, O., 2012. *The effects of non-thermal technologies on phytochemicals*. In: Rao, V. (Ed.), *Phytochemicals: A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. InTech, Croatia.
- Ordóñez-Santos, L. E., Vázquez-Odériz, L., Arbones-Maciñeira, E., & RomeroRodríguez, M. Á. (2009). The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp. *Food Chemistry*, 112(1), 146–149.
- Patil, S., Valdramidis, V.P., Cullen, P.J., Frias, J. & Bourke, P. (2010). Inactivation of *Escherichia coli* by ozone treatment of apple juice at different pH levels. *Food Microbiology*. (27), 835-840.
- Piyasena, P., Mohareb, E. & McKellar, R. C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87, (3), 207-216.
- Pizzichemi, M. (2007). Application of Pulsed Electric Fields to food treatment, *Nuclear Physics B - Proceedings Supplements*, Volume 172, 314-316
- Pokhrel, P. R., Bermúdez-Aguirre, D., Martínez-Flores, H. E., Garnica-Romo, M. G., Sablani, S., Tang, J., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2017). Combined effect of ultrasound and mild temperatures on the inactivation of *E. coli* in fresh carrot juice and changes on its physicochemical characteristics. *Journal of Food Science*, 82(10), 2343–2350.





- Saini, R. K., Nile, S. H., & Park, S. W. (2015). Carotenoids from fruits and vegetables: Chemistry, analysis, occurrence, bioavailability and biological activities. *Food Research International*, 76, 735–750
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., & Somasundram, C. (2013). Effects of thermal treatment and sonication on quality attributes of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1276–1282.
- Santhirasegaram, V., Razali, Z., Soloman D., & Somasundram, C. (2015). Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (*Mangifera indica* L.) juice, *Food and Bioprocess Processing*, Volume 94, Pages 314-321.
- Siems, W., Capuozzo, E., Crifo, C., Sommerburg, O., Langhans, C.D., Schlipalius, L., Wiswedel, I., Kraemer, K., Salerno, C., (2003). Carotenoid cleavage products modify respiratory burst and induce apoptosis of human neutrophils. *Bba-Mol Basis Dis* 1639, 27–33.
- Tee, E. S. (1992). Carotenoids and Retinoids in Human Nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 31 (1/2) 103-163.
- Tiwari, B., O'Donnell, C., Patras, A., & Cullen, P. (2008). Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(21), 10071–10077.
- Tran, M. T. T., & Farid, M. (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5, 495-502.
- Turkcan O. ve Okmen G.,(2012). Mikrobiyal Karotenoidler, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 115-122.
- Velioğlu S. (2000). Doğal Antioksidanların İnsan Sağlığına Etkileri. *Gıda* 25: 167-176.
- Walter, M.H., Strack, D., (2011). Carotenoids and their cleavage products: biosynthesis and functions. *Nat. Prod. Rep.* 28, 663–692



## DÜZCE ÜNİVERSİTESİ HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN HOMER İLE MODELLENMESİ, SİSTEMİN EKONOMİK VE TEKNİK AÇIDAN ANALİZLERİ

Zafer Öztürk<sup>1\*</sup>, Salih Tosun<sup>2</sup>, Ali Öztürk<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

zafer85gs@gmail.com

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

salih Tosun@duzce.edu.tr

<sup>3</sup> Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

aliozturk@duzce.edu.tr

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Dünyada insan nüfusunun artması sonucu elektrik tüketim ihtiyacını artırmaktadır. Özellikle insanların bir arada buldukları alanda enerji tüketimi oldukça fazla olmaktadır. Bunun sonucunda elektrik kaynaklarına olan ihtiyaç da artmaktadır. Elektrik üretimi yüksek oranda fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Dünyadaki bu kaynakların önümüzdeki zaman diliminde dikkatli şekilde kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Fosil kaynaklar; maliyeti fazla ve dünyanın içerisinde sınırlı miktarda olmasından ötürü bu kaynakların gelecek içerisinde dikkatli ve optimal şekilde kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Bundan ötürü elektrik ihtiyacını fosil kaynaklardan azaltarak daha çevreci bir enerji kaynaklarına yönelmek ve bunu etkili şekilde sisteme entegre etmek gerekmektedir. Bu çalışmada, Düzce ilinde bulunan Düzce Üniversitesi Kampüsü içerisinde yer alan bütün binaların elektrik yük ihtiyaçlarını karşılamak üzere şebekeye bağımlı bir hibrit yenilenebilir enerji sisteminin çeşitli senaryolar altında etkileri ekonomik ve teknik açıdan incelenerek uygulanabilirliği araştırılmıştır. Burada HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable) yazılımı kullanarak modelleme tasarlanmış, tasarlanan model içerisinde gerekli güneş ve rüzgâr dataları kullanarak elektriksel yük ihtiyacı hesaplanmış, hassasiyet ve optimizasyon çalışmaları yapılarak farklı olasılıklar altında hangi sistemin daha uygulanabilir olması gerektiği ortaya konmuştur. Sonuçlar tartışılmış ve sistemin gerekli analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** HOMER, Hibrit Enerji Sistemleri, Enerji Maliyeti, Yenilenebilir Enerji, Akü Grupları.

### 1. Giriş

Enerji, hayatımızın her alanını önemli derecede etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. İnsanlar yaşantısı için enerjiye gereksinim duyarlar. Dünya’da insan nüfusunun artması neticesinde elektrik tüketimi de artmaktadır. Özellikle toplu yaşamın olduğu bölgelerde enerjinin tüketimi oldukça fazladır. Tüketimin artması ile elektrige ihtiyaç artmaktadır ve bunun sonucunda elektrik kaynaklarının kullanımı fazlaşmaktadır. Elektrik üretimde çoğunlukla fosil kaynaklar kullanılmaktadır. Bu kaynakların kullanılması ile belli başlı problemler de meydana gelmektedir: Dünya rezervinin gitgide azalması, çevreyi kirletmeleri, sera etkisi, maliyet açısından yüksek olmaları gibi nedenler sıralayabiliriz. Bu nedenle bu kaynakların tüketimdeki etkilerinin azaltılması ve yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla tercih edilmesi önemlidir. Ülkemizin bulunduğu şartlar dikkate alındığında yenilenebilir enerji potansiyeli bulundurması da bu geçiş için önemli avantaj sağlamaktadır. Ayrıca mevcut yeraltı kaynaklarının gittikçe azalması, iklim şartlarının bozulması ve ekonomik açıdan olumsuz etkiler yaratması da yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini ortaya koymaktadır.

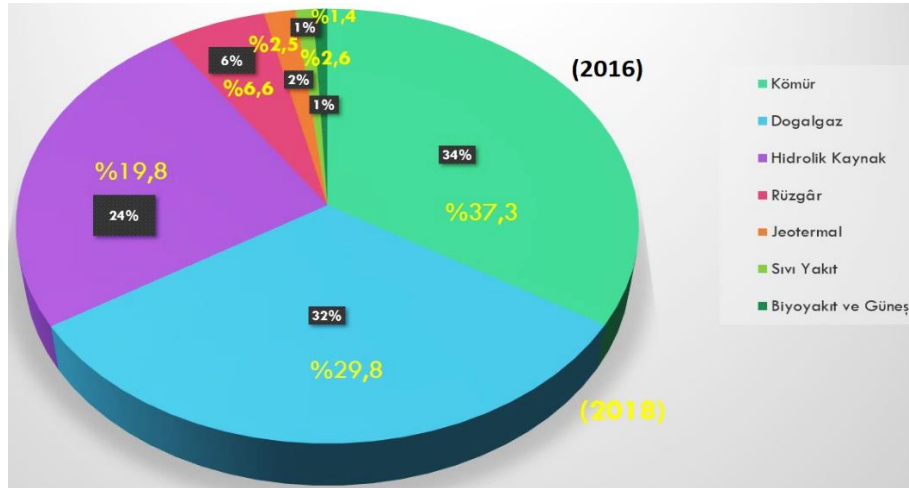
Son yıllarda tüketimin artması sonucunda elektrik enerjisine olan talep artmıştır. Bunun sonucunda elektrik hattından çekilen güç değeri de büyümüştür. Türkiye’de 2016 yılındaki elektrik tüketimi 277,5 milyon kWh, elektrik üretimi 272,56 milyon kWh idir. Bu sayı 2025 yılında yıllık ortalama %6,2 olarak (yaklaşık 450 milyar kWh) artış gösterebileceği düşünülmektedir. Türkiye’de 2016 yılına bakıldığında toplam elektrik üretiminin %33,9’u kömürden, %32,2’si doğalgazdan, %24,7’si hidrolik kaynaklardan, %5,7’si rüzgârdan, %1,8’i jeotermalinden, %1,0’i sıvı yakıtlardan, %0,8’i biyoyakıtlar ve güneş enerjisinden karşılanmıştır. Türkiye’nin toplam elektrik tüketimi 2018 yılında yüzde 0,8 artışla 292 milyar 168 milyon 386 bin kilovatsaate (kWh) yükselmiştir. Enerji Günlüğü’nün Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPİAŞ) geçici verilerinden derlediği bilgilere göre, Türkiye’nin elektrik tüketimi 2018 yılında artmaya devam etti. Ancak artış oranı yüzde 0,8 ile geçmiş yılların oldukça altında gerçekleşmiştir. 2017 yılında 289 milyar 979 milyon 557 bin kWh seviyesindeki Türkiye’nin toplam elektrik tüketimi, 2018 yılında 292 milyar 168 milyon 386 bin kWh seviyesine yükselmiştir. 2016 rapordan gözükene sonuç artan enerji talebinin mevcut elektrik şebeke altyapısı ile karşılanması çok zor görünmektedir. Verilen oranlardan fosil yakıtlara dayalı sistemin kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca Dünya’da kaynak rezervlerinin zamanla azalacak olması sonucunda rüzgâr ve güneş olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) kayması zorunlu olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının artırılması ile fosil yakıtlarının çevreye verdikleri zararlı etkileri minimize edilecek, enerjideki çeşitlilik sağlanacak, enerjideki arz güvenilirliği yükselecek ve özellikle tüketici açısından elektrik maliyeti düşecektir.



**Tablo 10: Türkiye toplam tüketim miktarı (MWh)**

AYLAR	2017 YILI	2018 YILI	ARTIŞ/AZALIŞ ORANLARI
Ocak	25.101.647	25.929.477	%3,3
Şubat	22.450.450	22.844.496	%1,8
Mart	23.585.382	24.145.065	%2,4
Nisan	21.936.981	22.785.833	%3,9
Mayıs	22.852.166	23.192.820	%1,5
Haziran	22.301.303	23.005.314	%3,2
Temmuz	27.775.991	28.265.839	%1,8
Ağustos	27.550.793	26.637.203	-%3,3
Eylül	23.807.838	24.211.946	%1,7
Ekim	23.161.713	22.666.263	-%2,1
Kasım	23.860.824	23.339.970	-%2,2
Aralık	25.594.468	25.144.161	-%1,8
<b>TOPLAM</b>	<b>289.979.557</b>	<b>292.168.386</b>	<b>%0,8</b>

Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2018 yılında bir önceki yıla göre %2,2 oranında artarak 303,3 milyar kWh, elektrik üretimi bir önceki yıla göre %2,2 oranında artarak 303,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Elektrik tüketiminin 2023 yılında baz senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 375,8 TWh'e ulaşması beklenmektedir. 2018 yılında elektrik üretiminin, %37,3'ü kömürden, %29,8'i doğal gazdan, %19,8'i hidrolik enerjiden, %6,6'sı rüzgârdan, %2,6'sı güneşten, %2,5'i jeotermal enerjiden ve %1,4'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir. 2019 yılı ilk yarısı itibarıyla ülkemiz kurulu gücü 90.421 MW'a ulaşmıştır. 2019 yılı ilk yarısı itibarıyla kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı; yüzde 31,4'ü hidrolik enerji, yüzde 29,0'sı doğal gaz, yüzde 22,4'ü kömür, yüzde 8,0'ı rüzgâr, yüzde 6,0'ı güneş, yüzde 1,5'i jeotermal ve yüzde 1,7'si ise diğer kaynaklar şeklindedir (Şekil 1).



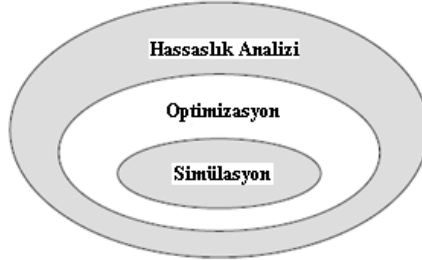
**Şekil 12: Türkiye toplam elektrik tüketim grafiği (2016 ve 2018 yılları)**

Türkiye'de elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2019 yılı ilk yarısı itibarıyla 7.957'ye (Lisanssız santraller dahil) yükselmiştir. Mevcut santrallerin 664 adedi hidroelektrik, 67 adedi kömür, 257 adedi rüzgâr, 48 adedi jeotermal, 327 adedi doğal gaz, 6.349 adedi güneş, 245 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir.

HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewables), mikro enerji optimizasyon modeli, geniş bir uygulama sahasında enerji üretim teknolojilerinin karşılaştırılmasını kolaylaştırmak ve mikro enerji sistemlerinin tasarımına yardımcı olmak için Birleşik Devletler Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (U.S. National Renewable Energy Laboratory) tarafından geliştirilmiş bir bilgisayar modelidir. HOMER, bir enerji sisteminin fiziksel davranışını ve bu enerji sisteminin kurulum maliyeti ile yaşam süresi boyunca ki işletim maliyetinin toplamından oluşan yaşam döngüsü maliyetini modeller. HOMER, tasarımcının teknik ve ekonomik değerler çerçevesinde çok farklı tasarım seçeneklerini karşılaştırmasına olanak sağlar. Ayrıca, HOMER, enerji sistemine ait olan



girişlerdeki değişikliklerin ve belirsizliklerin etkilerinin anlaşılmasına ve ölçülmesine de olanak sağlar. HOMER, simülasyon, optimizasyon ve hassaslık analizi olmak üzere üç temel görev gerçekleştirir: Simülasyon işleminde, HOMER, yılın her bir saati için belirli bir mikro enerji sistem konfigürasyonunun performansını, bu sistemin teknik fizibilitesini ve yaşam döngüsü maliyetini belirleyebilmek için modeller. Optimizasyon işleminde, HOMER, en düşük yaşam döngüsü maliyeti noktasında teknik kısıtlamaları karşılayan bir sistem konfigürasyonunu yakalayabilmek için birçok farklı sistem konfigürasyonunu simüle eder. Hassaslık analizi işleminde, HOMER, model girişlerindeki değişikliklerin veya belirsizliklerin etkilerini ölçmek için bir giriş varsayımları dizisi altında çok sayıda optimizasyon işlemi gerçekleştirir (Şekil 2).

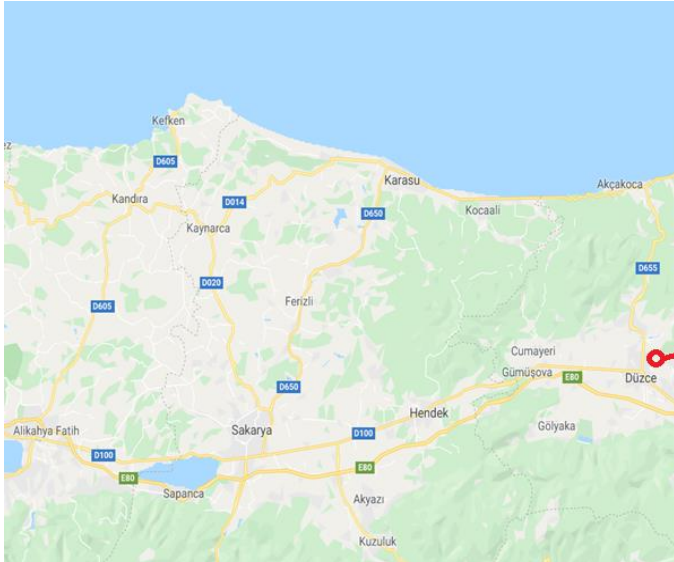


Şekil 2. HOMER analiz işlemleri

HOMER, incelenen sistem için düzeltilmiş enerji maliyet üzerindeki etkilerini belirlemek için belirli parametre değerlerinin değiştirilebildiği “duyarlılık analizi” yapabilmektedir. Optimizasyon ve duyarlılık analizinde karmaşıklığı arttırmamak ve hesaplamaları hızlandırmak için programın benzetim mantığı, basittir ancak diğer istatistik modellerden daha ayrıntılıdır. Benzetim yapılan sistemlerin çeşitliliği açısından ise en esnek programlardan birisidir. Bu programda maliyet analizlerinin yıllık ortalama değerlerine göre yapıldığı ve yıl boyunca oluşan değişimlerin sisteme eklenemediği görülür. Ayrıca bir yıl için 8760 adet değer (saatlik veri) oluşturulur ve buna göre 1 saatten daha kısa süren geçici değişimleri modelleyemez; ancak bu tip sistemlerin analizi için saatlik verinin yeterli olduğu açıklanır.

Bu çalışmada, Türkiye’deki Düzce ilinde yer alan Düzce Üniversitesi’nin kampüsü içerisinde yer alan binaların elektrik enerjisi gereksinimi analiz edilmiş, şebekeli sistem içerisinde yenilebilir enerji kaynaklarının içine entegre edildiği hibrit enerji sisteminin çeşitli senaryolar altında ekonomik ve teknik etkileri incelenmiş ve uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bölgenin elektrik yükünü karşılayabilecek en uygun yenilebilir enerjili karma sistemi belirlemek için HOMER yazılımı kullanılmıştır. Bu program NREL (National Renewable Energy Laboratory) tarafından geliştirilmiştir. Bu program ile önerilen ve gerçek dağıtılmış üretim sistemlerinin karşılaştırmalı ekonomik analizini yapmakta ve oluşan analiz sonucunda sistemleri net mevcut maliyetlerine göre sıralamaktadır. Bu sistemde yatırım maliyet yüksek olan sistem ömür boyu maliyet sonucunda daha ekonomik olabilir.

## 2. Bölgenin Analizi



Düzce Ün., 81620 Yörük/Düzce Merkez/Düzce



Şekil 3. Bölgenin konumu ve yerleşim durumu

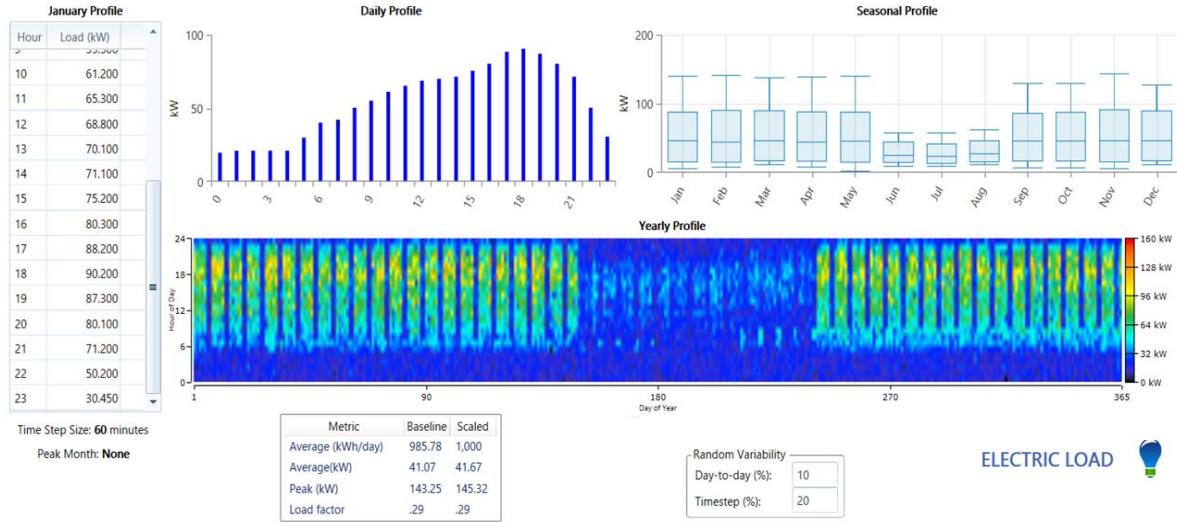
Marmara Denizi’nin doğusunda ve Karadeniz Bölgesi içerisinde yer alan Düzce, ulaşım konumu açısından merkez noktalardan birisinde yer almaktadır. Düzce şehri, Karadeniz Bölgesi’nde bulunan yüzölçümü 2492 km<sup>2</sup> olan ve bu bakımdan Türkiye’nin 78. büyük ilidir. Düzce nüfusu 2018 yılına göre 387.844’dır. Düzce 2019 nüfusu, tahmini verilere göre 392.075 şeklinde olması



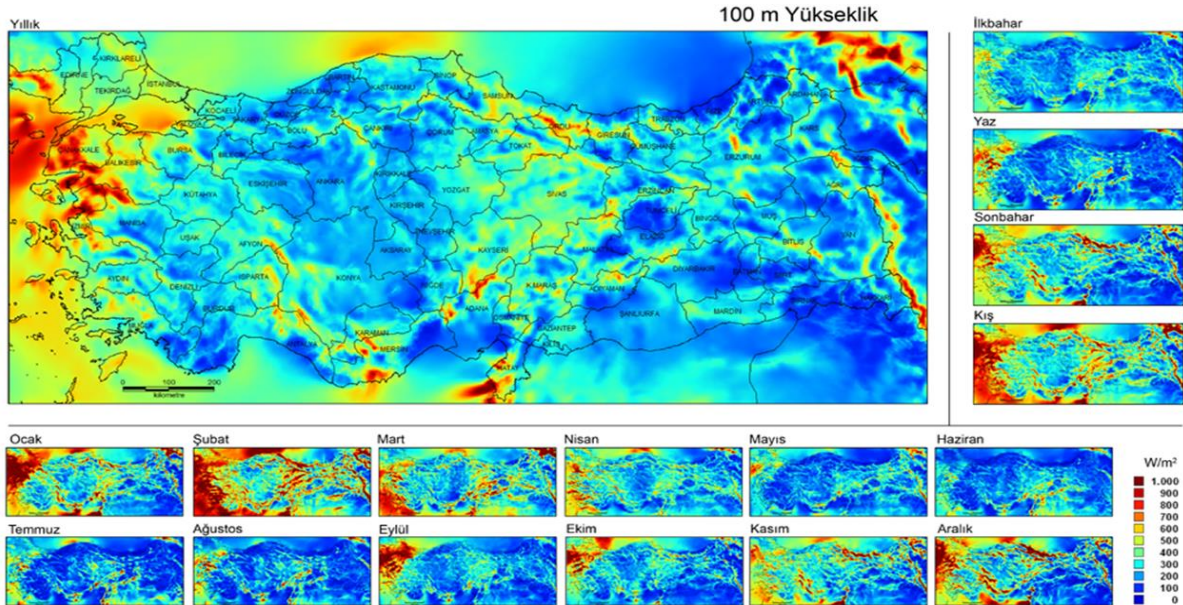


düşünülmektedir. Düzce'nin rakımı 160 m idir. Düzce ilinin içerisinde yer alan üniversite bölgesi;  $40^{\circ} 54.2'$  N kuzey enlemleri ile  $31^{\circ} 10.7'$  E doğu boylamları arasında yer almaktadır.

Düzce'nin elektrik gereksinimi SEDAŞ (SAKARYA ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş.) tarafından karşılanmaktadır. SEDAŞ, Sakarya, Kocaeli, Bolu ve Düzce illerini kapsayan toplam 19.320 kilometrekarelik yüzölçümü üzerinde, 4 il, 45 ilçe, 47 belediye, 766 köy ve 1344 mahallede, 1,8 milyon tüketiciye ve 3,5 milyon nüfusa 24 saat kesintisiz olarak enerji dağıtım hizmeti veren bir kuruluştur. Şekil 4'de üniversitenin tahmini rakamlara göre tükettiği elektrik miktarı HOMER programındaki analizi görülmektedir.



Şekil 4. Üniversitenin elektrik yük profili



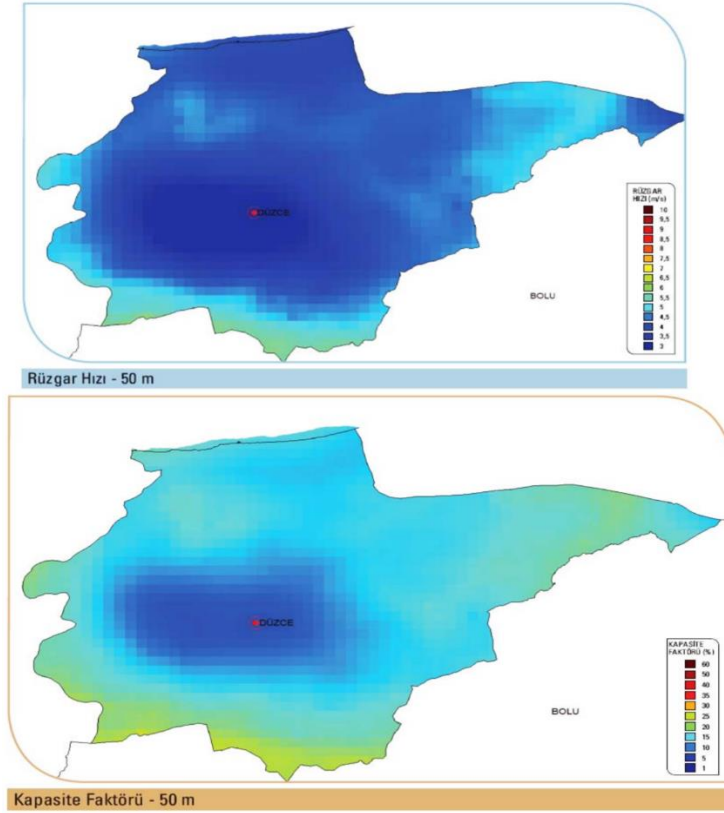
Şekil 5. Türkiye'nin rüzgâr potansiyel haritası







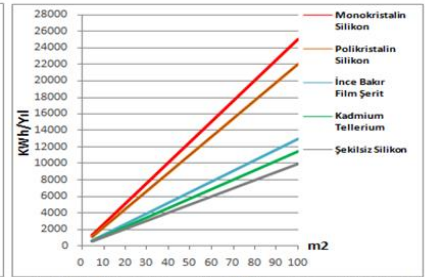
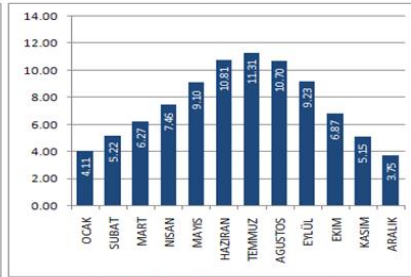
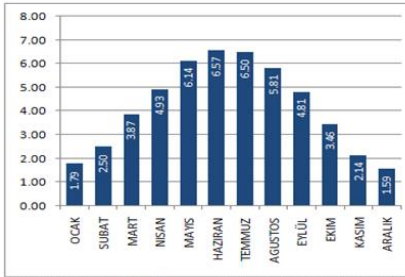
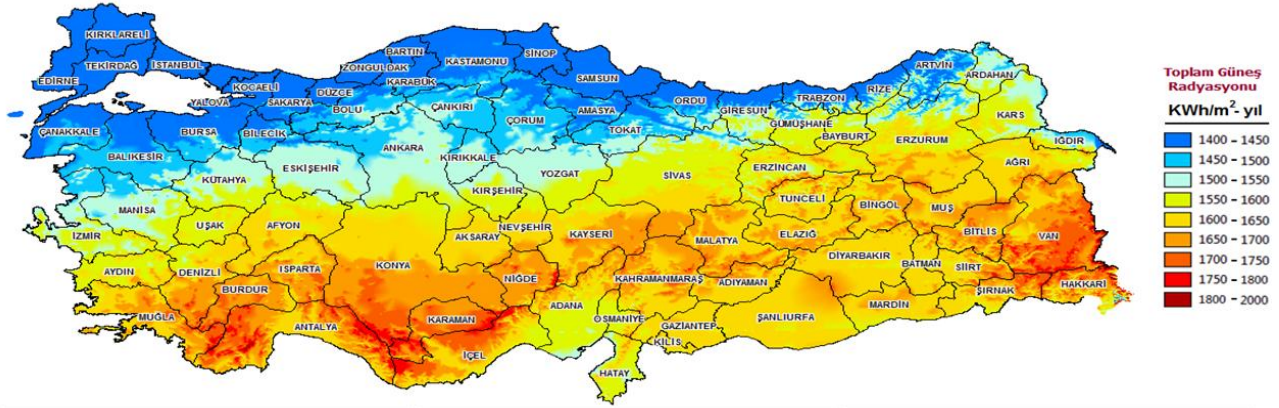
Şekil 6. Düzce ili rüzgâr hız profili



Şekil 7. Düzce ili rüzgâr hızı etkisi ve kapasite faktörü (50 m)

Şekil 5’de Türkiye’nin rüzgâr potansiyelini gösteren harita verilmiştir. Bu harita 100 m yüksekliğe göre baz alınmıştır. Buna göre en etkili rüzgarlar Kuzey Ege ve Marmara Bölgesi çevresinde görülmektedir. Düzce ili açısından rüzgâr gücü oldukça düşük kalmıştır. Ekonomik RES (Rüzgâr Elektrik Santrali) yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerekmektedir. Düzce’de bu hız değeri 4,91 m/s’dir. Ekonomik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir (Şekil 7). Düzce’de bu oran %15 civarındadır. Buna göre üniversite bölgesinde rüzgâr türbini küçük güçlü özellikle kurulması uygun görülmüştür.



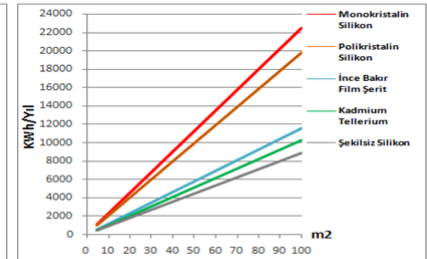
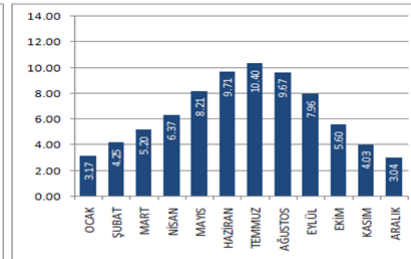
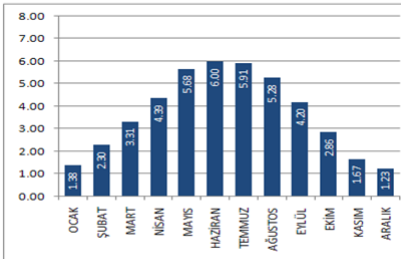
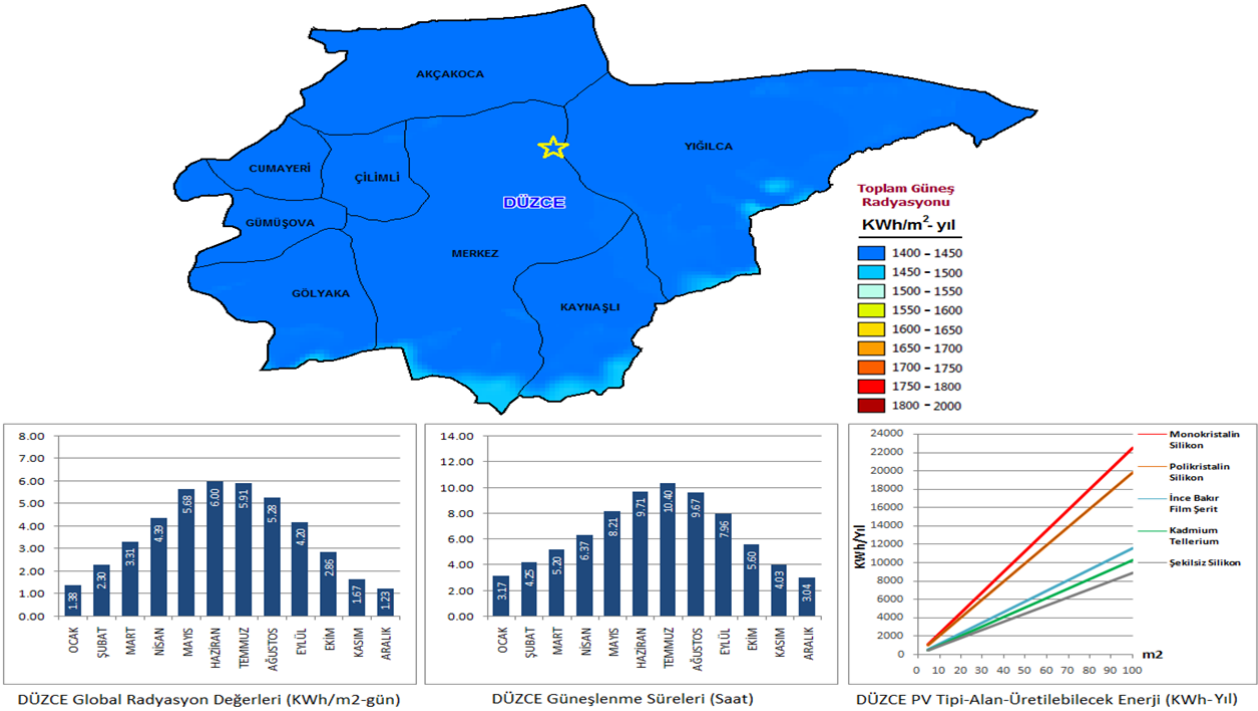


TÜRKİYE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)

TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)

TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)

Şekil 8. Türkiye Güneş enerji potansiyeli haritası ve etkileri



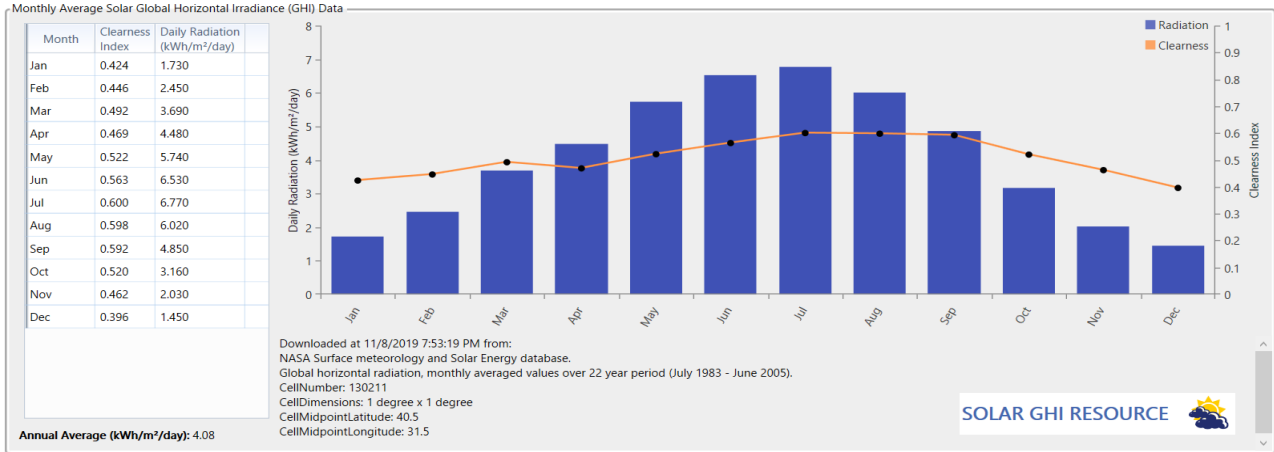
DÜZCE Global Radyasyon Değerleri (KWh/m<sup>2</sup>-gün)

DÜZCE Güneşlenme Süreleri (Saat)

DÜZCE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)

Şekil 9. Düzce ili Güneş enerji potansiyeli ve etkileri





Şekil 10. Düzce ili Güneş radyasyon profili (NASA)

Tablo 2. Türkiye ile Düzce arasında güneş radyasyon değerlerinin karşılaştırılması

Özellikler	Türkiye (Minimum)	Düzce (Minimum)
Güneşlenme Süresi (Toplam Saat)	2000 Saat	1862 Saat
Güneşlenme Enerjisi Değeri (kWh/m <sup>2</sup> ) (yıllık)	1500 kWh/m <sup>2</sup>	1467 kWh/m <sup>2</sup>
4 Saatlik Güneşlenme Süresine Sahip Gün Sayısı	150 Gün	300 Gün

Şekil 8’de Türkiye’nin güneş etkilerinin radyasyon olarak değerleri ve güneşlenme süreleri, Şekil 9’da Düzce ilinin verileri görülmektedir. Bu veriler Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) ve meteoroloji ile iş birliğinde oluşturulmuştur. En fazla güneş radyasyon verileri Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde görülmektedir. Düzce ili açısından bu değer düşük olmasına rağmen yeterince güneş radyasyon değerini alabilmektedir. Şekil 10’da NASA verilerinden elde edilerek HOMER programında oluşturulan güneş değerleri görülmektedir. Ekonomik GES (Güneş Enerji Santrali) yatırımı için 1500 kWh/m<sup>2</sup>/yıl eşik değerinin üzerinde ve yılda en az 2000 saat güneşlenme süresince kurulmalıdır. Buna göre 4 kWh/m<sup>2</sup>/gün olarak ele aldığımızda bölgemiz güneş santralleri kurulması için elverişlidir. Burada kış şartlarında güneşlenme süresi ile radyasyon değerinin düşük olması neticesinde kış şartlarında verim oldukça düşük olacaktır.

Güneş santralin tesis edilecek bölgenin yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve m<sup>2</sup> başına yıllık 1500 kWh’lık bir güneş enerjisine sahip olması gerekir. Ayrıca 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısının 150’den az olmamalıdır. Rakamların istenilen değere yakın olması ve iklim şartlarının değişkenlik göstermesi neticesinde güneş santrali kurulması için gerekli şartları sağlamaktadır. Tablo 2’de elde edilen veriler genel olarak karşılaştırılmış ve sonuç itibarıyla bölgede güneş santrali kurulması için yeterli şartlar oldukça sağlanmıştır.

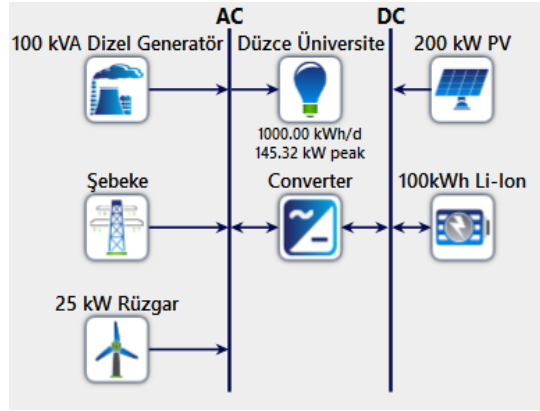
### 3. Bölgenin HOMER ile Modellenmesi

Bu çalışmada; Düzce Üniversitesi kampüsünün elektrik enerjisi gereksinimini farklı enerji kaynaklarından karşılamak için uygun senaryo göz önüne alınmıştır. Senaryo için indirim oranı %8, enflasyon oranı %20, proje ömrü 25 yıl olarak hesaba katılmıştır. Para dönüşümleri güncel piyasa verilerinden baz alarak hesaplanmıştır (1 \$ = 5,75 TL, 1 dizel yakıt litre fiyatı = 6,5 TL). Tablo 3’de ise sistemde kullanılan elemanların maliyetlerinin ortalama bazlı değerleri belirlenmiştir ve bu değerler program içerisinde kullanılmıştır.

Tablo 3. Sistemlerin maliyet değerleri

Malzemeler	Sermaye Masrafı (\$)	Yenileme Masrafı (\$)	İşletme – Bakım Maliyeti (\$/yıl)	
Dizel Jeneratör	1 kW	200 \$	160 \$	3 \$/saat
Rüzgâr Türbini	1 kW	1.000 \$	1.000 \$	20 \$
Güneş Modülleri (PV)	1 kW	7.000 \$	7.000 \$	10 \$
Bataryalar (Lityum-Ion)	100 kWh	70.000 \$	70.000 \$	1.000 \$
Çeviriciler	1 kW	1.000 \$	1.000 \$	10 \$





Şekil 11. Sistemin HOMER ile modellenmesi

Şekil 11’de sistemin modellenmesi görülmektedir. Buna göre sistem şu elemanlardan meydana gelmektedir:

- Batarya** : 100 kWh Lityum-Ion
- Nominal Gerilimi : 600 V
  - Nominal Kapasitesi : 100 kWh
  - Maksimum Şarj/Deşarj Akımı : 167 A / 500 A
  - Ömrü : 15 yıl
- Rüzgâr Türbin** : 25 kW
- Kule Yüksekliği : 23 m
  - Ömrü : 20 yıl
  - Rotor Yarıçapı : 15,8 m
  - Kesme Rüzgâr Hızı : 2,75 m/s
  - Boşaltma Rüzgâr Hızı : 20 m/s
- Güneş Panel** : 200 kW (Flat tipi)
- Panel Tipi : Flat (Düz)
  - Sıcaklık Katsayısı : -0,4
  - İşletme Sıcaklığı : 25 °C
  - Verimliliği : %15,7
  - İndirgeme Faktörü : %80
  - Ömrü : 30 yıl
- Konvertör** : 200 kW (Genel)
- Ömrü : 15 yıl
  - Verimliliği : %95
- Yük (günlük)** : 1 MWh
- Yük (tepe değer)** : 145,32 kW
- Şebeke** : Dahil
- Generatör** : 100 kVA Dizel Generatör
- Minimum yük oranı : %25
  - Ömrü : 15,000,00 saat
  - Tipi : Orta Güçlü



Yapılan modellemenin optimizasyon sonucu Şekil 12’de görülmektedir. Hesaplamalar sonucunda en uygun sistem COE (faydalı enerji birim maliyeti) durumuna göre sıralanmıştır. En uygun sistem; bataryanın olmadığı yani 200 kW PV + 25 kW Rüzgâr Türbini + 100 kVA Dizejeneratör + 160 kW Konvertör + Şebekeli Sistem modellemesidir. Bu modellemede; \$0.0121 faydalı enerji birim maliyeti, \$1.6M bakım maliyeti, -\$6,243 (yıllık) işletme maliyeti ve 20 yıl sonraki toplam maliyet \$797,378 şeklindedir. Burada değerlerin eksi çıkması ise kullanıcının cebine olumlu olarak yansıtacağı şeklindedir. Yani \$1.6M yüksek sermaye maliyeti ile kurulan sistem 25 yıl sonunda tüketiciciye oluşturduğu toplam maliyeti \$797,378 ve bu süre içinde yıllık -\$6,243 gibi maliyet cebine kazandıracakını belirlemiştir. Bu sistemde bataryanın olması ile maliyet oldukça yükselmiştir. Ayrıca sistemde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı %62,3 olarak belirlenmiştir. Bunun yanında dizej yakıt kullanılmamıştır.

Architecture										Cost			System	
200 kW PV (kW)	25 kW Rüzgâr	100 kVA Dizejeneratör (kW)	100kWh Li-Ion	Şebeke (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)		
200	1	100		999,999	160	CC	\$797,378	\$0.0121	-\$6,243	\$1.60M	62.3	0		
200	1			999,999	160	CC	\$994,679	\$0.0151	-\$4,562	\$1.58M	62.3	0		
200	1	100	1	999,999	159	CC	\$1.01M	\$0.0153	-\$5,123	\$1.67M	62.3	0		
200	1		1	999,999	159	CC	\$1.21M	\$0.0183	-\$3,442	\$1.65M	62.3	0		
200		100		999,999	159	CC	\$2.06M	\$0.0326	\$3,729	\$1.58M	53.7	0		
200				999,999	159	CC	\$2.26M	\$0.0357	\$5,410	\$1.56M	53.7	0		
200		100	1	999,999	159	CC	\$2.28M	\$0.0360	\$4,845	\$1.65M	53.7	0		
200			1	999,999	159	CC	\$2.47M	\$0.0391	\$6,526	\$1.63M	53.7	0		
	1	100		999,999		CC	\$7.85M	\$0.166	\$60,332	\$45,000	15.2	0		
	1			999,999		CC	\$8.04M	\$0.170	\$62,013	\$25,000	15.2	0		
	1	100	1	999,999	4.54	CC	\$8.07M	\$0.171	\$61,501	\$119,542	15.2	0		
	1		1	999,999	4.54	CC	\$8.27M	\$0.175	\$63,182	\$99,542	15.2	0		
		100		999,999		CC	\$9.24M	\$0.196	\$71,319	\$20,000	0	0		
				999,999		CC	\$9.44M	\$0.200	\$73,000	\$0.00	0	0		
		100	1	999,999	4.54	CC	\$9.47M	\$0.201	\$72,488	\$94,542	0	0		
			1	999,999	4.54	CC	\$9.66M	\$0.205	\$74,169	\$74,542	0	0		

Şekil 12. HOMER ile yapılan modellemenin optimizasyon sonucu

Direkt olarak şebeke ile besleme ile yapılan sistemin tasarladığı model kıyaslaması Şekil 13’de görülmektedir. Buna göre hiçbir enerji üretmeden elektrik tükettiğinde \$9.44M iken tasarlanan sistem ile elektrik tükettiğinde ise \$797,378 (20 yıl sonraki toplam maliyeti) şeklindedir. Yaklaşık 12 kat bir maliyette azalma söz konusudur.

Architecture										Cost	
200 kW PV (kW)	25 kW Rüzgâr	100 kVA Dizejeneratör (kW)	100kWh Li-Ion	Şebeke (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	
				999,999			\$9.44M		\$0.00		
200	1	100		999,999	160		\$797,378		\$1.60M		

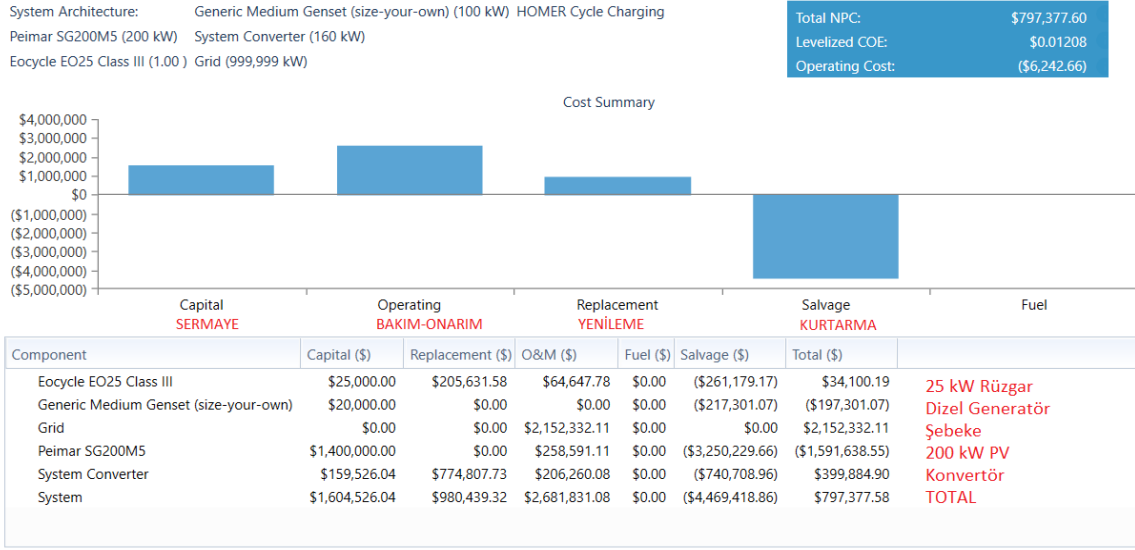
  

Metric	Value
Present worth (\$)	\$8,641,198
Annual worth (\$/yr)	\$66,833
Return on investment (%)	-0.4
Internal rate of return (%)	n/a
Simple payback (yr)	n/a
Discounted payback (yr)	13.31

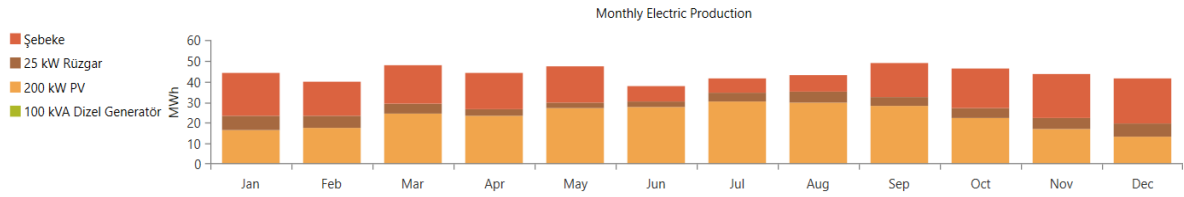
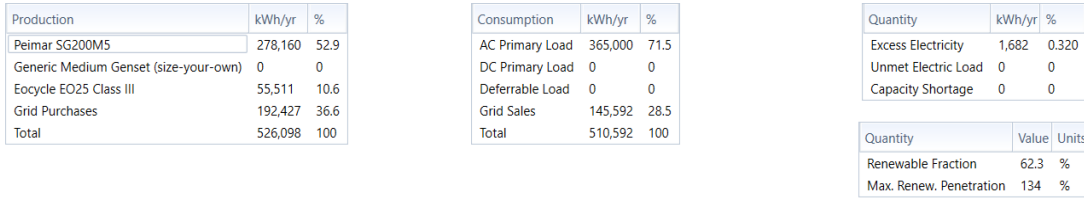
Şekil 13. Optimizasyon sonucunda şebekeli sistemin uygun sistem ile karşılaştırılması





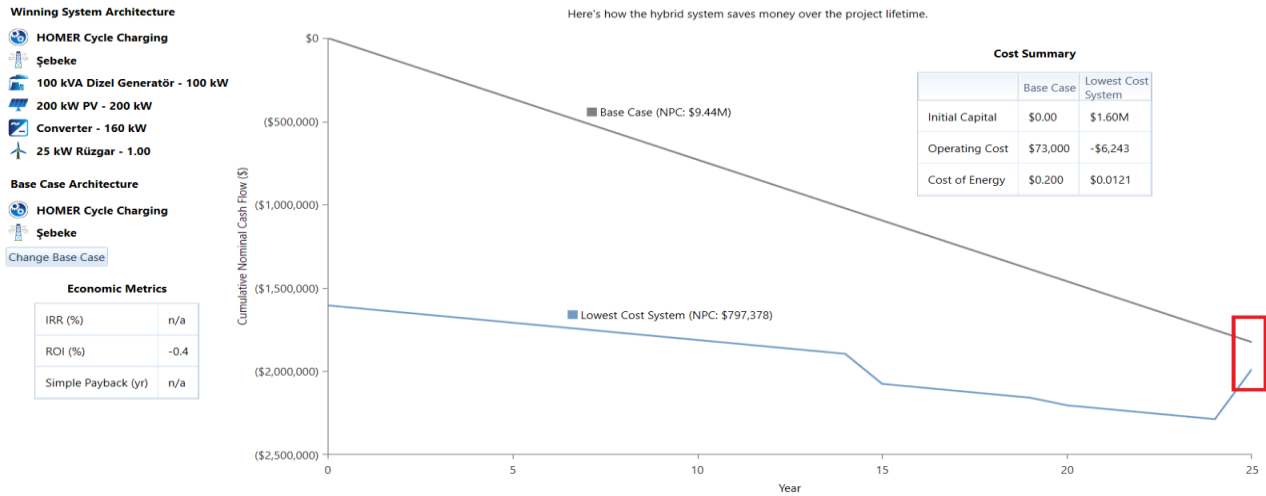


Şekil 14. Sistemin toplam ekonomik analiz sonuçları ve grafiksel gösterimi



Şekil 15. Sistemin aylık elektrik kullanımı ve yüzdelik oranları

Şekil 15’de görüldüğü gibi 200 kW’lık PV panellerinin kullanım alanı oldukça fazladır (%52,9) ve yıllık 278,16 kWh elektrik üretir. Rüzgâr etkisi bölgede düşük olduğundan 25 kW’lık rüzgâr türbinlerin kullanımındaki payı %10,6 şeklindedir. Bu iki kaynak ile şebeke etkisi %36,6’lara kadar düşürülmüştür. Dizel generatör ise pek kullanımı uygun bulunmamıştır; kullanılsa da payı oldukça küçüktür.



Şekil 16. Hibrit sistemin yaşam ömrü boyunca maliyet grafiği



Şekil 16'da 25 yıllık sistemin ömrü boyunca oluşturacağı toplam maliyetler görülmektedir. Şebekeden direkt alındığında sermaye maliyeti olmaksızın cebinden \$73,000 harcamakta ve sonunda elektrik sermaye maliyeti \$0,2 iken; kurulan sistemde ilk aşamada \$1.6M maliyet harcanırken, zamanla -\$6,243 cebine olumlu yansıtacağı ve elde edilen elektriğin birim maliyeti \$0.0121 olacaktır. Yenilebilir enerjinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Sistemin sonuçları Tablo 4'de genel olarak verilmiştir. Verilen sonuçlara göre en uygun sistem; bataryanın olmadığı tümleşik hibrit sistemidir. Bu sistemde; 25 kW'lık rüzgâr türbini, 100 kW'lık dizel generatör, 200 kW'lık güneş panelleri, 160 kW'lık çevirici bulunmaktadır. Sistemin enerji maliyeti 0.0121 \$/kWh, bakım ve işletme maliyeti – 6,243 \$/yıl, 25 yıl sonunda elde edilen toplam maliyet 797,378 \$ şeklinde hesaplanmıştır. Sistemdeki yenilebilir enerji kaynaklarının %62,3'ü kullanılmaktadır. Sistemde sadece şebeke ile besleme yapıldığında toplam maliyet 9.44M \$ şeklinde olduğundan bu sistem 12 kat oranında bir maliyet azalmasına etki etmektedir.

**Tablo 4. Sistemin sonuçlarının genel olarak gösterilmesi**

Sıra	Güneş Paneli (200 kW) (kW)	Lityum-Ion Batarya (100 kWh) (Adet)	Dizel Generatör (100 kVA) (kW)	Rüzgâr Türbini (25 kW) (Adet)	Çevirici (kW)	Toplam Net Şimdiki Maliyet (\$)	Bakım ve İşletme Maliyeti (\$/yıl)	Faydalı Birim Enerji Maliyeti (\$)	Yenilebilir Oran (%)
1	200	-	100	1	160	\$797,378	-\$6,243	\$0.0121	%62.3
2	200	-	-	1	160	\$994.679	-\$4,562	\$0.0151	%62.3
3	200	1	100	1	159	\$1.01M	-\$5,123	\$0.0153	%62.3
4	200	1	-	1	159	\$1.21M	-\$3,442	\$0.0183	%62.3
5	200	-	100	-	159	\$2.06M	\$3,729	\$0.0326	%53.7
6	200	-	-	-	159	\$2.26M	\$5,410	\$0.0357	%53.7
7	200	1	100	-	159	\$2.28M	\$4,845	\$0.0360	%53.7
8	200	1	-	-	159	\$2.47M	\$6,526	\$0.0391	%53.7
9	-	-	100	1	-	\$7.85M	\$60,332	\$0.166	%15.2
10	-	-	-	1	-	\$8.04M	\$62,013	\$0.170	%15.2
11	-	1	100	1	4.54	\$8.07M	\$61,501	\$0.171	%15.2
12	-	1	-	1	4.54	\$8.27M	\$63,182	\$0.175	%15.2
13	-	-	100	-	-	\$9.24M	\$71,319	\$0.196	%0
14	-	-	-	-	-	\$9.44M	\$73,000	\$0.200	%0
15	-	1	100	-	4.54	\$9.47M	\$72,488	\$0.201	%0
16	-	1	-	-	4.54	\$9.66M	\$74,169	\$0.205	%0

#### 4. Sonuçlar

HOMER yazılımı ile sistem analizi belirli bölge üzerinde yapılmış ve ekonomik – teknik analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz işlemi neticesinde en uygun sistem; bataryanın olmadığı yani 200 kW PV + 25 kW Rüzgâr Türbini + 100 kVA Dizel Generatör + 160 kW Konvertör + Şebekeli Sistem modellemesidir. Bu modellemede; \$0.0121 faydalı enerji birim maliyeti, \$1.6M bakım maliyeti, -\$6,243 (yıllık) işletme maliyeti ve 20 yıl sonraki toplam maliyet \$797,378 şeklindedir.

Analiz sonucunda elektriğin direkt olarak şebekeden alınması ile 20 yıl sonra tüketiciye \$9.44M; tasarlanan sistem ile elektrik üretilmesi neticesinde 20 yıl sonra tüketiciye \$797,377 değerinde maliyet yansır. Yenilebilir enerji kaynaklarının üretimdeki paylarını incelediğimizde; 200 kW'lık güneş panelleri %52,9; şebeke %36,6; 25 kW'lık rüzgâr türbinleri %10,6 oranında kullanım payına sahiptir. Böylece şebekenin kullanımındaki etkisi %36,6 gibi düşük orana kadar düşürülmüştür.

Sistemde batarya kullanımı olduğunda toplam maliyete oldukça etkisi olmaktadır (\$1.01). Bu da \$212,622 gibi bir etkiye sebep olmaktadır. Ayrıca kullanılacak bataryanın gücünün artması da sisteme ekstra maliyetler olarak yansıtacaktır.

Sonuç olarak, elektrik enerjisi gereksinimini hibrit yenilebilir enerji sistemlerinin dahil edilmesi ile maliyet açısından daha uygun seviyelere getirmektedir. Bataryanın maliyeti yüksek olabildiğinden tasarımda alt seçeneklerde görülmüştür; ancak enerjinin kesilmesi düşünüldüğünde bataryanın sistemde bulunması önem taşımaktadır. Bu nedenle tüm sistemin mevcut durumu planlama için gayet olanaklıdır ve enerji maliyetini belli oranlara düşürmektedir.



## 5. Kaynakça

- [1] Yılmaz, U.; Demirören, A. ve Zeynelgil, H. L., “Gökçeada’da Yenilebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Araştırılması”, *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, Cilt: 13, No: 3, 215-223 Sayfalar, 2010.
- [2] Ghose, S. and El-Shatat, A., “Modelling and Simulation of Grid Connected Lithium-ion Battery Using HOMER”, *WSEAS TRANSACTIONS on CIRCUITS and SYSTEMS*, Vol: 16, 2017.
- [3] <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/turkiye>
- [4] <https://www.enerjiatlas.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye>
- [5] <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>
- [6] <https://www.ika.org.tr/upload/yayinlar/GUNES-ENERJISI-SEKTOR-RAPORU-759746.pdf>
- [7] Google MAP.
- [8] <https://www.homerenergy.com/products/grid/docs/latest/index.html>
- [9] Nazir, R., Laksono, H. D., Waldi, E. P., Ekaputra, E. and Coveria, P., “Renewable Energy Sources Optimization: A Micro-Grid Model Design”, *2013 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies*, Vol:52, ss:316-327, 2014.
- [10] Çakmak, Ç., Kurban, M. ve DOKUR, E., “Hibrit Yenilebilir Enerji Sistemlerinin Ekonomik Analizi”, *VI. Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu – EMO*, 2015.
- [11] Nayar, C. V., Lawrance, W. B. And Phillips, S. J., “Solar/Wind/Diesel Hybrid Energy Systems for Remote Areas”, *Proceedings of IEEE*, ss. 2029-2034, 1989.



# ŞEBEKELİ BİR HİBRİT ENERJİ SİSTEMİNİN FARKLI DEPOLAMA BİRİMLERİNİN ETKİSİNDE UYGULANABİLİRLİĞİNİN EKONOMİK VE TEKNİK AÇIDAN İNCELENMESİ

Zafer Öztürk<sup>1\*</sup>, Salih Tosun<sup>2</sup>, Ali Öztürk<sup>3</sup>, Sedat Ersöz<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

zafer85gs@gmail.com

<sup>2</sup> Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

salihtosun@duzce.edu.tr

<sup>3</sup> Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

aliozturk@duzce.edu.tr

<sup>4</sup> Bandırma 17 Eylül Üniversitesi, Bandırma MYO, Bilgisayar Programcılığı, BANDIRMA, TÜRKİYE

sedatersoz1@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

## Özet

Bu çalışmada, Balıkesir ilinin Bandırma ilçesinde bulunan bir lojman bölgesindeki binaların elektriksel yük ihtiyacını karşılamak üzere şebeke ile bağlantılı hibrit enerji sisteminin teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilirliği araştırılmıştır. Binaların elektriksel yük ihtiyacı belirlenmiş, bölgenin güneş radyasyon ile rüzgâr hızı verileri kullanılmış ve bilgisayar yazılımı olan HOMER programı ile hibrit enerji sistemi modellenmiştir. Bu modellemeye üç farklı akü depolama birimleri kullanılarak teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırılması yapılmıştır. Bu enerji sisteminde kurşun asit, lityum iyon ve vanadyum akü grubunun kullanılması gerek duyulmuştur. Bunun yanında bölgenin verileri ile yenilebilir enerji sistemlerinin parametreleri ele alınarak gerekli hassasiyet analizleri yapılmış ve çeşitli olasılıklar altında hangi enerjinin daha uygulanabilir olacağı ortaya konmuştur. Yapılan bu çalışma bölgede yenilebilir enerji kullanımını teşvik edecek ve farklı hibrit enerji sistemlerinin çeşitli alternatiflerinin dikkate alınmasında örnek bir çalışma olacaktır. Ayrıca hangi akü grubunun kullanımının kullanıcıya yarar göstereceği verilerle ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** HOMER, Hibrit Enerji Sistemleri, Enerji Maliyeti, Yenilenebilir Enerji, Akü Grupları.

## 1. Giriş

Son yıllarda nüfusun artışı ile paralelinde tüketimin artması neticesinde enerjiye gereksinim oldukça artmaktadır ve bunun sonucunda politikaların ve araştırmaların merkezinde enerji gelmektedir. Enerji üretimlerinde hala yoğunluk olarak fosil kaynaklar kullanılmaktadır. Fosil kaynaklara; kömür, petrol, doğalgaz örnekleri verilebilir. Fosil kaynaklar, yeraltı kaynakları olduğundan ötürü kullanımlardaki artışlar neticesinde sayıları azalmaktadır. Bundan dolayı çeşitli kaynaklardan yararlanılması elzemdir. Özellikle güneş, rüzgâr gibi yenilebilir enerji kaynaklarının rahatlıkla kullanımları ve çeşitli yerlerde kolaylıkla temin edilmeleri neticesinde sistemde kullanımlarının önü açılmaktadır. Son birkaç yılda bu kaynakların hayatın birçok alanında kullanılması buna örnek verilebilir. Bunlar ile ilgili santrallerin de kurulması bu enerji kaynaklarının önemini göstermektedir. Fosil yakıtların çevreye verdikleri zararlar, sera etkileri ve mali açıdan zarar oluşturmaları da bu kaynakların kullanımlarının artmasında ön plana çıkmaktadır.

Yenilebilir enerji kaynakları diğer enerji kaynakları ile birlikte hibrit sistem oluşturabilirler. Bu hibrit sistemleri, genel olarak farklı enerji üretim sistemlerinin bir arada çalışarak yükü beslediği sistemlerdir. Bu sistemler şebekeli veya şebekesiz olarak çalışabilirler. Şebekesiz çalışan sistemlerde hibrit sistemlerinin temelini dizel generatörler oluşturmaktadır; ancak bu sistemlerde kullanılacak dizel yakıtların maliyette yarattığı etkiler neticesinde yenilebilir enerji kaynaklarının sisteme daha fazla oranla etkilerinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Çevreyi çok fazla kirletme, dizel yakıt maliyetlerinin fazlalığı gibi nedenler dizel generatörün az şekilde kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu hibrit sistemlerde az fosil kaynak kullanılması da düşünülen nedenlerin başında gelmektedir. Elektrik kesintilerinde dizel generatörün etkili şekilde kullanılması da ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle yenilebilir enerji kaynaklardan etkili şekilde yararlanmak ve olası kesintilerde dizel generatörden daha az yararlanmak adına enerjinin etkili şekilde depolanması gerekmektedir. Bu nedenle sistemde kullanılacak bataryalar önemli etki yaratmaktadır. Seçilecek bataryanın türü, gücü, kapasitesi, maliyeti gibi birçok faktör seçim aşamasında bizlere yardımcı olmaktadır. Kapasite değerinin artması ile maliyet ciddi oranda yükselmektedir. Bu nedenle az kapasite ile çok sayıda kullanmak, yüksek kapasite ile az sayıda kullanmaktan kullanıcıya oldukça yarar sağlamaktadır.



Bu çalışmada; Balıkesir ilinin Bandırma ilçesinde yer alan bir lojman bölgesinin elektrik ihtiyacının hibrit sistemle karşılanması için gerekli optimizasyon çalışması yapılmış, bu çalışma içerisinde üç farklı batarya modeli kullanılmış ve bu modeller arasında gerekli karşılaştırmalar yapılarak en uygun bataryanın hangisi olabileceği teknik ve ekonomik analizler neticesinde yorumlanmıştır. HOMER yazılımı desteği ile gerekli analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm sonuçlar grafiklerle tartışılmıştır.

## 2. Bataryalar ve Özellikleri

Bataryalar bir hibrit sistemi içerisinde oldukça gerekli bir yere sahiptir. Özellikle tüketimin artması, elektrik kesintileri gibi birçok nedenden ötürü bataryalara ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde hibrit sistem içerisinde birçok batarya türleri mevcuttur. Bunların belli başlıları şunlardır:

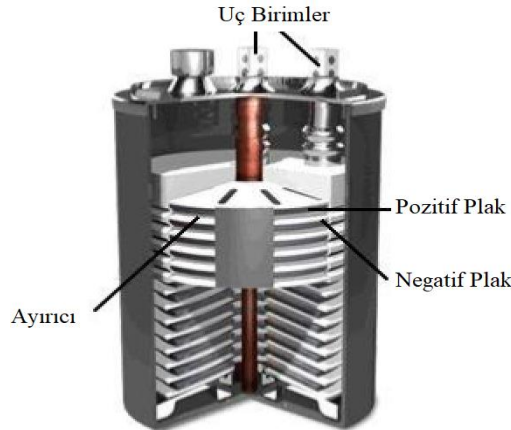
- Iron Flow
- Lead Acid
- LFP
- Lityum-Ion
- Nickel Iron
- NiZn
- Vanadium Flow
- Zinc Bromide Flow
- Zinc Flow

Bu çalışmada; Kurşun Asit (Lead Acid), Lityum-İyon (Lityum-Ion) ve Vanadyum (Vanadium) bataryaları tercih edilmiş ve bu üç batarya modeli karşılaştırılmıştır.

### 2.1. Kurşun Asit (Lead Acid) Bataryalar ve Özellikleri

Kurşun asit bataryalar 1859 yılında Gaston Plante tarafından bulunmuştur. Sağlam ve ucuz olmaları sayesinde otomotiv sektöründe kullanılmıştır. Kurşun asit bataryalar genellikle çok büyük, ağır ve kısa ömürlüdürler. Kullanılmalarının asıl sebebi diğer bataryalara nazaran ucuz olmalarıdır. Bulunuşundan 150 yıl geçmesine rağmen hala karakteristiklerinde iyileştirmeler yapılmaktadır, dezavantajlarına ve yeni bulunan birçok bataryaya rağmen kurşun asit hala pazarda aslan payına sahiptir (Şekil 1).

Avantajları; maliyeti düşük, güvenilir, sağlam, yüksek akım verebilmekte, birçok farklı kapasitelerde bulunabilir, birçok üreticiye sahip ve dünyanın en çok geri dönüştürülen ürünlerinden birisidir. Dezavantajları; çok ağır ve yer kaplamakta, şarj verimi düşük, şarj ederken ısınma sorunu ve bununla beraber getirdiği soğutma masrafı, hızlı şarja uygun değil ve kullanım ömrü azdır.



Şekil 1. Kurşun asit batarya iç yapısı

### 2.2. Lityum-İyon (Lityum-Ion) Bataryalar ve Özellikleri

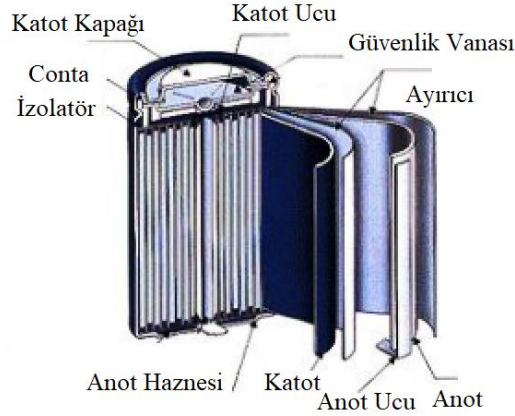
Karakteristikler; Lityum suda batmayan en hafif metaldir. Ayrıca çok yüksek elektrokimyasal potansiyele sahiptir bu da lityumu en reaktif metal yapar. Bu özellikler lityumu potansiyel olarak yüksek enerji ve güç yoğunluklarında çalışabilmesine sağlar. Sıvı elektrolit içermezler böylelikle sızıntısı yoktur. Çok yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir (kurşun asidin yaklaşık olarak 4 katıdır). Örneğin 750 kg'lık kurşun asit batarya yaklaşık olarak 200 kg lityum bataryaya eşit enerji üretir. 1000 Ah'ye kadar üretilirler. Hızlı şarja uygundur. Çok düşük özgül kaybı vardır. 10 yıla kadar kapasitesini korur. Hafıza etkisi yoktur. Küçük devirleri tolere eder. 1000-3000 arası derin devir yapabilir. Nikel bataryalar gibi onarıma ihtiyaç duymaz. 500 mAh'den 1000 Ah'ye kadar, 100'ün üzerinde üretici tarafından üretilirler.





Dezavantajları; yüksek güçlü uygulamalarda kurşun asit bataryaya göre fiyat belirli oranda yükselir. Bu yüzden bu uygulamalara yatırımı engellemesine rağmen, lityum bataryalar bu uygulamalarda da kullanılmak üzere maliyetleri düşürülmeye çalışılmaktadır. Avantajlarının yanı sıra dezavantajları çok fazla dikkate alınmadığından artık günümüzde birçok alanda kullanılmaktadırlar. Şarj işlemi; düzenli olarak şarj edilmesi gerekmektedir. Aşırı şarjı tolere edemez. Kısa kısa şarj tam şarjdan daha etkilidir. Maliyeti kurşun asit bataryaya göre 3-4 kat daha pahalıdır, ancak ömrü yine kurşun asit bataryaya nazaran 5-10 kat daha fazladır. Başlangıç maliyeti ve çalışma ömrü dikkate alınarak ikisi arasında tercih yapılabilir.

Lityum iyon bataryalar yüksek oranda reaktif özelliklere sahip, lityum metalinin güvenlik problemlerini yenebilecek şekilde tasarlanmıştır. Lityum iyon pillerinin hafıza etkisi yoktur, uzun ömürlüdürler ve mükemmel deşarj performansları vardır. Güvenlik sebepleri sebebiyle şarj kontrol devresine ihtiyaç duyarlar. Çok yüksek akımlarda çalışabilirler (Şekil 2).



Şekil 2. Lityum-İyon bataryanın iç yapısı

### 2.3. Vanadyum Bataryalar ve Özellikleri



Şekil 3. Vanadyum redoks akışkan bataryaları

Vanadyum redoks bataryalar (VRB), 1980'lerin başında Avustralya Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. 1998 yılında patenti alınmıştır (Şekil 3). Bataryanın bulunma amacı kurşun asit bataryanın yedekleme sistemlerinde yerini almaktır. VRB'ler MW seviyelerinde enerji depolayabilirler ve şebeke, alternatif enerji veya dizel jeneratörlerle beraber kullanılabilirler. Bütün güç kalitesi varyasyonlarında şarj ve deşarj edilirler. Bu geniş özellikli tasarımı VRB'leri yük dengeleme, alternatif enerjide depolama ve anlık güç kesintilerinde kullanılmasını sağlar. Maliyetleri boyutları arttıkça önemli oranda azalır. VRB'ler %20-%80 aralığında 13bin kez şarj ve deşarj edilebilirler. Yeşil teknoloji olarak da bilinir; doğaya diğer bütün enerji depolama teknolojilerine nazaran en az etkiyi yapar. Kurşun asite göre çok uzun ömrü vardır. Japonya'da 16 adet VRB sistemi bulunur. Utah'da 250 kW x 8 saat, (2 MWh) 25 kV'luk şebekeye bağlıdır ve pik saatlerde yük dengeleme için kullanılır. 2003 yılında Avustralya'da Kral Adasında kurulmuştur. Bu adada 5 adet rüzgâr türbini 250-850 kW arasında değişen ve 4 adet dizel jeneratör (1.5 MW) bulunur. 3 yoldan hibrit sistem gerçekleştirmek için 200 kW x 4 saat (800 kWh) sisteme entegre edilmiştir. Alternatif temiz enerji kaynakları sektöründe global vanadyum arzı sadece %1- %2 arasında temsil edilmesine rağmen sektörün muhtemel büyümesi karşısında vanadyum fiyatları sezgisel bir yaklaşıma tabi tutulmuştur. Akışkan bataryaların diğer bataryalara kıyasla son derece hacimli olması nedeniyle yenilikçi elektrikli otomobiller için uygulanabilir niteliği kaybolmasına karşın taşınmaz sabit güç depolama sistemleri kapsamında ise yeterli özelliği taşımaktadır.



## 2.4. Bataryaların Karşılaştırılması

**Tablo 1. Batarya gerilimine ve akımına göre bataryaların karşılaştırılması**

	Kurşun Asit			Lityum İyon			Vanadyum Redoks		
	Akü Gerilimi (V)			Akü Gerilimi (V)			Akü Gerilimi (V)		
<b>Bat. Kapasitesi (Ah)</b>	12	24	48	12	24	48	12	24	48
<b>Minimum Değeri</b>	58,56	70,10	118,36	33,86	71,50	119,44	42,33	72,27	120,22
<b>Maksimum Değeri</b>	195,53	195,53	195,53	195,53	195,53	195,53	195,53	195,53	195,53
<b>Ortalama Değeri</b>	164,01	168,41	170,85	165,58	169,06	171,21	165,05	169,11	171,26
	Kurşun Asit			Lityum İyon			Vanadyum Redoks		
	Batarya Kapasitesi (Ah)			Batarya Kapasitesi (Ah)			Batarya Kapasitesi (Ah)		
<b>Bat. Kapasitesi (Ah)</b>	100	200	250	100	200	250	100	200	250
<b>Minimum Değeri</b>	28,62	58,56	74,90	17,89	33,86	52,91	17,89	42,33	52,91
<b>Maksimum Değeri</b>	97,76	195,53	244,41	97,76	195,53	244,41	97,76	195,53	244,41
<b>Ortalama Değeri</b>	78,31	164,01	205,36	78,85	165,58	206,57	78,88	165,05	206,63

**Tablo 2. Mevsime göre bataryaların karşılaştırılması**

MEVSİMLER	Kurşun Asit (TL/W)	Lityum İyon (TL/W)	Vanadyum Redoks (TL/W)
<b>İlkbahar</b>	0,0186	0,0185	0,0122
<b>Yaz</b>	0,0226	0,0394	0,0122
<b>Sonbahar</b>	0,0267	0,0441	0,0122
<b>Kış</b>	0,0186	0,0185	0,0122

**Tablo 3. Teknik özelliklerine göre bataryaların karşılaştırılması**

ÖZELLİKLER	Kurşun Asit	Lityum İyon	Vanadyum Redoks
<b>Ömürleri</b>	500 – 800 Devir	2000 – 3000 Devir	1500 – 15000 Devir
<b>Verimleri</b>	%70 – 90	%85 – 95	%70 – 85
<b>Zaman Skalası</b>	Saniye – Dakika	Saniye – Dakika	Dakika – Saat
<b>Maliyetleri</b>	Yüksek maliyetli	Yüksek maliyetli	Elverişli maliyetli
<b>Bakımı</b>	Bakım gerekir.	Bakım gerekir.	Bakım az gerekir.
<b>Uygulama Etkileri</b>	Kısa vadeli uygulama	Kısa vadeli uygulama	Orta-uzun vadeli uygulama
<b>Enerji Depolama Kapasitesi</b>	<100 kWh	<10 kWh	20 – 50 kWh
<b>Tipik Güç Çıkışı</b>	1 – 100 MW	0,1 – 5 MW	0,01 – 10 MW
<b>Enerji Yoğunluğu</b>	50 – 80 Wh / L	200 – 500 Wh / L	16 – 33 Wh / L
<b>Güç Yoğunluğu</b>	10 – 400 W/L	0	0
<b>Deşarj Süresi</b>	Saat	Dakika – Saat	2 – 8 Saat
<b>Şarj Süresi</b>	Saat	Dakika – Saat	2 – 8 Saat
<b>Cevap Zamanı</b>	<Saniyeler	<Saniyeler	<Saniyeler
<b>Yaşam Süresi (Yıl)</b>	3 – 10 Yıl	10 – 15 Yıl	5 – 20 Yıl
<b>Yaşam Süresi (Devir)</b>	500 – 800 Devir	2000 – 3000 Devir	1500 – 15000 Devir



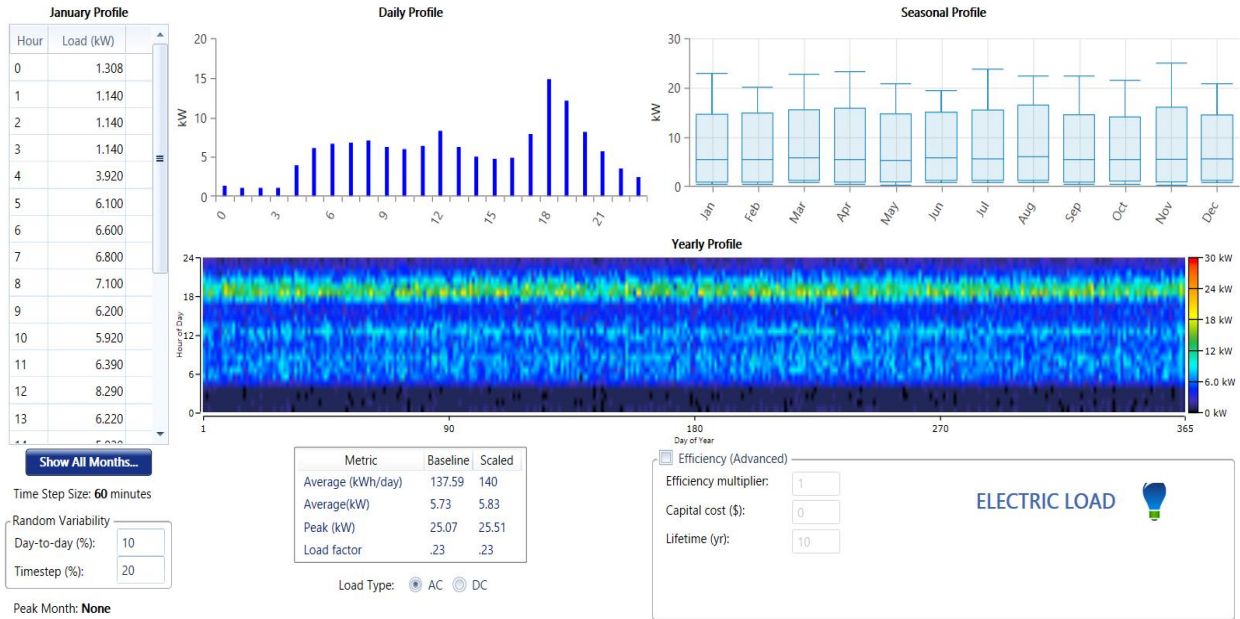
Çevrilmiş Verimlilik (%)	%70 – 90	%85 – 95	%70 – 85
Birim Deşarj Sermaye Fiyat	300 – 800 \$/kW	400 – 1000 \$/kW	350 – 800 \$/kW
Güç Kalitesi	-	-	+
Geçici Kararlılık	+	-	-
Gerilim Değişikliği	-	+	+
Dönen Rezerv	+	+	+
Gerilim Kontrolü	-	+	+
Yük Akışı	+	+	+
Tıkanma Takviyesi	+	+	+
İyileştirme Ertelemesi	+	+	+

### 3. Bölge Profili

Marmara Denizi'nin kenarında ve bir yarımadanın koy bölgesinde yer alan bir lojman; 40° 21.4' N Kuzey Paraleline ve 27° 56.6' E Doğu Enlem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 4). Lojman içerisinde 10 farklı bina bulunmaktadır ve dokuz bina eşdeğer özelliğe sahiptir. Lojmanda günlük elektrik enerjisi tüketim miktarı 140 kWh/gün ve peak değeri 25,51 kW şeklindedir (Şekil 5).

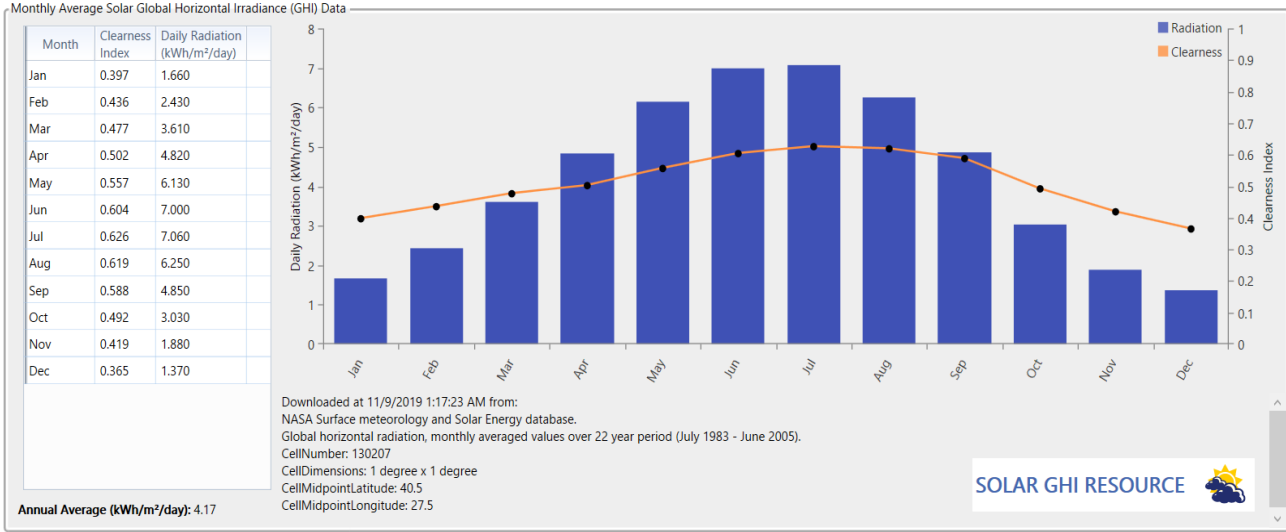


Şekil 4. Bölgenin yerleşimi ve haritadaki konumu



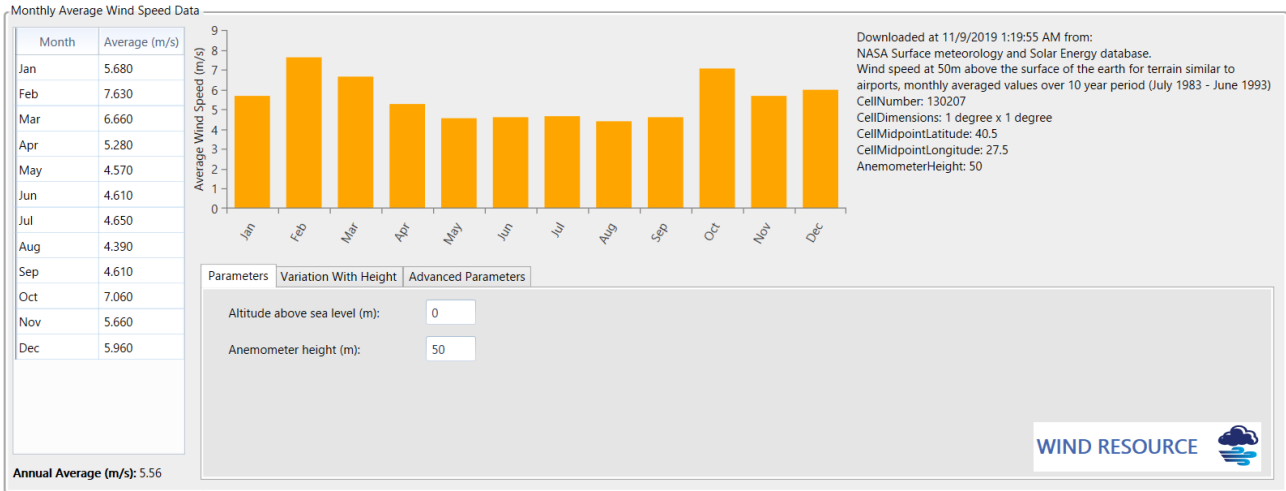
Şekil 5. Bölgenin elektrik yük profili





Şekil 6. Bölgenin güneş radyasyon profili (NASA)

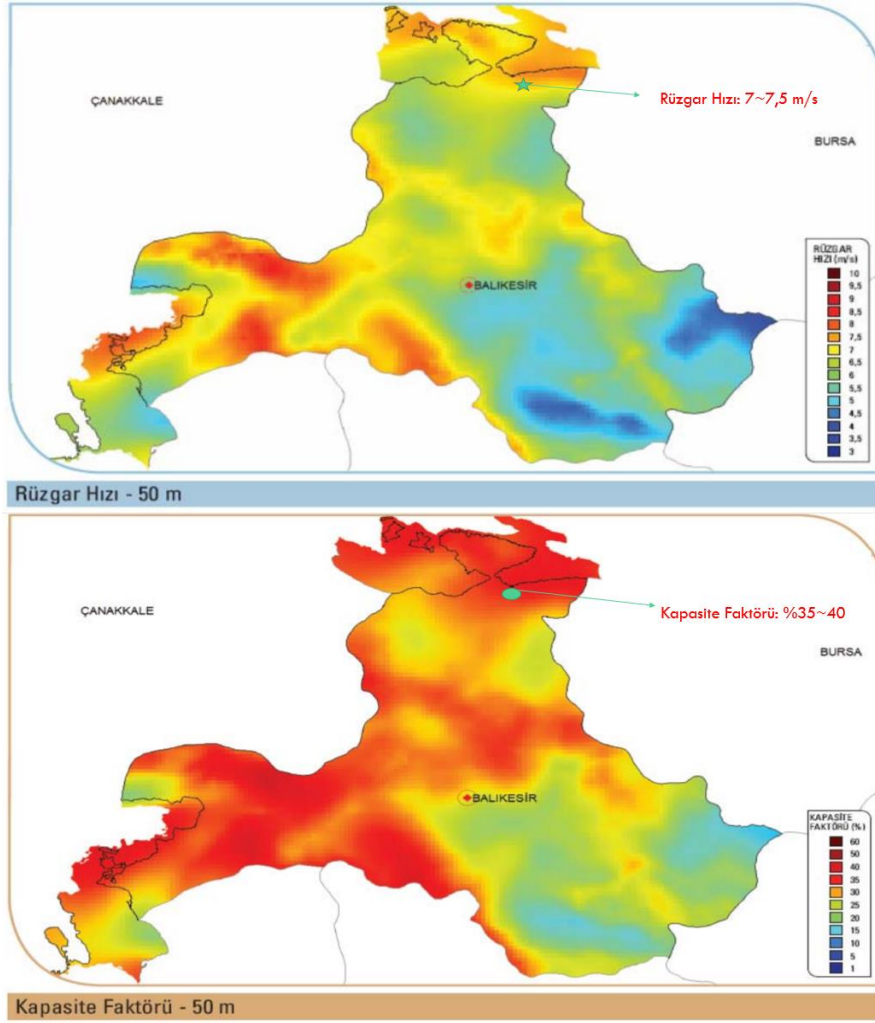
Ekonomik GES yatırımı için 1500 kWh/m<sup>2</sup>/yıl eşik değerinin üzerinde ve yılda en az 2000 saat güneşlenme süresince kurulmalıdır. Buna göre 4 kWh/m<sup>2</sup>/gün olarak ele aldığımızda bölgemiz güneş santralleri kurulması için elverişlidir. Burada kış şartlarında güneşlenme süresi ile radyasyon değerinin düşük olması neticesinde kış şartlarında verim oldukça düşük olacaktır (Şekil 6).



Şekil 7. Bölgenin rüzgâr potansiyeli profili (NASA)

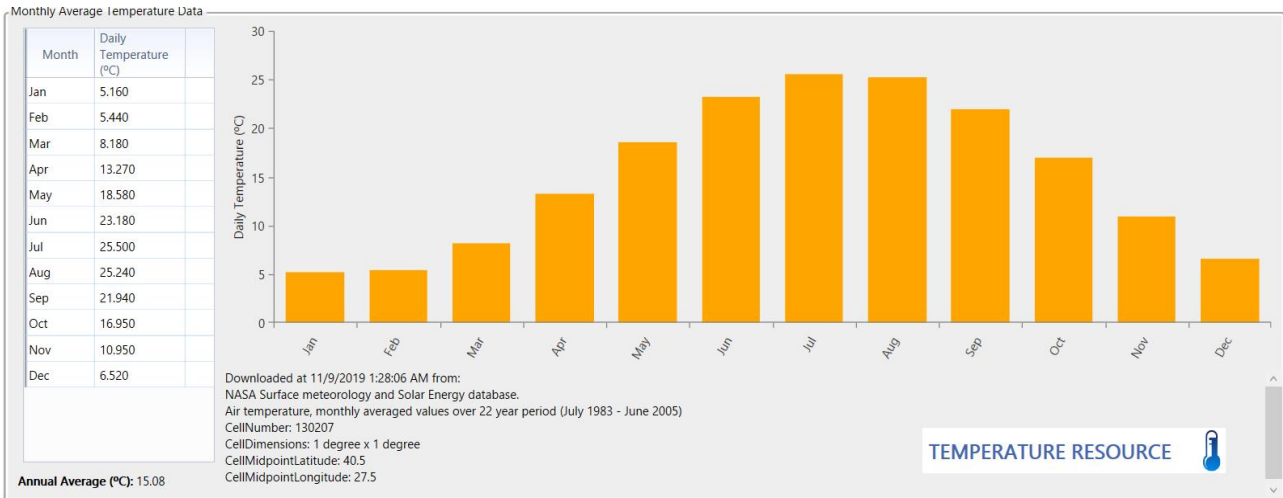






Şekil 8. Bölgenin rüzgâr potansiyeli ve kapasite faktörü profili

Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerekmektedir. Burada bu hız 7,5 m/s' dir. Ekonomik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. Burada bu oran %35~40 civarındadır. Buna göre bu bölgede ideal özellikte bir rüzgâr türbinleri yerleştirilebilir.



Şekil 9. Bölgenin sıcaklık profili





#### 4. Bölgenin Modellemesi ve Analiz İşlemleri

Bu çalışmada; Balıkesir ili Bandırma ilçesinde yer alan lojmanın elektrik enerjisi gereksinimini farklı enerji kaynaklarından karşılamak için uygun senaryo göz önüne alınmıştır. Senaryo için indirim oranı %8, enflasyon oranı %20, proje ömrü 25 yıl olarak hesaba katılmıştır. Para dönüşümleri güncel piyasa verilerinden baz alarak hesaplanmıştır (1 \$ = 5,75 TL, 1 dizel yakıt litre fiyatı = 6,5 TL). Tablo 4’de ise sistemde kullanılan elemanların maliyetlerinin ortalama bazlı değerleri belirlenmiştir ve bu değerler program içerisinde kullanılmıştır. Ayrıca tüm bataryalar; aynı ömür ve sürede düşünülerek incelenmiştir.

Tablo 4. Sistemlerin maliyet değerleri

Malzemeler	Sermaye Masrafı (\$)	Yenileme Masrafı (\$)	İşletme – Bakım Maliyeti (\$/yıl)	
Dizel Jeneratör	1 kW	200 \$	160 \$	3 \$/saat
Rüzgâr Türbini	1 kW	1.000 \$	1.000 \$	20 \$
Güneş Modülleri (PV)	1 kW	7.000 \$	7.000 \$	10 \$
Bataryalar (Lityum-İon)	100 kWh	70.000 \$	70.000 \$	1.000 \$
Çeviriciler	1 kW	1.000 \$	1.000 \$	10 \$

#### 4.1. Kurşun Asit Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz



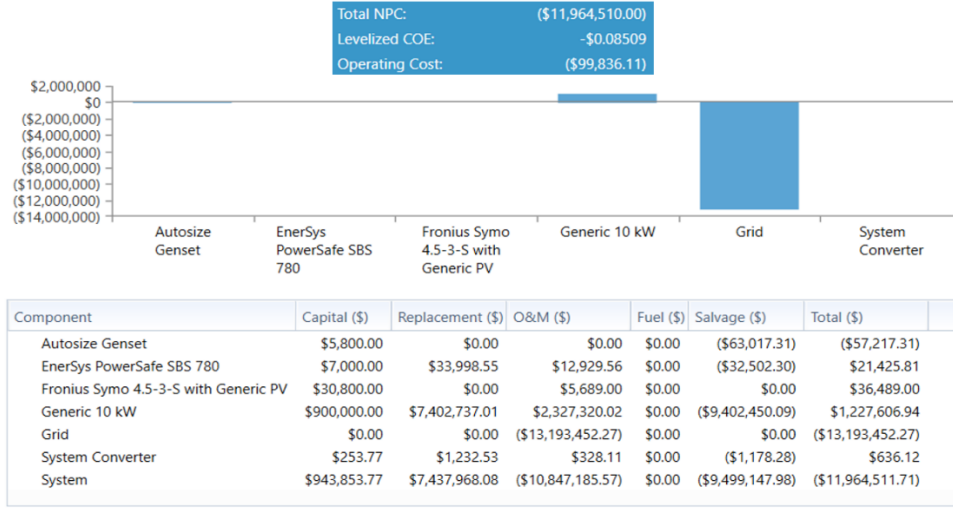
Şekil 10. Kurşun Asit bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesi

Architecture										Cost				System	
8.8 kW PV (kW)	8.8 kW PV-Inv. (kW)	10 kW Rüzgâr	Dizel Jeneratör (kW)	10,5 kW Kurşun Asit Batarya	Şebeke	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren. Frac. (%)	Total Fuel (L/yr)		
4.40	4.40	90	29.0		999,999		CC	-\$12.0M	-\$0.0852	-\$99,951	\$936,600	99.0	0		
4.40	4.40	90	29.0	1	999,999	0.254	CC	-\$12.0M	-\$0.0851	-\$99,836	\$943,854	99.0	0		
4.40	4.40	90	29.0		999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$99,463	\$930,800	99.0	0		
4.40	4.40	90	29.0		999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0853	-\$99,264	\$905,800	98.9	0		
4.40	4.40	90	29.0	1	999,999	0.254	CC	-\$11.9M	-\$0.0847	-\$99,349	\$938,054	99.0	0		
4.40	4.40	90	29.0	1	999,999	0.254	CC	-\$11.9M	-\$0.0851	-\$99,149	\$913,054	98.9	0		
4.40	4.40	90	29.0		999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$98,776	\$900,000	98.9	0		
4.40	4.40	90	29.0	1	999,999	0.254	CC	-\$11.8M	-\$0.0847	-\$98,662	\$907,254	98.9	0		
4.40	4.40		29.0		999,999		CC	\$840,759	\$0.127	\$6,220	\$36,600	13.1	0		
4.40	4.40		29.0	1	999,999	0.813	CC	\$864,222	\$0.131	\$6,341	\$44,413	13.1	0		
4.40	4.40		29.0		999,999		CC	\$897,977	\$0.136	\$6,707	\$30,800	13.1	0		
4.40	4.40		29.0	1	999,999	0.813	CC	\$921,439	\$0.139	\$6,828	\$38,613	13.1	0		
4.40	4.40		29.0		999,999		CC	\$933,833	\$0.141	\$7,178	\$5,800	0	0		
4.40	4.40		29.0	1	999,999	0.813	CC	\$957,296	\$0.145	\$7,299	\$13,613	0	0		
4.40	4.40		29.0		999,999		CC	\$991,050	\$0.150	\$7,665	\$0,000	0	0		
4.40	4.40		29.0	1	999,999	0.813	CC	\$1,011M	\$0.154	\$7,786	\$7,813	0	0		

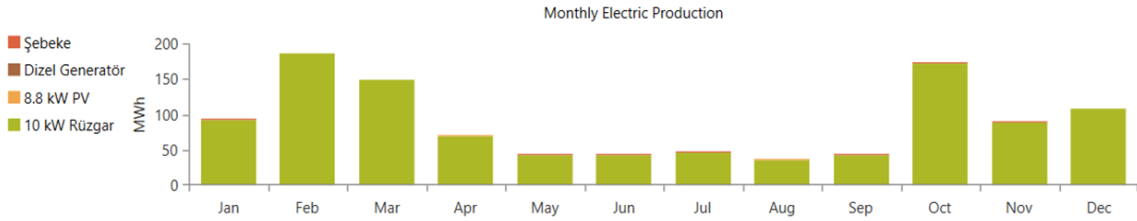
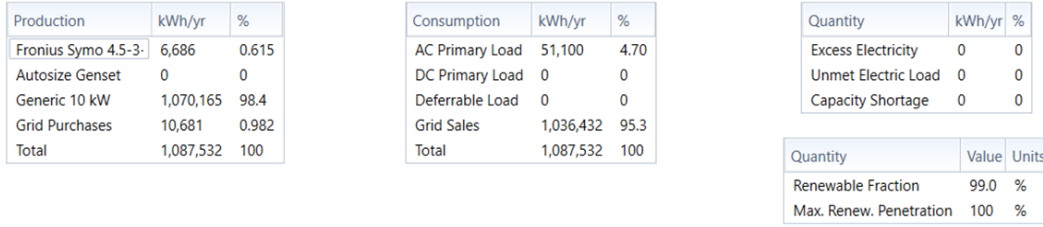
Şekil 11. Kurşun Asit bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesinin optimizasyon sonucu

Şekil 10’da tasarlanan sistemin optimizasyon sonucu Şekil 11’de verilmiştir. Bu senaryoda en uygun sistem modeli; 4,4 kW’lık PV panelleri, 9 tane 10 kW’lık Rüzgâr Türbinleri, 29 kW’lık Dizel Jeneratör, 0,254 kW’lık Konvertör, 1 adet 10,5 kW’lık Kurşun Asit Batarya şeklindedir. Buna göre; sermaye maliyeti \$943,854, 20 yıl sonraki toplam maliyet -\$12M olarak tespit edilmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 olarak hesaplanmıştır.

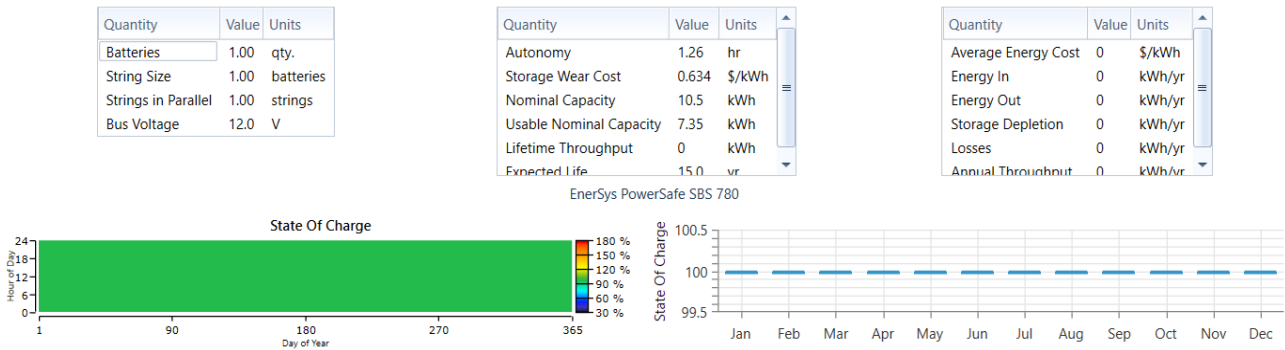




Şekil 12. Kurşun asit bataryalı sistemin ekonomik modellemesinin genel sonuçları

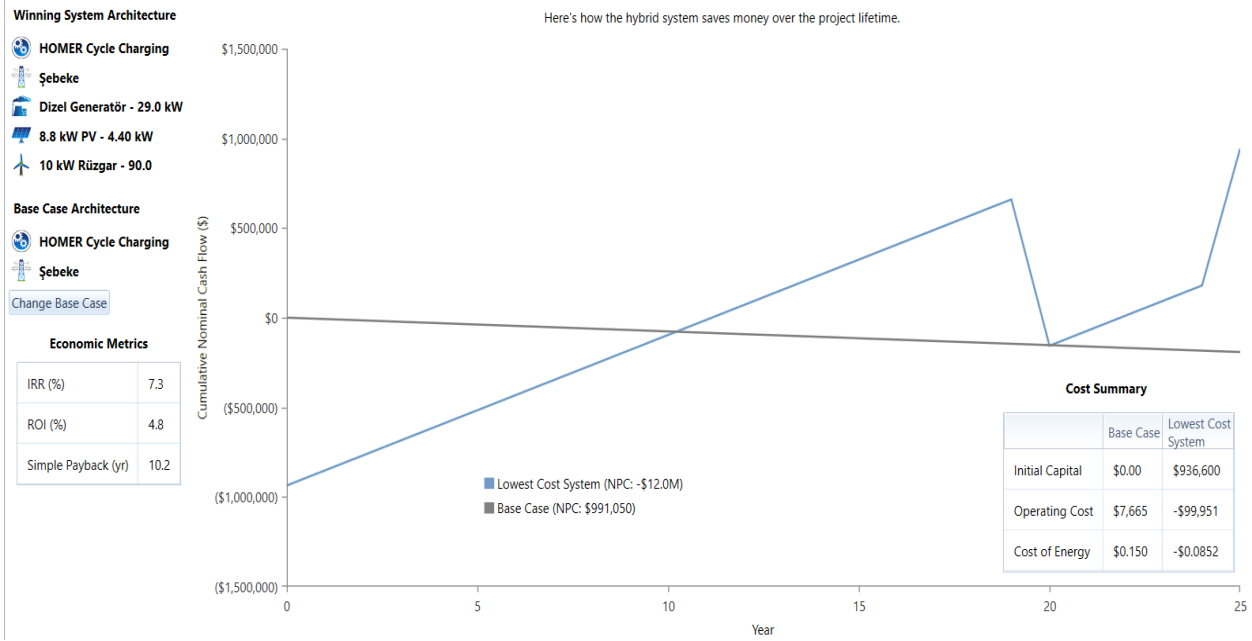


Şekil 13. Kurşun asit bataryalı sistemin aylık elektrik tüketimleri ve elektrik kullanım oranları



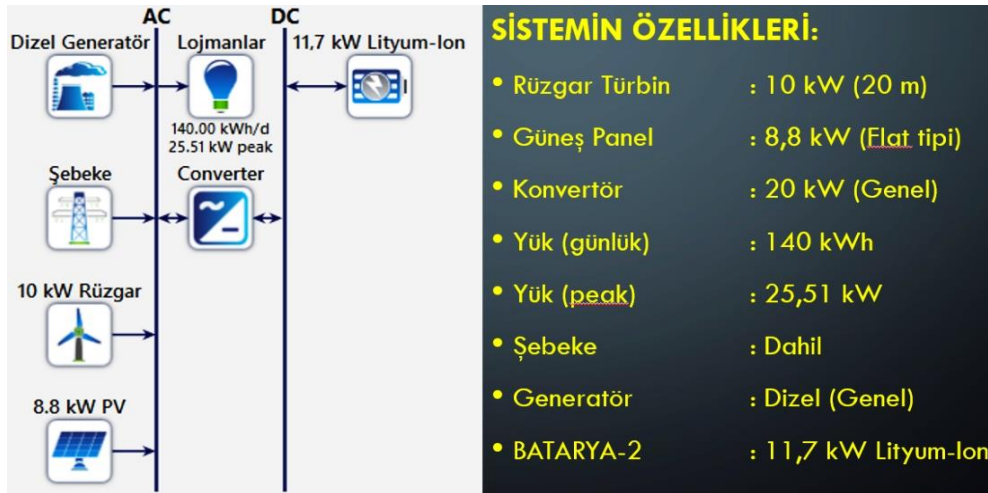
Şekil 14. Kurşun asit bataryanın sistem içerisindeki kullanım etkileri





Şekil 15. Kurşun asit bataryalı sistemin proje ömrü boyunca maliyete etkileri

#### 4.2. Lityum-İyon Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz



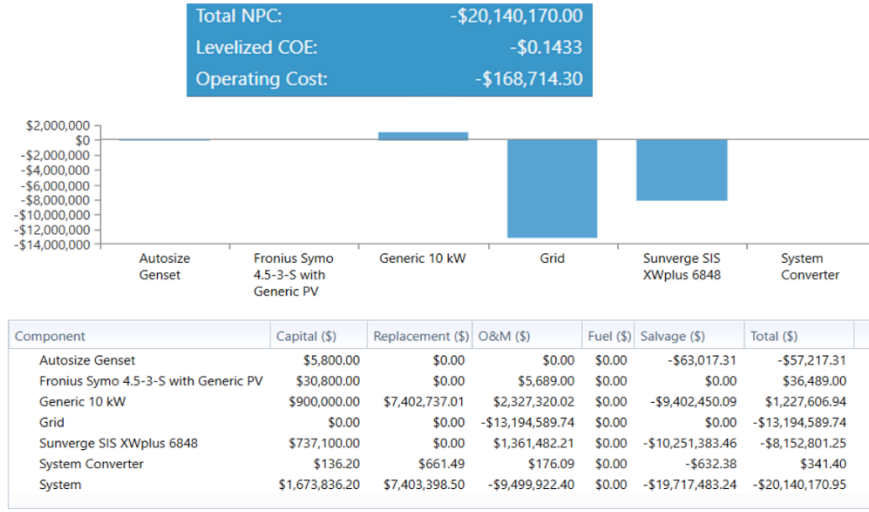
Şekil 16. Lityum-iyon bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesi

Architecture							Cost					System	
8.8 kW PV (kW)	8.8 kW PV-Inv. (kW)	10 kW Rüzgar	Dizel Generatör (kW)	11,7 kW Lityum-İon	Şebeke	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.136	CC	-\$20.1M	-\$0.143	-\$168,714	\$1.67M	99.0	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0698	CC	-\$20.1M	-\$0.144	-\$168,083	\$1.64M	98.9	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.136	CC	-\$20.1M	-\$0.143	-\$168,227	\$1.67M	99.0	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0698	CC	-\$20.0M	-\$0.143	-\$167,596	\$1.64M	98.9	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	-\$12.0M	-\$0.0852	-\$99,951	\$936,600	99.0	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$99,463	\$930,800	99.0	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0853	-\$99,264	\$905,800	98.9	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$98,776	\$900,000	98.9	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0609	CC	-\$7.31M	-\$1.11	-\$62,538	\$773,761	14.1	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0609	CC	-\$7.25M	-\$1.10	-\$62,051	\$767,961	14.1	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0609	CC	-\$7.22M	-\$1.09	-\$61,580	\$742,961	1.04	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999	0.0609	CC	-\$7.16M	-\$1.08	-\$61,092	\$737,161	1.04	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	\$840,759	\$0.127	\$6,220	\$36,600	13.1	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	\$897,977	\$0.136	\$6,707	\$30,800	13.1	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	\$933,833	\$0.141	\$7,178	\$5,800	0	0
4.40	4.40	90	29.0	90	999,999		CC	\$991,050	\$0.150	\$7,665	\$0.00	0	0

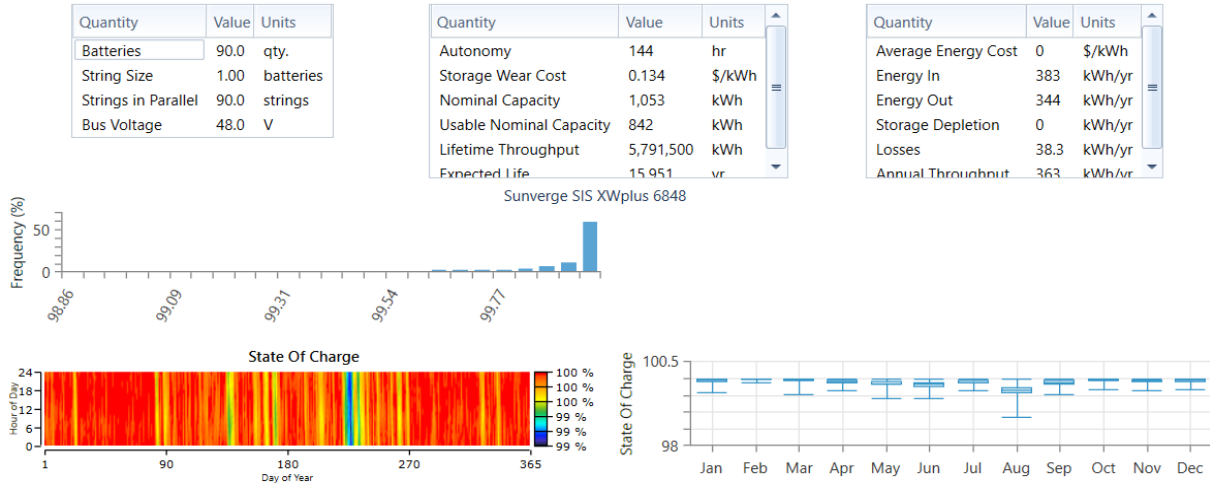
Şekil 17. Lityum-iyon bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesinin optimizasyon sonucu



Şekil 16’da tasarlanan sistemin optimizasyon sonucu Şekil 17’de verilmiştir. Bu senaryoda en uygun sistem modeli; 4,4 kW’lık PV panelleri, 9 tane 10 kW’lık Rüzgâr Türbinleri, 29 kW’lık Dizel Generatör, 0,136 kW’lık Konvertör, 1 adet 11,7 kW’lık Lityum İyon Batarya kullanılmıştır. Buna göre; sermaye maliyeti \$1,64M, 20 yıl sonraki toplam maliyet -\$20.1M olarak tespit edilmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 olarak hesaplanmıştır.

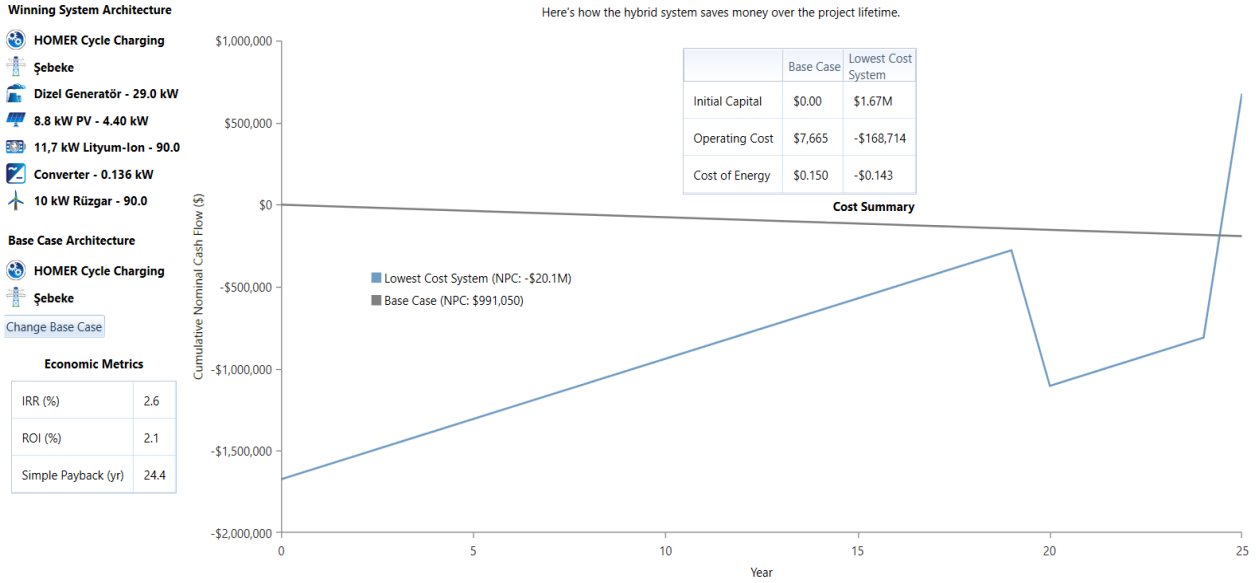


Şekil 18. Lityum-iyon bataryalı sistemin ekonomik modellemesinin genel sonuçları



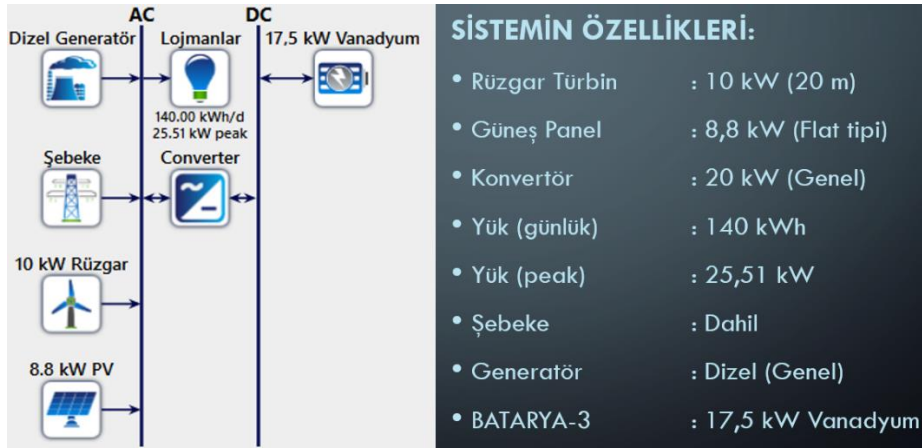
Şekil 19. Lityum-iyon bataryanın sistem içerisindeki kullanım etkileri





Şekil 20. Lityum-iyon bataryalı sistemin proje ömrü boyunca maliyete etkileri

### 4.3. Vanadyum Bataryalı Sistem Modelleme ve Analiz



Şekil 21. Vanadyum bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesi

Architecture										Cost				
8.8 kW PV (kW)	8.8 kW PV-Inv. (kW)	10 kW Rüzgar	Dizel Generatör (kW)	17,5 kW Vanadyum (kW)	17,5 kW Vanadyum (kWh)	Şebeke (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (\$)	COE (\$)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	
4.40	4.40	90	29.0	0.112	423	999,999	0.178	LF	-\$12.4M	-\$0.0878	-\$105,056	\$1.23M	99.0	
4.40	4.40	90	29.0	0.0410	423	999,999	0.146	CC	-\$12.3M	-\$0.0874	-\$104,381	\$1.20M	98.9	
4.40	4.40	90	29.0	0.112	423	999,999	0.178	LF	-\$12.3M	-\$0.0874	-\$104,568	\$1.23M	99.0	
4.40	4.40	90	29.0	0.0342	423	999,999	0.231	LF	-\$12.2M	-\$0.0874	-\$103,893	\$1.20M	98.9	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	-\$12.0M	-\$0.0852	-\$99,951	\$936,600	99.0	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$99,463	\$930,800	99.0	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0853	-\$99,264	\$905,800	98.9	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	-\$11.9M	-\$0.0848	-\$98,776	\$900,000	98.9	
4.40	4.40	90	29.0	0.221	423	999,999	0.0733	LF	\$473,957	\$0.0717	\$1,091	\$332,928	13.6	
4.40	4.40	90	29.0	0.221	423	999,999	0.0733	LF	\$531,174	\$0.0804	\$1,578	\$327,128	13.6	
4.40	4.40	90	29.0	0.221	423	999,999	0.0733	LF	\$567,008	\$0.0858	\$2,049	\$302,128	0.563	
4.40	4.40	90	29.0	0.157	423	999,999	0.0686	LF	\$624,169	\$0.0945	\$2,536	\$296,279	0.563	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	\$840,759	\$0.127	\$6,220	\$36,600	13.1	
4.40	4.40	90	29.0			999,999		CC	\$897,977	\$0.136	\$6,707	\$30,800	13.1	
		90	29.0			999,999		CC	\$933,833	\$0.141	\$7,178	\$5,800	0	
		90	29.0			999,999		CC	\$991,050	\$0.150	\$7,665	\$0.00	0	

Şekil 22. Vanadyum bataryalı sistemin HOMER ile modellenmesinin optimizasyon sonucu





Şekil 21’de tasarlanan sistemin optimizasyon sonucu Şekil 22’de verilmiştir. Bu senaryoda en uygun sistem modeli; 4,4 kW’lık PV panelleri, 9 tane 10 kW’lık Rüzgâr Türbinleri, 29 kW’lık Dizel Generatör, 0,178 kW’lık Konvertör, 24 adet 17,5 kW’lık Vanadyum Batarya kullanılmıştır. Buna göre; sermaye maliyeti \$1,23M, 20 yıl sonraki toplam maliyet -\$12.4M olarak tespit edilmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 olarak hesaplanmıştır.

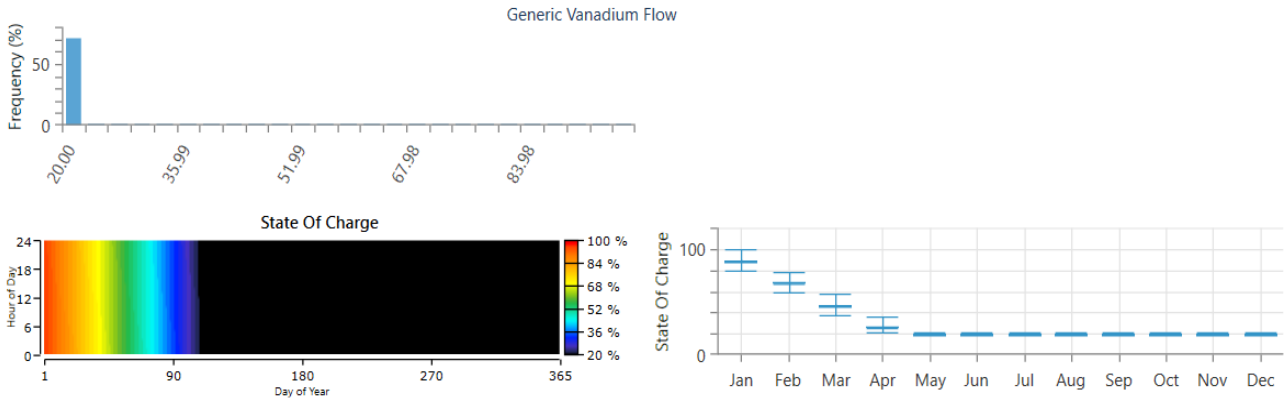


Şekil 23. Vanadyum bataryalı sistemin ekonomik modellemesinin genel sonuçları

Quantity	Value	Units
Cell Stack Capacity	0.112	kW
Usable Storage Capacity	338	kWh
Cell Stack Life	20.0	yr
Electrolyte Life	0	

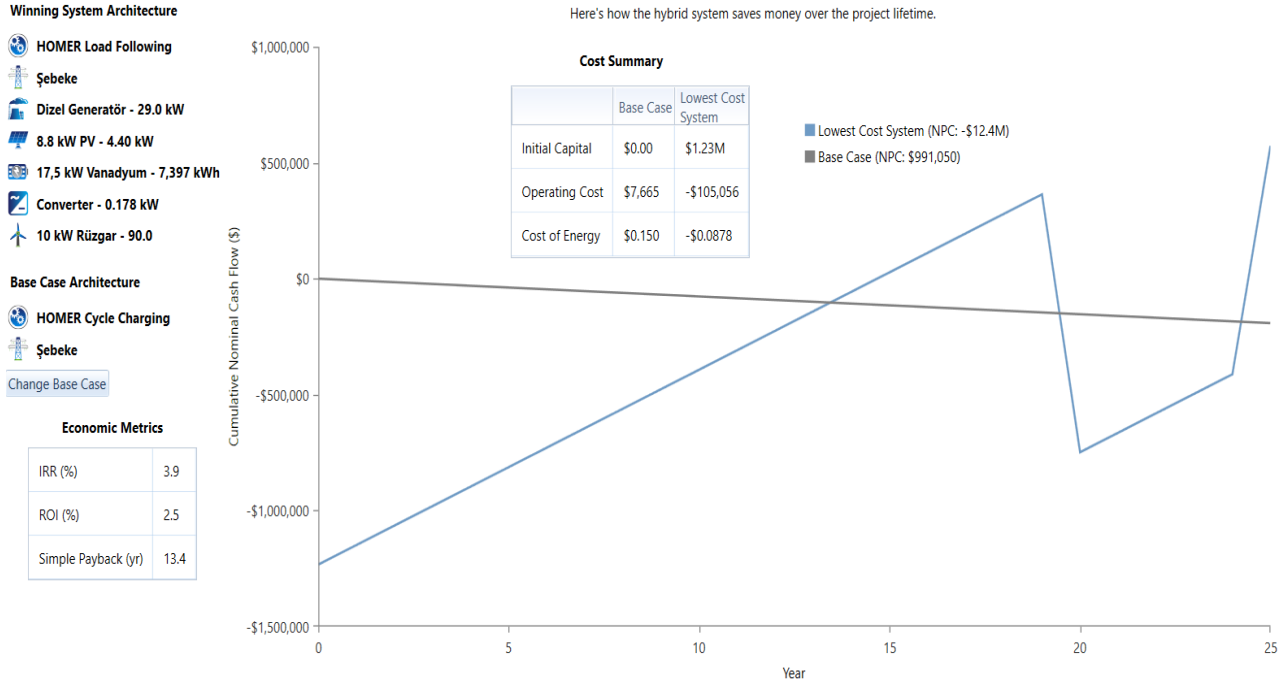
Quantity	Value	Units
Autonomy	0	hr
Storage Wear Cost	0.00500	\$/kWh

Quantity	Value	Units
Average Energy Cost	0	\$/kWh
Energy In	250	kWh/yr
Energy Out	503	kWh/yr
Storage Depletion	338	kWh/yr
Losses	85.7	kWh/yr
Annual Throughput	562	kWh/yr



Şekil 24. Vanadyum bataryanın sistem içerisindeki kullanım etkileri





Şekil 25. Vanadyum bataryalı sistemin proje ömrü boyunca maliyete etkileri

#### 4.4. Bataryaların Karşılaştırılması

Tablo 5. En elverişli sistemlerin maliyet açısından karşılaştırılması

	Dizel Generatör	Rüzgâr Türbini (10 kW)	Güneş Paneli (8,8 kW)	Batarya Tipi ve Özelliği	Çevirici	Toplam Net Şimdiki Maliyet (\$)	Bakım ve İşletme Maliyeti (\$/yıl)	Faydalı Birim Enerji Maliyeti (\$)	Yenilebilir Oran (%)
1	29 kW	9 adet	4,4 kW	10,5 kW Kurşun Asit (1 adet)	0,254 kW	+\$11.96M	+\$99,836	-\$0.0851	%99
2	29 kW	9 adet	4,4 kW	11,7 kW Lityum İyon (8 adet)	0,136 kW	-\$20.1M	-\$168,714	-\$0.143	%99
3	29 kW	9 adet	4,4 kW	17,5 kW Vanadyum (24 adet)	0,178 kW	-\$12.4M	-\$105,056	-\$0.0878	%99

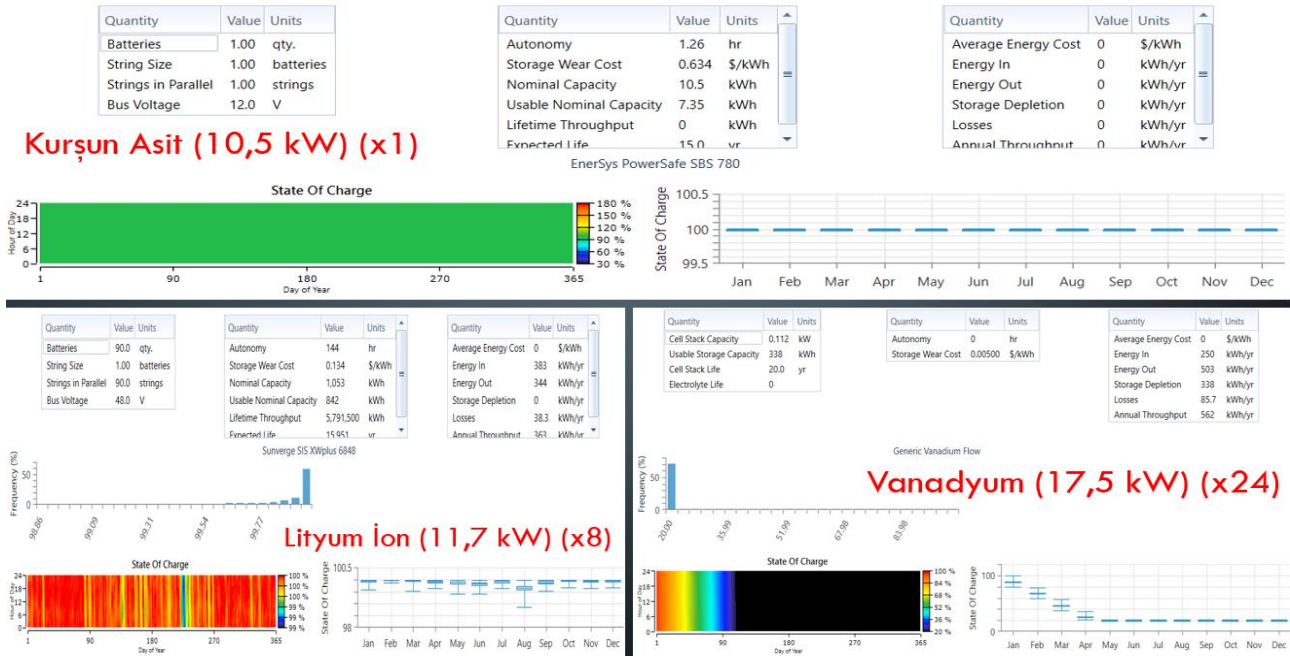
'-' değer kullanıcıya para akışı yaratır.

Tablo 5'de üç sistemin genel değerlendirmesi görülmektedir. Aynı sistemde üç farklı batarya birbirine yakın değerde kullanılmış ve sonuçlar optimizasyon edilmiştir. Buna göre;

- Kurşun asit batarya sisteminde; 1 adet 10,5 kW'lık batarya kullanımı sonucunda faydalı birim enerji maliyeti -\$0.0851, ilk sermaye maliyeti \$943.854, bakım ve işletme maliyeti 99,836 \$/yıl ve toplam net şimdiki maliyeti (25 yıl sonunda) \$11.96M olarak belirlenmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 şeklindedir.
- Lityum-iyon batarya sisteminde; 8 adet 11,7 kW'lık batarya kullanımı sonucunda faydalı birim enerji maliyeti -\$0.143, ilk sermaye maliyeti \$1.67M, bakım ve işletme maliyeti -168,714 \$/yıl ve toplam net şimdiki maliyeti (25 yıl sonunda) - \$20.1M olarak belirlenmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 şeklindedir.



- Vanadyum batarya sisteminde; 24 adet 17,5 kW'lık batarya kullanımı sonucunda faydalı birim enerji maliyeti -\$0.0878, ilk sermaye maliyeti \$1.23M, bakım ve işletme maliyeti -105,056 \$/yıl ve toplam net şimdiki maliyeti (25 yıl sonunda) - \$12.4M olarak belirlenmiştir. Yenilebilir enerji kullanım oranı %99 şeklindedir.



Şekil 26. Bataryaların yıllık kullanımları

Şekil 26'da üç farklı bataryanın yıllık devreye girip çıktıklarında kullanım etkileri görülmektedir. Buna göre vanadyum bataryalar daha hızlı şarj-deşarj etkisi gösterip sisteme hızlı olarak etki ederken kurşun asit bataryalar ise geç şekilde şarj-deşarj etkisi gösterir. Lityum-iyon batarya ise belli periyotlarda hızlı şarj-deşarj etkisini belli aralıklarda göstermektedir. Lityum-iyon bataryalar yılın her ay içerisinde daha aktif olarak kullanılmış ve sisteme daha doğrudan etki etmiştir; ancak vanadyum batarya ilk dört ay içerisinde belli şarj durumunu yakalamış ve diğer aylarda bu oran oldukça kısa sürmüştür. Burada sisteme enerjiyi hızlı şekilde yansıtmasını etkili olmuştur.

## 5. Sonuçlar

Yapılan çalışmada Balıkesir ilinin Bandırma ilçesinde yer alan bir lojmanda üç farklı batarya türü kullanılmış ve bu kullanıma göre maliyete yansımaları HOMER programında optimizasyonu yapılarak incelenmiştir. Üç bataryalı sistemde bileşenler sabit tutulmuş ve kullanılan bataryaların güçleri birbirine çok yakın değerlerde seçilmiştir. Sistemin elektrik tüketim durumuna göre hibrit sistem modellemesi yapılmış ve bu modelleme ekonomik ve teknik açıdan ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde üç farklı sistem karşılaştırılması yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

İlk bilinen ve eski teknoloji olan Kurşun Asit bataryalar ekonomik açıdan daha pahalı olarak maliyete yansımıştır. Buna göre; toplam maliyet \$11,9M şeklinde olup işletme maliyeti \$99B şeklindedir. Ayrıca diğerlerine oranla yaşam ömrü düşüktür. İkinci bilinen ve en yaygın olarak kullanılan Lityum-Ion bataryalar; diğer ikisine nazaran en ekonomik ve en etkili batarya olarak karşımıza çıkmaktadır. -\$20,1M toplam maliyet, -\$168B işletme maliyetidir. Üçüncü bilinen ve geleceğin teknolojisi olarak üretilen batarya Vanadyum, Lityum-Ion bataryadan daha az ekonomik olarak yansımıştır. -\$12,35M toplam maliyeti, -\$105,05B işletme maliyeti şeklindedir. Günümüzde pek yaygın olmamaları, gelişme sürecinde olmaları gibi nedenlerden gelecek için oldukça umut vadetmektedir. Bu nedenle Lityum Ion bataryalar kullanım yaygınlığı açısından ve maliyeti olumlu yansımaları neticesinde ön plana çıkmıştır. Grafikte Vanadyum daha kısa sürede şarj olması ve tek seferde kullanılması neticesinde ilerisi için gelişiminde ve kullanma ağının yaygınlaşmasında önem kazanacaktır. Yapılan araştırma ve analiz neticesinde mevcut şartlar altında lityum-iyon bataryaların kullanımı daha uygun görülmektedir ve yakın gelecekte diğer bataryaların gelişimi ön plana çıkana dek kullanılması uygun görülmektedir. Vanadyum batarya alternatif kullanım şeklinde düşünülebilir. Bu çalışma; bizlere hibrit sistem modellemesi yapımında bataryaların kullanımı için gerekli ön fikri sağlayabilir.

## 6. Kaynakça

- [1] Electropaedia, Battery and Energy Technologies, "http://www.mpoweruk.com", 05 Mayıs 2011.
- [2] Molecular Expressions, Lead Acid Batteries, "http://micro.magnet.fsu.edu", 08 Mayıs 2011.
- [3] Colorado College, Batteries, "http://www.coloradocollege.edu/dept/ev/courses/EV212/Block5\_2002/Battery.html", 08 Mayıs 2011.



- [4] Gm-volt, Lithium-ion Battery Separator, “<http://gm-volt.com>”, 08 Mayıs 2011.
- [5] The Energy Blog, Vanadium Redox Flow Batteries, “[http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2006/01/vandium\\_reflux.html](http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2006/01/vandium_reflux.html)”, 12 Mayıs 2011.
- [6] Gizmag, Vanadium Redox Energy Storage System, “<http://www.gizmag.com>”, 12 Mayıs 2011.
- [7] Taner, A. C., “Vanadyum Redoks Akışkan Batarya Sistemlerinin Karbonsuz YEK Kökenli RES ve GES Kompleksleri Güç Depolama Üniteleri Aküleri İçinde Kullanılması”, *Fizik Mühendisleri Odası (FMO)*.
- [8] Chahwan, J. A., “Vanadium-Redox Flow and Lithium-Ion Battery Modelling and Performance In Wind Energy Applications”, *Master of Degree, Department of Electrical and Computer Engineering, McGill University, Quebec, Montreal, Canada, 2007.*
- [9] Castillo, A., Gayme, D. F. “Grid-scale energy storage applications in renewable energy integration: A survey”, *Energy Conversion and Management*, Vol: 87, p.885-894, 2014.
- [10] Luo, X., Wang, J., “Overiew of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation”, *Applied Energy*, Vol: 137, p.511-536, 2015.
- [11] Kousksou, T., Bruel, P., “Energy Storage: Applications and challenges”, *Solar energy Materials & Solar Cells*, Vol: 120, p.59-80, 2014.
- [12] Zakari, B., Syri, S., “Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol: 42, p.569-596, 2015.
- [13] Batuhan, Y., “Enerji Depolama Sistemlerinin Modellenmesi Ve Analizi”, *Yüksek Lisans Tezi FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İTÜ, İstanbul, Türkiye, 2011.*
- [14] HOMER Help Files, “<https://www.homerenergy.com/products/pro/docs/3.12/index.html>”, 2019.
- [15] Yenilebilir Enerji Haritası, <https://www.enerjihatlası.com/>, 2019.



## POSTER SUNUMLAR / POSTER PRESENTATION

---

# POSTER SUNUMLAR POSTER PRESENTATION





## BİYOSTİMULANTLARIN STRES ETMENLERİNE KARŞI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANIMI KONUSUNDA BİR İNCELEME

Emine Kirbay<sup>1</sup>, Ş.Şebnem Ellialtıoğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye

eminekirbay86@gmail.com, sebnemellialti@gmail.com

\* Sorumlu Yazar

### Özet

Bitkilerin strese karşı toleransının artırılmasına yönelik uygulamalar tarımsal araştırma konuları arasında önemli bir yer tutmaktadır. İslah ile strese karşı toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesi olsa da bu çalışmalar yüksek maliyetli olduğu gibi uzun zamana ihtiyaç duymaktadır. Dışardan uygulanan bazı biyostimulantların bitkilerin strese karşı toleransının artırdığı bilinmektedir. Tarımsal biyostimulantlar, bir bitkinin etrafındaki ortama eklenebilecek ve bitki büyümesi, beslenmesi üzerinde olumlu etkileri olan, aynı zamanda abiyotik ve biyotik stres toleransı üzerinde de etkili olan çeşitli maddeler olarak tanımlanmaktadır. Biyostimulantlar kendi başlarına besin maddesi değildir; bunun yerine besinlerin alınımını kolaylaştırıp büyümeyi artırarak stresin direncine faydalı bir şekilde katkı sağlarlar. Biyostimulantlar, tohum çimlenmesinden bitki olgunluğuna kadar bitki yaşam döngüsü boyunca bitki büyümesini ve gelişimini artırır, abiyotik streslere bitki toleransını artırır; şeker içeriği, renk, meyve tutumu vb. dahil olmak üzere ürünlerin kalite özelliklerini artırır; suyun daha verimli kullanılmasını sağlar, toprağın belirli fizikokimyasal özelliklerini iyileştirir [1]. Bu derlemede; humik ve fulvik asitler, yosun ekstraktları, PGPR'lar, mikorizalar, karbonhidratlar, proteinler amino asitler ve lipitler konusunda uygulamalar bazında örnekler verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Humik, Fulvik Asit, Deniz Yosunu, PGPR, AMF, Doğal Ekstrakt

### 1. Giriş

Bitkiler buldukları çevre şartlarıyla sürekli olarak bir ilişki halindedirler. Çevresel faktörlerin bitkiler üzerinde oluşturduğu etki sonucunda, bitkilerin metabolizmasının olumsuz etkilenmesi, büyümesini ve gelişimini kısıtlaması ve bunun sonucunda verimde düşüklüğe neden olan bütün faktörlere stres adı verilmektedir. Bitkilerde stres faktörleri abiyotik ve biyotik olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bitkisel üretimde abiyotik stresler; kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklıklar, ağır metaller, hava kirliliği, radyasyon ve besin elementi eksikliği veya fazlalığı gibi faktörler olarak tanımlanırken, biyotik stresler; fungus, bakteri, virüs ve zararlı canlılar (hayvan) gibi canlı organizmalardan kaynaklanan faktörler olarak tanımlanmaktadır [2, 3].

Stres faktörlerinin bitkiler üzerindeki etkisi, bitkinin çeşidine, gelişme dönemine, stresin şiddetine, çeşidine ve süresine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca stres faktörlerinin oluşturduğu zarar, bitkilerin çevre şartlarına karşı genetik adaptasyon derecesine bağlı olarak değişmektedir [4].

Bitkilerin strese karşı toleransının artırılmasına yönelik farklı bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların başında, ıslah çalışmaları ile strese karşı toleransı yüksek yeni çeşitlerin geliştirilmesi olsa da bu çalışmaların yüksek maliyeti ve uzun zaman ihtiyaç duyulması yönünden dezavantajdır [5]. Bu nedenle bitkilerin strese karşı toleransını artırabilecek yeni yöntemlere ve çalışmalara gerekmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, dışardan uygulanan bazı biyostimulantların bitkilerin strese karşı toleransını artırdığı belirtilmektedir. Tarımsal biyo-uyarıcılar veya biyostimulant olarak adlandırılan bitki biyo-uyarıcıları, bir bitkinin etrafındaki ortama ilave edilmesi sonucu, bitki büyümesi ve beslenmesi üzerinde olumlu etkileri olan, aynı zamanda stres faktörlerine karşı toleransı veya ürün kalite özelliklerini artırmak amacıyla bitkilere uygulanan her türlü madde veya mikroorganizmalardır [6].

Biyostimulantlar ve potansiyel etkileri konusundaki farkındalığımız kayda değer oranda genişlemektedir [7]. Biyostimulantların sağladığı etkiler, bitkilerin doğal savunma sistemlerinin aktif olması, besin maddelerinden oldukça faydalanmaları, stres koşulları ve benzeri dış koşullardan korunmak için yardımcı olan veya verimini ve ürün kalitesini pozitif yönde etkileyen doğal veya kimyasal güçlendirici olması, direnci artırması ve toprağın bünyesini düzenleyici olması şeklinde özellikleri bulunmaktadır [8]. Bu çalışmada biyostimulantların stres faktörlerine karşı yapılan çalışmalar değerlendirilerek, biyostimulant uygulamaları ile strese karşı tolerans oluşturuvcu güncel bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır.

#### 1.1. Humik ve Fulvik Asitler

Humik asitler, molekül ağırlıkları sayısal olarak değişen, kahve- siyahımsı bir renk olan materyaldir [9]. Humik asitlerin en önemli kaynağı leonardit'tir ve bu maddenin yapısı katı formda olup toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini iyi eden, biyolojik aktivitesini yükselten, fazla miktar da humik asitler içeren materyallerdir. Bu sebeple humik asit ve fulvik asitler toprak düzenleyici olarak bilinirler [10]. Fulvik asitler ise daha yüksek oksijen içeriğine ve daha düşük moleküler ağırlığa sahip humik asitler olarak tanımlanırlar [11].

Bitki büyümesi ve çimlenmesi üzerine humik asitlerin bir uyarıcı etki yaptığı bilinmektedir. Bu etkiler özellikle, kökleri ile temel elementlerin taşınmasını kolaylaştırır, zar geçirgenliğini artırır, solunuma yardımcı olmaktadır [12,13]. Humik asitin bitki büyüme mekanizması üzerindeki faydalı etkisi, besin elementlerinin özellikle de mikrobeyicilerin toprağa alınmasını ve taşınmasına etki



eder [14] ve bazı toksik elementlerin azaltılmasını sağlar. Bu maddelerin stres toleranslarının iyileştirme etkilerini gösteren (Tablo 1) birkaç örnek verilmiştir. Hemida vd. [15] tuz stresi uygulamasında yetişen fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) fidelerine potasyum humat uygulamasıyla toprağın kimyasal ve fiziksel yapılarını iyi duruma getirdiği ve bu sayede bitkinin büyüme ve ürün verimliliğini, K, N, P ve Ca alımlarını artırdığını bildirmişlerdir. Aynı durumda potasyum humat uygulaması ile ozmotik koruyucular olan eriyebilir şekerlerin ve prolinin; askorbik asit (vitamin C), glutatyon gibi enzimatik olmayan moleküllerin ve SOD, CAT gibi enzimlerin de miktarlarında artışlar kaydetmişlerdir. Uygulama yapılan bazı humik asitlerin yaprak veya toprak uygulamaları, toplam verimi, erken verimi, ortalama meyve ağırlığını, toplam çözünür şekeri ve klorofil b içeriğini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir [16].

## 1.2. Deniz yosunu ekstraktları

Biyolojik uyarıcılar olarak deniz yosunu özleri (SWE), bitki büyümesini teşvik edici faktörler olarak kullanılmak üzere ticari formülasyonlar, tuzluluk, sıcaklık ve kuraklığa toleransı artırmak için bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Deniz yosunları, deniz verimliliğinin %10'unu temsil eden kırmızı, yeşil ve kahverengi makro alglerdir [17]. Şu anda, tarımsal kullanım için çeşitli alg ekstraktları üreten ve pazarlayan 47'nin üzerinde şirket vardır; formülasyonların çoğu kahverengi alglerden olan, *Ascophyllum nodosum*'dur [18].

Deniz yosun özleri, bitkilerde klorofil oluşumunu hızlandırıp yeşil aksamın artmasına ve bundan dolayı daha fazla miktarda protein, karbonhidrat vb. maddelerin oluşmasını, bitkilerin zararlı ve hastalıklara karşı daha dayanıklı ve kuvvetli olmalarını, bitkilerde oluşan abiyotik streslere dayanımını, toprakta güçlü kök gelişimini destekleyerek bitkilerin topraktan maksimum besin maddelerini ve su alabilmelerini, bitki tarafından alınması zor olan, özellikle mikro elementleri şelat formuna dönüştürerek bitkinin en faydalı şekilde almasını ve bunları bitkide stabil hale getirmesini sağlarlar ve ayrıca virüslerin çok fazla çoğalmasını önleyerek, nematodların zararını azaltırlar. [19].

Deniz yosunu özlerinin büyüme teşvik edici etkileri birçok türde belgelenmiştir, ancak bu etkilerin arkasındaki mekanizmalar hakkında çok az şey bilinmektedir. Deniz yosunları çok önceki dönemlerden beri topraktan, gübre olarak kullanıldığı biliniyor olsa da yalnızca 40-50 yıldan beri deniz yosun özlerinin yapraklara püskürtme yoluyla uygulama yapılmasının da ürün ve verim kalitesini artırdığı bilinmiştir ve birçok ülkede; örtü altı sebzeçiliği, meyve ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde de yaygın olarak kullanılabilir [20]. Goñi vd. [21]'nin kurak koşullarda *A. nodosum* uygulamasının (*Solanum lycopersicum*) domates bitkilerinde ki çalışmalarında, yaprakta uygulama yaparak dokulardaki bağış su içeriği (RWC), bitki büyüklüğü, yaprak yoğunluğu, klorofil miktarı, prolin seviyesini artırmış ancak lipid peroksidasyon seviyesini azaltmıştır ve deniz yosun özlerinin stres koşullarında olumlu etkileri gözlemlenmiştir (Tablo 1).

## 1.3. Bitkisel Üretimde Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteri (PGPR)'ler

Bitki kökleriyle pozitif bağ halinde olan, bitkinin büyümesini ve gelişimini artı yönde etkileyebilen organizmalar PGPR (bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri) olarak tanımlanmıştır [22]. Bakteriler toprakta yaşayan mikroorganizmaların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Biyostimulant olarak etki etme potansiyeline sahip olan bakteriler, tuzlu, alkali, asidik ve kurak topraklara sahip bazı ekosistemlerden izole edilirler. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler genelde bitkinin kök bölgesi çevresinde ya da kök bölgesiyle doğrudan ilişkili olduğu ve kolonize oldukları söylenmektedir [23]. Daha çok *Acetobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine ait bakteri grupları (abiyotik ve biyotik) tolaransın da aktif rol oynamaktadırlar [24]. Mayak, S vd. [25] Kurak koşullarda domates (*Solanum lycopersicum*) ve biberin (*Capsicum annuum*) *Achromobacter piechaudi* (ARV8) suşları ile aşılmasını domates ve biberde taze ve kuru fide ağırlığı, bitki büyümesini artırmış ve domates de etilen seviyesini azaltmıştır (Tablo 1). Bu bakteri suşu kurak koşullarda bitki büyümesini kolaylaştırarak bitki gelişimine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir.

Bitkinin kök çevresinin %7-15 gibi bir kısmını oluşturan rizosfer bölgesinde yaşamaya devam eden bakteriler o bölgede salgılanan çeşitli aminoasit ve şekerleri zengin besin ve enerji kaynağı olarak kullanıp bu bölgeden sıızan N (azot) ve C (karbon) kaynaklarından yararlanmaktadırlar [26]. Bitkide görülen bu etkileşimler, bitkinin rizosfer bölgesinde rekabetçi bir ortam hazırlayarak bitki gelişimini uyandırmakta ve de biyokontrol sağlayarak yararlı bir etki gösterebilmektedir [27].

Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler, atmosferdeki serbest azotun bağlanması, fosfor (P)'ü ve ağır metalleri çözebilmesi, hormon üretebilmesi, mineral ve su alımını artırması, bitkide enzim aktivitesini artırması, kök gelişimini desteklemesi, gibi önemli etki mekanizmaları geliştirerek bitki gelişimini teşvik edebilmektedirler [28]. PGPR'ler topraklara aşılansın bitkinin abiyotik stres reaksiyonlarını azaltabilmektedirler [29].

## 1.4. Arbusküler Mikorizal Funguslar (AMF)

Bitkiler ve topraktaki mikroorganizmalar arasında simbiyotik (ortak) yaşamlar bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi "mikoriza"dır [30]. Bitki köklerinin simbiyotik funguslar tarafından enfeksiyonu ve bu iki organizma arasında ki metabolik bir ilişkinin uyumlu olduğu özel bir doku olarak adlandırılmaktadır [31]. Mikoriza çalışmaları, bitkiye sağladığı yararlı etkileri yönünden, özellikle de endomikorizal yaşam şekilleri içerisinde yer alan Arbusküler Mikoriza (AM) oluşumuna odaklanılmıştır [30]. Ayrıca, kimyasal gübrelere seçenек bir natürel gübre olarak yer alan mikorizaların sürdürülebilir ve organik tarımda ülke ekonomilerine de büyük katkı sağlayabilecekleri şüphesizdir [32].

Oluşturdukları hifler aracılığıyla kök etki alanını genişleterek bitkinin besin elementlerinden daha fazla faydalanmasını temin ederek, hifler aracılığıyla kök bölgesinin 4 cm uzağındaki besin elementlerini alıp, bitkinin köküne taşıdıkları [33] ve kök bölgesinin absorbe alanının etkinliğini 10 kata kadar artırdıkları [34] farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Ekstra radikal hifler, toprakta yayılarak azot



(N) gibi kısmen hareketli besin maddelerini tutabilmekte ve besin madde kayıplarını önleyebilmektedir [35]. Toprakta bulunan daha yavaş olan besin elementlerinin (P, Zn, Cu) alınabilirliğini 60 kata kadar artırdıklarını söylemişlerdir [36].

Mikorizaların bitki stresi üzerindeki rolü ortaya çıktıkça bu konu daha önemli hale gelmiştir. Ancak yapılan araştırmalar mikorizaların stresin negatif etkilerini düşürmek, hafifletmek ve fayda sağlamak için bitkide birçok düzenlemelerin oluşumunu elde etmek ve böylelikle konukçusunun abiyotik ve biyotik şartlar altında büyümesini sağlayarak direncin kazanılmasına katkıda bulduklarını göstermektedirler [37]. Kök bölgelerin de yoğun olarak bulunan mikorizaların bitki köklerinin fazlasıyla geliştiği ve mevcut sudan daha fazla yarar sağlayarak kurak döneme bu şekilde direnç kazandıkları bilinmektedir. Fakat karmaşık bir mekanizma yapısının olduğu, tepkinin boyutu ve tipinin mikorizaya, bitki türlerine ve stresin derecesine bağlı olarak değiştiği ortaya sürülmüştür [38,39].

### **1.5. Karbonhidratlar, Proteinler Amino Asitler ve Lipitler**

Protein hidrolizatlar, hayvanlardan ve bitkilerden gelen tarımsal yan ürünlerin kısmi hidrolizinden türetilen polipeptitlerin, oligopeptitlerin ve serbest amino asitlerin karışımlarıdır. Protein bazlı ürünler iki ana kategoriye ayrılabilir: peptid karışımından oluşan protein hidrolizatları ve hayvan veya bitki kökenli amino asitler, glutamat, glutamin, prolin ve glisin betain gibi bireysel amino asitlerdir [59-66]. Protein hidrolizatları karbon ve azot metabolizmasını uyardığı ve azot asimilasyonunu artırdığı gösterilmiştir [65].

Karbonhidratlar, proteinler, amino asitler ve lipitler farklı yollardan stres toleransını artırabilir. Amino asitlerin membranlar boyunca iyon akışları üzerindeki etkileri açıkça ortaya konulmuştur, çoğu tuz (NaCl) kaynaklı potasyum akışını azaltmada olumlu bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir [67]. Prolin, betain ve bunların türevleri de dahil olmak üzere protein hidrolizatları ve spesifik amino asitler tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve oksidatif koşullar da dahil olmak üzere çeşitli abiyotik streslere karşı bitki savunma tepkilerini uyarabilir ve bitki toleransını artırabileceği şeklinde önemli kanıtlar vardır. [61,63,68-70].

Glisin betain ve prolin birikimi ise genellikle stres toleransı ile ilişkilidir ve bu bileşiklerin dışsal uygulamaları çok farklı türlerde ki bitkilerde abiyotik streslere toleransı artırdığı gözlemlenmiştir. [69,71,72]. Glisin betain ve prolinin, protein ve hücre zarlarının stabilize etmedeki rollerine ek olarak, reaktif oksijen türlerini temizlediği ve tuz stresine yanıt veren genlerin, ayrıca transkripsiyon faktörlerinde, membran alışverişinde ve ROS sorumlu genlerin ekspresyonunu indüklediği gösterilmektedir [68, 71, 73-77].



Tablo 1. Stres koşullarında Biyostimulant uygulamalarının farklı bitki türlerinde fiziksel ve biyokimyasal içeriklerindeki değişimler üzerine etkisi

STRES FAKTÖRÜ	BIYOSTİMULANT TÜRÜ	ÜRÜN	FAYDALI ETKİLERİ	KAYNAKLAR
Üşüme Stresi	PGPR	<i>Solanum lycopersicum</i> Domates	Sürgünün boyu, kök uzunluğu, biyokütle birikimi, prolin birikimi, SOD, CAT, APX, POD elektrolit sızıntısı, lipid peroksidasyonu	[40],[41]
Üşüme Stresi	Hidroliyat uygulamaları	<i>Fragaria ananassa</i> çilek	Erken çiçeklenme, meyve ağırlığı	[42]
Kuraklık Stresi	Hidroliyat uygulamaları	<i>Solanum lycopersicum</i> Domates	Bağlı yaprak su içeriği, yaprak alanı	[43]
Kuraklık Stresi	SWE	<i>Spinacia oleracea</i> Ispanak	Bağlı yaprak su içeriği, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık,	[44]
Kuraklık Stresi	PGPR	<i>Solanum lycopersicum</i> Domates	fidenin taze ve kuru ağırlığı, bitki büyümesi etilen seviyesi	[25]
Kuraklık Stresi	PGPR	<i>Capsicum annuum</i> Biber	Fidenin taze ve kuru ağırlığı, bitki büyümesi	[25]
Kuraklık Stresi	PGPR	<i>Ocimum basilicum</i> Fesleğen	CAT, GPX aktivitesi, klorofil miktarı	[45]
Kuraklık Stresi	SWE	<i>Solanum lycopersicum</i> Domates	Bağlı su içeriği, bitki büyümesi, yaprak yoğunluğu, klorofil içeriği, prolin lipit peroksidasyonu	[21]
Tuz Stresi	SWE	<i>Lactuca sativa</i> Marul	Kök ve toplam bitki ağırlığı	[46]
Tuz Stresi	Humik asit	<i>Capsicum annuum</i> Biber	N, P, K, Mg, Ca, Mn, S ve Cu, sürgün ve kök ağırlıkları	[47]



Tablo 1. Devamı

STRES FAKTÖRÜ	BİYOSTİMÜLANTİ TÜRÜ	ÜRÜN	FAYDALI ETKİLERİ	KAYNAKLAR
Tuz Stresi	Humik asit	<i>Phaseolus vulgaris</i> Fasulye	bitki nitrat, azot ve fosfor, bitki kök ve sürgün kuru ağırlık toprak elektrik iletkenliği, elektrolit sızıntısı	[48]
Tuz Stresi	PGPR	<i>Lactuca sativa</i> Marul	Çimlenme yüzdesi, toplam taze ve kuru ağırlık, yaprak alanı, yaprak sayısı, klorofil içeriği, kök kuru ağırlığı, askorbik asit,	[49,50]
Tuz Stresi	AMF	<i>Solanum melongena</i> Patlıcan	fide sürgün uzunluğu, sürgün çapı, yaprak sayısı, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı,	[51]
Tuz Stresi	Hidroliizat uygulamaları	<i>Lactuca sativa</i> Marul	Taze verim, kuru büyüklük, kök kuru ağırlık, bitki azot metabolizması, osmolitler, oksidatif stres	[52]
Tuz Stresi	Humik asit	<i>Phaseolus vulgaris</i> Fasulye	N,P,K ve Ca alınması, prolin, askorbik asit, glutatyon, SOD,CAT	[53]
Tuz Stresi	PGPR	<i>Plum sativum</i> Bezelye	Bitki büyümesinde	[54]
Tuz Stresi	AMF	<i>Vitis vinifera</i> Asma	kök hacmi, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, toplam kuru ağırlık, klorofil içeriği	[55]
Tuz Stresi	Humik asit+AMF	<i>Capsicum annuum</i> Biber	Fidelerin lipokotil uzunluğu, gövde boyun çapı, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı ve sürgün ve kök kuru ağırlıkları	[56]
Tuz Stresi	SWE	<i>Fragaria ananassa</i> Çilek	Verim, büyüme, kök uzunluğu, yüzey alanı, erken çiçek ve meyveler	[57]
Tuz Stresi	AMF	<i>Solanum lycopersicum</i> Domates	Kök ve sürgün kuru madde verimi, yaprak alanı, bitki gelişimi, besin maddesi alımı	[58]





## 2. Sonuçlar

Çevresel faktörlerin oluşturduğu stres faktörleri (abiyotik ve biyotik) bitkisel üretimi, büyümeyi ve gelişmeyi sınırlayan ve verimde önemli düşüişlere sebep olan etmenlerin başında gelmektedir. Bitkilerin strese karşı toleransının artırılması ve bitkilerin stres faktörlerine karşı direnç kazandırılması bitkisel üretimin gelişiminde ve artışında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle stresin bitkiler üzerinde oluşturduğu olumsuz koşulları azaltacak yeni yöntemler ve uygulamalar araştırılmaktadır. Son yıllarda yapılan bilimsel çalışma sonuçları tarımsal üretimde uygulanan biyostimülantların (biyo-uyarıcılar) bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalarına olumlu etkileri sonucu bitkilerin strese karşı toleransını artırdığı bildirilmiştir.

Biyostimülantların bitki stres koruması üzerine en iyi etkinin belirlenmesi için bitki özellikleri ve uygulama tekniklerin iyi anlaşılması, uygun uygulama oranlarının ve dozlarının tespit edilmesi, biyostimulant – bitki – stres faktörü arasındaki çalışma mekanizmasının aydınlatılması önemli olduğundan yüksek öncelik verilmelidir. Bu şartlardaki durumlarda mekanizmaların iyi bir şekilde aydınlatılması ve anlaşılması durumunda; tamamlayıcı mekanizmaların işlevsel olarak tasarlanabileceği yeni nesil biyolojik uyarıcılara geçilebilmesi mümkün olacaktır.

Biyostimülantlar bitkilerde stres faktörlerine karşı tolerans artırılmasında kullanılmasının yansıra, genel olarak organik kökenli olmaları ve sentetik ürünlere göre daha çevreci olmalarından dolayı tarımı daha sürdürülebilir ve esnek hale gelmesine katkı sağladığı belirtilmektedir. Yapılan araştırma sonuçlarında biyostimülantların tarımda kullanılan sentetik koruyuculara alternatif olabileceği düşünülmektedir.

## 3. Kaynaklar

- [1] European Biostimulants Industry Council (2012) What are biostimulants? <http://www.biostimulants.eu/about/what-are-biostimulants/>
- [2] Kuşvuran, Ş., “Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar”, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.
- [3] Yılmaz, E., Tuna, A. L., “Bürün, B. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri ”, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 7(1), 47-66, 2001.
- [4] Kadioğlu, A., “Bitki fizyolojisi. Trabzon”, Lokman Yayın, 453 s, 2004.
- [5] Daşgan, H.Y. and Koç, S., “Evaluation of salt tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters”, Journal of Food, Agriculture Environment, 7(2): 363-372, 2009.
- [6] Du Jardin, P. “ Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation,” Scientia Horticulturae, 30 (196):3–14, 2015.
- [7] Colla, G., “Rouphael Y. Biostimulants in horticulture”, Scientia Horticulturae, 30(196):1–2, 2015.
- [8] Anonim, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı “Zirai Mücadelede Kullanılan Pestisit ve Benzeri Maddelerin Ruhsatlandırılması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik” Resmi Gazete Sayı 24797, 2002.
- [9] Ok, S.S., “Humik maddelerin yapısal özellikleri ve tarımsal önemi”, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Basılmamış Ders Notları, Ankara, 2007.
- [10] Anonymous, “Humic acid structure and properties”, Bio Ag Technologies International West Sacramento, California, 1999.
- [11] Bulgari, R. Cocetta, G. Trivellini, A. Vernieri, P. Ferrante, A., “Biostimulants and crop responses”, Biological Agriculture Horticulture. 31(1):1–17, 2015.
- [12] Dell’Amico, C. Masciandaro, G. Ganni, A. Ceccanti, B. Garcia, C. Hernandez, T. Costa, F., “Effects of specific humic fractions on plant growth. In Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health”, Senesi, N., Miano, T.M., Eds.; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, pp. 563-566, 1994.
- [13] Garcia, C. Hernandez, T. Costa, F, Ceccanti, B. Dell’Amico, C., “Characterization of the organic fractions of an uncomposted and composted sewage sludge by isoelectric focusing and gel-filtration”, Biology and Fertility of Soils, 13, 112-118,1992.
- [14] Bohme, M.and Thi Lua, H., “Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants”, Acta Horticulture, 450, 161-168, 1997.
- [15] Hemida, K.A. Eloufey, A.Z. Seif El-Yazal, M.A. Rady, M.M., “Integrated effect of potassium humate and alpha-tocopherol applications on soil characteristics and performance of *Phaseolus vulgaris* plants grown on a saline soil”, Archives of Agronomy Soil Science, 1-16, 2017.
- [16] Yildirim, E., “Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato”, Acta Agriculturae Scandinavica, 57: 182–186, 2007.
- [17] Battacharyya, D. Babgohari, M.Z. Rathor, P. Prithiviraj, B., “Seaweed extracts as biostimulants in horticulture”, Scientia Horticulturae, 30(196):39–48, 2015.



- [18] Sharma, H.S. Fleming, C. Selby, C. Rao, J.R. Martin, T., “Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses”, *Journal of Applied Phycology*, 26:465–90,2013.
- [19] Blunden, G. Whapham, C. Jenkins, T., “Seaweed Extracts in Agriculture and Horticulture”, Their Origins, Uses and Modes of Action. School of Pharmacy and Biomedical Science and “School of Biological Sciences, University of Portsmouth, King Henry John Street, Portsmouth, Hampshire PO1 202, U.K, 1992.
- [20] Güner, H. Aysel, V., “Tohumsuz Bitkiler Sistematiği.” 1. Cilt (Algler). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No.108.Bornova, İZMİR, 1996.
- [21] Goñi, O. Quille, P. O’Connell, S., “*Ascophyllum nodosum* extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants”, *Plant Physiology Biochemistry* 126, 63–73, 2018.
- [22] Klopper, J.W., “Plant growth–promoting rhizobacteria (Other Systems)”, In Okon Y., (Ed.), *Azospirillum/Plant Associations*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 111-118, 1994.
- [23] Klopper, J.W. Zablotowick, R. M. Tipping, E. M. Lifshitz, R., “Plant growth promotion mediated by bacterial rhizosphere colonizers”, In: Keister, D.L., Cregan, P.B. (Eds.), *The Rhizosphere and Plant Growth*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp. 315-326, 1991.
- [24] Çakmakçı, R., “Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(1): 97-107, 2005.
- [25] Mayak, S. Tirosh, T. Glick, B.R., “Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers” *Plant Science*, 166: 525–530, 2004.
- [26] Pinton, R. Varanini, Z. Nannipieri, P., “The Rhizosphere as a site of biochemical interactions among Soil components, plants, and microorganisms”, In: Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (Eds.), *The Rhizosphere*. Marcel Dekker, Inc, New York, USA, pp. 1–18, 2001.
- [27] Bhattacharyya, P.N., Jha, D.K. “Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture”, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28: 1327–1350, 2012.
- [28] Ferreira, M.C.B. Fernandes, M.S. Döbernier, J., “Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants”, *Biology and Fertility of Soils*, 4: 47-53, 1987.
- [29] Gopalakrishnan, S. Sathya, A. Vijayabharathi, R. Varshney, R.K. Gowda, C.L.L. Krishnamurthy, L., “Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities”, *Biotechnology*, 5(4):355–77, 2015.
- [30] Demir, S., “Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler Arbüsküler Mikorhiza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklıdaki Rolü Üzerinde Araştırmalar”, *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 1998
- [31] Ortas, İ., “Mikoriza Nedir?”, *TÜBİTAK Dergisi*, Ankara, Subat 1997, Sayı: 351, 1997.
- [32] Almaca, D. N. Öktem, A. Söylemez, G. Coskun, M. S., “Mikorizanın doğal gübre olarak kullanılma olanakları”, *I. Gap Organik Tarım Kongresi 17 -20 Kasım 2009 Şanlıurfa Bildiri Özetleri*, 170s, 2009.
- [33] Smith, F. A. and Smith, S.E., “Mycorrhizal infection and growth of *Trifolium subterraneum* use of sterilized soil as control treatment”, *New Phytologist*, 88: 299-309, 1981.
- [34] Bielecki, R. I., “Phosphate Pools, Phosphate Transport and Phosphate – Availability”, *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 225-252, 1973.
- [35] Linderman, R.G., “Role of VAM Fungi in Biocontrol. Mycorrhizae and Plant Health”, Ed. Pflieger, F.L. and Linderman R.G. Symposium Series, APS Press.p: 1-25pp, 1996.
- [36] Raman, N. and Mahadevan, A., “Mycorrhizal Research A Priority in Agriculture”, K.G. Mukerji (ed.) *Concepts in Mycorrhizal Research*, Kluwer Academic Publishers, 41-75pp, 1996.
- [37] Gholamhoseini, M. Ghalavand, A. Dolatabadian, A. Jamshidi, E. Khodaei-Joghan, A., “Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress”, *Agriculture Water Management*, 117: 106-114, 2013.
- [38] Miransari, M. Bahrami, H.A. Rejali, F. Malakouti, M.J., “Using arbuscular mycorrhiza to alleviate the stress of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth”, *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 1197-1206, 2008.
- [39] He, Z. He, C. Zhang, Z. Zou, Z. Wang, H., “Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCl stress”, *Colloids Surf. B. Biointerfaces*, 59: 128-133, 2007.
- [40] Subramanian, P. Kim, K. Krishnamoorthy, R. Mageswari, A. Selvakumar, G. Sa, T., “Cold stress tolerance in psychrotolerant soil bacteria and their conferred chilling resistance in tomato (*solanum lycopersicum* Mill.) under low temperatures”, *PLoS ONE* 11, e0161592, 2016.



- [41] Subramanian, P. Mageswari, A. Kim, K. Lee, Y. Sa, T., “Psychrotolerant Endophytic *Pseudomonas* sp. Strains OB155 and OS261 Induced Chilling Resistance in Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* Mill.) by Activation of Their Antioxidant Capacity”, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 28, 1073–1081, 2015.
- [42] Marfà, O. Cáceres, R. Polo, J. Ródenas, J., “Animal protein hydrolysate as a biostimulant for transplanted strawberry plants subjected to cold stress”, *Acta Horticulture*, 842: 315–318, 2009.
- [43] Petrozza, A. Santaniello, A. Summerer, S. Di Tommaso, G. Di Tommaso, D. Paparelli, E. Piaggese, A. Perata, P. Cellini, F., “Physiological responses to Megafol® treatments in tomato plants under drought stress: A phenomic and molecular approach”, *Scientia Horticulturae*, (Amst.), 174: 185–192, 2014.
- [44] Xu, C. and Leskovar, D.I., “Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress”, *Scientia Horticulturae* (Amst.), 183: 39–47, 2015.
- [45] Heidari, M. and Golpayegani, A., “Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.)”, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 11: 57–61, 2012.
- [46] Guinan, K.J. Sujeeth, N. Copeland, R.B. Jones, P.W. O’Brien, N.M. Sharma, H.S.S. Prouteau, P.F.J. O’Sullivan, J.T., “Discrete roles for extracts of *Ascophyllum nodosum* in enhancing plant growth and tolerance to abiotic and biotic stresses”, *Acta Horticulture*, 1009: 127–135, 2013.
- [47] Cimrin, K.M. Önder, T. Turan, M. Burcu, T., “Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress of pepper seedling”, *African Journal Biotechnology*, 9: 5845–5851, 2010.
- [48] Aydin, A. Kant, C. Turan, M., “Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage”, *African Journal of Agricultural Research*, 7:1073–1086, 2012.
- [49] Barassi, C.A. Ayrault, G. Creus, C.M. Sueldo, R.J. Sobrero, M.T., “Seed inoculation with *Azospirillum mitigates* NaCl effects on lettuce”, *Scientia Horticulturae* (Amst.), 109: 8–14, 2006.
- [50] Fasciglione, G. Casanovas, E.M. Quillehauquy, V. Yommi, A.K. Goñi, M.G. Roura, S.I. Barassi, C.A., “*Azospirillum* inoculation effects on growth, product quality and storage life of lettuce plants grown under salt stress”, *Scientia Horticulture* (Amst.), 195: 154–162, 2015.
- [51] Şen, Ö., “Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Patlıcan Fidelerinin Gelişimi ve Besin Elementi İçerikleri Üzerine Arbuscular Mikorizal Fungus (*Glomus intraradices*) Uygulamalarının Etkisi”, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s, Konya, 2008.
- [52] Lucini, L. Roupheal, Y. Cardarelli, M. Canaguier, R. Kumar, P. Colla, G., “The effect of a plant-derived biostimulant on metabolic profiling and crop performance of lettuce grown under saline conditions”, *Scientia Horticulture* (Amst.), 182: 124–133, 2015.
- [53] Hemida, K.A. Eloufey, A.Z. Seif El-Yazal, M.A. Rady, M.M., “Integrated effect of potassium humate and alpha-tocopherol applications on soil characteristics and performance of *Phaseolus vulgaris* plants grown on a saline soil” *Archives of Argonomy and Soil. Science*, 1-16, 2017.
- [54] Del Pilar Cordovilla, M. Berrido, S.I. Ligerero, F. Lluch, C., “Rhizobium strain effects on the growth and nitrogen assimilation in *Pisum sativum* and *Vicia faba* plant growth under salt stress”, *Journal Plant Physiology*, 154: 127–131, 1999.
- [55] Derbew, B.Y. Mokashi, A.N. Patil, C.P. Hegde, R.V., “Effect of mycorrhizal inoculation at different salinity levels on root colonization, growth and chlorophyll content of different grape rootstocks (*Vitis* spp)”, *Tropical Agriculture Research & Extension*, 10: 79-82, 2007.
- [56] Türkmen, Ö. Demir, S. Şensoy, S. Dursun, A., “Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungus and humic asid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions”, *Journal of Biological Science*, 5(5): 568-574, 2005.
- [57] Ross, R. and Holden, D., “Commercial extracts of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhance growth and yield of strawberries”, *HortScience* 45: 141, 2010.
- [58] Al-Karaki, G., “Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress”, *Mycorrhiza Abstract* 10(2): 51-54, 2000.
- [59] Cavani, L. Halle, A.T. Richard, C. Ciavatta, C., “Photosensitizing properties of protein hydrolysate-based fertilizers”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54: 9160–9167, 2006.
- [60] Ertani, A. Cavani, L. Pizzeghello, D., “Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings”, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 172:237–244, 2009.
- [61] Ertani, A. Pizzeghello, D. Altissimo, A. Nardi, S., “Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize”, *J. Plant Nutrition Soil Science*, 176:287–296, 2013.



- [62] Grabowska, A. Kunicki, E. Sekara, A. Kalisz, A. Wojciechowska, R., “The effect of cultivar and biostimulant treatment on the carrot yield and its quality”, *Veg Crops Res Bull* 77:37–48, 2012.
- [63] Kauffman, G.L. Kneival, D.P. Watschke, T.L., “Effects of biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polphenol production of perennial ryegrass”, *Crop Science* 47:261–267, 2007.
- [64] Kunicki, E. Grabowska, A. Sekara, A. Wojciechowska, R., “The effect of cultivar type, time of cultivation, and biostimulant treatment on the yield of spinach (*Spinacia oleracea* L)”, *Folia Horticulture*, 22:9–13, 2010.
- [65] Maini, P., “The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results”, *Fertilitas Agrorum* 1:29– 3, 2006.
- [66] Morales-Payan, J.P. and Stall, W.M., “Papaya (*Carica papaya*) response to foliar treatments with organic complexes of peptides and amino acids”, *Proceeding of the Florida State Horticultural Society*, 116:30–32, 2003.
- [67] Cuin, T.A. and Shabala, S., “Exogenously supplied compatible solutes rapidly ameliorate NaCl-induced potassium efflux from barley roots”, *Plant Cell Physiology*, 46(12):1924–33, 2005.
- [68] Ashraf, M. and Foolad, M.R., “Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance”, *Environ Exp Bot* 59:206–216, 2007.
- [69] Chen, T.H.H. and Murata, N., “Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants”, *Trends Plant Science* 13:499–505, 2008.
- [70] Apone, F. Tito, A. Carola, A., “A mixture of peptides and sugars derived from plant cell walls increases plant defense responses to stress and attenuates ageing associated molecular changes in cultured skin cells”, *J Biotechnology* 145:367–376, 2010.
- [71] dos Reis, S.P. Lima, A.M. de Souza, C.R.B., “Recent molecular advances on downstream plant responses to abiotic stress”, *international journal of molecular sciences* 13:8628–8647, 2012.
- [72] Ahmad, R. Lim, C.J. Kwon, S.Y., “Glycine betaine: a versatile compound with great potential for gene pyramiding to improve crop plant performance against environmental stresses”, *Plant Biotechnology Rep* 7:49–57. doi:10.1007/s11816-012-0266-8, 2013.
- [73] Kinnersley, A.M. and Turano, F.J., “Gamma Aminobutyric Acid (GABA) and plant responses to stress”, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 19: 479–509, 2000.
- [74] Einset, J. Nielson, E. Connolly, E.L., “Membrane trafficking RabA4c involved in the effect of glycine betaine on recovery from chilling stress in Arabidopsis”, *Physiology Plant* 130:511–518, 2007.
- [75] Einset, J. Winge, P. Bones, A.M. Connolly, E.L., “The FRO2 ferric reductase is required for glycine betaine’s effect on chilling tolerance in Arabidopsis roots”, *Physiology Plant* 134: 334–341, 2008.
- [76] Anjum, S.A. Farooq, M. Wan, L.C., “Gas exchange and chlorophyll synthesis of maize cultivars are enhanced by exogenously-applied glycinebetaine under drought conditions”, *Plant Soil Environment*, 57:326–331, 2011.
- [77] Liang, X.W. Zhang, L. Natarajan, S.K. Beckker, D.F., “Proline mechanisms of stress survival”, *Antioxid Redox Signaling*, 19: 998–1011, 2013.



## FİLYOS ALT HAVZASINDA EKSİK AKIM VERİLERİNİN KORELASYON ANALİZİ İLE TAMAMLANMASI VE AKIM SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Emre Çıkrıkçı<sup>1</sup>, Nihat Eroğlu<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

emreecikrici@gmail.com, enihat@gazi.edu.tr

### Özet

Dünyada ve ülkemizdeki hızlı nüfus artışı suyun en verimli şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ülkemiz bir tarım ülkesidir. Ülkemizde tarımsal faaliyetlerin en önemli sorunlarından biri halen birçok tarım alanında kuru tarım yapılması, yani sulama yetersizliğidir. Bu bölgelerde sulu tarıma geçilmesi hem elde edilecek verimin yükselmesini hem de tarım sektöründe çalışan nüfusun köyden kente göçünün azalmasını sağlayacaktır. Bu amaçla inşa edilen baraj ve gölet gibi su yapıları toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesine yardımcı olarak tarımda sulama koşullarının geliştirilmesini sağlamaktadır. Baraj planlamasında ve tasarımında, havzalardaki su kaynaklarının çok doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve akım gözlem istasyonlarına (AGİ) ait verilerin uzun süreli (en az 30 yıl) ve eksiksiz olması gerekmektedir. Bu çalışmada, Batı Karadeniz Havzası'nın alt havzalarından biri olan Filyos Havzası'nda bulunan Akım Gözlem İstasyonlarının akım değerleri irdelenmiş ve bu istasyonların bazı yıllardaki eksik verilerinin tamamlanması için korelasyona bağlı regresyon analizi metodu kullanılmıştır. Eksik verilerin tamamlanması için her bir istasyonun diğer istasyonlar ile aralarındaki lineer ve logaritmik regresyon denklemleri oluşturularak, en uygun regresyon denklemi tespit edilmiştir. Böylece, akım gözlem istasyonlarının orijinal gözlenmiş akım verilerinin uzatılması ve düzensiz ölçümlerin eksik kısımlarının tamamlanmasıyla AGİ verilerinin düzenli, sürekli ve yeterli hale getirilmesi sağlanmıştır. Eksik akım verileri tamamlanan istasyonların uygun şekilde korelasyon yapıldıklarını kontrol etmek amacıyla; o istasyonun eksik ve tamamlanmış akım verileri ile akım süreklilik eğrileri elde edilerek, üst üste oturtulmuş ve eğrilerin uyumu incelenmiştir. Yapılan çalışma ile su yapılarının tasarımında büyük önem taşıyan AGİ akım değerlerinin düzenli, sürekli ve yeterli hale getirilmesi sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akım Gözlem İstasyonu, Müteferrik Ölçüm, Filyos Havzası, Regresyon Analizi, Akım Süreklilik Eğrileri

### 1. Giriş

Dünyada ve ülkemizdeki hızlı nüfus artışı sanayi ve tarımın gelişimini zorunlu kılmaktadır. Bu durum ülkemizdeki su ve toprak potansiyelinin en etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirmektedir. Ülkemizde su ve toprak kaynaklarının korunması, planlanması, geliştirilmesi ve işletilmesiyle görevli kurumlardan birisi de Devlet Su İşleri'dir. Devlet Su İşleri yatırımcı bir kuruluş olup, aynı zamanda ülkemizdeki su ve toprak kaynaklarını değişik kullanım amaçlarına göre tahsis eden bir kuruluştur. DSİ'nin en önemli faaliyetlerinden birisi sulu tarımı yaygınlaştırarak, tarımdan elde edilecek gelir artışını ve milli ekonomiye katkı sağlamaktır [1].

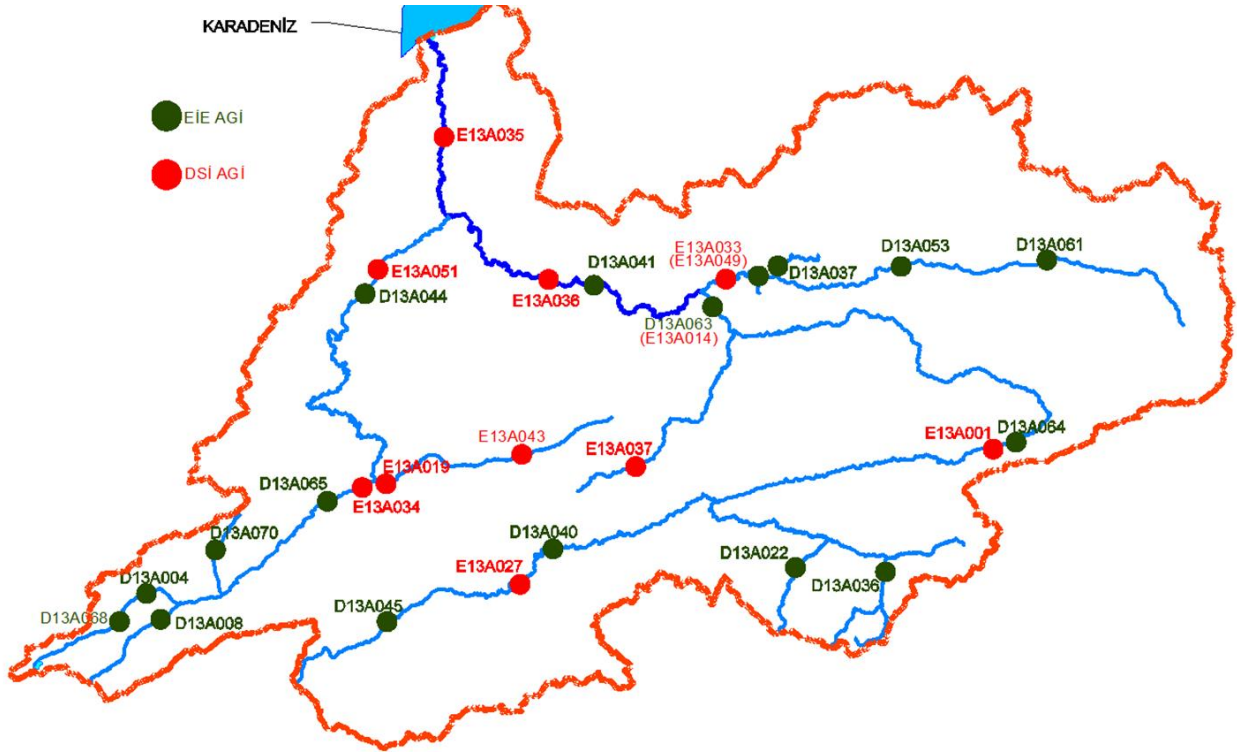
Tarım sektöründe kullanılacak sulama suyu genellikle akarsular üzerine inşa edilen baraj ve göletlerden sağlanmaktadır. Baraj ve gölet gibi yapıların planlanması ve yönetimine yönelik havza bazındaki çalışmalarda, hidrolojik verilere ihtiyaç bulunmaktadır. Bu verilerin eksiksiz ve uzun yıllara dayalı olması su yapılarının sağlıklı tasarımının yapılması açısından çok önemlidir. Ancak, birçok havzada, Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) ölçülen akım değerleri çeşitli nedenlerle eksik olmaktadır. AGİ'nin kurulduğu noktanın ulaşılması zor yerlerde olması, iklim koşulları, ölçüm cihazında arızalanma veya okuma yapılacak yeterli seviyenin oluşmaması gibi nedenlerle akım serilerindeki bazı yıllarda eksik veriler olmaktadır. Ülkemizdeki hidrolojik verilerde, yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı, önemli miktarda veri eksiklikleri vardır. "Birçok yağış istasyonunda kısa süreli veri eksiklikleri vardır, bunlar alet bozukluğu veya gözlemci olmayışından meydana gelebilir" [2]. Veri eksikliği baraj gibi yapıların planlanmasında ve işletilmesinde hatalara ve problemlere sebep olmaktadır.

Filyos Çayı ve Filyos Çayı'na mansaplanan yan dereler üzerinde toplam 26 adet AGİ bulunmaktadır. Bunların 12 tanesi EİE ve 17 tanesi DSİ tarafından işletilmektedir (Resim 1). Bu istasyonlardan üç tanesi ise aynı yerde, diğer bir istasyon kapatıldıktan sonra açılmıştır.

Bu çalışmada, Filyos Çayı ve Filyos Çayı'na mansaplanan yan dereler üzerindeki AGİ'lerde ölçüm yapılamamış aylar tespit edilerek, istasyonların aralarındaki akım ilişkisi, regresyon analizi kullanılarak matematiksel bağıntularla ortaya konulmuştur. Bu matematiksel bağıntılardan en uygun olanı kullanılarak, ölçüm yapılamayan yıllara ait eksik akım verileri, her bir AGİ için ayrı ayrı tamamlanmıştır. Böylece, akım gözlem istasyonlarının orijinal gözlenmiş akım verilerinin uzatılması sağlanmıştır. Ayrıca, AGİ'lerin eksik ve tamamlanmış verilerle akım süreklilik eğrileri çizilerek ve bu eğriler üst üste oturtularak sonuçların doğruluğu kontrol edilmiştir.







Resim 1: Filyos Havzası'nda DSİ ve EİE tarafından kurulmuş AGİ ağı

## 2. Çalışma Alanının Tanıtılması

Türkiye topoğrafik özelliklerine göre 25 hidrolojik havzaya ayrılmıştır. Bu havzalardan 13 numaralı Batı Karadeniz Havzası beş alt havzadan oluşmaktadır [3]. Bunlar;

- Melen Alt Havzası
- Bartın Alt Havzası
- Filyos Alt Havzası
- Devrekhani Alt Havzası
- Ereğli Alt Havzası

“Batı Karadeniz Havzası toplam olarak 2 896 766 hektar alanı kaplamakta olup, Türkiye genel yüzölçümünün %1’ini teşkil etmektedir” [4]. Batı Karadeniz Havzası’nın Türkiye haritası üzerindeki konumu Resim 2’de görülmektedir [4]. Batı Karadeniz Havzası’nın ana kolu olan Filyos Çayı’nın bulunduğu Filyos Alt Havzası bu çalışmaya konu olmuştur.

Filyos alt havzası Batı Karadeniz Havzası’nda yer almaktadır. “Batı Karadeniz Havzası sularını Karadeniz’e döken yağış alanları topluluğundan oluşmaktadır”. Komşu havzalar olarak güney batısında Sakarya Havzası, güneydoğusunda ise Kızılırmak Havzası bulunmaktadır [4].





**Resim 2: Batı Karadeniz Havzası'nın konumu**

### 2.1. Filyos Alt Havzasının Tanıtımı

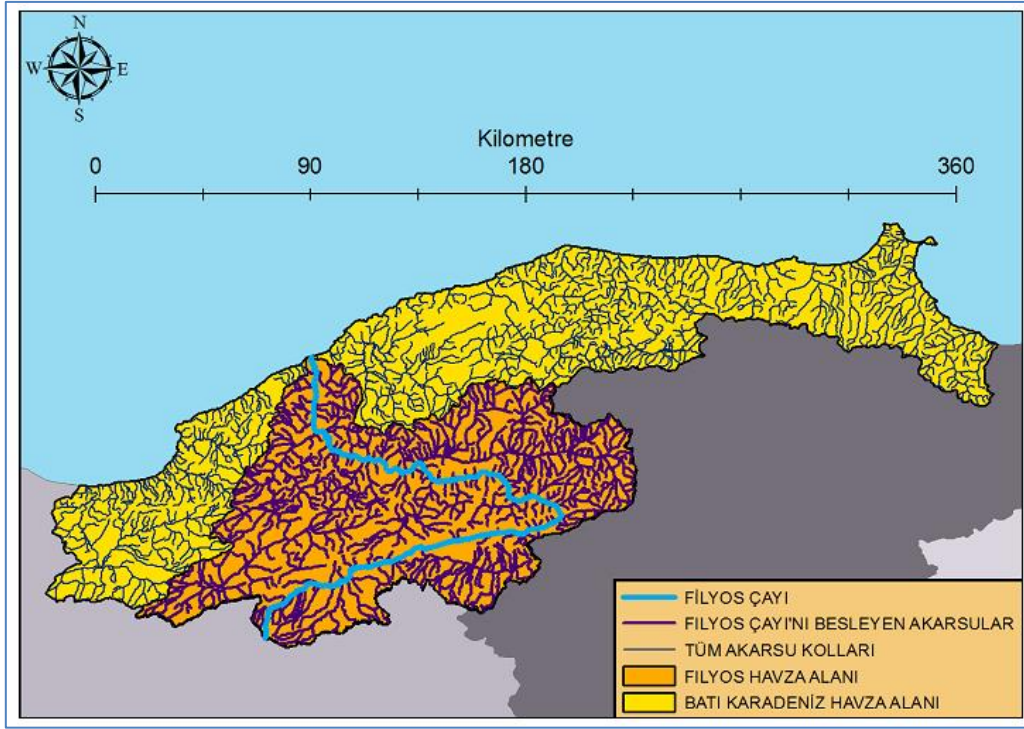
Batı Karadeniz Havzası'nın ana kolu olan Filyos Çayı'nın bulunduğu Filyos Alt Havzası Resim 3'de gösterildiği gibidir [4]. Filyos alt havzası adını Araç, Soğanlı, Yenice ve Devrek çaylarının birleşerek oluşturduğu Filyos Çayı'ndan almaktadır. Toplam yağış alanı 13 439,66 km<sup>2</sup>'dir. Havzada Filyos Çayı dışında önemli diğer akarsular Resim 4'de gösterilmiştir.

Havzada, Karadeniz iklim özellikleri hakimdir. Yazlar sıcak, kışlar nispeten ılıman ve yağışlıdır. Her mevsim yağışlıdır, en çok yağış sonbahar ve kış aylarındadır. Havzanın sahil kesimlerinden iç kısımlara doğru gidildikçe karasal iklim özellikleri görülmeye başlar. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar genellikle cephesel özellikte olup, dağ yamaçlarında, orografik özellik sebebiyle, dağların batı yamaçlarında yağışların daha da artmasında sebep olmaktadır.

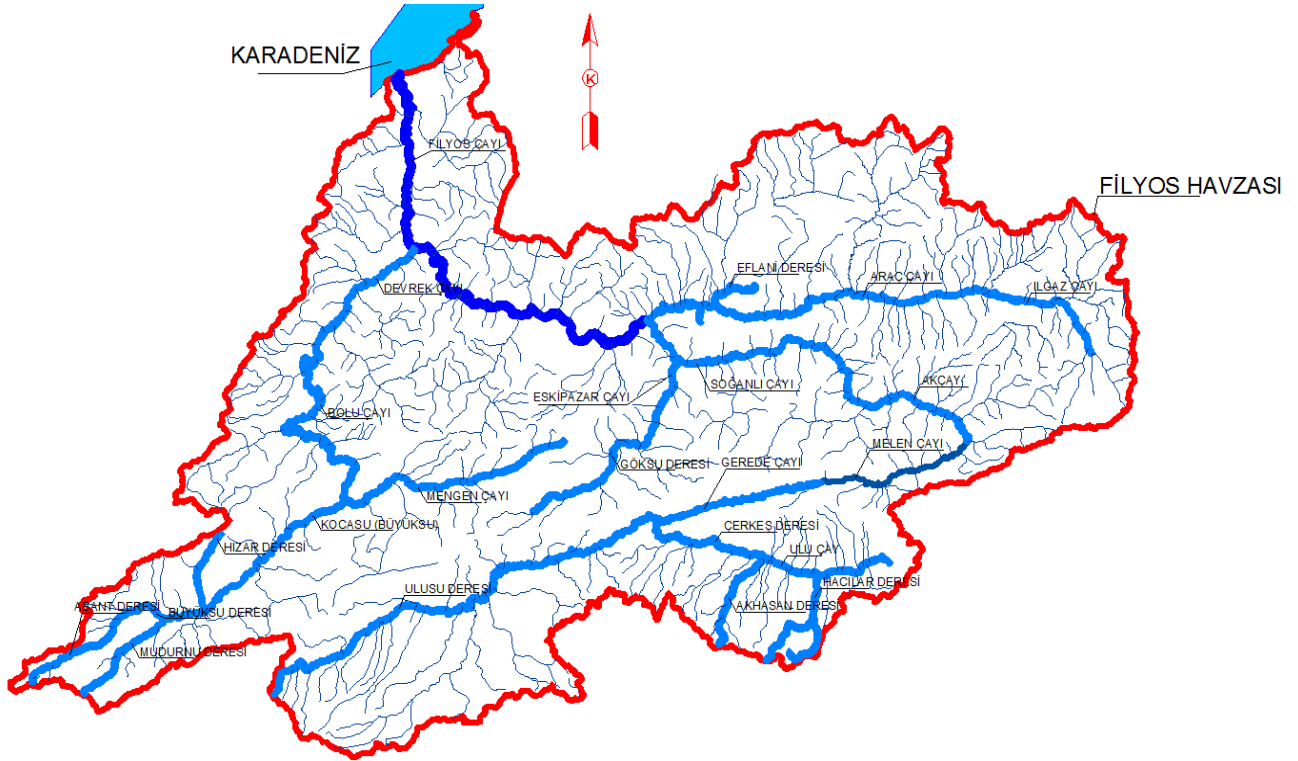
#### 2.1.1. Filyos Alt Havzasında Bulunan Akım Gözlem İstasyonları

Filyos Çayı ve Filyos Çayı'na mansaplanan yan dereler üzerinde toplam 26 adet AGİ bulunmaktadır. AGİ'lerin karakteristikleri Tablo 1'de verilmiştir.





Resim 3: Bati Karadeniz Havzası alanı ve Filyos Çayı anakolu ile Filyos Alt Havzası



Resim 4: Filyos havzasında bulunan Filyos Çayı anakolu ile diğer önemli akarsular



**Tablo1: Filyos Havzası'nda bulunan AGİ'lerin karakteristikleri**

AGİ No	Akarsu Adı	AGİ Adı	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Koordinat	Akım Gözlem Yılları
D13A004	Büyüksu	Yumrukaya	183,5	31°24' D 40°49' K	1961-1965, 1967-1969, 1971-1972
D13A008	Mudurnu Çayı	Akkaya(Akmina)	118,3	31°31' D 40°40' K	1961-1963, 1966-1969, 2005-2007, 2009-2010, 2012-2013, 2015-2016
D13A022	Akhasan Deresi	Akhasan	76,5	32°48' D 40°46' K	1969-1972, 1974-1993, 1996-2011
D13A036	Hacılar Deresi	Yalaközü	88,3	32°59' D 40°45' K	1972, 1975-1983, 1985-2016
D13A037	Eflani Çayı	Çevrikköprü	537,1	32°45' D 41°13' K	1972-1994, 1999-2000, 2002-2007, 2011-2017
D13A040	Gerede Çayı	Bahçedere	1343,0	32°19' D 40°48' K	1976-1978, 1980-1997, 2000-2009, 2011-2013
D13A041	Filyos Çayı	Balıksık	8310,0	32°23' D 41°11' K	1979-1996, 2002, 2004-2007
D13A044	Bolu Çayı	Devrek	2917,4	31°56' D 41°11' K	1982-1997, 2001-2007
D13A045	Ulsu Deresi	Yağbaşlar	196,0	31°59' D 40°41' K	1983-1998, 2000-2017
D13A061	Araç Çayı	Araç	885,5	33°19' D 41°14' K	2001, 2004-2017
D13A062	Araç Çayı	Kart	2571,4	32°44' D 41°12' K	2004-2006, 2011-2017
D13A053	Araç Çayı	Kayaboğazi	1747,0	33°10' D 41°13' K	1985-1994, 1999-2000, 2003-2007
D13A063	Soğanlı Çayı	Karabük	5086,8	32°38' D 41°10' K	2004-2006, 2011-2015, 2017
D13A064	Gerede Çayı	Bayramören	3002,0	33°13' D 40°57' K	2004-2017
D13A065	Büyüksu	Küplüce	1053,0	31°52' D 40°51' K	2004-2007, 2009-2016
D13A068	Abant Deresi	Akcaalan	86,5	31°26' D 40°40' K	2005-2007, 2011-2013, 2015-2016
D13A070	Hızır Deresi	Bayramışlar	24,45	31°38' D 40°47' K	2006-2016
E13A001	Melen Çayı	Dalgöz	2984,4		1953-1958, 1964-1971 (2004 den itibaren D13A064 olarak devam etmiştir)
E13A014	Soğanlı Çayı	Karabük	5086,8	32°38' D 41°10' K	1963-2011 (2012 den itibaren D13A063 olarak devam etmiştir)
E13A019	Mengen Çayı	Gökçesu	786,3	31°58' D 40°53' K	1965-2004, 2008-2011, 2013, 2015-2016
E13A027	Ulsu Çayı	Afatlar	953,6	32°15' D 40°44' K	1968-2011, 2013-2017
E13A033	Araç Çayı	Karabük	2833,2	32°37' D 41°11' K	1965-1998 (1999 den itibaren E13A049 olarak devam etmiştir)
E13A034	Bolu Çayı	Beşdeğirmenler	1095,3	31°55' D 40°53' K	1967-2011
E13A035	Filyos Çayı	Derecikviran	13300,4	32°05' D 41°25' K	1964-2009, 2015-2017
E13A036	Yenice Irmağı	Yenice	8966,0	32°19' D 41°12' K	1979-2000, 2007-2009, 2013-2017
E13A037	Göksu Deresi	Büyükayalar	42,0	32°28' D 40°55' K	1981-2001
E13A043	Korubaşı Deresi	Arak	125,0	32°15' D 40°56' K	1992-2011, 2013-2016
E13A049	Araç Çayı	Karabük	2798,5	32°39' D 41°12' K	1999-2002, 2007-2008, 2010-2011
E13A051	Devrek Çayı	Devrek	2966,4	31°57' D 41°13' K	1999-2002, 2005-2011, 2013, 2015-2017



### 3. Yöntem

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Havzası'nın alt havzalarından biri olan Filyos Havzası'na ait Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) akım verileri incelenmiştir. Bu amaçla, 1953-2017 yıllarına ait aylık toplam akım değerleri DSİ'den temin edilmiştir. Ancak, havzadaki DSİ veya EİE tarafından kurulan ve halen DSİ tarafından işletilen bazı AGİ'lere ait akım datalarında çeşitli nedenlerden dolayı ölçüm yapılamamış eksik verilerin olduğu belirlenmiştir. Her bir istasyonun diğer istasyonlar ile aralarındaki akım ilişkisinin incelenmesi için regresyon analizleri yapılarak regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Regresyon denklemleri olarak; 1. derece lineer, 1. derece logaritmik, yarilog, 2.derece polinom ve 2. derece logaritmik istatistiksel değerlendirmeler yapılarak, istasyonlar arasındaki korelasyon katsayısı en büyük, standart sapması en küçük olanın seçilmesine dikkat edilmiştir. Ayrıca, en uygun korelasyon seçilirken, iki AGİ'nin memba-mansap ilişkisi, aynı kol üzerinde olup olmadıkları, ana kol veya yan kol üzerinde bulunmaları durumu, birbirlerine olan uzaklıkları, havza alanlarının büyüklüğü, klimataolojik olarak aynı bölgede olup olmadıkları gibi kriterlerine de öncelikle dikkat edilmiştir. Bu istatistiksel değerlendirmeler ve istasyonlar arasındaki matematiksel ilişkileri açıklayan korelasyon katsayılarının belirlenmesinde Microsoft Excel ile hazırlanan bir program kullanılmıştır.

En uygun regresyon denklemi kullanılarak, AGİ'lerin eksik verileri tamamlandıktan sonra, AGİ'lerin eksik ve tamamlanmış aylık toplam akımlarla akım süreklilik eğrileri çizilerek ve eğriler üst üste oturtularak sonuçların doğruluğu kontrol edilmiştir. Akım Süreklilik Eğrilerinin çizilmesi için Microsoft Excel uygulaması kullanılmıştır.

### 4. Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) Verilerinin Analizi

Filyos Çayı ve Filyos Çayı'na mansaplanan yan dereler üzerinde toplam 26 adet AGİ bulunmaktadır. Bu istasyonlara ait aylık toplam akım değerleri DSİ Etüt, Planlama ve Tahsisler Dairesi Başkanlığı Rasatlar Şube Müdürlüğü'nün Akım Yıllıklarından temin edilmiştir [5]. Türkiye'deki su yılı akım sonuçları, DSİ tarafından Akım Gözlem Yıllığı adı altında yayınlanmaktadır. Her yılda bir su yılı boyunca ölçülen debiler bulunmaktadır. Su yılı bir önceki takvim yılının 1 Ekim'inden başlayıp, o takvim yılının 30 Eylül'üne kadar sürer. Örneğin, 1986 su yılının başlangıcı 1 Ekim 1985, sonu 30 Eylül 1986'dır.

Yıllıklarda istasyonun numarası, adı, akarsuyun adı ve havzası, istasyonun yeri, yağış alanı, gözlem süresi, gözlem süresinde ve o su yılındaki ortalama, maksimum ve minimum debiler ile istasyonun anahtar eğrisi gösterilmektedir.

Filyos Havzası içerisinde bulunan açık ve kapalı akım gözlem istasyonlarının akım periyotları ise akım yıllıklarından belirlenmiştir (Tablo2).

Sonuç olarak, havzada bulunan istasyonlardan bazılarının birkaç yıl hariç uzun süreli ve düzenli kayıt yapmakta olduğu, bazılarının düzensiz ve eksik ölçüm yaptığı, bir kısmının ise kapatılmış oldukları tespit edilmiştir.

Akım gözlem istasyonlarının eksik olan yıllarındaki akımları tamamlayabilmek için havzadaki diğer istasyonların ölçümlerinden faydalanılmıştır. Filyos Havzasında dikkate alınan her bir AGİ'nin birbiriyle olan ilişkisini belirleyebilmek için korelasyon analizi uygulanmıştır.

Her bir AGİ'nin birbiriyle ilişkisini belirleyebilmek için korelasyon analizi yapılmış ve her bir korelasyon için 1. derece lineer, 1. derece logaritmik, yarilog, 2.derece polinom ve 2. derece logaritmik olmak üzere toplam 5 tane regresyon denklemi kurulmuştur. AGİ'ler arasında toplam 293 adet korelasyon yapılarak, 1465 adet regresyon denklemi oluşturulmuştur. AGİ'ler arasındaki en uygun korelasyonlar seçildikten sonra, istasyonların eksik yıllardaki verileri tamamlanmıştır.

#### 4.1. Filyos Havzasında Bulunan AGİ'lerin Korelasyon Analizi

Akım gözlem istasyonlarının eksik olan akımlarını tamamlayabilmek için havzadaki AGİ istasyonları arasındaki bağımlılık ilişkisi korelasyon analizi yapılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Korelasyon katsayısı iki özellik arasındaki ilişkinin anlamlılığını ölçer. Korelasyon analizi ise bu katsayıyı bulmak için yapılır. Yani, değişkenler arasında bir ilişki olup olmadığını, bir ilişki varsa bu ilişkinin derecesini ve yönünü tespit edebilmek için korelasyon analizi uygulanmaktadır. Korelasyon katsayısı ise x ile y arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini vermektedir. Bu katsayı, +1 ile -1 arasında değerler almakta olup, r ile gösterilir ve birimi yoktur. Lineer korelasyon katsayısı hesaplanmasında kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}][\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}]}} \quad (1)$$

Burada;

x= bağımsız değişken olarak seçilen AGİ

y= bağımlı değişken olarak seçilen AGİ

$x^2, y^2 = x$  ve  $y$  istasyonlarının aynı tarihte ölçülmüş akım değerlerinin karesi

n= x ve y istasyonlarının aynı tarihte ölçülmüş akım değerlerinin sayısı

r= x ve y istasyonları arasındaki korelasyon katsayısı

Havzada bulunan AGİ'ler arasında toplam 324 adet korelasyon analizi yapılmıştır. Korelasyon analizinin yapılabilmesi için incelenen AGİ ikilisinin aynı tarihte ölçüm verisine sahip olması gerekmektedir. İki AGİ arasında aynı tarihlere ait akım verileri





bulunmayan gözlem istasyonlarına ilişkin 31 adet korelasyon analizi yapılamamıştır. Bu nedenle korelasyon matrisinde bazı kısımlar boş kalmıştır. Geriye kalan 293 adet anlamlı korelasyon analizi yapılabilmektedir. Ayrıca, iki AGİ arasındaki korelasyon analizi değerlendirilirken, aşağıdaki durumlar dikkate alınmıştır.

- memba-mansap ilişkisi
- aynı kol üzerinde olup olmadıkları
- ana kol veya yan kol üzerinde bulunmaları durumu
- birbirlerine olan uzaklıkları
- havza alanlarının büyüklüğü
- klimatolojik olarak aynı bölgede olup olmadıkları
- en yüksek korelasyon katsayısına sahip olmaları
- en küçük standart sapma değerini vermeleri

Yapılan 293 adet korelasyon analizlerinden bazıları Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’de, AGİ’ler arasındaki korelasyon katsayıları ise Tablo 3’de matris olarak verilmiştir. Her bir AGİ için en yüksek korelasyon katsayısını veren değer pembe renkle gösterilmiştir.

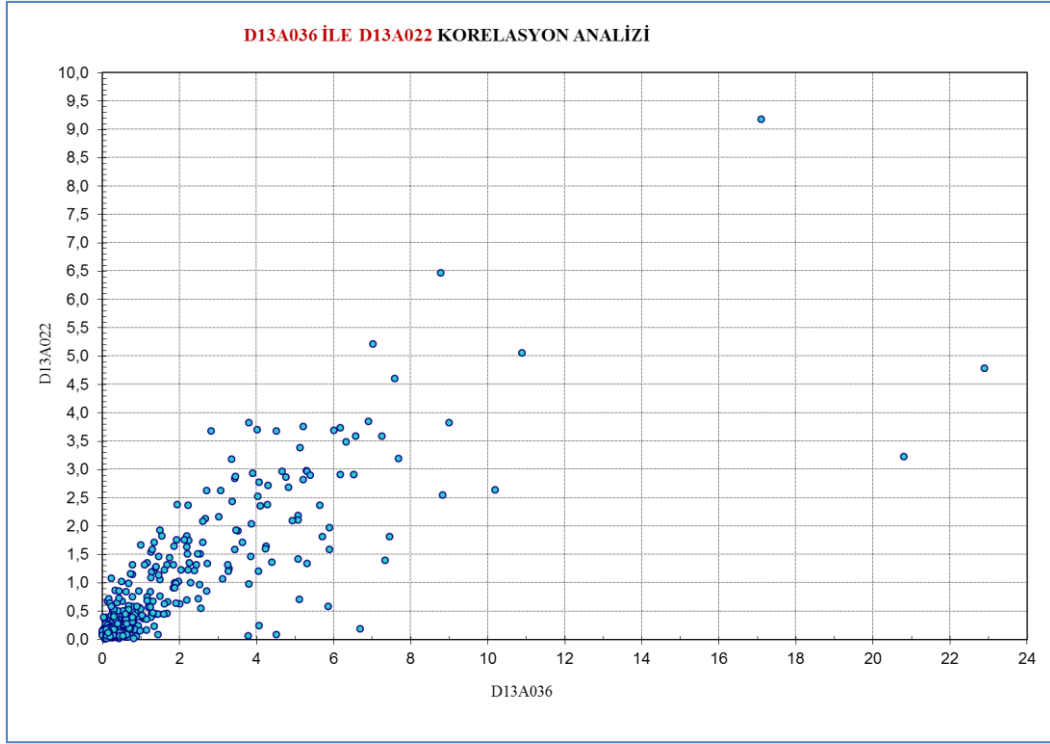


Tablo 2: Filyos Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarının akım periyotları

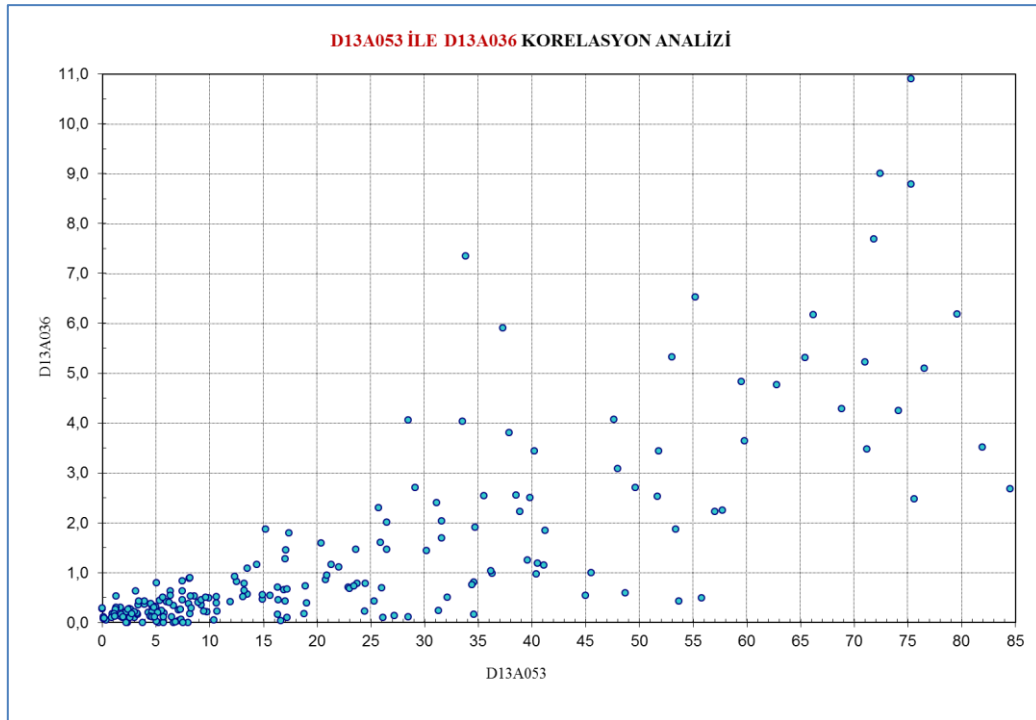
AGİ	Akarsu Adı	AGİ Adı	Yagış Alanı (km <sup>2</sup> )	Yagış	AKIM GÖZLEM YILLARI
D13A004	Büyüksu	Yunrukaya	183,5	X	1961-2017
D13A008	Mudurnu Çayı	Akkyay(Akminna)	118,3	X	1961-2017
D13A022	Akhasan Deresi	Akhasan	76,5	X	1961-2017
D13A036	Hacılar Deresi	Yalaközü	88,3	X	1961-2017
D13A037	Eflani Çayı	Çevnikköprü	537,1	X	1961-2017
D13A040	Gerede Çayı	Balıçedere	1343,0	X	1961-2017
D13A041	Filyos Çayı	Balıksık	8310,0	X	1961-2017
D13A044	Bolu Çayı	Devrek	2917,4	X	1961-2017
D13A045	Ulusu Deresi	Yagbaşlar	196,0	X	1961-2017
D13A061	Araç Çayı	Araç	885,5	X	1961-2017
D13A062	Araç Çayı	Kant	2571,4	X	1961-2017
D13A053	Araç Çayı	Kayaboğazi	1747,0	X	1961-2017
D13A063	Soğanlı Çayı	Karabük	5086,8	X	1961-2017
D13A064	Gerede Çayı	Bayramören	3002,0	X	1961-2017
D13A065	Büyüksu	Küplüce	1053,0	X	1961-2017
D13A068	Abant Deresi	Akcaalan	86,5	X	1961-2017
D13A070	Hızır Deresi	Bayramışlar	24,45	X	1961-2017





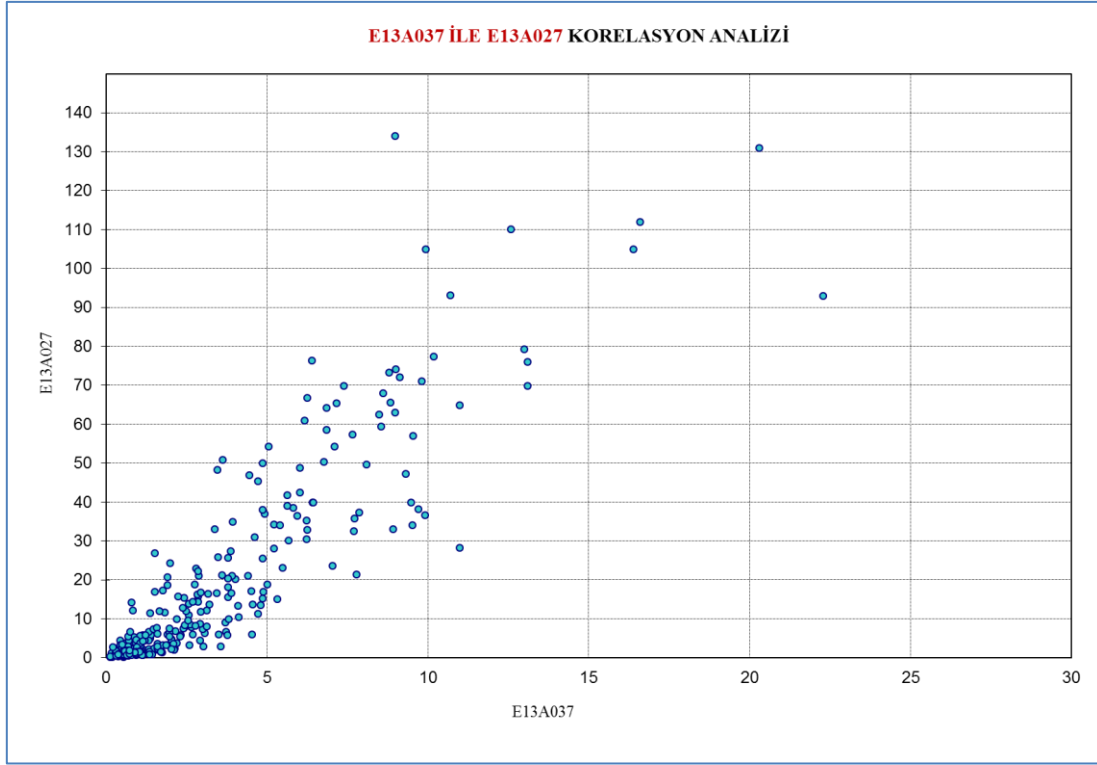


Şekil 1: D13A036 ile D13A022 korelasyon analizi

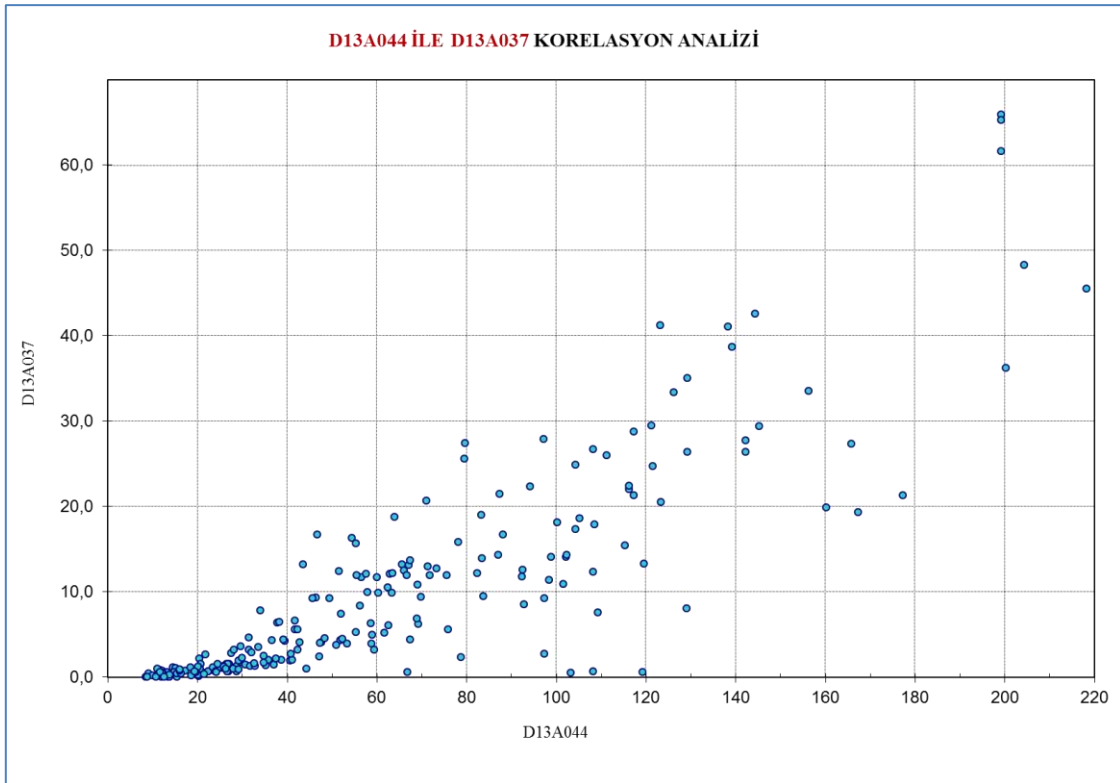


Şekil 2: D13A053 ile D13A036 korelasyon analizi





Şekil 3: E13A037 ile E13A027 korelasyon analizi



Şekil 4: D13A044 ile D13A037 korelasyon analizi





**Tablo 3: Akım ölçüm istasyonları arasındaki r katsayıları**

	D13A004	D13A008	D13A022	D13A036	D13A067	D13A040	D13A041	D13A044	D13A045	D13A061	D13A062	D13A063 (E13A014)	D13A064 (E13A001)	D13A065	D13A068	D13A070	EL3A019	EL3A027	EL3A033 (E13A049)	EL3A034	EL3A035	EL3A036	EL3A067	EL3A043	EL3A051
D13A004	1		0,704																						
D13A008		1																							
D13A022	0,704	0,949	1	0,815					0,731																
D13A036	0,473	-	0,815	1	0,68																				
D13A037	0,446	-	0,591	0,603	1	0,707																			
D13A040	-	-	0,889	0,84	0,739	1	0,945																		
D13A041	-	-	0,864	0,8	0,778	0,922	1																		
D13A044	-	-	0,691	0,731	0,871	0,81	0,85	1																	
D13A045	-	-	0,85	0,846	0,705	0,945	0,889	0,75	1																
D13A061	-	-	0,731	0,68	0,707	0,752	0,843	0,652	0,765	1															
D13A062	-	-	0,856	0,859	0,91	0,941	0,894	0,899	0,911	0,832	1														
D13A063	-	-	0,81	0,786	0,804	0,864	0,899	0,804	0,853	0,855	0,973	1													
D13A063 (E13A014)	0,829	0,853	0,929	0,815	0,682	0,956	0,963	0,793	0,906	0,734	0,827	0,885	1	0,972											
D13A064 (E13A001)	0,855	0,847	0,882	0,952	0,823	0,976	0,976	0,88	0,948	0,856	0,903	0,878	0,952	1											
D13A065	-	-	0,81	0,826	0,844	0,875	0,923	0,967	0,862	0,803	0,858	0,9	0,83	0,912	1	0,845			0,93						
D13A068	-	-	0,665	0,819	0,809	0,898	0,855	0,887	0,868	0,705	0,817	0,832	0,743	0,878	0,885	1	0,779								
D13A070	-	-	0,769	0,772	0,863	0,828	0,712	0,946	0,781	0,719	0,802	0,901	0,829	0,841	0,779	1									
EL3A019	0,926	0,894	0,794	0,683	0,813	0,897	0,926	0,898	0,832	0,763	0,904	0,9	0,908	0,902	0,8	0,766	1								
EL3A027	0,868	0,888	0,905	0,873	0,705	0,968	0,946	0,811	0,931	0,686	0,913	0,866	0,946	0,966	0,848	0,774	0,85	1							
EL3A033 (E13A049)	0,92	0,82	0,782	0,689	0,85	0,868	0,942	0,893	0,822	0,774	0,791	0,956	0,894	0,816	0,672	0,816	0,925	0,858	1						
EL3A034	0,944	0,966	0,793	0,715	0,794	0,854	0,906	0,902	0,798	0,712	0,621	0,847	0,844	0,877	0,659	0,855	0,925	0,843	0,873	1					
EL3A035	0,901	0,87	0,821	0,759	0,855	0,898	0,93	0,93	0,847	0,715	0,932	0,901	0,894	0,922	0,852	0,852	0,947	0,881	0,949	0,928	1				
EL3A036	-	-	0,868	0,776	0,796	0,939	0,882	0,89	0,869	0,968	0,945	0,936	0,954	0,865	0,857	0,809	0,954	0,925	0,965	0,922	0,968	1			
EL3A037	-	-	0,735	0,681	0,635	0,806	0,879	0,709	0,783	0,748	-	0,811	-	-	-	-	0,859	0,791	0,847	0,826	0,818	0,88	1		
EL3A043	-	-	0,846	0,847	0,805	0,922	0,95	0,871	0,889	0,759	0,925	0,883	0,906	0,891	0,842	0,809	0,963	0,893	0,928	0,909	0,949	0,966	0,913	1	
EL3A051	-	-	0,85	0,823	0,822	0,843	0,875	0,967	0,839	0,655	0,857	0,838	0,858	0,909	0,832	0,836	0,929	0,814	0,873	0,905	0,963	0,915	0,88	0,924	1



## 4.2. Regresyon analizi

İki özellik arasında anlamlı bir ilişki varsa, aralarında bir regresyon denklemi oluşturularak, özelliklerden birine bakarak diğeri tahmin edilebilir. Örneğin, iki özellik arasında doğrusal ilişki var ise doğru denklemi ile aranan özellik tahmin edilebilir. En uygun regresyon doğrusu, noktalara en yakın geçen regresyon doğrusudur. Gözlenen y değerleri ile doğru üzerinde yer alan tahmini y değerleri arasındaki farkların kareleri toplamının minimum olması o doğrunun en iyi tahmin doğrusu olduğunu gösterir. Bu doğruya en küçük kareler doğrusu adı da verilmektedir.

Filyos Havzası'nda istasyonlar arasında, regresyon denklemleri olarak; 1. derece lineer, 1. derece logaritmik, 1.derece yarı logaritmik, 2.derece polinom ve 2. derece logaritmik denklemler oluşturularak, korelasyon katsayısı 1'e yakın ve standart sapması en küçük olanın seçilmesine dikkat edilmiştir. Aşağıda bu çalışmada kullanılan regresyon denklemleri verilmiştir.

Lineer Regresyon Denklemi

$$y = a + bx \quad (2)$$

$$a = \bar{y} - (b\bar{x}) \quad (3)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad (5)$$

$$b = \frac{\sum xy - (n\bar{x}\bar{y})}{n(\sigma_x)^2} \quad (6)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \quad (7)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y-\bar{y})^2}{n}} \quad (8)$$

$$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n}}{\sqrt{[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}] [\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}]}} \quad (9)$$

$$s = \sigma_y(\sqrt{1 - r^2}) \quad (10)$$

$$s_d = s\left(\sqrt{\frac{n}{n-2}}\right) \quad (11)$$

Burada;

$x$  = bağımsız değişken olarak seçilen AGİ'nin akım değerleri

$y$  = bağımlı değişken olarak seçilen AGİ'nin akım değerleri

$\bar{x}$  = x istasyonu için akım verilerinin ortalama değeri

$\bar{y}$  = y istasyonu için akım verilerinin ortalama değeri

$n$  = x ve y istasyonlarının aynı tarihte ölçülmüş akım değerlerinin sayısı

$\sigma_x$  = x değerlerinin ortalama değerden sapma miktarı

$\sigma_y$  = y değerlerinin ortalama değerden sapma miktarı

$s$  = standart sapma

$s_d$  = düzeltilmiş standart sapma

Logaritmik Regresyon Denklemi

$$y = a(x)^b \quad (12)$$

$$a = \text{ANTILOG}\{\log \bar{y} - [b \log \bar{x}]\} \quad (13)$$

$$\log \bar{x} = \frac{\log(\sum x)}{n} \quad (14)$$

$$\log \bar{y} = \frac{\log(\sum y)}{n} \quad (15)$$

$$b = \frac{\log(\sum xy) - (n \log \bar{x} \log \bar{y})}{n \log(\sigma_x)^2} \quad (16)$$



$$\log(\sigma_x) = \sqrt{\frac{\sum(\log x - \log \bar{x})^2}{n}} \quad (17)$$

$$\log(\sigma_y) = \sqrt{\frac{\sum(\log y - \log \bar{y})^2}{n}} \quad (18)$$

$$r = \frac{\log(\sum xy) - \frac{(\log \sum x) \cdot \log(\sum y)}{n}}{\sqrt{[\log(\sum x^2) - \frac{(\log \sum x)^2}{n}] [\log(\sum y^2) - \frac{(\log \sum y)^2}{n}]}} \quad (19)$$

Üstel (Yarılog) Regresyon Denklemi

$$y = a(b)^x \quad (20)$$

$$a = \text{ANTILOG}\left\{\frac{\log(\sum y)}{n} - (b\bar{x})\right\} \quad (21)$$

Burada;

$a, b$  = regresyon katsayıları

2.Derece Polinom Regresyon Denklemi

$$y = b_0 + b_1x + b_2x^2 \quad (22)$$

Burada;

$b_0, b_1, b_2$  = regresyon katsayıları

2.Derece Logaritmik Regresyon Denklemi

$$y = b_0 + b_1 \log x + b_2 \log x^2 \quad (23)$$

Filyos Havzası'nda 293 adet anlamlı korelasyon için 1465 adet regresyon denklemi oluşturularak en yüksek korelasyon katsayısını ve en küçük standart sapma değerini veren regresyon denklemi, eksik akım verilerinin tamamlanmasında kullanılmıştır. İstasyonlar arasındaki ilişkinin genelde lineer olduğu görülürken, logaritmik ilişkiler de bulunmaktadır.

### 4.3. Eksik Akım Değerlerinin Tamamlanması

D13A061 nolu Araç Çayı, Araç AGİ için yapılan korelasyon analizi ve eksik veri tamamlama hesapları, ayrıntılı şekilde aşağıda izah edilmiştir.

D13A061 Araç AGİ'nin 2001-2017 gözlem periyodunda 2004-2010, 2011 yılında Kasım-Nisan, 2012 yılında da Haziran-Eylül aylarında akım gözlemleri bulunmaktadır. D13A061 Araç AGİ'nin 1985-2000, 2002-2003 ve 2011-2012 yılları arasında eksik akım verileri bulunmaktadır. D13A061 nolu Araç AGİ ile diğer tüm istasyonlar arasında korelasyon analizi yapılmıştır.

D13A061 nolu Araç AGİ ile aynı dere üzerinde, hemen mansabında ve çok yakın konumda bulunan D13A053 Araç Çayı Kayaboğazı AGİ ile yapılan korelasyon analizi diğer istasyonlara göre en uygun analizdir. D13A053 nolu Kayaboğazı AGİ'nin ise 1985-1994, 1999-2000 ve 2003-2007 gözlem verileri vardır. D13A061 AGİ ile ortak periyotları 48 aydır. D13A061 - D13A053 korelasyonu grafiğinde çok sapan akım değerleri çıkarılarak, korelasyon katsayısını artırılması amaçlanmış ve korelasyon hesabında ortak periyotta toplam 46 aylık akımlar kullanılmıştır. Çok sapan gözlemler korelasyon katsayısını önemli derecede etkileyebilmektedir.

D13A061 nolu Araç AGİ'nin 1985-1993, 1994 (Ekim-Temmuz), 1999-2000, 2003 yıllarındaki eksik verileri, D13A053 nolu Kayaboğazı AGİ verileri kullanılarak üretilen ve aşağıda verilen 2.derece logaritmik regresyon denklemi ile tamamlanmıştır. Bu iki istasyona ait en uygun regresyon denklemi ve grafiği Şekil 5'de verilmiştir.

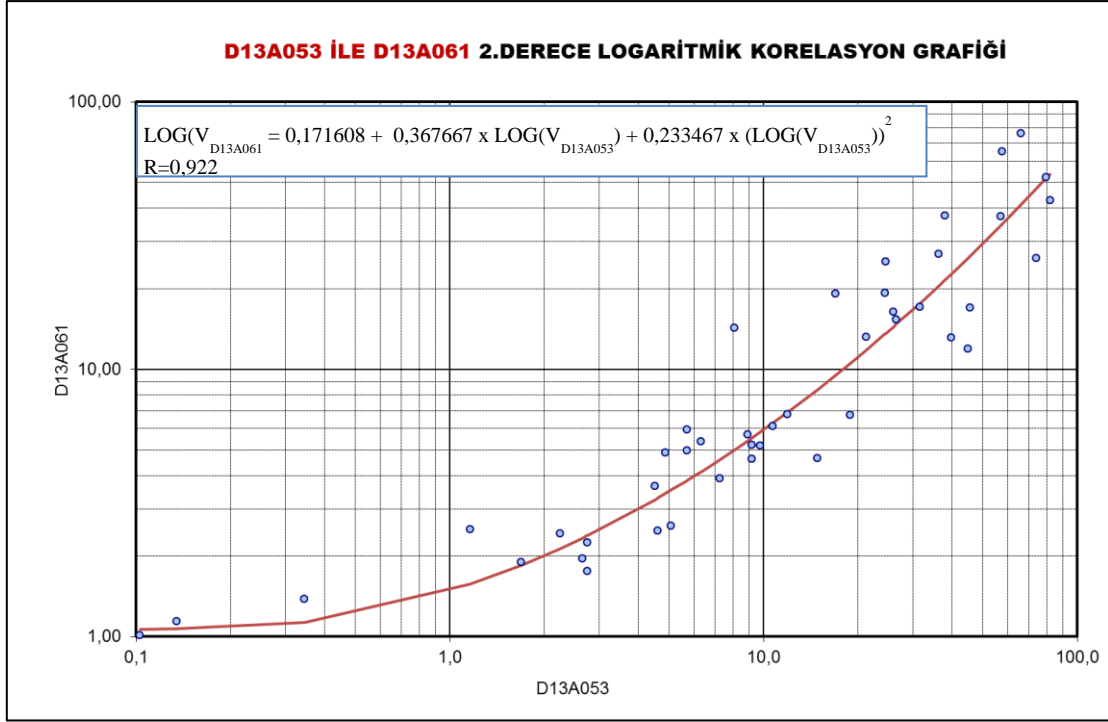
Bunun yanı sıra, D13A061 nolu Araç AGİ'nin 2011 (Mayıs-Eylül) ve 2012 yıllarındaki eksik değerlerinin tamamlanması için diğer bir uygun korelasyon değerine sahip olan D13A062 Araç Çayı Kart AGİ kullanılmıştır. D13A061 Araç AGİ ile yine aynı kol üzerinde, daha mansapta bulunan D13A062 Araç Çayı Kart AGİ akım değerleri kullanılarak yapılan korelasyonla, D13A061 Araç AGİ'nin 2011 (Mayıs-Eylül), 2012 yıllarının eksik verileri tamamlanmıştır. D13A061 - D13A062 korelasyonu grafiğinde çok sapan akım değerleri çıkarılarak, korelasyon katsayısını artırılması amaçlanmış ve korelasyon hesabında ortak periyotta toplam 100 aylık akımlar kullanılmıştır. Bu iki istasyona ait en uygun regresyon denklemi ve grafiği Şekil 6'da verilmiştir.

Son olarak, D13A061 Araç AGİ'nin 1994 (Ağustos-Eylül), 1995-1998, 2002, 2011 (Ekim) yıllarındaki eksik değerlerinin tamamlanması için, yine aynı kol üzerinde ve daha mansapta bulunan E13A033 (E13A049) Araç Çayı Karabük AGİ ile korelasyon analizi yapılmıştır. D13A061 - E13A033 (E13A049) korelasyonu grafiğinde çok sapan akım değerleri çıkarılarak, korelasyon katsayısını artırılması amaçlanmış ve korelasyon hesabında ortak periyotta toplam 48 aylık akımlar kullanılmıştır. Bu iki istasyona ait en uygun 2.derece logaritmik regresyon denklemi Eş. 6.26'da, grafiği Şekil 7'de verilmiştir.

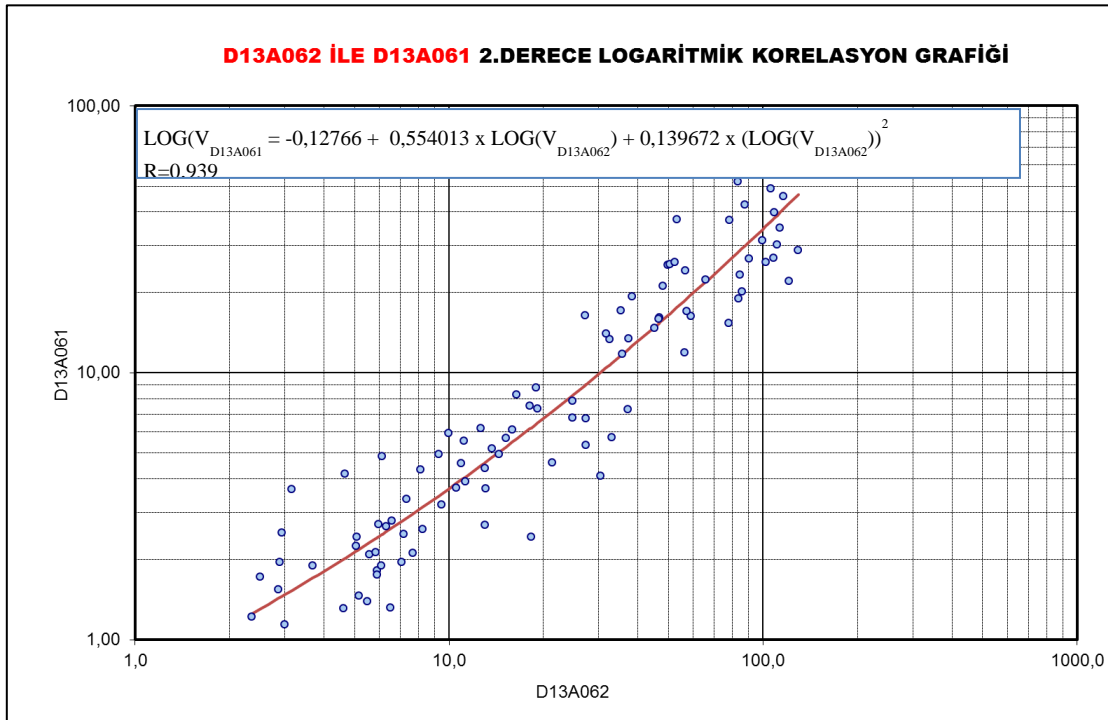
D13A061 nolu Araç Çayı AGİ ve eksik verilerinin tamamlanmasında kullanılan AGİ'lerin ölçüm yaptıkları yıllar Şekil 8'de gösterilmiştir. Üç ayrı istasyon kullanılarak tamamlanan, D13A061 nolu Araç Çayı, Araç AGİ'ye ait 33 yıllık tamamlanmış akım serisi Tablo 4'de verilmiştir. Havzadaki AGİ'lerin eksik verilerinin tamamlanmasında kullanılan regresyon denklemleri ve belirtme



katsayıları katsayıları Tablo 5’de verilmiştir. Bu AGİ’lerin eksik verileri tamamlandıktan sonra, elde edilen yeni veri setleriyle akım süreklilik eğrileri oluşturulmuştur.



Şekil 5: D13A053 ile D13A061 arasındaki regresyon analizi ve denklemi



Şekil 6: D13A062 ile D13A061 istasyonları arasındaki regresyon analizi ve denklemi







Tablo 4: D13A061 nolu Araç AĞI tamamlanmış akım değerleri

Sıra No	Yıllar	A Y L A R												Yıllık Toplam
		Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
1	1985	3,382	4,686	3,968	8,763	19,521	30,695	36,460	20,508	9,127	2,572	1,620	1,636	142,9
2	1986	3,518	9,547	11,530	29,250	22,201	23,029	12,741	22,646	19,582	3,731	1,555	5,076	164,4
3	1987	3,585	3,827	4,627	21,948	21,193	20,075	46,010	28,162	19,521	6,124	4,268	2,118	181,5
4	1988	3,498	4,515	9,180	9,127	10,450	31,601	45,539	33,576	31,881	9,284	4,705	4,350	197,7
5	1989	9,600	17,525	28,636	15,873	23,606	55,829	15,119	14,032	14,488	4,934	2,194	2,886	204,7
6	1990	5,027	17,704	19,032	8,555	8,143	18,850	38,670	48,545	9,495	3,305	3,222	3,571	184,1
7	1991	4,287	5,208	7,175	6,223	8,400	15,873	23,671	23,157	32,091	3,387	1,944	2,498	133,9
8	1992	2,969	2,974	4,686	5,017	7,530	40,618	48,306	13,075	14,717	14,260	2,656	1,877	158,7
9	1993	3,494	7,682	13,131	12,685	19,399	49,266	36,241	43,210	12,963	2,498	4,191	2,299	207,1
10	1994	2,284	2,680	4,142	5,036	5,743	9,705	7,682	12,187	1,841	2,907	1,010	0,943	56,2
11	1995	1,006	1,560	8,561	21,011	14,464	19,551	27,245	15,245	7,597	14,131	3,826	3,178	137,4
12	1996	4,716	6,933	14,566	11,879	13,161	15,908	20,384	14,311	10,711	2,508	2,297	3,174	120,5
13	1997	5,549	4,826	8,084	15,270	11,599	17,077	46,004	29,899	11,542	5,046	10,123	4,679	169,7
14	1998	9,092	7,630	19,959	21,564	31,002	23,845	32,817	49,207	28,927	11,115	5,549	5,478	246,2
15	1999	4,506	6,223	7,479	3,803	17,406	27,891	30,765	9,600	18,004	4,690	5,640	10,557	146,6
16	2000	5,876	9,442	16,871	14,373	23,221	44,914	48,306	16,224	45,070	1,630	2,617	2,209	230,8
17	2001	2,480	2,760	2,970	2,840	2,140	10,600	22,800	93,100	33,700	50,400	22,000	2,800	248,6
18	2002	2,138	5,371	18,740	21,278	17,124	17,403	31,921	15,762	12,622	8,530	6,251	4,826	162,0
19	2003	3,300	3,658	2,720	7,530	7,074	11,312	33,150	11,584	3,149	1,064	1,410	1,975	87,9
20	2004	1,950	3,660	5,360	19,100	37,600	76,000	65,400	25,300	19,300	4,960	2,480	4,870	266,0
21	2005	2,420	2,240	3,910	4,610	6,740	42,700	52,100	37,300	17,000	6,110	1,900	1,750	178,8
22	2006	2,590	5,200	5,700	6,770	11,900	26,000	17,100	16,400	5,950	4,170	1,140	2,510	105,4
23	2007	25,200	14,300	0,613	4,650	27,000	13,100	15,300	13,200	5,180	1,380	1,010	0,893	121,8
24	2008	0,975	2,380	2,770	2,450	2,960	31,900	26,300	21,100	5,600	1,460	1,000	1,760	100,7
25	2009	3,060	8,620	17,900	31,800	19,200	33,700	41,600	31,900	8,420	15,200	3,150	2,100	216,7
26	2010	1,820	2,800	4,090	5,640	24,200	33,400	20,300	12,800	13,500	11,000	4,070	2,190	135,8
27	2011	3,780	5,690	10,400	4,190	4,100	24,200	49,000	39,674	28,216	5,459	2,060	1,571	178,3
28	2012	2,747	2,578	2,967	3,556	4,111	33,983	77,031	14,324	8,290	4,330	3,200	1,220	158,3
29	2013	1,540	1,900	2,660	4,400	4,960	18,900	26,700	15,900	7,830	1,950	0,851	0,922	88,5
30	2014	1,390	1,310	1,460	1,670	2,420	5,720	7,300	15,300	22,100	2,690	1,320	7,340	70,0
31	2015	13,420	13,380	23,270	26,910	30,140	39,840	31,270	21,130	34,880	14,020	3,700	2,790	254,8
32	2016	4,590	6,200	7,530	20,170	28,780	22,260	16,340	45,800	25,510	8,810	3,360	2,130	191,5
33	2017	2,090	1,820	2,110	3,680	5,360	14,680	16,080	11,760	25,900	5,550	2,700	1,720	93,5
<b>Ortalama</b>		<b>4,481</b>	<b>5,965</b>	<b>8,994</b>	<b>11,564</b>	<b>14,935</b>	<b>27,286</b>	<b>32,292</b>	<b>25,331</b>	<b>17,112</b>	<b>7,249</b>	<b>3,607</b>	<b>3,027</b>	<b>161,842</b>

NOT: 1985-1993, 1994 (Ekim-Temmuz), 1999-2000, 2003 Yıllık  $\text{LOG}(Q_{D13A061}) = 0,171608 + 0,367667 \times \text{LOG}(Q_{D13A053}) + 0,233467 \times \text{LOG}(Q_{D13A055})^2$  ; R= 0,922 S= 9,423 Korelasyonu ile,  
2011 (Mayıs-Eylül), 2012 Yıllık  $\text{LOG}(Q_{D13A061}) = -0,127659 + 0,554013 \times \text{LOG}(Q_{D13A062}) + 0,139672 \times \text{LOG}(Q_{D13A062})^2$  ; R= 0,939 S= 8,527 Korelasyonu ile,  
1994 (Ağustos-Eylül), 1995-1998, 2002, 2011 (Ekim) Yıllık  $\text{LOG}(Q_{D13A061}) = -0,522215 + 1,262724 \times \text{LOG}(Q_{E13A033(E13A049)}) - 0,146252 \times \text{LOG}(Q_{E13A033(E13A049)})^2$  ; R= 0,919 S= 6,238 Korelasyonu ile tamamlanmıştır.



Tablo 5: İstasyonlar için kullanılan regresyon denklemleri ve R2 katsayıları

İSTASYON İKİLİLERİ		DENKLEM	R <sup>2</sup>	TAMAMLANAN YILLAR
x, bağımsız değişken Tamamlanan	y, bağımlı değişken Tamamlanan			
E13A034	D13A004	$Q_{E13A034} = -2,183150 + 0,443373 \times (Q_{E13A004}) - 0,001692 \times (Q_{E13A004})^2$	0,914	1970, 1973-1986, 1987 (Ekim hariç), 1988-1993, 1994 (Eylül hariç), 1995 (Ekim hariç), 1996-2006, 2007 (Eylül hariç), 2008-2009 (Ekim, Kasım hariç), 2010 (Eylül hariç), 2011 (Ekim-Şubat, Eylül hariç)
E13A019		$Q_{E13A019} = -0,130461 + 0,416259 \times (Q_{E13A019}) - 0,000752 \times (Q_{E13A019})^2$	0,859	1987 Ekim, 1994 Eylül, 1995 Ekim, 2008-2009 (Ekim-Kasım), 2010 Eylül, 2011 (Ekim-Şubat, Eylül)
E13A027		$Q_{E13A027} = 1,180645 + 0,361221 \times (Q_{E13A027}) - 0,001490 \times (Q_{E13A027})^2$	0,857	2007 Eylül, 2014
E13A034		$Q_{E13A034} = -0,444183 + 0,111589 \times (Q_{E13A034}) + 0,000973 \times (Q_{E13A034})^2$	0,953	1970-2011
E13A019		$D_{E13A019} = 1,109218 + 0,052945 \times Q_{E13A019} + 0,003919 \times (Q_{E13A019})^2$	0,845	1965, 2013, 2015-2016
E13A027		$\text{LOG}(Q_{E13A027}) = -0,480206 + 0,629575 \times \text{LOG}(Q_{E13A027}) + 0,070418 \times \text{LOG}(Q_{E13A027})^2$	0,839	2014, 2017
E13A035		$Q_{E13A035} = 1,216806 - 0,000346 \times (Q_{E13A035}) + 0,000016 \times (Q_{E13A035})^2$	0,819	1964
E13A027		$Q_{E13A027} = 0,084880 + 0,033534 \times (Q_{E13A027}) + 0,000068 \times (Q_{E13A027})^2$	0,823	1973, 1994-1995, 2013-2017
D13A040		$Q_{E13A027} = 0,068577 + 0,027349 \times (Q_{E13A040}) + 0,000098 \times (Q_{E13A040})^2$	0,799	2012
D13A064 (E13A001)		$Q_{E13A064} = 0,055771 + 0,022628 \times Q_{E13A064} + 0,000057 \times (Q_{E13A064})^2$	0,922	2017
E13A027		$Q_{E13A027} = 0,207980 + 0,051654 \times (Q_{E13A027}) + 0,000226 \times (Q_{E13A027})^2$	0,773	1972 (Ekim), 1973-1974, 1984
E13A033 (E13A049)		$\text{LOG}(Q_{E13A033}) = -2,662118 + 3,197538 \times \text{LOG}(Q_{E13A033}) - 0,600037 \times \text{LOG}(Q_{E13A033})^2$	0,839	1995-1998, 2001, 2008, 2010, 2011 (Ekim-Mart)
D13A063 (E13A014)		$\text{LOG}(Q_{E13A063}) = -3,285127 + 3,735936 \times \text{LOG}(Q_{E13A063}) - 0,748790 \times \text{LOG}(Q_{E13A063})^2$	0,752	2009
E13A027		$Q_{E13A027} = -0,044901 + 1,344815 \times Q_{E13A027} - 0,003465 \times (Q_{E13A027})^2$	0,953	1979, 1998-1999, 2008 (Mart-Mayıs), 2009 (Ekim-Ocak), 2010, 2014-2017
E13A036		$Q_{E13A036} = -4,915593 + 0,872817 \times Q_{E13A036} + 0,000181 \times (Q_{E13A036})^2$	0,958	1984 (Nisan-Temmuz), 1997-2000, 2008-2009, 2014-2017
E13A033 (E13A049)		$Q_{E13A033} = 2,918357 + 2,486228 \times Q_{E13A033} + 0,006074 \times (Q_{E13A033})^2$	0,895	2001, 2010-2011
D13A062		$\text{LOG}(Q_{E13A062}) = 0,701977 + 0,515276 \times \text{LOG}(Q_{E13A062}) + 0,184962 \times \text{LOG}(Q_{E13A062})^2$	0,893	2012, 2013 (Ekim-Nisan)
D13A063 (E13A014)		$Q_{E13A063} = 4,476213 + 1,956328 \times Q_{E13A063} - 0,000505 \times (Q_{E13A063})^2$	0,929	2003
E13A051		$Q_{E13A051} = -2,041974 + 0,988454 \times Q_{E13A051}$	0,935	1999-2000, 2008-2011, 2013 (Mart-Eylül), 2015 (Ocak-Eylül), 2016-2017
D13A065		$Q_{E13A065} = -8,423981 + 3,122205 \times Q_{E13A065}$	0,935	2012, 2013 (Ekim-Şubat), 2014, 2015 (Ekim-Aralık)
E13A034		$Q_{E13A034} = -0,061668 + 3,079736 \times Q_{E13A034}$	0,814	1982 (Ekim-Aralık), 1998
D13A063 (E13A014)		$Q_{E13A063} (E13A014) = 0,576998 + 0,720798 \times Q_{E13A014} (E13A062)$	0,945	1963, 1972-2003, 2008 Şubat-Eylül, 2009 Ekim-Nisan, 2010 Ekim-Ocak
D13A064 (E13A001)		$Q_{E13A064} (E13A001) = 4,913416 + 1,166208 \times Q_{E13A001} (E13A064) + 0,000448 \times (Q_{E13A001} (E13A064))^2$	0,908	2016



Tablo 5: (devam) İstasyonlar için kullanılan regresyon denklemleri ve R2 katsayıları

İSTASYON İKİLİLERİ		DENKLEM	R <sup>2</sup>	TAMAMLANAN YILLAR
x, bağımsız değişken	y, bağımlı değişken			
Tamamlayan	Tamamlanan			
D13A053	D13A061	$\text{LOG}(Q_{\text{E13A053}}) = 0,171608 + 0,367667 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}}) + 0,233467 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}})^2$	0,850	1985-1993, 1994 (Ekim-Temmuz), 1999-2000, 2003
D13A062	D13A061	$\text{LOG}(Q_{\text{E13A062}}) = -0,127659 + 0,554013 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}}) + 0,139672 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}})^2$	0,882	2011 (Mayıs-Eylül), 2012
E13A033 (E13A049)		$\text{LOG}(Q_{\text{E13A033}}) = -0,522215 + 1,262724 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}}) - 0,146232 \times \text{LOG}(Q_{\text{E13A061}})^2$	0,845	1994 (Ağustos-Eylül), 1995-1998, 2002, 2011 (Ekim)
E13A034	D13A070	$Q_{\text{E13A034}} = 0,309019 + 0,005026 \times Q_{\text{E13A070}} + 0,000597 \times (Q_{\text{E13A070}})^2$	0,783	1967-2005
D13A040	D13A045	$Q_{\text{E13A040}} = 0,451948 + 0,238956 \times Q_{\text{E13A045}} - 0,000349 \times (Q_{\text{E13A045}})^2$	0,899	1976-1978, 1980-1982
E13A027		$Q_{\text{E13A027}} = 0,258013 + 0,320929 \times Q_{\text{E13A045}} - 0,001087 \times (Q_{\text{E13A045}})^2$	0,893	1979, 1999
D13A065	E13A034	$Q_{\text{E13A065}} = 0,824303 + 0,652777 \times Q_{\text{E13A034}} + 0,006501 \times (Q_{\text{E13A034}})^2$	0,876	2012-2016

#### 4.4. Akım Süreklilik Eğrileri (ASE)

Akım süreklilik eğrileri, bir akarsu kesitinde yapılan en düşük ve en büyük akımlarla bunların arasında kalan tüm gözlenmiş akımları esas alarak o kesitteki akışım davranış biçimi hakkında bilgi sağlar. Elde edilen ASE istenilen bir akım değerinin zamanın kaçta kaçında mevcut olduğunu gösterir. Örneğin, V<sub>90</sub> zamanın %90'ında aşılması beklenen hm<sup>3</sup> cinsinden toplam akım demektir. Bir



başka deyişle, akım süreklilik eğrilerinden faydalanarak akımın belli bir değere eşit, ya da ondan daha büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanır ve düşey eksende akımların, yatay eksende zaman yüzdelerinin gösterildiği bir grafikdir. Akım süreklilik eğrilerini çizerken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait veri kullanmak daha sağlıklı olmaktadır.

#### 4.4.1. Akım Süreklilik Eğrilerinin Çizilmesi

Akım süreklilik eğrisi, mevcut akım verilerinin büyükten küçüğe doğru sıralanarak, çalışılan zaman boyunca, zamanın belli aşılma olasılıklarındaki akımların bulunması işlemidir.

Her bir akımın aşılma yüzdesini göstermek için akım sıra numarasının ya da tekrar etme sayısının toplam sıra numarasının bir fazlasına bölünmesiyle aşılma yüzdeleri elde edilir.

$$\text{İHTİMAL (\%)} = m / (N + 1) * 100 \quad (24)$$

Burada;

m= tekrar etme sayısı

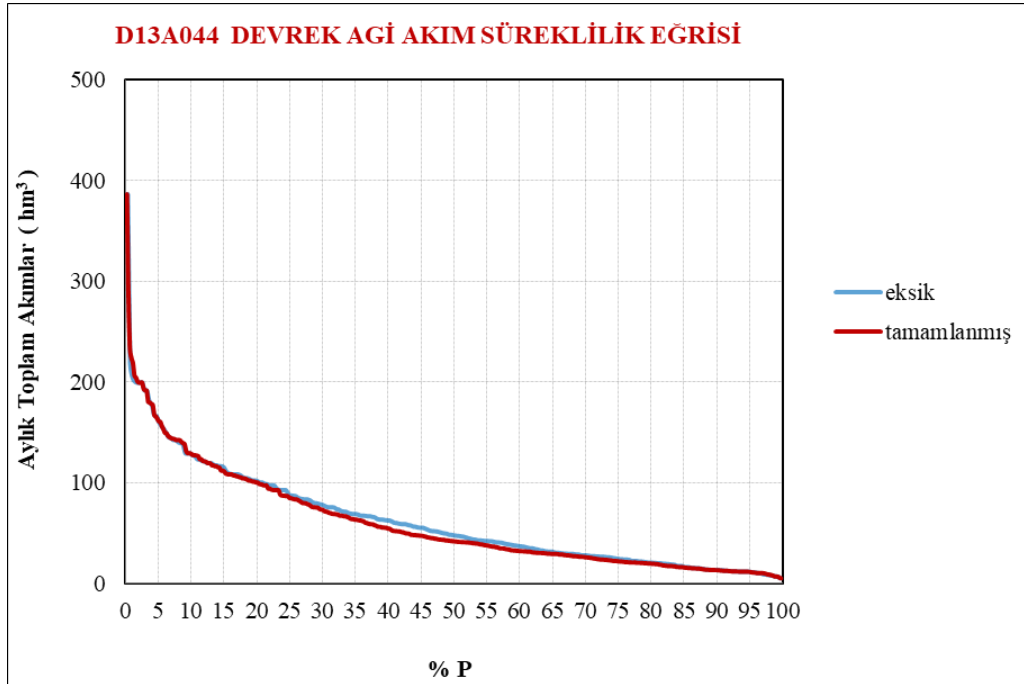
N= toplam akım gözlem sayısı

Akım süreklilik eğrileri, günlük ( $m^3/s$ ) veya aylık ortalama akım ( $hm^3$ ) verileriyle farklı zaman aralıkları için üretilmektedir. Örneğin, 30 yıllık kayıtlara sahip bir AGİ'nin nisan ayı akımlarının akım süreklilik eğrisini çizmek mümkün olduğu gibi yıllık akım süreklilik eğrisini de çizmek mümkündür.

#### 4.4.2. Filyos Havzasındaki AGİ'lerin Akım Süreklilik Eğrilerinin Çizilmesi

Eksik akım verileri uygun korelasyonlu AGİ'lerin akım verilerinden tamamlanan istasyonların uygun şekilde tamamlanıp tamamlanmadıklarını kontrol etmek amacıyla; o istasyonun eksik ve tamamlanmış aylık toplam akım verileri ile akım süreklilik eğrileri elde edilerek, üst üste çizilmiş ve eğrilerin uyumu incelenmiştir. Bir istasyonda akım verileri ne kadar fazla ise, akım süreklilik eğrileri o kadar sağlıklı çizilmiş olur. AGİ'lerin eksik verilerinin tamamlandıktan sonra çizilen akım süreklilik eğrilerinin, eksik verilerle çizilen ASE ile örtüştüğü görülmüştür.

D13A044 Bolu Çayı, Devrek AGİ'nin eksik ve tamamlanmış verilerle akım süreklilik eğrisinin nasıl çizildiği aşağıda verilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9: D13A044 Devrek AGİ'nin eksik ve tamamlanmış verilerle çizilen ASE

## 5. Sonuç

Nüfusu hızla artan ülkemizde tarım sektörünün en temel ihtiyacı olan su kaynaklarının planlanması, değerlendirilmesi, yönetilmesi ve optimum şekilde kullanılması için, doğru ve güvenilir hidrometrik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin eksiksiz ve uzun yıllara dayalı olması su yapılarının sağlıklı tasarımının yapılması açısından çok önemlidir. Bunun için, ülkemizde yeterli sayıda ve teknolojik gelişmelere uygun bir gözlem istasyonu ağının kurulması, bu istasyonlarda düzenli ve sürekli ölçüm yapılması ve elde edilen bu verilerle su yapılarının tasarlanması gerekmektedir.



## 6. Kaynakça

- [1] Devlet Su İşleri. (2018). DSİ 2018 yılı faaliyet raporu Ankara: Devlet Su İşleri, 17-18.
- [2] Usul, N. (2013). Mühendislik Hidrolojisi (İkinci Baskı). Türkiye: Ayrıntı Basım Yayım, 56.
- [3] Akarsu ve Hidromark İş Ortaklığı. (2015). Havza taşkın ve rüsubat kontrolü; Akarsu ve Hidromark İş Ortaklığı. DSİ. 2-1, 2-32, 2-33, 2-34, 2-35, 2-37, 3-1.
- [4] Akarsu ve İö Çevre. (2016). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi; SYGM 15. SYGM. 1, 2, 3.
- [5] İnternet: DSİ. (1959-2015). DSİ akım gözlem yıllıkları. Web: <http://www.dsi.gov.tr/faaliyetler/akim-gozlem-yilliklari> adresinden 3 Aralık 2018’de alınmıştır.





## SİNYAL MOLEKÜLLERİNİN DIŞSAL UYGULAMASI İLE BİTKİLERİN ABİYOTİK STRESE KARŞI TOLERANSLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Recep Korkut <sup>1\*</sup>, Ş. Şebnem Ellialtıoğlu <sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> *Erzincan Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü, Erzincan,*

*recep.korkut@tarimorman.gov*

<sup>2</sup> *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara,*

*ellialti@agri.ankara.edu.tr*

### Özet

Özellikle kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık koşullarından oluşan abiyotik stresler, bitkilerin biyokimyasal ve fizyolojik olarak zararlanmasına yol açar, bitki büyümesini ve verimini olumsuz yönde etkiler. Bitkiler, abiyotik stres koşullarının olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla savunma mekanizmaları geliştirmiştir. Savunma mekanizmasında rolleri olan sinyal moleküllerinin bitkilerin toleransını artırabildiği ve böylece stres koşullarına karşı yüksek dayanım sağladığı bilinmektedir. Son çalışmalar, sinyal moleküllerinin dışsal uygulanmasının, abiyotik stres yanıtlarının sinyal yolunda kilit rol oynayarak abiyotik strese karşı bitki toleransını artırdığını göstermektedir. Salisilik asit, jasmonik asit, absizik asit ve nitrik oksit, bitki büyüme düzenleyicileri olarak bilinmesine rağmen, bitkilerde stres faktörlerine karşı tepki mekanizmasında sinyal molekülleri olarak da tarif edilmiştir. Bu sinyal molekülleri, bitki su dengesini ve stoma kapanmasını düzenleyerek, antioksidan enzim aktivitelerini ve genlerin ekspresyon ile ilgili stres tepkilerini indükleyerek, stres koşulları altındaki bitkilerin tolerans mekanizmalarını olumlu yönde etkiler. Sinyal moleküllerinin dışsal uygulamalarının etkisi, stres faktörü, bitki türleri ve büyüme aşaması, uygulama yöntemi ve konsantrasyon dozları gibi birçok faktöre bağlıdır. Sinyal moleküllerini kullanmak için karmaşık stres tepki mekanizmasını açıkça anlamak gerekir. Bu derleme, dışsal olarak uygulanan sinyal moleküllerinin abiyotik streslere karşı bitki tolerans mekanizmasındaki etkisinin ve stres koşullarında tarımsal üretimdeki muhtemel kullanımı konusunda güncel bilgiler sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Abiyotik, Salisilik asit, Jasmonik asit, Absizik asit, Nitrik oksit*

### 1. Giriş

Bitkiler yaşamları süresince çevre koşulları ile ilişki halindedirler, buldukları çevre koşullarının bitkinin gelişimini olumsuz yönde etkilemesi durumunda adaptasyon eksikliğine bağlı olarak bitkiler strese maruz kalırlar. Çevresel koşulların bitkinin büyümesini ve gelişimini kısıtlaması veya durdurması sonucu, bitkilerin genetik özelliğinin oluşturacağı potansiyele ulaşmasını engelleyerek, verimde düşüşe neden olan tüm faktörler stres olarak tanımlanmaktadır [1, 2]. Stres faktörleri oluşum koşullarına göre biyotik ve abiyotik faktörler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Biyotik stresler; fungus, bakteri, virüs ve zararlı canlılar (hayvan) gibi canlı organizmalardan kaynaklanan faktörler olarak tanımlanırken abiyotik stresler; kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklıklar, ağır metaller, hava kirliliği, radyasyon ve besin elementi eksikliği veya fazlalığı gibi faktörler olarak belirtilmektedir [3].

Yapılan araştırma çalışmalarında dünya üzerindeki alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında % 26'lık payıyla en büyük dilimi kuraklık stresi oluştururken, bunu %20 ile tuzluluk stresi ve %15 ile soğuk ve don stresi oluşturmaktadır. Bunların dışında kalan bölgelerde diğer stres faktörleri %29'luk paya sahip iken sadece %10'luk alan stres faktörlerine maruz kalmamaktadır [4]. Bitkiler üzerinde %79 abiyotik stres faktörleri etkili olurken %21 biyotik stres faktörlerin etkili olduğu rapor edilmiştir. Abiyotik stres faktörlerinin bitkiler üzerinde oluşturduğu zarar oranının yüksek olması, bu stres faktörlerinin bitkisel üretimi kısıtlayıcı ve engelleyici en önemli faktörler olduğunu göstermektedir. Dünya üzerinde abiyotik stres, bazı kültürel bitkilerde %50 veya daha fazla verimi olumsuz yönde etkileyebileceği öngörülmektedir [5].

Abiyotik stres faktörleri bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal içeriklerini etkileyerek bitki gelişimini ve büyümesini engellemektedir. Stres faktörleri bitki dokularında hücre membranlarının yapısını ve geçirgenliğini bozmakta, özellikle bitki bünyesindeki fitohormonların değişmesine neden olmakta, ayrıca oksidatif strese veya reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna yol açmaktadır [6]. ROS bitki dokularında enzimlerin inaktivasyonu, protein karbonilasyonu, protein yığılması ve DNA zincirinin kırılması gibi önemli hayati zararlar oluşturma bilmektedir [7]. Strese maruz kalan bitkiler yaşam süreçlerini devam ettirebilmek ve oksidatif strese başa çıkabilmek için ROS'un kontrolü ve oluşumunu engelleyen çeşitli savunma sistemlerine sahiptirler. Antioksidan savunma sistemi bunlardan bir tanesidir, bunlar elektron aktarımıyla oksidasyonu azaltan veya oksidasyona karşı mücadele eden maddelerdir [8].

Bitki biyolojisi incelemelerinde, bitkilerdeki bazı bileşiklerin stres koşullarında sinyal iletiminde rol oynadığı ve strese karşı cevap oluşturma mekanizmasında görev yaptığı belirlenmiştir. Bitki dokularında stres faktörlerine karşı bitkilerin savunma mekanizmasının oluşturulmasında rol oynayan ve strese karşı yanıt oluşumunda hücreler arası iletişimi sağlayan bu bileşikler sinyal molekülü olarak adlandırılmaktadır. Özellikle bitki gelişim düzenleyici olarak bilinen bazı fitohormonlar (salisilik asit, jasmonik asit, absizik asit ve etilen gibi) aynı zamanda stres koşullarında bitkilerde sinyal iletim mekanizmasında görev yaptıkları belirlenmiş birer sinyal molekülleridir. Strese maruz kalan bitkilerde bu bileşiklerin sentezinde ve birikiminde artış olduğu, bunun da strese karşı bir yanıt göstergesi olduğu belirtilmiştir [9, 10]. Buradan yola çıkarak, araştırmacılar dışsal uygulanan sinyal moleküllerinin bitkilerdeki



savunma mekanizmasını uyararak, strese karşı tolerans kazanmasında etkili olacağı düşünülmüş ve bu alanlarda çalışmalar yürütülmektedir.

Bu çalışmada, bitki savunma mekanizmasında görev alan önemli sinyal moleküller olan salisilik asit, jasmonik asit, absizik asit ve nitrik oksitinin dışsal uygulanan uygulanmasıyla bitkilerde abiyotik streslere karşı toleransın artırılması konusunda şu ana kadar yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilerin toplanıp, güncellenerek aktarılması amaçlanmıştır.

## 2. Sinyal Molekülleri

Bitki dokularında hücreler arası iletişim sağlayarak uygun hücrel mekanizmaları uyarıp, tepkileri (cevapları) üretmek için gelişen ve görev alan bileşikler sinyal molekülü olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde bulunan proteinler, aminoasitler, büyüme düzenleyicileri, hormonlar ve nükleotitler sinyal molekülü olarak bitki büyümesinde ve gelişiminde, bitkinin adaptasyon mekanizmasında görev yapmaktadır. Ayrıca biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı antioksidan savunma sisteminin aktivasyonunda rol oynayan temel bileşiklerdendir [9, 11]. Strese karşı bitkinin yanıt mekanizması kademeli bir şekilde oluşur. Hücre zarında veya çeperinde bulunan reseptörler stresi tanımlaması ve algılaması ilk adım başlar, daha sonra strese bağlı sinyal moleküllerinin sentezi ve birikimi sağlanır, sinyaller gerekli hücre dokularına iletilir. Daha sonra gen ekspresyonu ile strese karşı uygun protein sentezlenmesi yoluyla bitki strese karşı yanıt oluşturur [10].

Absizik asit, jasmonik asit, salisilik asit, gibberellin, oksin sitokin etilen, vb. bitki fitokormonlarının fotosentez, bitki büyümesi, yaşlanma, biyotik ve abiyotik streslere yanıt dahil olmak üzere bir çok fizyolojik süreçlerde rol oynayan sinyal molekülü olarak bilinmektedir. Son yıllarda bitkilerde varlığı tespit edilen nitrik oksitinin (NO), bitkilerde önemli sinyal molekülü görevi gördüğü de belirlenmiştir [12]. Bazı sinyal moleküllerinin dışardan bitkilere uygulanmasında bitki gelişimine ve büyümesine etki ettiği, ayrıca strese karşı bitkiye tolerans kazandırdığı birçok literatür çalışmasında belirtilmektedir. Ancak sinyal moleküllerinin çalışma ve etki mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Bilim adamları, sinyal moleküllerinin kesin görevlerin ve mekanizmalarının açıklığa kavuşturmasını sınırlayan en önemli nedeninin, bitkilerde bir birleriyle karmaşık etkileşimlerin ve kompleksli bir mekanizmalarının olduğunu rapor edilmiştir. Bitkilerde stresi azaltmak için uygulanan dışsal sinyal moleküllerinin etkinliği stres faktörüne, bitki türüne, bitkinin gelişme dönemine, uygulama şekline ve uygulan doz miktarına bağlı olarak değişim gösterebileceği bildirilmiştir [13, 14].

## 3. Dışsal Uygulanan Sinyal Moleküllerinin Abiyotik Strese Etkisi

### 3.1. Salisilik Asit (SA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi

Salisilik asit (SA),  $C_6H_4(OH)CO_2H$  kimyasal formülü olan bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevlerine sahip, bitki türleri arasında geniş ölçüde değişen bazal seviyelerde bulunan bitkiler dahil olmak üzere, çok çeşitli organizmalar tarafından üretilen bir fenolik bileşiktir. Salisilik asit üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, salisilik asidin farklı biyokimyasal ve fizyolojik özelliklere sahip, bitki gelişiminin ve büyümesinin düzenlenmesinde ayrıca diğer organizmalarla etkileşiminde önemli rol oynadığı belirtilmiştir [15, 16]. Ayrıca SA bitki büyüme ve gelişimini etkileyen, bitkilerde birçok metabolik ve fizyolojik cevap oluşumu aşamasında görev alan içsel bir bitki büyüme düzenleyicisi olduğu belirtilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda da SA bitkilerde stres koşulları altında büyüme gelişme ve savunma mekanizmasında rol oynadığı bitkilerin strese karşı direnç kazanmasında önemli olduğu ve bitki sinyal molekülü olduğu belirtilmektedir [17].

Kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde içsel salisilik asit seviyelerinde birikim olduğu birçok bitki türünde tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altında *Phillyrea angustifolia*'nın yapraklarındaki SA seviyesi aşamalı olarak 5 kat kadar arttığı [18], arpa köklerinde de 2 kat arttığı belirtilmiştir [19]. Yapılan araştırmalar salisilik asitinin, bitkilerde kuraklık stresine karşı tolerans artırma mekanizmasında önemli rol oynadığını kanıtlamaktadır. Dışsal SA uygulamalarının bitkilerde kuraklık stresine karşı tolerans kazanmasında etkili olduğu, aynı zamanda bitkilerde doku içeriğinin yükselmesinde, antioksidan enzim aktivitelerinin artmasına, lipid peroksidasyon seviyesinin düşmesine ve nitrat redüktaz aktivitesini koruduğu belirtilmektedir [17]. Kavun fidelerinde 0.1 ve 1 mM asetil salisilik asit'in uygulaması fidelerin kuraklık toleransını arttırmıştır [20]. Buğday tohumları 100 ppm asetil SA içine batırıldığında, bitkiler kuraklık stresine daha iyi direnç gösterirken [21], buğday fidelerine 2–3 mM SA uygulandığında hem bitki büyümesi hem de kuraklık toleransı baskılandığı belirlenmiştir [22]. Bu nedenle dışsal salisilik asit uygulamalarında uygulama dozunun önemli olduğu, düşük SA konsantrasyonlarının uygulanması kuraklık toleransını arttırdı, ancak yüksek SA konsantrasyonları kuraklık toleransını azalttı bildirilmektedir.

Dışsal SA uygulamalarının tuzluluk stresi üzerine yapılan çalışmalarda, toprağa ilave edilen SA, tuz stresi sırasında mısır bitkilerinin gelişiminin de artırıcı etki gösterdiği ve Na ve Cl birikimi azalttığı belirtilmiştir [23]. Domates bitkisinde membran bütünlüğü ve fotosentetik pigmentlerin içeriğinin korunduğunu ve böylece tuz stresinin zararlı etkilerinin azaltıldığı belirtilmiştir [24]. Ayrıca hiyar [25] ve mısır [26] bitkilerinde SA uygulamasının tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini hafiflettiği bildirilmiştir.

Her bitki optimum gelişim sıcaklık değerine sahip olup, bu sıcaklık değerinin üstündeki sıcaklıklar bitkilerde yüksek sıcaklık stresi oluştururken, altındaki sıcaklık değerleri bitkilerde soğuk stresine neden olmaktadır. Optimum sıcaklıktan sapma, bitki büyümesini ve gelişimini yavaşlatmasına, membran bozulmalarına, metabolik değişikliklere ve oksidatif stres oluşumuna bağlı olarak ciddi hasarlara neden olabilmektedirler.

SA uygulaması yapılan hardal bitkisi yüksek sıcaklık stresine maruz bırakılmış, daha sonra yapılan analizlerde uygulamanın  $H_2O_2$  seviyesini azalttığını ve antioksidan aktivitesini artırdığı, bunun sonucunda da bitkinin ısı stresine dayanımını artırdığı [27], 96 saat 40 °C'lik sıcaklığa maruz bırakılan çim bitkilerinde, SA uygulaması fotosentez hızını yüksek tutarak yaprakların yeşil kalmasına ve



görsel sıcaklık stres zararını azalttığı belirtilmiştir [28]. Benzer sonuçlar patates bitkisinde ve *Agrostis stolonifera* bitkisinde oksidatif zarar azaltmasından dolayı ısı stres toleransını artırdığı belirlenmiştir [29, 30].

Bitkilerde soğuk stresine karşı tolerans artırmada da SA uygulaması yapılmıştır. 0.1 mM SA uygulanmış biber tohumları soğuk stresine maruz bırakılmış, SA uygulaması biber fidelerinde bitki yaş ve kuru ağırlığında artışa neden olduğu ölçülmüş ve soğuk stresine karşı toleransı artırdığı belirtilmiştir [31]. SA uygulama çalışmaları domates, fasulye [32] ve mısırdaki [33] soğuk toleransını artırdığı belirtilmiştir.

### 3.2. Jasmonik Asit (JA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi

İlk olarak 1960 yıllarda yasemin bitkisi türleri (*Jasminum* spp.)'nde temel aromatik bir bileşen olarak belirlenmiş olan jasmonik asit bitkilerin birçok dokusunda bulunduğu belirtilirken, genelde bitkinin vejetatif ve çiçek dokularında yoğun seviyede bulundu belirtilmesine rağmen, bazı bitki türlerinin meyvelerinde veya yumru bitkilerin (patates) sürgünlerinde daha fazla miktarda JA bulunduğu belirtilmektedir [34]. Bitki dokularında bulunan düşük konsantrasyondaki JA'nın, bitkisel hormon veya bitki gelişim düzenleyicilerin sahip olduğu birçok özelliği bulundurduğu, yapılan çalışmalarda içsel olarak üretilen jasmonik asit daha etkili olurken, bunun aksine dışardan uygulanan MeJA'nın daha aktif formda olduğu rapor edilmiştir [35].

Kuraklık bitkisel üretimi sınırlayan en önemli abiyotik streslerden biridir. Dışardan uygulanan jasmonik asit, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde stomaların düzenleme, fotosentez ve solunuma etkisi, antioksidan enzim aktivitesi oluşumunun teşviki gibi savunma sisteminde birçok fonksiyonda rol oynayarak stresin zararını hafiflettiği belirtilmiştir [36]. 0.25  $\mu$ M MeJA uygulanan buğday bitkisinin fotosentez hızında artmış, lipid peroksidaz (MDA) düşürmüş ve antioksidan enzimlerini (SOD, CAT ve POT) artırmış böylece kuraklık stresinin zararlarını hafiflettiği belirtilmiştir [37]. Hardal bitkisinde 0,5 mM JA uygulaması antioksidan enzimlerin oluşumunu teşvik ederek [38], tütün bitkisinde JA uygulaması bitkilerin kuraklık stresine karşı tolerans kazanmasını sağladığı belirtilmiştir [39].

Badem fidanlarının yapraklarına farklı dozlarda uygulanan JA'nın tuzluluk stresi üzerine etkisini araştıran bir çalışmada, JA uygulaması yapılan bitkilerde fotosentez hızı, antioksidan enzimlerin (APX, SOD ve POD) aktivitesi, kök ve kuru kütlesi ve ayrıca hücre zarı bütünlüğü artmış, tuz stresinin olumsuz etkisi hafiflemiştir [40]. Patlıcan embriyo kültüründe dışardan uygulanan JA'nın tuz stresine karşı toleransı araştırılmış, JA'nın besin ortamına ilave edilmesi tuz stresinden daha fazla engelleyici olduğu, ancak 10 mM JA ön uygulamasından sonra tuzlu ortama aktarılan bitkiciklerin diğerlerine göre gelişimin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [41]. Brokolilerde yapraklardan uygulanan JA, bitkilerin tuz stresine karşı direncini artırdığı tespit edilmiştir [42].

JA'nın üşüme stresi üzerine etkisi incelenen çalışmada, 10  $\mu$ M MeJA uygulanan yenidoğum meyveleri 1 °C'de 35 gün bekletilmiş, uygulama yapılan meyvelerde antioksidan enzim aktivitesini artırmış, O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyelerini de azaltmıştır. Meyvelerde üşüme zararı semptomları kontrole göre önemli derecede azaldığı belirlenmiştir [43].

### 3.3. Absizik Asit (ABA) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi

Bitkiler özellikle kuraklık, soğuk ve tuz gibi abiyotik stresleri önce algılayıp daha sonrada strese karşı yanıt oluşturur. Bu strese yanıt mekanizmasının işlevinde ve bitkinin su seviyesinin düzenlenmesinde fitohormonların görevi önemlidir. Fitohormonlar içerisinde yer alan absizik asit, bitkilerin strese karşı savunma mekanizmasında rol aldığı belirlenmiş ve bu nedenle de bitkilerde strese karşı sinyal molekülü olarak tanımlanmaktadır [44]. Özellikle ABA'nın bitkilerde stoma durumunu kontrolünde görev yapması, stres koşullarında da stomaların kapanmasını uyararak bitkinin su durumunu kontrolünde ve solunumunda olumlu etkiler yapması bitki hücrelerini koruma özelliği gösterdiği belirtilmektedir [45]. Ayrıca, stres koşullarında ABA sentezinin teşvik edilmesiyle bitkide ABA'ya karşı cevap veren gen ekspresyonu ayarlayan mekanizmanın olduğu da bilinmektedir [46].

Dışsal uygulanan ABA, doza ve bitki türüne bağlı olarak bitki dokularında antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, APX, CAT) artırdığı ve oksidatif stres zararından koruduğu bildirilmektedir. Absizik asit özellikle stoma kapanmasında önemli rol oynaması nedeniyle, fotosentez ve solunumu ayarlama ve bitkinin su kaybını önlemede görev oynamasından dolayı majör abiyotik stresler faktörlerine karşı (tuzluluk, kuraklık ve sıcaklık) bitki savunma sistemini güçlendirmede önemli rol oynadığı bilinmektedir [45].

Susam bitkisinde 10  $\mu$ M ABA uygulamasından sonra 2, 4, 6 günlük kuraklık stresine maruz bırakılmış, daha sonra yapılan analizler sonucunda, ABA uygulaması gövde boyu, gövde yaş ve kuru ağırlığı üzerinde önemli azalmalara neden olmuştur. ABA uygulaması toplam klorofil ve karotenoid içeriklerini önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir [44]. 250  $\mu$ M ABA uygulanan mısır fideleri, kuraklık stresi %3 PEG (osmotik stres) maruz bırakılmıştır. ABA uygulaması toplam çözünebilir şeker içeriğinin arttığını ve prolin seviyesini azalttığı tespit edilmiş, ABA uygulanan fidelerin kontrol grubuna göre stoma iletkenliği ve su potansiyelini de azalttığı bulunmuştur. ABA uygulamasının, osmotik stres koşullarındaki mısır fidelerinde osmolit seviyesini uyararak membran hasarını iyileştirdiği tespit edilmiştir [47]. Buğday [48] ve kanola [49] bitkileri üzerinde yapılan çalışmalarda da yine kuraklık stresine karşı savunma mekanizmasını geliştirerek, stresin zararını hafifletmiştir.

ABA uygulamalarının tuzluluk stresine etkisi araştırılan çalışmalara bakıldığında, 1 ve 10  $\mu$ M ABA uygulanan fasulye bitkileri 100  $\mu$ M NaCl ile tuz stresine maruz bırakılmış, kontrol grubunda ABA uygulaması önemli bir fark oluşturmaz iken, strese maruz kalan bitkilerde ABA uygulaması bitki kuru ağırlığını ve nodul oluşumu artırdığı tespit edilmiştir [50].

Sıcaklık stresi içerisinde en çok çalışılan grup soğuk stres olmuştur. ABA uygulamasının soğuk strese etkisi araştıran çalışmalarda 75  $\mu$ M ABA uygulaması yapılan pirinç fideleri düşük sıcaklık stresine maruz bırakılmış, daha sonra yapılan hücre elektriksel iletkenlik ve gelişim parametreleri sonucu ABA uygulamalarının kontrol gruplarına göre donma stresi zararını azalttığı belirtilmiştir [51]. Nohut bitkileri ile yapılan çalışmada, bitkilerdeki SOD ve CAT antioksidan enzim aktivitesinin yaklaşık 2 kattan daha fazla artış



olduğu, ABA uygulanmasının nohutta antioksidan enzim mekanizmasını aktive ederek soğuk stresi etkisini azalttığı bulunmuştur [45].

Dışardan ABA uygulamaları ve stres karşı tolerans artırıcı etkisi üzerine çalışmalar devam etmektedir. Araştırma sonuçları başarılı olsa da strese karşı çalışma mekanizması daha tam olarak aydınlatılmamıştır. Ayrıca bitkilerde bu tür maddelerin dozlarının önemli olduğu yüksek dozların bitkiye daha çok zarar verdiği belirlenmiştir. Dışal uygulanan ABA'nın dozu stres faktörü, bitki tür ve çeşitli gibi birçok değişken tarafından etkilendiğinden, daha çok çalışmalar yapılarak uygun doz ve uygulama yöntemi belirlenmelidir.

### 3.4. Nitrik Oksit (NO) Uygulamaları ve Abiyotik Stres İlişkisi

Nitrit oksit ile bitki biyolojisi arasında ve özellikle stres koşullarındaki etkileri son yıllarda araştırılmaya başlanmış güncel bir moleküldür. Bu nedenle 2000'li yıllardan öncesinde neredeyse hiçbir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda nitrik oksit diğer sinyal molekülleriyle iyi korelasyon sağladığı özellikle ABA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile stres koşullarında etkileşimleri olduğu belirtilmiştir [52].

Dışal uygulanan NO'nun kuraklık stresi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar; hıyar bitkisi kurak koşullara maruz bırakmadan önce NO donörü olarak 100 µM SNP (Sodium nitroprussid) uygulanmış, uygulama yapılan dokularda yaprak oransal su içeriğinin arttığı ve lipid peroksidasyonunu azalttığı bulunmuştur. NO hıyar köklerindeki kuraklığın etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olduğu belirlenmiştir [53]. Kuraklık stresinin neden olduğu oksidatif stres, kurak ve yarı kurak bölgelerde çim ekimi için önemli bir sınırlayıcı faktördür. 150, 200 ve 250 µM SNP 3 çim çeşidine uygulanmış, NO'nun antioksidan enzimlerinin aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı belirlenirken en uygun dozu olarak CAT, POD, SOD ve APX'in maksimum aktivite gösterdiği 200 µM SNP uygulamasında tespit edilmiştir [54].

Tuzluluk stresine maruz kalan bazı bitkiler incelendiğinde içsel NO sentezinin ve birikimin arttığı belirtilmektedir. 200 mM NaCl'e maruz bırakılan domateslerde; NO uygulaması yapılan dokularda, antioksidan metabolizması (SOD, CAT, APX), osmolit sentezini ve metabolit birikimini teşvik ederek domates bitkilerini tuz stresinin zararından koruduğu bildirilmiştir [55]. Benzer şekilde NO uygulaması buğdaylarda antioksidan enzimlerinde ve toplam fenolik içeriğinde artış sağlayarak bitkilerin tuz stresine karşı toleransını artırdığı belirtilmiştir [56].

Mısır bitkisinde NO uygulamaları mısır yapraklarında lipid peroksidasyon (MDA), hidrojen peroksidaz (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve süperoksit anyonu miktarlarında azalışa neden olurken, apoplastik enzim aktivitesini oluşumu teşvik ettiği belirtilmiş böylece mısırdaki soğuk stresine karşı toleransı artırdığı belirtilmiştir [57]. Kayısı tomurcuklarında yapılan çalışmada yine NO uygulaması donma stresine maruz kalmış tomurcuklarda lipid peroksidasyon ve iyon sızıntısını azalttığı bulunmuş. Buna karşın prolin, şeker ve antioksidan enzimlerinin (APX, CAT ve POD) oluşumu uyardığı bunun sonucunda donma stresinin zararını hafiflettiği belirtilmiştir [58].

## 4. Sonuç

Bitkilerin stres savunma mekanizmasının çalışmasında, sinyal iletiminin anahtar rol oynadığı ve birçok bileşiğin strese karşı yanıt mekanizmasının oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir. Önemli sinyal molekülleri olan SA, JA, ABA ve NO, dışal uygulamalarının bitkilerde fiziksel ve biyokimyasal değişimlere yol açarak, antioksidan enzimlerin oluşumu tetikleyerek, bitkilerin stres koşullarına karşı savunma mekanizmasının oluşumunda önemli rol oynadığı yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmektedir. Ancak, bitki stres mekanizmasının kompleksli olması nedeniyle tam olarak bilinmemesi, dışal sinyal molekül etkinliğini değiştiren birçok faktörün (stres faktörü, bitkinin türü, gelişme dönemi, uygulama yöntemi ve dozu vb.) olması, bitkiye ve strese göre uygun dozun tam olarak belirlenmemesinden dolayı henüz ticari kullanım değeri olan bir madde değildir. Dışal uygulanan sinyal moleküllerinin strese karşı toleransı artırma üzerine en iyi ve uygun molekülün belirlenmesi için bitki özellikleri ve strese faktörüne karşı uygun doz ve uygulama şekillerinin tam olarak belirlenmesi ve sinyal molekülü ile stres mekanizması arasındaki ilişkinin kesin bilgilerle aydınlatılması gerekmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda, gelecekte stres faktörlerine karşı yeni yöntemlerin keşfedilip, bitkisel üretimin gelişmesi sağlanacaktır.

## 5. Referanslar

- [1] Lichtenhaler, H. K., 'Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants', *J Plant Physiol.*, 148, 4-14, 1996.
- [2] Kuşvuran, Ş., 'Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar', (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010.
- [3] Levitt, J., 'Responses of Plants to Environmental Stresses: Chilling, freezing, and high temperature stresses', Second Ed., Vols. I II. New York and London Academic Press, 497, 1980.
- [4] Kalefetoğlu, T. ve Ekmekçi, Y., 'The effects of drought on plants and tolerance mechanisms' *Gazi University Journal of Science*, 18(4), 723-740, 2005.
- [5] Wang, W., Vinocur, B., Shoseyov, O. ve Altman, A., 'Role of plant heatshock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response', *Trends in Plant Science*, 9(5), 244-252, 2004.
- [6] Boscaiu M, Lull C, Lidon A, Bautista I, Donat P, Mayoral O., 'Plant responses to abiotic stress in their natural habitats', *Bulletin UASVM, Horticulture*, 65 (1), 53-8, 2008.
- [7] Van Breusegem F. ve Dat JF., 'Reactive oxygen species in plant cell death', *Plant Physiol.*, 141, 384-90, 2006.





- [8] Büyük, İ., Soydam-Aydin, S. ve Aras, S., 'Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar', *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2), 2012.
- [9] Gururani, M., Mohanta, T. ve Bae, H., 'Current understanding of the interplay between phytohormones and photosynthesis under environmental stress', *International Journal of Molecular Sciences*, 16(8), 19055-19085, 201
- [10] Anelia, G. D., 'Signaling molecules in plants: exogenous application' *Acta Scientific Agriculture*, 1, 38-41, 2017.
- [11] Dmitriev, A. P., 'Signal molecules for plant defense responses to biotic stress' *Russian Journal of Plant Physiology*, 50(3), 417-425, 2003.
- [12] Arasimowicz, M. ve Floryszak-Wieczorek, J., 'Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses', *Plant Science*, 172(5), 876-887, 2007.
- [13] Van Breusegem, F., Vranova, E., Dat, J.F. ve Inze, D., 'The role of active oxygen species in plant signal transduction', *Plant Science*, 131, 405-414, 2001.
- [14] Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., Pirasteh-Anosheh, H. ve Azooz, M. M., 'Role of ROS as signalling molecules in plants' In *Oxidative Damage to Plants*, 585-620, Academic Press, 2014.
- [15] Raskin, I., 'Salicylate, a new plant hormone', *Plant Physiol*, 99, 799-803, 1992.
- [16] Zhao, P., Lu, G. H. ve Yang, Y. H., 'Salicylic acid signalling and its role in responses to stresses in plants', *Mechanism of Plant Hormone Signaling under Stress*, 413-441, 2017.
- [17] Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. ve Ahmad, A., 'Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review', *Environmental and Experimental Botany*, 68, 14-25, 2010.
- [18] Munne-Bosch, S. ve Penuelas, J., 'Photo- and antioxidative protection, and a role for salicylic acid during drought and recovery in field-grown *Phillyrea angustifolia* plants', *Planta*, 217, 758-766, 2003.
- [19] Bandurska, H. ve Stroinski, A., 'The effect of salicylic acid on barley response to water deficit', *Acta Physiologiae Plantarum* 27, 379-386, 2005.
- [20] Korkmaz, A., Uzunlu, M. ve Demirkiran, A. R., 'Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress', *Acta Physiologiae Plantarum*, 29, 503-508, 2007.
- [21] Hamada, A.M. and Al-Hakimi, A. M. A., 'Salicylic acid versus salinity-drought-induced stress on wheat seedlings', *Rostlinna Vyroba*, 47, 444-450, 2001.
- [22] Khan, M.I., Iqbal, N., Masood, A., Per, T.S. ve Khan, N.A., 'Salicylic acid alleviates adverse effects of heat stress on photosynthesis through changes in proline production and ethylene formation', *Plant Signal Behav.*, 8, e26374, 2013.
- [23] Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E.G. ve Cicek, N., 'Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity', *J Plant Physiol.*, 164, 728-736, 2007.
- [24] Ahmed, H., Abidi, F., Manaa, A., Mimouni, H. ve Zid, E., 'Salicylic acid induced changes on some physiological parameters in tomato grown under salinity', 2009.
- [25] Yildirim, E., Turan, M. ve Güvenç, İ., 'Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll and mineral content of cucumber grown under salt stress', *Journal of Plant Nutrition*, 31 (3), 593-61, 2008.
- [26] Fahad, S. ve Bano, A., 'Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area', *Pak J Bot*, 44(4), 1433-1438, 2012.
- [27] Dat, J.F., Lopez-Delgado, H., Foyer, C.H., Scott, I.M., 'Parallel changes in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings', *Plant Physiol.*, 116, 1351-1357, 1998.
- [28] Erwin, E.H., Zhang, X. ve Schmidt, R. E., 'Exogenous salicylic acid enhances post- transplant success of heated Kentucky bluegrass and tall fescue sod', *Crop Science*, 45(1), 240-244, 2005.
- [29] Lopez-Delgado, H., Dat, J.F., Foyer, C.H. ve Scott, I.M., 'Induction of thermo-tolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>', *J. Exp. Bot.*, 49, 713-720, 1998.
- [30] He, Y.L., Liu, Y.L., Cao, W.X., Huai, M.F., Xu, B.G. ve Huang, B.G., 'Effects of salicylic acid on heat tolerance associated with antioxidant metabolism in Kentucky bluegrass', *Crop Sci.*, 45, 988-995, 2005.
- [31] Benavides-Mendoza, A., Ramirez-Rodriguez, H., Robledo-Torres, V., Hernandez-Davila, J., Ramirez-Mezquitic, J. G., Bacopulos-Tellez, E. ve Bustamante-Garcia, M. A., 'Seed treatment with salicylates modifies stomatal distribution, stomatal density and the tolerance to cold stress in pepper seedlings', In *Proceedings of the 16th International Pepper Conference, Tampico, Tamaulipas, Mexico* (Vol. 2), 2002.





- [32] Senaratna T., Touchell D., Bunn E. ve Dixon K., 'Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerans in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30, 157-161, 2000.
- [33] Szalai G., Tari I., Janda T., Pestenacz A. ve Paldi E., 'Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and malonyl 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid contents in maize during chilling', *Biologia Plantarum*, 43(4), 637-640, 2000.
- [34] Van den Berg, J. H. ve E. E. Ewing., 'Jasmonates and their role in plant growth and development, with special reference to the control of potato tuberization', *American Potato Journal*, 68, 781-797, 1991.
- [35] Meyer, A., Miersch O., Buttner C., Dathe W. ve Sembdner G., 'Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plants', *J. Plant Growth Regul.*, 3, 1-8, 1984.
- [36] Ahmad, P., Rasool, S., Gul, A., Sheikh, S. A., Akram, N. A., Ashraf, M. ve Gucel, S., 'Jasmonates: multifunctional roles in stress tolerance', *Frontiers in Plant Science*, 7, 813, 2016.
- [37] Ma, C., Wang, Z.Q., Zhang, L.T., Sun, M.M. ve Lin, T.B., 'Photosynthetic responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to combined effects of drought and exogenous methyl jasmonate', *Photosynthetica*, 52, 377-385, 2014
- [38] Alam, M. M., Nahar, K., Hasanuzzaman, M. ve Fujita, M., 'Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different *Brassica* species', *Plant Biotechnology Reports*, 8(3), 279-293, 2014.
- [39] Wei-Wei, J., Yan, W., Hui-Hui, Z., Zhi-Li, J., Peng, W. ve Xin, L., 'Effects of foliar spraying methyl-jasmonate on leaf chlorophyll fluorescence characteristics of flue cured tobacco seedlings under drought and rewatering', *Chin. J. Appl. Ecol.*, 22, 3157-3162, 2011.
- [40] Tavallali, V. ve Karimi, S., 'Methyl jasmonate enhances salt tolerance of almond rootstocks by regulating endogenous phytohormones, antioxidant activity and gas-exchange', *Journal of Plant Physiology*, 234, 98-105, 2019.
- [41] Günalp, B., 'Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Embriyo Kültüründe, Jasmonik Asit ve Tuz Stresi Etkileşiminin İncelenmesi' Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2011.
- [42] Del Amor, F. M. ve Cuadra-Crespo, P., 'Alleviation of salinity stress in broccoli using foliar urea or methyl-jasmonate: analysis of growth, gas exchange, and isotope composition', *Plant Growth Regulation*, 63(1), 55-62, 2011.
- [43] Cao, S., Zheng, Y., Wang, K., Jin, P. ve Rui, H., 'Methyl jasmonate reduces chilling injury and enhances antioxidant enzyme activity in postharvest loquat fruit', *Food Chemistry*, 115(4), 1458-1463, 2009.
- [44] Sindhu, S.A., Cheruth, A.J., Zhao, C.X., Somasundaram, R., Azooz, M.M., Manivannan P. ve Rajaram, P., 'Regulation of growth and metabolism by Paclobutrazol and ABA in *Sesamum indicum* L. under drought condition', *Global Journal of Molecular Sciences*, 3(2), 57-66, 2008.
- [45] Kumar, S., Kaur, G. ve Nayyar, H., 'Exogenous application of abscisic acid improves cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.)', *Journal of Agronomy and Crop Science*, 194(6), 449-456, 2008.
- [46] Rock, C.D., 'Pathways to abscisic acid-regulated gene expression', *New Phytol.*, 148, 357-396, 2000.
- [47] Muslu, A. S., Altuntas, C., Kadioğlu, A., Terzi, R. ve Sağlam, A., 'Absisik asit uygulaması ile mısır fidelerinde osmotik stres hasarlarının iyileştirilmesi', 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, Eskişehir, 2014.
- [48] Sivamani, E., Bahieldin, A., Wraith, J. M., Al-Niemi, T., Dyer, W. E. ve Ho, T. D., 'Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene', *Plant Sci.*, 155, 1-9, 2000.
- [49] Wang, Y., Beaith, M., Chalifoux, M., Ying, J., Uchacz, T. ve Sarvas, C., 'Shoot-specific down-regulation of protein farnesyltransferase (a-subunit) for yield protection against drought in canola', *Mol. Plant*, 2, 191-200, 2009.
- [50] Khadri, M., Tejera, N. A. ve Lluch, C., 'Alleviation of salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply', *Journal of Plant Growth Regulation*, 25(2), 110-119, 2006.
- [51] Shinkawa, R., Morishita, A., Amikura, K., Machida, R., Murakawa, H., Kuchitsu, K. ve Ishikawa, M., 'Abscisic acid induced freezing tolerance in chilling-sensitive suspension cultures and seedlings of rice', *BMC Research Notes*, 6(1), 351, 2013.
- [52] Özdamar, F. Ö., Furtana, G. B., Ellialtıoğlu, Ş. Ş. ve Tipirdamaz, R., 'Hidrojen peroksit ve nitrik oksit ilişkisinin bitkilerde abiyotik stres toleransındaki rolü' *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 117-131, 2016.
- [53] Arasimowicz-Jelonek, M., Floryszak-Wieczorek, J. ve Kubiś, J., 'Interaction between polyamine and nitric oxide signaling in adaptive responses to drought in cucumber', *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(2), 177-186, 2009.
- [54] Boogar, A. R., Salehi, H., & Jowkar, A., 'Exogenous nitric oxide alleviates oxidative damage in turfgrasses under drought stress', *South African Journal of Botany*, 92, 78-82, 2014.



- [55] Ahmad, P., Ahanger, M. A., Alyemini, M. N., Wijaya, L. ve Alam, P., 'Exogenous application of nitric oxide modulates osmolyte metabolism, antioxidants, enzymes of ascorbate-glutathione cycle and promotes growth under cadmium stress in tomato', *Protoplasma*, 255(1), 79-93, 2018.
- [56] Kausar, F. ve Shahbaz, M., 'Interactive effect of foliar application of nitric oxide (NO) and salinity on wheat (*Triticum aestivum* L.)', *Pak J Bot*, 45(SI), 67-73, 2013.
- [57] Esim N. ve Atici O., 'Nitric oxide improves chilling tolerance of maize by affecting apoplastic antioxidative enzymes in leaves', *Plant Growth Regul.*, 72, 29-38, 2014.
- [58] Pakkish, Z. ve Tabatabaenia, M.S., 'The use and mechanism of no to prevent frost damage to flower of apricot', *Scientia Horticulturae*, 198, 318-325, 2016.

