

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



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

EYLÜL / SEPTEMBER 2019

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

ISBN: 978-605-82164-4-0

Hazırlayanlar: Tolga YÜCEHAN
e-mail: tolgayucehan@gmail.com

Umut SARAY
e-mail: umutsaray@gmail.com

Yayın Tarihi: 05.09.2019



DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES

Düzenleme Kurulu Başkanı / Organizing Committee Chairman

PhD. Munise Didem Demirbaş Erciyes University

Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcısı / Organizing Committee Vice-Chairman

PhD. Canan Başlak Selçuk University

Düzenleme Kurulu Üyeleri / Organizing Committee Members

PhD.	Özlem Toprak	Tokat Gaziosmapaşa University
PhD.	Kemal Adem	Aksaray University
PhD.	Dilek Aydemir	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Sefa Ersan Kaya	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Atiye Kaş	Pamukkale University
Lect.	Mustafa Tufan Altunok	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Onur Dal	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Celal Altuntaş	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Süheyla Biriz Duman	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Erdem Kanişlı	Tokat Gaziosmapaşa University

Düzenleme Kurulu Sekreteryası / Organizing Committee Secretariat

Lect.	Umut Saray	Tokat Gaziosmapaşa University
Lect.	Tolga Yücehan	Afyon Kocatepe University
-	Sinem Gülşen	-
-	Bahar Terzioğlu	-



BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES

PhD.	Munise Didem Demirbaş	Erciyes University
PhD.	Uğur Çavdar	İzmir Demokrasi University
PhD.	Mohammad Ali Ghorbani	University of Tabriz
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 Öztop	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 Nevludov	Kharkiv National University of Radioelectronics
PhD.	Yuriy Danyk	National Defense University of Ukraine
PhD.	Erkan Afacan	Gazi University
PhD.	Aşkınur 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 Gölbaş	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.	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 Váry	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.	İnayet Burcu Toprak	Akdeniz University
PhD.	Yılmaz Güven	Kırklareli University
PhD.	Nafel Dođdu	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	Gazi 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.	Nurdođan 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	Muř Alparslan University
PhD.	Doğan Erdemir	Erciyes University
PhD.	Ali Özer	Cumhuriyet University
PhD.	Ahmet Coşkun	Süleyman Demirel University
PhD.	Alperen şahinoğlu	İstanbul Esenyurt University



PhD.

Semih Tařkaya

Fırat University

PhD.

Tuđbahan Yılmaz Alıç

Selçuk University

PhD.

Pınar Sarı Çavdar

İzmir Demokrasi University



KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE

ORAL PRESENTATION

27 June 2019 - Thursday

Session 1

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Asst. Prof. Dr. Abdullah Elen
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	Web-based Remote Control of a Digital Microscope System	Abdullah Elen, Muhammed Kamil Turan	Abdullah Elen	Abdullah Elen
09:15 - 09:30	Automatic Student Attendance System with Face Recognition Technique	Emre Avuçlu, Abdullah Elen	Emre Avuçlu	Emre Avuçlu
09:30 - 09:45	An Application to Control for Computer and Environmental Devices Via Voice Commands	Emre Avuçlu, Ayhan Özçifçi, Abdullah Elen	Emre Avuçlu	Emre Avuçlu
09:45 - 10:00	Performance Analysis of Universal Filtered Multicarrier Waveform under Solid State Power Amplifier	Şakir Şimşir, Necmi Taşpınar	Şakir Şimşir	Şakir Şimşir
10:00 - 10:15	Investigation of Dynamic Behavior of Quarter Car Model with Mechanical-Electrical Analogy Theory and Validation Using Adams Software	Fatih Pehlivan, Kerim Gökhan Aktaş, İsmail Esen, Cihan Mızrak	Fatih Pehlivan	Fatih Pehlivan

Coffee Break

Session 2

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Prof. Dr. Halis Bilgil
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. S. Biriz Duman

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	Application of The Grey Forecasting Model on Flow Structures	Halis Bilgil, İbrahim Şafak	Halis Bilgil	Halis Bilgil
10:45 - 11:00	Patent Database Analysis: Investigation of Usage Areas of Honeycomb Structure in Aviation Sector	Esra Güler, Simge Ünlüsoy	Simge Ünlüsoy	Esra Güler
11:00 - 11:15	Investigation of Potential Use of Boron Wastes in Construction Sector	Arzu Çağlar, Hakan Çağlar	Hakan Çağlar	Arzu Çağlar
11:15 - 11:30	Evaluation of The Traditional House Space Organizations Through Space Syntax in Adaptation to Reuse	Süheyla Büyükşahin, Esra Yıldız, Dicle Aydın	Süheyla Büyükşahin	Süheyla Büyükşahin
11:30 - 11:45	The Problematic of Originality in Reuse of Cultural Heritage: Konya (Buildings of Civil Architecture) Sample	Esra Yıldız, Süheyla Büyükşahin, Dicle Aydın	Esra Yıldız	Esra Yıldız



11:45 - 12:00	A Qualitative Study Related to Morphological, Contextual and Sociological Analysis of Studio Houses as an Alternative for Sheltering	Dicle Aydın, Esra Yıldız, Süheyla Büyükşahin	Dicle Aydın	Süheyla Büyükşahin
---------------	--	--	-------------	--------------------

Session 3

Hall Name: Meeting Hall 4

Meeting Hall Chairman : Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman Onaran

Meeting Hall Vice-Chairman: PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	The Antifungal Activity of Endemic Wild Pear Tree (<i>Pyrus syriaca</i> var. <i>microphylla</i>) Extracts against <i>Fusarium oxysproum</i> f. sp <i>melonis</i>	Aslı Yavuz, Abdurrahman Onaran	Abdurrahman Onaran	Aslı Yavuz
10:45 - 11:00	Antifungal Activities of Caper (<i>Capparis spinosa</i> L.) and Rosehip (<i>Cornus mas</i> L.) Plant Extracts in In vitro Conditions	Hacer Akın, Abdurrahman Onaran	Abdurrahman Onaran	Hacer Akın
11:00 - 11:15	Determination of Biofungicidal Activities Against <i>Verticillium Dahliae</i> of Extracts Obtained from Citrus Peels	Aslı Yavuz, Abdurrahman Onaran	Aslı Yavuz	Aslı Yavuz
11:15 - 11:30	Evaluation of The Current Situation of Okra Cultivation in Mersin	Garip Yarşı	Garip Yarşı	Garip Yarşı
11:30 - 11:45	Antifungal Activities Against <i>Phytophthora Infestans</i> (Mont.) De Bary of Extracts from Leaf and Fruit of <i>Prosopis Farcta</i> (Banks & Sol.) J.F.Macbr. Plant	Hacer Akın, Abdurrahman Onaran	Hacer Akın	Hacer Akın
11:45 - 12:00				

Lunch

Session 4

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Prof. Dr. Serpil Erol

Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	Prediction of Bead Density in Heat Insulation Plate Production Inflation Process	Feyza Gürbüz, Burçak Buldanlı	Feyza Gürbüz	Burçak Buldanlı
13:15 - 13:30	FREZE BIÇAĞI İLE KESİM YÖNTEMİNİN DAİRE TİPİ TESTERE MAKİNESİNDE UYGULANABİLMESİ İÇİN BİR APARAT GELİŞTİRİLMESİ	Feyza Gürbüz, Yasin Gönen	Feyza Gürbüz	Yasin Gönen
13:30 - 13:45	GIS-Based Routing For A Possible Earthquake : İstanbul Application	Serpil Erol, Feyza Altıntaş	Serpil Erol	Serpil Erol
13:45 - 14:00	The Evaluation of The Bearing Capacity of Surface Foundation with GIS	Mehmet Cemal Acar, Dilek Kaya	Dilek Kaya	Dilek Kaya
14:00 - 14:15	Investigation of The Effect of Fly Ash Which Is Artificial Pozzolan On the Compressive Strength of Self-Compacting Concrete	Hakan Çağlar, Celal Özdemir, Arzu Çağlar	Hakan Çağlar	Hakan Çağlar



Session 5**Hall Name:** Meeting Hall 4**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Nurcan Çalış Açıkbaz
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Erdem Kanışlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	Production of SiAlON-Graphite Composites with Spark Plasma Sintering	Nurcan Çalış Açıkbaz, Alican Ataman, Gökhan Açıkbaz	Nurcan Çalış Açıkbaz	Nurcan Çalış Açıkbaz
13:15 - 13:30	The Effect of Waste Nut Shell and Pine Cones Amount on Mechanical Properties of Epoxy Matrix Composites	Gökhan Açıkbaz, Oğuzhan Can, Bilge Yaman Islak	Gökhan Açıkbaz	Gökhan Açıkbaz
13:30 - 13:45	Ann: Prediction of Heat Transfer and Fluid Characteristics of a Tube with Loose-Fit Perforated Twisted Tapes	Aslı Durmuşoğlu, Sibel Güneş, Ersin Karakaya	Sibel Güneş	Aslı Durmuşoğlu
13:45 - 14:00	Zeytin Çekirdeği Katkılı Kompozit Malzemelerin Tribolojik Özellikleri	Esra Keskin, Recai Kuş	Esra Keskin	Esra Keskin
14:00 - 14:15	Using Building Information Modeling in Public Housing Projects and Adoption of Worldwide	Hakan Alat	Hakan Alat	Hakan Alat

Coffee Break

Session 6**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. İlker Kıpçak
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Erdem Kanışlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Evaluation of the Surface Energy of Polystyrene/Organozeolite Nanocomposite	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç
14:45 - 15:00	Morphological Properties of Polyvinyl Chloride /Perlite Nanocomposite	Ceyda Bilgiç, Bengi Bozkır	Ceyda Bilgiç	Ceyda Bilgiç
15:00 - 15:15	Catalytic Wet Peroxide Oxidation of Cibacron Red P-4B Azo Dye over Ironoxide Coated Sepiolite Catalyst	İlker Kıpçak	İlker Kıpçak	İlker Kıpçak
15:15 - 15:30	Determining the Compost Yield Consisting of a Mixture of Sheep Manure and Vegetable-Fruit Wastes	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Polat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık
15:30 - 15:45	Air Quality Evaluation of Tokat Province between 2012 and 2017 for SO2 and PM10	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Polat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık



Session 7**Hall Name:** Meeting Hall 4**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Nurcan Çalış Açıkbaz
Meeting Hall Vice-Chairman: PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Investigation of Geotechnical Characteristics of Soils of the Ilgın (Konya,Turkey) Settlement Area	M. Tahir Nalbantçılar, Nagihan Özlen	Nagihan Özlen	Nagihan Özlen
14:45 - 15:00	Karaisalı (Adana) Bölgesindeki Kireçtaşlarının Fiziksel Özellikleri	Betül Zehra Karpuz, Adnan Döyen	Betül Zehra Karpuz	Betül Zehra Karpuz
15:00 - 15:15	ANN Models for Estimation Heat Transfer and Flow Characteristics of a Tube with Modified Twisted Tapes	Aslı Durmuşoğlu, Sibel Güneş, Emrah Özaşır	Sibel Güneş	Aslı Durmuşoğlu
15:15 - 15:30	Investigation of Hydrophobic Coating Properties Used on the Surface of Ceramic Interior Wall Tiles	Gökhan Açıkbaz, Nurcan Çalış Açıkbaz	Gökhan Açıkbaz	Gökhan Açıkbaz
15:30 - 15:45	Comparison Performance of SiAlON-TiN Inserts Against Al ₂ O ₃ -SiCw Inserts in the Machining of Superalloys	Nurcan Çalış Açıkbaz,Ferhat Kara	Nurcan Çalış Açıkbaz	Nurcan Çalış Açıkbaz

Coffee Break

Session 8**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. Alaattin Kaçal
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Umur Saray

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	Application of Fiber Metal Laminated Composite on Wind Turbine Blade	Tevfik Mızrak, Alaattin Kaçal, Ferhat Yıldırım	Alaattin Kaçal	Tevfik Mızrak
16:15 - 16:30	Investigation of the Effect of Bronze Powder and Rubber Dust Extension on the Properties of Density, Hardness, Wear Rate and Friction Coefficient of Brake Pads	Sait Aras, Necmettin Tarakçıoğlu	Sait Aras	Sait Aras
16:30 - 16:45	Effect of Ice Thermal Energy Storage System on Cooling Cost in a School Building	Dogan Erdemir, Merve Bulut	Dogan Erdemir	Dogan Erdemir
16:45 - 17:00	Experimental Investigation of the Effect of Paraffin Placing in Cylindrical Capsules Inside a Vertical Mantled Hot Water Tank	Dogan Erdemir, Buket Turgut, Necdet Altuntop	Dogan Erdemir	Dogan Erdemir
17:00 - 17:15	The Effects of Induction Coil Design on Heating, Sintering and Welding Processes	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar
17:15 - 17:30	Emergency Action Plan for Universities	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar	Ugur Cavdar



Session 9

Hall Name: Meeting Hall 4

Meeting Hall Chairman : Asst. Prof. Dr. Hümeýra Bolakar Tosun
Meeting Hall Vice-Chairman: Bahar Terzioğlu

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	The Spatial Perception in Horror-Themed Movies in World Cinema	Belis Öztürk	Belis Öztürk	Belis Öztürk
16:15 - 16:30	Continuous Problems in Transportation and Precautions Should be Take	Hümeýra Bolakar Tosun	Hümeýra Bolakar Tosun	Hümeýra Bolakar Tosun
16:30 - 16:45	Safety and Responsibility for The Workers in The World's Dangerous and Very Dangerous Classes Who Have Addictive Substance Abuse	Dilek Karaman	Dilek Karaman	Dilek Karaman
16:45 - 17:00	Use of Prefabricated Concrete Road Technology in Turkey and Recommendations for its Application Areas	Yaşar Vitoşoğlu, Polat Yalınız	Yaşar Vitoşoğlu	Yaşar Vitoşoğlu
17:00 - 17:15	Effects of Nanoparticle Additive Fluids on Heat Transfer	Pinar Cavdar	Pinar Cavdar	Pinar Cavdar
17:15 - 17:30	Investigation of The Joining and Weldability of Contraction Iron	Pınar Çavdar	Pinar Cavdar	Pinar Cavdar

28 June 2019 - Friday

Session 10

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Lect. Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Erdem Kanişlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	Emulsifying Properties of Protein/Polysaccharide Complexes Prepared by Pea and Soy Protein Isolate	Gulcin Yildiz, Hao Feng	Gulcin Yildiz	Hao Feng
09:15 - 09:30	Stability Boundary Locus of Fractional Order Proportional Integral Control for Second Order plus Time Delay Model	Uğur Demirođlu, Bilal Şenol, Radek Matušú	Bilal Şenol	Radek Matušú
09:30 - 09:45	Hydrogeological Characteristics of The Bioştica River Basin in The Zone of The Cerussite Mine in Olovo(Bosnia And Herzegovina)	M. Operta, S. Pamuk, L. Žunić	Mevlida Operta	Mevlida Operta
09:45 - 10:00	Rainfall- Runoff Modeling Using Cross Wavelet Transform	Fatemeh Mohammadi , Ahmad Fakherifarda, Umut Saray, Mohammad Ali Ghorbania	Mohammad Ali Ghorbani	Mohammad Ali Ghorbani
10:00 - 10:15	Equivalent Stress Model in Functional Graded Circular Plates Created by Artificial Neural Network	Didem Çakır, Munise Didem Demirbaş	Munise Didem Demirbaş	Munise Didem Demirbaş

Coffee Break



Session 11**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Lect. Umut Saray
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	Akıllı Çöp Kutuları ve Tasarruf	Mehmet Burak Pektekin, Asım Kaygusuz	Mehmet Burak Pektekin	Mehmet Burak Pektekin
10:45 - 11:00	Veri Tabanından Raporlama Yapmayı ve ERP Geliştirmeyi Kolaylaştıracak Ölçeklebilir Programlama Dili	Aytekin Akkuş, Abdullah Erdal Tümer	Aytekin Akkuş	Aytekin Akkuş
11:00 - 11:15	A Multi-Platform Based Image Processing Tool	İlhan İlhan	İlhan İlhan	İlhan İlhan
11:15 - 11:30	Determining the Suitability of Cryotherapy Method Used in Wart Treatment Using Data Mining Methods	Murat Akdağ, Kemal Adem	Kemal Adem	Kemal Adem
11:30 - 11:45	Towards A More Sustainable Chemistry Assisting Society and Environment	S. Jansat, M. Moncusí, J. Benet, B. Liu, D. Antypov, M. Zanella, M. Rosseinsky	Susanna Jansat	Susanna Jansat
11:45 - 12:00	Nanofluids for the Performance of Solar and Energy Systems	Fateh Mebarek-Oudina	Fateh Mebarek-Oudina	Fateh Mebarek-Oudina

Lunch

Session 12**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Erdem Kanışlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	Using Machine Learning Methods to Predict Social Media Performance Criteria	Murat Sam, Kemal Adem	Kemal Adem	Kemal Adem
13:15 - 13:30	Solution of The Travelling Salesman Problem using The Grasshopper Optimization Algorithm	Mehmet Fatih Tefek	Mehmet Fatih Tefek	Mehmet Fatih Tefek
13:30 - 13:45	Occurance of a Cyber Security Eco-system: A Nature Oriented Project and Evaluation of an Indirect Social Experiment	Utku Kose	Utku Kose	Utku Kose
13:45 - 14:00	Melanoma Skin Cancer Detection by Artificial Neural Network	Mete Okan Erdoğan, Ümit Yılmaz, Erol Özçekiç, Ediz Şaykol	Ümit Yılmaz	Ümit Yılmaz
14:00 - 14:15	Fuzzy Logic Based Personal Loan Application Evaluation System Design	Turgut Duman, Ümit Yılmaz, Erol Özçekiç, Atınç Yılmaz	Ümit Yılmaz	Ümit Yılmaz

Coffee Break



Session 13**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Lect. Umut Saray
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Celal Altıntaş

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Synthesis of Al-Pillared Clay Supported HPA Catalyst and Characterization	Suna Balcı, Gülce Açıl	Suna Balcı	Suna Balcı
14:45 - 15:00	The Effect of a Lime Reinforced Clay Soil on the Thickness and Costs of Rigid and Flexible Pavements	Tacettin Geçkil, Mehmet Mahmut Tanyıldızı, Ekrem Serdar Yıldırım	Mehmet Mahmut Tanyıldızı	Mehmet Mahmut Tanyıldızı
15:00 - 15:15	Investigation of Construction Management Problems and Solution Suggestions in Mass Housing Site in Kayseri City Case	Z. Özlem Parlak Biçer, Dilan Sarıkaya, Burak Çelikesir, Ergi Kahraman, Serhat Dalkılıç, Savaş Bayram	Z. Özlem Parlak Biçer	Serhat Dalkılıç
15:15 - 15:30	Drying the Bayleaf in the Solar-Powered Drying Kiln	Özgür Demir	Özgür Demir	Özgür Demir
15:30 - 15:45	Welding Robot Product Component Load Optimization	Ali Özgün Hırlak	Ali Özgün Hırlak	Ali Özgün Hırlak

Coffee Break

Session 14**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Lect. Tolga Yücehan
Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. Erdem Kanişlı

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	Orman Yollarının Topolojik İlişkilerinin Ağ Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi (İlgaz)	Hakan Karaçay, Ender Buğday	Ender Buğday	Ender Buğday
16:15 - 16:30	Detection of Pending Goods in Forest Depot with Unmanned Aerial Vehicle	Halit Büyüksakallı, Ersin Dursun, Dursun Şakar	Ersin Dursun	Ersin Dursun
16:30 - 16:45	Modeling of the Sport Centre by Simulation Technique and Efficiency Evaluation with Data Envelopment Analysis	Kerem Ciddi, Erdem Oktay	Erdem Oktay	Erdem Oktay
16:45 - 17:00	A Comparative Application of Six Sigma and Artificial Neural Networks in The Textile Sector	Ümit Yılmaz, Seda Özmutlu	Ümit Yılmaz	Ümit Yılmaz
17:00 - 17:15	Effect of Fiber Orientation on Flexural Properties in Unidirectional Carbon-Fiber Composites	Cem Boğa, Emre Yeniyl, Sinan Örenç	Cem Boğa	Sinan Örenç
17:15 - 17:30	Investigation of Biomechanical Performance of Suture Anchor Tenodesis Technique	Mehmet Fatih Aycan	Mehmet Fatih Aycan	Mehmet Fatih Aycan



29 June 2019 - Saturday

Session 15

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Assoc. Prof. Dr. Güllü Kırat

Meeting Hall Vice-Chairman: Lect. S. Biriz Duman

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	Investigation with Geoelectrical Tomography Methods of Bahçecik (İzmir) Lignite Deposits	Adil Özdemir, Alperen Şahinoğlu	Adil Özdemir	Alperen Şahinoğlu
09:15 - 09:30	Geological and Geophysical Survey of Yüksekova (Hakkari) Peat Deposits	Alperen Şahinoğlu, Adil Özdemir	Alperen Şahinoğlu	Adil Özdemir
09:30 - 09:45	Evaluation of Heavy Metal and Environmental Quality of Abandoned Gümüşhacıköy (AMASYA) Pb-Zn-Ag Mining Waste	Güllü Kırat	Güllü Kırat	Güllü Kırat
09:45 - 10:00	Distribution and Accumulation of Copper in Salsola Kali Plant Growing Naturally in Agricultural Soils (Delice-Terzili), Yozgat, Turkey	Güllü Kırat	Güllü Kırat	Güllü Kırat
10:00 - 10:15	A Simple Approach to Prediction for a Buried Ore Body and Its Application	Sinan Akıska	Sinan Akıska	Sinan Akıska

Session 16

Hall Name: Meeting Hall 4

Meeting Hall Chairman : Asst. Prof. Dr. Ramazan Demircioğlu

Meeting Hall Vice-Chairman: Yakup Avşar

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 09:15	Oolitic Limestones and Their Biostratigraphic Properties from The Successions Encompassing to The Serpukhovian-Bashkirian Boundary in Hadim Nappe, Southern Turkey	Melikan Akbaş, Cengiz Okuyucu	Melikan Akbaş	Melikan Akbaş
09:15 - 09:30	Structural Position of The Ekecik Gabbro, Ortakoy/Aksaray, Central Anatolia, Turkey	Mustafa Yıldız, Bülent Mert	Mustafa Yıldız	Mustafa Yıldız
09:30 - 09:45	Structural Properties of Özyurt (Niğde) and its Surroundings in the South West Section of the Niğde Massif	Ramazan Demircioğlu, Berkant Coşkuner	Ramazan Demircioğlu	Ramazan Demircioğlu
09:45 - 10:00	Determining the Compost Yield Consisting of a Mixture of Sheep Manure and Vegetable-Fruit Wastes	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Polat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık
10:00 - 10:15	Air Quality Evaluation of Tokat Province between 2012 and 2017 for SO ₂ and PM ₁₀	Esin Hande Bayrak Işık, Fatih Polat	Esin Hande Bayrak Işık	Esin Hande Bayrak Işık

Coffee Break



Session 17

Hall Name: Meeting Hall 3

Meeting Hall Chairman : Asst. Prof. Dr. Mihriban Kalkancı
Meeting Hall Vice-Chairman: PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	The Role of Green Buildings on Energy Efficiency	Tuğba İnan Günaydın, Ebru Şahin Mercimek	Tuğba İnan Günaydın	Tuğba İnan Günaydın
10:45 - 11:00	A Research on Re-Functioning of Historical Buildings in The Case of Aksaray	Ebru Şahin Mercimek, Tuğba İnan Günaydın	Ebru Şahin Mercimek	Ebru Şahin Mercimek
11:00 - 11:15	Facility Layout With 5 S Method: A Case Study in Cutting Department of a Garment Manufacturer	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
11:15 - 11:30	Performance Analysis of a Functionally Designed Chair with The MTM Method (Pre-Determined Times)	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
11:30 - 11:45	Campus Landscape Design ‘Case of Hopa Campus’	Banu Karaşah, Aslıhan Tırnakçı	Banu Karaşah	Aslıhan Tırnakçı
11:45 - 12:00	Aesthetic and Functional Effects of Plants: The Sampla of Nevşehir Hacı Bektas Veli University Center Campus	Aslıhan Tırnakçı, Banu Karaşah	Aslıhan Tırnakçı	Aslıhan Tırnakçı

Session 18

Hall Name: Meeting Hall 4

Meeting Hall Chairman : Assoc. Prof. Dr. Nursel Akçam
Meeting Hall Vice-Chairman: Sinem Gülşen

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
10:30 - 10:45	Rectangular Microstrip Array Antenna Design at 10 GHz for Long Distances Applications	Ümit Dilber, Kutay Cüneray, Nursel Akçam	Nursel Akçam	Kutay Cüneray
10:45 - 11:00	Fractional Order Proportional Integral Control Based on Bode Plot: First Order plus Time Delay DC Motor	Uğur Demiroğlu, Bilal Şenol, Radek Matušů	Bilal Şenol	Uğur Demiroğlu
11:00 - 11:15	Fractional Order Proportional Derivative Control: Achieving Frequency Specifications for Time Delay Model in the First Order	Uğur Demiroğlu, Bilal Şenol, Radek Matušů	Bilal Şenol	Uğur Demiroğlu
11:15 - 11:30	Investigation of the Effect of Inter-cell Interference on Energy and Spectral Efficiency in Massive Multiple-Input and Multiple-Output Systems	Burak Kürşat Gül, Necmi Taşpınar	Burak Kürşat Gül	Burak Kürşat Gül
11:30 - 11:45	Effective Pilot Contamination Mitigation Approach with Hybrid Method in 5G and Beyond Systems	Esra Cansu Kose, Selman Kulac	Esra Cansu Kose	Esra Cansu Kose
11:45 - 12:00	Development of A Mobile Application for A Sample Historical Artifact by Using the Geographical Information System and The Augmented Reality Approaches	Murat Eren Sarı, Metin Toz	Murat Eren Sarı	Murat Eren Sarı

Lunch



Session 19**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Hakan Yavuz**Meeting Hall Vice-Chairman:** PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	AMASYA İLİ MERKEZ İLÇESİNDE BUĞDAY ÜRETİMİ VERİMİNİN BULANIK MANTIK İLE TAHMİN ANALİZİ	İsmail Pekgöz, Bekir Emre Altun, Hasan Uzel, İbrahim Yücedağ	İsmail Pekgöz	Hasan Uzel
13:15 - 13:30	Effects of DBD Plasma Vortex Generators on Lift and Drag Coefficients of a NACA0012 Airfoil	Esra Türen, Hürrem Akbıyık, Hakan Yavuz	Hakan Yavuz	Esra Türen
13:30 - 13:45	Investigation of the Energy Potential of Solid Wastes in Kırklareli Province	Merve Aksoy, Betül Özer	Betül Özer	Betül Özer
13:45 - 14:00	Accuracy Analysis of Photovoltaic Simulation Softwares With Real Data	Mücahit Yasir Kınalı, Afşin Kulaksız	Mücahit Yasir Kınalı	Mücahit Yasir Kınalı
14:00 - 14:15	Genetik Algoritma Kullanılarak İki Nokta Arasında En Kısa Rota Bulma	İbrahim Yücedağ, Emre Çelik	Mehmet Karayel	Mehmet Karayel

Session 20**Hall Name:** Meeting Hall 4**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. Hakan Gürün**Meeting Hall Vice-Chairman:** Yakup Avşar

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
13:00 - 13:15	Reducing Springback in U-Bending of DP600 and DP1000 Double-Phase Steel Sheets	Selin Yıldırım, Hakan Gürün, Hakan Dilipak, Gökhan Küçüktürk, Cem Ersöz	Hakan Gürün	Selin Yıldırım
13:15 - 13:30	Investigation of the Effect of Voltage on Surface Properties of Implant Material Production by Electrophoretic Deposition Method	Ali İhsan Bahçepınar, İbrahim Aydın	Ali İhsan Bahçepınar	Ali İhsan Bahçepınar
13:30 - 13:45	Determination of Mechanical Properties by Finite Element Method of Hydroxyapatite Coating of Ti6al4v Material Surface Using Glycolic Acid – Sodium Gluconate Buffer System	İbrahim Aydın, Ali İhsan Bahçepınar, Can Gönenli, Ferdi Engin	Ali İhsan Bahçepınar	Ali İhsan Bahçepınar
13:45 - 14:00	Investigation of Formability and Springback Behavior of Docol 1400 Sheet Metal	Mehmet Tahta, Gökhan Küçüktürk, Hakan Gürün, İbrahim Karaağaç	Mehmet Tahta	Mehmet Tahta
14:00 - 14:15	Kinematic Analysis and Adams/Matlab Co-Simulation of 6 Axis Puma Type Robotic Arm	Kerim Gökhan Aktaş, Fatih Pehlivan, İsmail Esen	Kerim Gökhan Aktaş	Kerim Gökhan Aktaş

Coffee Break



Session 21**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Prof. Dr. Hakan Yavuz**Meeting Hall Vice-Chairman:** Lect. S. Biriz Duman

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Review of Active and Passive Flow Control Techniques for Aviation Applications	Esra Türen, Hürrem Akbıyık, Hakan Yavuz	Hakan Yavuz	Esra Türen
14:45 - 15:00	Bulanık Mantık Tabanlı Tek Bölge Yükleme Kontrolü	İbrahim Yücedağ, Emre Çelik	Mehmet Karayel	Mehmet Karayel
15:00 - 15:15	Gas Detection Robot for Closed Areas*	Burak Lekesiz, Oğuz Lekesiz, Ali Özen	Burak Lekesiz	Burak Lekesiz
15:15 - 15:30	Tapered Fiber Sensor for Simultaneous Measurement of Strain and Temperature	Mustafa Bilsel, İsa Navruz	Mustafa Bilsel	Mustafa Bilsel
15:30 - 15:45	Intelligent Agriculture Application with IoT Technology	Ahmet Erol Kalkışım, Mustafa Alper Akkaş, İbrahim Yücedağ	Ahmet Erol Kalkışım	Ahmet Erol Kalkışım

Session 22**Hall Name:** Meeting Hall 4**Meeting Hall Chairman :** Assoc. Prof. Dr. Ahmet Doğan Duman**Meeting Hall Vice-Chairman:** Yakup Avşar

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
14:30 - 14:45	Researches on Raw Material Sources Preferred in Forestry Industry in The West Black Sea Region	İlker Kiraz, İbrahim Bektaş	İlker Kiraz	İlker Kiraz
14:45 - 15:00	The Determination of Chemical Composition in Authentic and Artificial Vinegars in Turkey's Antakya City and Compliance with Food Legislation	Alaeddin Türkmen, Ahmet Doğan Duman, Ertuğrul Konuş	Ahmet Doğan Duman	Ahmet Doğan Duman
15:00 - 15:15	Fine Bubble Diffusers	Engin Gürtekin	Engin Gürtekin	Engin Gürtekin
15:15 - 15:30	Strategies for Enhanced Nitrogen Removal at Low Temperature	Engin Gürtekin	Engin Gürtekin	Engin Gürtekin
15:30 - 15:45	Development and Characterization of Chitosan Coated Pcl Fibers For Guided Tissue Regeneration	Merve Demir, Ece Bayrak, Fatih Büyükserin , Selcan Türker	Merve Demir	Merve Demir
15:45 - 16:00	Development and Characterization of Hydrogel Formulations for Tissue Renewal for Diabetic Retinopathy Treatment	Gökhan Kafes, Ece Bayrak, Birsan Can Demirdöğen, N.Selcan Türker	Gökhan Kafes	Gökhan Kafes

Coffee Break

Session 23**Hall Name:** Meeting Hall 3**Meeting Hall Chairman :** Asst. Prof. Dr. Mihriban Kalkancı**Meeting Hall Vice-Chairman:** PhD. Canan Başlak

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
16:00 - 16:15	Determination of Ecotourism Possibilities for Sultan Sazlığı National Park	Gökhan Sayın, Şule Kısakürek	Gökhan Sayın	Şule Kısakürek



16:15 - 16:30	Obstacles in Universities? The Case of Siirt University	Zuhal Özçetin, Mehmet Eminel	Zuhal Özçetin	Mehmet Eminel
16:30 - 16:45	Latest Technological Innovations in Apparel and Ready-Made Clothing Industry	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı	Mihriban Kalkancı
16:45 - 17:00	Assessment of Urban Development and Green Area Planning Process by Participant Swot Analysis Method; Bingöl Province	Hüccet Vural, Alperen Meral, Sülem Şenyiğit Doğan, Ezgi Doğan	Hüccet Vural	Hüccet Vural
17:00 - 17:15	Evaluation of Ergonomic Characteristics of The Equipment Used in Urban Park in The Example of Bingöl Park	Hüccet Vural, Sülem Şenyiğit Doğan	Hüccet Vural	Hüccet Vural
17:15 - 17:30	Functionalization of Silk Producing Industrial Heritage Buildings as Education Buildings: Fabrika-I Humayun Faruk Saraç Fashion Design Vocational School's Transformation	Yasemin Erdoğan	Yasemin Erdoğan	Yasemin Erdoğan

POSTER PRESENTATION

29 June 2019 - Saturday

Time	Title of Study	Authors	Corresponding Author	Presenter
09:00 - 10:30	The Importance of Cemeteries in Urban Green Area Systems and Determination of Visitor Satisfaction – The Case of Kayseri Asri Cemetery	Ahmet Moda, Banu Öztürk Kurtaslan	Ahmet Moda	Banu Öztürk Kurtaslan
10:30 - 12:00	Evaluation of Seed Vigor in Lettuce (<i>Lactuca sativa</i> L.) Seed Which Applied with Mini-Pill Method	Burcu Begüm Kenanoğlu, Yasemin Çelik, Kübra Özmen	Burcu Begüm Kenanoğlu	Burcu Begüm Kenanoğlu
13:00 - 14:30	The Effect of Halopriming (% 1 NaCl) Application on Seed Vigor Performance in Different Pepper Varieties	Burcu Begüm Kenanoğlu, Emine Seda Koptur	Burcu Begüm Kenanoğlu	Burcu Begüm Kenanoğlu
13:00 - 14:30	Allelopathic Effects of <i>Chenopodium album</i> L. Extracts Against Seed Germination of <i>Portulaca oleraceae</i> L. and <i>Setaria</i> spp.	Derya Öğüt Yavuz, Havva Dinler	Derya Öğüt Yavuz	Havva Dinler
14:30 - 16:00	In In-Vitro Conditions the Effect of Linuron on <i>Fusarium</i> Species (Pathogen and Non-Pathogen) in Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.)	Derya Öğüt Yavuz, Havva Dinler	Derya Öğüt Yavuz	Havva Dinler
14:30 - 16:00	The in vitro Effects of Propolis Extracts Prepared with Organic Solvents on <i>Monilinia</i> spp.	Havva Dinler, Altınay Şimşek, Nuray Şahinler	Havva Dinler	Altınay Şimşek
16:30 - 17:30	Determination of Fungal Agents and Infection Rates in Some Weed Seeds	Havva Dinler, Derya Öğüt Yavuz	Havva Dinler	Derya Öğüt Yavuz
16:30 - 17:30	Characterization of Spheroidal Graphite Cast Irons with High Nodularity by Using Ultrasonic Testing Method	Eren Yalçındağ, Erdem Ferik, İsrail Küçük	İsrail Küçük	İsrail Küçük



AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH

Dear Academicians and Participants,

First of all, I would like to thank the International Congress of Scientific and Professional Studies - Engineering (BILMES EN 2019) for your contributions. I would like to thank the organizing committee, who gathered many academicians and professionals from different countries and different cities of our country and contributed to this organization. I would also like to thank the scientific committee and the arbitration committee who contributed to our congress. I believe that many studies carried out in the field of engineering and natural sciences in our congress held in Cappadocia will contribute to the literature and science as of today. I believe that this scientific activity will be a source of information and inspiration for literature, professional workers, industrialists and students.

Thank you to all participants.

Best regards.

PhD. Munise Didem Demirbaş
Erciyes University
Chairman



DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS

NANOFLUIDS FOR THE PERFORMANCE OF SOLAR AND ENERGY SYSTEMS

Fateh Mebarek-Oudina

Department of Physics, Faculty of Sciences, University 20 août 1955 – Skikda, B.P 26 Route El-Hadaiek, Skikda 21000, Algeria

oudina2003@yahoo.fr, f.mebarek_oudina@univ-skikda.dz

Abstract

Nanofluids are useful in heat transfer equipment such as heat exchangers, electronic cooling systems and radiators for better performance. They can be used in solar thermal systems because of their adjustable optical and thermal properties. The best performance of solar thermal systems is measured by flow rate, heat and mass transfer rate, and distribution of friction factors within solar thermal systems. Detailed studies from the literature are conducted to identify and pose problems. The use of mathematical tools such as FORTRAN, MATLAB and MATHEMATICA is necessary to understand the trend of the solution, and to present the results in graphical and tabular form. The selection of the appropriate nanofluid in solar applications is also a key issue. The utility of nanofluids to increase the performance of solar and energy systems is shown analytically & numerically.

Keywords: *Nanofluids, Solar thermal systems, Solar energy*

EMULSIFYING PROPERTIES OF PROTEIN/POLYSACCHARIDE COMPLEXES PREPARED BY PEA AND SOY PROTEIN ISOLATE

Gulcin Yildiz^{1*}, Hao Feng²

1 Iğdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

2 University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Food Science and Human Nutrition

haofeng@gmail.com

** Corresponding Author*

Abstract

The objective of this study is to develop a plant protein (Pea and soy protein) and polysaccharide (Modified starch) complex system to address the low solubility of the protein near the pI. In particular, the effects of adding modified starch to soy protein isolate (SPI) or pea protein isolate (PPI) to form protein and polysaccharide complexes at pH 4.0 was evaluated by examining the emulsifying properties of the complexes. Ultrasound was used to generate the protein-polysaccharide complex emulsions. The highest emulsifying activity index (EAI) was observed for the PPI-modified starch complexes while the lowest EAI was observed in the untreated samples for all protein-polysaccharide complexes. Similarly, the highest emulsifying stability index (ESI) was observed for both the SPI-modified starch and the PPI-modified starch complexes while the lowest ESI was observed in untreated samples. It was found that the PPI-modified starch complexes had better emulsifying activity and stability indexes in comparison to SPI-modified starch complexes. The study indicates that the pea protein can function as a stable wall material to form stable protein-polysaccharide complexes with a modified starch.

Keywords: *Soy protein isolate, pea protein isolate, modified starch, emulsifying activity index, emulsifying stability index*



HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BIOŠTICA RIVER BASIN IN THE ZONE OF THE CERUSSITE MINE IN OLOVO (BOSNIA AND HERZEGOVINA)

M. Operta, M¹, S. Pamuk², L. Žunić³

^{1,3} University of Sarajevo Faculty of Science, Zmaja od Bosne 33-35, 71000 Sarajevo Bosnia and Herzegovina

e-mail: mevlidaoperta@gmail.com

² Energoinženjering, Sarajevo

Abstract

The Bioštica river basin belongs to the Bosna river basin. The total area of the basin is 482 km². The Bioštica originates about 6-7 km northwest of Sokolac. The total length of the Bioštica's course from its source to Olovo, where it connects with the Stupčanica and makes the Krivaja river, amounts 31 km. The source of the river Bioštica is composed of a strong karst spring called Dubljani.

As a result of intensive underground drainage, a number of permanent and occasional springs occur in the lower parts of the basin, mainly along the Bioštica riverbed. Some springs have maximum capacities, and the most important ones are Zeleni vir (springs), Kruševačka vrela (springs) and vrela (spring) Boljača. In addition to the springs that occur along the Bioštica, part of the water from the area of karst aquifer of the left backshore drains to the north, towards the Krivaja riverbed.

In the lower course of the Bioštica River as well in Zeleni vir, in the exploitation field zone, investigation works are performed for the needs of the lead mine. These are conducted investigation boreholes and horizons (profiles). They are located both on the left and right side of the Bioštica River, on the localities of Slavanj, Prgoševo, i.e. they are located towards the hill Očekalj, on the right.

The Zeleni vir is particularly important for the area of lead mineralization because its underground and surface basin takes the area of stretching of the cerussite ore veins. The Zeleni vir are represented by the two occurrences of concentrated groundwater discharges, at a distance of 60 m, which make a unique hydrogeological unit. The insignificant part of the underground water discharges also along this distance. Across the Zeleni vir, the underground karst reservoir is drained with a total area of about 39 km². The springs occurs along the tectonic contact of Triassic limestone and diabase-chert formation as a complex hydrogeological barrier. The presence of diabase-chert formation as a complex hydrogeological barrier and their complex relationship with Triassic limestone conditioned also the occurrence of groundwater discharges in this part of the terrain.

The paper presents hydrographic, geomorphological characteristics, geological-tectonic and hydrogeological characteristics of the terrain in the zone of the cerussite mine in Olovo. The springs area of Zeleni vir is elaborated, which is especially important for the mining zones.

Keywords: Hydrographic, Geomorphological Characteristics, Geological-Tectonic, Hydrogeological Characteristics, River Basin, Springs, Mine, Ore Zone, Ore Veins, Cerussite, Lead.

RAINFALL- RUNOFF MODELING USING CROSS WAVELET TRANSFORM

Fatemeh Mohammadi^{1*}, Ahmad Fakheri Fard¹, Umut Saray², Mohammad Ali Ghorbani¹

¹Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, Email:

²Department of computer science, Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey

*Corresponding Author

Abstract

Rainfall-runoff modeling in watersheds includes complex non-linear relationships resulting from the interaction a set of various hydrological processes. In addition to conventional methods in this process modeling, the use of levels of analysis, precipitation and runoff signal processing have been considered recently. In this method, without relying on the predetermined structure, linear and nonlinear characteristics and relationship between input and output variables of system, is derived only from the nature of recorded information. The system used in this study is the combination of Kalman filtering, linear programming and cross-wavelet model (KF-LP-CW). To perform this study 9 events of the Sufichay basin (includes 7 compound and 2 singular events) were used. For the first time, the phase difference resulting from the intersection of rainfall and runoff signals as the time of minimizing errors was obtained analytically through cross-wavelet. To evaluate the model's performance, the results of its simulation, were compared with Kalman



filter and linear programming model (KF-LP). This model (KF-LP-CW) simulates the compound events in the calibration and verification phases, with a root mean squared error of 2.44 and 2.33, respectively. This indicates the high ability of the model to simulate the rainfall-runoff process in the Sufi Chai basin for the analysis of compound events. It should be noted that other evaluation criteria are presented and analyzed in the results section.

Keywords: *Sofi chay, simulation, rainfall runoff, cross wavelet*

STABILITY BOUNDARY LOCUS OF FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL INTEGRAL CONTROL FOR SECOND ORDER PLUS TIME DELAY MODEL

Uğur Demiroğlu¹, Bilal ŞENOL^{2*}, Radek Matusů³

¹*Department of Information Technologies, Firat University, Elazığ, TURKEY*

ugurdemiroglu@firat.edu.tr

²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, İnönü University, Malatya, TURKEY*

bilal.senol@inonu.edu.tr

³*Department of Automation and Control, Faculty of Applied Informatics, Tomas Bata University in Zlin, Zlin, Czechia*

rmatusu@utb.cz

** Corresponding Author*

Abstract

This paper focuses on obtaining the design scheme of fractional order proportional integral controller for second order plus time delay model with the stability boundary locus method. The approach gives generalized controller parameter equations for mentioned models in a certain frequency range. Real root boundary equations of the stability boundary locus are also presented. Stability of the system is provided by analytically derived equations and this brings the reliability of the method. The case study is given to apply the method on some existing models in the literature.

Keywords: *Stability boundary locus, fractional order proportional integral controller, second order plus time delay model.*

TOWARDS A MORE SUSTAINABLE CHEMISTRY ASSISTING SOCIETY AND ENVIRONMENT

S. Jansat^{1,3}, M. Moncusí², J. Benet,¹ B. Liu³, D. Antypov³, M. Zanella³, M. Rosseinsky³

^{1,2}*Servei de Recursos Científics i Tècnics (SRCiT) de la Universitat Rovira i Virgili, Sant Llorens 21, Tarragona, Spain*

³*Department of Chemistry, University of Liverpool, Crown Street, Liverpool, L697ZD, UK*

Abstract

Big effort are being done in transforming synthetic and chemical procedures onto environmentally non-harmful processes whether by, the introduction of novel materials or, more benign reductions of toxic contaminants. Herein, stated affirmations are illustrated presenting several cases, showing how atmospheric species considered harmful might be lessened by their corresponding integration as reactives into a chemical structure to create added value products or, by usual abatement methodologies opening the door to the use of novel catalyst and materials. Examples prove how by-products and associated toxicity might be reduced while productivity of reaction could be reasonably maintained in non-optimized experiments. Additionally, diffusion of highly hydrophobic magnetite nanoparticles allows for, a reasonable deposition in a greatly hydrophilic ammonium dawsonite like nanostructured host, when certain organic solvents are used as continuum. Challenging stabilization could be reached via mediation of optimal interactions within



host/solvent/guest interfaces at room temperature. Protocol features quantitative loadings for supported species at the level of other more usual procedures reported in literature. As proof of concept builded materials have been used efficiently in the thermal abatement of toxic N₂O effluent, a contaminant with a global warming 310 times higher than the one of CO₂. Shown results are supported by characterization measurements and theoretical calculations.

Keywords: *Sustainable procedures, Valuable use of atmospheric species, Contaminants abatement*



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

DÜZENLEME KURULU / ORGANIZING COMMITTEES	ii
BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEES	iii
KONGRE PROGRAMI / CONGRESS SCHEDULE.....	vii
AÇILIŞ KONUŞMASI / OPENING SPEECH.....	xix
DAVETLİ KONUŞMACILAR / INVITED SPEAKERS	XX
NANOFLUIDS FOR THE PERFORMANCE OF SOLAR AND ENERGY SYSTEMS.....	XX
EMULSIFYING PROPERTIES OF PROTEIN/POLYSACCHARIDE COMPLEXES PREPARED BY PEA AND SOY PROTEIN ISOLATE	XX
HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BIOŠTICA RIVER BASIN IN THE ZONE OF THE CERUSSITE MINE IN OLOVO(BOSNIA AND HERZEGOVINA)	XXI
RAINFALL- RUNOFF MODELING USING CROSS WAVELET TRANSFORM.....	XXI
STABILITY BOUNDARY LOCUS OF FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL INTEGRAL CONTROL FOR SECOND ORDER PLUS TIME DELAY MODEL	XXII
TOWARDS A MORE SUSTAINABLE CHEMISTRY ASSISTING SOCIETY AND ENVIRONMENT	XXII
İÇİNDEKİLER / CONTENTS.....	XXIV
SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION	1
WEB-BASED REMOTE CONTROL OF A DIGITAL MICROSCOPE SYSTEM	2
1. Introduction.....	2
2. Materials and Methods.....	3
3. Conclusions.....	7
4. References.....	7
<i>IN VİTRO</i> KOŞULLAR ALTINDA KAPARI (<i>CAPPARİS SPİNOSA</i> L.) VE KUŞBURNU (<i>ROSA CANİNA</i> L.) BİTKİ EKSTRAKTLARININ ANTİFUNGAL AKTİVİTELERİ	9
1. Giriş	9
2. Materyal ve Metot.....	9
3. Bulgular ve Tartışma.....	10
4. Kaynaklar.....	12
ENDEMİK YABANI ARMUT AĞACI (<i>PYRUS SYRİACA</i> VAR. <i>MİCROPHYLLA</i>) EKSTRAKTLARININ <i>FUSARİUM OXYSPROUM</i> F. SP <i>MELONİS</i> KARŞI ANTİFUNGAL AKTİVİTESİ.....	14
1. Giriş	14
2. Materyal ve Yöntem.....	14
3. Bulgular ve Tartışma.....	15
4. Sonuç	17
5. Kaynaklar.....	17



BAHÇECİK (İZMİR) LİNYİT OLUŞUMUNUN ÇOK-ELEKTROTLU JEOFİZİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ.....	18
1. Giriş	18
2. Çok-Elektrotlu Elektrik Özdirenç Ölçümleri ve Jeolojik Yorumları	18
3. Sonuç	22
NESNELERİN İNTERNETİ VE NESNELERİN İNTERNETİNİN TARIM ALANINDA KULLANIMI	23
1. Giriş	23
2. IoT ve IoT'nin Tarım Alanında Kullanımı	24
3. Materyal ve Metod.....	25
4. Sonuçlar	26
5. Kaynakça.....	26
RÜZGÂR TÜRBİNİ KANADINDA FİBER METAL LAMİNE KOMPOZİT UYGULAMASI	28
1. Giriş	28
2. Malzeme ve Yöntem	29
3. Deneylerin Yapılması	32
4. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma.....	33
5. Sonuçlar	35
6. Kaynakça.....	35
ELEKTROFORETİK BİRİKTİRME YÖNTEMİYLE İMPLANT MALZEME ÜRETİMİNDE VOLTAJIN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	37
1. Giriş	37
2. Materyal ve Metod.....	37
3. Analiz Sonuçları.....	38
4. Sonuç	40
5. Kaynakça.....	40
DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES BY FINITE ELEMENT METHOD OF HYDROXYAPATITE COATING OF Ti6Al4V MATERIAL SURFACE USING GLYCOLIC ACID – SODIUM GLUCONATE BUFFER SYSTEM	42
1. Introduction.....	42
2. Material and Method.....	42
3. Results and Discussion.....	44
4. References.....	47
YÜKSEKOVA (HAKKARİ) TURBA YATAĞININ JEOLojİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ	48
1. Giriş	48
2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Turba Oluşumu.....	50
2. Jeofizik Elektrik Özdirenç (DES) Ölçümleri	51



3. Sonuç	53
4. Kaynakça.....	53
TURUNÇGİL KABUKLARINDAN ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN <i>VERTICILLIUM DAHLIAE</i>'YE KARŞI BİOFUNGİSİDAL AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ.....	54
1. Giriş	54
2. Materyal ve Yöntem.....	54
3. Bulgular ve tartışma	55
4. Sonuç	57
5. Kaynaklar.....	57
BİTKİLERİN ETSETİK VE İŞLEVSEL ETKİLERİ: NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ	59
1. Giriş	59
2. Materyal ve Yöntem.....	59
3. Bulgular	60
4. Sonuçlar	65
5. Kaynakça.....	65
VERİ TABANINDAN RAPORLAMA YAPMAYI VE ERP GELİŞTİRMEYİ KOLAYLAŞTIRACAK ÖLÇEKLENEBİLİR PROGRAMLAMA DİLİ.....	66
1. Giriş	66
2. Materyal ve Yöntem.....	67
3. Sonuçlar	69
4. Kaynakça.....	69
YERLEŞKE PEYZAJ TASARIMI: HOPA YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ	70
1. Giriş	70
2. Materyal ve Yöntem.....	70
3. Bulgular	71
4. Sonuç ve Öneriler	73
5. Kaynakça.....	74
KIRKLARELİ İLİNDEKİ KATI ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI	75
1. Giriş	75
2. Örnek Çalışma : Kırklareli İl'inde Enerji Potansiyeli	78
3. Sonuçlar	79
4. Kaynakça.....	79
FRACTIONAL ORDER PROPORIONAL INTEGRAL CONTROL BASED ON BODE PLOT: FIRST ORDER PLUS TIME DELAY DC MOTOR.....	80
1. Introduction.....	80



2. Achieving Phase and Gain Specifications.....	81
3. DC Motor Model and FOPI Controller Design.....	81
4. Case Study	83
5. Conclusion	85
FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL DERIVATIVE CONTROL: ACHIEVING FREQUENCY SPECIFICATIONS FOR TIME DELAY MODEL IN THE FIRST ORDER.....	87
1. Introduction.....	87
2. Preliminaries and Controller Design	87
3. Application.....	90
4. Conclusion	90
5. References.....	91
STABILITY BOUNDARY LOCUS OF FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL FOR SECOND ORDER PLUS TIME DELAY MODEL.....	92
1. Introduction.....	92
2. FOPI Control Design	92
3. Example	94
4. Conclusion	96
5. References.....	96
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INTER-CELL INTERFERENCE ON ENERGY AND SPECTRAL EFFICIENCY IN MASSIVE MULTIPLE-INPUT AND MULTIPLE-OUTPUT SYSTEMS	98
1. Introduction.....	98
2. Spectral Efficiency – Energy Efficiency Trade-off.....	99
3. Inter-cell interference.....	99
4. Simulation results.....	99
5. Conclusions.....	103
6. References.....	103
EFFECT OF FIBER ORIENTATION ON FLEXURAL PROPERTIES IN UNIDIRECTIONAL CARBON-FIBER COMPOSITES	105
1. Introduction.....	105
2. Material and Methods	106
3. Results and Discussion.....	107
4. Conclusion	109
5. References.....	109
EVALUATION OF THE SURFACE ENERGY OF POLYSTYRENE/ORGANOZEOLITE NANOCOMPOSITE	111
1. Introduction.....	111



2. Materials and Methods.....	111
3. Results and Discussion.....	111
4. Conclusions.....	114
5. References.....	114
MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF POLYVINYL CHLORIDE /PERLITE NANOCOMPOSITE	115
1. Introduction.....	115
2. Materials and Methods.....	115
3. Results and Discussion.....	115
4. Conclusions.....	118
5. References.....	118
BARINMAYA ALTERNATİF STÜDYO DAİRELERİN MORFOLOJİK, BAĞLAMSAL VE SOSYOLOJİK ANALİZİNE İLİŞKİN NİTEL BİR ÇALIŞMA	119
1. Giriş	119
2. Konya Kenti'nde Stüdyo Daireler.....	120
3. Konya Meram İlçesinde Stüdyo Daireler.....	122
4. Sonuçlar	125
5. Kaynakça.....	125
YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜNÜN CBS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	127
1. Giriş	127
2. Yöntem.....	127
3. Bulgular	129
4. Sonuç	130
5. Kaynakça.....	131
BİR OKUL BİNASINDA BUZDA ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMİNİN SOĞUTMA MALİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI	132
1. Giriş	132
2. Materyaller ve Metodlar.....	134
3. Bulgular ve Tartışma.....	136
4. Sonuçlar	138
5. Kaynakça.....	138
DÜŞEY MANTOLU SICAK SU TANKINDA TANK İÇERİSİNE SİLİNDİRİK KAPSÜLLER İÇERİSİNDE PARAFİN YERLEŞTİRMENİN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI	140
1. Giriş	140
2. Materyal ve Metot.....	141
3. Bulgular ve Tartışma.....	143



4. Sonuçlar	145
5. Kaynakça.....	145
AKSARAY ÖRNEĞİNDE TARİHİ YAPILARIN YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA	147
1. Giriş	147
2. Aksaray’da Tarihsel Süreç Ve Korunması Gereken Kültür Varlıkları.....	147
3. Aksaray İl Merkezinde Tarihi Yapılar Ve Yeniden İşlevlendirme Eylemleri.....	148
4. Sonuçlar	153
5. Kaynakça.....	154
AUTOMATIC STUDENT ATTENDANCE SYSTEM WITH FACE RECOGNITION TECHNIQUE .	155
1. Introduction.....	155
2. Material and Methods	155
3. Conclusions.....	160
4. References.....	160
AN APPLICATION TO CONTROL FOR COMPUTER AND ENVIRONMENTAL DEVICES VIA VOICE COMMANDS	162
1. Introduction.....	162
2. Materials and Methods.....	163
3. Conclusions.....	166
4. References.....	166
ORMAN YOLLARININ TOPOLOJİK İLİŞKİLERİNİN AĞ ANALİZİ YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ (ILGAZ)	168
1. Giriş	168
2. Materyal ve Yöntem.....	168
3. Bulgular ve Tartışma.....	171
4. Sonuç ve Öneriler	172
5. Kaynakça.....	173
STRATEGIES FOR ENHANCED NITROGEN REMOVAL AT LOW TEMPERATURE	174
1. Introduction.....	174
2. Strategies for Increasing Nitrogen Removal at Low Temperature	175
3. Conclusions.....	177
4. References.....	177
FINE BUBBLE DIFFUSERS	180
1. Introduction.....	180
2. Diffuser Aerators	182
3. Fine Bubble Diffusers	182



4. Conclusions.....	185
5. References.....	185
SPOR MERKEZİNİN BENZETİM TEKNİĞİ İLE MODELLENMESİ VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ	186
1. Giriş	186
2. Kullanılan Yöntem ve Teknikler.....	187
3. Problemin Tanımı ve Amaçlar	190
4. Spor Merkezinin Modellenmesi	193
5. Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü.....	202
6. Sonuç ve Öneriler	205
7. Kaynakça.....	206
DETERMINATION OF COMPOST EFFICIENCY OBTAINED FROM SHEEP MANURE AND VEGETABLE-FRUIT WASTE MIXTURES.....	208
1. Introduction.....	208
2. Material and Method.....	210
3. Findings and Discussion	211
4. Results.....	213
5. References.....	214
TOKAT İLİ HAVA KALİTESİNİN 2012-2017 YILLARI ARASINDA SO₂ VE PM₁₀ YÖNÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	215
1. Giriş	215
2. Materyal Metot.....	219
3. Bulgular	219
4. Sonuçlar	221
5. Kaynaklar.....	221
5G VE ÖTESİ SİSTEMLERDE HİBRİT BİR YÖNTEMLE ETKİN PİLOT KİRLİLİĞİ AZALTMA YAKLAŞIMI.....	223
1. Giriş	223
2. Teorik Analiz	224
3. Hibrit Pilot Atama Şeması	225
4. Benzetim Sonuçları Ve Tartışmalar	226
5. Sonuçlar	228
6. Kaynakça.....	228
KÜLTÜREL MİRASIN YENİDEN KULLANIMINDA ÖZGÜNLÜK SORUNSALI; KONYA (SİVİL MİMARLIK YAPILARI) ÖRNEĞİ	229
1. Giriş	229
2. Koruma Ve Korumamın Bir Bileşeni Olarak Yeniden Kullanım Kavramı.....	229



3. Alan Çalışması	231
4. Sonuçlar	235
5. Kaynakça.....	236
ISI YALITIM LEVHASI ÜRETİMİ ŞİŞİRME PROSESİNDE BONCUK YOĞUNLUĞUNUN TAHMİNİ.....	238
1. Giriş	238
2. Veri Madenciliği	239
3. Uygulama.....	240
4. Sonuç ve Bulgular.....	241
5. Kaynakça.....	242
FREZE BIÇAĞI İLE KESİM YÖNTEMİNİN DAİRE TİPİ TESTERE MAKİNESİNDE UYGULANABİLMESİ İÇİN BİR APARAT GELİŞTİRİLMESİ.....	244
1. Giriş	244
2. Daire Testere Tanıtımı	245
3. CNC Router Tanıtımı.....	245
4. Freze Tanıtımı	246
5. Kesim Yöntemlerinin Avantajları Ve Dezavantajları	246
6. Tasarlanan Aparatın Prensibi	247
7. Sonuçlar	248
8. Kaynakça.....	249
MERSİN'DE BAMYA YETİŞTİRİCİLİĞİNİN MEVCUT DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ	250
1. Giriş	250
2. Bitkisel Özellikleri ve Çiçek Yapısı.....	250
3. Tohum ekimi, Yetiştiriciliği ve Kültürel İşlemleri.....	251
4. Hasat ve Değerlendirilmesi	252
5. Sonuç, Tartışma ve Öneriler	253
6. Kaynaklar.....	255
EPOKSİ MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ATIK FINDIK KABUĞU VE ÇAM KOZALAĞI MİKTARININ ETKİSİ.....	256
1. Giriş	256
2. Malzeme ve Yöntem	257
3. Sonuçlar ve Tartışma	258
4. Kaynakça.....	259
SERAMİK İÇ CEPHE KAPLAMALARININ YÜZEYLERİNDE KULLANILAN HİDROFOBİK KAPLAMA MALZEME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	261
1. Giriş	261



2. Malzeme ve Yöntem	261
3. Bulgular ve Tartışma.....	263
4. Sonuçlar	265
5. Kaynakça.....	265
SULTAN SAZLIĞI MİLLİ PARKI İÇİN EKOTURİZM OLANAKLARININ BELİRLENMESİ	266
1. Giriş	266
2. Materyal	266
3. Yöntem.....	267
4. Araştırma Bulguları.....	268
5. Sonuçlar	269
6. Kaynaklar.....	269
EMULSIFYING PROPERTIES OF PROTEIN/POLYSACCHARIDE COMPLEXES PREPARED BY PEA AND SOY PROTEIN ISOLATE	271
1. Introduction.....	271
2. Materials and Methods.....	271
3. Results.....	272
4. Conclusion	272
5. References.....	273
<i>PROSOPIS FARCTA</i> (BANKS & SOL.) J.F.MACBR. BİTKİSİNİN YAPRAK VE MEYVE EKSTRAKTLARININ <i>PHYTOPHTORA İNFESTANS</i> (MONT.) DE BARY'E KARŞI ANTİFUNGAL AKTİVİTESİ.....	274
1. Giriş	274
2. Materyal ve Metot.....	274
3. Bulgular ve Tartışma.....	275
4. Sonuç	277
5. Kaynaklar.....	277
BOR ATIKLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIM POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ .	278
1. Giriş	278
2. Bor ve Bor atığı.....	278
3. Bor Atıklarının İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli.....	283
4. Sonuçlar	285
5. Kaynakça.....	285
YAPAY PUZOLAN OLAN UÇUCU KÜLÜN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ	288
1. Giriş	288
2. Materyal ve Yöntem.....	289



3. Araştırma Sonuçları ve Değerlendirme.....	291
4. Sonuç ve Öneriler	292
5. Kaynakça.....	292
DP600 VE DP1000 ÇİFT FAZLI ÇELİK MALZEMELERİN U-BÜKME İŞLEMİNDE GERİ ESNEMENİN AZALTILMASI	294
1. Giriş	294
2. Bükme Analizleri.....	295
3. Varyans Analizi	297
4. Sonuç ve Tartışma.....	300
5. Kaynakça.....	300
EFFECTS OF DBD PLASMA VORTEX GENERATORS ON LIFT AND DRAG COEFFICIENTS OF A NACA0012 AIRFOIL	301
1. Introduction.....	301
2. Experimental Setup	301
3. Result and Discussion	303
4. Conclusion	304
5. References.....	304
REVIEW OF ACTIVE AND PASSIVE FLOW CONTROL TECHNIQUES FOR AVIATION APPLICATIONS.....	305
1. Introduction.....	305
2. Flow Control	305
3. Active Flow Control.....	305
4. Actuators.....	306
5. Passive Flow Control	306
6. Flow Separation	306
7. Conclusion	307
8. References.....	307
APPLICATION OF THE GREY FORECASTING MODEL ON FLOW STRUCTURES	309
1. Introduction.....	309
2. The Boundary Value Problem for Sectorial Cavity	309
3. The Same Flow Structures	310
4. Grey Modeling Theory.....	313
5. Application and Conclusions	314
6. References.....	315
KENT PARKLARINDA KULLANILAN DONATI ELEMANLARININ ERGONOMİK ÖZELLİKLERİNİN BİNGÖL PARKLARI ÖRNEĞİNDE İRDELENMESİ	316



1. Giriş	316
2. Materyal ve Yöntem.....	317
3. Araştırma Bulguları.....	318
4. Sonuç ve Öneriler	323
5. Kaynaklar.....	324
A MULTI-PLATFORM BASED IMAGE PROCESSING TOOL.....	325
1. Introduction.....	325
2. The Operations.....	325
3. The Developed Tool.....	331
4. Conclusions.....	334
5. References.....	334
DEMİROKSİT KAPLI SEPİOLİT KATALİZÖR ÜZERİNDE CİBACRON RED P-4B AZO BOYASININ KATALİTİK ISLAK PEROKSİT OKSİDASYONU	336
1. Giriş	336
2. Materyal ve Yöntem.....	336
3. Sonuçlar ve Tartışma	337
4. Sonuçlar	339
5. Kaynakça.....	339
BATI KARADENİZ ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE TERCİH EDİLEN HAMMADDE KAYNAKLARI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR	340
1. Giriş	340
2. Önceki Çalışmalar	341
3. Materyal ve Metod.....	342
4. Bulgular	343
5. Sonuçlar	344
6. Kaynakça.....	345
7. Ekler.....	346
AMASYAİLİ MERKEZ İLÇESİNDE BUĞDAY ÜRETİMİ VERİMİNİN BULANIK MANTIK İLE TAHMİN ANALİZİ.....	348
1. Giriş	348
2. Yöntem.....	348
3. Bulanık Mantık Sistemler	350
4. Verilerin Analizi:	350
5. Sonuç	353
6. Kaynaklar.....	353



SİĞİL TEDAVİSİNDE KULLANILAN KRİYOTERAPİ YÖNTEMİNİN UYGUNLUĞUNUN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ.....	355
1. Giriş	355
2. Metaryal ve Yöntem.....	356
3. Bulgular Tartışma	357
4. Sonuç	359
5. Kaynakça.....	359
SOSYAL MEDYA PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİ TAHMİN ETMEK İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI	361
1. Giriş	361
2. Metaryal ve Yöntem.....	362
3. Bulgular Tartışma	365
4. Sonuç	367
5. Kaynakça.....	367
AKILLI ÇÖP KUTULARI VE TASARRUF	369
1. Giriş	369
2. Akıllı Çöp Kutuları	369
3. Kaynakça.....	371
ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK GEZGİN SATICI PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ.....	372
1. Giriş	372
2. Gezgin Satıcı Problemi (GSP) Matematiksel Modeli	372
3. Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA).....	373
4. Deneysel Çalışmalar	374
5. Sonuç	375
6. Kaynakça.....	375
BULANIK MANTIK TABANLI TEK BÖLGELİ YÜK FREKANS KONTROLÜ	377
1. Giriş	377
2. Yük Frekans Kontrolü.....	378
3. Simülasyon Sonuçları	380
4. Sonuç	381
5. Kaynakça.....	381
GENETİK ALGORİTMA TABANLI İKİ NOKTA ARASINDA EN KISA YOL BULMA	383
1. Giriş	383
2. Genetik Algoritma	384
3. Simülasyon sonuçları	387



4. Sonuç	391
5. Kaynakça.....	391
KİREÇ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KİLLİ BİR ZEMİNİN, RİJİT VE ESNEK ÜSTYAPILARIN KALINLIKLARINA VE MALİYETLERİNE ETKİSİ	393
1. Giriş	393
2. Materyal ve Metot.....	394
3. Bulgular ve Tartışma.....	396
4. Sonuçlar ve Öneriler	400
5. Kaynaklar.....	400
DOCOL 1400 SAC MALZEMESİNİN ŞEKİLLENDİRİLEBİLİRLİK VE GERİ ESNEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ	402
1. Giriş	402
2. Materyal ve Metot.....	403
3. Sonuç ve Tartışma.....	404
4. Sonuçlar	406
5. Kaynaklar.....	406
HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BIOŠTICA RIVER BASIN IN THE ZONE OF THE CERUSSITE MINE IN OLOVO(BOSNIA AND HERZEGOVINA)	408
1. Introduction.....	408
2. Basic Characteristics Of The Bioštica River Basin.....	409
3. The Zelene Vir Orographic, Hydrographic and Geomorphological Characteristics of The Terrain.....	410
4. Geological and Tectonic Characteristics.....	411
5. Hydrogeological Characteristics of the Terrain	413
6. Conclusion	415
7. References.....	416
FONKSİYONEL OLARAK TASARLANMIŞ BİR KOLTUĞUN MTM METODU (ÖNCEDEN SAPTANMIŞ ZAMANLAR) İLE İŞLEVSELLİK AÇIDAN ANALİZİ	417
1. Giriş	417
2. Materyal- Yöntem.....	419
3. Bulgular	419
4. Sonuç ve Değerlendirme.....	422
5. Kaynaklar.....	422
5 S METODU İLE BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE KESİMHAHENİN İŞYERİ DÜZENLEMESİ ÖRNEĞİ	423
1. Giriş	423
2. Materyal- Metot	425
3. Bulgular	427



4. Sonuç ve Değerlendirme.....	430
5. Kaynaklar.....	430
KONFEKSİYON VE HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDEKİ SON TEKNOLOJİK YENİLİKLER	431
1. Giriş	431
2. Teknolojik Gelişmeler.....	431
3. Sonuçlar	435
4. Kaynakça.....	436
RAINFALL- RUNOFF MODELING USING CROSS WAVELET TRANSFORM.....	437
1. Introduction.....	437
2. Theory	438
3. Materials and methods	440
4. Results and discussion	443
5. Conclusion	447
6. References.....	447
ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YAKLAŞIMLARI KULLANILARAK TARİHİ ESER RESTORASYONU İÇİN MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRME	448
1. Giriş	448
2. Artırılmış Gerçeklik	449
3. Coğrafi Bilgi Sistemleri	450
4. Tarihi Eser Restorasyonu İçin Geliştirilen Mobil Uygulama.....	451
5. Sonuç	455
6. Kaynakça.....	455
GÜNEŞ ENERJİSİ SİMÜLASYON PROGRAMLARININ GERÇEK VERİLERLE DOĞRULUK ANALİZİ.....	456
1. Giriş	456
2. Materyal ve Yöntem.....	458
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma	460
4. Kaynakça.....	466
SİALON-TİN KESİCİ UÇLARIN AL₂O₃-SİC_w UÇLARA KARŞI SÜPER ALAŞIMLARIN İŞLENMESİNDE KESME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	468
1. Giriş	468
2. Deneysel Çalışmalar	470
3. Bulgular ve Tartışma.....	471
4. Sonuçlar	474
5. Kaynakça.....	474
SPARK PLAZMA SİNERLEME İLE SİALON-GRAFİT KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ.....	475



1. Giriş	475
2. Deneysel Çalışmalar	476
3. Sonuçlar	479
4. Kaynakça.....	479
RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ARRAY ANTENNA DESIGN AT 10 GHZ FOR AEROSPACE APPLICATIONS	480
1. Introduction.....	480
2. Microstrip Antenna	480
3. Microstrip Antenna Design	481
4. Results.....	486
5. References.....	487
OLASI BİR DEPREM SONRASI YARDIM ARAÇLARI İÇİN CBS TEMELLİ ROTALAMA: İSTANBUL İLİ UYGULAMASI	488
1. Giriş	488
2. Literatür Araştırması	489
3. Metodoloji.....	490
4. İstanbul İli Uygulaması.....	491
5. Sonuçlar	494
6. Kaynakça.....	494
PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BAL PETEĞİ YAPISININ KULLANIM ALANLARININ İNCELENMESİ.....	496
1. Giriş	496
2. Bal Peteği Yapısı.....	496
3. Sonuçlar	502
4. Değerlendirme.....	503
5. Kaynakça.....	503
AL-SÜTUNLU KİL DESTEKLİ HPA KATALİZÖRÜNÜN HİDROTERMAL SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU	504
1. Giriş	504
2. Deneysel Çalışma.....	504
3. Deneysel Bulgular.....	506
4. Tartışma ve Yorum	510
5. Sonuç	510
6. Kaynakça.....	510
YENİDEN KULLANIMA ADAPTASYONDA GELENEKSEL KONUT MEKÂN ORGANİZASYONLARININ MEKÂN DİZİM YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	512
1. Giriş	512



2. Yeniden Kullanım Kavramı	512
3. Alan çalışması	513
4. Değerlendirme ve Sonuçlar	515
5. Kaynakça	516
PERFORMANCE ANALYSIS OF UNIVERSAL FILTERED MULTICARRIER WAVEFORM UNDER SOLID STATE POWER AMPLIFIER	517
1. Introduction	517
2. UPMC signal generation	518
3. Signal amplification procedure in the SSPA	519
4. Simulation results	520
5. Conclusions	522
6. References	523
YEŞİL BİNALARIN ENERJİ ETKİNLİĞİNDEKİ ROLÜ	524
1. Giriş	524
2. Yeşil Binalar	524
3. Sonuçlar	528
4. Kaynakça	528
ÜNİVERSİTELER İÇİN ACİL DURUM EYLEM PLANI	530
1. Giriş	530
2. Materyal ve Metot	530
3. Araştırma Bulguları ve Tartışma	531
4. Sonuçlar	532
5. Kaynakça	533
İNDÜKSİYON BOBİN TASARIMININ ISITMA, SİNERLEME VE KAYNAK PROSESLERİNE ETKİLERİ	534
1. Giriş	534
2. Materyal ve Metot	534
3. Araştırma Bulguları ve Tartışma	537
4. Sonuçlar	538
5. Kaynakça	538
OCCURRENCE OF A CYBER SECURITY ECO-SYSTEM: A NATURE ORIENTED PROJECT AND EVALUATION OF AN INDIRECT SOCIAL EXPERIMENT	540
1. Introduction	540
2. A Project in the Nature: A Cyber Security Adventure	541
3. Findings from the Project	543
4. Occurrence of a Cyber Security Eco-system in the Project	544



5. Conclusions and Future Work.....	545
6. References.....	546
İPEK ÜRETİMİ YAPAN ENDÜSTRİ MİRASI YAPILARIN "EĞİTİM YAPISI" OLARAK İŞLEVLENDİRİLMESİ: FABRİKA-İ HÜMAYUN – FARUK SARAÇ TASARIM MESLEK YÜKSEKOKULU DÖNÜŞÜMÜ.....	549
1. Giriş	549
2. Genel Tanım ve Kavramlar	550
3. Araştırma Bulguları ve Değerlendirme	551
4. Sonuç	558
5. Kaynaklar	558
TÜRKİYE’DE PREFABRİK BETON YOL TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE UYGULAMA ALANLARINA YÖNELİK ÖNERİLER	559
1. Giriş	559
2. Prefabrik Beton Yol Teknolojisine Genel Bir Bakış	559
3. Prefabrik Beton Yol Uygulama Türleri.....	561
4. Ülkemizde Prefabrikasyon Teknolojisinin Durumu ve Prefabrik Yol Yapımında Kullanımına Yönelik Öneriler	565
5. Özet ve Sonuç	566
6. Kaynakça.....	567
ÜNİVERSİTELERDE ENGELLER? SİİRT ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ	568
1. Giriş	568
2. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü Yerleşkesi	568
3. Sonuç ve Değerlendirme	573
4. Kaynakça.....	574



SÖZLÜ SUNUMLAR / ORAL PRESENTATION

SÖZLÜ SUNUMLAR ORAL PRESENTATION



WEB-BASED REMOTE CONTROL OF A DIGITAL MICROSCOPE SYSTEM

Abdullah Elen^{1*}, M. Kamil Turan²

¹ Karabük University, Vocational School of T.O.B.B. Tech. Sci., Department of Computer Tech.

aelen@karabuk.edu.tr

²Karabük University, Faculty of Medicine, Department of Medical Biology

kamilturan@karabuk.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

Today's technologies are examined, remote control systems come to the forefront in terms of increasing user comfort and reducing the time cost. To take advantage of remote-control systems, an internet connection, infrared, bluetooth, GSM, radio frequency receiver/transmitter etc. wireless communication technologies are needed. Devices controlled through such systems can use efficiently as if you were near them even if they are in different locations. It is also important to use this technology for hazardous or risky situations in human health. In this study, remote control of a digital microscope system was developed as a prototype of peripheral blood smear slides. A web-based application was developed to provide this control. The method consists of two parts as server and client application. Control of the microscope system is provided by the client to send commands to the server via the Internet. Thus, a specialist physician will be able to perform blood analysis of patients from his own office without going to the laboratory.

Keywords: *Microscope, Hematology, Blood Film, Remote Control, Remote Controlled Laboratory.*

1. Introduction

Remote control can be defined briefly as a control of an operation at a certain distance. This control contains a connection between a device to be operated and control devices [1]. Remote controlled laboratories are always one of the complementary elements of the real laboratory. Today, the opportunities offered by computer and communication technologies are constantly expanding as in all areas of our life, this technology in the field of medicine has a lot of convenience and facilities. Thanks to these technologies, which are used in many devices developed especially for medical diagnosis and treatment purposes, doctors can make more accurate diagnoses and treatment processes of patients are shortened. But this is a fact that should not be forgotten; no matter how detailed the medical tests are, the evaluation and diagnosis of these results are carried out by specialist physician. The concept of remote controlled laboratory emerged in the 1990s. Laboratories are developed in the fields of analog and digital electronics, programmable logic and process control. The best alternative to real physical labs is the latest technology developed with modern technology Remote Controlled Laboratories. The number and application areas are increasing every day very quickly. Firstly, the countries that developed the remote controlled laboratory and the number of these laboratories are as follows: USA 5, Colombia 6, Spain 7, Portugal 8, Italy 9 and Korea 4 [2]. For remote controlled laboratory, web based, reliable, scalable, multi-user and multi-device ideal software is needed. Remote controlled laboratories are used in many areas, primarily in control engineering, robotics and chemical engineering. Recently, remote access applications have started to be used in security systems. Thus, people have been able to remotely control the places they live, the places they work or where they want, thanks to these technologies. Many hazardous operations in industrial applications have been made less risky with the use of remote and intelligent control systems.

A remote controllable microscope system was developed over the internet to allow pathologists to diagnose remotely. In addition, problems related to this system, such as determining the network bandwidth and video compression are discussed. The components of this system include a remote control, a microscope, a video processing system, a communication connection and a user interface [3]. In a different system managed over the network, the monitoring platform was provided to monitor the living cells used in the study area of cellular network Dynamics [4]. It is emphasized that it is not so difficult to carry high-quality video images with a content management and remote controlled microscope for medical use. It was argued that IPv6 network technology would provide this ease [5]. In the study called as network access device over the Internet architecture, a microscope was developed using technology. This study focuses on the advantages and limitations of network accesses [6]. Apart from optical microscope systems, studies were carried out for remote control of electron microscopy. A remote control system for the scanning electron microscope was developed. This system can be accessed by anyone via the web browser. The performance of the remote control operation was checked. By improving the image transfer method, focus adjustment, scene movement etc. was done via internet [7]. Choi J., Kang W.Y. et al., on the internet based Online database application for the purpose of storing data on patients with Artificial Heart. Patient data was saved via serial communication protocol using RS232 over a speed of 115,200 bps and recorded on a server on the network. The system enabled the specialists in the distant center to evaluate the data via internet [8]. Lew and Moghavvemi, after receiving the heart signals of the patient with their study, transmitted the FM transmitter wirelessly to the receiving side. They registered a PIC16F877-based processor via RS232 on a computer [9]. Atapattu and Mitrani, with the application they developed using LABVIEW, they transferred the patient information to the LAN using DataSocket. They aimed at collecting data in a database and presenting necessary ECG data to clinical researchers and other hospital staff [10]. Warren et al. tried to reduce the cost of imaging systems using wireless communication. Using LabVIEW, they sent their electrocardiographic signals and oximeter pulses from the local computer to the remote MySQL database



[11]. Mendoza et al. designed a system that obtained signals, recorded, viewed and sent to any site over the internet. The system consists of three parts: sensors, analog signal processing and graphical user interface. User interface design was done with LabVIEW program [12]. Reske and Moussavi conducted a study on web based remote heart signal imaging system. The aim of this study is to ensure the continuity of the health service and to reduce the cost. LabVIEW visual programming language was used for TCP/IP Server-Client communication [13]. Kho et al. in their papers relating to remote monitoring of vital biological signals; they simultaneously transferred the patient data to the remote system using two types of data acquisition cards [14]. Bayhan and Soğukpınar, after receiving the data from the patient with standard clinical devices, recorded it in the database on the server. They used an interface with ADC (Analog/Digital Converter) for data transfer between clinical devices and computers. When the patient and the doctor were in different physical positions, they were contacted by specialist physicians for the purpose of diagnosing and treating the medical data from the patients [15].

In this study, we introduced a web-based application designed for remote control of a fully automated microscope system that we have previously developed. The application interface was developed on the C # .NET platform for the server software and a database was created on the SQL Server to meet the requests from the web interface. Control of the microscope system was done in real time with server/client applications.

2. Materials and Methods

The following features of the system developed as a prototype were introduced; Microscope system-related features, server and client application structure and web-based remote control structure of the system.

2.1. Prototype Microscope System

In our previous study, a low-cost prototype was developed for a fully automated digital microscope system (FADMS) [16]. Microscopes are complex mechanisms that work precisely at the micro level. Therefore, the error of the system to be designed must be at the micro level or lower. This is the most important and fundamental element in the realization of FADMS. In addition, the system represents a complex problem involving many scientific fields and engineering disciplines such as mechanics, electricity, electronics, optics and software. In the mechanical design process of FADMS, cost, flexibility and portability were taken into consideration in micro precision. Figure 1 shows the components (microscope stage with 3-well, two-axis micrometric positioner, optical system: digital camera, microscope objective and assembled microscope system) of the FADMS developed as a prototype.

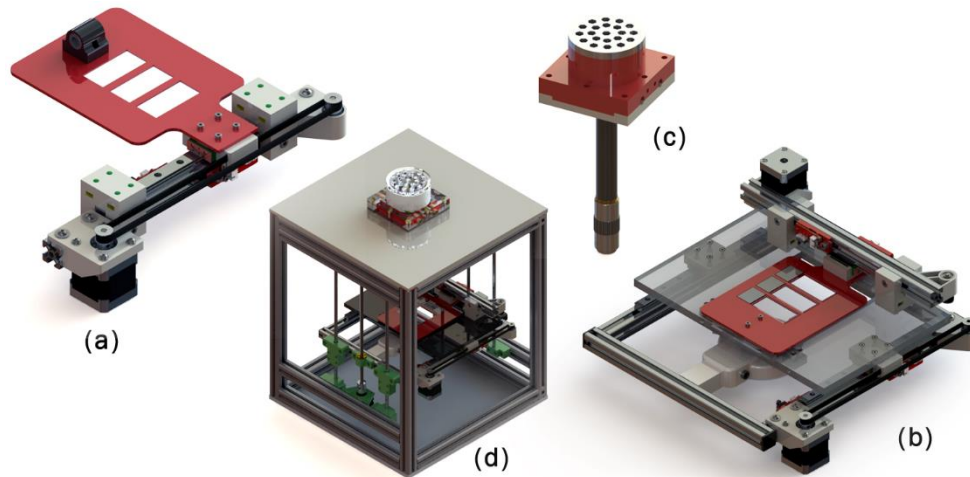


Figure 1: Prototype design; (a) microscope stage with 3-well, (b) two-axis micrometric positioner, (c) optical system: digital camera and objective, (d) assembled microscope system.

FADMS operates in 3-axis. The X and Y axes are used to examine the sample in 2-dimensional horizontal plane and the Z-axis to focus on the microscope slide. In the systems of FADMS, stepper motor, ball screw and pulley assemblies are used. Aluminum sigma profile was used because of the low cost of the structural frame. Preparation tray, 4x, 10x, 40x and 100x microscope objective and 16MP color scientific camera were used for the preparation system. The total weight of the device is approximately 14 kg. This system has 3 programmable preparation slots and is arranged as an optical device in a static manner.

2.2. Complete Microscope System

We first developed FADMS so that peripheral blood smear samples can be converted to digital images. Then, we developed a method using image processing techniques for segmentation of microscopic blood images as erythrocyte, leukocyte and blood scales [17]. In the next step, we separated segmented leukocyte cells into subclasses using machine learning algorithms [18]. In the final stage, we developed a web interface which is necessary for the remote control of the developed microscope system and turned it into a totally automated and intelligent control system. All of these processes are performed real time as shown in Figure 2.



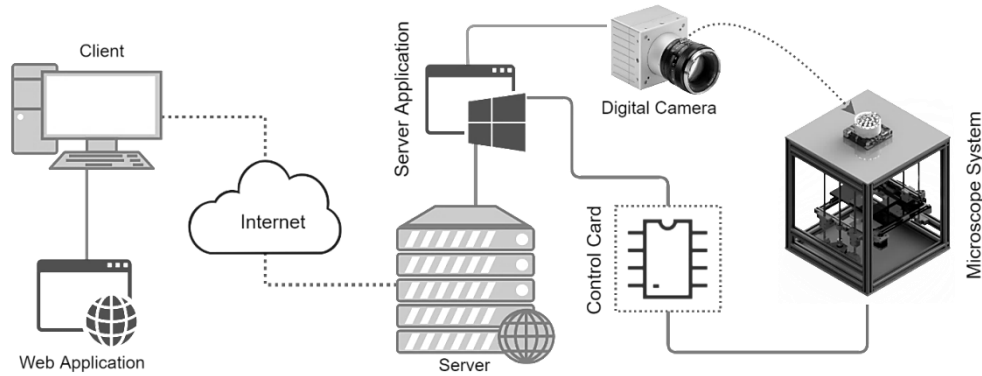


Figure 2: General diagram of the complete microscope system.

2.3. Web-based Remote Control

For the remote control of FADMS, there is an application that meets the server-side command requests and performs the actions that should be performed as a result of these requests. In addition, a database was created on the server side with specialist physician and patient information. Figure 3 shows the E-R diagram of the database created for FADMS. In this database; *Users* table contains information from specialist physicians who access the system remotely, *Patients* table contains the patient's personal information, *MedicalInfo* table contains the patient's blood count results, *ActiveCommands* table contains the command information sent by the client (expert physician) and *Constants*. table contains some constant definitions.

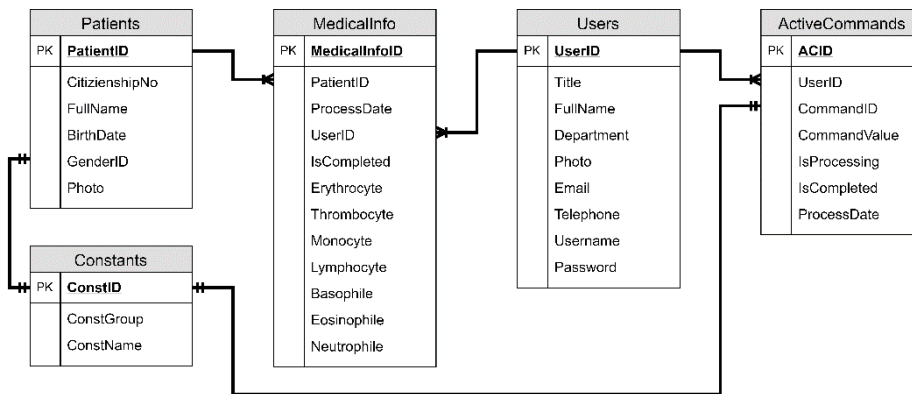


Figure 3: E-R diagram of the database schema of the FADMS.

The *Listener()* function in the server application continuously monitors changes in the *ActiveCommands* table. A new record is added to this table when a new command request is made by the client. Listener queries whether there are active commands by triggering the Stored Procedure whose code is given in SQL 1. If there is an active command at the end of the query, it is passed to the FADMS control card by the server application. This ensures the control of the microscope.

SQL 1. Stored Procedure (*Get active command*)

```

1: Select Top (1)
2:   UserID,
3:   CommandID,
4:   CommandValue,
5:   dbo.GetConstName(CommandID) As [ActiveCmd]
6: From
7:   [dbo].[ActiveCommands] With (Nolock)
8: Where
9:   IsProcessing = 0 And
10:  IsCompleted = 0
11: Order By
12:  ProcessDate;
```

On the client side, an AJAX-based web application was developed with the Microsoft .NET Framework for remote control of FADMS. The specialist physician who is logged on to the system can see the user information, patient records and detailed blood analysis. An interface that can remotely control FADMS can be accessed via the “Online Microscope” menu. Remote control system, consists of



two sections, including the server and client as shown in Figure 4. The server-side application is constantly listening to requests from clients.

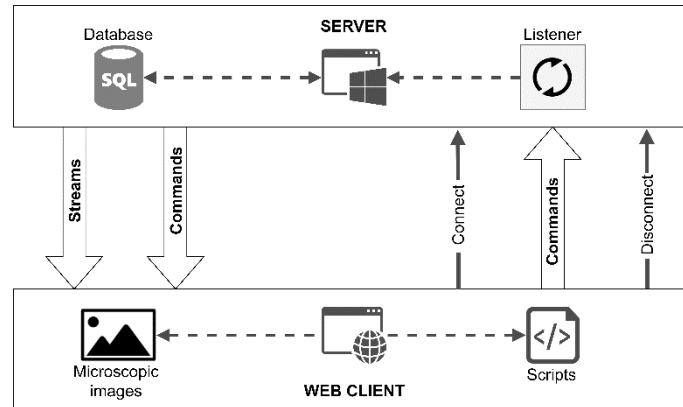


Figure 4: Remote control system.

This is done according to the user information and command requests (ActiveCommands) table defined on the database. If a new command request is notified by a user, the status is checked by the listener and the server application passes the necessary instructions to the control card of the FADMS. On the client side, the web application has a CPanel that can control the FADMS for the specialist physician log on to the system. Each process is performed asynchronously in the background. Command requests sent by the user are forwarded to the server using the command numbers in the “Command ID” column as shown in Figure 5. There are two types of commands that report and process. If a command sent to the server has succeeded, it is instantly notified back to the client. Feedback is also provided when an unsuccessful process occurs. When the command is forwarded to the server side, it is written to the table where the command requests are present in the database. If there is any change in this table, it is noticed by the listener. As a result, the command of the server is transmitted to the control card connected to the microscope system for processing. The IDs in Figure 5 are also the command set used by the server application in serial communication with the control card.

Type	Command ID	Command Name	Description
Status	0×010	Cmd_StatusRequest	A command request was made.
	0×020	Cmd_StatusResponse	Response of the processed command.
	0×030	Cmd_StatusCompleted	The command completed successfully.
	0×040	Cmd_StatusFail	Command processing failed.
Process Commands	0×100	Cmd_StopAll	Stop the whole system.
	0×200	Cmd_LocateBloodFilm	Locate the system on the target slide.
	0×300	Cmd_MoveX	Move in the X-axis.
	0×310	Cmd_MoveY	Move in the Y-axis.
	0×320	Cmd_MoveZ	Move in the Z-axis.
	0×400	Cmd_GetX	Get position of the X-axis.
	0×410	Cmd_GetY	Get position of the Y-axis.
	0×420	Cmd_GetZ	Get position of the Z-axis.
	0×500	Cmd_GetFocusVal	Get focus value.
	0×510	Cmd_FocusStart	Start auto focus.
	0×520	Cmd_FocusStop	Stop auto focus.
	0×600	Cmd_LocateObjective	Locate the objective on the current slide.
	0×610	Cmd_LocateInitPosition	Locate the system to initial position.
	0×700	Cmd_OpenLamp	Open Lamp
	0×710	Cmd_StopLamp	Stop Lamp

Figure 5: Status and process command-set used in remote-control and serial communication.

For the specialist physician who accesses FADMS remotely (via the web), there is a panel that can be used to control the microscope system shown in Figure 5 in real time. The following information of the blood smear preparation of a patient is seen through this panel; Position in horizontal axis (X and Y), focal length in vertical axis (Z), magnification of lens, movement step/position number in horizontal and vertical axes.



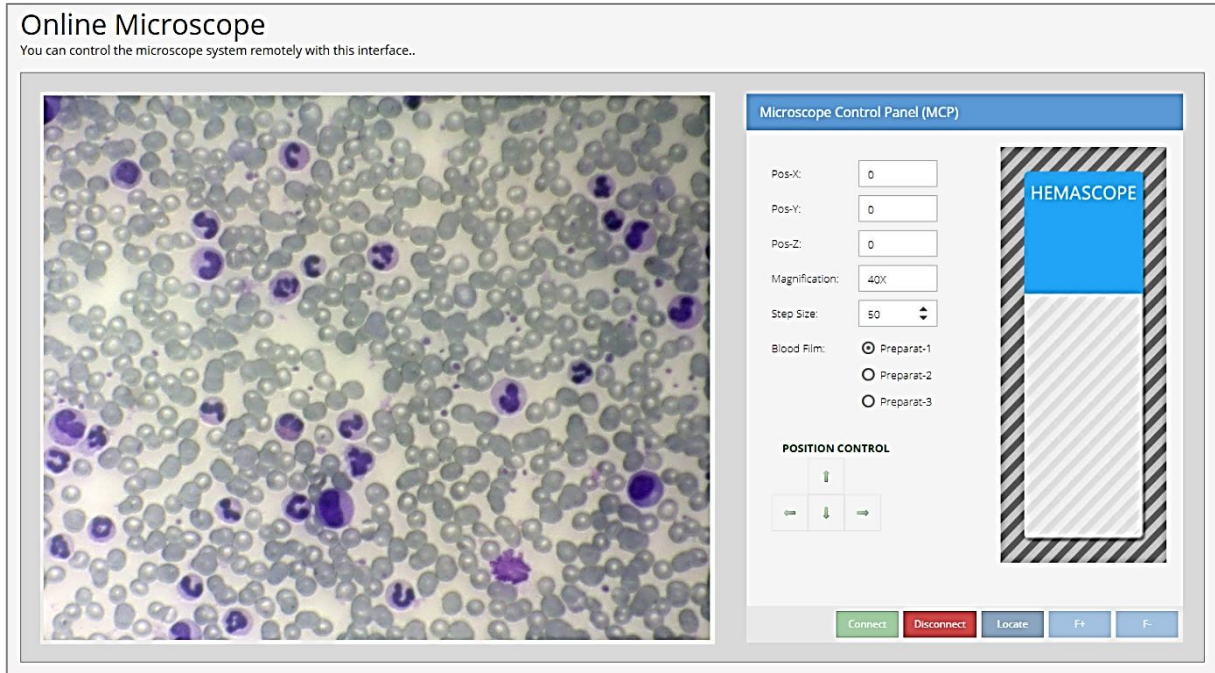


Figure 6: Real-time remote control panel of the microscope system.

By means of the control mechanism, it is possible to determine which sample to be placed on the preparation tray (by moving the system in the east, west, north and south directions), navigating the preparation tray and adjusting the focus on the examined area. Another feature of the client application is that there is an information screen where specialist physician information is displayed and can edit user information when required. Figure 7 shows the information screen of a specialist physician.

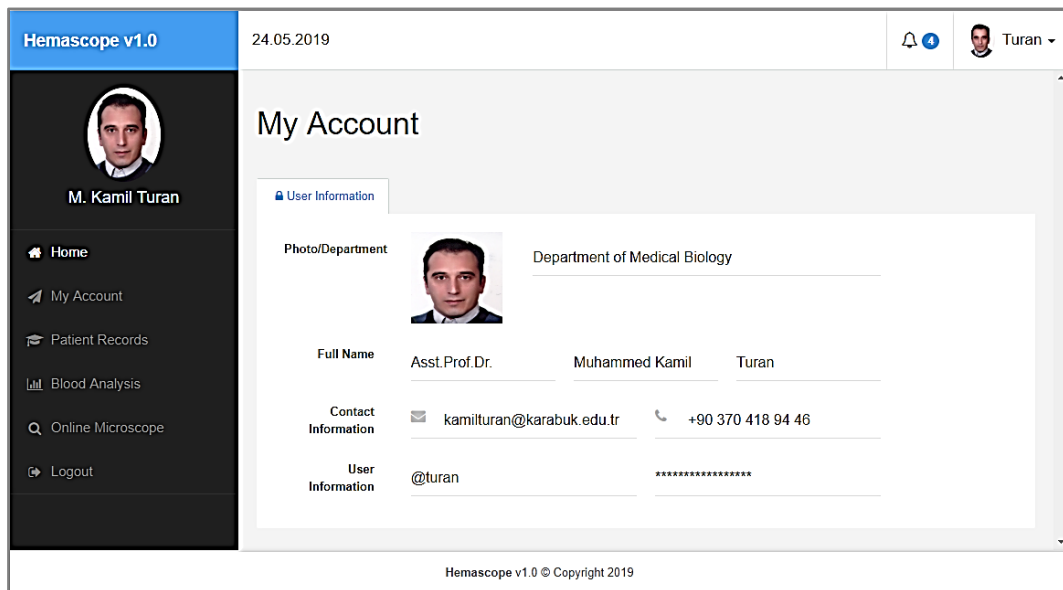


Figure 7: User information screen of the specialist physician who logged in the system.

Figure 8 shows the numerical results of a blood smear from a patient. The information is the data stored in the database after the patient's blood counts are made. The lower classes of the patient's erythrocyte, thrombocyte and leukocyte cells (monocyte, lymphocyte, basophile, eosinophile and neutrophile) are presented graphically. The patient's personal information and clinical information are also shown on the right side of the figure.



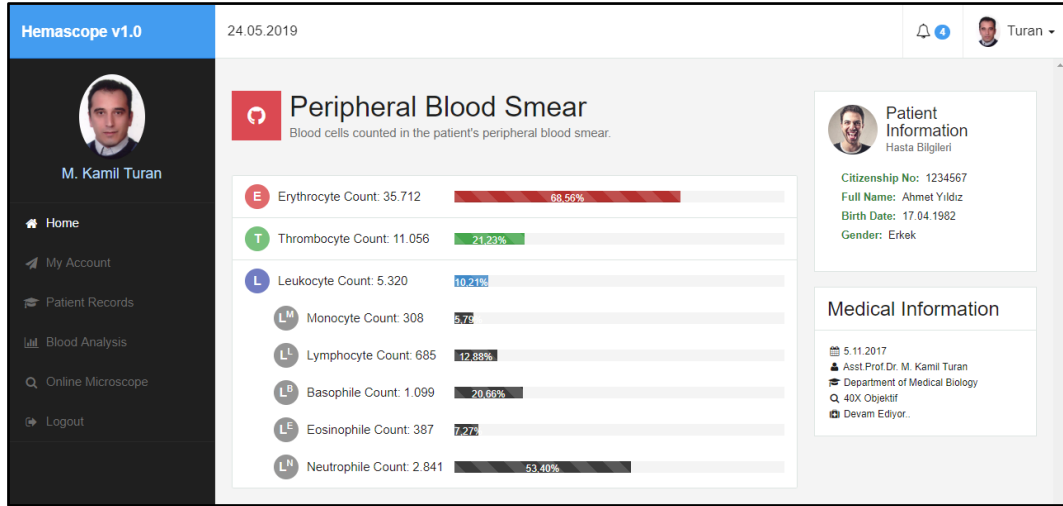


Figure 8: Detailed blood smear results of a patient.

3. Conclusions

As a prototype device, FADMS stands out with the following characteristics: Programmable multi-preparation chamber with the analysis of blood images belonging to more than one patient automatically; It can be controlled remotely for specialists or healthcare professionals in different locations; Low cost system. Software FADMS includes the following features; the ability to classify and count blood cells without any intervention; To report the results of the same patient by storing the results of the analysis on a database; Thanks to its web-based application, it is a system that can be controlled remotely by eliminating place dependence. The average cost of FADMS is around TL 3,500-4,000 except for optical system (camera, lens, extension tube). As the cost of the optical system increases, the total quality of the system increases. The total cost with the optical system is around 12.000 TL. It is quite successful in terms of cost and quality of work that made. Medical device sector is growing rapidly in the world. There are countries like Japan, the European Union and China that have been prioritizing the sector for many years. These countries have high rates in the world medical device market according to the market share they have reached. In our country, approximately 25% of medium and large sized companies operating in the health sector can produce medical devices. In addition, the share of the total biotechnology patents in the world is very low as 0.02%. The value created in the world medical device industry sector is below 1%. This means that almost all medical device products are imported. As a result of the production of medical devices in Turkey it shows that there is still at the desired level. The sector is technologically significant externally dependent. From this point of view, it is thought that the developed system will constitute an important value for our country's health sector.

Acknowledgements

This work was supported by research fund of the Karabük University, Project Number: KBÜ-BAP15/2-DR-003.

4. References

- [1]. IEEE, 1984. IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms., The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc., New York. 1984.
- [2]. Özkul, A. E., "E-Öğrenme ve Mühendislik Eğitimi", Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu, Ankara, 2003.
- [3]. Waddel, M. B., "Real Time Remote Microscope Control Over the Internet", Department of Electrical and Computer Engineering, Master of Science, In the Graduate College the University of Arizona, 1992.
- [4]. Noronha, V., Yarman, C. E., J. Yasha Kresh, Onaral B., Remote Monitoring of Cellular Network Assembly and Function, Papers from the 23rd Annual International Conference of The IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, October 25-28, 2001, Istanbul, Turkey.
- [5]. Kidawara Y., Shinomiya S., Sakurada T. Nagata H. Nakagawa S. Device Cooperation and Content Management for Remote-control Microscope for Medical Use, Proceedings of the 17 th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, IEEE, 2003.
- [6]. Agarkar S., Betkar T., Bhandwalkar N. Remote Control Microscope for Research using Internet, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-018, Published by, ICONECT-2015 Conference Proceedings, 2015.
- [7]. Yamada, A., Hirahara, O., Tsuchida, T., Sugano, N., & Date, M., "A practical method for the remote control of the scanning electron microscope", Journal of Electron Microscopy, 52(2): 101-109 (2003).
- [8]. Choi, J., Kang, W. Y., Chung, J., Park, J. W., Lee, H. S. & Min, B. G., "Development of an online database system for remote monitoring of artificial heart patient", 4th International IEEE EMBS Special Conference on Information Technology Applications in Biomedicine, 2003., Birmingham, UK, 2003, pp. 59-61. doi: 10.1109/ITAB.2003.1222428
- [9]. Lew, C.K. ve Moghavvemi, M., "Remote Heart Monitoring System Based on Electrocardiography", University of Malaya, Department of Electrical Engineering, Student Conference on Research and Development Proceedings, Malaysia, 2002.



- [10]. Atapattu, A. ve Mitrani, R.D., “A Telemedicine Application Utilizing DataSocket to Remotely Track the Heart Rate Variability of Patients in a Clinical Research Environment”, University of Miami, Information Technology Applications in Biomedicine IEEE EMBS International Conference, Page(s): 71- 73, 2000.
- [11]. Warren, S., Yao, J., Schmitz, R. & Lebak, J., “Reconfigurable Point-of-Care Systems Designed with Interoperability Standards”, 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS, San Francisco, Page(s): 3270- 3273, 2004.
- [12]. Mendoza, P., Gonzalez, P., Villanueva, B., Haltiwanger, E., & Nazeran, H., “A Web-based vital sign telemonitor and recorder for telemedicine applications”, The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Page(s): 2196-2199(2004). doi:10.1109/iembs.2004.1403641
- [13]. Reske, D., Moussavi, Z., “Design of A Web Based Remote Heart-Monitoring System”, University of Manitoba, Department of Electrical Engineering, Proceeding of the 2nd Joint EMBS/BMES Conference, Houston, Page(s):1847 – 1848, 2002.
- [14]. Kho, Y. Y., Saim, H. B., & Soon, C. F., “Remote monitoring of vital physiological signs”, Student Conference on Research and Development Proceedings, Shah Alam, Malaysia, Page(s): 69-71 (2002). doi:10.1109/scored.2002.1033058
- [15]. Bayhan, Ö., Sogukpınar., “Teletıp Sistemleri ve Uzaktan Hasta Takip Sistemi Tasarımı”, Gebze YTE, Bilgisayar Mühendisliği A.B.D., Yüksek Lisans, 2001.
- [16]. Elen, A. (2018). Periferik Yama Sonuçlarının Otomatik Analizi için Zeki Denetimli Sistem Tasarımı, (Doktora Tezi), Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- [17]. Elen, A. & Turan, M. K., (2018). A New Approach for Fully Automated Segmentation of Peripheral Blood Smears, International Journal of Advanced and Applied Sciences, 5(1): 81-93. DOI: 10.21833/ijaas.2018.01.011
- [18]. Elen, A. & Turan, M. K., (2019). Classifying White Blood Cells Using Machine Learning Algorithms, International Journal of Engineering Research and Development, 11(1): 141-152. DOI: 10.29137/umagd.498372.



IN VITRO KOŞULLAR ALTINDA KAPARI (*CAPPARIS SPINOSA* L.) VE KUŞBURNU (*ROSA CANINA* L.) BİTKİ EKSTRAKTLARININ ANTİFUNGAL AKTİVİTELERİ

Hacer Akın¹, Abdurrahman Onaran^{2*}

^{1,2}Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tokat, Türkiye

h.akin94@outlook.com, abdonaran@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, kapari (*Capparis spinosa* L.) ve kuşburnu (*Rosa canina* L.) bitkilerinin yaprak ve meyvelerinden elde edilen etanol ekstraktlarının bitkilerde hastalık oluşturan patojenlerden *Alternaria solani* ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL)'e karşı antifungal aktiviteleri belirlenmiştir. İn vitro koşullarda agar petri yöntemi kullanılarak, ekstraktların 1.000, 2.000, 5.000 ve 10.000 µg/ml dozlarında etkinlik çalışmaları yürütülmüştür. Miselyum gelişim engellemeleri, miselyum gelişmeleri ve letal doz değerleri (LD₅₀₋₉₀) belirlenmiştir. Miselyum gelişim engellemeleri, kullanılan en yüksek dozda FOL'e karşı kapari ve kuşburnu yaprak ekstraktı için, sırasıyla %45 ile %53 oranında, kapari ve kuşburnu meyve ekstraktı için ise sırasıyla %33 ile %28 olarak bulunmuştur. Benzer şekilde *A. solani* için ise sırasıyla bu oranlar, yaprak ekstraktlarında %51 ile %56 arasında, meyve ekstraktında ise %51 ile 41 arasında bulunmuştur. *A. solani*'ye karşı en etkili LD₅₀ değeri 4661 µg/ml dozu ile kapari meyvede, FOL'e karşı ise 8033 µg/ml dozu ile kapari yaprakta görülmüştür. Bütün bu sonuçlara göre, ekstraktların içeriğindeki etkin maddelerin açığa çıkarılarak çalışmalarının yapılması sonucunda, bu patojenlere karşı etkin bir alternatif mücadele yöntemi geliştirilmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *In vitro*, *Capparis spinosa*, *Cornus mas*, *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

1. Giriş

Tıbbi bitkiler kozmetik, parfümeri, gıda vb. farklı endüstriler için temel bir hammadde kaynağını oluştururlar. Bitkilerin bütün veya farklı kısımları içerdikleri aromatik ve nitelikli bileşiklerden dolayı yüksek değere sahiptirler. Bu bitkiler sahip oldukları bileşikler sayesinde antimikrobiyal bir ajan olarak rol oynayabilmektedirler[1]. Ayrıca bitkilerin sahip oldukları bu bileşiklerin herbisidal, antifungal, insektisit gibi pek çok etki gösterdiği bilinmektedir[2-5].

Türkiye'de olduğu gibi birçok Avrupa ülkesinde de yaygın bir şekilde yetişebilen Kuşburnu meyvesi (*Rosa canina* L.) yiyecek ve içecek olarak birçok şekilde tüketilebilmektedir. Kuşburnu meyvesinden şarap, reçel, marmelat, gibi gıda olarak kullanılmaktadır[6]. Ayrıca yüksek fenolik ve flavonoid içeriğine sahip olan *R. canina* meyveleri antioksidan, antimutagenik ve antikarsinogenik etkilere sahiptir[7,8]. *Capparis spinosa* L. Capparidaceae familyasında yer alan en önemli ekonomik türlerden birisi olup çok çeşitliliğe sahiptir. Capparidaceae familyası üyelerinin glucosinولات ve flavonoidler ile ilişkilendirilir[3]. Bu bitki farklı ülkelerde farklı isimlerle bilinmekle birlikte İspanya ve Türkiye, yılda yaklaşık 1000 ve 4500 ton *C. spinosa* üretimi gerçekleştirmektedir[9-11]. Bu bitkinin kök ve tohumları bioaktif bileşikler içermekte olup antioksidant, antibakterial gibi biyolojik aktivitesi olduğu rapor edilmiştir[12,13].

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* ve *Alternaria solani* domates bitkisinde hastalık oluşturan en önemli patojenlerdir. *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* domates bitkisinde *Fusarium* solgunluğu hastalığının etmenidir. Bu etmen, bitkilerin kök ve kök boğazı bölgesinde hastalık oluşturur [14]. *A. solani* domateste erken yaprak yanıklığı hastalığının etmenidir. Bu etmen yapraklarda dairesel lekeler şeklinde belirtilerini göstermektedir[14]. Bu hastalık etmenlerine karşı kullanılan fungusitlerin doğaya ve insanlara olan olumsuz etkileri her geçen gün daha fazla artmaktadır. Bu olumsuz etkileri en aza indirecek veya yok edecek yeni alternatif yöntemlerin geliştirilmesi yönünde birçok çalışma yapılmaktadır.

Bu çalışma ile farklı araştırmacılar tarafından farklı biyolojik aktiviteleri ortaya konmuş olan *Capparis spinosa* ve *Rosa canina* bitkilerinin tarım alanlarında önemli verim kayıplarına neden olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* ve *Alternaria solani* patojenleri üzerine antifungal etkinliğinin araştırması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki materyali

Denemelerde kullanılmak üzere toplanılan bitki kısımları Tablo 1'de gösterilmiştir. 2018 yılında gelişme dönemlerine göre, Tokat İlinden toplanmıştır. Toplanan bitkilerin kısımları steril saf suyla yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede kurutulmuştur. Daha sonra her bitki kısmı ayrı ayrı öğütücüden geçirilerek küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan bitkiler

Bilimsel İsmi	Familyası	Kullanılan Kısım	Toplandığı Yer
<i>Capparis spinosa</i> L.	<i>Capparaceae</i>	Yaprak, Meyve	Tokat
<i>Rosa canina</i> L.	<i>Rosaceae</i>	Yaprak, Meyve	Tokat



2.2. Fungus kültürleri

Çalışmada kullanılan bitki patojeni funguslara (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, *Alternaria solani*) Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarlarında bulunan stok kültürlerden elde edilmiştir. Fungus kültürü, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 23 ± 2 °C’de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

2.3. Bitki ekstraktının hazırlanması

Öğütülmüş bitki materyallerinin her birinden 100’er gr tartılarak 1L cam kaplara konulmuştur. Konulan bitki örneklerin üzerini kapatacak kadar etanol organik çözücüsü ilave edilmiştir. Her bitki kısmı için aynı işlem yapılmıştır. Etanol ilave edilmiş örnekler 72 saat oda sıcaklığında (25 ± 2 °c) orbital çalkalayıcıda 120 rpm de karıştırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar kaba filtre kâğıdından geçirilerek, organik çözücünün oda sıcaklığın da uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen kuru ekstraktlar %10 aseton ile çözülmüştür. Ekstraktlar her bitki kısmı için 1.000, 2.000, 5.000 ve 10.000 µg/ml olacak şekilde hazırlanmıştır[15].

2.4. In vitro Antifungal Aktivitesi

Hazırlanan PDA’lar otoklav edilerek 40 °C’ye kadar soğutulmuştur. Elde edilmiş olan farklı bitki ekstraktlarının dozları (1.000, 2.000, 5.000 ve 10.000 µg/ml) eritilmiş olan steril PDA ile karıştırılmıştır. Daha sonra, PDA 60 mm çaplı petri kaplarına (~10 mL/petri) aktarılmıştır. PDA içindeki ekstraktların son konsantrasyonları 1.000, 2.000, 5.000 ve 10.000 µg/ml olarak ayarlanmıştır. Daha sonra bu petri kaplarına 7 günlük fungus kültürlerinden alınan miselyum diskler (5mm ölçüsünde) aktarılmıştır. Fungus kültürleri inokulasyondan sonra 23 ± 2 °C’de 7 gün boyunca inkubasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kayıt edilmiş ve 7 gün boyunca devam edilmiştir. Bu süre sonunda petri kaplarındaki miselyum gelişmeleri dijital kumpas ile ölçülmüştür. Gelişimdeki engelleme kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır[16]. Pozitif kontrol olarak standart bir fungusit olan thiram %80 ticari firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak %10 aseton kullanılmıştır. Deneme 4 tekrerrül ve 2 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

$$MGE=100\times(dc-dt)/dc$$

MGE; Yüzde miselyum engellemesi

dc; Kontroldeki miselyum gelişmesi

dt; Davranışlardaki miselyum gelişmesi

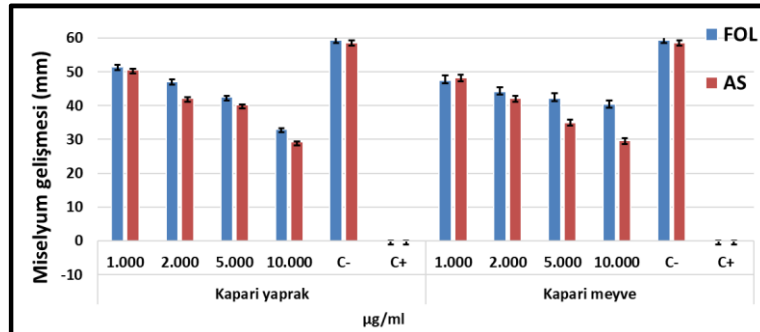
2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 16.00 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, bitki ekstraktlarının lethal dozları Polo plus 1.0 programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

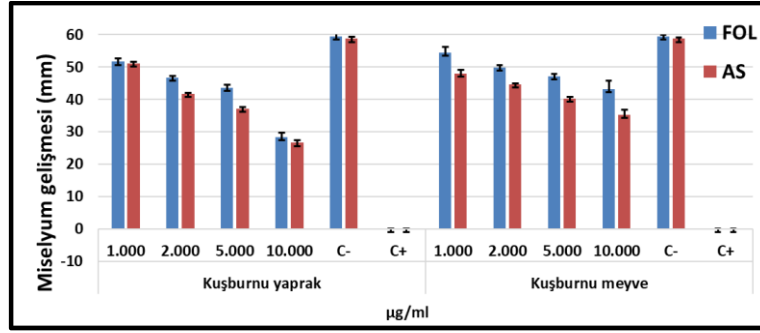
Bitkilerin, içeriğindeki zengin antifungal maddeler sayesinde biyopestisit olarak kullanılması insan uygarlığının başlangıcına kadar dayanmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, bitki ekstraktlarının test organizmalarına karşı göstermiş oldukları antifungal aktivite değerleri Şekil 1-3 ve Tablo 2-3’de verilmiştir.

Şekil 1 ve şekil 2’de görüldüğü gibi FOL ve AS bitki patojenlerine karşı kapari ve kuşburnu bitkilerinin yaprak ve meyvelerinden elde edilen ekstraktların antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Kullanılan ekstraktların doz miktarı arttıkça, patojenlerin miselyum gelişmeleri de azalmıştır. Test edilen patojenlere karşı, kapari ve kuşburnu yaprak ekstraktları, kapari ve kuşburnu meyve ekstraktlarından daha etkili bulunmuşlardır. Kapari ekstraktları patojenlerin miselyum gelişiminin karşı daha etkili olduğu görülmektedir (şekil 1).

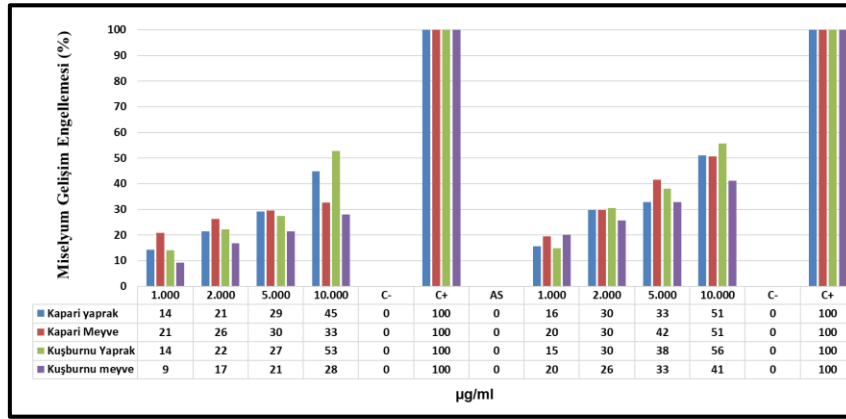


Şekil 1: Kapari bitkisinin yaprak ve meyve ekstraktlarının FOL ve AS’ye karşı antifungal aktivitesi. AS=*Alternaria solani*, FOL=*Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*





Şekil 2: Kuşburnu bitkisinin yaprak ve meyve ekstraktlarının FOL ve AS'ye karşı antifungal aktivitesi. AS=*Alternaria solani*, FOL=*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*



Şekil 3: FOL ve AS bitki patojenine karşı, ekstraktların yüzde miselyum gelişim engellemeleri. AS=*Alternaria solani*, FOL=*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Capparis spinosa ve *Rosa canina* bitkilerinin yaprak ve meyve ekstraktlarının patojenlerin miselyum gelişimi üzerine engellemeleri, negatif kontroldeki miselyum gelişmesine kıyaslanarak miselyum gelişim engelleme (MGE) oranları belirlenmiştir [16]. Şekil 3.'de görüldüğü gibi *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, patojenine karşı, kullanılan 10.000 µg/ml dozda kapari yaprak ve meyve ekstraktlarında sırasıyla %45 ve %33 etki gözlenirken, kuşburnu yaprak ve meyve ekstraktında %53 ile %28 arasında miselyum gelişim engellemesi (MGE) gözlenmiştir. Benzer şekilde, *Alternaria solani* patojenine karşı ise aynı şekilde kapari ekstraktlarının her ikisinde %51, kuşburnu ekstraktlarında ise %56 ile %41 arasında MGE oranları belirlenmiştir. Diğer dozlarda da benzer şekilde değişen oranlarda etkiler gözlenmiştir.

Tablo 2: Test edilen patojenlere karşı *Capparis spinosa* yaprak ve meyve ekstraktının lethal doz değerleri (µg/ml).

Bitki Kısımları	LD Değerleri	Test mikroorganizmaları	
		AS	FOL
Kapari Yaprak	LD ₅₀ (mg/ml)	7.190	8.033
	LD ₉₀ (mg/ml)	25.050	21.647
	Slope	0.831±0.134	0.896±0.137
	Heterojenite	0.48	0.19
Kapari Meyve	LD ₅₀ (mg/ml)	4.661	49.076
	LD ₉₀ (mg/ml)	14.613	37.858
	Slope	0.857±0.131	0.444±0.135
	Heterojenite	0.14	0.15

AS=*Alternaria solani*, FOL=*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Tablo 2 ve Tablo 3'de test edilen patojenler üzerinde ekstraktların sergilemiş oldukları letal doz değerleri belirlenmiştir. Letal doz değerleri bir popülasyondaki bireylerin %50'sini veya %90'ının gelişimini engelleyen veya durduran (öldüren) doz olarak bilinmektedir. Buna göre, doz-etki denemelerinde, kapari yaprak ekstraktının AS ve FOL bitki patojenlerine karşı LD₅₀ değerleri sırasıyla 7.190 ve 8.033 µg/ml olarak, LD₉₀ değerleri ise 25.050 ve 21.647 µg/ml olarak bulunmuştur. Meyve ekstraktlarında ise bu değerler sırasıyla; LD₅₀'de 4.661 ve 49.076 µg/ml olarak, LD₉₀'da ise 14.613 ve 37.858 µg/ml olarak bulunmuştur. *A. solani*'ye karşı



en etkili LD₅₀ değeri 4.661 µg/ml dozu ile kapari meyvede, FOL'e karşı ise 8.033 µg/ml dozu ile kapari yaprakta görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 3: Test edilen patojenlere karşı *Rosa canina* yaprak ve meyve ekstraktının lethal doz değerleri (µg/ml).

Bitki Kısımları	LD Değerleri	Test mikroorganizmaları	
		AS	FOL
Kuşburnu Yaprak	LD ₅₀ (µg/ml)	9.822	18.014
	LD ₉₀ (µg/ml)	52.621	15.919
	Slope	0.74±0.14	0.66±0.14
	Heteroienite	0.68	0.13
Kuşburnu Meyve	LD ₅₀ (µg/ml)	12.397	49.076
	LD ₉₀ (µg/ml)	14.613	37.858
	Slope	0.61±0.13	0.67±0.15
	Heteroienite	0.13	0.76

AS=*Alternaria solani*, FOL=*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*

Benzer şekilde *Rosa canina* bitkisinin yaprak ekstraktının AS ve FOL bitki patojenlerine karşı LD₅₀ değerleri sırasıyla 9.822 ve 18.014 µg/ml olarak, LD₉₀ değerleri ise 52.621 ve 15.919 µg/ml olarak bulunmuştur. Meyve ekstraktında ise bu değerler sırasıyla; LD₅₀'de 12.397 ve 49.076 µg/ml olarak, LD₉₀'da ise 14.613 ve 37.858 µg/ml olarak bulunmuştur (Tablo 3).

Daha önce yapılan çalışmalarda da, araştırmamızda etkinliği belirlenen *Rosa canina* üzerine yapılan bir araştırmada bitkinin patel organlarından (yaprak, çiçek, kök) elde edilen ekstraktların *Staphylococcus aureus*'a karşı birkaç antibiyotiğin etkinliğini güçlü şekilde artırdığı rapor edilmiştir [17]. Yine *Candida albicans* suşlarına karşı *Rosa canina* ekstraktları güçlü bir aktivite sergilemiştir [18]. Farklı *Rosa* taksonlarına ait meyve metanol ekstraktlarının antibakterial aktivitesi Ozturk ve Ercisli (2011) tarafından rapor edilmiştir [19]. Yine *Rosa canina* çiçek etanol ve metanol ekstraktlarının *Escherichia coli* CCM 3988 ve *Pseudomonas aeruginosa* CCM 1960 iki gram pozitif bakteri ile *Aspergillus niger*, *Fusarium culmorum* and *Alternaria alternata* fungusları üzerine antimikrobiyal etkinin ortaya konulduğu çalışmada; etanol ekstraktın en iyi etkiyi *Pseudomonas aeruginosa* patojenine karşı gösterirken metanol ekstraktı *Escherichia coli*'ye karşı göstermiştir [1]. Mevcut çalışma ve literatür çalışmaları *Rosa canina*'nın farklı biyolojik aktivite gösterdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde *Capparis spinosa* bitkisinin meyve ve köklerinden elde edilen su, metanol, etanol ve etil asetat ekstraktlarının 14 bakteri şusu ve 5 farklı fungus türüne karşı sergilemiş olduğu antimikrobiyal etkinlik çalışmaları yürütülmüştür. Kök sulu ve etanol ekstraktları etanol, sulu meyve ekstraktlarından bakteri ve fungus türlerine karşı daha etkili bulunmuştur. Metanol ve etil asetat ekstraktları ise bakteri ve fungus türlerine karşı değişen oranlarda etki göstermiştir [20]. *In vitro* koşullar altında *Capparis spinosa* bitkisinin meyvelerinden elde edilen ekstraktın yüksek düzeyde antibakteriyal aktiviteye sahip olduğunu belirlenmişlerdir [21].

Sonuç olarak, bitki ekstraktlarına karşı en hassas patojen *Alternaria solani* 'dir. Bitki ekstraktlarının bitki patojenlerine karşı göstermiş oldukları antifungal aktivite değerleri her bitki kısmı için farklı olmuş olup her bitki türü içinde farklı aktivite değerleri bulunmuştur. Çalışmada kullanılan bitki ekstraktlarının patojene karşı değişen oranlarda antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan en yüksek dozlar artırıldığı zaman daha yüksek antifungal etkilerin ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Etkinliği belirlenen bitki ekstraktlarında etken maddelerin çalışmaları yapıp, açığa çıkarılması en önemli hususu oluşturmaktadır.

4. Kaynaklar

- [1] Rovná, K., Petrová, J., Terentijeva, M., Černá, J., Kačániová, M., 2015. Antimicrobial Activity of *Rosa canina* Flowers Against Selected Microorganisms. J Microbiol Biotech Food Sci., 4 (special issue 1) 62-64.
- [2] Isman, M.B., Miresmailli, S., Machial, C., 2011. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. Phytochem Rev., 10, 197-204.
- [3] Kumar, V., Mathela, C.S., Tewari, G., Singh, D., Tewari, A.K., Bisht, K.S., 2014. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from three *Himalayan erigeron* species. LWT - Food Science and Technology, 56: 278-283.
- [4] Abbad, A., Kasrati, A., Jamali, C.A., Zeroual, S., Ba M'hamed, T., Spooner- Hart, R., Leach, D., 2014. Insecticidal properties and chemical composition of essential oils of some aromatic herbs from Morocco. Nat Prod Res., 28, 2338- 2341.
- [5] Synowiec, A., Kalemba, D., Drozdek, E., Bocianowski, J., 2017. Phytotoxic potential of essential oils from temperate climate plants against the germination of selected weeds and crops. J Pest Sci., 90, 407-419.
- [6] Ergüneş, G. ve Taşova, M., 2018. Kabin kurutucuda kurutulan kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi değerlerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi 7(1):75-82.
- [7] Kılıçgün, H., Altuner, D. 2010. Correlation between effect mechanisms and polyphenol content of *Rosa canina*. Pharmacognozy Magazine, 6, 238-241. <http://dx.doi.org/10.4103/0973-1296.66943>.
- [8] Egea, I., Sánchez-bel, P., Romojaro, F., Pretel, M.T. 2010. Replace synthetic additives in functional foods as a natural antioxidant. Plant Foods for Human Nutrition. 65, 121-129.



- [9] Ao, M.; Gao, Y.; Yu, L. Advances in studies on constituents and their pharmacological activities of *Capparis spinosa*. Chin. Tradit. Herb. Drug 2007, 38, 463–467.
- [11] Asl, M.B.; Talebpour, A.H.; Alijanpour, R. Introducing of medicinal plants in Maragheh, Eastern Azerbaijan province (northwestern Iran). J. Med. Plants Res. 2012, 6, 4208–4220.
- [10] Tlili, N.; Elfalleh, W.; Saadaoui, E.; Khaldi, A.; Triki, S.; Nasri, N. The caper (*Capparis L.*): Ethnopharmacology, phytochemical and pharmacological properties. Fitoterapia 2011, 82, 93–101.
- [12] Tagnaout, I., Zerkani, H., Mahjoubi, M., Bourahouadar, M., Alistigsa, F., Bouzoubaa, A., Zair, T., 2016. Phytochemical Study, Antibacterial and Antioxidant Activities of Extracts of *Capparis spinosa* L. International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research, 8(12): 1993-2006.
- [13] Zhang, H., Ma, Z.F., 2018. Phytochemical and Pharmacological Properties of *Capparis spinosa* as a Medicinal Plant. Nutrients, 10, 116:1-14.
- [14] Agrios, G.N. (1997). Plant Pathology. Academic Press, New York, USA.
- [15] Pandey, D. K., Tripathi, N. N., Tripathi, R. D. and Dixit, S. N. 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*. Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz 89:344–349.
- [16] Onaran, A., Yılar, M., 2012. Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (3&4):287-291.
- [17] Rossnagel, K., Willich, S.N. 2001. Value of complementary medicine exemplified by rose-hips. Gesundheitswesen, 63(6), 412-6.
- [18] Trovato, A., Monforte, M.T., Forestieri, A.M., Pizzimenti, F. 2000. In vitro antimycotic activity of some medicinal plants containing flavonoids. Bollettino Chimico Farmaceutico, 139, 225–227.
- [19] Yılmaz, Ö., S., Ercişli, S. 2011. Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. Romanian Biotechnological Letters, 16 (4), 6407-6411.
- [20] Mahboubi, M., Mahboubi, A. 2014. Antimicrobial activity of *Capparis spinosa* as its usages in traditional medicine. Herba Polonica, 60(1), 39-48.
- [21] Sokmen, A., Jones, B. M., Erturk, M. 1999. The in vitro antibacterial activity of Turkish medicinal plants. Journal of ethnopharmacology, 67(1), 79-86.



ENDEMİK YABANI ARMUT AĞACI (*PYRUS SYRIACA* VAR. *MICROPHYLLA*) EKSTRAKTLARININ *FUSARIUM OXYSPROUM* F. SP *MELONIS* KARŞI ANTİFUNGAL AKTİVİTESİ

Ash Yavuz¹, Abdurrahman Onaran^{1*}

1Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tokat, Türkiye

aslimm50@gmail.com abdonaran@hotmail.com

**Sorumlu yazar*

Özet

Hastalık etmenlerine karşı kullanılan fungusitler çevreye ve canlılara olumsuz etkiler sergilemektedir. Ortaya çıkan bu etkileri en aza indirmek için yeni alternatif yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, çalışmada yabancı armut ağacının yaprak ve meyvelerinden elde edilen etanol ekstraktlarının *Fusarium oxysproum* f. sp. *melonis*'e karşı antifungal aktivitesi belirlenmiştir. Bitki patojenlerinin ekstraktlara karşı göstermiş olduğu miselyum gelişmeleri, yüzde miselyum gelişim engellemeleri ve lethal dozları (LD₅₀₋₉₀) belirlenmiştir. Bu patojene karşı yabancı armut ağacı bitkisinin yaprak ve meyve ekstraktlarının 1, 2, 5 ve 10 mg/ml dozlarının etkinlikleri belirlenmiştir. Test edilen patojene karşı kullanılan ekstraktların doz miktarı arttıkça antifungal aktivite değerleri de artış göstermiştir. Patojenlere karşı yaprak ekstraktının 10 mg/ml dozunda % 21-100 arasında, meyve ekstraktında ise % 46-90 arasında miselyum gelişim engellemeleri gözlenmiştir. Yabancı armut yaprak ekstraktının LD₅₀ değeri 2,23 mg/ml LD₉₀ ise 6,77 mg/ml olarak bulunmuştur. Benzer şekilde meyve ekstraktında ise LD₅₀ 1,07 olarak, LD₉₀ 8.74 olarak hesaplanmıştır. Bu elde edilen sonuçlara göre, yabancı armut ağacının yaprak ve meyve ekstraktlarının *F. oxysproum* f. sp. *melonis*'e karşı yüksek düzeyde antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Pyrus syriaca* var. *microphylla*, *Fusarium oxysproum* f. sp. *melonis*, Bitki ekstraktı

1. Giriş

Patojenik funguslar bitkilerin ana bulaşıcı ajanları olup bitkilerde hasat sonrası dahil tüm evrelerinde zarar oluşturmaktadır. Meyve ve sebzelerde, fungusları kalite ve verim kayıplarının yanında sebze ve meyvelerin raf ömürlerinin de sınırlanmasına sebep olan fungus türleri bulunmaktadır. Ayrıca bazı fungus türleri ürettikleri mikotoksinlerle tüketicilerde alerjik reaksiyonlara neden olmaktadır (Agrios, 2004; Dellavalleve ark., 2011). Genellikle bu fitopatogenik funguslar sentetik kimyasallar kullanılarak kontrol edilmektedirler. Ancak kullanılan bu kimyasalların insan ve çevreye olan olumsuz etkilerinden dolayı kullanımları hızlı bir şekilde sınırlandırılmaktadır (Harris ve ark., 2001).

Günümüzde bitki ve bitkisel kökenli bitki ekstraktlarının antifungal etkileri ortaya çıkmaktadır. Bu bitkisel kökenli maddelerin çevreye ve insan sağlığı herhangi bir zararlı etkisinin olmaması bunların kullanımında önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle de ticari olarak kullanılan pestisitlerin kullanımını en aza indirmek için alternatif mücadele yöntemleri üzerine araştırma yapmak önem arz etmektedir (Gökçe ve ark., 2006; Dülger ve Hacıoğlu, 2008; Kordali ve ark., 2009). Birçok araştırmacı tarafından bitki ekstraktlarının antifungal aktivite sahip olduklarını bildirmişlerdir (Gatto ve ark., 2011; Gatto ve ark., 2013; Onaran ve Yılar, 2012; Yılar ve ark., 2015; Onaran 2018).

Dünyada ve Ülkemizde sebze üretiminde önemli bir yere sahip olan kabakgil türleri içimde yer alan kavun son yıllarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*'in yol açtığı solgunluk hastalığı nedeniyle önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (El Amraoui ve ark., 2015; Bayan, 2018). Bu nedenle de hastalığın mücadelesinde alternatif yöntemlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışma, yabancı armut ağacının yaprak ve meyvelerinden elde edilen etanol ekstraktlarının *Fusarium oxysproum* f. sp. *melonis*'e karşı antifungal aktivitesinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali

Çalışmamızda kullanılan *Pyrus syriaca* Boiss. var. *microphylla* bitkisinin yaprak ve meyve kısımları 2017 yılında gelişme dönemlerine göre, Malatya ilinin Hekimhan İlçesinden toplanmıştır. Toplanan bitkilerin kısımları steril saf suyla yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede kurutulmuştur. Daha sonra her bitki kısmı ayrı ayrı öğütücüden geçirilerek küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır.

2.2. Bitki ekstraktının hazırlanması

Öğütülmüş bitki materyallerinin her birinden 100'er gr tartılarak 1L cam kaplara konulmuştur. Konulan bitki örneklerin üzerini kapatacak kadar etanol organik çözücüsü ilave edilmiştir. Her bitki kısmı için aynı işlem yapılmıştır. 48 saat oda sıcaklığında (25±2°C) orbital çalkalayıcıda 120 rpm de karıştırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar kaba filtre kağıdından geçirilerek, organik çözücünün oda sıcaklığın da uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen kuru ekstraktlar %10 aseton ile çözülmüştür.



2.3. Fungus kültürleri

Çalışmada kullanılan *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* bitki patojeni fungus, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarlarında bulunan stok kültürlerden elde edilmiştir. Fungus kültürü, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 23 ± 2 °C’de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

2.4. İn vitro antifungal aktivite çalışmaları

Hazırlanan PDA’lar otoklav edilerek 40 °C’ye kadar soğutulmuştur. Elde edilmiş olan bitki ekstraktlarının dozları (50, 100, 250 ve 500 mg) eritilmiş olan steril PDA ile karıştırılmıştır. Daha sonra, PDA 60 mm çaplı petri kaplarına (~10 mL/petri) aktarılmıştır. PDA içindeki ekstraktların son konsantrasyonları 1, 2, 5 ve 10 mg/ml olarak ayarlanmıştır. 7 günlük fungus kültürlerinden alınan miselyum diskler (5mm çapında) petri kaplarına aktarılmıştır. Fungus kültürleri inokulasyondan sonra 23 ± 2 °C’de 7 gün boyunca inkubasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kayıt edilmiş ve negatif kontroldeki gelişmeler petri kapının yüzeyini kaplayınca denemeye son verilmiştir. Pozitif kontrol olarak standart bir fungusit olan thiram %80 ticari firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak %10 aseton kullanılmıştır (Kalkışım, 2012). Deneme 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yüzde miselyum gelişmesi şu formüle göre hesaplanmıştır.

Pandey ve ark., 1982’ e göre gelişimdeki engelleme, kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır.

$$MGE=100\times(dc-dt)/dc$$

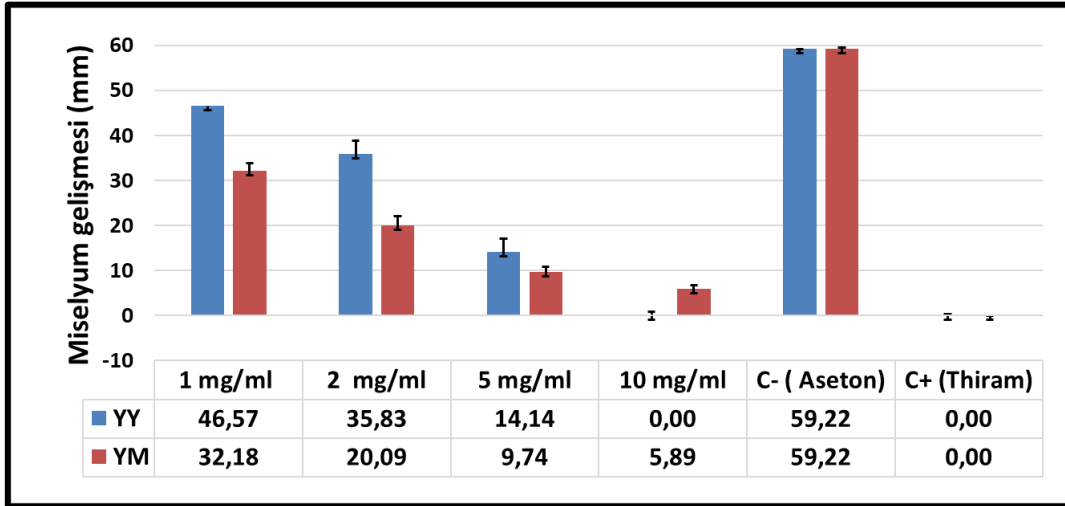
MGE; Yüzde miselyum engellemesi **dc**; Kontroldeki miselyum gelişmesi **dt**; Davranışlardaki miselyum gelişmesi

2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 16.00 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, bitki ekstraktlarının lethal dozları Polo plus 1.0 programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Günümüzde yapılan çalışmalarla, bitkilerin bünyesinde bulunan antifungal maddelerin etkinliklerine yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışma ile *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*’e (FOM) karşı Yabani Armut yaprak ve meyve kısımlarından elde edilen etanol ekstraktlarının antifungal aktivite düzeyleri belirlenmiştir. Ekstraktların, kullanılan bütün dozlarında istatistiki olarak önemli düzeyde aktiviteler gözlenmiştir ($p>0,05$). Kontroldeki ve ekstrakt ilave edilmiş PDA ortamlarındaki fungusun miselyum gelişmeleri dikkate alınarak aktivite düzeyleri belirlenmiştir. Miselyum gelişmeleri Şekil 1’de verilmiştir. Ayrıca, ekstraktların FOM’a karşı göstermiş oldukları Miselyum Gelişim Engellemeleri (MGE) Şekil 2’de verilmiştir.



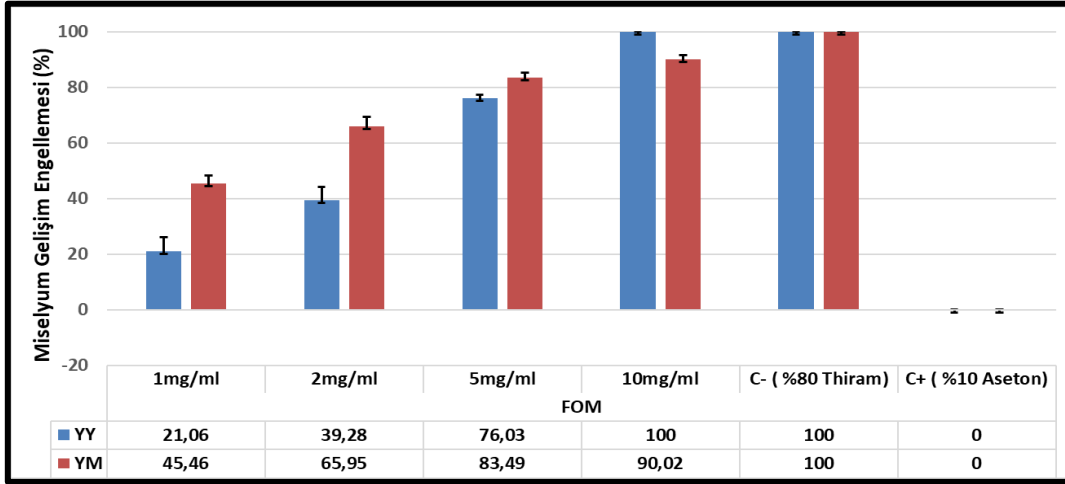
Şekil 1: Bitki Ekstraktlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*’a Karşı Göstermiş Oldukları Miselyum Gelişmeleri (mm).
YY=Yabani armut yaprak, YM=Yabani armut meyve

Şekil 1’de görüldüğü gibi, kullanılan ekstraktlar FOM bitki patojeninin miselyum gelişimini azaltmıştır. Yabani armuttun yaprak ekstraktında pozitif kontrolle aynı şekilde miselyum gelişimi gözlenmiştir. Buna karşın, meyve ekstraktının 10 mg/ml dozunda 5,89 mm’lik miselyum gelişimi gözlenmiştir. Diğer bitki ekstraktlarında ise değişen oranlarda miselyum gelişimleri gözlenmiştir. Kullanılan bütün bitki ekstraktlarında FOM bitki patojenine karşı antifungal aktivite gözlenmiştir.

Kullanılan bitki ekstraktlarının, bitki patojenine karşı sergilemiş olduğu miselyum gelişim engellemesi Şekil 2’de verilmiştir. Buna göre, miselyum gelişimindeki engelleme oranı, kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır (Pandey ve ark., 1982). Yabani armuttun meyve ve yaprak ekstraktlarının kullanılan bütün dozlarında miselyum gelişim engellemeleri gözlenmiştir. Bu engellemeler, doz miktarı arttıkça artmıştır. FOM bitki patojenine karşı, kullanılan en yüksek 10 mg/ml dozunda



yaprak ekstraktında %90,02, meyve ekstraktında ise %100 arasında etki gözlenmiştir (Şekil 2). Kullanılan 5 mg/ml dozda ise yaprak ve meyve ekstraktında sırasıyla %76,03 ile %83,49 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre, kullanılan bütün dozları değerlendirdiğimiz zaman meyve ekstraktının yaprak ekstraktına göre daha fazla etkili olduğu görülmektedir (Şekil 1 ve 2).



Şekil 2: *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*'e karşı bitki ekstraktlarının miselyum gelişim engellemeleri. YY=Yabani armut yaprak, YM=Yabani armut meyve

Doz-etki denemelerine göre; *Pyrus syriaca* yaprak ve meyve ekstraktlarının FOM bitki patojenine karşı LD₅₀ değerleri sırasıyla 2.23 ve 1.07 mg/ml olarak, LD₉₀ değerleri ise 6.77 ve 8.74 mg/ml olarak bulunmuştur. Bu 2 farklı bitki kısımlarından elde edilen ekstraktlar arasında en etkili olarak görülen LD₅₀ değeri 1.07 mg/ml dozu ile yabani armut meyvesinde saptanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*'e karşı *Pyrus syriaca* var. *microphylla* ekstraktının lethal doz değerleri

Bitki Kısımları	LD Değerleri	Test mikroorganizması
		<i>F. oxysporum melonis</i>
Yabani Armut Yaprak	LD ₅₀ (mg/ml)	2.231
	LD ₉₀ (mg/ml)	6.772
	Slope	2.658±0.172
	Heterojenite	1.95
Yabani Armut Meyve	LD ₅₀ (mg/ml)	1.074
	LD ₉₀ (mg/ml)	8.738
	Slope	1.408±0.145
	Heterojenite	0.34

Daha önce yapılmış bir çalışmada bitki ekstraktlarının bitki patojeni funguslar üzerine etkili olduğu rapor edilmiştir. Yapılan bir çalışmada *Trachystemon orientalis* L. bitkisinden elde ettikleri su ekstraktının *Ascochyta rabiei*, *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*, *Fusarium oxysporum f. sp. radialis-lycopersici*, *Verticillium dahliae* ve *Rhizoctonia solani* gibi bitki patojenleri üzerine antifungal etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda *Trachystemon orientalis* bitkisinin yaprak ve çiçek ekstraktlarının %20'lik dozunun kullanılan bitki patojenlerinin miselyum gelişimini %100 oranında engellediğini ve kök ekstraktının ise bitki patojenlerinin miselyum gelişimlerini değişen oranlarda engellediğini bildirmişlerdir (Onaran ve Yılar, 2012). Yine yapılan farklı araştırmada, *Sisymbrium sophia* bitkisinden elde edilen metanol ve su ekstraktlarının bitki patojenleri olan *Alternaria solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *V. dahliae*, *R. solani* ve *F. oxysporum f. sp. radialis-lycopersici* karşı denenmiş ve her iki ekstraktında patojenlere karşı etkili olduğu rapor edilmiştir (Bayan, 2016). Adaçayı, çörekotu, kapari, mercanköşk, sater ve turşuotu bitkilerinden elde edilen su ekstraktların *F. oxysporum f. sp. melonis*, *A. solani*, *Colletotrichum cocodes* ve *R. solani* patojenlerine karşı antifungal aktiviteleri araştırılmıştır. Buna göre, kullanılan 1ml/100 ml ve 2ml/100 ml konsantrasyonlarında değişen oranlarda aktivite görüldüğü bildirilmiştir (Boyraz ve Özcan, 1997). *F. oxysporum f. sp. melonis*, *Phytophthora capsici*, *Verticillium dahliae* ve *Thielaviopsis*



basicola bitki patojenlerine karşı *Ficus caria* bitkisinden elde edilen ekstraktın fungusların miselyum gelişimini büyük ölçüde engellediği ve bununda bitkinin yaprak özsuunda bulunan “ficin” adı verilen bir enzimden kaynaklandığını bildirmişlerdir (Türküsay ve Onoğur, 1998). Bu sonuçlara bakıldığını da yapılan bu çalışmanın geçmişte yapılan bitki ekstraktı çalışmaları ile benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Çalışmamızda kullanılan farklı bitki kısımlarının *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* patojenine karşı değişen oranlarda antifungal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu belirlenen aktivite değerleri, bitki ekstraktının doz miktarı arttıkça artış göstermiştir. Aynı bitkinin farklı kısımları aynı patojene farklı etkiler göstermiştir. Bu farklılığın, bitkilerin bünyesinde bulunan bileşiklerin her organında farklı seviyelerde bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, her bitki kısmının içeriğinde bulunan antifungal maddelere karşı patojenin seçici özellik göstermesinden kaynaklanabileceğinden dolayı olduğu düşünülmektedir. Yapılan bu çalışma ile;

- Gelecekte yapılacak olan yeni araştırmalara yön vermesi bakımından,
- *In vitro* koşullarda yürütülen bu çalışmanın, sera ve tarla denemelerinin yapılarak uygulanabilirliğinin araştırılması,
- Etkinlikleri belirlenen ekstraktların madde-tayin çalışmalarının yapılarak, uygulamaya aktarılması en önemli hususu oluşturmaktadır.

5. Kaynaklar

- Agrios, G.N. (2004). Losses caused by plant diseases. p. 29-45. Plant Pathology. Elsevier, Oxford, UK.
- Bayan, Y. (2018). Investigation of the Antifungal Effect of *Thymbra spicata* L. and *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oils on *Fusarium oxysporum* f.sp. cucumerinum and *Fusarium oxysporum* f.Sp. *melonis*. Black Sea Journal of Agriculture, 1 (2), 34-37.
- Boyraz, N., & Özcan, M. (1997). Bitki patojeni funguslara bazı yerli baharat ekstrakt ve uçucu yağlarının antifungal etkileri. Gıda, 22(6).
- Dulger, B. & Hacıoğlu, N. (2008). Antifungal activity of endemic *Salvia tigrina* in Turkey. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1051-1054.
- Dellavalle, P.D., Cabrera, A.B., Alem, D.T., Larrañaga, P., Ferreira, F.R., & Rizza, M.D. (2011). Antifungal Activity of Medicinal Plant Extracts Against Phytopathogenic Fungus *Alternaria* Spp. *Chilean journal of agricultural research* 71(2):231-239.
- El Amraoui, B., Biard, J. F., Ikbali, F. E., El Wahidi, M., Kandil, M., El Amraoui, M., & Fassouane, A. (2015). Activity of Haliscosamine against *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*: in vitro and in vivo analysis. *SpringerPlus*, 4, 16.
- Gatto MA, Ippolito A, Linsalata V, Cascarano NA, Nigro F, Vanadia S, & Venere DD (2011). Activity of extracts from wild edible herbs against postharvest fungal diseases of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* Vol.61, Issue1, pp.72-82.
- Gatto, M.A., Ippolito, A., Linsalata, V., Cascarano, N.A., Nigro, F., Vanadia, S. & Di Venere, D. (2013). Antifungal activity of total and fractionated phenolic extracts from two wild edible herbs. *Natural Science*, Vol.5, No.8, pp. 895-902.
- Gökçe, A., Whalon, M. E., Çam, H., Yanar, Y., Demirtaş, İ., & Gören, N. (2006). Plant extract contact toxicities to various developmental stages of Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of applied biology*, 149(2), 197-202.
- Harris, C.A., Renfrew, M.J. & Woolridge, M.W. (2001). Assessing the risk of pesticide residues to consumers: recent and future developments. *Food Additives and Contamination* 18:1124-1129.
- Kalkışım, Ö., (2012). *In vitro* antifungal evaluation of various plant extracts against walnut anthracnose (*Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces et de Not.). *The Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3-4), 309-313.
- Kordali, S., Cakir, A., Akcin, T. A., Mete, E., Akcin, A., Aydin, T., & Kilic, H. (2009). Antifungal and herbicidal properties of essential oils and n-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan.(Asteraceae). *Industrial crops and products*, 29(2-3), 562-570.
- Onaran A. (2018). Endemik Anadolu Sığıla Ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) Bitki Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Funguslara Karşı Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi. *Dergipark*, 8 (2): 202-208.
- Onaran, A. & Yılar, M., (2012). Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 10 (3&4), pp. 287-291.
- Pandey DK, Tripathi NN, Tripathi RD. & Dixit SN. (1982). Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*, *Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz*, 89, 344-349.
- Türküsay, H., & Onoğur, E. (1998). Bazı bitki ekstraktlarının in vitro antifungal etkileri üzerine araştırmalar. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 22(1998), 267-271.
- Yılar, M., Bayan, B. & Onaran A., (2015). Assessment Of Antifungal Activities Of Plant Extracts From *Vitex Agnus-Castus* L. Sixth International Scientific Agricultural Symposium-Agrosym 2015. Pp. 622-625.



BAHÇECİK (İZMİR) LİNYİT OLUŞUMUNUN ÇOK-ELEKTROTLU JEOFİZİK ÖZDİRENÇ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Adil ÖZDEMİR^{1*}, Alperen ŞAHİNOĞLU²

¹Adil Özdemir Mühendislik, Ankara

adilozdemir2000@yahoo.com

² İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul

a_sahinoglu@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, Bahçecik (İzmir) linyit oluşumlarının gözlemsel jeolojik ve jeofizik yöntemlerle incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak çalışma alanında jeolojik gözlemler gerçekleştirilmiştir. Jeolojik gözlemler sonucunda belirlenen 5 farklı lokasyonda, çok kanallı (8 kanallı) ve çok-elektrotlu (84 elektrotlu) öz direnç ölçümleri yapılmıştır. Jeolojik ve jeofizik veriler birlikte değerlendirilerek çalışma alanında işletilebilir bir linyit potansiyeli olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanında, ince damarlar halinde (0.45-1 m) kömür içeren neojen birimler (konglomera ve kumtaşı istifleri) ile Neojen öncesi yaşlı temel birimlerinin (Fliş) sınırları belirlenebilmiştir. Bu sınırın belirlenmesinin amacı, işletmeye uygun kömür damarlarının bu birimlerin kantağında yer almasıdır. Yapılan jeolojik etütler ve jeofizik ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanında işletmeye uygun bir linyit oluşumunun bulunması olası olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bahçecik, linyit, kömür, jeolojik ve jeofizik etüt, çok-elektrotlu öz direnç yöntemi (multi-elektrot rezistivite)

1. Giriş

Çalışma alanı olan Bahçecik, İzmir ilinin Menderes ilçesine bağlı bir köydür (Şekil 1). Menderes ilçesi karayolu ile İzmir il merkezine 20 km mesafededir. İzmir/Aydın demiryolu ve karayolu ilçe sınırlarından geçmektedir. Çalışmanın amacı, jeolojik gözlemler sonucunda belirlenen lokasyonlarda, kömür varlığının, yanal ve düşey devamlılığının belirlenmesi için çok kanallı (8 kanallı) ve çok-elektrotlu (84 elektrotlu) jeofizik cihazla ölçümler yapılmasıdır. Bu amaçla, öncelikle ilgili sahaların jeolojik ve yükseklik (topoğrafya) verileri incelenmiş daha sonra 60 farklı lokasyonda jeofizik ölçüm yapılmıştır.



Şekil 1: Çalışma alanı yerbulduru haritası

2. Çok-Elektrotlu Elektrik Öz direnç Ölçümleri ve Jeolojik Yorumları

Çalışma alanında, Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimler, temel birimler üzerindeki örtü kayalarını oluşturmaktadır. Neojen yaşlı birimler genelde akarsu ve göl fasiyesinde gelişmiş ve birbirine geçişlidir. Bu birimler kumtaşı, şeyl, kireçtaşı ve konglomeralardan oluşur. Tabandaki kırıntılılar, temel kayalar üzerine yaslanır. Birim içerisindeki kırıntılılardan özellikle konglomeraların bileşimi yaslandıkları temel kayalara göre değişkendir. Çalışma alanındaki litolojik birimler, Neojen öncesi ve Neojen olmak üzere iki kategoriye ayrılarak incelenmiştir.

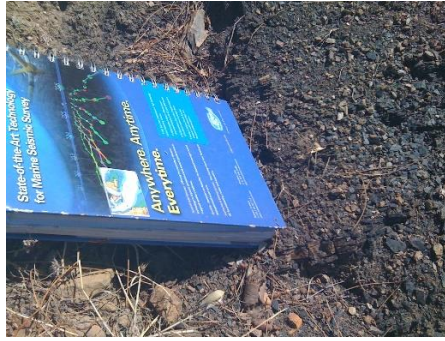
Neojen Öncesi Birimler: Yeşilimsi, grimsi ve kurşuni renkteki şistler, kumtaşları, konglomeralar ve breşlerden oluşmaktadır. Bu seriyeye, fliş adı verilebilir. Birim, yüksek kısımlarda kireçtaşı blokları içermektedir.

Neojen Birimler; **Kömürlü Kumtaşı İstifi,** Neojen serinin en alt kısmını oluşturur. Genellikle sarı renkli kumtaşlarından oluşması nedeniyle kumtaşı istifli denilmektedir. Tabaka kalınlığı 30 ile 150 m arasında değişmekte olup, ortalama 50-80 m kabul edilebilir. Bu kumtaşı istifli bazı alanlarda kumlu kil, killi marn ve kil haline geçmektedir. Bu istif alttaki Üst Kretase seriler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Bu istif kömür damarları içermektedir. Kömürlü kumtaşı istifli, üzerine gelen konglomera istifli ile tedrici geçişlidir. Eğim



yönü genellikle GD'dur. Bazı alanlarda, eğim yönü 180 ° değişmekte ve KB'ya yönelmektedir. Devrik bir hal alan buradaki kumtaşı istifi temel kayalar altına dalmakta ve daha derinlerde esas eğim yönünü almaktadır. Konglomera İstifi, kömürlü kumtaşı istifi üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Bu transgresyon konglomeraları aralarında yer yer kumtaşları, kumlu kil, marnlı kil, kil, marn ve kireçtaşı tabakaları bulunmaktadır. Tabakalar genellikle, kurşuni ve sarımtırak renktedir. Kırmızı killer sahadaki kumtaşı ve konglomeralara renk vermiştir. Konglomera istifindeki tabakalar kendi aralarında uyumsuzdur. Tabakalar genellikle GD'ya doğru dalmakta olup, eğim açısı da GD'ya doğru azalmaktadır. Konglomera istifindeki tabakaların kendi aralarında uyumsuz olmaları ve GD'ya doğru eğimlerinin azalması, bu istif içerisindeki açık renkli marn ve kireçtaşı ile daha üstte transgresif olarak bulunan yine açık renkli marn ve kireçtaşlarından ayırt edilme zorluğu çıkmaktadır (çünkü, daha genç olan bu tabakaların eğim açıları da küçük değerler taşımaktadır). Konglomera istifi içerisinde kurşuni renkte ve genellikle tepelik kısımlarda kireçtaşı tabakaları bulunmaktadır. Bu kireçtaşı tabakası, kumtaşı istifi üzerine gelmektedir.

Çalışma alanında, kumtaşı istifi içerisinde kömür tabakaları vardır. Kömür tabakasının tavan ve tabanını genellikle marnlar, kumtaşları ve killer oluşturur. Kömürün koridor şeklinde kumtaşı istifi içinde bulunması ve çeşitli yerlerde mostra vermesi nedeniyle daha önceki yıllarda sahanın bazı kısımlarda kazılar yapılmış ve galeriler açılmıştır. Kömür damarları, genellikle kumtaşı istifinin dereleri (Kurbağalı deresi, Sarımustafa deresi vb.) kestiği kısımlarda görülmüş ve işletmeler bu kısımlarda yer almıştır. Görülen kömür mostralarının açıları, 45° ile 90° arasındadır. Mostralardaki kömür tabakalarının kalınlıkları, 1 m dolayındadır (Şekil 2). Bölgedeki linyit oluşumları, damar kalınlıklarının ince olmasına karşın, kalorilerinin yüksek olması nedeniyle işletilme açısından tercih edilmektedir.



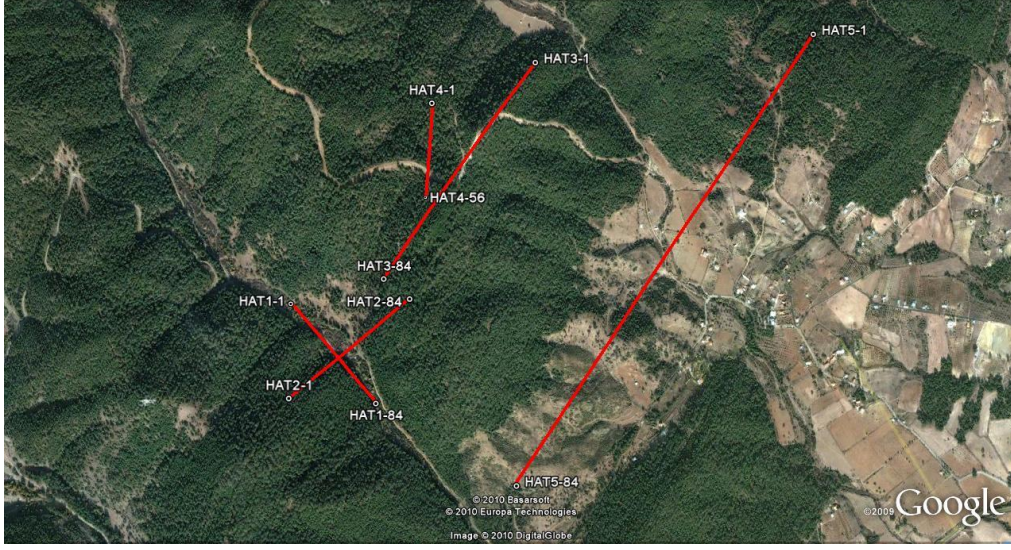
Şekil 2: Çalışma alanındaki bir kömür mostrası

Çalışma alanında, kömür varlığının, düşey ve yanal devamlılığının kontrolü için çok-elektrotlu (84-elektrotlu) ve çok-kanallı (8 kanallı) SUPERSTING R8/IP rezistivite görüntüleme cihazıyla (Şekil 3) 5 adet hattın ölçümü yapılmıştır. Jeofizik ölçümlerin amacı, bölgedeki genel jeolojik yapılarını çözmek yerine çalışma alanının kömür potansiyelini tespit etmeye yönelik olmuştur. Kömür potansiyeli olan alanlarda, çeşitli elektrot dizilimlerine sahip ölçüm yapılmıştır. Şekil 4'de jeofizik ölçüm yapılan hatları gösterir harita verilmiştir Jeofizik öz direnç ölçümlerinin değerlendirilmesinden sonra çalışma alanına ait Şekil 5-10'da verilen elektrik yapı kesitleri EartImager2D yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır.

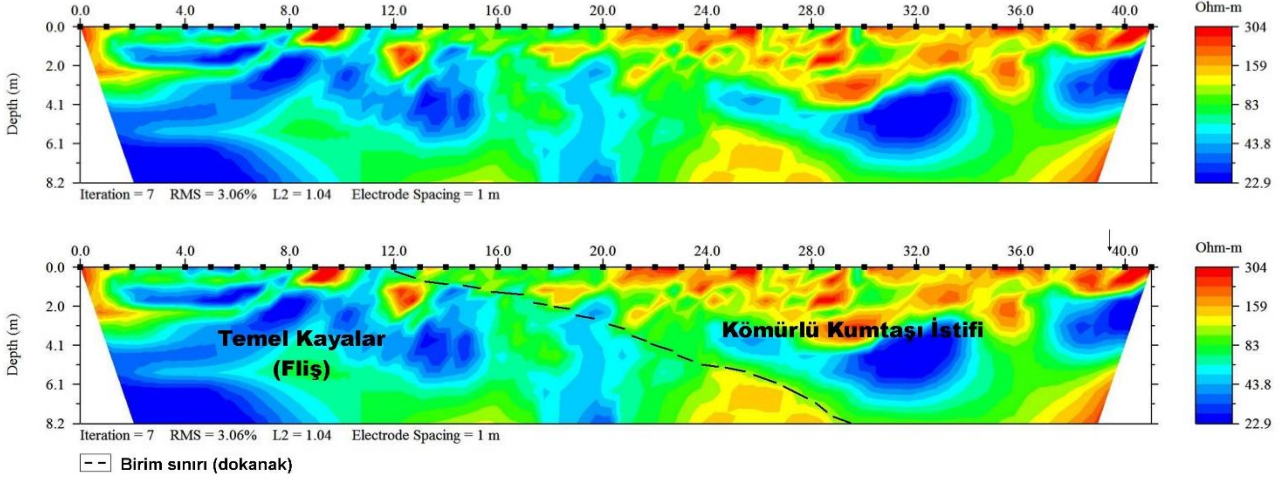


Şekil 3: Elektrik öz direnç ölçüsünde kullanılan çok-kanallı jeofizik cihaz ve ölçüm görüntüsü

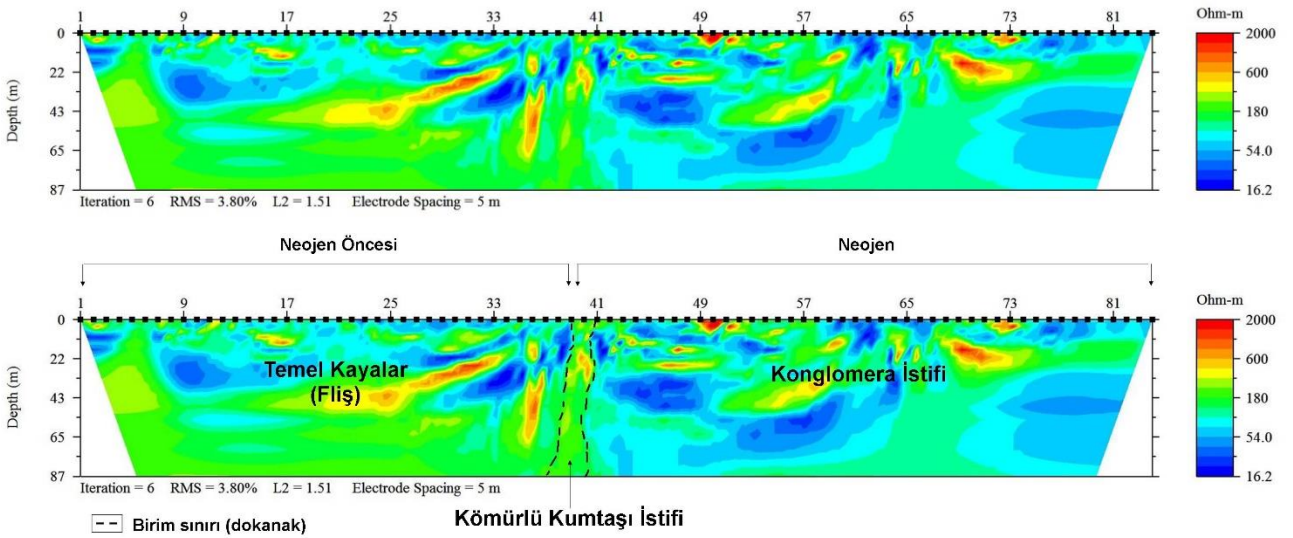




Şekil 4: Jeofizik ölçüm yapılan hatların yerbulduru haritası

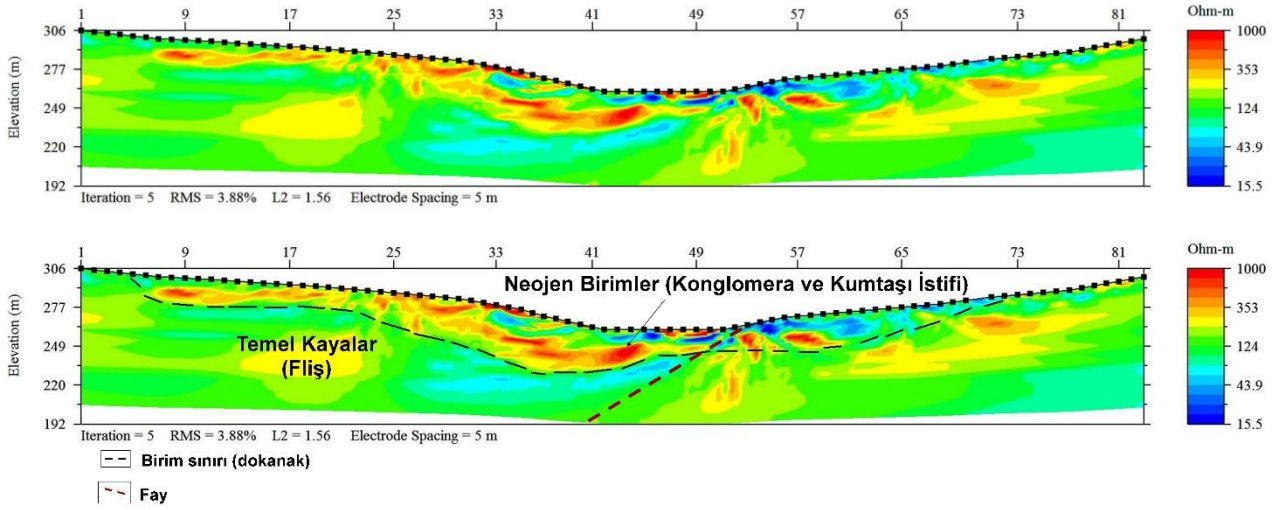


Şekil 5: Test ölçümünden elde edilen yer-elektrik kesit ve jeolojik yorumu

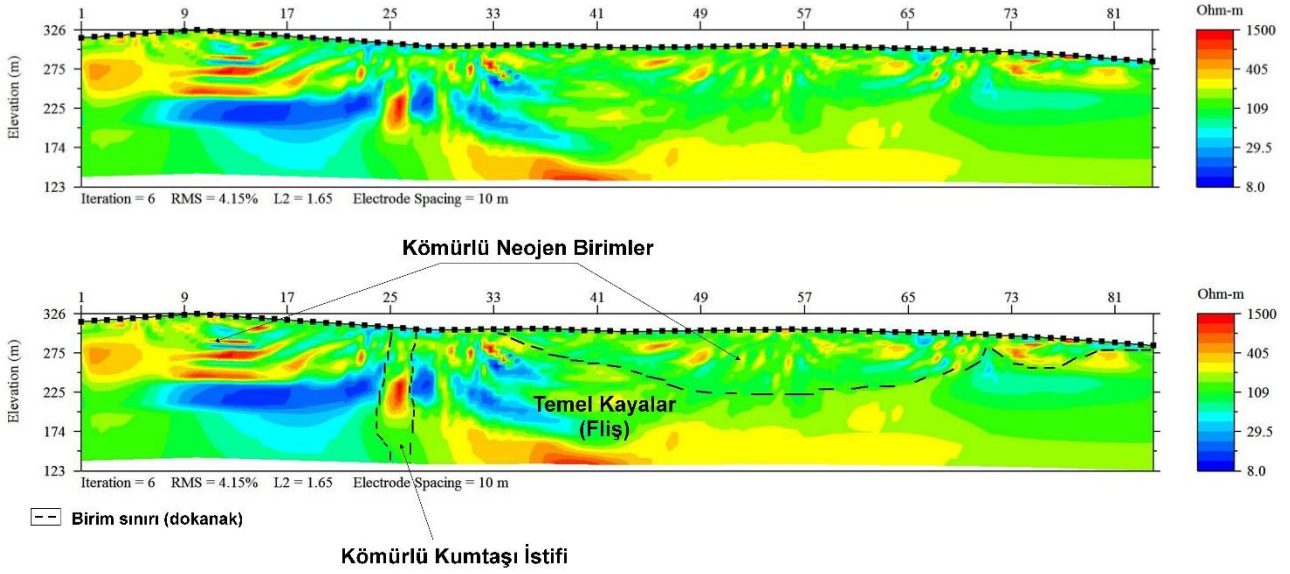


Şekil 6: 1.ölçümden (HAT-1) elde edilen yer-elektrik kesit ve jeolojik yorumu

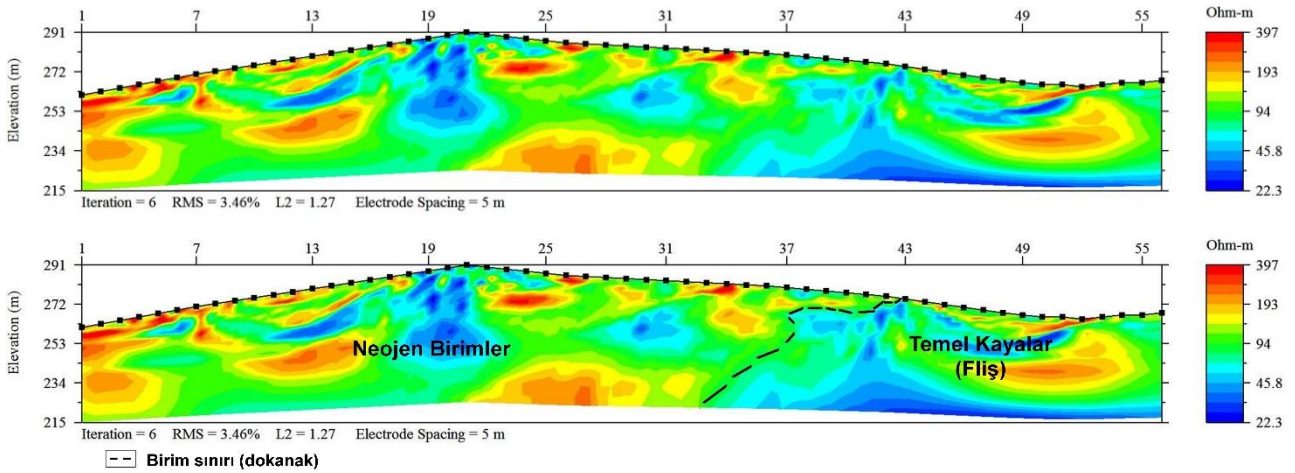




Şekil 7: 2.ölçümden (HAT-2) elde edilen yer-elektrik kesit ve jeolojik yorumu

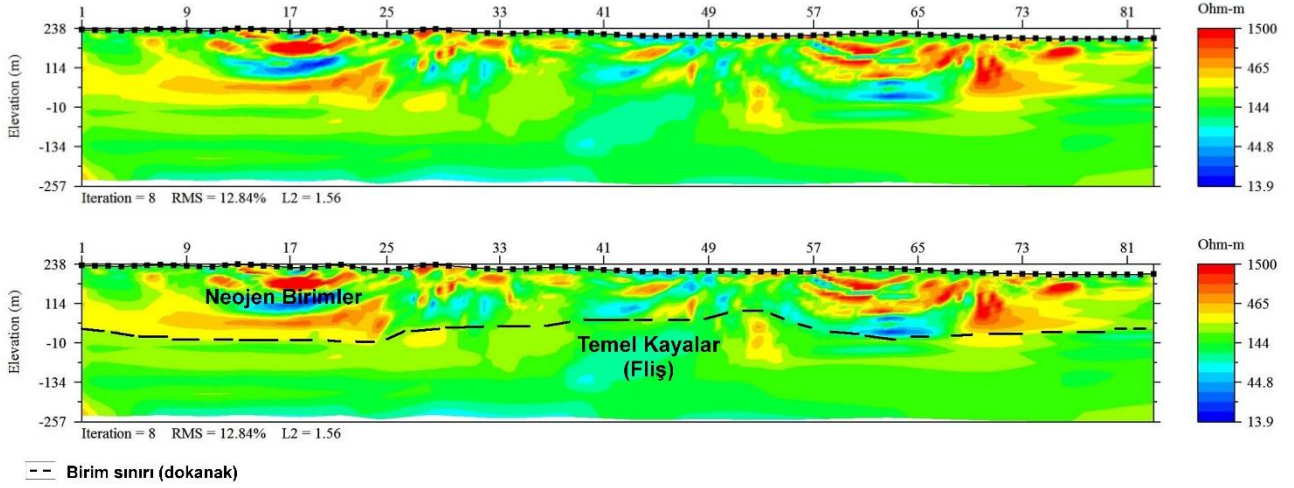


Şekil 8: 3.ölçümden (HAT-3) elde edilen yer-elektrik kesit ve jeolojik yorumu



Şekil 9: 4.ölçümden (HAT-4) elde edilen yer-elektrik kesiti ve jeolojik yorumu





Şekil 10: 5.ölçümden (HAT-5) elde edilen yer-elektrik kesit ve jeolojik yorumu

3. Sonuç

İki boyutlu (2B) ve üç boyutlu (3B) çözüm yöntemlerinin uygulanması, elektrik özdirenç yönteminin etkinliğini arttırmıştır. Yeraltı jeolojisinin daha anlaşılır ve daha ayrıntılı olarak ortaya konulabilmesi için bir boyutlu (1B) modellemeler yerine günümüzdeki teknolojik gelişmeler ve yapılan araştırmaların sonuçları dikkate alınarak iki boyutlu (2B) modellemenin kullanılması artık standart hale gelmiştir. 2B ve 3B etütlerin uygulanması çözünürlük gücünün artmasına paralel olarak ölçülerin süratle alınması ve değerlendirilmesi konusunda mühendislere önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu yöntemlerle, geleneksel 1B etütlerde karşılaşılan kısıtlamalar büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Örneğin, elektrotların aynı kotta olması, nehre paralel açılım gibi. Çalışma alanında, kömür damarlarının yanal ve düşey yönde devamlılığının belirlenmesi amacıyla çok kanallı (8 kanallı) ve çok-elektrotlu (84 elektrotlu) cihazla jeofizik ölçümler yapılmıştır. 5 adet hatta ölçüm yapılmış ve Veriler EarthImager2D ve yazılımı ile değerlendirilmiştir. Jeolojik ve jeofizik verilerin değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanında ince damarlar halinde (0.45-1 m) kömür içeren neojen birimler (konglomera ve kumtaşı istifleri) ile Neojen öncesi yaşlı temel birimlerinin (Fliş) sınırları belirlenebilmiştir. Bu sınırın belirlenmesinin amacı, işletmeye uygun kömür damarlarının bu birimlerin kantağında yer almasıdır. Jeofizik kesitler, ormanlık alandaki ağaçların sıklığına ve topoğrafik zorluklara rağmen yüksek oranda tutarlı olarak elde edilmiştir. Kesitlerin yorumlanması oldukça zor olmuştur. Bunun sebebi, neojen birimler ile neojen öncesi temel birimlerin yaklaşık aynı aralıkta rezistivite (özdirenç) vermeleridir. Bir diğer zorlukta, kömür damarlarının kalınlığının az olmasıdır.



NESNELERİN İNTERNETİ VE NESNELERİN İNTERNETİNİN TARIM ALANINDA KULLANIMI

Ahmet Erol Kalkışım^{1*}, Mustafa Alper Akkas², İbrahim Yücedağ³

1 Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği ABD, Düzce, Türkiye

aerolkalkisim@gmail.com

2 Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Bolu, Türkiye

alperakkas@ibu.edu.tr

3 Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Düzce, Türkiye

yucedagi@gmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Nesnelerin İnterneti (Nİ, Internet of Things-IoT) son yıllarda popülerliği gittikçe artan bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Nİ, nesnelerin gelişmiş iletişim teknolojileri aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurar hale gelmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Gelecekte, geliştirilen LTE (Long-Term Evolution, Uzun Süreçli Evrim), M2M (Machine-to-machine, Makineler arası iletişim) gibi projeler sayesinde günümüzde kullanılan çoğu cihaz bir IP (Internet Protocol Address, İnternet Protokol Adresi) olarak internete girebilecektir. Bu ve buna benzer birçok gelişme ile günlük hayata birçok yenilik getirecek olan Nİ teknolojisinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışmada Nİ teknolojiyle bir akıllı tarım uygulaması gerçekleştirilerek tarımda yüksek verimli, sağlıklı ürünlerin nasıl yetiştirilebileceği üzerinde durulmuştur. Endüstri 4.0 çözümlerinden biri olan akıllı tarım ile neler yapılabileceği, ne gibi sonuçlar elde edilebileceği ve Nİ teknolojisinin akıllı tarımdaki yeri hakkında bilgiler verilmiştir. Yapılan bu çalışmada Nİ teknolojisi kullanılarak tarım alanında topraktaki ve havadaki nem, sıcaklık ve Karbondioksit (CO₂) gibi ortam verilerinin ölçülmesiyle istenen düzeyde olmayan bu faktörlere gerekirse müdahale edilmek suretiyle verimin artırılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte büyük oranda ekolojik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkacak olan hastalık ve zararlılarada önlem alınabileceği ve kimyasal ilaç kullanımını sınırlandırarak çevreci ve sağlıklı bir üretimin gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Nesnelerin İnterneti, Akıllı Tarım, Akıllı Sera, Endüstri 4.0*

1. Giriş

Bu çalışmada tarım alanı olarak yüksek verim ve şartların kontrol edilebilirliği açısından sera ortamı seçilmiştir. Seralar, bitki gelişimi ve üretimi amacıyla uygun çevre koşullarının sağlanması için oluşturulan, cam, plastik, fiberglas gibi ışığı geçiren materyallerle örtülü yapı elemanlarıdır. Sera yapılarında bitki büyüme etmenleri olan sıcaklık, karbondioksit, toprak ve hava nemi en uygun düzeylerde sürdürülür [1]. Sera içinde optimum koşulların yaratılabilmesi ancak, seraların ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve nemlendirme gibi sistemlerle donatılmasıyla mümkün olmaktadır. Günümüzde İngiltere, Hollanda gibi serin iklim kuşağında bulunan ülkelerde otomatik ve tam kontrollü seralarda yetiştiricilik yapılmaktadır [2].

Serada yetiştiricilik için ekolojik faktörlerin kontrolü çok önemlidir. Bu faktörlerden özellikle sıcaklık, karbondioksit, toprak ve hava nemi yetiştiricilik bakımından en elzem olan sıkı kontrol altında olması gereken faktörlerdir. Bu faktörler her bitki tür ya da çeşidinin isteğine göre belirli aralıklarda farklılık gösterirler. Bitkilerin genellikle normal gelişmeleri için 0°C - 60°C arasında geniş sınırlar içerisinde sıcaklığa ihtiyaçları vardır [3]. Genel olarak sıcaklık bakımından 12°C altında bitkiler zarar görmeye başlarlar. Sıcaklık bakımından da üst sınır olarak 35°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda fotosentez zarar görmeye başlamaktadır. Ayrıca gece sıcaklıklarının yüksek olması fotosentezsiz solunumu artırdığından verim kayıpları yüksek olmaktadır. Dolayısıyla gece sıcaklıklarının gündüz sıcaklıklarına göre 5-8°C daha düşük tutulması gerekmektedir. Bu bağlamda domates yetiştiriciliği için gece sıcaklıkları 14-16 °C arasında tutulması gerekirken gündüz sıcaklıkları daha yüksek verim için gündüz 22-24 °C'lerde tutulmalıdır [4]. Bunun kontrolü ısıtma ve havalandırma ile sağlanabilmektedir. Hava oransal nemi bitki tür ve çeşitlerinin isteklerine göre değişimle birlikte domateste %50-%60 aralığında tutulmalıdır. Kontroller sulama ve havalandırma ile temin edilebilmektedir. Nemin aşırı olması hastalık ve zararlı etmenleri etkin hale getirir ve bitkilerin hastalanmasına sebep olur. Diğer yandan transpirasyon dediğimiz terleme olayını azaltarak, mineral madde alımını azaltır ve böylece verim artışı olumsuz yönde etkiler [4]. Toprak nemi ise, bitki beslenmesi ve hayatsal faaliyetleri bakımından çok önemlidir. Toprakta bitkiler tarafından faydalanılabilir su tarla kapasitesi dediğimiz 0,33-15 atmosfer basınç arasında kuvvetle tutulan sudur. Bu aralığın dışındaki durum bitkilerin susuz kalmasına, beslenememesine, solmasına ve ölmesine sebep olur [5]. Karbondioksit; kimyasal formülü CO₂ olan, tatsız, rensiz, kokusuz, yanmayan ve zayıf asit özelliği olan bir gazdır. Havadan 1.53 kat daha ağırdır. Zehirli olmamakla birlikte, havada %30 oranında bulunduğu solunumu tıkama özelliği göstermektedir. Atmosferdeki karbondioksit miktarı %0.03 kadardır. Karbondioksit üretimi, doğal yeraltı çıkışlarından ve kimyasal yöntemlerle fabrikalarda yapılmaktadır. Karbondioksit, yüksek basınç ve sıcaklıklarda sıvılaştırılıp katılaştırılabilir. [6]. Karbondioksit konsantrasyonu artışına neden olan emisyonun %77'si fosil yakıt kökenli, %23'ü ise büyük ormanlık sahaların yok edilmesinden



kaynaklanmaktadır. Bu oran 150 ppm dolaylarına düştüğü zaman bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelir ve solmaya başlarlar. Bu oran daha da azalıp 100 ppm dolaylarına geldiğinde ise fotosentez tamamen durur ve bitkiler ölür. 100 ppm seviyesi bitki yaşamı için en alt sınırdır. Optimal bir fotosentez için CO₂ miktarı 1200 ppm olmalıdır. Ortamdaki karbondioksit miktarı 1200 ppm dolaylarında olduğunda bitkilerden maksimum verim sağlanabilir. Ancak CO₂ miktarı 1200 ppm'den yukarı çıktıkça bitkiler için tekrar öldürücü olmaya başlar. 10000 ppm dolaylarında ise bitkiler fotosentez yapamayacak duruma gelirler ve ölürlür. Bu nedenle yeterli miktarlarda CO₂ bitkilere verilmelidir [7]. Önerdiği sistem ile yukarıda bahsedilen parametreler Nİ teknolojisi kullanılarak takip edilebilecek ve anında müdahale etmek suretiyle bahsedilen ortam şartları kontrol altında tutulabilecektir.

Nİ terimi ilk defa Auto-ID Merkezinin yöneticisi Kevin Ashton tarafından 1999 yılında kullanılmıştır. “Nesnelerin İnterneti (Internet of Things), fiziksel nesnelerin birbirleriyle veya daha büyük sistemlerle bağlantılı olduğu bir iletişim ağıdır. Bu ağ, hayatın her anından milyarlarca veri toplayarak, anlamlı bilgilere dönüştüren teknolojik cihazlar ile doludur” [8]. Nİ teknolojisi, elektronik minyatürleştirme ve ağ bağlantılarındaki gelişmeler sayesinde yeni bir boyut kazanmıştır. Bu gelişmelerle birlikte Nİ kablosuz ağ üzerinden birbirleri ile iletişim kurabilen ve İnternet ağı üzerinden web teknolojileri aracılığıyla erişilebilen, gelişmiş sensörlerin kullanıldığı bir teknoloji haline gelmiştir. Nİ, veri toplama, iletim, işleme, işletme yönetimi vb. için geçerli, yeni nesil bilgi teknolojilerinin önemli bir parçasıdır ve insanlara bilgi toplamak ve işlemek için yeni bir yol açmıştır [9]. Nİ temelinde doğal çevre ve sıcaklık, konum, ağırlık, ışık şiddeti, nabız sayısı, tansiyon, sertlik, karbondioksit oranı, nem, pH değeri, ses şiddeti vs. gibi her türlü ölçülebilir fiziksel büyüklüklerin bulunduğu ortam vardır. Sensörler aracılığıyla alınan bu veriler ham bir şekilde algılanır ve analog veya sayısal sinyallere dönüştürülür. Doğadan alınan bu veriler, insan-makine, makine-makine iletişimi için gerekli olan RFID, Zigbee, 802.5.4, NFC, Kızılötesi, Bluetooth, ModBus, M-Bus, GPRS ve GSM, Bacnet, LPWAN, elektrik hattı taşıyıcıları, ethernet gibi kablosuz ve kablolu iletişim altyapısı ve iletişim protokolleri ile işlenmesi için depolanmak üzere bulut bilişim sistemlerine iletilir. Burada depolanan veriler artan yığınlar halinde büyük veriyi oluştururlar. Verimliliğin artırılabilmesi için bu büyük miktardaki verinin analiz edilmesi gerekmektedir ve bu da makine öğrenimi yöntemleri veya oluşturulan kural tabanıyla gerçekleştirilir [10]. Nİ teknolojinin büyüyüp yaygınlaşması ile birlikte geleneksel tarım terk edilerek modern tarıma geçilecektir. Ayrıca endüstriler için büyük iş fırsatları sağlayacaktır. Son yıllarda; spesifik bir bitki için ortam şartlarının en ideal değerlerini bulmak adına veri toplama, insan gücünü en aza indirmesini amaçlayan otomatik sera kontrol sistemi, bitkide oluşabilecek hastalıklara karşı tarımsal erken uyarı sistemi (Chu ve ark., 2013; Ding ve ark., 2013; Gong ve ark., 2013; Guo ve Zhong, 2015; Li ve ark., 2012; Wu ve ark., 2014) gibi farklı birçok çalışma yürütülmüştür. Dünya nüfusunun hızla artması, tarım arazilerinin sabit kalması ya da azalması gelecekte birim alandan alınabilecek daha fazla üretimi zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada; Serada yetiştiricilik için önemli ekolojik faktörler olan sıcaklık, karbondioksit, toprak ve hava nemi gibi kriterleri Nİ teknolojisi ile kontrol altında tutarak, açıkta yetiştiriciliğe göre ürün çeşitleri bazında birkaç kat daha fazla gelir getiren, kalite ve kantite yönünden üstün niteliklere sahip ürünler elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca büyük oranda ekolojik faktörlere bağlı olarak ortaya çıkacak olan hastalık ve zararlıları, özellikle nem ve sıcaklık bakımından kontrollü şartlarda tutarak ve ayrıca kontrollü şartlarda daha sağlıklı ve dayanıklı bitkiler yetiştirmekle baskılamak suretiyle kimyasal ilaç kullanımını sınırlandırmak veya ortadan kaldırmak şeklinde çevreci bir üretim gerçekleştirmektedir. Diğer yandan sera havasının karbondioksit içeriğini kontrol altında tutarak karbondioksit gübrelemesi etkisini artırmak suretiyle üretimi artırarak çevreye önemli ve kalıcı zararlar veren kimyasal gübrelerin daha az kullanılmasına veya hiç kullanılmamasını temin ederek çevre kirliliğinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için Nİ teknolojisi kullanılarak ortam verilerinin izlenebildiği ve müdahale edilebildiği bir sistem önerilmiştir.

2. IoT ve IoT'nin Tarım Alanında Kullanımı

Dünyadaki kullanıcılar topluluğu tarafından Nİ için kabul edilebilir, benzersiz bir tanım yoktur ancak, akademisyenler, araştırmacılar, uygulayıcılar, geliştiriciler ve terimi tanımlayan tüzel kişiler de dahil olmak üzere pek çok farklı kesimden insan ilk kullanımı dijital inovasyon uzmanı olan Kevin Ashton'a affetmişlerdir. Tanımların hepsinin ortak noktası, İnternet'in ilk sürümünün insanlar tarafından oluşturulan veriler ile ilgili olduğudur, bir sonraki sürüm ise nesnelerin yarattığı verilerle ilgili olduğudur fikridir. Nİ için en iyi tanım “Durumlarda ve ortamdaki değişiklikler karşısında tepki gösterme ve davranma kapasitesine sahip, açık ve kapsamlı bir akıllı nesnelere ağı” şeklinde belirtilmektedir [11]. Nİ Teknolojisi genel olarak, algılama, iletim ve uygulama katmanlarından oluşmaktadır. Bu teknoloji ile aklımıza gelebilecek her türlü nesnenin ilgili ölçülebilir bilgileri, uzaktan algılanıp izlenebilir hale getirmiştir. Algılama katmanında veri toplamak için sensörler kullanılmaktadır. Sensörler sabit veya hareketli kullanım amacıyla ihtiyaca göre tasarlanabilmektedir. Günümüzde bu çalışmada konu edilen tarımsal alanda elektriksel iletkenlik (EC), CO₂ oranı, toprak ve hava nemi, sıcaklık, ışık sensörleri bunlardan bazılarıdır. Son yıllarda pasif, batarya içermeyen, temassız, elektriksel direnç ölçüm sensörleri ve bitkilerin fizyolojik durumunu tespit eden sensörler üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır ([12],[13]). İletim katmanında, kablosuz sensör ağı (KSA) ve RFID teknolojilerine sahip cihazlar ile WiFi, bluetooth, GPRS gibi geleneksel kablosuz iletişim protokollerinin yanında, bu amaç için tasarlanmış IEEE 802.15.4 standardı ve Zigbee gibi yeni nesil protokoller kullanılmaktadır. Yazılım katmanı ise web tabanlı mobil uygulamalar başta olmak üzere, mikroişlemci (MCU) yazılımlarını, sunucu ve bulut bilişim yönetim yazılımları ile makineler arası iletişim protokolü (M2M) yazılımlarını kapsamaktadır [14].

Nİ, teknoloji alanında, bilgisayar ve İnternette sonra Dünyadaki üçüncü devrimdir. Birçok firma ve araştırma organizasyonları gelecek on yıl içinde Nİ teknolojisinin ekonomi üzerindeki potansiyel etkisi hakkında çeşitli öngörülerde bulunmuşlardır. Örneğin 2020'da internete bağlı nesne sayısının 26,3 milyar ([15]), internete bağlı cihaz sayısının 75 milyar ([16]), 2025'de ise 100 milyar nesnelerin interneti bağlantısı yapılacağı ([17]) bildirilmektedirler. Bunun yanında bu teknolojinin ekonomik açıdan 2025 yılında 3,9-11,1 trilyon dolarlık bir büyüklüğe ulaşılacağı bildirilmektedir [14].

Bilginin insanların yaşamında önemli bir rol oynadığı İnternet çağında, tarım, hızla çiftçilerin sensörler, tarım makineleri gibi çeşitli cihazlardan büyük miktarda veri toplama ve değerlendirme ihtiyacı duyduğu büyük bir sektör haline gelmektedir. Gün geçtikçe nüfusa bağlı olarak artan besin tüketim ihtiyacı ucuz, kaliteli ve verimli besin üretimini gerekli kılmaktadır. Buda ancak verilerin doğru analiz edilmesiyle olabilmektedir. “Nesnelerin İnterneti” kavramı gittikçe yaygınlaşırken, her türlü verinin toplanıp analiz edilmesine olanak



tanıyan pek çok sistem ve kablosuz veri ağları ile kontrol edilen cihazlar geliştirilmektedir. Çin'de, IoT'nin tarım projeleri için potansiyel uygulamalarından yararlanmaya yönelik pilot projeler yürütülmektedir. Çin'in tarım için planı, geleneksel tarım yöntemlerinin yerine büyük veri ve yapay kontrolün olduğu otonom sistemlere geçiş yapmaktır. Bunun için Tianjin, Şangay ve Anhui gibi şehirlerde tarım endustrisini modernleştirmek için Ocak 2014'te bir girişim başlatıldı. Proje, belediyenin geleneksel tarımdan bilgi toplama ve akıllı kalkınmaya geçişinin bir parçası olarak tanımlanmaktadır. Yararlı verilerin bulunması daha iyi kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Bu veriler gerçek zamanlı olarak mevcutsa, bilinçli kararlar daha hızlı alınabilir. Bu çalışma ile önerdiğimiz sistemle çiftçiye doğru zamanda bilinçli karar alarak yüksek verimli ürünler yetiştirilmesini amaçlıyoruz [18].

2.1. Tarımda olası uygulamalar

Bahçecilik: Hava durumunu izlemenin yanı sıra, toprak sıcaklığını ve nemini, sera sıcaklığını ve nemini, yaprak ıslaklığını, güneş ışığını ve yağmur seviyelerini izlemek için kablosuz sensörler kullanılabilir. Bu sensörlerden gelen gerçek zamanlı veriler, ürün bakım prosedürlerini düzenli aralıklarla required gerektiğinde olarak değiştirmek için kullanılabilir ve böylece zamandan ve paradan tasarruf sağlanır [18].

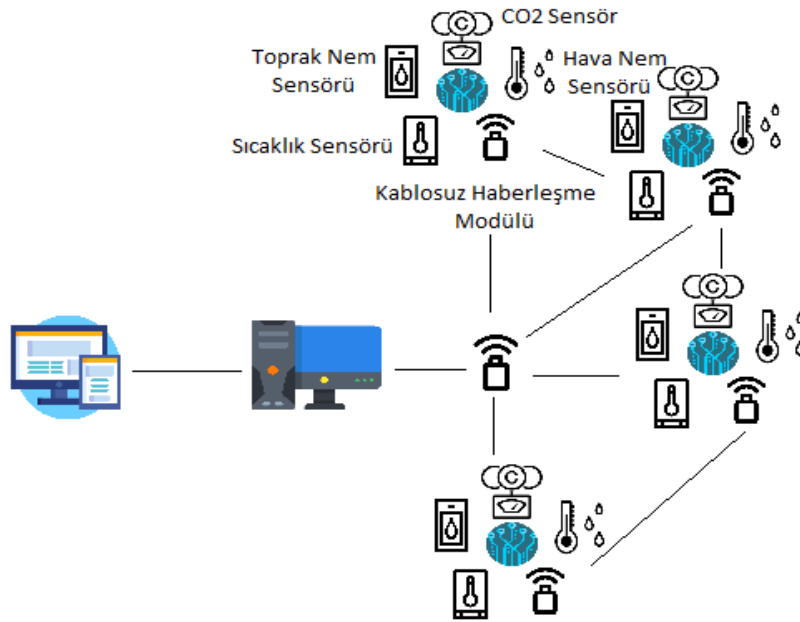
Hayvancılık: Hayvanları sayma ve izleme RFID teknolojisi ile, doğumdan satışa bireysel istatistikler daha hızlı ve daha basit hale gelebilir [18].

Güvenlik: Hayvanları takip edilmesi ve olası yaşanabilecek afetlerin önüne geçilebilecektir [18].

Su yönetimi: Günümüzde su kaynakları azalmakta ve ulaşım maliyetleri artmaktadır. Bu durum su kullanımındaki israfın önlenmesini çok önemli hale getirmiştir. IoT teknolojisi ile geliştirilecek uygulamalarda su israfının önüne geçilebilir [18].

3. Materyal ve Metot

Bu çalışmada önerilen sistemde, Nİ teknolojisinin kullanıldığı, alanın büyüklüğü dikkate alınarak belirlenecek sayıda elektronik devre hazırlanmalıdır. Oluşturulacak olan her bir tümleşik devrenin birbiri ile optimum şekilde haberleşebilmesi amacıyla ağırlıklı bir ağda bütün düğümleri dolaşan en kısa yolu veren minimum spanning tree algoritmasının kullanılmasını öneriyoruz. Yapılacak bu haberleşme ile sistemin daha uzun bir süre ayakta kalmasını sağlamayı amaçlıyoruz. Önerdiğimiz sistem ile; sera gibi tarım alanlarında ortam verilerini takip etmek amacıyla alınacak sensörler ve programlanabilir elektronik kartlar ile önemli ekolojik faktörler kontrol altında tutularak müdahale edilmek suretiyle çevreye zarar vermeden ve kirliliğe yol açmadan düşük maliyetli, yüksek verimli sera ürünleri yetiştirilebileceği öngörülmektedir. Bu sistemin ortam şartların kontrolü açısından en verimli sonucu vereceğini düşündüğümüz sera ortamında yapılmasını öneriyoruz. Sistem Mimarisi Şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 1) Projenin Mimarisi

Bu çalışmada serada yetiştiricilik bakımından önemli olan sıcaklık, karbondioksit, toprak ve hava nemi parametreleri dikkate alınmıştır. Araştırmamız sonucunda sıcaklık ve hava nemi parametrelerinin ölçülmesi için maliyeti düşük ve iyi performans gösteren "DHT11" sensörünü kullanılması öneriyoruz. Toprak nemi için arduino uyumlu toprak nemi algılama sensörü öneriyoruz. CO₂ miktarını ölçmek için arduino uyumlu "Gravity Analog" karbondioksit gaz sensörünü öneriyoruz. Sensörleri yönetmek ve ortamdaki değerleri anlık kayıpsız olarak veri tabanına kaydetmek için programlanabilir elektronik kart olan "Arduino Mega" kullanılacaktır. Elektronik kart üzerine kablosuz haberleşmeyi sağlayacak Xbee-PRO modülü eklenip programlanarak sensörlerden toplanan veriler veri tabanına yazılmak üzere, üzerinde Xbee-PRO bulunan server görevi görecek bilgisayara gönderilecektir. Bilgisayara aktarılan veriler .Net Web Uygulaması üzerinden çiftçiye gösterilecektir. Ayrıca ölçülmesi belirlenen parametreler yetiştirilecek olan ürüne göre değişkenlik



gösterebilmektedir. Bu sebeple web ara yüzünde parametrelere göre alt ve üst sınırın ayarlanabileceği bir sayfa oluşturulmalıdır. Arduino içerisine gömülen spanning tree algoritması kodu ile Xbee-PRO üzerinden kesintisiz uzun süre ayakta kalan bir sistem öneriyoruz. Bu çalışmada önerilen sistem için kullanılması gereken materyaller Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1) Kullanılan Materyaller

Kullanılan Materyaller
Adet Arduino 9V Pil Yuvası
Arduino Uno-Mega USB Kablo
T-90C 9V Pil Şarj Cihazı - Ataba
GP 9V Pil Şarjlı 200mA
Dişi-Erkek Jumper Kablo 20cm
Orijinal Arduino Mega 2560 R3
Xbee-PRO
2.4G Kablosuz RP-SMA Anten
Xbee Explorer USB
DHT 11 Isı ve Nem Sensörü Kart
Toprak Nemi Algılama Sensörü
Gravity Arduino Analog Karbondioksit Gaz Sensörü
Mini breadboard

Önerdiğimiz bu sistem ile düşük maliyetle sera içerisindeki ortam şartları anlık olarak internete açık olan herhangi bir cihaz üzerinden takip edilebilecektir. Bu sayede çiftçi seraya ortam şartlarına müdahale edilmesi gerektiğinde gidecek ve bu sayede iş gücü azalacaktır. Ayrıca uygulama geliştirilerek eğer toprak nemi azaldıysa otomatik sulama sisteminin devreye girmesi, hava nemi yükseldiyse klimanın devreye girmesi, CO₂ miktarına göre otomatik camların açılması gibi işlemler yapılabilir ancak uygulamanın bu şekilde evrilmesiyle maliyet kısa vadede artacaktır. Uzun vadede azalacak olan bu maliyetin ilerde çiftçiye yüksek gelir getireceğini düşünüyoruz. Ayrıca ancak sistemin bu şekilde evrilmesiyle tam anlamıyla otomatik kontrollü seralar oluşturulmuş olacaktır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada IoT teknolojisinin gelecekte tarım sektörüne nasıl bir katkı sağlayacağı önerilen örnek uygulama üzerinden anlatılmıştır. Yaptığımız bu çalışma ile ülkemizde de otomatik ve tam kontrollü seraların düşük maliyetle kurulabileceğini ve bu sayede yüksek verimli, sağlıklı ürünlerin çevreci bir yaklaşımla yetiştirileceğini ortaya koyduk. Ayrıca bu çalışma ile “IoT teknolojisi ile akıllı tarım” başlığı altında literatüre katkı sağlamayı amaçladık. Bunun yanında varolan bu tür sistemlerden farklı olarak asgari tarama ağacı algoritmasının nesnelerin haberleşmesinde kullanılmasıyla sistem stabilizasyon performansının artırılacağını öngörüyoruz. Bilişim teknolojileri ile endüstri faaliyetlerini bir araya getirilmesi şeklinde tanımlanan endüstri 4.0 kavramı ile hayatımıza hızla giren bu tür sistemlerin yakın bir gelecekte öneminin artacağını düşünüyoruz. Ülkemizdeki tarım potansiyeli dikkate alındığında ve insanımızın tarımla uğraşan sayısı azaldığı göz önüne alındığında bu ve buna benzer çalışmaların ülkemizin tarımdaki geleceği noktasında doğrudan etki edeceğini düşünüyoruz.

5. Kaynakça

- [1] Öztürk, H. H., “İklim Koşullarının Sera Tasarımına Etkisi”, *Alatarım*, Cilt 2, 40-44, 2003.
- [2] Kendirli B. & Çakmak B., “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 2, 95-103, 2010.
- [3] Türüdü, Ö. A., *Bitki Beslenmesi ve Gübreleme Tekniği*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Meslek Yüksekokulları Serisi, Genel Yayın No: 171- M.Y.O. Yayın No:13. 257s. 1997.
- [4] Sevgican, A., *Örtüaltı Sebzeçiliği*, Ege Üniversitesi Ziraat fakültesi Yayınları, No:528, Cilt:1, 476, 2002.
- [5] Ergene, A., *Toprak Biliminin Esasları*, Atatürk Üniversitesi Yayınları No:586, 560, 1993.
- [6] Ayaz, M.E, *Hacıalı ve Karayün (Sivas) Çevresinin Jeolojisi ve Doğal Karbondioksit Potansiyeli*, F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(4), 523-538, 2003.
- [7] Başkaya, H. S., *Atmosferdeki Değişiklikler, Sera Etkisi Ve Dünyamızın Geleceği*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 140, 2005.
- [8] Ashton, K., “That ‘internet of things’ thing”, *RFiD Journal*, 22(7), 97-114, 2009.



- [9] Shi DL., “Intelligent Information Collection and Management for Crop Growing Environment Based on Internet of Things Model”, *4th International Conference on Social Sciences and Society (ICSSS 2015)*, Pt 4, Paris, France, 14-18, 2015.
- [10] Görkem, L. & Bozuklu, M., “Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum”, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, Sayı: 13, 47-68, 2016.
- [11] Madakam, S., Ramaswamy, R., “Tripathi S., Internet of Things (IoT): A Literature Review”, *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173, 2015.
- [12] Steinberg, M. D., Tkalcec, B., Steinberg, I. M., “Towards a passive contactless sensor for monitoring resistivity in porous materials”, *Sensors and Actuators B-Chemical*, 234, 294-299. DOI: 10.1016/j.snb.2016.04.169, 2016.
- [13] Zarco-Tejada, P., Hubbard, N., Loudjani, P., “Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers Potential Support with the CAP 2014-2020”, *Joint Research Centre (JRC) of the European Commission*, 2014.
- [14] Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Boyacı S., Üstün, S., Kozak, F. B., “Sera Çevre Koşullarının Nesnelerin İnterneti Tabanlı İzleme ve Analiz Sistemi ile Denetlenmesi”, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(11): 1279-1289, 2017
- [15] Cisco, 2016, “Complete Visual Networking Index (VNI) Forecast”, Erişim Adresi: <http://bit.ly/1nKDqYc> [Erişim: 02.06.2019].
- [16] Danova T., 2013. Stanley M., “75 Billion Devices Will Be Connected To The Internet Of Things By 2020”, Erişim Adresi: <http://read.bi/1d7V9Uu> [Erişim: 01.06.2019].
- [17] Huawei. 2016. Global Connectivity Index. Erişim Adresi: <http://bit.ly/1rm1hfY> [Erişim: 02.06.2019].
- [18] Doknić, V., “Internet of Things Greenhouse Monitoring and Automation System”, *Summer term*, 2014.

NOT: Bu çalışma Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından (2019.07.02.937) nolu BAP projesi ile desteklenmiştir.



RÜZGÂR TÜRBİNİ KANADINDA FİBER METAL LAMİNE KOMPOZİT UYGULAMASI

Tevfik Mızrak¹, Alaattin Kaçal^{2*}, Ferhat Yıldırım³

^{1,2}Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü

tevfikmizrak@hotmail.com ,alaattin.kacal@dpu.edu.tr

³Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi, Biga Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü

ferhatyildirim@comu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

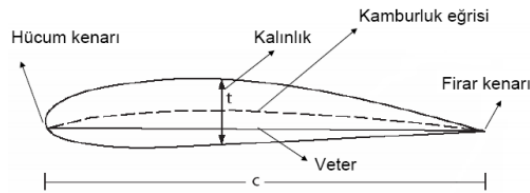
Özet

Bu çalışmada, rüzgâr türbini kanadı üretiminde Fiber Metal Lamine Kompozit (FML) malzemenin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, cam elyaf kumaş ve alüminyum plakadan oluşan FML kompozit levha, epoksi reçine kullanılarak vakum infüzyon yöntemiyle üretilmiştir. FML kompozit levha 4 kat halinde 300 gr/m² ağırlıklı twill cam elyaf kumaş ve 1 kat 0,3 mm kalınlığındaki Al 1050 sac levhadan oluşmaktadır. Ayrıca mekanik özelliklerde meydana gelen değişimleri görebilmek için aynı şartlarda alüminyum levhali ve levhasız üretilmiş kompozitlerin çekme ve eğilme deneyleri yapılarak karşılaştırılmıştır. FML malzemeden küçük ölçekli rüzgâr türbini kanadı başarı ile üretilmiştir. FML kompozit numunelerin mekanik özellikleri cam elyaf kompozitlere göre daha iyi çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Türbini Kanadı, Fiber Takviyeli Polimer Kompozit, Fiber Metal Lamine (FML) Kompozit

1. Giriş

Rüzgâr enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Rüzgârın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgâr hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızın küpü ile orantılı olarak değişir [1]. En önemli dezavantajı rüzgârların düzenli olmayışıdır, bu durum enerji üretiminde dalgalanmaya sebebiyet vermektedir [2]. Rüzgâr türbini, rüzgârdaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir [3]. Bir rüzgâr türbini genel olarak kule, kanatlar, rotor, dişli kutusu, jeneratör (alternatör), elektrik-elektronik elemanlardan oluşur. Rüzgârın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörden elde edilen elektrik enerjisi aküler vasıtasıyla depolanarak veya doğrudan alıcılara ulaştırılır [4]. Artık günümüzde rüzgâr türbini kanatlarının, türbin verimliliğinde ciddi oranda etkisi olduğu kabul edildiğinden mühendislik ve teknoloji olarak önemli yatırımlar yapılmakta ve sürekli gelişim/değişim sağlanmaktadır. Rüzgâr türbini kanatlarından en büyük beklentiler; uzun süre dayanıklılığını koruması, aerodinamik olarak türbinin enerji verimliliğine ilave katkı sağlaması, tüm dış etkenlere karşı bütünlüğünü ve yüzey kalitesini kaybetmemesidir. Bu özellikleri sağlamak için de yapılan tüm çalışmalar ve denemeler sonucunda rüzgâr türbinleri kanatlarının kompozit teknolojisi ile üretilmesinin en uygun yöntem olduğu ve kullanılan malzemelerde de gündün güne gelişim yaşanması ile bunun desteklediği görülmüştür [5]. Hava araçlarında kullanılan kanat profillerinin prensibi; hem kuşların kanatlarının taklidi hem de yapılan deneysel ve teorik çalışmalar sonucunda kanadın üst ve altında oluşan basınç farkına dayanmaktadır. Bunun için ise kanadın kesit geometrisinin yani profilinin buna uygun olması gerekmektedir. Profilleri tanımlayan başlıca terimler; kamburluk, hücum kenarı, firar kenarı, hücum açısı ve veter'dir [6].



Şekil 1: Profil elemanları [6].

Kanat profilleri, şekillerinden ötürü üzerlerinden geçen akışkanın profilin üst kısmıyla alt kısmı arasındaki hız farkı nedeniyle oluşan basınç farkıyla taşıma üretirler. Geometrinin şekilden dolayı profilin üst kısmında akış alt kısmında akışa göre daha hızlı olur. Bu durumda profilin alt yüzeyindeki basınç daha yüksek olur ve yukarı yönlü bir taşıma oluşur. Bu akış tipi temelde Bernoulli prensibine dayanmaktadır. Rüzgâr türbini kanatları günümüzde kompozit teknolojisi kullanılarak üretilmektedir. Bunun dışında metalik malzemeler, polimer mühendislik malzemeleri de kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler; yeni bulunan bir malzeme olmayıp, doğada var olan yapılardan hareketle farklı özelliklere sahip malzemelerin değişik şekillerde (taneli, lifli, tabakalı vb.) birleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Tanım olarak iki ya da daha fazla malzemenin makroskobik düzeyde bileşimi olarak söylenebilir. Amaç malzemelerin kompozit yapı öncesinde sahip olmadığı özelliklerinin bu malzemelerin bir araya getirilerek sağlanabilmesidir. Bu



özellikler içinde; mukavemet, yaşlanma dayanımı, aşınma dayanımı, kırılma tokluğu, termal özellikler, iletkenlik, ağırlık, korozyon direnci vb. sıralanabilir [7].

- Yüksek mukavemete sahiptir.
- Hafiftirler.
- Tasarım esnekliğine sahiptirler.
- Korozyona dayanıklıdır.
- Beton, ahşap, demir yüzeylere uygulama özelliği sunarlar.
- Sıcaklıktan etkilenmezler.
- İçerisine farklı malzemeler gömülebilir (demir, ahşap, halat, tel, mukavva, poliüretan sert köpük gibi).

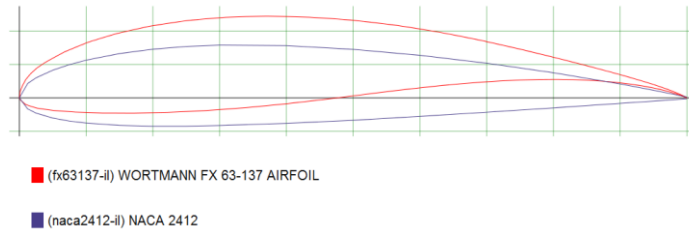
Son yıllarda kompozit üretim yöntemi ve kompozit malzeme çeşidi olarak ortaya çıkan Fiber Metal Lamine Kompozitler (FML), otomotiv, denizcilik ve havacılık sektörleri gibi birkaç yeni alanda uygulama bulmaktadır. Son zamanlarda, bir dizi termoplastik-matrisli FML geliştirilmiştir. Geleneksel fiber / metal lamine (FML), alüminyum alaşımlı istif düzenlemeleri ve bir fiber takviyeli epoksi reçinesi olan katmanlı malzemelerdir. Halen, GLARE (cam elyaf / alüminyum), ARALL (aramid elyaf / alüminyum) ve CALL (karbon elyaf / alüminyum) gibi sistemler birçok havacılık uygulamasında artan kullanım bulmaktadır. İlk çalışmalar, FML'lerin metallerle ilişkili dayanıklılığı ve üstün işlenebilirliği, üstün spesifik özelliklerle ve yüksek performanslı kompozit malzemelerin mekanik özellikleriyle birleştirdiğini göstermiştir [8]. Fiber metal lamineler (FML) hibrit kompozit yapılarıdır, ince metal alaşımları ve takviyeli elyaf tabakalarına dayanarak polimerik malzemelerdir [9]. Kompozitler mükemmel yorulma özelliklerine ve yüksek dayanıma sahiptir. Metallerin yorulma ve korozyon özellikleri ve düşük dayanım dayanımı, darbe dayanımı ve onarılabiliği kompozitlerin kombinasyonu ile üstesinden gelinebilir [10,11]. Bu malzeme sistemleri kompozit laminelerin metal katmanlara yapılandırılmasıyla oluşturulmaktadır [12]. Genellikle alüminyuma uygulanan konsept aramid ve cam elyaf ile, ancak aynı zamanda diğer bileşenler uygulanabilir [13]. FML'ler için çeşitli potansiyel avantajlar ve uygulamalar tartışılırken, bugüne kadar ki birincil uygulama uçak yapıları için yapılmış olup, bir potansiyel avantaj, geliştirilmiş elektrik iletkenliği tarafından sunulan yıldırım çarpma koruması (LSP) olmuştur. Uçak inşası kompozit yapılar geçtiğinden, bu tür iletken kompozitlere olan ihtiyaç artmaktadır. Benzer şekilde, diğer büyük yapılar, örneğin rüzgar türbinleri için artan bileşik kullanımı ile yıldırım çarpması koruma malzemeleri için artan sayıda potansiyel uygulama vardır [14].

Bu çalışmada, iki boyutlu cam elyaf kumaş Al 1050 sac levha epoksi reçine ile vakum infüzyon yöntemiyle birleştirilerek küçük ölçekli rüzgar türbini kanadı üretilmiştir. Mekanik özelliklerde olabilecek farklılıkları görebilmek için alüminyum levhalı ve levhasız çekme ve eğilme deney numuneleri hazırlanarak deneyler yapılmış ve değerlendirilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Kanat Üretimi

Bu çalışmada üretilen FML kompozit rüzgar türbini kanatlarının imalatı için daha önce yapılan çalışmada [15] kullanılan ve WORTMANN FX 63-137 kanat profiline (Şekil 2) göre hazırlanan kalıplar referans alınmıştır. Tüm hücum açılarında FX-63-137 profili diğer profillere göre en yüksek performans değerlerine sahip olmuştur. Bu kanadın ince geometride olması performansının hücum açısı ile olan değişimlerini yüksek derecede etkilemiştir. Hücum açısı ile olan performans değişimleri çok yüksek eğimlerde olmuştur. FML üretiminde kullanılan 2D cam elyaf kumaşlar 300 gr/m² ağırlıklı twill dokuma olup çok sağlam ince plakalar için uygundur. Hafifliğin ve dayanımın çok önemli olduğu kanat, pervane, yat, tekne turu için ideal bir seçimdir. Cam elyaf 2D kumaş yumuşak dokusu sayesinde epoksi reçine gereksinimi azdır [16]. FML kompozit elde etmek için cam elyaf kumaşların arasına ambalaj, kimya, gıda, otomotiv izolasyon gibi geniş kullanım alanı olan 0,3 mm kalınlığındaki Al 1050 sac levha yerleştirilmiştir. Bu levhanın özellikleri Tablo1 ve Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 2:FX 63-137ve NACA 2412 Kanat Profilleri

Tablo 1: Al 1050 malzeme kimyasal bileşimi [17].

Fe	Si	Zn	Ti	Mg	Mn	Cu	Al
0,4	0,25	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	99,5



Tablo 2: Al 1050 malzeme mekanik özellikleri [17].

Temper	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama -50%	Sertlik (brinel)
-	min-max	min-max	min-max	min-max
0/H111	20-35	65-80	38	20-21
HX2	60-85	90-100	-	30
HX4	90-105	110-115	9	35-36
HX6	120	0-130	-	39

2.2. FML Kompozit Rüzgar Türbini Kanadı İmalat Aşamaları

FML kompozit rüzgar türbini kanadının üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmiştir [18].

- Alüminyum levhanın kalıba uygun kesilmesi ve kalıba yerleştirilmesi
- Alüminyum levhanın cam fibre tutunması için yüzeyinin zımparalanması
- Kalıp yüzeyine kalıp ayırıcı sürülmesi
- Epoksi reçinenin hazırlanması
- Cam fiber, soyma kumaşı ve reçine yayılma ağının kesilerek hazırlanması
- Cam elyafın, soyma kumaşı ve reçine yayılma ağının kalıba konumlandırılması
- Kalıbın vakum torbası içine yerleştirilmesi ve reçine infüze edilmesi
- Kanadın kalıptan alınması ve kanat geometrisinin şekillendirilmesi
- Kanat yarımlarının yapıştırılması ve ara malzeme olarak poliüretan takviye edilmesi



Şekil 3: Kanat formu için kesilmiş alüminyum sac levha ve kalıba yerleştirilmesi

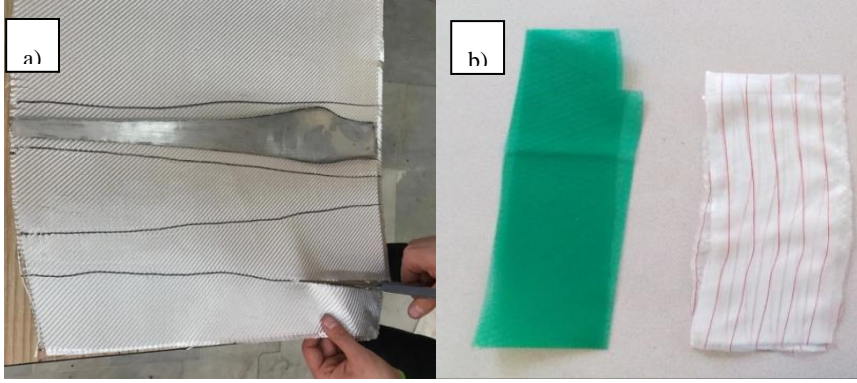
0,3 mm kalınlığındaki alüminyum sac levhanın üzerine hazırlanan taslak kalıbın keçeli kalemle çizilip sac makası ile kesimini gerçekleştirilmiştir ve kalıba yerleştirilerek dövme yöntemi ile sac levhaya kalıbın formu verilmiştir (Şekil 3). Ardından kanat formu kazandırılan alüminyum saca reçine takviyeli cam elyafın iyi tutunması için 60 numara kağıt zımpara ile zımparalanmıştır. Kalıp Ayırıcılar, epoksi ile kalıp arasında film oluşturarak kanat yarımlarının kalıptan kolay ve deforme olmadan ayrılmasını sağlayan kimyasal karışımlardır. Bu amaçla Raku-Tool AC 9103 kalıp ayırıcı kimyasal karışım her kanat üretiminde kalıp yüzeyine 10'ar dakika aralıklarla 3 kat sürülmüştür. Cam elyaf kumaş ve alüminyum levhaları birleştirerek tabakalı kompozit malzemenin üretilmesini sağlamak amacıyla epoksi reçine kullanılmıştır. Diğer reçinelere göre epoksi reçinelerin tercih edilmesindeki temel sebep çekme dayanımının diğer reçinelere göre daha yüksek oluşudur. Epoksi reçinelerin üstün mekanik özellikleri bulunur. Bunlar; korozif ortama dayanımı, elektriksel özelliklerinin üstünlüğü (yalıtkanlığı), yüksek sıcaklık değerlerindeki dayanımı, vb. Performansın maliyetten daha önemli olduğu yerlerde tercih sebebidir. Reçineler yüksek viskoziteye sahip, hızlı bir şekilde sertleşen ve fiber ile iyi birleşen yapılardır. Epoksi reçine ve sertleştirici Hexion firmasından temin edilmiş olup EPIKOTETM Resin MGS® L-160, sertleştirici ise EPIKURETM Curing Agent MGS® H 160 ticari ismiyle satılmaktadır. Kullanılan epoksi reçine Alman Ulusal Havacılık Kurumu tarafından lisanslandırılmış gemi, uçak, planör, spor aletleri, model vb. tüm uygulamalar için geliştirilmiş genel amaçlı reçinedir [19]. Reçine hazırlanmasında karışımda 68 gr epoksi, 23 gr sertleştirici kullanılmıştır (Şekil 4).





Şekil 2: Epoksi ve sertleştiricinin tartılması.

Üretilen kanatların mukavim olması amacıyla her bir kanat yarımının alüminyum levha üzerine 4 kat cam elyaf (Şekil 5-a) kullanılarak üretilmesi uygun görülmüştür. Soyma Kumaşı: İnfüzyon uygulamaları için geliştirilmiş, uygulama sonucunda çıkan yüzey üzerine zımpara atma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Reçine Yayılma Ağı: Vakum destekli infüzyon esnasında reçine akışına yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 6-b). Kesilen cam elyaflar kalıba yerleştirilen alüminyum üzerine serilmiştir. Her serilen katta epoksi reçine cam elyafa bir sünger yardımıyla sürülmüştür. Tüm elyaflar epoksi reçine ile ıslandıktan sonra soyma kumaşı ve reçine yayılma ağı kalıp üzerine serilerek vakum infüzyon işlemine hazır hale getirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 5: a) Cam elyaf, b) soyma kumaşı, reçine yayılma ağı hazırlanması.

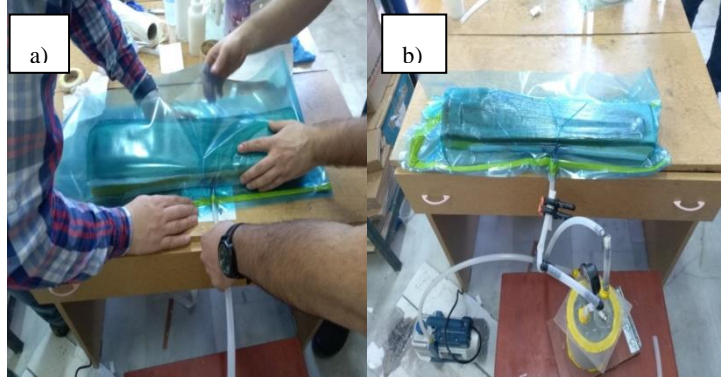


Şekil 6: Cam elyaf kumaşların yerleştirilmesi ve Epoksi reçinenin sürülmesi.

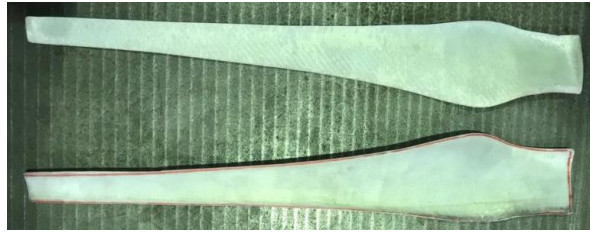
Uygun ölçülerde vakum torbası kesilip (75 cm x 65 cm), hava sızdırmazlığı sızdırmaz bant kullanılarak sağlanmıştır. Daha sonra epoksi reçinenin akışını sağlayacak reçine hattı kurulmuştur. Reçine hattı için spiral hortum ve şeffaf hortum kullanılmıştır. Şeffaf hortum bir ucundan spiral hortuma bağlanmıştır. Spiral hortumun vakum torbası çıkışındaki kısmı sızdırmaz bant ile sarılır ve çözülmeyen diye yapıştırılır. Hazırlanan vakum torbasının içerisine kalıp ve üzerindeki tabakalı FML kompozit yapı yerleştirilmiştir. Ardından vakum pompası ile vakum torbası içerisindeki bütün hava çekilmiştir. Reçinenin kuruması için kalıp vakum torbası içinde 8 saatten fazla bir süre bekletilmiştir. Bu işlemde reçine ile cam fiberin yapışması esnasında vakum ile beraber reçinenin sürülmesi güçlü ve uniform bir tabaka oluşturmaktadır. Bu esnada önemli olan şey hava kabarcıklarının yüzeyin altına geçişinin engellenmesidir. Kuru noktalar ve hava kabarcıkları yüzeyin altında kaldığı zaman kanat mukavemetini ve güvenilirliğini zayıflatmaktadır. Bu yüzden çok önemli bir işlemdir. Bekleme süresi sonunda kalıptan çıkarılan kanat yarımını kanat profiline ve geometrisine uygun şekilde kesilir ve tıraşlanır



(Şekil 8). Kesilerek ölçüye getirilen kanat yarımaları yapıştırılmıştır. Yapıştırılan kanat yarımalarının arası darbe dayanımını arttırmak için poliüretan ile doldurulmuştur. Son olarak kanat numunesi zımparalanarak kanat geometrisine uygun hale getirilmiştir.



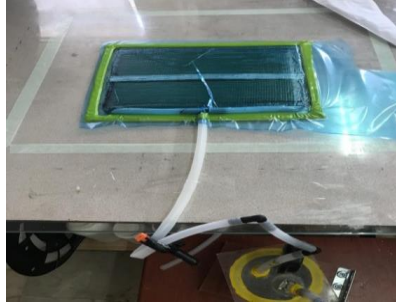
Şekil 7:a) Kalıbın vakum torbasına yerleştirilmesi, b) kalıbın vakumlanarak bekletilmesi.



Şekil 8:Kanat formunun son biçimi.

2.3. Mekanik Testler İçin Numune Üretimi

Kanat üretimi için kullanılan FML levhanın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yukarıda bahsedilen işlem sırası dikkate alınarak, çekme, eğilme ve üç nokta eğilme deney numunelerinde kullanılmak üzere, FML kompozit levha üretilmiştir (Şekil 9). Vakumdan çıkarılan numune çekme ve eğilme deneyleri için 3'er adet 250×25 mm ve 140×30 mm ölçülerinde kesilmiştir.



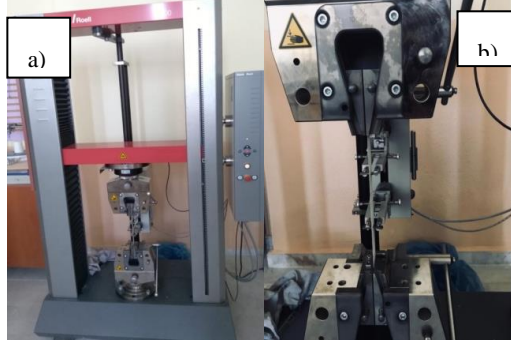
Şekil 9: Vakumlama işlemi sonrası reçinenin kuruması için bekletilmesi.

3. Deneylerin Yapılması

3.1. Çekme Deneyi

ASTM D-3039 standartlarına göre 250×25 mm boyutlarında hazırlanan çekme numuneleri 100 kN kapasiteli ZwickRoell Z-100 Şekil 10-a'da universal test makinesinde 1 mm/dak çekme hızında test edilmiştir. Deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilip, sonuçlar için 3'er numunenin ortalama değerleri alınmıştır. Çekme deneyi için test edilecek malzemeden standartlara uygun bir çekme numunesi hazırlanmıştır (Şekil 10-b). Numuneyi çekme deney makinesinin çeneleri arasına düzgün ve ortalayacak bir şekilde sıkıştırarak numuneyi çekilmesi için hazır hale getirilmiştir. Bu numune gittikçe artan bir yükte kopuncaya kadar çekilerek bu esnada uygulanan F yükü ile buna karşı malzemenin gösterdiği uzamaların (ΔL) cihaz ile ölçülümü yapılmıştır.

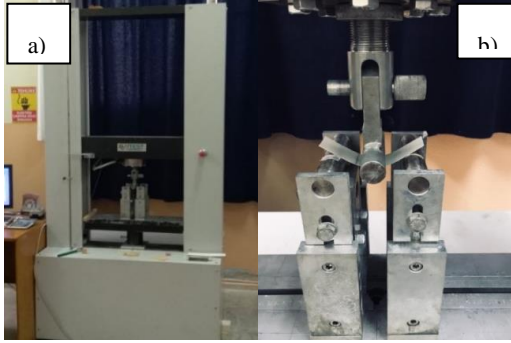




Şekil 10: a) Zwickroell Z100 çekme deney cihazı, b) deneyin yapılışı.

3.2. Eğilme Deneyleri

ASTM D-7264 standartlarına göre 140×30 mm boyutlarında hazırlanan eğilme numuneleri 100 kN kapasiteli UTEST marka üniversal test makinesinde (Şekil 11-a ve b) 3 mm/dak hızda üç nokta eğilme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilip, sonuçlar için 3'er numunenin ortalama değerleri alınmıştır. Deneyde kullanılan mesnetler arası mesafe standartlara göre belirlenmiş olup 80 mm'dir. Numune mesnetlere ortalanacak şekilde yerleştirilir. İki mesnet üzerinde duran numunenin tam ortasından dik yönde düşey yük uygulanmaktadır. Bu şekilde malzeme eğilmeye zorlanmaktadır.



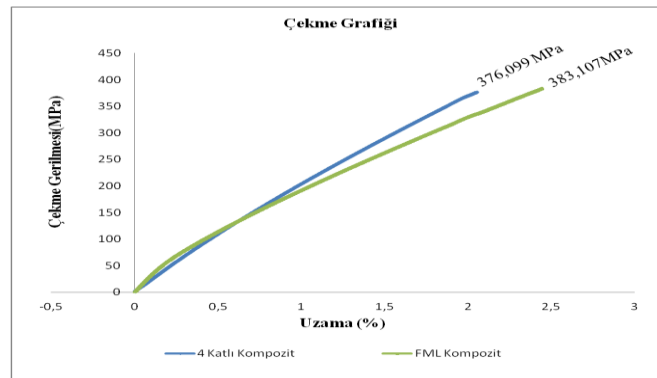
Şekil 11: a) UTEST basma-eğilme deney cihazı, b) deneyin yapılışı.

4. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada 4 katmanlı ve FML numuneleri çekme ile üç nokta eğilme testine tabi tutulmuşlardır. Deneylerde tutarlılığın sağlanması için her birinden üçer numune ile çalışılmıştır. Hazırlanan tüm numunelerin deney sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre;

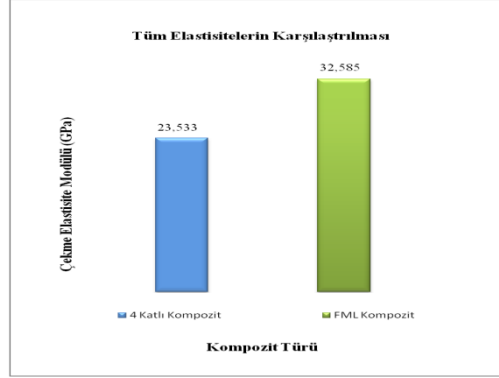
4.1. Çekme Deneyi

Çekme deneyinden elde edilen verilere göre hazırlanan çekme grafiği aşağıda Şekil 12'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi en yüksek çekme gerilmesi ve en fazla % uzama FML kompozit malzemeye aittir. FML kompozitin çekme gerilmesi 383 MPa çıkarken içerisinde Al katkısı olmayan 4 katlı cam elyaf kompozit malzemenin çekme gerilmesi 376 MPa çıkmıştır. % uzama değerlerinde ise yine 2,5 değeri ile FML kompozit 2,05 değeri ile 4 katlı cam elyaf kompozit malzemenin yüksek çıkmıştır. Malzemenin kazandığı bu uzama yeteneğinin kaynağı tamamen AL olup cam elyafın kırılğan yapısı geliştirilmiştir.



Şekil 12: Kompozitlerin çekme grafiklerinin karşılaştırılması.





Şekil 13: Çekme elastisite modülünün karşılaştırılması.

Çekme cihazından direkt alınan veriler ile oluşturulan çekme elastisite modülü grafiği Şekil 13'te verilmiştir. Çekme elastiklik modülünde ise FML kompozit malzeme 4 katlı kompozite göre %39 civarında artış göstererek yaklaşık 32 GPa olarak bulunmuştur. 4 katlı kompozitin elastiklik modülü ise yaklaşık 23 GPa'dır. FML kompozit malzemenin % uzama değerlerindeki artışta olduğu gibi elastiklik modülünün de artmasının sebebi yapıya eklenen Al katmanıdır. Artan elastisite rüzgar türbini kanadının daha fazla esmesi ve kılıçlama diye bilinen tabir ile rüzgar akışının güçlenmesi ve rotordaki dönüş gücünün artmasını sağlamaktadır. Böylece enerji üretim verimliliği de artacaktır.

4.2. Üç Nokta Eğilme Deneyi

Eğilme deneyi, malzemenin eğilmeye karşı mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla yapılır. Eğilme deneyi cihazından alınan veriler bilgisayar yardımı ile çizilerek Şekil 14'teki gibi yük- uzama grafiğinde verilmiştir.

Aşağıdaki formül kullanılarak 4 kat ve FML için eğilme gerilmeleri hesaplanarak grafik üzerinde yorumlanmıştır.

$$\sigma = \frac{3 \times F \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (1)$$

σ = Eğilme gerilmesi (MPa), F = Uygulanan kuvvet (N), L = Mesnetler arası mesafe (mm), b = Numune genişliği (mm), h = Numune kalınlığı (mm)

Şekil 14'te FML kompozitin eğilme gerilmesi 320 MPa çıkarken içerisinde Al katkısı olmayan 4 katlı cam elyaf kompozit malzemenin çelme gerilmesi 210 MPa çıkmıştır. Aradaki iyileşme farkı ise % 52'dir. Bunun anlamı türbinin hareket halindeki kılıçlama etkisinin artması sağlanırken bu etkiyle maruz kalacağı olası bir hasarı da gelişen eğilme mukavemeti ile bertaraf edilebileceğidir.



Şekil 14: Eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması.

Aşağıdaki formüller yardımı ile numunelerin eğilme elastiklik modüllerinde ki değişiklikler bulunarak Şekil 15'te karşılaştırılmaları yapılmıştır.

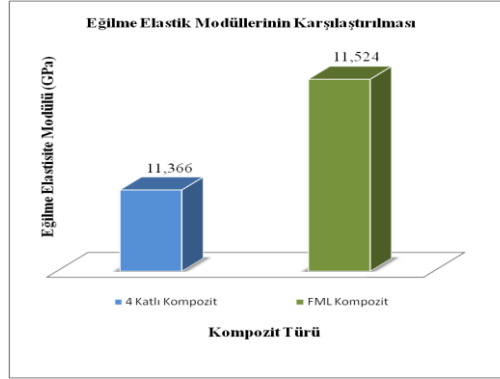
$$m = \frac{F}{\delta} \quad (2)$$

m = Kuvvet- sapma eğimi (mm), F = Yük (N), δ = Sehim (mm)



$$E_f = \frac{L^3 \times m}{4 \times b \times h^3} \quad (3)$$

Eğilme elastiklik modülünde ise FML kompozit malzeme 4 katlı kompozite göre küçük te olsa artış göstermiş ve yaklaşık 11,5 GPa olarak bulunurken, 4 katlı kompozitin eğilme elastiklik modülü ise yaklaşık 11,3 GPa'dır. FML kompozit malzemenin çekme elastiklik modülü değerlerindeki artışta olduğu gibi eğilme elastiklik modülünün de artmasının sebebi yapıya eklenen Al katmanıdır.



Şekil 15: Eğilme elastisite modülünün karşılaştırılması.

5. Sonuçlar

Bu çalışmanın sonucunda, iki boyutlu cam elyaf kumaş ve 0,3 mm kalınlığındaki Al 1050 sac levha epoksi reçine ile vakum infüzyon yöntemiyle birleştirilerek küçük ölçekli rüzgar türbini kanadı başarı ile üretilmiştir. Bu kompozit üretim yönteminde elde edilen malzemenin mekanik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- FML kompozit malzemenin çekme gerilmesi 4 katlı cam elyaf kompozite kıyasla % 2,1 iyileşmiştir,
- FML kompozit malzemenin çekme elastiklik modülü 4 katlı cam elyaf kompozite kıyasla % 39 iyileşmiştir,
- FML kompozit malzemenin eğilme gerilmesi 4 katlı cam elyaf kompozite kıyasla % 52 iyileşmiştir,
- FML kompozit malzemenin eğilme elastiklik modülü 4 katlı cam elyaf kompozite kıyasla % 1,4 iyileşmiştir,
- FML kompozitler geleneksel kompozitlere kıyasla sahip oldukları gelişmiş mekanik özellikler sayesinde enerji verimliliği ve türbin dayanımının artmasını sağlamaktadırlar.

6. Kaynakça

http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx

Akova, İ., "Rüzgar Gücü", Yenilenebilir enerji kaynakları 2. Basım, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 77-115 (2008).

<http://www.elektrikport.com/haberroportaj/ruzgar-turbinlerinin-cesitlerivebirbirleriyle-karsilastirilmasi/8178#ad-image-0>

<http://www.elektrikport.com/haberroportaj/ruzgar-turbinlerinin-cesitlerivebirbirleriyle-karsilastirilmasi/8178#ad-image-0>

<http://www.ruzgarsempozyumu.org/wp-content/uploads/2014/08/0161.pdf>

Yılmaz M., "Bir Düşük Reynolds Sayılı Quadrotor Pervanesinin Dizayn Parametrelerinin Ve Optimum Değişkenlerinin Belirlenmesi" Uçak ve Uzay Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2011, Ankara.

http://ansys.deu.edu.tr/wp-content/uploads/cmdm/768/1451033101_ruzgarturbini.pdf

Krishnakumar S. Materials and Manufacturing Processes 1994;9:295±354.

Cortes P, Cantwell WJ. "The prediction of tensile failure in titanium-based thermoplastic fibre-metal laminates". Compos Sci Technol 2006;66:2306–16.

Alderliesten RC, Benedictus R. "Fiber/metal composite technology for future primary aircraft structures". In: 48th Aiaa/Asme/Asce/Ahs/Asc structures, structural dynamics, and materials conference 15th; April 23–26, 2007; Honolulu, Hawaii; 2007. p. 1–12.

Chang PY, Yeh PC, Yang JM. Fatigue crack initiation in hybrid boron/glass/ aluminum fiber metal laminates". Mater Sci Eng 2008;A 496:273–80.

Vogelings LB and Vlot A. "Development of fibre metal laminates for advanced". J Mater Process Technol 2000;103:1–5.

Alderliesten R. "On the development of hybrid material concepts for aircraft structures". Recent Patents Eng 2009;3:25–38.

<https://technology.nasa.gov/patent/LAR-TOPS-170>



Saçar, A.F., Ay, M., Yıldırım, A.E., Akyüz, F. ve Özkaya, M.O., “Küçük Ölçekli Rüzgar Türbini Tasarımı ve İmalatı”, Bitirme Projesi, Simav Teknoloji Fakültesi, 2017;10-12-15-32

<http://www.kompozitsan.com/en/glass-fiber-prepreg/371-glass-fiber-prepreg-300-grm2-plain.html>

<https://www.mehmetbozaslan.com/2016/12/aluminyum-kimyasal-bilesenleri-mekanik.html>. (Siteye Giriş: 14.05.2019)

Mızrak, T., “Fiber Metal Lamine Kompozit Rüzgar Türbini Kanadı Tasarımı Ve İmalatı”, Bitirme Projesi, Simav Teknoloji Fakültesi, 2019

<http://www.momentivespecialtychemicals.com/Products/TechnicalDataSheets.aspx?id=27567>

NOT: Bu çalışma Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi dersi kapsamında hazırlanan “Fiber Metal Lamine Kompozit Rüzgar Türbini Kanadı Tasarımı Ve İmalatı” başlıklı çalışmadan hazırlanmıştır.



ELEKTROFORETİK BİRİKTİRME YÖNTEMİYLE İMPLANT MALZEME ÜRETİMİNDE VOLTAJIN YÜZEY ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Ali İhsan Bahçepinar^{1*}, İbrahim Aydın²

^{1,2} Manisa Celal Bayar Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Program, Manisa, Türkiye

ali.bahcepinar@cbu.edu.tr , ibrahim.aydin@cbu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada; kemik implantlarının hidroksiapatit (HA) kaplanmasında kullanılan yöntemlerden biri olan elektroforetik biriktirme metodu ile HA kaplama işlemleri yapılmış ve oluşturulan kaplamaların yüzey özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada altlık malzeme olarak 316L kullanılmış olup, etanol, hidroksiapatit, PVA, ve SDS kimyasalları kullanılarak kaplama için gerekli süspansiyon hazırlanmıştır. Süspansiyon kararlılığının sağlanması için gerekli pH ayarı yapılmış olup farklı değerlerde voltaj uygulanarak kaplamaların oluşumu sağlanmıştır. Uygulanan voltaj değerleri 50V, 100V, 150V ve 200V olarak belirlenmiş ve voltajın etki süresi 1 dakikada sabit tutulmuştur. Çalışma sonunda oluşturulan kaplamaların SEM görüntüleri alınmış ve EDS analizleri yapılmıştır. Ayrıca oluşturulan kaplamaların kalınlıkları ve yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda tüm sonuçlar değerlendirilip tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektroforetik Biriktirme Yöntemi, Hidroksiapatit, Kaplama

1. Giriş

Hidroksiapatit($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) yüksek biyoaktivite ve biyouyumluluğu nedeniyle implant malzeme üretimde yaygın olarak kullanılan seramik bir malzemedir [1,2]. HA kimyasal kompozisyon olarak kemiğin yapısına benzemesine rağmen kemiğe göre daha düşük mekanik özelliklere sahip olduğundan direk implant kullanımı için uygun olmadığından dolayı 316 L ve Ti alaşımları gibi yüksek mekanik özelliklere sahip metalik bir altlık üzerine kaplanarak da kullanılabilir. Bu kaplama işlemi sonucu metalik altlıklar implantın maruz kalacağı yükü taşıırken HA kimyasal kompozisyonu nedeniyle implantın kemiğe daha güçlü yapışmasını ve implant yüzeyinde kemik dokusunun oluşmasını sağlar [1,3].

Metalik altlık yüzeylerine HA kaplamak için sol-jel, lazer biriktirme, elektrokimyasal biriktirme, biyomimetik kaplama, plazma püskürtme ve elektroforetik biriktirme (EPD) gibi yöntemler kullanılmaktadır [1,4,5]. Bu kaplama yöntemlerinden ticari olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olanlar elektroforetik biriktirme ve plazma püskürtme yöntemidir. Plazma püskürtme yöntemi pahalı ve kaplama maliyeti yüksek bir yöntemdir. Bunun yanında yüksek plazma alevi hidroksiapatitte ikincil fazların oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle bu yöntem alternatif ticari olarak kullanılabilme potansiyeline sahip ucuz ve uygulaması kolay bir yöntem olan elektroforetik biriktirme yöntemi daha çok dikkat çekmektedir [1,5]. EPD yönteminin uygulama kolaylığı ve ucuzluğunun yanı sıra kaplamanın oda sıcaklığında gerçekleşmesi, karmaşık şekilli altlık kaplaması ve kaplama kalınlığının kontrolü gibi avantajları da vardır [1,4,6,7,8].

2. Materyal ve Metod

2.1. İmplant Malzeme Seçimi

Bu çalışmada altlık malzeme olarak biyomedikal uygulamalarda sıkça kullanılan 316 L paslanmaz çeliği tercih edilmiştir. Altlık malzemeler $\text{Ø}20 \times 20$ mm olacak şekilde kesilmiştir. İmplant malzemesi olan 316 L paslanmaz çeliğinin mekanik özellikleri Tablo 1’de, kimyasal kompozisyonu Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1: 316 L Paslanmaz Çeliğinin Mekanik Özellikleri[9]

Çekme Dayanımı(Mpa)	Akma Dayanımı(Mpa)	Uzama(%)	Yoğunluk(g/cm ³)
485-860	172-690	12-40	7,9

Tablo 2: 316 L Paslanmaz Çeliğinin Kimyasal Kompozisyonu[10]

Element	Cr	Ni	Mo	Mn	P	S	C	Si	Fe
Kimyasal Bileşimi (%)	18	12	2.5	1.7	0.04	0.02	0.01	0.15	Balance



2.2. Kaplamanın Hazırlanması

Çalışmada 316 L implant malzemeler ilk olarak SiC zımpara kağıtları ile zımparalanmış ve deterjanlı su ile yıkanmıştır. Ardında 20 dk saf su ile, 20 dk etanol ve 20 dk tekrar saf su ile ultrasonik banyoda yıkanarak temizlenmiştir. Üzerlerinde oluşan oksit tabakaları ortadan kaldırmak için saf su, hidroklorik asit (HF) ve nitrik asit (HNO_3) kullanılarak bir çözelti hazırlanmış, bu çözeltide 5 dakika bekletilmiştir. Son olarak tekrar saf su ile ultrasonik banyoda 20 dk yıkanarak ve etüvde 25°C 'de kurutulularak kaplama işlemi için hazır hale getirilmiştir.

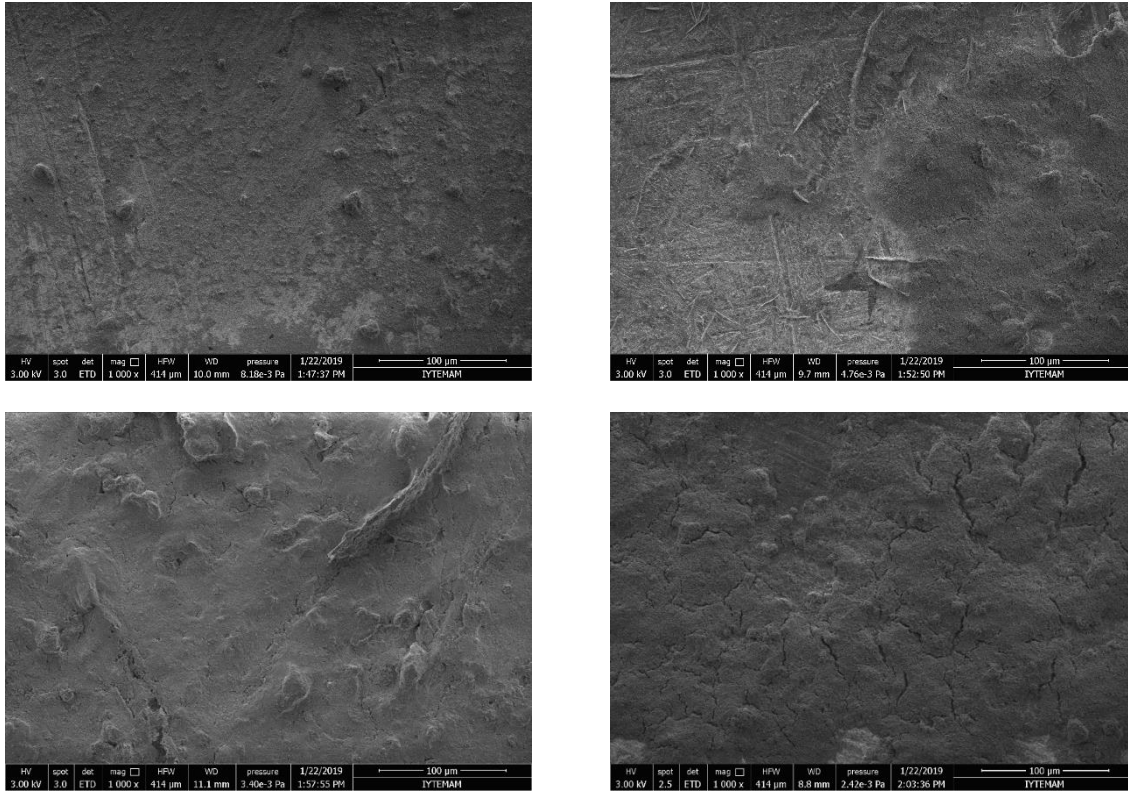
Elektroforetik biriktirme işleminde çözücü olarak % 99,8 saflıkta etanol kullanılmıştır. 1gr HA, 1gr PVA ve 0,001 gr SDS 100 ml etanol içerisine eklenerek 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılmış ve HA tozlarının homojen olarak dağıtılması sağlanmıştır. Süspansiyonun kararlılığını sağlamak için HNO_3 ve NaOH kullanılarak Ph değeri 4'e ayarlanmıştır.

Kaplama işlemi için 316 L implant malzemeleri aralarındaki mesafe 10 mm olacak şekilde katot ve anot olarak yerleştirilmiştir. DC güç kaynağına (BioRAD Power Pac Basic) bağlanarak hazırlanan süspansiyon içerisinde yerleştirilmiştir. Sabit biriktirme süresinde uygulanan voltajın kaplama özelliklerine etkisini incelemek için biriktirme süresi 1 dakika da sabit tutulmuş, voltaj değerleri 50V, 100V, 150V, 200V olarak ayarlanmıştır. Kaplama işlemleri bu parametrelerde gerçekleştirilmiştir.

3. Analiz Sonuçları

3.1. SEM Sonuçları

Kaplanmış numunelerin mikroyapı incelemeleri QUANTA 250 FEG model taramalı elektron mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. SEM'de yapılan mikroyapı incelemelerinde elde edilen sonuçların 1000x görüntüleri Şekil 1.'de verilmiştir. SEM görüntüleri incelendiğinde HA yapısının yüzeyde başarılı bir şekilde oluştuğu görülmektedir. Voltaj miktarı arttıkça yüzeyde çatlaklar oluştuğu görülmektedir.

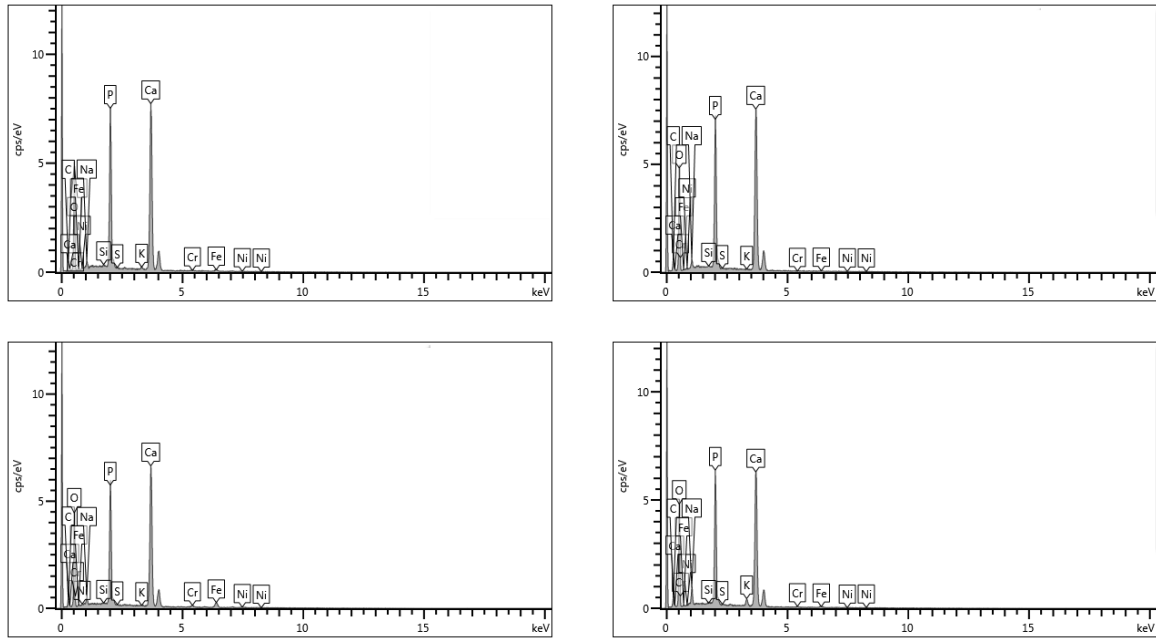


Şekil 1. HA kaplanmış 316L implantlarının SEM görüntüleri (1000x), (a) 50V /60s, (b) 100V/60s, (c) 150V/60s, (d) 200V/60s

3.2. EDS Sonuçları

Kaplanmış numunelerin QUANTA 250 FEG model taramalı elektron mikroskobunda EDX dedektörü kullanılarak yapıların elementel içeriği belirlenmiştir. EDS sonuçları farklı kaplama voltajlarında karşılaştırmalı olarak Şekil 2.'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tüm kaplamalar üzerinde kalsiyum fosfat yapısının oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca bu sonuçlar doğrultusunda her bir parametre için hesaplanan Ca/P oranı Tablo 3'de verilmiştir.





Şekil 2. HA kaplanmış 316L implantlarının EDS sonuçları, (a) 50V /60s, (b) 100V/60s, (c) 150V/60s, (d) 200V/60s

Table 3. Farklı gerilim değerleri için Ca/P oranı

Gerilim	Ca/P
50 V	1.56
100 V	1.66
150 V	1.70
200 V	1.58

3.3. Kaplama Kalınlığı Sonuçları

Elektroforetik biriktirme yöntemi kullanılarak oluşturulan HA kaplamalarının kalınlığı, ElektroPhysik MiniTest 730/Sensor FN 1.5 HD marka cihazla μm cinsinden ölçülmüştür. Her bir kaplama yüzeyine 5 kez ölçüm yapılarak sonuçların ortalamaları alınmıştır. 1 dk biriktirme süresinde 50V, 100V, 150V ve 200V ile elde edilen kaplamalar için beşer kez ölçüm yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen kaplama kalınlıklarının ortalama değerleri Tablo 4.'de verilmiştir.

Table 4. HA kaplamalarının ortalama kalınlıkları

Kaplama Kalınlıkları (μm) (60 saniye)	
50 V	1.65±0.072
100 V	3.75±0.102
150 V	3.96±0.114
200 V	4.12±0.131



3.4. Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

Kaplamalar sonucu elde edilen numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri Roughness Tester PCE-RT 1200 model cihaz kullanılarak ölçülmüştür. Kaplama üzerindeki ölçüm aralığı 12,5 mm, ölçüm hızı 0,5 mm/s olarak belirlenmiş, sonuçlar mikrometre cinsinden elde edilmiştir. 1 dk biriktirme süresinde 50V, 100V, 150V ve 200V ile elde edilen kaplamalar için beşer kez ölçüm yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen pürüzlülük ortalama değerleri Tablo 5.'de verilmiştir.

Table 5. HA kaplamalarının ortalama yüzey pürüzlülükleri

Yüzey Pürüzlülükleri (Ra) (μm) (60 saniye)	
50 V	0.890±0,109
100 V	1.211±0.092
150 V	1.487±0.097
200 V	1.525±0.083

4. Sonuç

Bu çalışma da 316 L implantları yüzeyine EPD yöntemi kullanılarak HA kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplama sonucu yapılan analizler incelendiğinde tüm parametrelerde başarılı kaplamaların elde edildiği görülmektedir.

Çalışma sonucu SEM görüntüleri incelendiğinde artan gerilim ile beraber kaplama yüzeyinde çatlaklar meydana geldiği, 50 V ve 100 V ile elde edilen kaplamaların nispeten çatlaksız olduğu görülmektedir.

EDS analizleri incelendiğinde Ca/P oranı 50V gerilimde 1.56, 100V gerilimde 1.66, 150V gerilimde 1.70, 200V gerilimde 1.58 olarak belirlenmiştir. İdeal oran olan 1.67 değerine 100V gerilimde yaklaşıldığı görülmektedir.

Kaplama kalınlıkları sonucu incelendiğinde artan gerilim ile beraber kaplama kalınlığının arttığı görülmektedir. Kaplama kalınlığı 50V gerilimde ortalama 1.65, 200V gerilimde 4.12 olarak ölçülmüştür.

Yüzey pürüzlülük sonucu incelendiğinde artan gerilim ile beraber yüzey pürüzlülük değerinin arttığı görülmektedir. Yüzey pürüzlülük değeri 50V gerilimde 0.89, 200V gerilimde 1.525 olarak ölçülmüştür.

Çalışma sonucu elde edilen tüm analiz sonuçları değerlendirildiğinde kaplamaların nispeten çatlaksız olması, homojen dağılım sağlanması, kaplama kalınlığının ve yüzey pürüzlülük değerlerinin ideal olması ve Ca/P oranının ideal orana en yakın olması nedeniyle en uygun parametre 100V gerilimde elde edildiği belirlenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Aydın, İ., Bahcepinar, A.İ., Kirman, M., Cipoğlu, M.A., “HA Coating on Ti6Al7Nb Alloy Using an Electrophoretic Deposition Method and Surface Properties Examination of the Resulting Coatings”, *Coatings*, 9(6), 402, 2019.
- [2] Morteza, F.R., “Effect of morphology on the electrophoretic deposition of hydroxyapatite nanoparticles”, *Journal of Alloys and Compounds*, 741, 211-222, 2018.
- [3] Amirnejad, M., Afshar A. and Salehi S., “The Effect of Titanium Dioxide (TiO₂) Nanoparticles on Hydroxyapatite (HA)/TiO₂ Composite Coating Fabricated by Electrophoretic Deposition (EPD)”, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 27, 2338-2344, 2018.
- [4] Javidi, M. ; Javadpour, S. ; Bahrololoom, M. E. and Ma, J. Electrophoretic deposition of natural hydroxyapatite on medical grade 316L stainless steel. *Mater. Sci. Eng. C*. 2008, 28, 1509–1515. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2008.04.003>
- [5] Iqbal, N. Nazir, R. Asif, A. Chaudhry, A.A. Akram, M. Fan, Y.G. Akram, A. Amin, R. Park, H.S. and Hussain, R., “Electrophoretic deposition of PVA coated hydroxyapatite on 316L stainless steel”, *Current Applied Physics*, 12, 755-759, 2012
- [6] Sabzia, M., Farb, M.S. and Dezfulic, M.S., “Characterization of bioactivity behavior and corrosion responses of hydroxyapatite-ZnO nanostructured coating deposited on NiTi shape memory alloy”, *Ceramics International*, 44, 21395–21405, 2018.
- [7] Khalili, V., Khalil-Allafi, J., Sengstock, C., Motemani, Y., Paulsen, A., Frenzel, J., Eggeler G. and Köller M., “Characterization of mechanical properties of hydroxyapatite-silicon-multi walled carbon nano tubes composite coatings synthesized by EPD on NiTi alloys for biomedical application”, *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 59, 337-352, 2016.
- [8] Morteza, F.R. and Shahrabi, T., “Effect of triethanolamine on the electrophoretic deposition of hydroxyapatite nanoparticles in isopropanol”, *Ceramics International*, 39, 7007–7013, 2013.



[9] Güven, Ş.Y., “Biyoyumluluk ve Malzeme Seçimi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2(3), 303-311, 2014

[10] Kannan, S. Balamurugan, A. and Rajeswari, S., “Electrochemical characterization of hydroxyapatite coatings on HNO₃ passivated 316L SS for implant applications”, Electrochimica Acta, 50, 2065–2072, 2005



DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES BY FINITE ELEMENT METHOD OF HYDROXYAPATITE COATING OF Ti6Al4V MATERIAL SURFACE USING GLYCOLIC ACID – SODIUM GLUCONATE BUFFER SYSTEM

İbrahim Aydın¹, Ali İhsan Bahçepinar^{2*}, Can Gönenli³, Ferdi Engin⁴

^{1,2} Manisa Celal Bayar University, Vocational School of Technical Sciences, Machinery and Metal Technologies Department

ibrahim.aydin@cbu.edu.tr , ali.bahcepinar@cbu.edu.tr

³ Ege University, Ege Higher Vocational School, Machine Drawing and Construction

can.gonenli@ege.edu.tr

⁴ Manisa Celal Bayar University, Institute Of Natural and Applied Sciences

ferdi263@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Abstract

Biomaterials; materials that are designed to make the tissues and organs usable, which are still damaged or unavailable in the human body. Biomaterials used in biomedical applications are divided into four groups as metals, ceramics, polymers and composites. Due to their superior mechanical properties, metallic biomaterials such as Co-Cr alloys, 316 L stainless steel and Ti alloys are used in implantation processes. However, the use of metallic biomaterials have limits because of the corrosion resistance and low biocompatibility. To make these materials more usable, it is necessary to coat them with a material having high biocompatibility and corrosion resistance. Hydroxyapatite (HA) is a widely used bioceramic group with high corrosion resistance and biocompatibility.

In this study, a hydroxyapatite coating was examined to the surface of Ti6Al4V material which shows full compatibility with blood plasma by using glycolic acid - sodium glycolate buffer system is modeled by finite element method. In order to determine the limits considering the mechanical effects that the coating may be exposed where the material is of use, the stress analysis, natural frequency results of the coating were obtained with the help of the ANSYS program.

Keywords: Hydroxyapatite, Coating, FEM

1. Introduction

Biomaterials used in implantation; Metals, ceramics, polymers and composites [1]. Ceramic materials used in orthopedic and dental applications show biocompatibility. These materials, which are expressed as ceramics, have the advantages of being similar to the tissues. The best material providing these properties is Hydroxyapatite (HA) [2]. The application of HA coating to the metal surface is to combine the mechanical properties of metallic materials with the high biocompatibility and bioactivity of HA to obtain bone / implant fixation via chemical bonding [3]. The most important feature of biomaterials is; the body is compatible with normal changes in surrounding tissues non-obstructive and side effects in the tissues (inflammation, clot, etc.) [4]. Especially the bioactive fixation of the implants to the tissues is very effective in the prolongation of the life of the orthopedic prosthesis. In the coating of metallic biomaterials with HA, a thin HA layer provides bioactivity [5,6]. There are various methods for preparing these coatings. Thermal spray coating, sol-gel and biomimetic techniques such as coating by dipping, spray coating, pulsed laser precipitation, electrophoretic coating, plasma spray and HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) are applied [7]. In this study, the HA coating process was also carried out using the citric acid sodium citrate buffer system biomimetic method on the Ti6Al4V material surface. Coating operations were carried out at 24, 48, 72 and 96 hours waiting times. These coatings were modeled by finite element method with the help of ANSYS program and their mechanical properties were investigated.

2. Material and Method

2.1. Choice of implant material

Ti6Al4V substrate material, which is commonly used in implant construction, was selected for the coating process. The chemical composition in Table 1 and the Ti6Al4V material prepared in the dimensions of 10x10x1.2 mm were used as the substrate material for which the mechanical properties were given in Table 2.



Table 1: Chemical composition of Ti6Al4V material [8].

Element	Ti	N	C	H	Fe	O	Al	V	Y	Other
%	Remain	0.003	0.005	<.0005	0.1	0.09	6.21	3.87	<.001	<.3

Table 2: Mechanical properties of Ti6Al4V material [8].

Material	Yield Stress (MPa)	Max Stress (MPa)	Strain (%)	Shrinkage (%)
Ti6Al4V	883	960	13	50

2.2. 2.2 Preparation of coating

In the study, Ti6Al4V alloy implant pads were first sanded, then washed with detergent water, purified water, acetone and again pure water, respectively. Substrates were then placed in 100 mL of 5M NaOH + 0.5 mL of 30% H₂O₂ solution in the ultrasonic bath and the sample was allowed to stand at 40 ° C for 1 day to activate. The NaOH + H₂O₂ solution was then transferred and the substrates were washed with pure water and acetone and the sample was allowed to dry at 60 ° C for 24 hours. After drying, materials are cooled in aluminum foil at 600 ° C for 1 hour. The first six of the salts given as amounts of 2 L solution in Table 3 as an MBS liquid are weighed and dissolved in 1.5 L of purified water in a 2 L beaker by stirring in a magnetic stirrer. The solution heated to 37 ° C was added gradually to the solution of 1M glycolic acid solution to reduce the pH of the solution to 8 before the solution pH was reduced to 7.4 by adding salts 7 and 8 and again adding glycolic acid, the volume of the solution was completed to 2 L (the sum of glycolic acid added in this process was 5 mL). The materials heated and cooled at 600 ° C were rinsed in the YBS solution at 37 ° C for 24, 48, 72 and 96 hours, respectively, and coating was carried out by biomimetic method. At the end of the process, the coated material was washed with pure water and dried at 60 ° C for 24 hours. All these coating processes were carried out separately in YBS solution [5].

Table 3: Inorganic salts (total volume = 2 L) and amounts of SBF liquid [5]

Chemical Material	Amount (mg)
1. KCl	746.0
2. NaCl	10519.2
3. Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O	356.0
4. Na ₂ SO ₄	42.0
5. NaHCO ₃	4536.6
6. Na – Glikolat(>%97)	4446.8
7. CaCl ₂ ·2H ₂ O	735.2
8. MgCl ₂ ·6H ₂ O	610.0
9. Glycolic Acid(>%99) 1M	(1M) (76.818g/L)
pH = 7.4	

2.3. Finite element modeling and the method

These implants, which are given the production method and whose coating thicknesses vary according to the waiting period, are modeled with the finite element method so that the coating material and the buffer material have the same production thicknesses. The coating thickness table from which the coating thicknesses of the materials used are taken is given in Table 4.



Table 4: Average coating thicknesses of HA coatings [5].

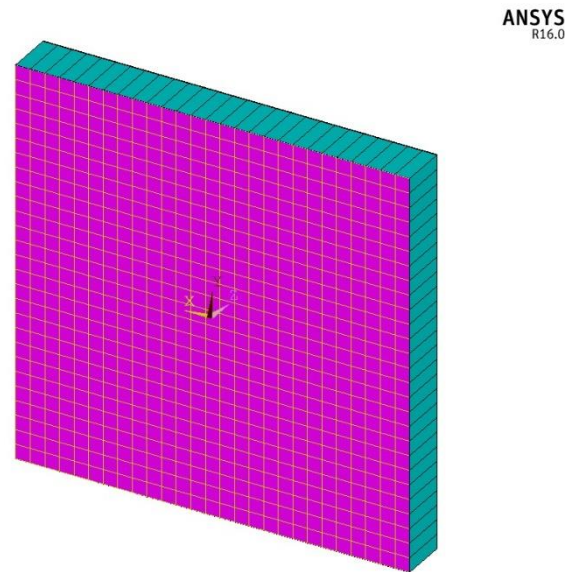
HA Coating Time (in SBF) (Hour)	Thickness of Coating (μm)
24 hours	3.99 \pm 0,783
48 hours	4.47 \pm 0,655
72 hours	4.95 \pm 0,743
96 hours	5.49 \pm 0,332

The elasticity module information of these coatings is given in Table 5.

Table 5: Change of young modulus values of coating surfaces by the retention times in SBF [5].

HA Coating Time (in SBF) (Hour)	Young Modulus [E] (GPa)
24 hours	9.72
48 hours	6.08
72 hours	2.03
96 hours	1.24

The implant material was modeled as a composite with separate ANSYS program plots for 24, 48, 72, and 96 hours (Figure 1), in accordance with the coating thicknesses in Table 4 with the substrate material previously measured. The penetration depths, maximum stress values and stress distributions of these samples were plotted by applying a force of 2 mN from the midpoint of each sample.

**Figure 1: Finite element modelling of implant.**

3. Results and Discussion

The graphs of penetration depth and strain distributions are similar in the four cases where implants with dimensions of 10x10x1.2 mm are used as the sample. Figure 2 shows a general graph of deformation of the implants under 2 mN force. In Figure 3, general strain distribution graph of the implant under 2 mN force is given.



ANSYS
R16.0

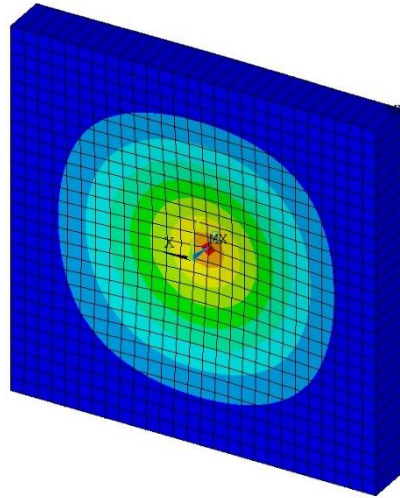


Figure 2: General deformation diagram of the implant under 2 mN force.

ANSYS
R16.0

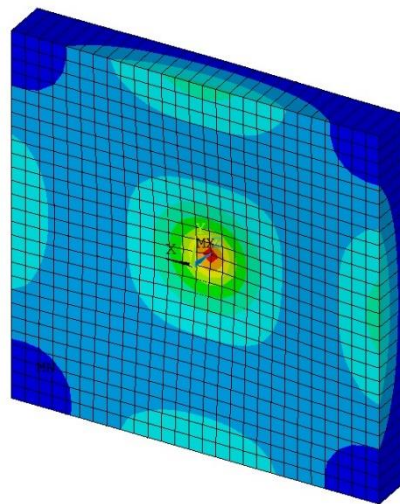


Figure 3: General stress distribution graph of the implant under 2 mN force.

The results of the indentation test results, which were obtained by applying a load of 2 mN on the coating surfaces, have been shown on the Table 6 [5].

Table 6: Indentation depths [5].

HA Coating Time (in SBF) (Hour)	Indentation Depth (μm)
24 hours	1.26
48 hours	1.33
72 hours	3.17
96 hours	3.84

Stress distribution graphs were obtained with similar shapes, but different values were obtained by varying the coating thickness and the elasticity modulus of the coatings between the depth of penetration and the maximum stress values of 4 different samples obtained



with 24, 48, 72 and 96 hour waiting times. Different waiting times and indentation depths corresponding to these waiting times and different waiting times in the Table 7 and Von Mises stress values corresponding to these waiting times are given in the Table 8.

Table 7: Indentation depth results of different waiting time implants in ANSYS.

HA Coating Time (in SBF) (Hour)	Indentation Depth (μm)
24 hours	4.67
48 hours	4.76
72 hours	4.82
96 hours	4.87

Table 8: Von Mises Stresses results of different waiting time implants in ANSYS.

HA Coating Time (in SBF) (Hour)	Von Mises Stresses (Mpa)
24 hours	93.21
48 hours	58.37
72 hours	19.51
96 hours	11.93

In addition to these results, how the first natural frequency of the sample implant changes with respect to the waiting times is also examined. The first natural frequencies of the samples corresponding to the different waiting times are given in the Figure 4.

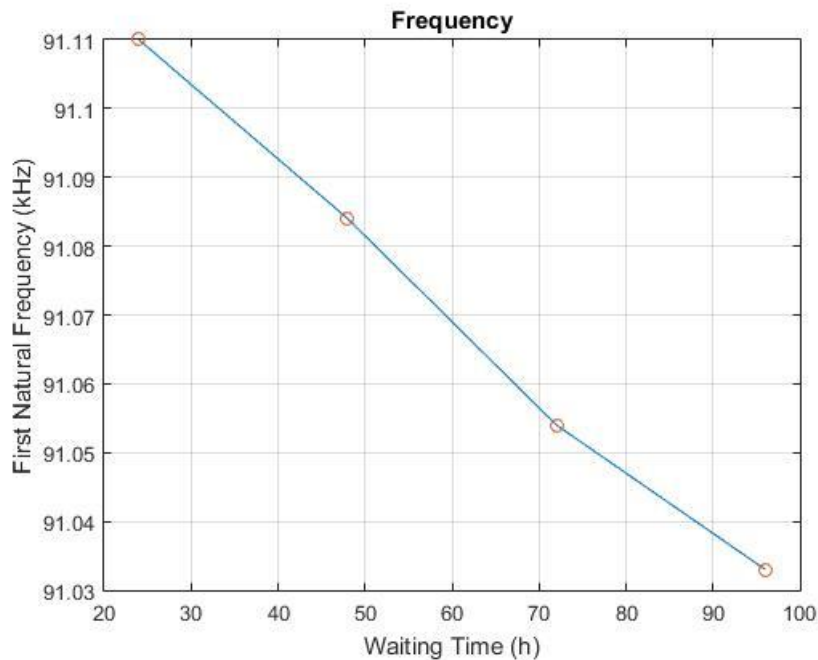


Figure 4: First natural frequencies of different waiting time implants.

At the result of this study, hydroxyapatite coating was examined to the surface of Ti6Al4V material which shows full compatibility with blood plasma by using Glycolic Acid – Sodium Gluconate buffer system is modeled by finite element method. Mechanical properties such as indentation depths, stress of the coatings were investigated in order to determine the resistance to the mechanical effects that the coating was examined to. It is known from previous exams that the coating thickness increased with the waiting time but the elasticity modulus of the coating decreased with the waiting time. Similar results were obtained by creating experimental conditions in the ANSYS finite element model. In the analysis of these data through ANSYS, it was seen that the depth of penetration



increased as the waiting time increased like in experimental conditions and Von Mises stress decreased as the waiting time increased. In addition, natural frequency values obtained for to determine the application conditions. In the obtained data show clearly that the implant samples examined have lower natural frequency values as the waiting time increases.

4. References

- [1] Gümüşderelioğlu, M., “Biomaterials”, Science and Technique, July, 2002.
- [2] Hsieh, M., Perng, L., Chin, T. and Perng, H., “Phase purity of sol-gel-derived hydroxyapatite ceramic”, Biomaterials, 22, 2601-2607, 2001.
- [3] Ward, L.P., Strafford, K.N., Wilks, T.P., and Subramanian, C., “The role of refractory element based coating on the tribological and biological behaviour of orthopaedic implants”, Jour. of Materials Processing Technology, 56, 364–374, 1996.
- [4] Aydın, I., Pasinli, A. and Çetinel, H., “Investigation of Fracture Toughness of Calcium Phosphate Coating Treated on to Ti6Al4V Substrate”, Electronic Journal of Machine Technologies, 7 (3), 69-75, 2010.
- [5] Aydın, I. and Engin, F., “Hydroxyapatite Coating on Ti6Al4V Alloy Surface Through Biomimetic Method Glycolic Acid – Sodium Gluconate Buffer System and Examination of Properties of the Coating”, Politeknik Dergisi, 20 (4), 993-1001, 2017.
- [6] Pasinli, A., Yuksel, M., Celik, E., Sener, S. and Tas, A. C., “A New Approach in Biomimetic Synthesis of Calcium Phosphate Coatings Using Lactic Acid-Na Lactate Buffered Body Fluid Solution”, Acta Biomaterialia, 6(6), 2282-2288, 2010.
- [7] Aydın, I. “Evaluation of Breaking and Abrasion Nature of Hydroxyapatite Coatings Accumulated on Ti6Al4V Alloys in the New Tampon Environment.” Celal Bayar University, Machine Engineering, Construction and Production, Doctoral Thesis, 2013.
- [8] Aydın, I., Çetinel, H., Pasinli, A. and Yüksel, M., “Preparation of hydroxyapatite coating by using citric acid sodium citrate buffer system in the biomimetic procedure”, Materials Testing, 10, 782-788, 2013.



YÜKSEKOVA (HAKKARI) TURBA YATAĞININ JEOLJİK VE JEOFİZİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Alperen Şahinoğlu^{1*}, Adil Özdemir²

¹*İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul*

a_sahinoglu@hotmail.com

²*Adil Özdemir Mühendislik, Ankara*

adilozdemir2000@yahoo.com

** Sorumlu Yazar*

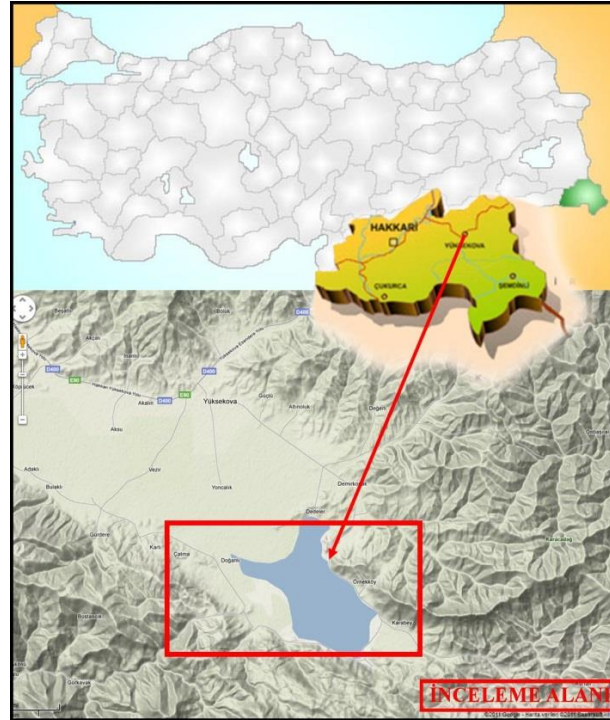
Özet

Bu çalışmada, Yüksekova (Hakkari) turba yatağının gözlemsel jeolojik ve jeofizik yöntemlerle incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilk olarak çalışma alanında jeolojik gözlemler gerçekleştirilmiştir. Yapılan jeolojik gözlemlerde, çalışma alanın silt, balçık, çakıl, iri ince kırıntılılar ve killi birimlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Jeolojik gözlemler sonucunda belirlenen 60 farklı lokasyonda jeofizik öz direnç (DES) ölçümleri yapılmış ve çalışma alanının turba kalınlık haritası hazırlanmıştır. Jeolojik ve jeofizik veriler birlikte değerlendirilerek, çalışma alanında işletilebilir bir turba (kömür) potansiyeli olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan jeolojik etütler, jeofizik ölçümler ile hazırlanan turba kalınlık haritasının ve önceki sondajlı çalışmaların birlikte değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanında termik santral işletmeciliği için uygun geniş yayımlı bir turba oluşumunun bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yüksekova, turba, kömür, jeolojik ve jeofizik etüt, elektrik öz direnç (DES)*

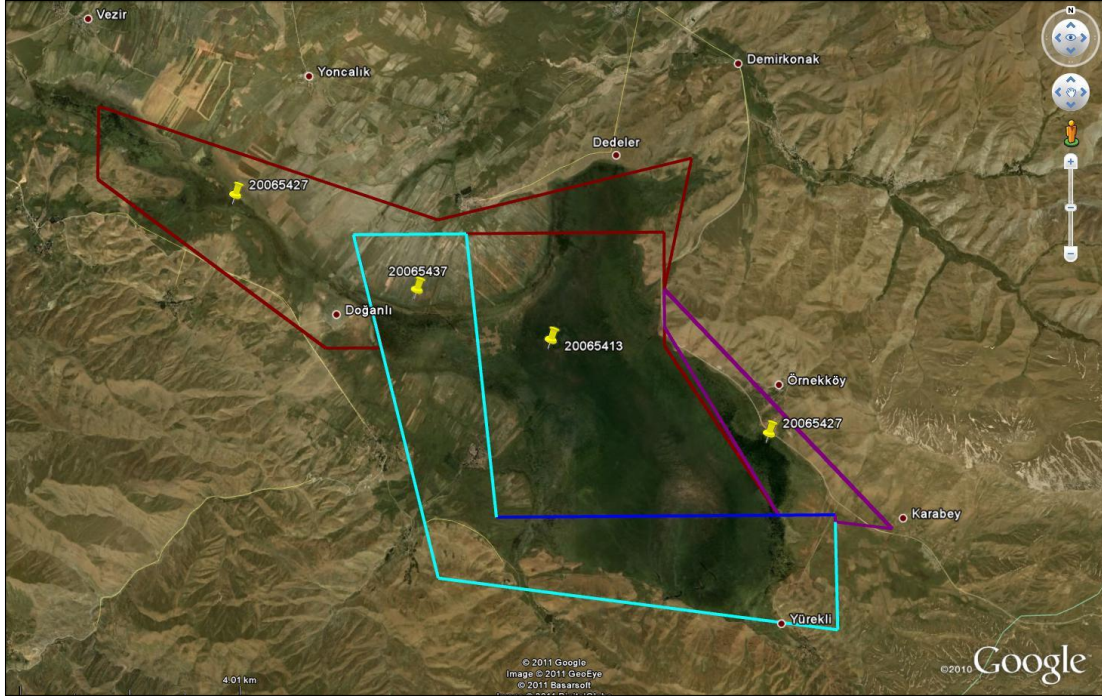
1. Giriş

Çalışma alanı, Hakkari ilinin 46 km güneydoğusunda bulunmakta olup Yüksekova ilçesine 8 km uzaklıktadır (Şekil 1). Çalışma alanının geniş ve özellikle güneydoğu bölümü, bataklık durumundadır (Şekil 2). Çalışmanın amacı, Hakkari ilinin Yüksekova ilçesinde jeolojik gözlemler sonucunda belirlenen lokasyonlarda turba seviyelerinin ve bu seviyelerin yanal ve düşey devamlılığının belirlenmesi için jeofizik öz direnç ölçümleri yapılmasıdır. Bu amaçla, öncelikle çalışma alanının jeolojik ve yükseklik (topoğrafya) verileri incelenmiş, daha sonra 60 farklı lokasyonda jeofizik elektrik öz direnç ölçümleri yapılmıştır.



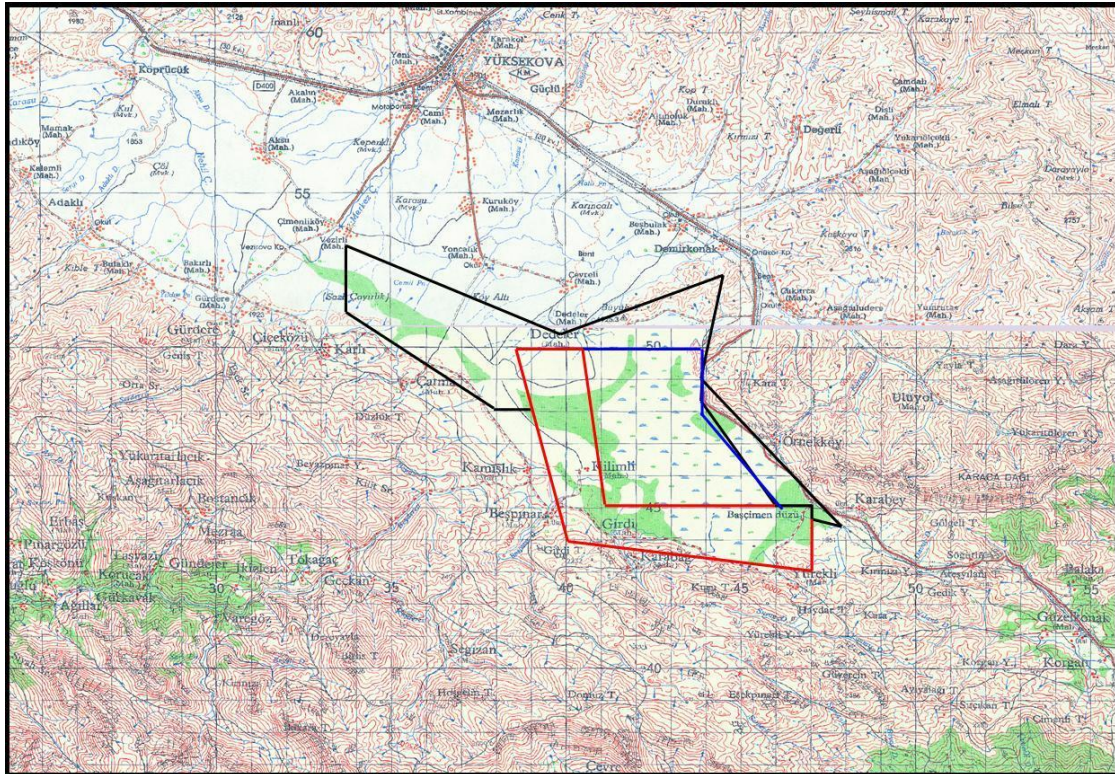
Şekil 1: Çalışma alanının yerbulduru haritası





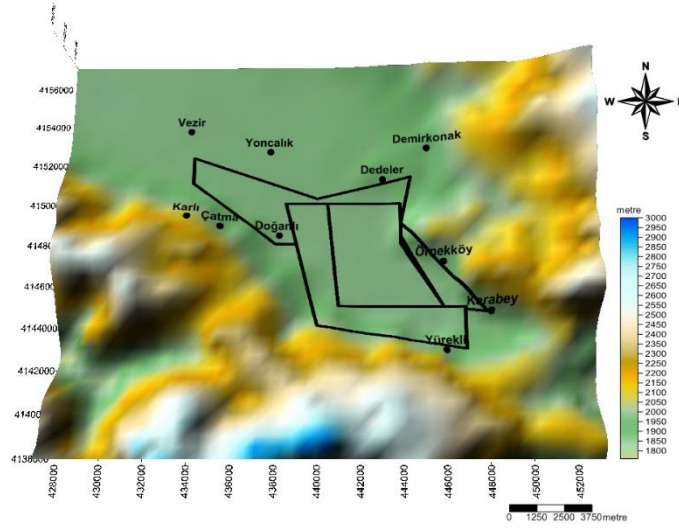
Şekil 2: Çalışma alanının Google Earth görüntüsü

Alanın kuzeyinde Büyük Tepe doğusunda Kara Tepe, güneyinde Kuru Tepe, batısında ise Düzlük Tepesi bulunmaktadır. Rakım, 1850-1922 m arasında değişmektedir (Şekil 3). Çalışma alanı ve çevresinin 3 boyutlu yükseklik görüntüsünde, açık yeşil renk tonlarıyla temsil edilen alanlar alçak (düzlük) yerleri, toprak, açık pembe ve mavi renk tonları ise yüksek (tepe) yerleri temsil etmektedir. Hazırlanan 3 boyutlu yükseklik görüntüsünden anlaşılacağı üzere düz olan yerlerle, yüksek olan diklik ve tepeler birbirinden kesin olarak ayrılmıştır. Topoğrafyanın 3 boyutlu görüntüsüne göre Yüksekova (Hakkari) turbalığı tamamen düzlüklerden oluşmaktadır. Diğer alanlarda ise, yüksek dağlar yer almaktadır. Havzanın uzanımı yaklaşık 30 km olup, KB-GD doğrultusundadır. En geniş kesim, 10 km'dir (Şekil 4).



Şekil 3: Çalışma alanının topoğrafik haritası (1/100.000 ölçekli)

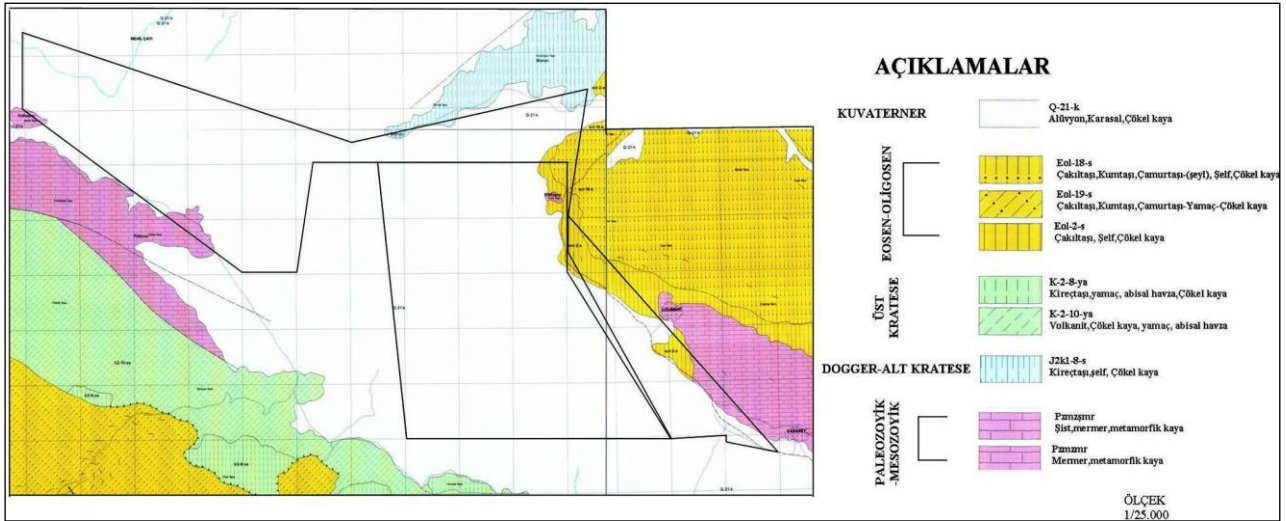




Şekil 4: Yüksekova (Hakkari) sahası yükseklik verisinin 3 boyutlu görüntüsü

2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Turba Oluşumu

Çalışma alanının yüzey jeolojisi, silt, balçık, çakıl, iri-ince kırıntılılar ve kil birimlerinden oluşmaktadır. Havza alanı Eosen flişi ile kil-radyolarit fasiyesine ait tabakaların bulunduğu bir ırmağın erezyonuna bağlı olarak meydana gelmiştir. Havza kenarlarında, kayalar oldukça kıvrımlanmış olup, metamorfik karakter taşımaktadırlar (Şekil 5).



Şekil 5: Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (MTA N52 b1, b2, c4 Haritalarından Düzenlenmiştir)

Kömür, genelde lagün gerilerinde, delta ortamlarında, gölsel ve bataklık ortamlarında oluşur. Kömürün büyük bir kısmı, organik maddelerden meydana gelir. Bu organik maddelerin kaynağı çoğunlukla lignin ve lipitçe zengin bitkisel materyallerdir. Bitkiler öldükten sonra, bakterilerin etkisiyle değişim ve dönüşüm olayları başlar. Eğer su altında kalarak değişime uğrarsa, C (karbon) miktarı artarak kömürleşme olayı gerçekleşir. Oluşan kömürün karbon miktarı % 60 ise, turba adını alır. Bitkisel artıklar, otokton veya alloktan olarak çökel havzasında birikmeye başlar. Ortamın orta hızlı çökmesi ile derinlere inen bitkisel kalıntılar su seviyesinin altında kalır ve çökelin durağanlaştığı dönemlerde ortama kil gibi inorganik maddeler girer. Bunun sonucunda, bitki kalıntılarının üstü örtülür ve oksijen ile teması kesilir. Kömür oluşumu için gerekli olan oksijensiz ortam oluştuğunda, bakteriyel faaliyetler sonucu hümmikleşme, devamında ise, turba oluşumu başlar. Turba oluşumunda, yeraltı suyu seviyesinin belirli bir düzeyde olması gerekmektedir. Aksi durumda, atmosferdeki oksijen etkisi ile bitkisel artıklar kısa zamanda karbondioksit ve suya dönüşerek yok olurlar. Turba oluşumu, turba yüzeyinden yaklaşık 0.5 metre derinlikteki turba oluşturan tabaka ile başlar. Bitkilerin daha kolay hidrolize olabilen maddeleri (nişasta, selüloz, proteinler) bakteriler ve mantarlar tarafından bozunurlar. Sonuçta, gaz ve sıvı ürünler ile katı ürünler oluşur. Katı ürünler oluşum için birikirken gaz ve sıvılar ortamdaki uzaklaşır. Gazların bir kısmı, kömür maddesi tarafından soğutulur (Stach ve diğ., 1982; Köksoy, 1985). Çalışma alanında, havzanın kenar ve taban kesimlerinde çok sayıda yataklanmış gıda (yüksek oranda karbon ve hümmik asitler içeren, kömür düzeyine ulaşmamış doğal bir organik materyal) seviyesi vardır. Gıdalar, havza içinde turbaların tabanını oluşturmaktadır. Gıdaların kalınlıkları, turbaların kalınlıklarına göre daha azdır. Bu durum, başlangıçta eski bir göl havzasındaki karasallaşma ortamını göstermektedir (Şekil 6). Çalışma alanında, 1968-1969 yıllarında 61 adet sondaj ve rezerv hesaplamaları yapılmıştır (Staensche, 1967). Çalışmada turbaların yoğunluğu: 1.0 gr/cm³, yayılım alanı: 16 km², ortalama



kalınlığı; 6.8 m, orijinalde görünür rezerv: 85 milyon ton, havada kuru görünür rezerv: 18 milyon ton olarak bulunmuştur. Havada kurutulmuş turbaların 2900 - 3600 Kcal/kg ısı değerleri, çalışma alanında güçlü bir kömürleşme varlığını göstermektedir (Staensche, 1967). Diğer bir çalışmada ise (Berkün ve Emre, 1992), yoğunluğu: 1.0 - 1.1 gr/cm³, yayılım alanı: 16 km², ortalama kalınlığı; 4.42 m, orijinalde görünür rezerv: 75 milyon ton, havada kuru görünür rezerv: 19 milyon ton, alt ısı değeri, 3083 - 3432 Kcal/kg, üst ısı değeri, 3394 - 9716 Kcal/kg, havada kuru turbada toplam kükürt oranı % 0.34 olarak belirlenmiştir. Bu değer, hava kirliliğine neden olacak limitlerin çok altındadır.



Şekil 6: Çalışma alanındaki turbalıktan bir görünüm

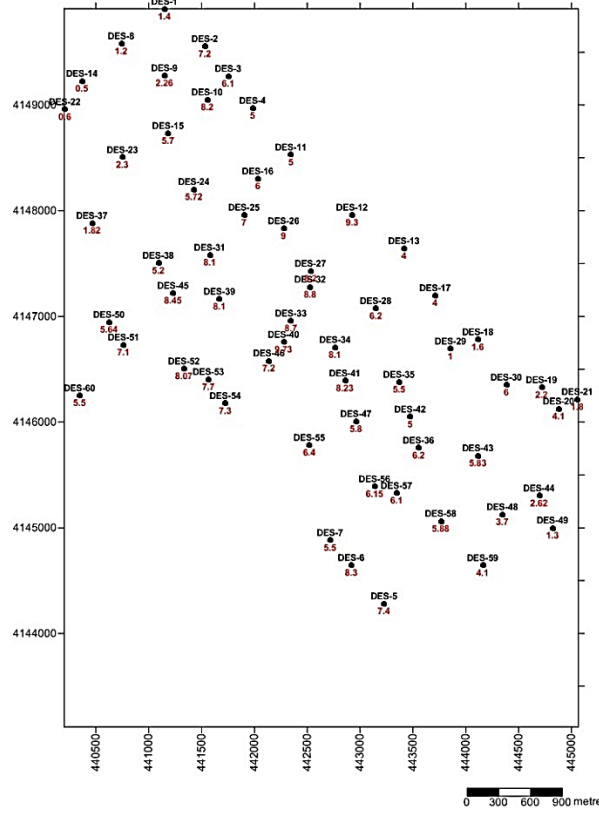
2. Jeofizik Elektrik Özdirenç (DES) Ölçümleri

Çalışma alanındaki turba seviyelerinin kalınlık ve derinliklerinin tespiti için Turkuaz-60 rezistivite cihazı ile 60 ayrı lokasyonda elektrik özdirenç (DES) ölçüsü alınmıştır (Şekil 7 ve 8). Özdirenç ölçümlerinde Schlumberger elektrot dizilimi kullanılmış olup, AB/2 = 300 metre olarak alınmıştır. Özdirenç ölçümleri, IP2win (Lite) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmelere göre, çalışma alanındaki turba kalınlıkları 0.5 - 9.73 m arasında değişmektedir. Elektrik özdirenç (DES) ölçümlerine dayanılarak 3 boyutlu turba kalınlık haritası oluşturulmuştur (Şekil 9). Bu çalışmanın jeofizik ölçüm sonuçlarına göre belirlenmiş olan turba kalınlıkları, Staensche (1967) çalışmasında sondajlarla belirlenmiş olan kalınlıklar ile uyumludur.

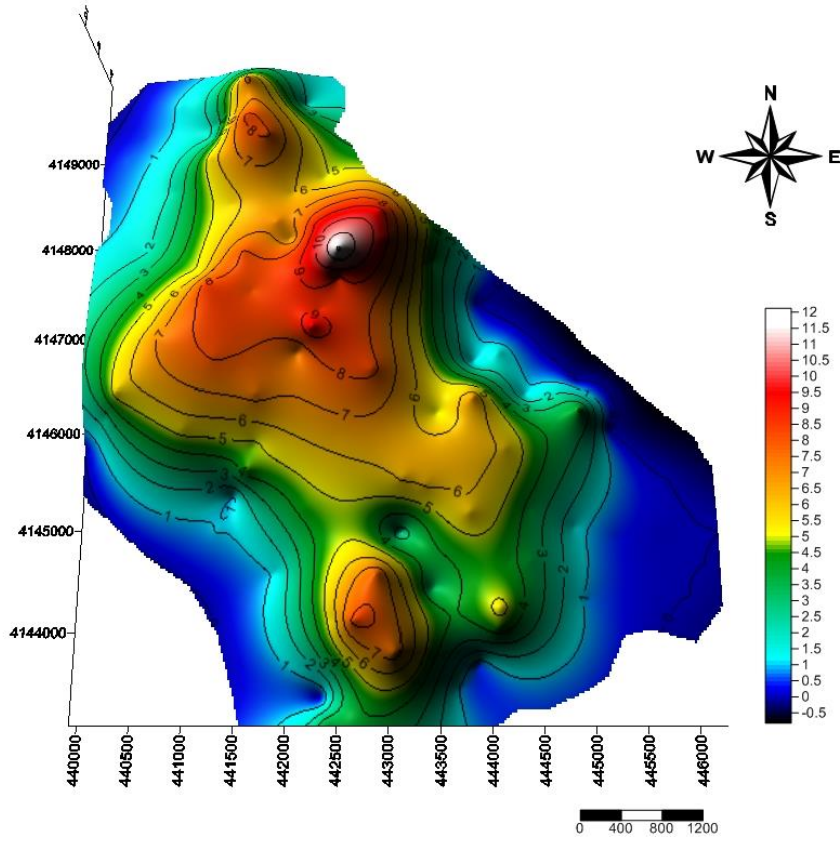


Şekil 7: Elektrik özdirenç (DES) çalışmalarından görüntüler





Şekil 8: Ölçüm yapılan DES noktaları ve tespit edilen turba kalınlıkları (Attaki kırmızı renkli sayılar, o ölçü noktasında ölçümler sonucunda tahmin edilen turba kalınlığını göstermektedir)



Şekil 9: 3 boyutlu turba kalınlık haritası



3. Sonuç

Çalışma kapsamında, jeolojik gözlemler sonucunda belirlenen 60 farklı lokasyonda, jeofizik elektrik öz direnç (DES) ölçümleri yapılmış ve çalışma alanının turba kalınlık haritası hazırlanmıştır. Yapılan jeolojik etütler, jeofizik ölçümler ile hazırlanan turba kalınlık haritasının ve önceki sondajlı çalışmaların birlikte değerlendirilmesi sonucunda, çalışma alanında termik santral işletmeciliği için uygun geniş yayımlı ve yeterli ısı değerlere sahip bir turba oluşumunun bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, çalışma alanında yapılmış olan sondaj çalışmaları çok eski tarihlidir ve turbalara ait numuneler oldukça ilkel sondaj yöntem ve ekipmanları ile alınmıştır. Dolayısıyla, modern wire-line karotlu sondaj yöntemi ile çalışma yapılması durumunda, çalışma alanında rezerv ve kalite değerlerinin oldukça yükseleceği düşünülmektedir.

4. Kaynakça

Berkün S. ve Emre, E. (1992). Hakkari-Yüksekova AR-36375 Nolu Turba Sahası Rezerv Raporu. MTA Fizibilite Dairesi Başkanlığı, 10 s.

Köksoy, M. (1985). Yakıtlar Jeolojisi, H.Ü. Yayınları, Ankara, s.137-154.

Staensche, U. (1967). Hakkari Yüksekova Havzasının Linyit Etüdü. MTA Fizibilite Dairesi Başkanlığı, 5 s. ve Ek Raporlar



TURUNÇGİL KABUKLARINDAN ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN *VERTICILLIUM DAHLIAE*'YE KARŞI BIOFUNGİSİDAL AKTİVİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Aslı Yavuz^{1*}, Abdurrahman Onaran¹

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tokat, Türkiye

aslimm50@gmail.com, abdonaran@hotmail.com

*Sorumlu yazar

Özet

Bu çalışmada, Citrus limon (Limon), Citrus reticulata (Mandalina), Citrus sinensis (Portokal), Citrus aurantium (Turunç), Citrus paradisi (Greyfurt) turunçgillerinin meyve kabuklarından elde edilen ethanol ekstraktlarının *Verticillium dahliae* bitki patojenine karşı biofungusidal aktivitesi araştırılmıştır. Agar petri yöntemi kullanılarak ekstraktların 1, 2, 5 ve 10 mg/ml dozlarının aktiviteleri belirlenmiştir. Ekstraktların patojene karşı göstermiş olduğu miselyum gelişmeleri, miselyum gelişim engellemeleri ve lethal doz (LD₅₀) değerleri hesaplanmıştır. Buna göre, bitki ekstraktlarının bütün dozlarında fark edilebilir düzeyde aktivite gözlenmiştir. En yüksek miselyum gelişim engellemeleri turunç kabuğunda %100, mandalina ve portakal kabuğunda %62, greyfurtta % 60 ve en düşük limonda %51 olarak hesaplanmıştır. *V. dahliae*'ye karşı belirlenen LD₅₀ değerleri ise limonda 9,62 mg/ml, mandalinada 5,35 mg/ml, portakalda 4,82 mg/ml, turunçta 2,44 mg/ml ve greyfurtta ise 5,98 mg/ml olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, turunçgil kabuklarının *V. dahliae* patojenine karşı ümitvar sonuçlar elde edilmiştir. Bitkilerin bünyelerinde barındırdığı antifungal maddelerin kullanımına yönelik çalışmaların artırılması en önemli hususu oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Turunçgiller, *Verticillium dahliae*, Biofungusidal Aktivite, Bitki ekstraktı

1. Giriş

Verticillium dahliae Kleb., bitki patojeni patlıcan ve diğer birçok konukçuda bitkilerin ekonomik olarak ksilem dokusunda kahverengileşmeye neden olan ve *Verticillium* solgunluğunu oluşturan etmenidir. Bu etmenin mikrosklerotlarının toprakta 10 yıldan daha fazla süredir canlı kaldığını belirtmişlerdir (Pegg ve Brady, 2002; Agrios, 1997).

Bitki patojeni funguslara karşı antifungal aktiviteye sahip fungusitlerin kullanımı uzun yıllardan beri kullanılan mücadele yöntemlerinden biridir. Ancak bitki hastalıklarıyla mücadelede kullanılan bu kimyasalların insan ve çevreye olan olumsuz etkilerinin yanında patojenlerin bu kimyasallara karşı direnç kazanması sonucunda daha fazla madde kullanılmakta ve kalıntı problemlerini de ortaya çıkarmaktadır. Dolayısıyla bu olumsuz etkileri ortadan kaldıracak veya azaltacak yeni alternatif mücadele yöntem arayışları her geçen gün artmaktadır. Özellikle son yıllarda bitki hastalıklarına karşı yeni alternatif mücadele yöntemleri arasında bitki ekstraktlarının yoğun şekilde kullanıldığı bilinmektedir (Ragsdale ve ark. 1993; Gatto ve ark., 2013). Bitkilerden elde edilen ekstraktların ve uçucu yağların antifungal (Onaran ve Yılar, 2012), antibakteriyal (Bayan ve ark., 2017), insektisidal (Park ve ark., 2003), herbisidal (Yılar ve ark., 2013), nematisidal (Onaran ve Sağlam, 2017), etkilerinin olduğu çeşitli çalışmalarla da belirlenmiştir.

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı gıdalar ile sağlıklı olmak arasındaki ilişkiyi bilme farkındalığı hızla artmakta olup bu ilişkinin bilinmesi ile kimyasal ilaç kullanımına karşı, daha çok bitkisel içerikli, insanlar ve doğayla dost yeni ürünlerin geliştirilmesi konusunda alternatifler bulma çabaları artmıştır. Bunun yanında gıda endüstrisinde yüksek basınç, nanoteknoloji, ışınlama vb. gibi yeni tekniklerin gıdaların hastalık ve zararları karşı mücadelesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, *Citrus limon* (Limon), *Citrus reticulata* (Mandalina), *Citrus sinensis* (Portokal), *Citrus aurantium* (Turunç), *Citrus paradisi* (Greyfurt) turunçgillerinin meyve kabuklarından elde edilen ethanol ekstraktlarının *Verticillium dahliae* bitki patojenine karşı biofungusidal aktivitesi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitki materyali

Antalya İl'inden 2018 yılında toplanılan bitki kısımları Tablo 1'de gösterilmiştir. Toplanan bitkilerin meyve kabukları steril saf suyla yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede kurutulmuştur. Daha sonra her bitki kısmı ayrı ayrı öğütücüden geçirilerek küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır.



Tablo 1: Çalışmada kullanılan bitkiler ve kısımları

Bilimsel İsmi	Familyası	Kısım	İsmi	Kısaltmalar	Toplandığı Yer
<i>Citrus limon L.</i>	Rutaceae	Meyve Kabuğu	Limon	LK	Antalya
<i>Citrus reticulata L.</i>	Rutaceae	Meyve Kabuğu	Mandalina	MK	Antalya
<i>Citrus sinensis L.</i>	Rutaceae	Meyve Kabuğu	Portakal	PK	Antalya
<i>Citrus aurantium L.</i>	Rutaceae	Meyve Kabuğu	Turunç	TK	Antalya
<i>Citrus paradisi L.</i>	Rutaceae	Meyve Kabuğu	Greyfurt	GK	Antalya

2.2. Bitki ekstraktının hazırlanması

Öğütülmüş bitki materyallerinin her birinden 100'er gr tartılarak 1L cam kaplara konulmuştur. Konulan bitki örneklerin üzerini kapatacak kadar etanol organik çözücüsü ilave edilmiştir. Her bitki kısmı için aynı işlem yapılmıştır. 48 saat oda sıcaklığında (25±2°C) orbital çalkalayıcıda 120 rpm de karıştırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar kaba filtre kâğıdından geçirilerek, organik çözücünün oda sıcaklığın da uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen kuru ekstraktlar %10 aseton ile çözülmüştür.

2.3. Fungus kültürleri

Çalışmada kullanılan *Verticillium dahliae* bitki patojeni Antalya İl'inde patlıcan bitkisinden izole edilmiştir. Bitki patojeni Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarlarında bulunan stok kültürlerden elde edilmiştir. Fungus kültürü, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 23±2 °C'de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

2.4. İn vitro antifungal aktivite çalışmaları

Hazırlanan PDA'lar otoklav edilerek 40 °C'ye kadar soğutulmuştur. Elde edilmiş olan farklı bitki ekstraktlarının dozları (50, 100, 250 ve 500 mg) eritilmiş olan steril PDA ile karıştırılmış ve PDA içindeki ekstraktların son konsantrasyonları 1, 2, 5 ve 10 mg/ml olarak ayarlanmıştır. Daha sonra, PDA 60 mm çaplı petri kaplarına (10ml/petri) aktarılmıştır. Yedi günlük fungus kültürlerinden alınan miselyum diskler (5 mm ölçüsünde) petri kaplarına aktarılmıştır. Fungus kültürleri inokulasyondan sonra 23±2 °C'de 7 gün boyunca inkubasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kayıt edilmiş ve negatif kontroldeki gelişmeler petri kapının yüzeyini kaplayınca denemeye son verilmiştir. Pozitif kontrol olarak standart bir fungusit olan thiram %80 ticari firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak %10 aseton kullanılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Yüzde miselyum gelişmesi şu formüle göre hesaplanmıştır.

Pandey ve ark., 1982' e göre gelişimdeki engelleme, kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır.

$$MGE=100 \times (dc-dt)/dc$$

MGE; Yüzde miselyum engellemesi dc; Kontroldeki miselyum gelişmesi dt; Davranışlardaki miselyum gelişmesi

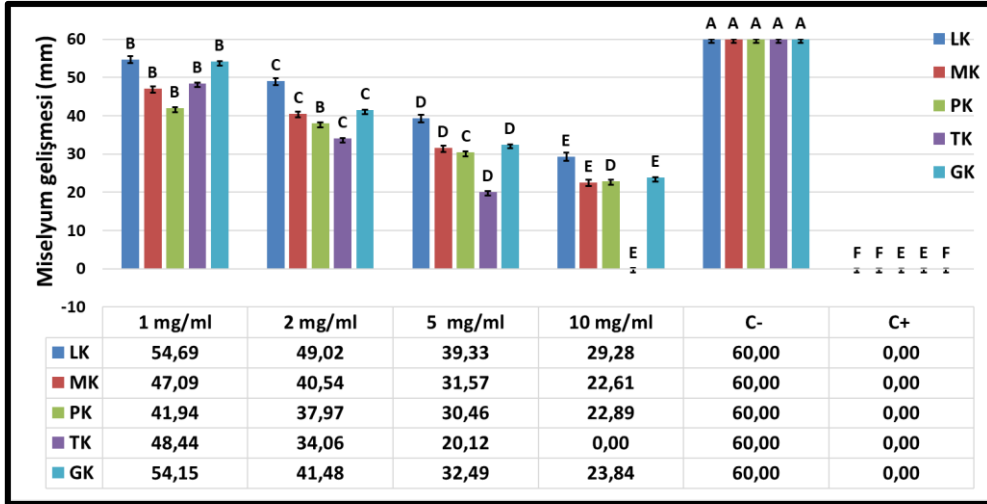
2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 16.00 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, bitki ekstraktlarının lethal dozları Polo plus 1.0 programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

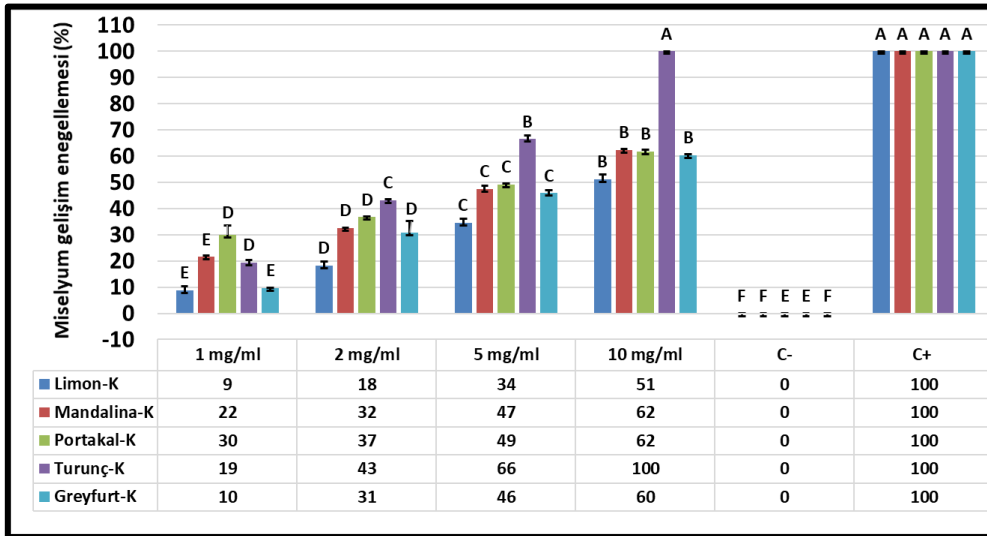
Bu çalışmada, Antalya ilinden toplanan turunçgil meyvelerinin (Limon, Mandalina, Portakal, Turunç, Greyfurt) kabuklarından elde edilen etanol ekstraktlarının bitki patojeni *Verticillium dahliae* 'ye karşı *in vitro* koşullarda etkinlikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre patojenin ekstraktlara göstermiş olduğu miselyum gelişimleri ve yüzde miselyum gelişim engellemeleri Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.





Şekil 1: Kullanılan ekstraktların *V. dahliae*'ye karşı göstermiş olduğu miselyum gelişme değerleri. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir. Her bitki ekstraktının kendi arasında analiz yapılmıştır $p < 0.05$. Limon meyve kabuğu=LK, Mandalina meyve kabuğu=MK, Portakal meyve kabuğu=PK, Turunç meyve kabuğu=TK, Greyfurt meyve kabuğu=GK

Buna göre şekil 1'de görüldüğü gibi kullanılan ekstraktların hepsi negatif kontrole göre *V. dahliae* patojeninin miselyum gelişimi üzerine etkili bulunmuştur. Negatif kontrolde 60 mm'lik miselyum gelişimi olmuştur. Kullanılan ekstraktların test edilen patojene karşı en etkili bulunan TK ekstraktıdır. Bunu sırasıyla PK, MK, GK ve LK ekstraktları takip etmiştir. TK ekstraktının 10 mg/ml dozunda *V. dahliae*'nin gelişimini tamamen engellemiştir. Diğer ekstraktların ise sırasıyla, 10 mg/ml dozda 29,28 mm, 22,61 mm, 22,89 mm ve 23,84 mm miselyum gelişmeleri gözlenmiştir.



Şekil 2: Bitki ekstraktlarına karşı *V. dahliae* bitki patojeninin miselyum gelişim engellemeleri (%). Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir. Her bitki ekstraktının kendi arasında analiz yapılmıştır $p < 0.05$. Limon meyve kabuğu=LK, Mandalina meyve kabuğu=MK, Portakal meyve kabuğu=PK, Turunç meyve kabuğu=TK, Greyfurt meyve kabuğu=GK

Şekil 2'de görüldüğü gibi, ekstraktların patojene karşı miselyum gelişmesindeki engellemeler, negatif kontroldeki gelişime kıyaslanarak miselyum gelişim engelleme (MGE) değerleri hesaplanmıştır (Pandey ve ark., 1982). Buna göre kullanılan meyve kabuğu ekstraktlarından LK, MK, PK, TK ve GK'nın 10 mg/ml dozunda sırasıyla *Verticillium dahliae*'ye karşı MGE oranları sırasıyla %51, %62, %62, %100 ve %60 oranında gerçekleşmiştir. Kullanılan ekstraktların doz miktarı artıkça MGE değerleri artış göstermiştir. TK ekstraktında pozitif kontrole aynı oranda engelleme oranları görülmüştür.

Tablo 2'de görüldüğü gibi, ekstraktların kullanılan dozlarının patojene karşı letal doz değerleri belirlenmiştir. Buna göre yapılan doz-etki denemelerine göre; ekstraktların meyve kabuğu ekstraktlarının *V. dahliae* bitki patojenine karşı LD_{50} değerleri sırasıyla 9.63, 5.35, 4.82, 2.44 ve 5.98 mg/ml olarak, LD_{90} değerleri ise 84.73, 81.12, 146.67, 7.93 ve 48.72 mg/ml olarak hesaplanmıştır. Bu ekstraktlar arasında en etkili olarak görülen LD_{50} değeri 2.44 mg/ml dozu ile Turunç meyve kabuğunda saptanmıştır.



Tablo 2: Turunçgiller familyasına ait meyve kabuğu ekstraktlarının *V. dahliae* patojenine karşı belirlenen letal doz değerleri

Test mikroorganizması	LD Değerleri	Bitki Kısımları				
		LK	MK	PK	TK	GK
<i>Verticillium dahliae</i>	LD ₅₀ (mg/ml)	9.63	5.35	4.82	2.44	5.98
	LD ₉₀ (mg/ml)	84.73	81.12	146.67	7.93	48.72
	Slope	1.35±0.14	1.08±0.13	0.86±0.12	2.50±0.16	1.40±0.138
	Heterojenite	0.29	0.05	0.15	2.83	0.97

Limon meyve kabuğu=LK, Mandalina meyve kabuğu=MK, Portakal meyve kabuğu=PK, Turunç meyve kabuğu=TK, Greyfurt meyve kabuğu=GK

Yapılan bu çalışmaya benzer nitelikte çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, misket limonu (*Citrus aurantifolia*) kabuk ekstraktını *Colletotrichum falcatum* üzerine 3 farklı konsantrasyonu denenmiş %40'lık konsantrasyon *C. falcatum* üzerine güçlü bir engelleme aktivitesi gösterdiği rapor edilmiştir (Okwelle and George, 2018). Yapılan başka bir çalışmada ise limon (*Citrus lemon* L.), mandalina (*Citrus reticulata* L.), greyfurt (*Citrus paradisi* L.) ve portakal (*Citrus sinensis* L.) elde edilen uçucu yağların *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium verrucosum* üzerine antifungal aktivitesine bakılmış tüm kullanılan uçucu yağların kullanılan funguslara karşı aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Portakal uçucu yağının *A. niger*'e karşı en etkili olduğu, mandalina uçucu yağının ise *Aspergillus flavus*'un miselyum büyümesini azaltmada etkili olduğu, bunun yanında greyfurttan elde edilen uçucu yağın ise, *P. chrysogenum* ve *P. verrucosum* funguslarına karşı en iyi inhibitör etkiyi gösterdiği bildirilmiştir (Viuda-Martos ve ark., 2008). Bayan 2017, yılında yaptığı bir çalışmada, *Sisymbrium sophia*'nın metanol ve su ekstraktını *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium dahliae* üzerine antifungal aktivitesine bakılmışlar ve *Verticillium dahliae* miselyum gelişimini metanol ve su ekstraktları sırasıyla %61.18 ve %73.12 oranında engellediğini bildirmiştir.

Daha önce yapılmış çalışmalara bakıldığında bizim yaptığımız çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmekte olup kullanılan ekstraktların gelecekte yapılacak olan çalışmalara öncülük edebileceği ve sentetik kimyasallara bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre, turunçgiller familyasına ait bitkilerin (Limon, Mandalina, Portakal, Turunç, Greyfurt) meyve kabuklarından elde edilen ekstraktlarının hepsinde değişen oranlarda antifungal aktiviteye sahip olduğu bu çalışmada belirlenmiştir. Bu aktiviteler, *Verticillium dahliae*'ye karşı her ekstrakt için farklı oranlarda gerçekleşmiştir. Bu aktivite değerlerindeki farklılıkların ekstraktların bünyelerinde bulunan aynı veya farklı özellikteki antifungal maddelerin değişen oranlarda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Günümüzde kullanılan pestisitlerin olumsuz etkilerini azaltmak veya yok etmek için araştırılan yeni mücadele yöntemleri içerisinde bitki ekstraktlarının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Yapılan bu çalışma sonunda elde edilen veriler ile yeni yapılacak olan alternatif mücadele araştırmalarına yön vereceği düşünülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, *in vitro* koşullar altında yapılan bu araştırmanın *in vivo* koşullara aktarılması en önemli hususu oluşturmaktadır.

5. Kaynaklar

- Agrios, G.N. (1997). Plant Pathology. Academic Press, New York, USA.
- Bayan, Y. (2016). Antifungal activity of *Sisymbrium sophia* extracts against phytopathogenic fungi. VII. International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016", 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings 2016 pp.251-254 ref.11
- Fernandez-Lopez, J., Zhi, N., Aleson-Carbonell, L., Pérez-Alvarez, J. A. & Kuri, V. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application on cooked meat balls. Meat Science, 69, 371–380.
- Gatto, M.A., Ippolito, A., Linsalata, V., Cascarano, N.A., Nigro, F., Vanadia, S. & Di Venere, D. (2013). Antifungal activity of total and fractionated phenolic extracts from two wild edible herbs. Natural Science, Vol.5, No.8, pp. 895-902.
- Fernández-López, J., Lario, Y., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C. & Sayas-Barberá, E. (2004). Preparation of high dietary fiber powder from lemon juiced by-products. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 5, 113–117.
- Okwelle, A.A & George, T.S. (2018). Inhibitory Potential of Lime Fruit (*Citrus aurantifolia*) Bark Extract on Mycelial Growth of *Colletotrichum falcatum*, Causal Organism of Sugarcane Red Rot Disease. Microbiology Research Journal International. 24(4): 1-5.
- Onaran, A. & Sağlam H.D., (2017). *Morina persica* L. Ekstraktının *Ditylenchus dipsaci* ve Bazı Bitki Patojenlerine Karşı Biyolojik Mücadelede Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(2), 63-68.
- Onaran, A. & Yılar, M., (2012). Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. Journal of Food, Agriculture & Environment 10 (3&4), pp. 287-291.



Pandey DK, Tripathi NN, Tripathi RD. & Dixit SN. 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*, Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz, 89, 344–349.

Park, I.K., Lee, S.G., Choi, D.H., Park, J.D. & Ahn, Y.J., (2003). Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). Journal of Stored Products Research, 39(4), 375-384.

Pegg, G.F. & Brady, B.L., 2002. Verticillium Wilts. CAB International, UK. 552p.

Ragsdale, N.N., Henry M.J. & Sisler, H.D., (1993). Minimizing Nontarget Effects of Fungicides. Pest Control With Enhanced Environmental Safety. Acs Symposium Series, 524.332-341.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernandez-Lopez, J. & Perez-Alvarez, J. (2008). Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. Food Control, 19 (2008), pp. 1130-1138

Yılar, M., Bayan, Y., Aksit, H., Onaran, A., Kadioglu, I. & Yanar, Y., (2013). Bioherbicidal Effects of Essential Oils Isolated from *Thymus fallax* F., *Mentha dumetorum* Schult. and *Origanum vulgare* L. Asian Journal of Chemistry, 25(9), 4807.



BİTKİLERİN ETSETİK VE İŞLEVSEL ETKİLERİ: NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

Aslıhan Tırnakçı^{1*}, Banu Karasah²

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Nevşehir/Türkiye

aslihanerdogan@nevsehir.edu.tr

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Artvin/Türkiye

banukarasah@artvin.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Üniversite kampüsleri; gerek eğitim- öğretim faaliyetleri gerekse sosyal-kültürel faaliyetleriyle kent gelişim süreci içerisinde kent kimliğinde etken olan kentsel mekânlardan biridir. Kampüsler öğrencilerin ve öğretim elemanlarının kaliteli zaman geçirmeleri amacıyla kentsel açık-yeşil alan sistemlerinin bir parçası şeklinde planlanmalı ve tasarlanmalıdır. Bu bağlamda kampüslerde yeşil alanların planlanması ve tasarlanmasında, kullanılan bitki materyalinin estetik ve işlevsel özellikleri oldukça önemli bir yer tutmaktadır.

Bu çalışmada, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi ana kampüsünde kullanılan bitkilerin estetik ve işlevsel özellikleri belirlenmiş, bitkisel tasarım ilkeleri doğrultusunda öneriler getirilmiştir. Bu kapsamda fotoğraflama ve yerinde tespit ile alan genelinde kullanılan bitkiler belirlenmiş ve bu bitkilerin estetik ve işlevsel özellikleri çizelgelere işlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitkilendirme tasarımı, Nevşehir, Üniversite kampüsü peyzaj tasarımı

1. Giriş

Kentsel açık-yeşil alanlar kentlere kimlik kazandıran, kentlilerin kendilerini kentle özdeşleştirebileceği alanlardır. Ancak hergeçen gün artan plansız ve düzensiz kentleşme sonucu miktarları giderek azalmaktadır. Kentsel açık-yeşil alan sistemleri kurgusunda yer alan üniversite kampüsleri; öğrencileri ve personeli (akademik-idari) günlük hayatın sıradanlığından kurtularak bireylerin fiziki ve ruhsal yönden yenilenmesini sağlayan alanlardan biridir. Lynch 1957'ye göre öğrencilerin ve üniversite personelinin bir araya gelip fikir alışverişinde bulunacakları açık mekânlar kampüslerin en belirgin bileşenleridir. Bu mekânlar; eğitim, idari ve temel ihtiyaç alanları; açık-yeşil alanlar, spor tesisleri ve kültürel tesisler mekânlardan oluşmaktadır. Açık-yeşil alanların en önemli elemanları olan bitkiler kullandıkları mekânları daha yaşanabilir ve canlı mekânlar haline getirirler (Karasah, 2006). Kentsel alanlarda bitkilerin tasarımda üstlendikleri roller; ekolojik/mühendislik, mimari ve estetik fonksiyonlar olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Booth, 1996; Leszczynski, 1999). Örneğin; kimi zaman mekân oluşturma, mahremiyet sağlama, iklim kontrolü, gürültü kontrolü gibi işlevsel amaçlarla kullanılırken, sahip olduğu ölçü, doku, renk, biçim gibi görsel özellikleri ile mekânları birbirine bağlama, odak noktası oluşturma, mekâna hareketlilik kazandırma, manzara çerçeveleme gibi estetik amaçlarla da kullanılmaktadır (Karasah vd, 2013). İnsanın en doğal gereksinimlerinden birisini de doğal ve estetik bir mekânda yaşama arzusu oluşturmaktadır. Yaşam mekânlarındaki bu isteğin en uygun kullanımı da, estetik ve fonksiyonel açıdan tasarım amacına uygun bitki türlerinin seçilmesi ve kullanılmasıyla olacaktır (Kelkit, 2002).

Bu çalışmanın amacı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Merkez Kampüsü bitkilerinin kullanım özelliklerinin ve kullanım amaçlarının ortaya konmasıdır. Çalışma alanı alanında kullanılan bitkiler estetik ve fonksiyonel kullanımları açısından irdelenmiş, bitkilerin estetik ve işlevsel nitelikleri belirlenerek çizelgeye işlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın materyalini Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Merkez Kampüsü açık-yeşil alanları oluşturmaktadır. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi (NHBVÜ) 17 Mayıs 2007 tarihinde hizmete giren, biri ana kampüs olmak üzere toplam 6 farklı kampüsten oluşmaktadır. NHBVÜ Üniversitesi Bilimsel faaliyetlerini 8 fakülte, 8 meslek yüksekokulu, 3 yüksekokul, 3 enstitü ve 8 araştırma ve uygulama merkezi ile sürdüren bir üniversitedir (Anonim, 2019). Kampüs iki bölümde ele alınmıştır. Birinci bölüm, kampüs ana ringini dik kesen bağlantı yolunun doğusunda yer alan fakülte/yüksekokul ve kurumlar ile hizmet binalarından oluşmaktadır. Bu binalar; Fen Bilimleri Enstitüsü-Sosyal bilimler Enstitüsü-uygulama ve Araştırma Merkezleri Binası, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Semra ve Vefa Küçük Sağlık Yüksekokulu, İlahiyat Fakültesi, Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Turizm Fakültesi, Kapalı ve Açık Spor sahası, Üniversite camisi, Merkezi Kafeterya ve Hizmet Binalarından oluşmaktadır. Bütün bu kullanımlar, aynı araç ringi içerisinde yer almakta, yaya yolları ve çeşitli peyzaj düzenleme çalışmalarının yapıldığı büyük bir meydan içerisinde dağılım göstermektedirler. İkinci bölüm ise bağlantı yolunun batısında kalan; Üniversite Rektörlüğü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Yabancı Diller Yüksekokulu, Kongre Merkezi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Merkezi Yemekhane, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kapalı ve Açık Spor Salonlarıdır (Şekil 1).

Çalışmada yöntem olarak gözlem ve yerinde tespit ile fotoğraflama teknikleri kullanılmıştır. Kampüs genelinde açık-yeşil alanlar fotoğraflanmış, bitki türleri, fonksiyonel (odak-vurgu oluşturma, ölçek değiştirme, alan-mekân bölme, yapısal elemanları tamamlama,



meyve özelliğinden faydalanma, perdeleme-mahremiyet sağlama, mekân oluşturma, gölge sağlama, hareketi yönlendirme) ve estetik amaçlı (form, doku, ölçek, renk) (Gültekin, 1994; Karaşah vd., 2013) kullanım durumları oluşturulan çizelge ile ortaya konmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı genel görüntüsü

3. Bulgular

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Merkez kampüsü şehrin doğu girişinde, Kayseri-Aksaray karayolu üzerinde yer almaktadır. Kampüs yerleşim modeli olarak yaygın yerleşme modelindedir. Geniş bir arsaya sahip olan kampüste Fen –Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi ve Rektörlük Binasının olduğu alan merkez olarak kabul görüp, diğer fakülte binaları ve yapılar çevresinde yapılandırılmıştır. Kampüse ulaşım belediye otobüsleri ile sağlanıyor olup, yaya ulaşımı için de elverişlidir. NHBV Üniversitesi Merkez Kampüsü gelişimi halen devam etmekte olan bir kampüstür. Güvenlik sebebiyle 2 ana girişi bulunan kampüste araç yolu ana iskelet görevini görmektedir. Araç yolları hizmet gördükleri binalara yakın şekilde konumlandırılmış oto parklarla sonlanmakta olup kampüs görüntüsünde baskın yer almamaktadır. Genel olarak öğrencilerin ve diğer kullanıcıların rahat dolaşımını sağlayan yaya odaklı bir sistem hâkimdir. Yapıların dışında kalan açık alanların büyük bölümü yeşil alanlara ayrılmıştır. Çalışma alanı 134.450 m² açık-yeşil alana sahiptir. Çalışma alanının birinci bölümünü oluşturan bölgede çiçek ve yaprak rengi özelliği ile kullanıcıların dikkatini çekecek bitkilerin kullanıldığı, bitkilerin; yönlendirme, gölge sağlama, alanları-mekânları bölme ve mekân oluşturma amaçlı kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 2) (Tablo 1). Çalışma alanının yapısal sınırından sonra yapılan yoğun bitkilendirme ile bitkiler doğal sınırlayıcı (gürültü zonu) olarak kullanılmıştır. Bu bölgede rengi ve çiçekleri ile etkili olmayan, sadece habitusları ile etkili türlerin kullanıldığı belirlenmiştir.





Şekil 2. Çalışma alanı birinci bölümden görünüm

İkinci bölümünü oluşturan bölgede ise bitkilerin daha çok mekân oluşturma, yapısal elemanları tamamlama, yönlendirme, gölge sağlama, meyve özelliğinden faydalanma, renk, doku ve form özelliği ile estetik amaçlı kullanıldıkları tespit edilmiştir (Şekil 3) (Tablo 1). Çalışmada elde edilen bulgulara göre kampüs genelinde bitkiler, çoğunlukla mekân oluşturma, gölge sağlama ve yönlendirme amaçlı kullanılmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan doğal türlerin korunduğu ancak yeni yapılan bitkisel kompozisyonlarda egzotik türlerin tercih edildiği belirlenmiştir. Genel olarak bitkisel tasarım ilkelerine uygun dikimin yapıldığı ancak son zamanlarda yapılan bitkilendirmelerin ise herhangi bir bitkilendirme tasarımı ilkesi göz önünde bulundurulmadan yapılmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanı ikinci bölümden görünüm



Tablo1. NHBV Üniversitesi merkez kampüsünde yer alan bitkiler

Bitki No	Alandaki Mevcut Bitkiler	İşlevsel Özellikler						Estetik Özellikler	
		Odak noktası-vurgu oluşturma	Ölçek değiştirme	Mekânları ve alanları bölme	Yapısal elemanları tamamlama	Perdeleme	Gölge ve mekân oluşturma	Hareket yönlendirme	Çiçek/ meyve/ gövde veya yaprak rengi özelliği
1	<i>Abies nodrmaniana</i>						*		
2	<i>Acer negundo</i>						*		
3	<i>Acer palmatum</i> ‘Autropurpureum’	*						*y	*d
4	<i>Acer platanoides</i> ‘Crimsonking’		*					*y	
5	<i>Aesculus hippocastanum</i>						*	*ç,m	*f
6	<i>Ailanthus altissima</i>						*	*y	
7	<i>Berberis thunbergii</i> ‘Autropurpurea’	*					*	*y	
8	<i>Betula pendula</i>						*		*d
9	<i>Buxus sempervirens</i>						*		*ö
10	<i>Catalpa bignonioides</i>						*		*f
11	<i>Cedrus atlantica</i> ‘Glauca Pendula’	*						*y	*f
12	<i>Cedrus libani</i>		*			*	*		*f
13	<i>Cercis sliquastrum</i>		*					*ç	
14	<i>Chaenomeles japonica</i>	*						*ç	
15	<i>Cornus alba</i> ‘Sibirica’							*g	*d
16	<i>Cotoneaster horizontalis</i>							*m	*d
17	<i>Cotoneaster salicifolium</i>							*m	



18	<i>Cotinus coggygia</i>								*y	*f,d
19	<i>Cupressocyparis leylandii</i>					*		*		
20	<i>Cupressus arizonica</i> ‘Glauca’			*		*	*		*y	
21	<i>Cydonia oblonga</i>								*ç,m	
22	<i>Euonymus japonica</i> ‘Aurea Variegata’							*	*y	
23	<i>Forsythia intermedia</i>	*							*ç	
24	<i>Hibiscus syriacus</i>								*ç	
25	<i>Juniperus communis</i> ‘Hibernica’									*f
26	<i>Juniperus horizontalis</i>									*f
27	<i>Juniperus sabina</i>				*				*y	*f
28	<i>Juniperus pfitzeriana</i> ‘Aurea’								*y	*f
29	<i>Lavandula officinalis</i>		*						*ç	*f
30	<i>Ligustrum ovalifolium</i>							*		
31	<i>Lonicera caprifolium</i>				*		*		*ç	
32	<i>Mahonia aquifolium</i>		*					*	*m,y	
33	<i>Malus floribunda</i>	*					*		*ç,y	
34	<i>Malus sp.</i>								*ç,m	
35	<i>Morus nigra</i> ‘Pendula’	*							*m	*f
36	<i>Picea abies</i>						*			
37	<i>Picea exelca</i>								*y	*f
38	<i>Picea glauca</i> ‘Conica’									*d,f
39	<i>Picea orientalis</i>						*			
40	<i>Picea pungens</i> ‘Glauca’	*								
41	<i>Pinus nigra</i>		*				*			
42	<i>Platanus orientalis</i>		*				*			
43	<i>Prunus ceracifera</i> ‘Nigra’							*	*ç,m	



44	<i>Prunus serrulata</i>						*		*ç	
45	<i>Pyracantha coccinea</i>	*	*			*			*m	
46	<i>Pyrus amygdalus var. dulcis</i>						*		*ç,m	
47	<i>Pyrus elaeagnifolia</i>	*							*ç,m	*f
48	<i>Pyrus sp.</i>					*		*	*ç,m	
49	<i>Robinia hispida</i>								*ç	
50	<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera'		*				*	*		
51	<i>Rosa sp.</i>								*ç	
52	<i>Salix babylonica</i>	*	*				*			*f
53	<i>Salix matsudana</i>	*					*			
54	<i>Sophora japonica</i>						*			
55	<i>Taxus baccata</i> 'Fastigiata'									*f
56	<i>Tilia tomentosa</i>						*	*	*ç	
57	<i>Thuja orientalis</i> 'Compacta Aurea'					*			*y	*f
58	<i>Thuja orientalis</i> 'Pyramidalis Aurea'					*		*	*y	
59	<i>Viburnum opulus</i>								*ç	
y: yaprak; ç:çiçek; f:form; m: meyve; ö:ölçü; d:doku										



4. Sonuçlar

Kentsel açık-yeşil alanlar kent ekolojisi ve kentli sağlı açısından önemli alanlardır. Üniversite kampüsleri de bu alanları oluşturan önemli bir bileşendir. Bitkisel materyal bu alanların oluşmasında en önemli yapı taşı olup, estetik ve işlevsel özellikleri ile alanların tamamlayıcı unsurudur. Bitkiler, estetik ve fonksiyonel özellikleri ile buldukları ortamları oluşturan, dengeleyen, geliştiren, zenginleştiren ve canlandıran elemanlardır (Çay, 2010). Her geçen gün artan kentleşme sebebiyle kentlerde bitkisel çeşitlilik açısından zengin alanlar büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda büyük bir açık alana sahip NHBV Üniversitesi merkez kampüsü, karasal iklimin hüküm sürdüğü bölgede yeşil alan eksikliğinin giderilebileceği önemli bir açık-yeşil alandır.

Bitkilendirme tasarımlarında mekâna ve ihtiyaca göre bitki seçimi, ihtiyaç-mekân- etkinlik ilişkisinin daha doğru kurgulanmasını sağlamaktadır. NHBV Üniversitesi merkez kampüsü açık-yeşil alanlarında kullanılan bitki türleri ile kullanıcılar gerek estetik gerekse işlevsel açıdan üst düzeyde faydalanmaktadır. Son yıllarda yapılan bitkilendirme tasarımlarında bölgenin doğal türlerinden çok egzotik türler tercih edilmektedir. Mekan-etkinlik ilişkisine uygun olacak şekilde, egzotik bitkiler ile birlikte doğal bitki türlerinin kompozisyonlara katılması hem ekolojik açıdan hem de kent kimliği açısından daha etkili olacaktır (Karaşah vd, 2013). Bu bağlamda NHBV Üniversitesi merkez kampüsünde daha önceden var olan doğal türler korunmuş, mekân-etkinlik ilişkisi doğrultusunda doğal türler egzotik türler ile birlikte kullanılmıştır. Fiziki yapılanması halen devam eden merkez kampüste bitkisel tasarımlarda yöreye uygun doğal türlere daha fazla yer verilmelidir. Böylece hem ekolojik hem de kampüs/kent kimliği açısından etkili sonuçlar elde edilecektir.

5. Kaynakça

- Anonim, 2019. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Resmi Web Sitesi. <https://www.nevsehir.edu.tr/tr/tarihce>, Erişim: 9.07.2019
- Booth, N.K., 1996. Basic Elements of Landscape Architectural Design, Waveland Press, Inc. Illinois.
- Çay, E., 2010. Ankara Üniversitesi Rektörlük Kampüsü Bitkisel Tasarımında Dekoratif Amaçlı Kullanılan Ağaç Ve Çalınların Saptanması Üzerine Bir Araştırma, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü El Sanatları Eğitimi Anabilim Dalı, Dekoratif Ürünler Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Karaşah, B., 2006. Kentsel Dokuda Bitkisel Tasarımda Yapılan Yanlışlıkların Belirlenmesi “Trabzon Örneği”. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karaşah, B., Sarı, D., Arslan Muhacir, E.S., 2013. Kamusal Alanlarda Bitkilerin Estetik ve İşlevsel Kullanımlarının Değerlendirilmesi Artvin Örneği”, 5. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi.
- Kelkit, A., 2002. Çanakkale Kenti Açık-Yeşil Alanlarda Kullanılan Bitki Materyali Üzerinde Bir Araştırma. Araştırma Makalesi. Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Peyzaj Anabilim Dalı
- Leszczynski, N., 1999. Planting the Landscape-A Professional Approach to Garden Design, John Wiley&Sons, Inc., New York.



VERİ TABANINDAN RAPORLAMA YAPMAYI VE ERP GELİŞTİRMEYİ KOLAYLAŞTIRACAK ÖLÇEKLENEBİLİR PROGRAMLAMA DİLİ

Aytekin Akkuş^{1*}, Abdullah Erdal Tümer²

1Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

akkusaytekin@gmail.com

2 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

tumer@erbakan.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Bu çalışmada veri tabanından raporlama yapmayı ve ERP geliştirmeyi kolaylaştıracak ve ölçeklenebilir olarak geliştirilmiş bir programlama dilinden bahsedilmiştir. Veri tabanı raporlama dilini geliştirmek için C ve C++ dilleri kullanılmıştır. Veri tabanı raporlama dili, çalışma zamanında C dili kullanmakta aynı zamanda SQL ifadeleri derlenmiş olarak çalıştırılmaktadır. Veri tabanı raporlama dili, veri tabanı ile bütünlük derleme yapabilmekte, böylece veri tabanında değişiklik yapılması durumunda harcanan süre oldukça azalmaktadır. Veri tabanı raporlama dili, derleyici, çalışma zamanı, hata ayıklayıcı ve geliştirme ortamı olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır. Veri tabanı raporlama dilini geliştirmek amacıyla derleyicide model tanıma yöntemi kullanılmıştır. Model Tanıma Yöntemi sayesinde kaynak dosyalardaki veri ayrıştırılarak derleyicideki ilgili fonksiyonların çağırılması sağlanmaktadır. Veri tabanı raporlama dilini geliştirmek amacıyla çalışma zamanında genel fonksiyonlar kullanılmıştır. Genel fonksiyonlar birçok farklı durum için çalışabilen ve C++ dilinde bulunan şablon (template) programlamanın daha esnek ve gelişmiş bir versiyonudur.

Anahtar Kelimeler: ERP, Programlama Dili, SQL, Veri Tabanı, Raporlama

1. Giriş

Bilgisayarlar yalnızca 0 ve 1'lerden oluşan ikili (binary) dili anlarlar. İnsanlar bu ikili dili anlama kapasitesine sahip olmakla birlikte, bu ikili dili konuşma konusunda yeterli değillerdir. Bununla birlikte, bilgisayarın anladığı bu ikili dile çeviri yapabilen, üst seviye insanların daha rahat anlayabileceği diller geliştirebilir. Bu nedenle, insanların ikili seviyeye inmeleri gerekmez. Bunun yerine, insanların kullandıkları dilin soyutlama seviyesi yükseltilecek, insanların bilgisayarlarla daha rahat konuşmaları sağlanabilir.

Bu amaçla birçok programlama dili geliştirilmiştir. Genel olarak programlama dilleri iki kısımdan oluşmaktadır: Genel Programlama Dilleri (GPL), Etki Alanına Özgü Programlama Dilleri (DSL).

Etki alanına özgü diller, belli bir sorunu çözmeye yönelik geliştirilen ve üst düzey soyutlama sağlayan ve insanların kullandığı dile daha yakın programlama dillerine verilen isimdir [1].

Genelde Etki Alanına Özgü diller küçüktür. Sadece bir etki alanına ait programı çözmek için kullanıldığı ve sadece o etki alanına ait gerekli nesnelere tanımladığı için, bu dillerin kullandığı notasyon ve sözdizimi sınırlıdır [2].

Veri tabanları ve veri tabanı sistemleri modern toplumda günlük yaşamın önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Bir gün boyunca, çoğumuz veri tabanları ile etkileşimler içeren birçok aktivite içinde bulunuyoruz [3,4]. Günümüzde, bilgi teknolojisi devrimi nedeniyle bilgiye hızlı erişim ve bilginin etkin yönetimi, işletmeler için herhangi bir faaliyetin başarısında en önemli ölçütler [5-7]. Günümüzün iş uygulamaları eski tarz toplu iş uygulamaları değildir. Bunun yerine, veri işleme faaliyetlerini çevrimiçi olarak yapan uygulamalardır [8]. Yüksek hacimli işlemlerle karakterize edilen modern elektronik hizmetler ve elektronik ticaret uygulamaları, bilgisayar sistemleri ve veri tabanı teknolojilerinin çevrimiçi desteği olmadan varlıklarını sürdüremezler [9]. Mevcut ve gelişmekte olan uygulamalardaki yüksek hacimli verilerin yönetimi için veri tabanı yönetim sistemleri çok önemli bir rol üstlenmektedir. Ortaya çıkan uygulamaların performans ihtiyacı sadece büyük veri setlerinin yönetimini değil aynı zamanda yeni veri yönetimi stratejilerinin uygulanmasını da gerektirmektedir.

Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (VTYS), birçok kullanıcı tarafından paylaşılan veri öğelerinin bir koleksiyonu olarak görülebilir [10-12]. Veri tabanı sistemleri genel olarak merkezileştirilmiş veya dağıtılmış olarak sınıflandırılabilir. Merkezi bir DBMS tek bir bilgisayar sistemi üzerinde çalışır, oysa dağıtılmış bir veri tabanı sistemi (DDBS), her bir sitenin kendi başına bir veri tabanı sistemi sitesi olduğu, ancak sitelerin ortaklaşa çalıştığı ve birbirine bir iletişim ağı üzerinden bağlandığı sitelerden oluşur. Böylece, herhangi bir sitedeki bir kullanıcı, ağdaki herhangi bir yerden veriler tümüyle kullanıcının kendi sitesinde depolanmış gibi veriye erişebilir [13].

Kurumsal kaynak planlama (ERP) sistemi bir organizasyon içindeki tüm işletme fonksiyonlarını yönetmek ve entegre etmek için kullanılan yazılım setlerini içeren bir işletme yönetim sistemidir. Bu yazılım setleri genellikle finansal ve maliyet muhasebesi, satış ve dağıtım, malzeme yönetimi, insan kaynakları, üretim planlama ve bilgisayarla bütünlük üretim, tedarik zinciri ve müşteri bilgileri gibi alanlarda bir dizi ticari uygulama ve araç içerir [14, 15, 16]. Bu paketler bir organizasyondaki tüm içsel ve dışsal tedarik zinciri süreçleri arasındaki bilgi akışını kolaylaştırmaktadır [17]. ERP sistemleri, en iyi işletme deneyimlerini destekleyerek, bu deneyimlerin



üretkenliği artırmaya yönelik olarak uygulanmasını mümkün kılmakta ve müşteriyi kendi ihtiyaçlarına uygun olarak bu iş süreçlerini değiştirmeye teşvik etmektedir [18].

ERP geliştirmek için kullanılacak bir dilin sahip olması gereken temel özellikler aşağıda listelenmiştir:

- Dil, bütünlük SQL kullanıma olanak sağlamalıdır. Bütünlük SQL kullanımı veri tabanı ile çalışmayı ve yazılan programların bakımını oldukça kolaylaştırmaktadır.
- Müşteriye özgü uyarlamaların yapılabildiği gelişmiş ERP sistemleri (örneğin SAP ERP) kullanıcının herhangi bir işleminde arka planda binlerce veri tabanı sorgusu yapmakta, kullanıcıya işlem sonucu bu sorguların sonucunda verilmektedir. Bu nedenle veri tabanı ile çalışan SQL ifadelerin en hızlı şekilde çalışması gerekmektedir.
- Dil, aynı kodun farklı modüller tarafından çalıştırılmasına olanak sağlamalıdır bu nedenle ortak kütüphane yapısını desteklemelidir.
- Müşteriler kendilerine özgü raporlama ihtiyacı içindedir ve her ERP sistemi kuruluşunda müşteriye özgü raporların hızlı ve kolay bir şekilde temin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla dil, raporlamayı oldukça kolaylaştırmalıdır ve raporlama özgü yapıları desteklemelidir.
- Dil, müşteriye özgü ihtiyaçlar doğrultusunda veri tabanlarında değişiklik yapılması durumunda yapılması gereken işlemlerin süresini kısaltmalıdır. Bu amaçla veri tabanı ile bütünlük derleme yapılabilmesine olanak sağlamalıdır.

Bu çalışmada veri tabanından raporlama yapmayı ve ERP geliştirmeyi kolaylaştıracak ölçeklenebilir etki alanına özgü bir programlama dili geliştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Geliştirilen Veri Tabanı Raporlama Dili, aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- **Veri tabanı merkezli:** Veri tabanı ile bütünlük bir şekilde derleme yapılması, veri tabanı veri tiplerinin desteklenmesi
- **Bütünlük SQL Kullanımı:** SQL temel yapısının desteklenmesi, SQL ifadeleri ile program parametrelerinin entegrasyonu
- **3 katmanlı mimari:** İstemci (Sunum), Sunucu (Veri İşleme) ve Veri tabanı olmak üzere üç katmanlı bir yapının desteklenmesi, İstemci ve Sunucu katmanları arası XML tabanlı veri değişimi
- **Ölçeklendirme:** Çalışma zamanının C dili ile yazılması, SQL ifadelerinin derlenmiş olarak çalıştırılması, çalışma zamanının optimize edilmiş genel fonksiyonlar ile gerçekleştirilmesi, Ortak kütüphane yapısının desteklenmesi
- **Çoklu Veri tabanı Desteği:** Açık Veri Tabanı Bağlanabilirliği (ODBC) kullanılarak veri tabanı erişimi, Veri tabanı veri tipleri ile Veri Tabanı Raporlama Dili (VERD) veri tiplerinin eşleştirilmesi, programların farklı veri tabanları için derlenebilmesi
- **Unicode Desteği:** VERD içsel yapısında UTF-8 formatının kullanılması, Veri tabanından çekilen verilerin UTF-8 formatına dönüştürülmesi
- **Raporlamaya özgü yapıların desteklenmesi:** Search-option yapısının desteklenmesi, raporlama ekranlarının varyant olarak saklanabilmesi, ızgara yapıları üzerinde herhangi bir kod yazmadan sıralama, ara toplam işlemlerinin yapılabilmesi
- **Etkilendiği Diller:** Sunum katmanında HTML benzeri bir dilin kullanılması, Veri İşleme Katmanında Gelişmiş İş Uygulamaları Programlama Dili (ABAP) benzeri bir dil kullanılması

Geliştirilen programlama dili aşağıdaki parçalardan oluşmaktadır:

- **Derleyici:** Derleyici, dile ait özellikler kullanılarak oluşturulan kaynak dosyayı alarak çalışma zamanının kullanılacağı formata dönüştürür. Derleyici, loop ve while döngülerini, if-else yapılarını, matematiksel operasyonları desteklemektedir.
- **Çalışma Zamanı:** Çalışma zamanı, veri tipi bilgilerinin program içinde saklanması ve bu verilerin genel fonksiyonlar tarafından kullanılması ile derleyici tarafından oluşturulan dosyayı çalıştırarak kullanıcıya istenilen hizmetin verilmesini sağlamaktadır. Genel fonksiyonlar, birçok farklı durum için çalışabilen ve C++ dilinde bulunan şablon (template) programlamanın daha esnek ve gelişmiş bir versiyonudur. Genel fonksiyonlar sayesinde derleyici tarafından oluşturulabilecek her türlü kodun çalışması sağlanmaktadır.
- **Hata Ayıklayıcı:** Hata Ayıklayıcı, derleyici ile oluşturulan kodun adım adım test edilmesini sağlamakta böylece kodda oluşabilecek hatalar test edilerek ilgili düzeltmeler yapılabilir. Hata Ayıklayıcı, geliştirme ortamı ile bütünlük bir şekilde çalışmakta ve geliştirme ortamı ile arasında, Paylaşılan Hafıza (Shared Memory) metodu kullanılarak veri değişimi sağlanmaktadır. Hata ayıklayıcı, derleyici tarafından oluşturulacak program bilgilerini kullanmaktadır. Program bilgileri derleyici tarafından derleme zamanında ayrı bir dosya olarak kaydedilmektedir. Oluşturulan dosya tablolardan oluşmaktadır. Program içerisinde tanımlanan her bir değişken bu tablolarda isimleri ve program içerisinde karşılık gelen nesne numaraları ile birlikte tutulmaktadır.
- **Geliştirme Ortamı:** Geliştirme ortamı, kullanıcının proje dosyalarını yükleyerek, projeleri derlemesini, çalıştırmasını ve projedeki hataları ayıklayabilmesini sağlayan ara yüze verilen isimdir. Ayrıca geliştirme ortamında kullanıcı dosyalar üzerinde arama yapıp, değişiklik yapabilmektedir.

2.1. Model Tanıma

Geliştirilen veri tabanı raporlama dilinde model tanıma (pattern recognition) metodu kullanılmıştır. Derleyici, kaynak dosyaları alarak, kaynak dosyadaki verileri boşluk ile ayırarak kelimelere dönüştürmektedir. Eğer bir kelime, nokta virgül gibi ayıraçlar ile bütünlük olarak kodda yer alıyorsa, bunlarda ayrı ayrı kelimelere dönüştürülmektedir. Derleyici, daha sonra ayrıştırılan her bir kelime için anahtar tablosunu okuyarak eğer kelime bir anahtar ise o kelime için bir numara belirlemektedir. Bir sonraki aşamada, derleyici ayrıştırılan kelimeleri ve numaraları kullanarak, model tanıma tablosundan model belirlemesi yapmaktadır. Derleyici, belirlenen model için tanımlı fonksiyon numarasını kullanarak, C dilinde mevcut olan fonksiyon işaretleyici ile ilgili derleyici fonksiyonunu çağırılmaktadır. Böylece kodun tamamının işlenmesi sağlanmaktadır. Derleyici içinde loop döngüleri, while, if-else döngüleri gibi yapılar için ayrı ayrı fonksiyonlar tanımlanmıştır.



Örnek olarak aşağıdaki kodu incelenecek olursa:

loop at mustab into p_mus.

Loop, at ve into kelimeleri birer anahtar kelimedir. **Loop** kelimesinin numarası 1, **at** kelimesinin numarası 2 ve **into** kelimesinin numarası 3 olsun. Bu numaralar anahtar tablosunda her bir anahtar kelime için tanımlanmıştır. Aşağıda anahtar tablosundaki girişler gösterilmiştir.

Tablo 1: Örnek Bir Anahtar Tablo

Anahtar	Numara
Loop	1
at	2
into	3

Derleyici, anahtar kelimeler için numaraları belirledikten sonra loop kelimesini işlemeye başlamaktadır. Loop kelimesinin numarası 1'dir. Sistem model tanıma tablosundan 1 numarası için aşağıdaki kayıtları belirlemektedir.

Tablo 2: Model Tanıma Tablosu

ID1	ID2	Offset	ID3	fonksiyon
1	2	0	10	

Belirlenen kayıt şunu ifade etmektedir: Loop kelimesinin hemen ardından at kelimesi araya başka kelime girmeden yer alıyorsa numara olarak 10 belirlenir ve fonksiyon boş olduğu için herhangi bir fonksiyon çağrılmaz. Daha sonra sistem 10 numarası için model tanıma tablosundan aşağıdaki kaydı belirler.

Tablo 3: Model Tanıma Tablosunda Belirlenen Kayıt

ID1	ID2	Offset	ID3	fonksiyon
10	3	1	11	1

Belirlenen kayıt şunu ifade etmektedir: At kelimesinin bir kelime sonrasında into kelimesi yer alıyorsa numara olarak 11 belirlenir. Fonksiyon numarası olarak 1 belirlendiği için derleyici kendisinde tanımlı 1 numaralı fonksiyonu çağırır. 1 numaralı fonksiyon mustab ve p_mus değişkenleri için ilgili kontrolleri ve doğrulamaları gerçekleştirir ve çalışma zamanının kullanabileceği bir formatta kodu derler.

Model Tanıma metodu sayesinde derleyiciye istenilmesi durumunda üçüncü taraf eklenti (third-party plugin) yapılabilmesi oldukça kolaylaşmaktadır. Böylece geliştirilen dilin sahip olduğu özellikler artırabilir.

2.2. Genel Fonksiyonlar

Çalışma zamanındaki fonksiyonlar genel fonksiyon olacaktır. Genel fonksiyonlar birçok farklı durum için çalışabilen ve C++ dilinde bulunan şablon (template) programlamanın daha esnek ve gelişmiş bir versiyonudur. Genel fonksiyonlar dört kısımdan oluşmaktadır. Birinci ve ikinci kısımdaki fonksiyonlar en üst düzey fonksiyonlar olup bu fonksiyonlar derleyici tarafından her model için derleme zamanında belirlenecektir.

Üçüncü kısımda fonksiyonlar adres belirleme fonksiyonlarıdır ve ikinci kısımdaki fonksiyonlar tarafından çağrılmaktadır Adres belirleme fonksiyonları herhangi bir işlemde (loop operasyonları, karşılaştırma, concatenate operasyonları) kullanılan program parametrelerinin adreslerini belirlemek ile görevlidir.

Dördüncü kısımdaki fonksiyonlar belirlenen adresleri kullanarak istenilen işlemin yapılması sağlarlar ve üçüncü kısımdaki fonksiyonlar tarafından çağrılırlar. Aynı kodun kullanılması sağlamak amacıyla her kısımdaki fonksiyon bir alt seviyedeki fonksiyonu, derleyici tarafından belirlenen fonksiyon numarası üzerinden fonksiyon işaretleyici kullanarak çağırır.

Adres belirleme fonksiyonlarına bir örnek aşağıda verilmiştir:

```
unsigned char compare_operation_000(char* value_01, char* value_02 )
{
if (*(char*)value_01 == *(char*)value_02)
return true ;
else
return false ;
}
```



Örnekte görüldüğü üzere karşılaştırma işlemi iki tane adresi alarak eğer bu adreslerinin içerikleri aynı ise doğru dönmekte yoksa işlem sonucu yanlış olarak dönmektedir.

Genel Fonksiyonlar sayesinde çalışma zamanının ölçeklenebilir olması ve işlemlerin katmanlı bir şekilde işlenmesi sağlanmaktadır. Geliştirilen dil içinde ihtiyaca göre 2 seviyede ve 4 seviyede genel fonksiyon yapısı kurgulanmıştır. Seviye sayısı ihtiyaca göre şekillenebilmektedir. Bu da dile yeni özellikler eklenmesi durumunda seviyenin ihtiyaca göre kurgulanmasına olanak sağlamaktadır. Seviye yapısı ile desteklenebilecek farklı senaryo artmaktadır. Örneğin iki seviyede kurgulanan bir yapı için birinci seviyede 100 ikinci seviyede 200 fonksiyon olması ve birinci seviyedeki fonksiyonların ikinci seviyedeki fonksiyonları fonksiyon işaretleyici ile çağırması durumunda toplam olarak $100 \times 200 = 20000$ farklı senaryo desteklenmektedir. Seviye sayısı ve her seviyedeki fonksiyon sayısının artmasıyla desteklenebilecek senaryo sayısı çarpımsal olarak artmakta ancak yazılması gereken fonksiyon sayısı toplamsal olarak artmaktadır. Böylece seviye sayısı artırılarak veya bir seviyedeki fonksiyon sayısı artırılarak optimize edilmiş bir şekilde derlenen kodun çalıştırılması sağlanabilir. Geliştirilen dil için loop, if-else ve while yapıları için her seviyedeki fonksiyonlar, hafıza kullanımı en aza indirecek şekilde çoklanmıştır. Böylece derlenen programın daha hızlı çalışması sağlanmaktadır. Aynı zamanda yazılması gereken fonksiyon sayısı toplamsal olarak arttığı için geliştirilen dil için, az sayıda fonksiyon ile çarpımsal olarak artan farklı senaryo desteklenmektedir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada model tanıma yöntemi ve genel fonksiyonlar kullanılarak veri tabanından raporlama yapmayı ve ERP geliştirmeyi kolaylaştıracak bir programlama dilinin geliştirilebileceği ortaya konmuştur.

Veri tabanı raporlama dili, C ve C++ dilleri kullanılarak geliştirilen ölçeklenebilir bir programlama dilidir. Veri tabanı ile kolay çalışabilmek için Microsoft'un LINQ to SQL teknolojisi, Java temelli jOOQ kütüphaneleri gibi ürünler bulunmaktadır. Veri tabanı raporlama dili, LINQ to SQL teknolojisi ve jOOQ kütüphanelerine kıyasla veri tabanı ile bütünlük derleme yapabilme ve raporlamaya özgü yapıları destekleme gibi yeniliklere sahiptir. Ayrıca ERP geliştirme süresinin %50 oranında azaltılması, kullanımının kolay ve sade olması, ölçeklenebilir olması ve ERP sistemlerinin geliştirilmesine olanak sağlanması gibi avantajlara da sahiptir.

4. Kaynakça

- [1] Visser, E. (2007, July). WebDSL: A case study in domain-specific language engineering. In International Summer School on Generative and Transformational Techniques in Software Engineering (pp. 291-373). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Van Deursen, A., Klint, P., & Visser, J. (2000). Domain-specific languages: An annotated bibliography. ACM Sigplan Notices, 35(6), 26-36.
- [3] DiPippo, L. C., & Wolfe, V. F. (1997). Real-time databases. Database Systems Handbook, Multiscience Press.
- [4] Hansen, G.W., Hansen, J.V. (2000). Database Management and Design. Prentice-Hall, India (2000)
- [5] Haritsa, J. R., & Ramamritham, K. (2000). Real-time database systems in the new millenium. Real-Time Systems, 19(3), 205-208.
- [6] Hong, D., Johnson, T., & Chakravarthy, S. (1993). Real-time transaction scheduling: a cost conscious approach (Vol. 22, No. 2, pp. 197-206). ACM.
- [7] Mohania, M., Kambayashi, Y., Tjoa, A. M., Wagner, R., & Bellatreche, L. (2001, September). Trends in database research. In International Conference on Database and Expert Systems Applications (pp. 984-988). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [8] Silberschatz, A., Stonebraker, M., & Ullman, J. (1995). Database research: Achievements and opportunities into the 21st century. Stanford InfoLab.
- [9] Aldarmi, S. A. (1998). Real-time database systems: concepts and design. Report-University of York Department of Computer Science YCS.
- [10] Elmasri, R., Navathe, S., & Shanklin, C. (2000). Fundamentals of Database Systems, 2000. Google Scholar, 199-348.
- [11] Gehrke, J., & Ramakrishnan, R. (2003). Database management systems. McGraw-Hill.
- [12] Ullman, J. D. (1984). Principles of database systems. Galgotia publications.
- [13] Garcia-Molina, H., & Lindsay, B. (1990). Research directions for distributed databases. ACM SIGMOD Record, 19(4), 98-103.
- [14] Boykin, R. F. (2001). Enterprise resource planning software: a solution to the return material authorization problem. Computers in Industry, 45(1), 99-109.
- [15] Chen, I. J. (2001). Planning for ERP systems: analysis and future trend. Business process management journal, 7(5), 374-386.
- [16] Yen, D. C., Chou, D. C., & Chang, J. (2002). A synergic analysis for Web-based enterprise resources planning systems. Computer Standards & Interfaces, 24(4), 337-346.
- [17] Al-Mashari, M., & Zairi, M. (2000). Supply-chain re-engineering using enterprise resource planning (ERP) systems: an analysis of a SAP R/3 implementation case. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 30(3/4), 296-313.
- [18] Subba Rao, S. (2000). Enterprise resource planning: business needs and technologies. Industrial Management & Data Systems, 100(2), 81-88.



YERLEŞKE PEYZAJ TASARIMI: HOPA YERLEŞKESİ ÖRNEĞİ

Banu Karasah^{1*}, Aslıhan Tırnakçı²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü

banukarasah@artvin.edu.tr

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü

aslihanerdogan@nevsehir.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Yerleşkeler öğrencilerin eğitim hayatları boyunca en fazla zaman geçirdikleri mekân olmalarının yanı sıra idari ve akademik personel, zaman zaman da yerel halk tarafından da ortak kullanılan mekânlardır. Bir kentsel açık yeşil alan olma özelliği taşıyan yerleşkelerin kullanıcıların kaliteli vakit geçirebilecekleri şekilde planlanması ve tasarımı önem arz etmektedir.

Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesinde 4 adet yerleşke bulunmaktadır. Çalışmaya konu edilen Hopa Yerleşkesi üniversitenin en küçük yerleşkelerinden biri olma özelliğine sahip olsa da içinde barındırdığı sosyal mekânları, kullanıcılarına farklı olanaklar sunmaktadır. Çalışma kapsamında yerleşkedeki peyzaj tasarımının süreçleri (yapısal ve bitkisel tasarım) incelenmiş ve mekânsal kullanımların yeterlilikleri tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yerleşke, Peyzaj tasarımı, Ortak kullanım mekânları, Hopa.*

1. Giriş

Üniversite eğitim yapılarının, öğrenci yurtlarının, öğretim elemanlarına ait lojmanların, sosyal tesislerin ve bunlar dışında birimleri birbirine bağlayan caddelerin, yürüme yollarının, yeşil alanların, iç avluların, plazaların, meydanların yer aldığı çok işlevli bir eğitim alanı olan kampüs kavramı Türkçede yerleşke olarak adlandırılmaktadır (Turner, 1995; Ayvacı, 2009; Karasah vd., 2016). Türeyen (2002) kampüs kavramını, “esas işlevleri eğitim, öğretim, araştırma ve uygulama olan, kullanıcıları için gerekli yaşam koşullarını (barınma, eğlence, alışveriş, spor, sağlık vb.) sağlayan akademik köy” olarak tanımlamaktadır ve ilk olarak, 18. yüzyılın ikinci yarısında, Amerika’da Princeton Üniversitesi için kullanıldığı tahmin edilmektedir (Sönmezler, 1995; Erçevik ve Önal, 2011).

Yerleşkeler farklı kullanıcı gruplarına (öğrenci, idari personel, akademik personel, yerel) hizmet eden ortak kullanım mekânlarıdır. Bu ortak kullanım mekânlarında en fazla zaman geçiren kullanıcı grupları ise öğrencilerdir. Öğrenciler üniversitelerde eğitsel açıdan uzmanlık becerilerini kazanırken, doğru tasarlanmış üniversite kampüsleri sayesinde de kültürel, sosyal ve sanatsal açıdan gelişimlerine katkı sağlayabilmektedir.

Kampüs, binalar dizisinden oluşan bir yer olmamalı ve öğrencilerde anılar bırakan anlamlar yaratan kendilerini oraya ait hissettikleri yerler olmalıdır. Bu doğrultuda anlamlı yerleri oluşturan binaların arasında, binalar ile ilişki içinde olan doku kampüs peyzajıdır (Broussard 2009 Akgül Yalçın, 2012).

Aydın ve Ter (2008) bir kampüs peyzajında; spor aktivitelerinin yapılacağı alanlar, eğitim olanaklı açık hava tartışma alanları, gezme-dolaşmaya olanak sağlayan alanlar, oturmaya olanak sağlayan alanlar (yeme-içme, dinleme, sohbet etme, etrafi ve insanları seyretme) ve çalışmaya olanak sağlayan sakin alanları kapsayan etkinlik alanlarının olması gerektiğini belirtmiştir (Yılmaz, 2015).

Çalışmada bu kavramlar doğrultusunda; Hopa Yerleşkesi örneğinde yerleşkedeki peyzaj tasarımının süreçleri (yapısal ve bitkisel tasarım) incelenmiş ve mekânsal kullanımların yeterlilikleri tartışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesinde 4 adet yerleşke bulunmaktadır. Çalışmaya konu edilen Hopa Yerleşkesi Artvin’in Hopa ilçesinde konumlandırılan, üniversitenin en küçük yerleşkelerinden biri olma özelliğine sahip olsa da içinde barındırdığı sosyal mekânları, kullanıcılarına farklı olanaklar sunan bir yerleşke özelliğine sahiptir (Şekil 1).





Şekil 1. Çalışma alanı

Hopa Yerleşkesi bünyesinde Hopa İktisadi İdari Bilimler Fakültesi ve Hopa Meslek Yüksekokulu bulunmaktadır.

Alanın peyzaj tasarım projesinin geliştirilmesinde izlenen tasarım aşamalarının değerlendirilmesi çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır.

3. Bulgular

3.1. Yapısal Tasarım

Kitle-boşluk dengesi ve kullanıcı gereksinimleri dikkate alınarak bir peyzaj tasarım projesinin ortaya konulduğu görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanının peyzaj tasarım projesi

Projede öğrencilerin, personelin ve ziyaretçilerin vakitlerini geçirebilecekleri oturma/ dinlenme alanları ve yürüyüş yolları tasarlandı (Şekil 3).





Şekil 3. Alanda tasarlanan yürüyüş yolları ve oturma dinlenme alanları

Kantin binasının önünde iç mekândaki etkinliklerin dış mekâna yansıtılması amacıyla bir yeme-içme mekânı tasarlandığı belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Alandaki yeme-içme alanı

Öğrencilerin, personelin ve halkın da faydalanabileceği çok amaçlı saha (voleybol, basketbol) ve halı sahanın, kapalı spor alanının tasarlandığı görülmüştür (Şekil 5).



Şekil 5. Alanda tasarlanan çok amaçlı saha, halı saha ve kapalı spor alanı



Personelin ve ziyaretçilerin araçlarını park edecekleri otopark alanları tasarlandığı belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Alanda tasarlanan otopark alanı

3.2. Bitkilendirme Tasarımı

Mekânları tanımlamada ve sirkülasyonları güçlendirmede bitkilerin renk-doku-koku-form özelliklerinden faydalandığı görülmüştür. Aynı zamanda bitkilendirme tasarımında da kitle-boşluk (herdem yeşil- yapraklı) ilişkisine dikkat edildiği belirlenmiştir. Öğrencilerin, oturup ders çalışabileceği, kitap okuyabileceği veya grup etkinliklerini gerçekleştirebilecekleri geniş çim alanlarının kurgulandığı, bu çim alanları üzerinde geniş tepe çapına sahip gölge ağaçlarının (*Platanus orientalis*, *Acer platanoides*, *Tilia* sp.) da kullanıldığı tespit edilmiştir. Bitkilerin fonksiyonel amaçlı kullanımlarının yanı sıra estetik amaçlı kullanıldığı da görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Tasarım alanında bitkilerin fonksiyonel ve estetik kullanımı

4. Sonuç ve Öneriler

Yerleşke peyzaj tasarımı değerlendirilen bu çalışmanın hem fonksiyonel açıdan hem de estetik açıdan bu büyüklükte tasarlanacak çalışmalara örnek teşkil edebileceği söylenebilir. Gerçekleştirilen tasarımın; kampüs peyzajında olması gerekli etkinlik alanlarını barındırdığı ve bu tasarımla kullanıcılara farklı açıdan beceriler elde edebilecekleri mekânlar kazandırıldığı görülmüştür.

Bir kentsel açık yeşil alan olma özelliği taşıyan yerleşkelerin kullanıcıların kaliteli vakit geçirebilecekleri şekilde planlanmalı ve tasarlanmalıdır. Bu doğrultuda gerçekleştirilecek doğru mekânlarla kullanıcıların sosyal, kültürel ve sanatsal açıdan gelişimleri pekiştirilebilecektir.



5. Kaynakça

- Akgül Yalçın, E. *Yer Duygusu ve Peyzaj Değerleri Arasındaki İlişkinin Kampüsler Üzerinde Değerlendirilmesi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2012.
- Aydın D., Ter U. “Outdoor Space Quality: Case Study of a University Campus Plaza”, *International Journal of Architectural Research*, 2 (3), 189-203, 2008.
- Ayvacı, G., *Üniversite Kampüslerindeki Dış Mekan Tasarımında Kullanıcı Gereksinimlerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.
- Broussard, E., “The Power of Place on Campus”, *Chronicle of Higher Education*, 55 (34), 12-13, 2009.
- Erçevik, B., Önal, F., “Üniversite Kampüs Sistemlerinde Sosyal Mekân Kullanımları”, *MEGARON*, 6(3), 151-161, 2011.
- Karavaş, B., Sarı, D., Yaman, Y.K., “Bir Yerleşke Peyzaj Tasarımı: Artvin Çoruh Üniversitesi Şehir Yerleşkesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32(3), 1-13, 2016.
- Sönmezler, K., *Üniversiteler*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1995.
- Turner, P.V., *Campus: An American Planning Tradition.*, MIT Press, Cambridge, 1995.
- Türeyen, M. N., *Yükseköğretim Kurumları-Kampuslar*, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul, 2002.
- Yılmaz, S., “Bir Kampüs Açık Mekanının Peyzaj Tasarımı: Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Binası”, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15 (2), 297-307, 2015.



KIRKLARELİ İLİNDEKİ KATI ATIKLARIN ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

Betül Özer, Merve Aksoy

Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/ Kırklareli/Türkiye

betulozer@klu.edu.tr

merveaksoyaksoy@hotmail.com

Özet

Artan nüfus ile birlikte ihtiyaçların karşılanması için uygulanan teknolojik gelişmeler atık miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Buna paralel olarak artan atıklar Türkiye için önemli çevre sorunu yaratmaktadır. Katı atıkların konutlarda, iş yerlerinde biriktirilmesi, toplanması, taşınması ile geri kazanılabilir madde ve enerji elde edilmesiyle birlikte katı atıklar çevreye ve insan sağlığına zararsız hale dönüştürülebilir. Türkiye’de uygulanmakta olan mevzuata göre katı atık yönetim sisteminin tüm belediyeler tarafından uygulanması gerekmektedir. Bu kapsamda Kırklareli İl’inde Kırklareli Yerel Yönetimleri Katı Atık Tesisleri Yapma ve İşletme Birliği kurulmuştur. Tesiste katı atıkların düzenli depolama sahasında biriktirilmesiyle elde edilen metan gazının çevreye ve insan sağlığına zararsız hale getirilebilmesi ve ekonomiye katkı sağlanabilmesi amacıyla elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu çalışmada, Kırklareli İl’indeki katı atıkların enerji potansiyeli araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Katı Atık, Düzenli Depolama, Enerji*

1. Giriş

İnsanlar tarafından oluşturulan atık probleminin çözülebilmesi için gelişen teknolojilerin kullanımının tüm dünyada yaygınlaşması gerekli olup, bunun yanında ekonomik değer teşkil eden kentsel katı atıklardan bu yönde de yararlanılması gerekmektedir. Bu nedenle detaylı olarak incelenen en ucuz ve en basit teknoloji düzenli depolamadır. Kentsel katı atıklardan elde edilecek olan enerji üretiminde kullanılan teknolojiler düzenli depolama, gazlaştırma, yakma ve anaerobik çürütme olarak sıralanabilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığının “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”ne göre, “Üreticisi tarafından istenmeyen ve toplumun huzuru, çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddelere katı atıklar denilmektedir” [1]

Bununla beraber yönetmelikte evsel ve evsel nitelik taşıyan katı atıkların geri kazanılması öncelikli olup, termik ya da biyolojik işlemler uygulanmayan ve yan ürün ortaya çıkaran atıkların depolanması zorunludur. [2]

Düzenli depolama, atıkların koku yaymasını, estetik bozucu görünüşleri, hastalık taşıyıcı mikropların çevreye dağılmasıyla çevre sağlığını tehdit etmesini basit ve ucuz yöntemle önlemek için yerin altına belli mühendislik prensiplerine uygun şekilde gömülmesi işlemi olarak tanımlanabilir [3].

Günümüzde ise, katı atıkların, kamu baskısını ve yer seçim kriterlerini mühendislik çalışmalarıyla belirlenen uygun alanlarda, yer altı suyunun ve topografyanın özellikleri de göz önünde bulundurularak önceden belirlenen tekniklerle yeraltına gömülmesi, atıklardan oluşan sızıntı suyunun ve gaz emisyonların kontrolü, depolama işlemi tamamlandıktan sonra belli periyotlarda depolama alanının çevre kirliliği açısından takip edilmesi işlemlerinin tümü olarak tanımlanabilmektedir [3].

Depolama sahasındaki kentsel katı atıkların bozunmasıyla metan ve karbondioksit meydana gelen depo gazı oluşmaktadır. Çevre de patlamalara, zehirlenmelere neden olabilecek depo gazının yatay veya düşey gaz toplama sistemi ile toplanıp yakılması veya enerji üretme olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Katı atıkların depolanması sonucunda elde edilecek metan gazı oluşumundan dolayı enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Alt kalorifik değer metre küp başına yaklaşık 19750 kJ (kiloJoule) olmaktadır. Yaklaşık bir milyon ton atığın ayrışması sonucunda 510 m³/gün depo gazı geri kazanılabilir. Bunun da yaklaşık 800 kW elektrik enerjisi üretilmesi için yeterli olduğu görülmektedir. Depolama sahası kapatıldıktan sonra en uygun teknoloji kullanılıp depo gazından enerji elde edilmesi mümkün olmaktadır [4].

Aşağıda çalışmada enerji potansiyeli araştırılan Kırklareli İl’inin düzenli depolama alanı Şekil 1 ile gösterilmektedir.





Şekil 1 : Düzenli Depolama Tesisi

1.1. Depo Gazı Oluşumu ve Özellikleri

Evsel katı atıkların biriktirilmesi ile düzenli depolama sonrası depo gazı oluşmakta olup, oluşan bu gazların bir kısmı ana gaz, bir diğer kısmı az olmak koşuluyla eser gazlardır. Depolanma sonucu oluşan bu gazlar atıkların organik fraksiyonlarının anaerobik bozunmasıyla oluşmaktadır. Bir kısım oluşmuş olan eser gazlar ise, çok küçük miktarlarda olmuş olsalar dahi, toksik etki gösterebilmekte olup, çevre sağlığını tehdit edebilmektedir.

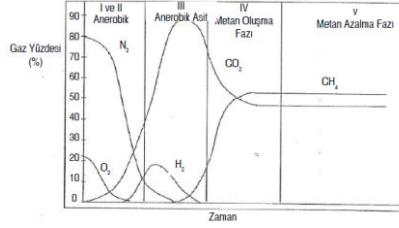
Depolama sahalarındaki gazlar metan, karbondioksit, karbonmonooksit, hidrojen v.b. gazlardır. Düzenli depolama sonucunda oluşan gazların yüzde 45-60 civarını metan, yüzde 40-60 civarını ise karbondioksit oluşturmaktadır. Oluşan diğer gazlar ise depo gazında çok az miktarlarda bulunmakta olup, bu gazların özellikleri aşağıdaki Tablo 1’de belirtilmiştir [4].

Tablo 1 : Depo Gazı Özellikleri

Bileşen	Yüzde (Kuru Hacimde)
CH ₄	45 – 60
CO ₂	40 – 60
N	2 – 5
O ₂	0.1 – 1.0
S	0 – 1.0
NH ₃	0.1 – 1.0
H ₂	0 – 0.2
CO	0 – 0.2
Eser Bileşenler	0.01 – 0.6
Sıcaklık	68 – 88
Özgül Ağırlık	1.02 – 1.06

Kalorifik değer ise 14900 ile 20500 kcal /kg değerindedir. Evlerde oluşan evsel nitelikli katı atıkların düzenli depolama sahalarında biriktirilmesinden sonra bozunma süreci başlamakta olup, çeşitli gazlar açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu gazlar bir dizi fazların sonucunda oluşmaktadır. Bu fazlar ilk uyum, geçiş, asit, metan ve olgunlaşma fazlarıdır [4]. Aşağıdaki şekilde zamanla oluşan bu fazlara ait şematik görüntü Şekil 2’de gösterilmektedir [4].





Şekil 2 : Depo Gazının Oluşumunun Zamanla Değişimi ve Gaz Oluşumu Esnasında Görülen Fazların Oluşması

Evlere oluşan evsel atıklar biriktirilip bir yığın haline getirildiğinde azot ve karbon oranı ve bununla beraber nutrient dengesinde istenilen gaz seviyesine ulaşamayabilir. Bununla beraber istenilen seviyede de nem olmadığında gaz oluşumu çok yavaşlamakta ve oluşmamaktadır. Düzenli depolama sahasında biriktirilen atıkların yoğunluğunun artması ve nem oranının atık içinde her noktaya ulaşabilmesini azaltmaktadır ve böylece gaz oluşumu da azalmış olmaktadır.

Tüm atıklar gömüldükten sonra kapatılan düzenli depolama sahası kapatıldıktan sonra yaklaşık olarak 4-5 yıla kadar oluşabilecek depolama gazlarının hacim olarak yüzdesi aşağıdaki Tablo 2’de verilmiştir [4].

Tablo 2 : Düzenli Depolama Kaptıldıktan Sonra Yıllar İçerisinde Oluşan Gazların Yüzde Olarak Dağılımı

Hücrenin kapatılmasından sonraki zaman aralığı (ay)	Ortalama, Hacim olarak yüzde		
	Azot (%)	Karbondioksit (%)	Metan (%)
0-3	5,2	88	5
3-6	3,8	76	21
6-12	0,4	65	29
12-18	1,1	52	40
18-24	0,4	53	47
24-30	0,2	52	48
30-36	1,3	46	51
36-42	0,9	50	47
42-48	0,4	51	48

Evsel nitelikli atıkların biriktirilip depolanması sonucunda oluşan hacimce yüzde 5-15 oranında CH₄ hava ile birleştikten sonra patlayıcı karışımlar açığa çıkmaktadır. CH₄ konsantrasyonu belli bir seviyeyi geçtikten sonra depo alanında sınırlı miktarda oksijen bulunduğundan dolayı patlama tehlikesi oluşması oldukça yüksektir. CH₄ karışımı ile depo dışına çıkan CH₄ gazı ve hava karışımıyla patlama seviyesi oluşmaktadır. Bunların sonucunda en üst seviyeye gelen metan-hava karışımı tepkimeye girdiğinde yanma oluşur ama patlama oluşmamaktadır.

Evsel nitelikli oluşan katı atık depo sahaslarında meydana gelen gazların hesaplanma yöntemi olarak birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden biride EPA’ nın geliştirdiği LandGEM yani depo gazının emisyon modeli’dir.

Katı atıkların depolanması sonucu oluşan gazların emisyon modeli depolama sahaslarında oluşan CH₄, CO₂ ve düşük konsantrasyonlarda oluşan hava kirleticilerin emisyonlarının hesaplanabilmesi için tasarlanmış olup, depolama sahasından kaynaklanan emisyonların bilinebilmesi için aşağıdaki veriler bilinmelidir [4].

- Depolama sahasının toplam kapasitesi
- Depolanmakta olan toplam atık ya da yıllık olarak atılan atık miktarı
- Metanın üretilme hızı (k)
- Metanın üretilme kapasitesi (L₀)
- Katı atıkların biriktirilmesi için depolanan sahanın açılma yılı
- Depolama sahasında tehlikeli atık bulunup bulunmadığı

Hesaplama yönteminde gazların oluşma hızı birinci derece bozunma denklemine bağlı olmaktadır. Evsel katı atıkların depolama alanlarında birikmesiyle oluşan atığın miktarı, yaşı ve bileşimine ait v.b. bilgilerin yetersizliğinden kaynaklanan veri kısıtlılığından dolayı karmaşık bir yöntem kullanılmamıştır. Kullanılan hesaplama denklemi aşağıdaki verilmiştir.

$$Q_{CH_4} = L_0 \cdot R \cdot (e^{-kc} - e^{-kt}) \quad (1)$$

$$Q_{CH_4} : t \text{ anındaki metanın üretilme hızı (m}^3 / \text{yıl)}$$

$$L_0 : \text{Methanın üretilme kapasitesi (m}^3 \text{ CH}_4 / \text{ton atık)}$$

$$R : \text{Depolanmış olan yıllık atık miktarı (ton / yıl)}$$



k : Metanın üretilme hız sabiti (yıl⁻¹)

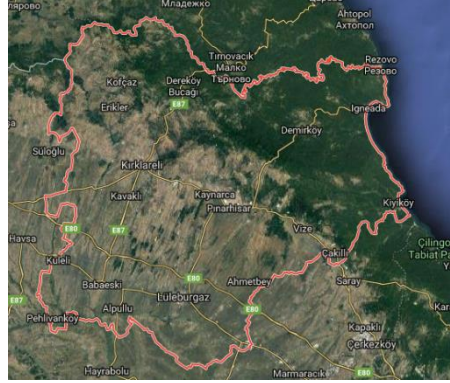
c : Depolama sahası kapatıldıktan sonraki yıl (yıl)

t : Depolama sahasına atılan ilk atık depolanmaya başlamasından sonra geçen süre (yıl)

Hesaplama da, karbondioksit ve metan emisyonlarının aynı oranda olduğunu kabul edilmekte olup, yani gazların miktarının metan emisyonunun iki katı olduğu varsayılır [4] .

2. Örnek Çalışma : Kırklareli İl'inde Enerji Potansiyeli

Kırklareli İl'i Trakya'nın en verimli ovalarından ve diğer yandan da zengin ormanlara, Longoz ormanları da dahil olmakla birlikte Yıldız Dağlarının çok büyük bir bölümünü kapsayan sınırlarla çevrilidir. Bunun yanında, çoğunlukla kumsaldan oluşan, büyük kıyı şeridinde sahip olması ile çok önemli bir turizm potansiyeli bulunan ve Avrupa Ülkelerine sınır olmasıyla da ayrıca önem arz eden bir İl özelliği taşımaktadır [5] .



Kırklareli İl geneli atık miktarı ve özelliklerini belirlemek için, Kırklareli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından oldukça kapsamlı 2017 yılı Çevre Durum Raporu hazırlanmıştır.

Tablo 3 : Kırklareli İl geneli ambalaj atıkları

Ambalajın Cinsi	Toplanan Miktar (kg)
Plastik	21.000 kg
Metal	6.000 kg
Kompozit	1.100 kg
Karton	115.000 kg
cam	13.000 kg
Ahşap	4.000 kg
TOPLAM	160.000 kg

Kırklareli İl'i için toplanan ambalaj atıkları miktarları yukarıda tablo 3' de toplam 160.000 kg olduğu görülmektedir [5].

Kırklareli İl'i için ilk aşamada ekonomik olması özelliği ile de düzenli depolama sahası yapılması uygun görülmekte olup, saha 2018 yılında açılacak 2048 yılında kapanacaktır. Sahanın toplam kapasitesi 1.975.000 m³'tür ve işletme ömrü 30 yıl olarak planlanmaktadır. Oluşmakta olan depo gazının tümünün kullanılması mümkün olmamaktadır [5] .

Evsel katı atıkların depolanması sonucunda oluşan CH₄ gazının elektrik enerjisi eşdeğeri 10 kwh / m³ olup, oluşan gazların yarısının metan yani CH₄ olduğu kabul edilerek, elde edilen gazın enerji eşdeğeri 5 kwh / m³ olarak kabul edilmiştir.

Kırklareli İl'i Merkez İlçede 2030 ve 2048 yıllarında toplanacak atık miktarı sırasıyla 47007 ton / yıl ve 61454 ton / yıl olarak belirlenmiştir. Bu değerlere bağlı olarak 2030 yılı için 6.6 milyon m³ / yıl ve 2048 yılı için 13.7 milyon m³ / yıl depo gazı oluşacağı hesaplanmıştır.

Kırklareli İl'i için evsel atıkların biriktirilip depolanması sonucunda oluşacak gazın ısıtma amacıyla kullanılması en basit ve en ucuz yöntem olup, oluşan gazın ısıtma amacıyla kullanımında en önemli durum ise oluşacak olan gaz enerjiye çevrildikten sonra kullanıcıya verilirken biriktirilen sahaya yakınında olması çok büyük avantajdır.



Evsel atıkların biriktirilip deoplanması sonucunda oluşan gazlardan elektrik üretilmesi ve bununla beraber gazlar yakıt olarak kullanıldığı sabit motorlarda yani içten yanmalı motorlarda yakılarak enerji kazanma teknolojisi, oldukça yaygın ve en basit metot olup, Kırklareli İl'i içinde kullanılabilir. Kırklareli İl'inde evsel atıkların toplanması daha sonra biriktirilmesi sonucunda oluşan gazlar saf gazlı motorlar ya da çift yakıtlı motorlarda kullanılmaktadır. Kullanılan bu motorlar enerji olarak 400 kW ya da 2 MW ünitelerden veya taşınabilir üniteler şeklinde de olabilmektedir. Taşınabilir özellikte olan üniteler oluşan gazların üretilmesi şekline göre bulunduğu yerden diğer sahaya taşınabilir.

3. Sonuçlar

Nüfusun hızla artması, tüketilen maddelerin çeşitliliği, tüketimde alışlagelmiş özelliklerin değişmesi her geçen gün daha da fazlaşan atıklar sonucunda ciddi anlamda karşımıza atık sorunu çıkmaktadır. Atık sorununun çözülebilmesi için yeni uygulanabilecek teknolojilerin kullanımının yaygınlaşması gerekmektedir. Bununla birlikte ekonomik değere sahip kentsel atıklardan da bu yönde yararlanılması son derece önemlidir. İyi bir katı atık yönetim modeli, kentte oluşan katı atıkları halkın görebileceği yerden uzaklaştırılması gelişigüzel bir alana bırakmak değil atıkları ekonomiye katkı sağlaması ve çevre ve insan sağlığı açısından da en uyumlu bertaraf yöntemleri kullanılarak uzaklaştırılmasıdır.

Bakıldığında Belediye çöplüklerinde toplanan atıkların düzenli depolama yöntemi ile toplanması sağlanarak Kırklareli İl'i için kentsel atıkların hem çevreye en uyumlu şekilde bertaraf yöntemi ile uzaklaştırılması sağlanmış olup, hem de kentsel atıklardan elde edilecek en değerli ürün olan enerji sağlanmış olacaktır. Kentsel katı atıklardan sağlanan enerji özellikle lokal enerji ihtiyacını karşılamada büyük bir öneme sahiptir. Kentsel katı atıklardan enerji üretimi değişen dünya şartlarıyla gelişmiş ülkelerden sonra gelişmekte olan ülkelerin de artık gündemine girmiştir.

4. Kaynakça

[1] Borat, M., Katı Atık Yönetimi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2003

[2] Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, Nisan 2015

[3] Ersoy, H., Trabzon İli Katı Atıkları için Düzenli Depolama Yer Seçimi ve Önerilen Düzyurt Düzenli Depolama Alanının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Haziran 2017

[4] Akpınar, N., Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Enerji Bilimi ve Teknolojileri, Haziran 2006

[5] Kırklareli İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, T.C. Kırklareli Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Çed, İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü, Kırklareli, 2018



FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL INTEGRAL CONTROL BASED ON BODE PLOT: FIRST ORDER PLUS TIME DELAY DC MOTOR

Uğur Demiroğlu¹, Bilal Şenol^{2*}, Radek Matušů³

¹*Department of Information Technologies, Firat University, Elazığ, TURKEY*

ugurdemiroglu@firat.edu.tr

²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, İnönü University, Malatya, TURKEY*

bilal.senol@inonu.edu.tr

³*Department of Automation and Control Engineering, Faculty of Applied Informatics, Tomas Bata University in Zlin, Zlin, Czechia*

rmatusu@utb.cz

** Corresponding Author*

Abstract

This paper studies on loop-shaping of a DC motor model described by a first order plus time delay transfer function. The aim is to design a fractional order proportional integral controller for the mentioned model via the previously proposed method frequency frame. By loop-shaping, the system will gain improved stability and robustness. Main contribution of the study lies on the method used in shaping the phase curve of the Bode plot. Existing loop-shaping related papers provide flatness of the phase curve by equalizing the phase derivative to zero at the desired frequency value which is called as the “tangent frequency”. However, the frequency frame approach brings a new point of view which reduces the mathematical complexity. The method is applied on a DC motor model in that stability and robustness are important requirements for such systems. Illustrative examples are given to clarify the process.

Keywords: *Loop-shaping, DC motor, frequency frame, fractional order proportional integral*

1. Introduction

The first order plus time delay (FOPTD) model is widely used in describing numerous real-world processes in the last decades such as automation, electronics and chemistry [1-3]. As a result, there can be found numerous studies on the control of FOPTD models in the literature [4-6]. Similar to the mentioned studies, FOPTD transfer functions are also frequently used on describing DC motor models which is the main focus of this study [7, 8]. For control purposes, there proposed many papers on controller tuning for these time delayed plants. As being the leading controller structure in industrial processes, PID controllers have a significant place in this area [9, 10].

A fractional order system is considered when orders of the describing differential equation take any arbitrary real number, not only integer ones. Many areas of research have been effected from this new point of view including PID controllers. As the result, fractional order integration and differentiation came up with a new controller type, namely the fractional order PID (FOPID) controller. This new controller type was firstly proposed in [11]. Afterwards, number of the related studies had a sharp increase. There can be found a large number of studies on tuning FOPID controllers for FOPTD plants in the literature [12-16]. Inherently, the classical proportional integral (PI) controller is modified as fractional order PI (FOPI) controller influenced from the non-integer perspective. Likewise, the FOPI controller had a significant place in recent studies [17-21].

Main motivation of this paper is to provide flatness of the phase curve in the bode plot by a different point of view. The method, namely the frequency frame was firstly proposed for tuning FOPI controller for FOPTD plant as discussed in this paper [22]. Afterwards, the method was developed for tuning fractional order proportional derivative (FOPD) controller for the same plant [23]. Flattening the phase curve provides the system improved robustness to gain variations. There exist numerous studies in the similar direction, however the frequency frame brings a new perspective. Most of the similar studies provide flatness of the phase curve by setting the phase derivative to zero at a desired frequency value. Thus, the phase curve gets locally flat which means the closed loop system is robust to gain variations [24, 25]. The method in this paper brings a different approach. A rectangular frame is drawn to enclose the curve to be flattened. Then, limits of the frame are expanded and straitened to achieve flattening of the phase curve. This procedure is detailedly given in the following sections of the paper.

Next section of this paper gives the background of the procedure to obtain phase and gain properties simultaneously. Third section represents the FOPTD model of the DC motor and the FOPI controller. Theorems to obtain the controller parameters are also given in this section. The case study is realized with a DC motor plant in section four and the last section has the conclusion.



2. Achieving Phase and Gain Specifications

This section recalls the previously proposed method, frequency frame which is the main idea in this paper. As mentioned before, the goal is to improve stability, robustness and performance of the DC motor model described by a FOPTD transfer function. Structure of the frequency frame is given in Fig. 1.

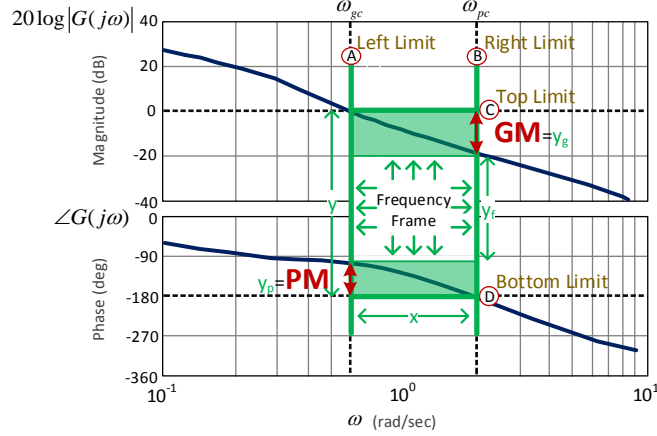


Fig. 1. The frequency frame

Fig 1 shows an example Bode diagram of an open loop system. Let us describe the notations used on the figure. ω_{gc} is the frequency value that the magnitude curve cuts the $0dB$ line, which is called as the gain crossover frequency. Similarly the phase crossover frequency is the frequency value that the phase curve cuts the -180 degrees line and signed as ω_{pc} in the figure. PM is the phase margin and is the difference between -180 degrees line and the magnitude curve at ω_{gc} . The gain margin is shown as GM and is the difference between $0dB$ line and the phase curve at ω_{pc} . The frequency frame is the rectangular frame drawn to include all four frequency specifications mentioned in the previously. The frame is limited with ω_{gc} and ω_{pc} from left and right and similarly limited with $0dB$ line and -180 degrees line from top and bottom. Aim of the frame is to flatten the phase curve by changing the lengths of the edges.

In the literature, this is usually done by setting the phase derivative to zero at the desired frequency value which is usually the gain crossover frequency [24]. This is a successful approach however it brings mathematical complexities. Also, the design achieves only the desired gain crossover frequency and the phase margin. With the help of the frequency frame, it is possible to tune the controller to obtain desired gain and phase crossover frequency and also the desired phase margin. By tuning these values, edges of the frame can be expanded or restricted and this will lead to shape the curves inside the frame. For example, when we fix the upper and lower edges and shorten the left and right edges, it will be possible to flatten the phase curve. Thus, tuning of these frequency specifications is a considerable issue in control design.

3. DC Motor Model and FOPI Controller Design

Design scheme of the FOPI controller is given in this section. Following expression shows the representation of the DC motor transfer function studied in this paper.

$$P(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-Ls} \quad (1)$$

Here, K is the gain, T is the time constant and L is the delay term. The FOPI controller can be given as,

$$C(s) = k_p + \frac{k_i}{s^\lambda} = k_p + k_i s^{-\lambda}, \quad \lambda \in (0, 2) \quad (2)$$

where, λ is the fractional order which takes its value in the interval $\lambda \in (0, 2)$ [22]. In case of $\lambda = 1$, classical PI controller is obtained.

Hence, the system is,

$$G(s) = C(s)P(s) \quad (3)$$

Frequency response analysis of the above system can done by replacing $s = j\omega$ as,

$$G(j\omega) = C(j\omega)P(j\omega) \quad (4)$$



Desired frequency specifications for the frequency frame approach are listed in the following lines. Phase margin is the difference between -180 degrees line and the magnitude curve at ω_{gc} as defined before. This can be mathematically written as follows.

i. Phase margin specification at the gain crossover frequency,

$$\angle G(j\omega_{gc}) = PM - \pi. \quad (5)$$

Gain of the system is desired to be $0dB$ at ω_{gc} . $0dB$ refers to 1 in the logarithmic scale. Thus, following expression holds.

ii. Gain of the system at the gain crossover frequency,

$$|G(j\omega_{gc})| = 1. \quad (6)$$

Phase of the system is desired to be -180 degrees at ω_{pc} which is $-\pi$. Then, we can write the following.

iii. Phase of the system at the phase crossover frequency,

$$\angle G(j\omega_{pc}) = -\pi. \quad (7)$$

The last specifications defines the gain of the system at ω_{pc} which corresponds to $10^{GM/20}$ in the logarithmic scale.

iv. Gain of the system at the phase crossover frequency,

$$|G(j\omega_{pc})| = 10^{GM/20} \quad (8)$$

Now, let us give the procedure to obtain the FOPI controller based on the frequency specifications given above. Replacing $s = j\omega$ in Eq. 1, we can obtain the frequency response of the FOPTD model.

$$P(j\omega) = \frac{K}{T(j\omega) + 1} e^{-L(j\omega)} = \frac{K}{1 + jT\omega} e^{-jL\omega} = |P(j\omega)| e^{j\angle P(j\omega)} = \sqrt{\frac{K}{1 + T^2\omega^2}} e^{-j(\arctan(T\omega) + L\omega)} \quad (9)$$

where, its magnitude and phase can be expressed as,

$$|P(j\omega)| = \sqrt{\frac{K}{1 + T^2\omega^2}}, \quad (10)$$

$$\angle P(j\omega) = -\arctan(T\omega) - L\omega. \quad (11)$$

Similarly, frequency response representation of the FOPI controller in Eq. 2 is,

$$C(j\omega) = k_p + \frac{k_i}{(j\omega)^\lambda} = k_p + k_i\omega^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2) - jk_i\omega^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2) \quad (12)$$

where, fractional power of the complex operator j is obtained by the help of the following equation.

$$(j)^\lambda = \left(\cos \frac{\pi\lambda}{2} + j \sin \frac{\pi\lambda}{2} \right) \quad (13)$$

From Eq. 12, gain and phase of the FOPI controller can be computed.

$$|C(j\omega)| = \sqrt{(k_p + k_i\omega^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2))^2 + (-k_i\omega^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2))^2}, \quad (14)$$

$$\angle C(j\omega) = \arctan\left(\frac{-k_i\omega^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2)}{k_p + k_i\omega^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2)}\right) = -\arctan\left(\frac{k_i\omega^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2)}{k_p + k_i\omega^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2)}\right). \quad (15)$$

Thus, considering Eq. 4, gain and phase of the system can be written in the following way.

$$|G(j\omega)| = |C(j\omega)P(j\omega)| = |C(j\omega)||P(j\omega)| \quad (16)$$

$$\angle G(j\omega) = \angle C(j\omega)P(j\omega) = \angle C(j\omega) + \angle P(j\omega) \quad (17)$$

Now, the remaining procedure can be explained. To achieve the specifications of gain crossover frequency in Eq. 5 and Eq. 6, a controller will be obtained. Similarly, another controller achieving the specifications of phase crossover frequency in Eq. 7 and Eq. 8



will be calculated. Then, these two controllers will be considered together by finding the common fractional order λ of the FOPI controller. As the result, a FOPI controller will be obtained to satisfy all frequency specifications.

Assuming the previously written gain crossover frequency specifications in (i) and (ii), following equations can be written with the idea of Eq. 18 and Eq. 19.

$$\angle G(j\omega_{gc}) = \angle C(j\omega_{gc}) + \angle P(j\omega_{gc}) = -\arctan\left(\frac{k_i \omega_{gc}^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2)}{k_p + k_i \omega_{gc}^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2)}\right) - \arctan(T\omega_{gc}) - L\omega_{gc} = PM - \pi \quad (18)$$

$$|G(j\omega_{gc})| = |C(j\omega_{gc})| |P(j\omega_{gc})| = \sqrt{(k_p + k_i \omega_{gc}^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2))^2 + (-k_i \omega_{gc}^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2))^2} \sqrt{\frac{K}{1 + T^2 \omega_{gc}^2}} = 1 \quad (19)$$

Above equations have to be satisfied to achieve the specifications for the gain crossover frequency. Together solution of the above equations gives the following expressions which are the parameters of the first controller.

$$k_p = \pm \frac{\sqrt{1 + T^2 \omega_{gc}^2}}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_1)^2}} \pm \frac{\sqrt{1 + T^2 \omega_{gc}^2} \cot(\pi\lambda/2) \tan(\varphi_1)}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_1)^2}} \quad (20)$$

$$k_i = \mp \frac{\omega_{gc}^\lambda \sqrt{1 + T^2 \omega_{gc}^2} \csc(\pi\lambda/2) \tan(\varphi_1)}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_1)^2}} \quad (21)$$

where,

$$\varphi_1 = PM - \pi + \arctan(T\omega_{gc}) + L\omega_{gc} \quad (22)$$

As seen here, k_p and k_i depend on the fractional power λ . Next step is to calculate the parameters of the controller which satisfy the frequency specifications (iii) and (iv).

Consider the specifications of phase crossover frequency in Eq. 7 and Eq. 8. Then, the following equations can be written.

$$\angle G(j\omega_{pc}) = \angle C(j\omega_{pc}) + \angle P(j\omega_{pc}) = -\arctan\left(\frac{k_i \omega_{pc}^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2)}{k_p + k_i \omega_{pc}^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2)}\right) - \arctan(T\omega_{pc}) - L\omega_{pc} = -\pi \quad (23)$$

$$|G(j\omega_{pc})| = |C(j\omega_{pc})| |P(j\omega_{pc})| = \sqrt{(k_p + k_i \omega_{pc}^{-\lambda} \cos(\pi\lambda/2))^2 + (-k_i \omega_{pc}^{-\lambda} \sin(\pi\lambda/2))^2} \sqrt{\frac{K}{1 + T^2 \omega_{pc}^2}} = 10^{GM/20} \quad (24)$$

Together solution of the above equations gives the following expressions which are the parameters of the second controller.

$$k_p = \pm \frac{10^{GM/20} \sqrt{1 + T^2 \omega_{pc}^2}}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_2)^2}} \pm \frac{10^{GM/20} \sqrt{1 + T^2 \omega_{pc}^2} \cot(\pi\lambda/2) \tan(\varphi_2)}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_2)^2}} \quad (25)$$

$$k_i = \mp \frac{10^{GM/20} \omega_{pc}^\lambda \sqrt{1 + T^2 \omega_{pc}^2} \csc(\pi\lambda/2) \tan(\varphi_2)}{K \sqrt{1 + \tan(\varphi_2)^2}} \quad (26)$$

where,

$$\varphi_2 = -\pi + \arctan(T\omega_{pc}) + L\omega_{pc} \quad (27)$$

Now we have to find the common fractional order to find the controller satisfying desired specifications. This can be done by a graphical approach. First we have to equalize k_p definitions in Eq. 20 and Eq. 25. Then, obtain the plot of $10^{GM/20}$ in the interval $\lambda \in (0, 2)$. Similarly, second plot will be obtained by equalizing k_i definitions in Eq. 21 and Eq. 26 and plotting $10^{GM/20}$ w.r.t. $\lambda \in (0, 2)$. Intersection point of these plots give the common fractional order λ of the controller. Last step is to replace λ in related equations to find the FOPI controller. Let us prove the method in the next section.

4. Case Study

This section includes the procedure to obtain the FOPI controller for a FOPTD DC motor model.

Consider the following FOPTD model of a DC motor provided from [7].



$$P(s) = \frac{166.1038}{0.75507s + 1} e^{-0.1s} \quad (28)$$

We want the gain crossover frequency to be $\omega_{gc} = 1 \text{ rad/sec}$ and the phase crossover frequency to be $\omega_{pc} = 16 \text{ rad/sec}$. Also, the phase margin is desired to be $PM = 60^\circ$. These parameters can be replaced in Eq. 20 and Eq. 25 and plot of $10^{GM/20}$ can be obtained in the interval $\lambda \in (0, 2)$. Similarly, the parameters can be replaced in Eq. 21 and Eq. 26 and plot of $10^{GM/20}$ can be obtained. Fig. 2 shows these curves and their intersection.

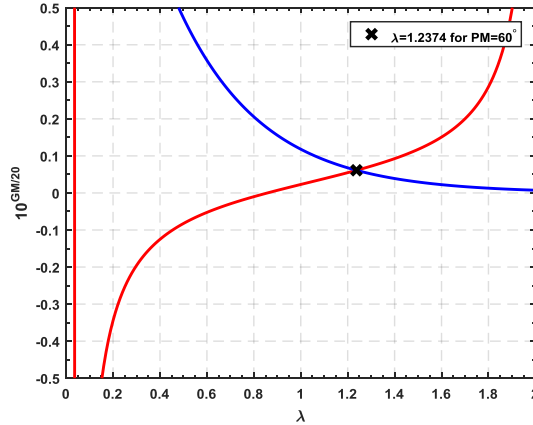


Fig. 2. Fractional order of the FOPI controller

Here, the red curve is obtained by plotting $10^{GM/20}$ w.r.t. $\lambda \in (0, 2)$ of the k_p definitions in Eq. 20 and Eq. 25. Blue curve is the plot of $10^{GM/20}$ w.r.t. $\lambda \in (0, 2)$ of the k_i definitions in Eq. 21 and Eq. 26. It is clearly seen that the intersection of the curves is when $\lambda = 1.2374$. In this case, following FOPI controller is obtained.

$$C(s) = 0.004548 + \frac{0.007900}{s^{1.23745}} \quad (29)$$

Design specifications can be investigated with the bode diagram and the step response of the system given in Fig. 3. It is clear in Fig 3(a) that the system achieve $\omega_{gc} = 1 \text{ rad/sec}$, $\omega_{pc} = 16 \text{ rad/sec}$ and $PM = 60^\circ$. Thus, the approach is successfully implemented. Fig 3(b) shows that step response of the closed loop system $G(s) = C(s)P(s)$. Fig. 3(b) also has the step responses when the controller gain is iterated by $\pm 50\%$. It can be said that the system shows robustness to gain variations of $\pm 50\%$.

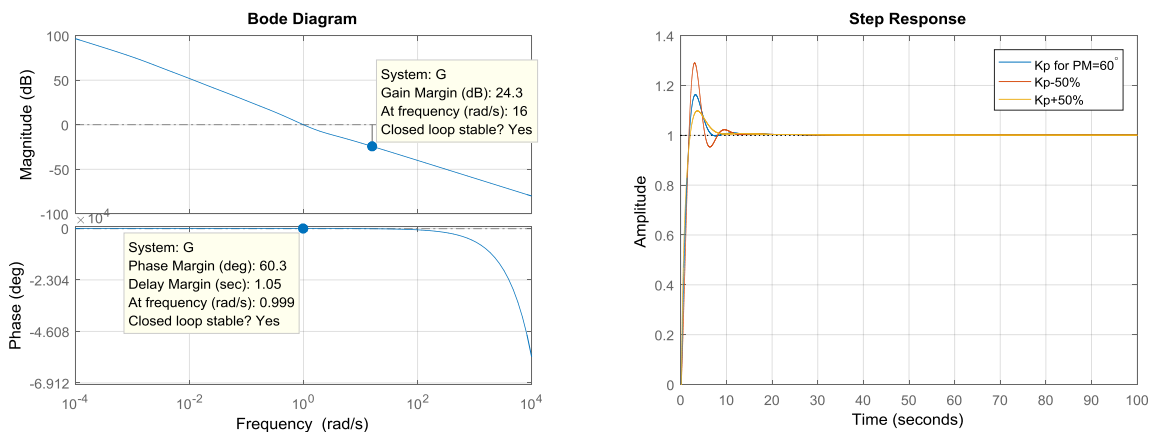


Fig. 3. (a) Bode diagram for the system $G(s) = C(s)P(s)$. (b) Step response of the closed loop system.

Let assume the phase margin to change in the interval $PM \in [10^\circ - 90^\circ]$ with increment steps of 10° . Then, we can obtain the Bode plots of the system as given in Fig. 4.



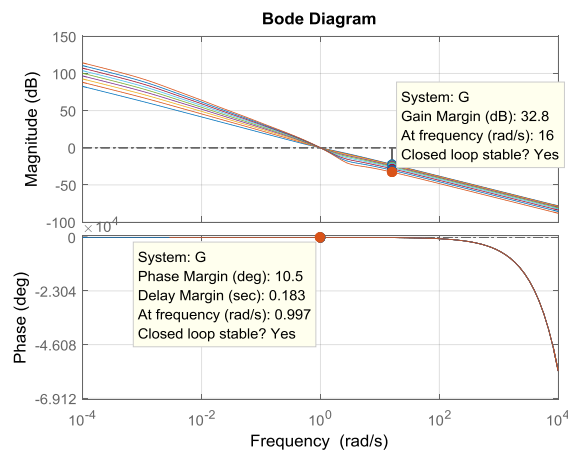


Fig. 4. Bode plots of the systems for $PM \in [10^\circ - 90^\circ]$.

As seen in Fig. 4, phase margin specification has been satisfied for each case. Step responses of each system with changing phase margins are also illustrated in Fig. 5.

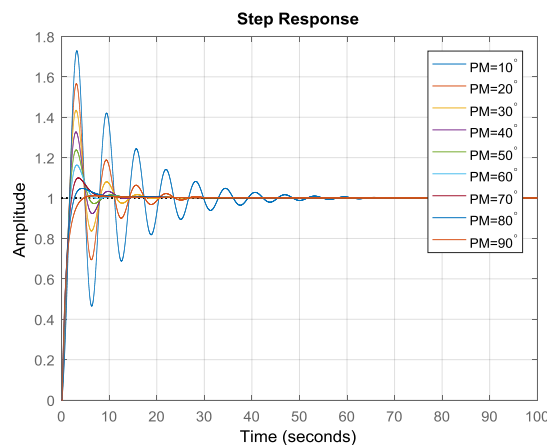


Fig. 5. Step responses of the systems for $PM \in [10^\circ - 90^\circ]$.

Consequently, it is shown that, with the help of the frequency frame method, desired frequency specifications are provided. Thus, the system achieved stability and robustness requirements.

5. Conclusion

This paper intends to tune fractional order proportional integral controller for stability, performance and robustness of first order plus time delay plants. The model is provided from the approximate description of a DC motor. A new point of view, namely the frequency frame is used to shape the phase curve of the Bode plot. Hence, system stability and robustness is provided. The results are shown on an existing model of a DC motor.

References

- [1] Ferheen, A. and Chidambaram, M., “Design of robust PID controller for an interval plant”, *Trends in Industrial Measurement and Automation*, 1-7, 2017.
- [2] Pandey, S. and Majhi, S., “Identification and control of unstable FOPTD processes with improved transients”, *Electronics Letters*, 53 (5), 312-314, 2017.
- [3] Lee, J., Lee, Y., Yang, D.R. and Edgar, T.F., “Simple Proportional Integral Controller Tuning Rules for FOPTD and HOPTD Models Based on Matching Two Asymptotes”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57 (8), 2905-2916, 2018.
- [4] Santosh, S. and Chidambaram, M., “A simple method of tuning parallel cascade controllers for unstable FOPTD systems”, *ISA Transactions*, 65, 475-486, 2016.
- [5] Junior, G. A., Santos, J. B. M. and Barros, P. R., “On simple identification techniques for first-order plus time-delay systems”, *15th IFAC Symposium on System Identification*, Saint-Malo, France, 605–610, 2009.



- [6] Rashid, A. R. M., Siddikhan, P. M., Selvakumar, C. and Suresh, M., “The performance analysis of PID controller with setpoint filter and anti-integral Windup for a FOPDT thermal process”, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security*, Chennai, India, 440-443, 2017.
- [7] Tepljakov, A., Gonzalez, E. A., Petlenkov, E., Belikov, J., Monje, C. A. and Petráš, I., “Incorporation of fractional-order dynamics into an existing PI/PID DC motor control loop”, *ISA Transactions*, 60, 262-273, 2016.
- [8] Pal, A.K. and Mudi, R. K., “Speed Control of DC Motor using Relay Feedback Tuned PI, Fuzzy PI and Self-Tuned Fuzzy PI Controller”, *Journal of Control Theory and Informatics*, 2 (1), 24-32, 2012.
- [9] Wang, J., Zong, Q., Su, R. and Tian, B., “Continuous high order sliding mode controller design for a flexible air-breathing hypersonic vehicle”, *ISA Transactions*, 53 (3), 690-698, 2014.
- [10] Liu, H., Li, D., Xi, J. and Zhong, Y., “Robust attitude controller design for miniature quadrotors”, *Int. J. Robust. Nonlinear Control*, 26, 681–696, 2016.
- [11] Podlubny, I. “Fractional-order systems and $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controllers”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 44 (1), 208-214, 1999.
- [12] Ates, A., Alagoz, B. B., Yeroglu, C., Yuan, J. and Chen, Y. Q., “Disturbance Rejection FOPID Control of Rotor by Multi-Objective BB-BC Optimization Algorithm”, *13th ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*, Ohio, USA, 2018.
- [13] Song, X., Chen, Y.Q., Tejado, I. and Vinagre, B. M., “Multivariable fractional order PID controller design via LMI approach”, *IFAC Proceedings*, 44 (1), 13960-13965, 2011.
- [14] Zhao, C., Xue, D. and Chen, Y. Q., “A fractional order PID tuning algorithm for a class of fractional order plants”, *IEEE International Conference Mechatronics and Automation*, 216-221, 2005.
- [15] Das, S., Pan, I. and Das, S., “Multi-objective LQR with optimum weight selection to design FOPID controllers for delayed fractional order processes”, *ISA Transactions*, 58, 35-49, 2015.
- [16] Kapoor, S., Chaturvedi, M. and Juneja, P. K., “Design of FOPID controller with various optimization algorithms for a SOPDT model”, *International Conference on Emerging Trends in Computing and Communication Technologies*, Dehradun, 1-4, 2017.
- [17] Xin, R., Wang, C., Li, M., Shi, H. and Liu, Z., “The design of FOPI and FO[PI] controllers for large time-delay system based on Smith Predictor”, *IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference*, Nanjing, China, 1249-1252, 2016.
- [18] Muresan, C. I., Copot, C., Birs, I., De Keyser, R., Vanlanduit, S. and Ionescu, C. M., “Experimental Validation of a Novel Auto-Tuning Method for a Fractional Order PI Controller on an UR10 Robot”, *Algorithms*, 11 (7), 95-107, 2018.
- [19] Luo, Y. and Chen, Y. Q., “Stabilizing and robust fractional order PI controller synthesis for first order plus time delay systems”, *Automatica*, 48 (9), 2159-2167, 2012.
- [20] Miao, Z., Han, T., Dang, J. and Ju, M., “FOPI/PI controller parameters optimization using PSO with different performance criteria”, *IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference*, Chengdu, China, 250-255, 2017.
- [21] Kar, B. and Roy, P.J., “A Comparative Study Between Cascaded FOPI–FOPD and IOPI–IOPD Controllers Applied to a Level Control Problem in a Coupled Tank System”, *Control Autom Electr Syst*, 29, 340, 2018.
- [22] Şenol, B. and Demiroğlu, U., “Frequency frame approach on loop shaping of first order plus time delay systems using fractional order PI controller”, *ISA Transactions*, 86, 192-200, 2019.
- [23] Şenol, B. and Demiroğlu, U., “Fractional order proportional derivative control for first order plus time delay plants: achieving phase and gain specifications simultaneously”, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, Accepted Paper, 2019.
- [24] Wang, C., Jin, Y. and Chen, Y. Q., “Auto-tuning of FOPI and FO[PI] controllers with iso-damping property”, *Proceedings of the 48th IEEE Conference on Decision and Control (CDC) held jointly with 2009 28th Chinese Control Conference*, Shanghai, China, 7309-7314, 2009.
- [25] Pommier-Budinger, V., Janat, Y., Nelson-Gruel, D., Lanusse, P. and Oustaloup, A., “Fractional robust control with iso-damping property”, *American Control Conference*, Seattle, USA, 4954-4959, 2008.



FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL DERIVATIVE CONTROL: ACHIEVING FREQUENCY SPECIFICATIONS FOR TIME DELAY MODEL IN THE FIRST ORDER

Uğur Demiroğlu¹, Bilal Şenol^{2*}, Radek Matušů³

¹*Department of Information Technologies, Firat University, Elazığ, TURKEY*

ugurdemiroglu@firat.edu.tr

²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, İnönü University, Malatya, TURKEY*

bilal.senol@inonu.edu.tr

³*Department of Automation and Control Engineering, Faculty of Applied Informatics, Tomas Bata University in Zlin, Zlin, Czechia*

rmatusu@utb.cz

** Corresponding Author*

Abstract

This study aims to tune fractional order proportional derivative controller for first order plus time delay model. The controller will be tuned to satisfy four frequency specifications inspired from the behavior of an ideal system. The first aim is to obtain desired phase margin at the desired gain crossover frequency. Then, the formulas to obtain desired gain margin at the desired phase crossover frequency. Finally, a controller is obtained satisfying both requirements. Because its lack of the integral operator, working on proportional derivative controllers are considerably complicated. This paper presents the results clearly and gives some solution proposals.

Keywords: *Fractional order, proportional derivative, first order plus time delay, frequency specifications.*

1. Introduction

In the last decades, considerable number of processes like electronics [1], chemical [2, 3], thermal [4, 5], etc. are modeled with time delay plants. The time delayed plants are usually in first or second order [6-10]. Besides, there can be found studies on third order plus time delay models [11-13].

Controller tuning has always been a challenging area of research for decades [14, 15]. As the most used controller type in the industry, proportional integral derivative (PID) controllers were the topic of many studies related to controller tuning [16, 17]. The fractional order PID (FOPID) controller, which is the non-integer version of the classical PID controller, has also gained much attendance due to its superior performance [18-20]. Likewise the classical case, fractional order proportional integral (FOPI) and fractional order proportional derivative (FOPD) are widely studied [21-24].

This paper focuses on tuning FOPD controller for FOPTD plant. There considered four frequency specifications which are, gain crossover frequency, phase crossover frequency, gain margin and phase margin. These specifications will be tuned towards researcher's desire. Thus, behaviour of the system response could be relatively tuned.

This paper is organized in the following order. Section 2 gives the preliminaries and controller design procedure. Section 3 applies the presented method on an example and section 4 has the conclusion.

2. Preliminaries and Controller Design

This section gives the mathematical reminders and the frequency specifications considered in this paper. It would be useful to recall related notion first. Following transfer function shows the general representation of the FOPTD model.

$$P(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-Ls} \quad (1)$$

Similarly, following denotes the FOPD controller.

$$C(s) = k_p + k_d s^\mu, \quad \mu \in (0, 2) \quad (2)$$

Therefore, the system is illustrated in Fig. 1 and can be written in the following way.

$$G(s) = C(s)P(s) \quad (3)$$



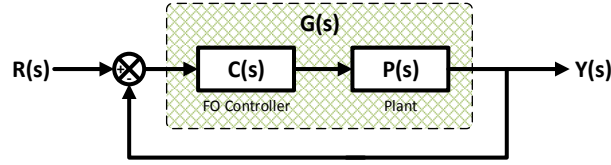


Fig. 1. Closed loop system.

Frequency response of the system is obtained by writing $j\omega$ instead of s in Eq. 3 as,

$$G(j\omega) = C(j\omega)P(j\omega) \quad (4)$$

where, j is the complex operator and ω is the frequency variable. As known, the Bode plot consists of magnitude and phase curves. The magnitude curve is the plot of $20\log|G(j\omega)|$ and the phase curve is the plot of $\arg(G(j\omega))$ in a certain frequency range. ω_{gc} is the gain crossover frequency and denotes the frequency where the magnitude plot crosses the 0db line. Phase margin (PM) denotes the difference of the phase value and the -180 degrees line at ω_{gc} . ω_{pc} is the phase crossover frequency and is the frequency that phase curve cuts -180 degrees line. Gain margin (GM) shows the difference between magnitude value and the 0db line at ω_{pc} . These notations are important in controller design in that they can have direct effect on the behaviour of the system. Thus, main aim of this paper is to tune these parameters towards researchers' desire. The FOPD controller will be tuned to meet following frequency specifications.

Phase margin at the ω_{gc} ,

$$\angle G(j\omega_{gc}) = PM - \pi. \quad (5)$$

Gain at the ω_{gc} ,

$$|G(j\omega_{gc})| = 1. \quad (6)$$

Phase at the ω_{pc} ,

$$\angle G(j\omega_{pc}) = -\pi. \quad (7)$$

Gain at the ω_{pc} ,

$$|G(j\omega_{pc})| = 10^{GM/20} \quad (8)$$

Following procedure is given to obtain the controller to satisfy above specifications.

Considering the frequency response of the system in Eq. 4, frequency domain representation of the plant can be written as follows.

$$P(j\omega) = \frac{K}{T(j\omega) + 1} e^{-L(j\omega)} = \frac{K}{1 + jT\omega} e^{-jL\omega} = |P(j\omega)| e^{j\angle P(j\omega)} = \sqrt{\frac{K}{1 + T^2\omega^2}} e^{-j(\arctan(T\omega) + L\omega)} \quad (9)$$

Thus, magnitude and phase of the plant are found as,

$$|P(j\omega)| = \sqrt{\frac{K}{1 + T^2\omega^2}}, \quad (10)$$

$$\angle P(j\omega) = -\arctan(T\omega) - L\omega. \quad (11)$$

Similarly, frequency response of the FOPD controller is,

$$C(j\omega) = k_p + k_d (j\omega)^\mu = k_p + k_d \omega^\mu \cos(\pi\mu/2) + jk_d \omega^\mu \sin(\pi\mu/2). \quad (12)$$

Then, magnitude and phase of the controller can be calculated as given below.

$$|C(j\omega)| = \sqrt{(k_p + k_d \omega^\mu \cos(\pi\mu/2))^2 + (k_d \omega^\mu \sin(\pi\mu/2))^2} \quad (13)$$

$$\angle C(j\omega) = \arctan\left(\frac{k_d \omega^\mu \sin(\pi\mu/2)}{k_p + k_d \omega^\mu \cos(\pi\mu/2)}\right) \quad (14)$$



Considering the equations found above, magnitude and phase response of the system can be written in the following form.

$$|G(j\omega)| = |C(j\omega)P(j\omega)| = |C(j\omega)||P(j\omega)| \quad (15)$$

$$\angle G(j\omega) = \angle C(j\omega)P(j\omega) = \angle C(j\omega) + \angle P(j\omega) \quad (16)$$

Now, we can replace the frequency variable. Let us consider the gain specification in Eq. 6. Replacing ω with ω_{gc} in Eq. 10 and Eq. 13, magnitude of the system can be found as,

$$|G(j\omega_{gc})| = |C(j\omega_{gc})||P(j\omega_{gc})| = \sqrt{(k_p + k_d\omega_{gc}^\mu \cos(\pi\mu/2))^2 + (k_d\omega_{gc}^\mu \sin(\pi\mu/2))^2} \sqrt{\frac{K^2}{1+T^2\omega_{gc}^2}} = 1. \quad (17)$$

Similarly, considering the phase margin specification in Eq. 5, phase of the system is,

$$\angle G(j\omega_{gc}) = \angle C(j\omega_{gc}) + \angle P(j\omega_{gc}) = \arctan\left(\frac{k_d\omega_{gc}^\mu \sin(\pi\mu/2)}{k_p + k_d\omega_{gc}^\mu \cos(\pi\mu/2)}\right) - \arctan(T\omega_{gc}) - L\omega_{gc} = PM - \pi. \quad (18)$$

Parameters of the FOPD controller can be taken out from the magnitude and phase equations in Eq. 17 and Eq. 18. Thus, following equations are obtained.

$$k_p = \pm \frac{\sqrt{1+T^2\omega_{gc}^2}}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_1)^2}} \mp \frac{\sqrt{1+T^2\omega_{gc}^2} \cot(\pi\mu/2) \tan(\varphi_1)}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_1)^2}}, \quad (19)$$

$$k_d = \pm \frac{\omega_{gc}^{-\mu} \sqrt{1+T^2\omega_{gc}^2} \csc(\pi\mu/2) \tan(\varphi_1)}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_1)^2}}, \quad (20)$$

where,

$$\varphi_1 = PM - \pi + \arctan(T\omega_{gc}) + L\omega_{gc}. \quad (21)$$

These are the parameters of the first FOPD controller which satisfy desired gain crossover frequency and phase margin specifications. Next step is to obtain the controller parameters to obtain desired phase crossover frequency and gain margin. Let consider the gain at the phase crossover frequency given in Eq. 8. Replacing the related variables, magnitude of the system can be found as follows.

$$|G(j\omega_{pc})| = |C(j\omega_{pc})||P(j\omega_{pc})| = \sqrt{(k_p + k_d\omega_{pc}^\mu \cos(\pi\mu/2))^2 + (k_d\omega_{pc}^\mu \sin(\pi\mu/2))^2} \sqrt{\frac{K^2}{1+T^2\omega_{pc}^2}} = 10^{GM/20} \quad (22)$$

To satisfy the phase property in Eq. 7, phase of the system can be written.

$$\angle G(j\omega_{pc}) = \angle C(j\omega_{pc}) + \angle P(j\omega_{pc}) = \arctan\left(\frac{k_d\omega_{pc}^\mu \sin(\pi\mu/2)}{k_p + k_d\omega_{pc}^\mu \cos(\pi\mu/2)}\right) - \arctan(T\omega_{pc}) - L\omega_{pc} = -\pi \quad (23)$$

From above equations, parameters of the controller are obtained as,

$$k_p = \pm \frac{10^{GM/20} \sqrt{1+T^2\omega_{pc}^2}}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_2)^2}} \mp \frac{10^{GM/20} \sqrt{1+T^2\omega_{pc}^2} \cot(\pi\mu/2) \tan(\varphi_2)}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_2)^2}}, \quad (24)$$

$$k_d = \pm \frac{10^{GM/20} \omega_{pc}^{-\mu} \sqrt{1+T^2\omega_{pc}^2} \csc(\pi\mu/2) \tan(\varphi_2)}{K\sqrt{1+\tan(\varphi_2)^2}}, \quad (25)$$

where,

$$\varphi_2 = -\pi + \arctan(T\omega_{pc}) + L\omega_{pc}. \quad (26)$$

Thus, we obtained two controllers. We can combine these two controllers by finding the common fractional order λ which satisfy them both. Detail about this process can be found in [10].

To clarify the process, next section applies the method on an example.



3. Application

Consider the following FOPTD plant [25].

$$P(s) = \frac{166.1038}{0.75507s + 1} e^{-0.1s} \quad (27)$$

Gain and phase crossover frequencies are desired to be $\omega_{gc} = 5 \text{ rad/s}$ and $\omega_{pc} = 26 \text{ rad/s}$. Phase margin is considered to be $PM = 90^\circ$. With the procedure given in the previous section, following FOPD controller is obtained.

$$C_{FOPD}(s) = -0.00828 + 0.006373s^{0.670175} \quad (28)$$

Fig. 2 shows the Bode plot of the system.

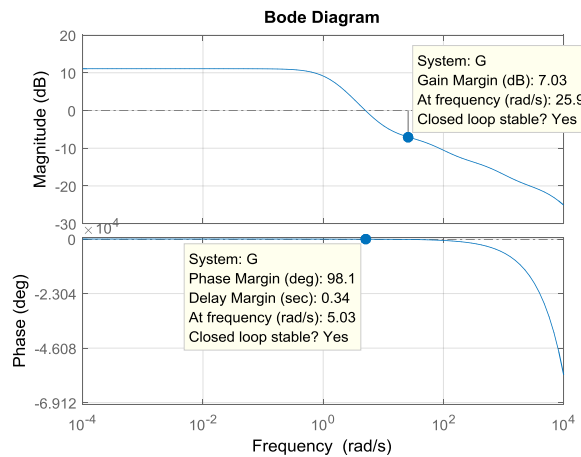


Fig. 2. Bode plot of the system.

As seen in Fig. 2, desired specifications are almost achieved. Fig. 3 shows the step response of the system with $\pm 50\%$ iterations of k_p .

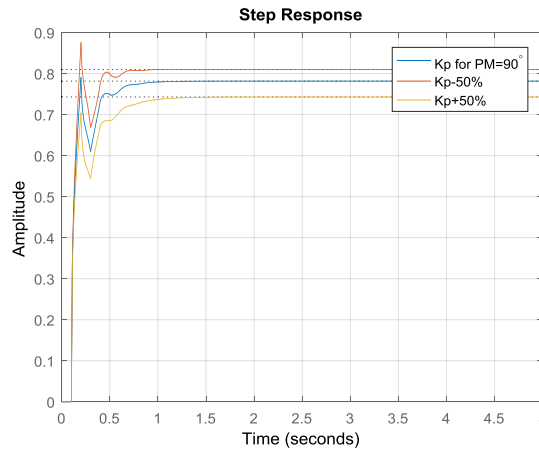


Fig. 3. Step response of the system.

Lack of the integral operator, the FOPD controller can cause steady state errors in the system response. The error can be reduced by adding an integrator to the plant. However, it can be the subject of another study. Thus, the FOPD controller for FOPTD plant is successfully obtained.

4. Conclusion

This paper aims to tune fractional order proportional derivative controller for first order plus time delay plants. The controller is tuned to satisfy desired gain crossover frequency, phase crossover frequency and phase margin. Therefore, behaviour of the system can be considerably tuned. The formulas to obtain the controller parameters are clearly given and the results are shown on an existing plant.



5. References

- [1] Pandey, S. and Majhi, S., “Identification and control of unstable FOPTD processes with improved transients”, *Electronics Letters*, 53 (5), 312-314, 2017.
- [2] Madhuranthakam, C.R., Elkamel, A. and Budman, H., “Optimal tuning of PID controllers for FOPTD, SOPTD and SOPTD with lead processes”, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47 (2), 251-264, 2008.
- [3] Ramakrishnan, V. and Chidambaram, M., “Estimation of a SOPTD transfer function model using a single asymmetrical relay feedback test”, *Computers & Chemical Engineering*, 27 (12), 1779-1784, 2003.
- [4] Rashid, A. R. M., Siddikhan, P. M., Selvakumar, C. and Suresh, M., “The performance analysis of PID controller with setpoint filter and anti-integral Windup for a FOPDT thermal process”, *2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security*, Chennai, India, 440-443, 2017.
- [5] Vasičkaninová, A. and Bakošová, M., “Robust controller design for a heat exchanger using \mathcal{H}_2 , \mathcal{H}_∞ , $\mathcal{H}_2/\mathcal{H}_\infty$, and μ -synthesis approaches”, *Acta Chimica Slovaca*, 9 (2), 184-193, 2016.
- [6] Lee, J., Lee, Y., Yang, D.R. and Edgar, T.F., “Simple Proportional Integral Controller Tuning Rules for FOPTD and HOPTD Models Based on Matching Two Asymptotes”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57 (8), 2905-2916, 2018.
- [7] Santosh, S. and Chidambaram, M., “A simple method of tuning parallel cascade controllers for unstable FOPTD systems”, *ISA Transactions*, 65, 475-486, 2016.
- [8] Junior, G. A., Santos, J. B. M. and Barros, P. R., “On simple identification techniques for first-order plus time-delay systems”, *15th IFAC Symposium on System Identification*, Saint-Malo, France, 605–610, 2009.
- [9] Şenol, B. and Demiroğlu, U., “Frequency frame approach on loop shaping of first order plus time delay systems using fractional order PI controller”, *ISA Transactions*, 86, 192-200, 2019.
- [10] Şenol, B. and Demiroğlu, U., “Fractional order proportional derivative control for first order plus time delay plants: achieving phase and gain specifications simultaneously”, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, Accepted Paper, 2019.
- [11] Malwatkar, G. M., Sonawane, S. H. and Waghmare, L. M., “Tuning PID controllers for higher-order oscillatory systems with improved performance”, *ISA Transactions*, 48 (3), 347-353, 2009.
- [12] León de la Barra, B. A., Jin, L., Kim, Y. C. and Mossberg, M., “Identification of first-order time-delay systems using two different pulse inputs”, *Proceedings of the 17th IFAC World Congress*, Seoul, Korea, 2008.
- [13] Sung, S. W., Je, C. H., Lee, J. and Lee, D. H., “Improved system identification method for Hammerstein-Wiener processes”, *Korean Journal of Chemical Engineering*, 25 (4), 631-636, 2008.
- [14] Şenol, B., “Analytical Design of PI Controllers for Second Order plus Time Delay Systems”, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7, 27-37, 2019.
- [15] Alagoz, B. B., Ates, A. and Yeroglu, C., “Auto-tuning of PID controller according to fractional-order reference model approximation for DC rotor control”, *Mechatronics*, 23 (7), 789-797, 2013.
- [16] Cvejn, J., “PID control of FOPDT plants with dominant dead time based on the modulus optimum criterion”, *Archives of Control Sciences*, 26 (1), 5-17, 2016.
- [17] Alagoz, B. B., Ates, A., Yeroglu, C. and Senol, B., “An experimental investigation for error-cube PID control”, *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 37(5), 652–660, 2015.
- [18] Podlubny, I. “Fractional-order systems and $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controllers”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 44 (1), 208-214, 1999.
- [19] Ates, A., Alagoz, B. B., Yeroglu, C., Yuan, J. and Chen, Y. Q., “Disturbance Rejection FOPID Control of Rotor by Multi-Objective BB-BC Optimization Algorithm”, *13th ASME/IEEE International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*, Ohio, USA, 2018.
- [20] Tufenkci, S., Senol, B. and Alagoz, B. B., “Stabilization of Fractional Order PID Controllers for Time-Delay Fractional Order Plants by Using Genetic Algorithm,” *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, Malatya, Turkey, 2018.
- [21] Miao, Z., Han, T., Dang, J. and Ju, M., “FOPI/PI controller parameters optimization using PSO with different performance criteria”, *IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference*, Chengdu, China, 2017.
- [22] Wang, C., Jin, Y. and Chen, Y. Q., “Auto-tuning of FOPI and FO[PI] controllers with iso-damping property”, *Proceedings of the 48th IEEE Conference on Decision and Control (CDC) held jointly with 2009 28th Chinese Control Conference*, Shanghai, China, 7309-7314, 2009.
- [23] Cheng, Y. C., and Hwang, C., “Stabilization of unstable first-order time-delay systems using fractional-order PD controllers”, *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 29 (2), 241-249, 2006.
- [24] Luo, Y., Zhang, T., Lee, B., Kang, C. & Chen, Y. Q., “Fractional-Order Proportional Derivative Controller Synthesis and Implementation for Hard-Disk-Drive Servo System”, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 22 (1), 281-289, 2014.
- [25] Tepljakov, A., Gonzalez, E. A., Petlenkov, E., Belikov, J., Monje, C. A. and Petráš, I., “Incorporation of fractional-order dynamics into an existing PI/PID DC motor control loop”, *ISA Transactions*, 60, 262-273, 2016.



STABILITY BOUNDARY LOCUS OF FRACTIONAL ORDER PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROL FOR SECOND ORDER PLUS TIME DELAY MODEL

Uğur Demiroğlu¹, Bilal Şenol^{2*}, Radek Matušů³

¹*Department of Information Technologies, Firat University, Elazığ, TURKEY*

ugurdemiroglu@firat.edu.tr

²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, İnönü University, Malatya, TURKEY*

bilal.senol@inonu.edu.tr

³*Department of Automation and Control Engineering, Faculty of Applied Informatics, Tomas Bata University in Zlin, Zlin, Czechia*

rmatusu@utb.cz

** Corresponding Author*

Abstract

This paper focuses on obtaining the design scheme of fractional order proportional-integral controller for second order plus time delay model with the stability boundary locus method. The approach gives generalized controller parameter equations for mentioned models in a certain frequency range. Real root boundary equations of the stability boundary locus are also presented. Stability of the system is provided by analytically derived equations and this brings the reliability of the method. The case study is given to apply the method on some existing models in the literature.

Keywords: *Stability boundary locus, fractional order proportional-integral controller, second order plus time delay model.*

1. Introduction

The late 17th century brought us a new concept which is the fractional order calculus (FOC). Its first idea was born with the correspondance between L'Hopital and Leibniz and then, number of the related studies had a sharp increase [1, 2]. A fractional order system (FOS) can be modeled by a differential equation which has orders of arbitrary real numbers [3-5]. A wide number of researchers have effected from this new concept including controller design. The well-known proportional-integral-derivative (PID) controllers were modified as fractional order PID (FOPID) controllers [6]. Thus, tuning rules for the new type of controller have gain much attendance in the last decades. There can be found studies related to FOPID tuning methods in the literature [7-13]. Without the derivative operator, the fractional order proportional integral (FOPI) controller is also widely used by many researchers. Similar to the method in this paper, there proposed various parameter tuning methods for FOPI controllers [14-19].

Second order plus time delay (SOPTD) model is used to describe a number of industrial processes in recent studies. For example, such model is used in chemical [20], electronics [21], and control processes [22]. Since the control of these plants is a challenging area of study, researchers are motivated on better design methods or alternative controller ideas [23-26].

Stability in control design is an inevitable issue thus, there can be found numerous studies to achieve stability requirements of various system types. One of the methods to analyse the stability is the stability boundary locus (SBL) which is implemented in this paper. SBL approach determines the area which the parameters of the controller ensure the stability [27]. Some features of the boundary locus method is given in [28]. Fast tuning of PID controllers by the SBL method and a study on PI controller design are given in [29, 30]. The SBL is modified for non-integer order case in [31]. As a preliminary version of this paper, tuning FOPI controller for first order plus time delay (FOPTD) via the SBL method is studied in [32].

Using the SBL method, this paper presents the FOPI controller design procedure for the stability of SOPTD plants. By the analytically obtained formulas, we can determine the stability region of the SBL. By this approach, limits of the SBL and the instability regions in the stability region can be found.

Next section of this paper gives the systematic design procedure of FOPI controller by the SBL method. The third section applies the obtained formulas on an existing SOPTD plant from the literature and fourth section gives the concluding remarks.

2. FOPI Control Design

Block diagram of the closed loop system considered in this paper is depicted in Fig. 1.



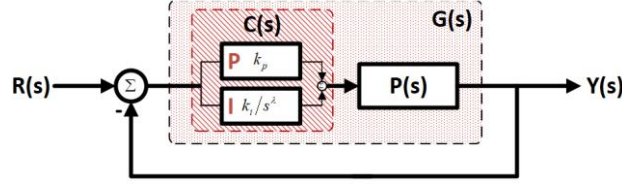


Fig. 1. Block diagram of the controlled system.

Here, $C(s)$ and $P(s)$ represent the FOPI controller and the plant respectively which are given in the following way.

$$C(s) = k_p + \frac{k_i}{s^\lambda} = k_p + k_i s^{-\lambda}, \quad \lambda \in (0, 2) \quad (1)$$

$$P(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-Ls} \quad (2)$$

From Fig. 1, $G(s)$ can be written as $G(s) = C(s)P(s)$. Closed loop transfer function of the system is,

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)}. \quad (3)$$

From above equations, characteristic equation which is the denominator polynomial of Eq. 3 can be obtained as follows.

$$\Delta(s) = 1 + G(s) = 1 + C(s)P(s) = 1 + \frac{e^{-Ls} K (k_p + k_i s^{-\lambda})}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)} = \frac{Kk_i + e^{Ls} s^\lambda + Kk_p s^2 + e^{Ls} s^{\lambda+1} T_1 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_2 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_1 T_2}{e^{Ls} s^\lambda + e^{Ls} s^{\lambda+1} T_1 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_2 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_1 T_2} = 0 \quad (4)$$

As known, eigenvalues of the characteristic equation determine the response of the system. Therefore, roots of the following numerator polynomial of Eq. 4 have to be found.

$$N_\Delta(s) = Kk_i + e^{Ls} s^\lambda + Kk_p s^2 + e^{Ls} s^{\lambda+1} T_1 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_2 + e^{Ls} s^{\lambda+2} T_1 T_2 \quad (5)$$

The polynomial can be expanded using following trigonometric definitions.

$$e^{jL\omega} = \cos(L\omega) + j \sin(L\omega) \quad (6)$$

$$j^\lambda = \cos(\pi\lambda / 2) + j \sin(\pi\lambda / 2) \quad (7)$$

Thus, $N_\Delta(j\omega)$ is obtained with its real and imaginary parts as,

$$\begin{aligned} N_\Delta(j\omega) &= Kk_i + e^{jL\omega} (j\omega)^\lambda + Kk_p (j\omega)^2 + e^{jL\omega} T_1 (j\omega)^{\lambda+1} + e^{jL\omega} T_2 (j\omega)^{\lambda+1} + e^{jL\omega} T_1 T_2 (j\omega)^{\lambda+2} \\ &= \left[\begin{aligned} &Kk_i + \cos(\pi\lambda / 2)(Kk_p \omega^2 + \omega^\lambda \cos(L\omega) - T_1 T_2 \omega^{\lambda+2} \cos(L\omega) - T_1 \omega^{\lambda+1} \sin(L\omega) \\ &- T_2 \omega^{\lambda+1} \sin(L\omega)) + \sin(\pi\lambda / 2)(-T_1 \omega^{\lambda+1} \cos(L\omega) - T_2 \omega^{\lambda+1} \cos(L\omega) - \omega^\lambda \sin(L\omega) \\ &+ T_1 T_2 \omega^{\lambda+2} \sin(L\omega)) \end{aligned} \right] \\ &+ j \left[\begin{aligned} &\cos(\pi\lambda / 2)(T_1 \omega^{\lambda+1} \cos(L\omega) + T_2 \omega^{\lambda+1} \cos(L\omega) + \omega^\lambda \sin(L\omega) - T_1 T_2 \omega^{\lambda+2} \sin(L\omega)) \\ &+ \sin(\pi\lambda / 2)(Kk_p \omega^2 + \omega^\lambda \cos(L\omega) - T_1 T_2 \omega^{\lambda+2} \cos(L\omega) - T_1 \omega^{\lambda+1} \sin(L\omega) \\ &- T_2 \omega^{\lambda+1} \sin(L\omega)) \end{aligned} \right] = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Using the real and imaginary parts of $N_\Delta(j\omega)$ given above, parameters of the FOPI controller can be calculated.

$$k_p = -\frac{1}{K} \left(\begin{aligned} &\cos(L\omega) - T_1 T_2 \omega^2 \cos(L\omega) + T_1 \omega \cos(L\omega) \cot(\pi\lambda / 2) + T_2 \omega \cos(L\omega) \cot(\pi\lambda / 2) \\ &- T_1 \omega \sin(L\omega) - T_2 \omega \sin(L\omega) + \cot(\pi\lambda / 2) \sin(L\omega) - T_1 T_2 \omega^2 \cot(\pi\lambda / 2) \sin(L\omega) \end{aligned} \right) \quad (9)$$

$$k_i = -\frac{1}{K} \left(\begin{aligned} &\omega^\lambda (\cos(\pi\lambda / 2) \cot(\pi\lambda / 2) + \sin(\pi\lambda / 2)) \left(\begin{aligned} &-T_1 \omega \cos(L\omega) - T_2 \omega \cos(L\omega) \\ &-\sin(L\omega) + T_1 T_2 \omega^2 \sin(L\omega) \end{aligned} \right) \end{aligned} \right) \quad (10)$$



There can be defined three boundaries of stability in the SBL method which are related on the value of s . The boundaries can be listed as given in [32]. In this paper, we deal with the real root boundary (RRB) which is obtained by substituting $s=0$ in $N_{\Delta}(s)$. If we equalize $N_{\Delta}(s)$ to 0 and we consider $s=0$, we can found the RRB of the SBL as,

$$k_i = -\frac{s^{\lambda} (e^{Ls} + Kk_p + e^{Ls}sT_1 + e^{Ls}sT_2 + e^{Ls}s^2T_1T_2)}{K} = 0. \quad (11)$$

This result shows that the RRB for SOPTD plants controlled with a FOPI controller is always equal to zero. Together solving k_i in Eqs. 10 - 11, we can find the common ω . Roots of the SBL are obtained by considering the stability condition $0 \leq \omega < +\infty$ of the system.

Location of the stability boundary depends on the sign of K in Eq. 2. of the system is above the RRB line if the sign is positive. Otherwise, the stability region is below the RRB. Starting and ending frequencies of the stability boundary can be found by determining the intersection points of the RRB and the SBL curves.

More than one root can be found for the relevant frequency range. One pair of these roots specify the starting and ending values. If the sign of K is positive, the first root pair in the positive region is assumed. Negative region is considered in the case of K is negative. Thus, the method in this paper intends to find the limits of the SBL analytically. Let us describe the process on an example.

3. Example

Consider the following SOPTD model obtained from [22].

$$P(s) = \frac{0.35}{(0.67s+1)(5s+1)} e^{-1.28s} \quad (12)$$

Let us consider $\omega = 0.12 \text{ rad/sec}$. Then, we found the coefficients of the FOPI controller for $\lambda \in [0.1-1.9]$ as given in Table 1.

Table 1. Coefficients of the FOPI controller for $\lambda \in [0.1-1.9]$.

λ	k_p	k_i
0.10	-17.1461	12.0858
0.25	-8.03227	3.59454
0.50	-4.72703	1.14497
0.75	-3.35796	0.515773
1.00	-2.38987	0.280459
1.25	-1.42179	0.178669
1.50	-0.0527144	0.137396
1.75	3.25253	0.149422
1.90	12.3664	0.26595

As mentioned before the order of the controller takes its value from the interval $\lambda \in (0,2)$. It is observed that, for $\lambda=0$, k_p is undefined and k_i is infinite. Similarly, for $\lambda=0$, k_p and k_i go to infinity. As the gain of the plant is signed positive, the stability boundary is above the RRB line. Plots of k_p and k_i obtained in Eq. 9 and Eq. 10 with the RRB line is illustrated in Fig. 2 for the frequency interval of $\omega \in [0-5 \times 10^3] \text{ rad/sec}$.



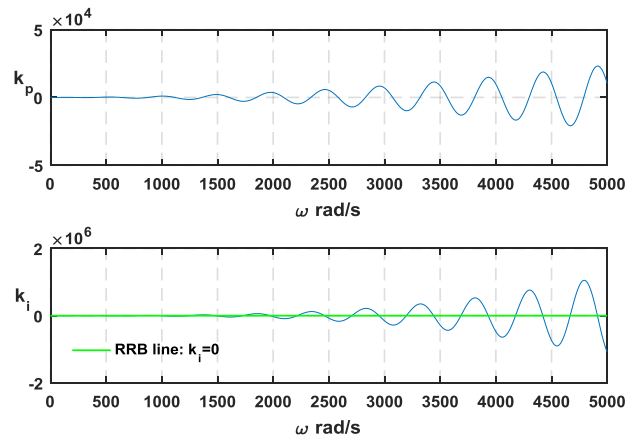


Fig. 2. Plots of k_p and k_i for the frequency interval of $\omega \in [0-5 \times 10^3] rad / sec$.

It is clear in Fig. 2 that there are more than one points of k_i crossing the RRB line. As the result of the positive sign of the gain coefficient, the first root pair in the positive region is assumed. Therefore, boundary values of the SBL are shown in Table 2.

Table 2. Limits of the SBL

λ	$\omega_{initial}$	intersection point		ω_{end}
		ω_1	ω_2	
0.10	0	-	-	0.9477
0.25	0	-	-	0.9477
0.50	0	-	-	0.9477
0.75	0	-	-	0.9477
1.00	0	-	-	0.9477
1.25	0	-	-	0.9477
1.50	0	-	-	0.9477
1.75	0	0.484766	0.863455	0.9477
1.90	0	0.156773	0.944617	0.9477

It is clear that the SBL starts from $\omega = 0 rad / sec$ and ends at $\omega = 0.9477 rad / sec$ for all λ values. There is an intersection for $\lambda = 1.75$ at $\omega = 0.484766 rad / sec$ and $\omega = 0.863455 rad / sec$. The system is unstable between these frequency values.. Similarly the SBL curve shows an intersection for $\lambda = 1.9$ at $\omega = 0.156773 rad / sec$ and $\omega = 0.944617 rad / sec$. Fig. 3 shows the SBL curve obtained for $\lambda = 1.75$ at $\omega \in [0, 0.9477] rad / sec$.

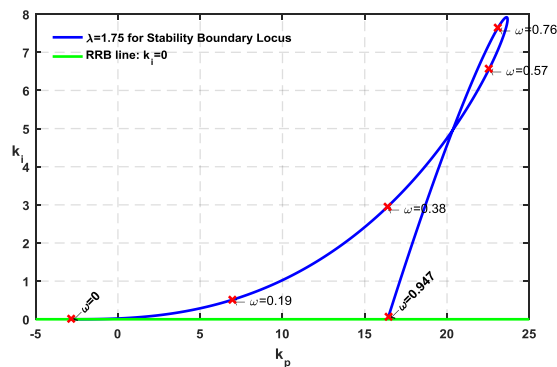


Fig. 3. SBL curve for $\lambda = 1.75$ at $\omega \in [0, 0.9477] rad / sec$.



Frequency values at the intersection points can clearly be seen in the figure. Thus, values listed in Table 2 are verified. We can remove the unstable region from Fig 3 and obtain the stability region as given in Fig. 4.

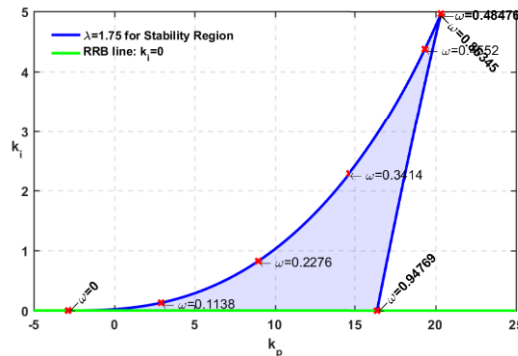


Fig. 4. Stability region for $\lambda = 1.75$ at $\omega \in [0, 0.9477]$ rad / sec .

Step response of the closed loop system for $\lambda = 1.75$ is also illustrated in Fig. 5. Thus, the system is stable for calculated FOPI controller parameters.

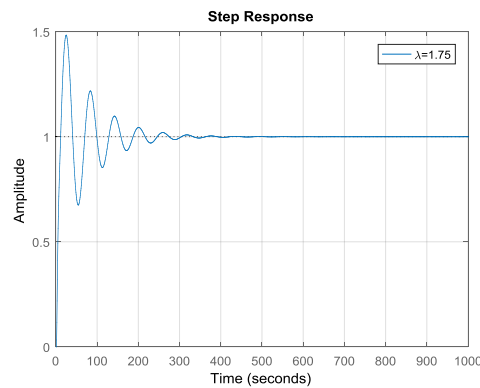


Fig. 5. Step response for $\lambda = 1.75$.

Therefore, reliability of the derived formulas is shown.

4. Conclusion

This paper analytically derives the formulas to obtain the parameters of the fractional order proportional integral controller for second order time delay plants using the stability boundary locus method. The formulas can generally be used to provide the stability of mentioned plants. Limits of the stability boundary are also presented. The method is successfully tested on an existing plant from the literature and the results are illustratively given.

5. References

- [1] Senol, B., Ates, A., Alagoz, B. B. and Yeroglu, C., "A numerical investigation for robust stability of fractional-order uncertain systems", *ISA Transactions*, 53 (2), 189-198, 2014.
- [2] Senol, B. and Yeroglu, C., "Frequency boundary of fractional order systems with nonlinear uncertainties", *Journal of the Franklin Institute*, 350 (7), 1908-1925, 2013.
- [3] Matušů, R., Šenol, B. and Pekař, L., "Robust stability of fractional order polynomials with complicated uncertainty structure", *PLoS ONE*, 12 (6), 2017.
- [4] Caponetto, R., Dongola, G., Fortuna, L. and Petras, I., "Fractional Order Systems, Modeling and Control Applications", World Scientific, Singapore, 2010.
- [5] Monje, C. A., Chen, Y. Q., Vinagre, B. M., Xue, D. and Feliu, V., "Fractional Order Systems and Controls: Fundamentals and Applications", Springer, 2010.
- [6] Podlubny, I. "Fractional-order systems and $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controllers", *IEEE Transactions on Automatic Control*, 44 (1), 208-214, 1999.
- [7] Xue, D., Zhao, C. and Chen, Y. Q., "Fractional order PID control of a DC-motor with elastic shaft: a case study", *2006 American control conference*, 2006.



- [8] Hamamci, S. E., “An algorithm for stabilization of fractional-order time delay systems using fractional-order PID controllers”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 52 (10), 1964-1969, 2007.
- [9] Sánchez, H. S., Padula, F., Visioli, A. and Vilanova, R., “Tuning rules for robust FOPID controllers based on multi-objective optimization with FOPDT models”, *ISA transactions*, 66, 344-361, 2017.
- [10] Das, S., Pan, I. and Das, S., “Multi-objective LQR with optimum weight selection to design FOPID controllers for delayed fractional order processes”, *ISA transactions*, 58, 35-49, 2015.
- [11] Song, X., Chen, Y. Q., Tejado, I. and Vinagre, B. M., “Multivariable fractional order PID controller design via LMI approach”, *IFAC Proceedings Volumes*, 44 (1), 13960-13965, 2011.
- [12] Kapoor, S., Chaturvedi, M. and Juneja, P. K., “Design of FOPID controller with various optimization algorithms for a SOPDT model”, *International Conference on Emerging Trends in Computing and Communication Technologies*, 2017.
- [13] Neçaibia, A. and Ladaci, S., “Self-tuning fractional order PI λ D μ controller based on extremum seeking approach”, *International Journal of Automation and Control*, 8 (2), 99-121, 2014.
- [14] Şenol, B. and Demiroğlu, U., “Frequency frame approach on loop shaping of first order plus time delay systems using fractional order PI controller”, *ISA Transactions*, 86, 192-200, 2019.
- [15] Xin, R., Wang, C., Li, M., Shi, H. and Liu, Z., “The design of FOPI and FO[PI] controllers for large time-delay system based on Smith Predictor”, *IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference*, Nanjing, China, 1249-1252, 2016.
- [16] Luo, Y. and Chen, Y. Q., “Stabilizing and robust fractional order PI controller synthesis for first order plus time delay systems”, *Automatica*, 48 (9), 2159-2167, 2012.
- [17] Miao, Z., Han, T., Dang, J. and Ju, M., “FOPI/PI controller parameters optimization using PSO with different performance criteria”, *IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference*, Chengdu, China, 250-255, 2017.
- [18] Kar, B. and Roy, P.J., “A Comparative Study Between Cascaded FOPI–FOPD and IOPI–IOPD Controllers Applied to a Level Control Problem in a Coupled Tank System”, *Control Autom Electr Syst*, 29, 340, 2018.
- [19] Wang, C., Jin, Y. and Chen, Y. Q., “Auto-tuning of FOPI and FO[PI] controllers with iso-damping property”, *Proceedings of the 48th IEEE Conference on Decision and Control (CDC) held jointly with 2009 28th Chinese Control Conference*, Shanghai, China, 7309-7314, 2009.
- [20] Madhuranthakam, C.R., Elkamel, A. and Budman, H., “Optimal tuning of PID controllers for FOPTD, SOPTD and SOPTD with lead processes”, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47 (2), 251-264, 2008.
- [21] Ramakrishnan, V. and Chidambaram, M., “Estimation of a SOPTD transfer function model using a single asymmetrical relay feedback test”, *Computers & Chemical Engineering*, 27 (12), 1779-1784, 2003.
- [22] Rajapandiyam, C. and Chidambaram, M., “Closed-Loop Identification of Second-Order Plus Time Delay (SOPTD) Model of Multivariable Systems by Optimization Method”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51 (28), 9620-9633, 2012.
- [23] Lee, J., Lee, Y., Yang, D.R. and Edgar, T.F., “Simple Proportional Integral Controller Tuning Rules for FOPTD and HOPTD Models Based on Matching Two Asymptotes”, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 57 (8), 2905-2916, 2018.
- [24] Liu, H., Li, D., Xi, J., and Zhong, Y., “Robust attitude controller design for miniature quadrotors”, *International Journal of Robust and Nonlinear Control*, 26, 681–696, 2016.
- [25] Tajaddodianfar, F., Moheimani, S.O.R., Owen, J. and Randall, J.N., “A self-tuning controller for high-performance scanning tunneling microscopy”, *IEEE Conference on Control Technology and Applications*, Mauna Lani, 2017.
- [26] Wang, J., Zong, Q., Su, R. and Tian, B., “Continuous high order sliding mode controller design for a flexible air-breathing hypersonic vehicle”, *ISA Transactions*, 53 (3), 690-698, 2014.
- [27] N. Tan, İ. Kaya, C. Yeroglu and D. P. Atherton, “Computation of stabilizing PI and PID controllers using the stability boundary locus,” *Energy Conversion and Management*, 47 (18), 3045-3058, 2006.
- [28] J. M. Sanz-Serna, “Some aspects of the boundary locus method,” *BIT*, 20, 97–101, 1980.
- [29] M. T. Söylemez, N. Munro and H. Baki, “Fast calculation of stabilizing PID controllers,” *Automatica*, 39 (1), 121-126, 2003.
- [30] İ. Kaya and S. Atıç, “PI controller design based on generalized stability boundary locus,” *20th International Conference on System Theory, Control and Computing*, Sinaia, pp. 24-28, 2016.
- [31] F. N. Deniz, B. B. Alagoz, N. Tan and D. P. Atherton, “An integer order approximation method based on stability boundary locus for fractional order derivative/integrator operators,” *ISA Transactions*, 62, 154-163, 2016.
- [32] Demiroğlu, U., Matušu, R. and Şenol, B., “Tuning of PI^λ Controllers for FOPTD Plants via the Stability Boundary Locus”, *International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing*, Malatya, TURKEY, 2018.



INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INTER-CELL INTERFERENCE ON ENERGY AND SPECTRAL EFFICIENCY IN MASSIVE MULTIPLE-INPUT AND MULTIPLE-OUTPUT SYSTEMS

Burak Kürşat Gül^{1*}, Necmi Taşpınar¹

¹Erciyes University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kayseri

burak.gul@erciyes.edu.tr

taspinar@erciyes.edu.tr

* Corresponding Author

Abstract

The widespread use of wireless communication technologies provides users with important facilities in the field of communication. As a result of these developments, there is a significant increase in the use of wireless communication and it is thought that this increase will continue with speed. In the near future, cellular network technologies are expected to have a capacity to increase area throughput by hundreds of times in order to cope with the increase in data traffic. Increasing the spectral efficiency (SE) on the massive multiple-input and multiple-output (Massive MIMO) systems is one of the main methods used to handle these expectations. SE means the amount of reliable information per complex valued sample. Increasing the transmission power and the number of active antennas increases the amount of energy consumed to very high levels. The fact that high energy consumption is harmful to the environment makes it important to increase energy efficiency (EE). Several studies have been carried out to bring the SE and EE parameters, which have been trade-off, to the optimum levels. In this study, the effects of the number of antennas on the number of users and inter-cell interference levels were investigated and their effects on SE and EE were investigated. Thanks to the results obtained, the number of antenna and how many users can be offered quality communication at different interference levels and also the acceptability values of inter-cell interference level are examined.

Keywords: Massive Multiple-Input and Multiple-Output Systems, Spectral Efficiency, Energy Efficiency.

1. Introduction

The widespread use of wireless communication technologies has led to fundamental changes in the field of communication. This has prompted the demand for wireless communication almost anywhere and at any time. This leads to a rapid increase in wireless data transmission traffic (Björnson et al., 2017).

According to the estimate put forward by Ericsson Mobility, the rate of increase in the use of wireless communications between 2016 and 2022 is expected to be 42% annually (Ericsson, 2017). Therefore, future cellular network technologies are expected to have the capacity to increase the area throughput hundreds of times in order to cope with the increase in data traffic (Aziz et al., 2015).

Area throughput is traditionally formulated to be directly proportional to three factors. These; frequency spectrum, cell density (average number of cells per square kilometer) and spectral efficiency (SE). Since it is not possible to increase the frequency spectrum and cell density factors hundreds of times, studies on increasing the spectral efficiency are generally carried out.

Massive multiple-input and multiple-output (Massive MIMO) systems are among the preferred methods for increasing spectral efficiency (He et al., 2014; Yang et al., 2015). These systems are based on the principle of using hundreds or thousands of antennas per base station (Björnson et al., 2015). In these systems, it is aimed that the number of active antennas (M) in each cell is higher than the number of active users (K). Massive MIMO systems are used in many areas such as increasing energy efficiency, hardware improvement, pilot series improvement as well as increasing spectral efficiency directly affecting area throughput. Figure 1 (Li et al., 2016) shows an example of massive MIMO systems.

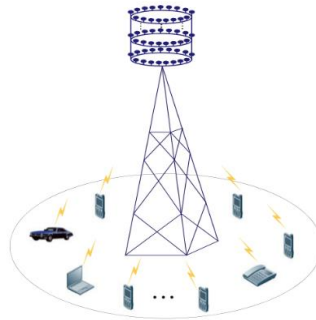


Figure 1: Massive MIMO example



The spectral efficiency of an encoding or decoding algorithm is equivalent to the average number of bits of each complex valued sample of information [bit/s/Hz] (Björnson et al., 2017). Spectral efficiency; by increasing the transmission power, increasing the number of receiving antennas in the base station or using space division multiple access (SDMA) method during transmission can be increased.

Uncontrolled increase in the transmission power and the number of active antennas can increase the amount of energy consumed to very high levels. This situation is considered to be an important problem because it is harmful to the environment and high cost (Fehske et al., 2011). While increasing SE, it is possible to achieve lower energy consumption by increasing energy efficiency (EE). Energy efficiency refers to the amount of bits successfully transmitted using unit energy [bit/Joule].

A user equipment's (UE) communication with the base station of another cell is called inter-cell interference. The level of interference between cells may increase due to various reasons (the user being too close to neighbor cells, etc.). In such cases, the interference may become indistinguishable from the actual signal.

2. Spectral Efficiency – Energy Efficiency Trade-off

In the studies conducted to increase SE and EE at the same time, it is observed that SE increases continuously as the transmission power and the number of active antennas increase. EE increased to a point and then decreased. Therefore, there is a trade-off between SE and EE. The illustration in Figure 2 (Hei et al., 2018) illustrates how SE and EE relate. An example is shown in which all the results obtained using different antenna number and different transmission power are collected in a single graph. The curve indicated in red on the sample represents the true Pareto optimal front (POF) curve. This curve combines the maximum EE and maximum SE values and, according to all results, represents the largest values in the vertical and horizontal axes.

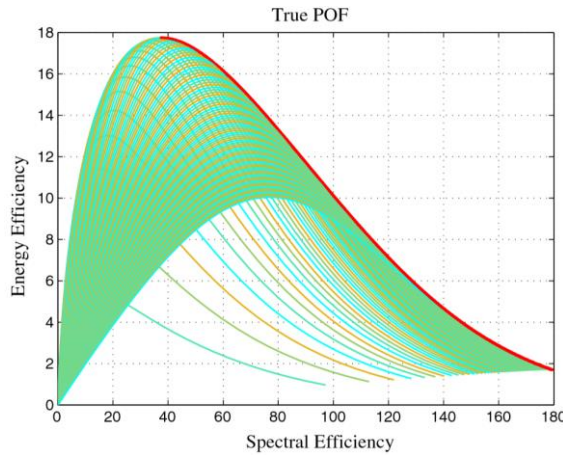


Figure 2: Example of SE-EE trade-off

3. Inter-cell interference

The illustration in Figure 3 (Björnson vd., 2017) demonstrates the desired and interfering signals sample in a two-cell network.

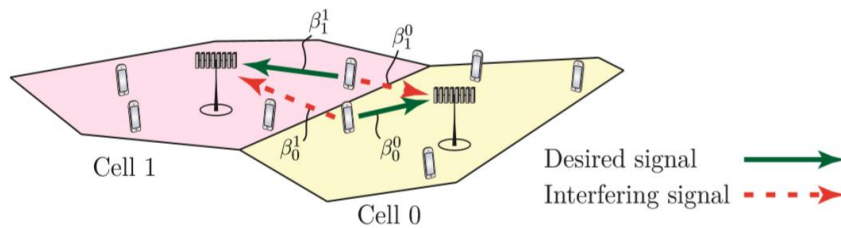


Figure 3: Illustration of the notion of desired and interfering UL signals in a two-cell network

In the Wyner model (1), every UE in cell 0 has the same value of the average channel gain β_0^0 from its serving BS and of the average channel gain β_0^1 to the other-cell BS, while every UE in cell 1 has the same value of β_1^0 and β_1^1 . Here, the upper index of the β indicates the concerned base station and the lower index indicates the cell within which the user is located.

$$\bar{\beta} = \beta_0^1 / \beta_1^1 = \beta_1^0 / \beta_0^0 \quad (1)$$

Also $\bar{\beta}$ symbolize relative strength of the inter-cell interference. As inter-cell interference increases, the probability of successful transmission of the desired signal decreases.

4. Simulation results

In this study, two-cell Wyner model was used, instant SE was calculated using equation (2) and instant EE was calculated using equation (3). It has been observed how inter-cell interference is effected in the ratio of the number of active antennas - number of active



users when the transmission power is constant. Two different interference levels (-3dB and -15dB) and four different M/K ratios were investigated for various M and K values.

$$SE_0 = \log_2 \left(1 + \frac{M-1}{(K-1) + K\bar{\beta} + \frac{\sigma^2}{p\beta_0^0}} \right) \quad (2)$$

$$EE_0 = \frac{BKSE_0}{K \left(\frac{M-1}{2^{SE_0-1}} - K\bar{\beta} + 1 - K \right)^{-1} v_0 + CP_0} \quad (3)$$

$$CP_0 = P_{FIX} + MP_{BS} + KP_{UE} \quad (4)$$

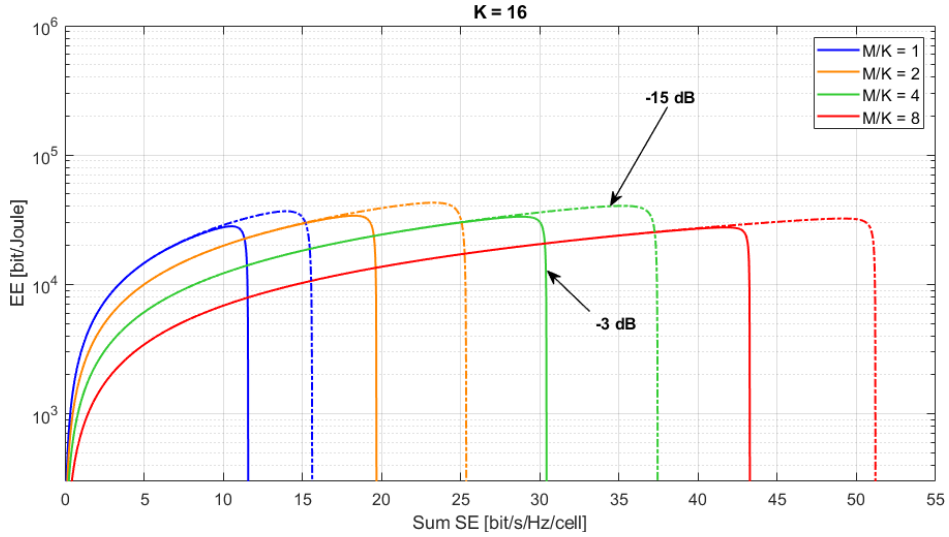


Figure 4: SE-EE trade-off when K = 16

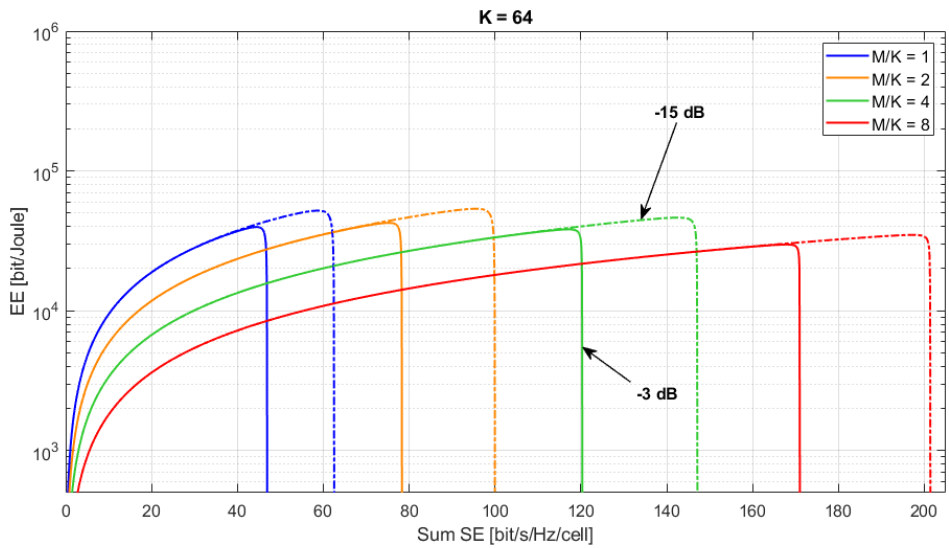


Figure 5: SE-EE trade-off when K = 64

Figures 4 and 5 are very similar. As expected, it is seen that system success increases as the interference decreases and M/K ratio increases and the effect of inter-cell interference is not as effective as M/K ratio. The total SE value represented on the horizontal axis increases in proportion to the number of active antennas.



Table 1: Simulation results when K is constant

	K = 16	K = 64
M/K = 1 (-3dB)	2.813×10^4	3.972×10^4
M/K = 2 (-3dB)	3.398×10^4	4.253×10^4
M/K = 4 (-3dB)	3.339×10^4	3.821×10^4
M/K = 8 (-3dB)	2.758×10^4	2.976×10^4
M/K = 1 (-15dB)	3.679×10^4	5.203×10^4
M/K = 2 (-15dB)	4.281×10^4	5.365×10^4
M/K = 4 (-15dB)	4.047×10^4	4.635×10^4
M/K = 8 (-15dB)	3.231×10^4	3.486×10^4

When Table 1 is examined, it is seen that maximum EE values increase until M/K ratio is 2 and then decrease. This is because the number of active antennas increases and the energy consumed increases.

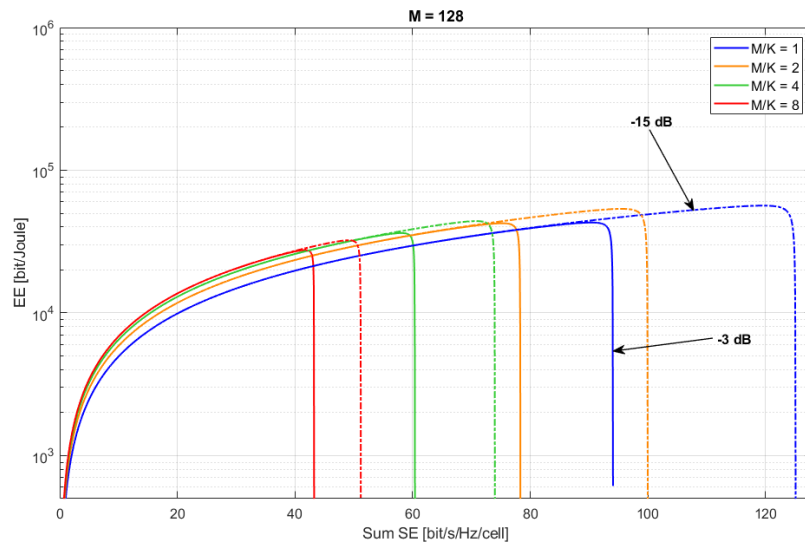


Figure 6: SE-EE trade-off when M = 128



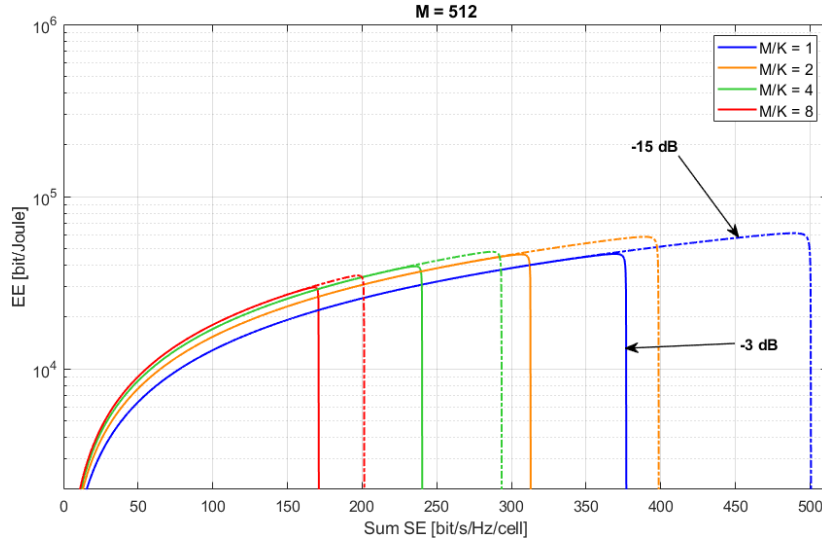


Figure 7: SE-EE trade-off when M = 512

In Figures 6 and 7, M is kept constant and results are obtained for four different M/K values and two different interference levels. Both SE and EE were found to be high according to the results where the K was held constant. The main reason for this is that the number of users served is considerably high. As the number of users served decreases as the M/K ratio increases, the maximum EE value decreases continuously. SE also changes in direct proportion with the number of users in these studies.

Table 2: Maximum EE values when M is constant

	M = 128	M = 512
M/K = 1 (-3dB)	4.303×10^4	4.652×10^4
M/K = 2 (-3dB)	4.253×10^4	4.619×10^4
M/K = 4 (-3dB)	3.632×10^4	3.941×10^4
M/K = 8 (-3dB)	2.758×10^4	2.976×10^4
M/K = 1 (-15dB)	5.652×10^4	6.138×10^4
M/K = 2 (-15dB)	5.365×10^4	5.848×10^4
M/K = 4 (-15dB)	4.401×10^4	4.787×10^4
M/K = 8 (-15dB)	3.231×10^4	3.486×10^4

Finally, when the M/K ratio was evaluated, K ratio was changed by keeping the 2 ratio which gives the best result.



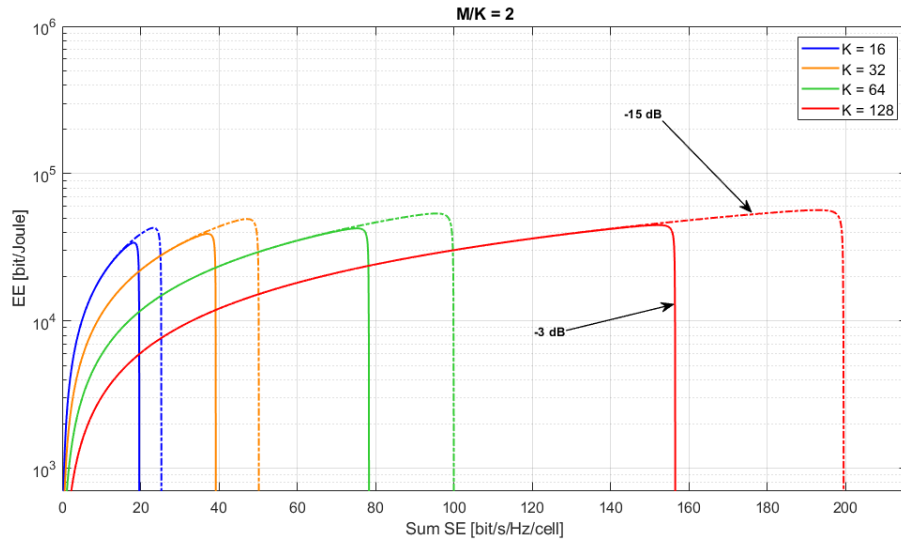


Figure 8: SE-EE trade-off when $M/K = 2$

Table 3: Maximum EE values when M/K is constant

	$M/K = 2$
$K = 16$ (-3dB)	3.398×10^4
$K = 32$ (-3dB)	3.906×10^4
$K = 64$ (-3dB)	4.253×10^4
$K = 128$ (-3dB)	4.477×10^4
$K = 16$ (-15dB)	4.281×10^4
$K = 32$ (-15dB)	4.920×10^4
$K = 64$ (-15dB)	5.365×10^4
$K = 128$ (-15dB)	5.659×10^4

While M/K ratio was constant, it was seen that both SE and EE increased in each case where the K increased and the interference decreased. The increase in the number of serviced users has tolerated the increase in the number of active antennas and this smoothed the decline of EE.

5. Conclusions

As a result of the studies, it was found that decreasing the level of inter-cell interference increased the success of SE-EE in all cases without exception, but interference was not as effective as M/K ratio. In addition, as the level of interference decreases, maximum EE values and the limits in which the SE can be increased without decreasing the EE to zero, increase. In future studies, transmission power – inter-cell interference ratio will be analyzed.

6. References

Aziz, D. & Kusume, K. & Queseth, O., (2015). "D8.4: Metis Final Project Report". Metis 2020. https://metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D8.4_v1.pdf

Björnson, E. & Hoydis, J. & Sanguinetti, L., (2017). "Massive MIMO Networks: Spectral, Energy and Hardware Efficiency", pp. 154-655, Foundation and Trends in Signal Processing, vol. 11, no. 3-4.

Björnson, E. & Larsson, E., G. & Debbah, M., (2015). "Massive MIMO for Maximal Spectral Efficiency: How Many Users and Pilots Should Be Allocated?", pp. 1293-1308. IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 15, no. 2.



Ericsson, (2017). “Ericsson Mobility Report”. <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2017/ericsson-mobility-report-november-2017-middle-east-and-africa.pdf>

Fehske, A. & Fettweis, G. & Malmudin, J. & Biczok, G., (2011). “The Global Footprint of Mobile Communications: The Ecological and Economic Perspective”, pp. 55-62. IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 49, no. 8.

He, Q. & Xiao, L. & Zhong, X. & Zhou, S., (2014). “Increasing the Sum-throughput of Cells with a Sectorization Method for Massive MIMO”, pp. 1827-1830. IEEE Communications Letters 18(10),2346483.

Hei, Y. & Zhang, C. & Song, W. & Kou, Y., (2018). “Energy and Spectral Efficiency Tradeoff in Massive MIMO Systems with Multi-objective Adaptive Genetic Algorithm”, Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature.

Li, L. & Meng, W. & Ju, S., (2016). “A novel artificial bee colony detection algorithm for massive MIMO system”, pp. 3139-3152. Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 16.

Yang, G. & Ho, C., K. & Zhang, R. & Guan, Y., L., (2015). “Throughput Optimization for Massive MIMO Systems Powered by Wireless Energy Transfer”, pp. 1640-1650. IEEE Journal on Selected Areas in Communications 33(8),7009979.



EFFECT OF FIBER ORIENTATION ON FLEXURAL PROPERTIES IN UNIDIRECTIONAL CARBON-FIBER COMPOSITES

Cem Boğa^{1*}, Emre Yeniyl², Sinan Örenç³

^{1,2,3}Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering, Adana, Turkey

cboga@atu.edu.tr ,emreyeniyl@gmail.com ,snnorenc@gmail.com

*Corresponding Author

Abstract

Composite materials can be considered as a multi-phase material in which combinations of the two components are obtained in combination with the macro-size to obtain better combinations. These materials mainly consist of two phases, matrix and reinforcement elements. The type, shape, size, distribution, orientation of the reinforcing element to be used significantly affect the mechanical properties of the composite material to be produced. In this study, composites were produced by vacuum infusion method using unidirectional carbon fiber. The composite produced using different fiber orientation in four layers was subjected to three-point bending test using ASTM D790 standard and the flexural stress values were calculated from the results. In addition, sample images from failure surfaces with optical microscopy were presented.

Keywords: Composite, Carbon Fiber, Vacuum Infusion Method, Fiber Orientation, Mechanical Properties

1. Introduction

Composite materials are obtained by combining two or more materials with different properties for the desired purpose in a macro structure under certain conditions and proportions. According to the embodiments to be used, the desired mechanical properties can be achieved by using different fiber orientations or fiber matrix volume ratios. These materials are highly resistant to abrasion and corrosion and are also used in many industrial applications such as aerospace, defense, home appliances and building materials [1, 2].

Vacuum infusion method is not only a low cost application but also a simple method to apply technically and it is a method which works with the principle of resin advancement in vacuumed environment. This method is generally carried out using vacuum pump, vacuum tank, mold and resin bucket [3, 4].

In the literature, some studies on the production and characterization of composite materials can be summarized as follows: Zhang et al. [5] produced an unidirectional carbon-fiber composite using three different curing process with vacuum infusion method. The effects of different cure cycles on void percent, fiber volume fraction, heat resistance, flexural properties were observed. The vacuum infusion method under flexible tool was investigated with the work performed by Summerscales and Searle, [6] and the application of this method in the manufacture of large composite structures and process simulations were supported by the literature. In their study, Nissilä et al. [7] used frozen cellulose nanofiber aerogels as a preform through a vacuum infusion process and succeeded in producing environmentally friendly and mechanically resistant nanocomposites using bioepoxy resin as filler material. Ma et al. [8] calculated mechanical properties such as fiber volume ratio, fiber orientation, interface properties and fracture toughness of composite materials produced using unidirectional prepreg carbon fiber composite and thermoplastic resin by hot compression molding process using experimental methods. The results obtained were compared using the Global Load Sharing (GLS) model and fracture behavior was analyzed using the Fracture Mechanics Model. Wang et al. [9] investigated the effect of fiber orientation (from 0 to 90) on the young modulus analytical numerical and experimental methods using unidirectional glass fiber reinforced polymer composites (GFRP). The results showed that young composite module is strongly related to fiber orientation angles. On the other study, Wazzan [10] produced date palm fibre composites with different orientation and fiber volume fraction using resin transfer molding method (RTM) calculated mechanical properties such as tensile strength, tensile modulus, ultimate elongation, the critical stress intensity factor, crack fracture initiation energy. Salman et al. [11] characterized the physical, mechanical and morphological properties of plain woven kenaf polymer composites using three different types of thermoset resins (epoxy, polyester and vinyl ester) using 0°/90° and 45°/-45° orientation. Laghaeive et al. [12] developed a Matlab program which can produce unidirectional fibers using various fiber diameters, pores and thicknesses in their study. The results were compared with the experimental and analytical models published. Bal and Saha [13] investigated the hygrothermic aging of epoxy and carbon nanotubes (CNT) epoxy composites (0.5%, 0.75% and 1% by weight) for 180 days at 30 °C constant temperature.

In this study, 11 different composite materials were produced by using four layer different fiber orientations by vacuum infusion method. These composites were cut using water jets in accordance with ASTM D790 standard and then subjected to three-point bending test. Flexural stress values of each sample were calculated by using the obtained results and optical microscope images from fracture surfaces were presented.



2. Material and Methods

In this study, unidirectional carbon fiber fabric whose mechanical properties are given in Table 1 was used. In the application, 100: 25 weight of Hexion brand L160 resin and H160 hardener were used as reinforcing elements. In order to complete the curing of the epoxy mixture in the vacuum system, it was held for 24 hours at room temperature.

Table 1: Mechanical properties of the carbon fiber woven

Fabric Label	Weave Type	Density (g/cm ³)	Tensile Strength (MPa)	Tensile Modulus (GPa)
UC300tfx	Unidirectional	1.79	4900	240

Composite materials a total of 11 samples were produced using the reference angles in Figure 1, with 4 layers. The fiber orientations of the samples produced are given in Table 2 below. The produced samples were cut with the help of 130mm x 12.7mm water jet.

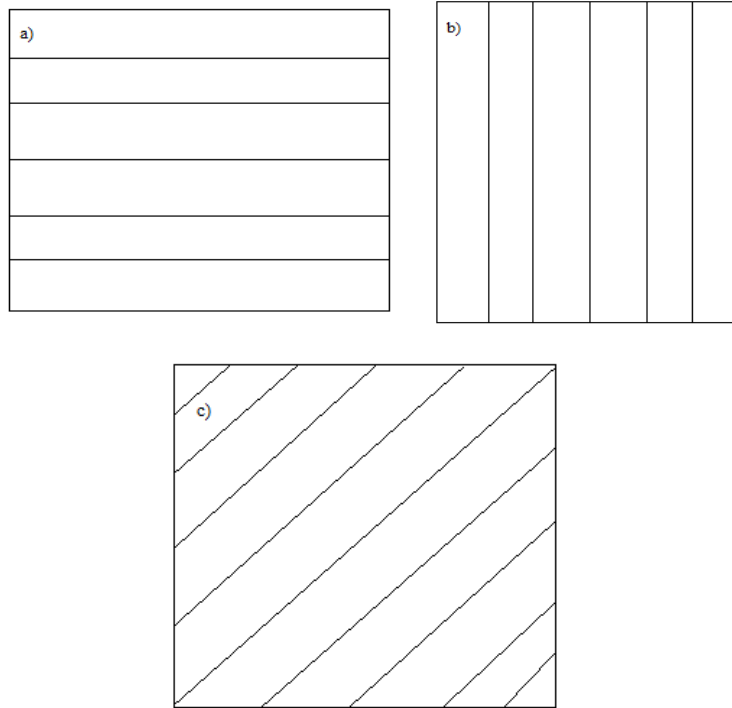


Figure 1: Different fiber orientation angles: a) 0° b) 90° and c) 45°

Table 2: Orientation of laminates

Codes	Orientation of laminates
1	[0°/0°] ₂
2	[90°/90°] ₂
3	[45°/45°] ₂
4	[0°/45°] ₂
5	[0°/45°] _s
6	[45°/0°] _s
7	[90°/45°] ₂
8	[90°/45°] _s
9	[45°/90°] _s
10	[0°/90°] ₂
11	[0°/90°] _s



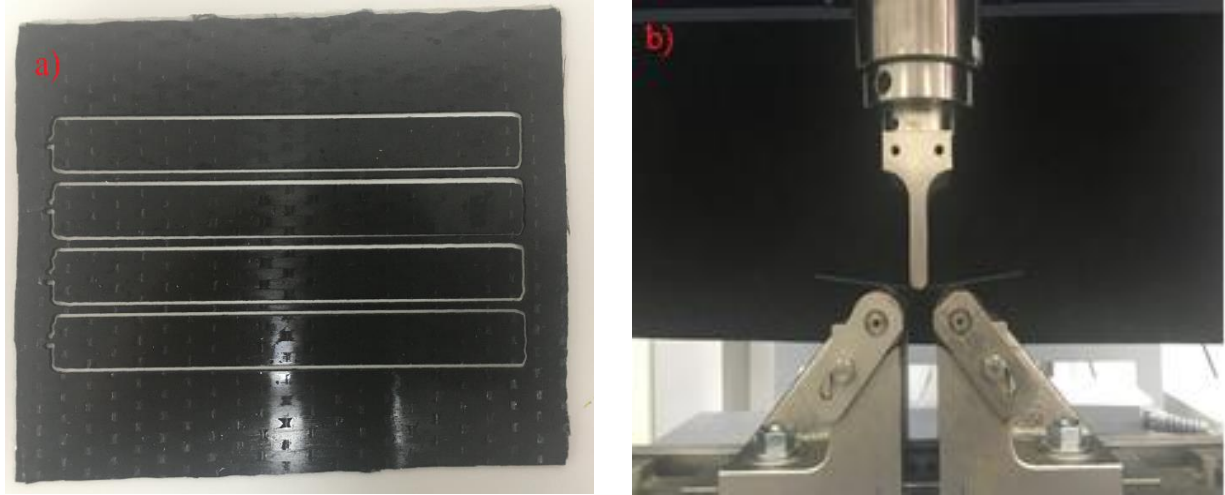


Figure 2: a) Three point bending test specimen b) Three point bending test setup

The samples shown in Figure 2a were then subjected to a three-point bending test at a speed of 1.3 mm / min using a 32:1 span to thickness ratio on a Shimadzu AGS-X 100kN tensile test machine, taking into account the ASTM D790 standard [14]. The three-point bending test was continued until the samples were completely broken, as shown in Figure 2b. Flexural stress values of the samples were calculated by replacing the maximum force values in the force-elongation graph obtained with the test result in Equation 1 with the test parameters given in Table 3.

Table 3: Parameters of the flexural test

Span Length (L) (mm)	Testing Speed (mm/min)	Specimen Width (b) (mm)	Specimen Thickness (d) (mm)
43.2	1.3	12.7	1.35

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (1)$$

where:

σ_f = stress in the outer fibers at midpoint,

P = load at a given point on the load-deflection curve,

L = support span length,

b = width of specimen tested,

d = thickness of specimen tested,

Finally, images of the specimens subjected to the three-point bending test were presented at 5x magnification with SOPTOP Cx-40M optical microscope.

3. Results and Discussion

The maximum force values obtained from the three-point bending test and the calculated flexural stress values are given in Table 4 and the comparative graph of the results is given in Figure 3.

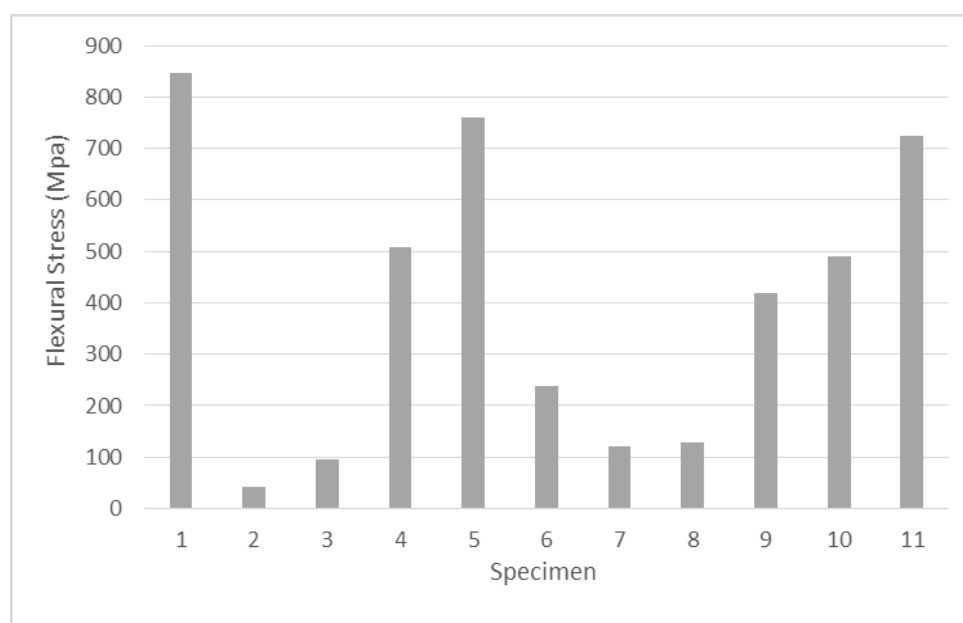


Table 4: Maximum force and calculated flexural stress results of specimen

Codes	Orientation of laminates	Max. Force (N)	Flexural Stress (MPa)
1	$[0^\circ/0^\circ]_2$	302,33	846,42
2	$[90^\circ/90^\circ]_2$	14,64	40,98
3	$[45^\circ/45^\circ]_2$	33,74	94,47
4	$[0^\circ/45^\circ]_2$	181,77	508,89
5	$[0^\circ/45^\circ]_s$	271,78	760,89
6	$[45^\circ/0^\circ]_s$	85,48	239,32
7	$[90^\circ/45^\circ]_2$	43,34	121,35
8	$[90^\circ/45^\circ]_s$	45,60	127,67
9	$[45^\circ/90^\circ]_s$	149,70	419,09
10	$[0^\circ/90^\circ]_2$	175,16	490,38
11	$[0^\circ/90^\circ]_s$	258,54	723,82

According to the values in Table 4, it was observed that high flexural stress values were reached in samples with 0° fiber orientation layer. This is because the applied compressive force is in a position perpendicular to the fiber orientation. It was observed that in the samples where the compression force and fiber direction were in the same direction (45° and 90°), it had more ductile structure compared to other samples, which caused a significant decrease in the measured force values. In addition, it was concluded that the most determinative layer of the flexural stress values in the samples produced in 4 layers was the bottom and top layers.

Figure 3: Graph of flexural stress results of specimen



The optical microscope images taken from the fractured surface sections of the samples subjected to the three-point bending test are presented in Figure 4. When the images are examined, it is clearly seen that the fracture occurs. Capillary crack formation along the length of the sample was also observed.



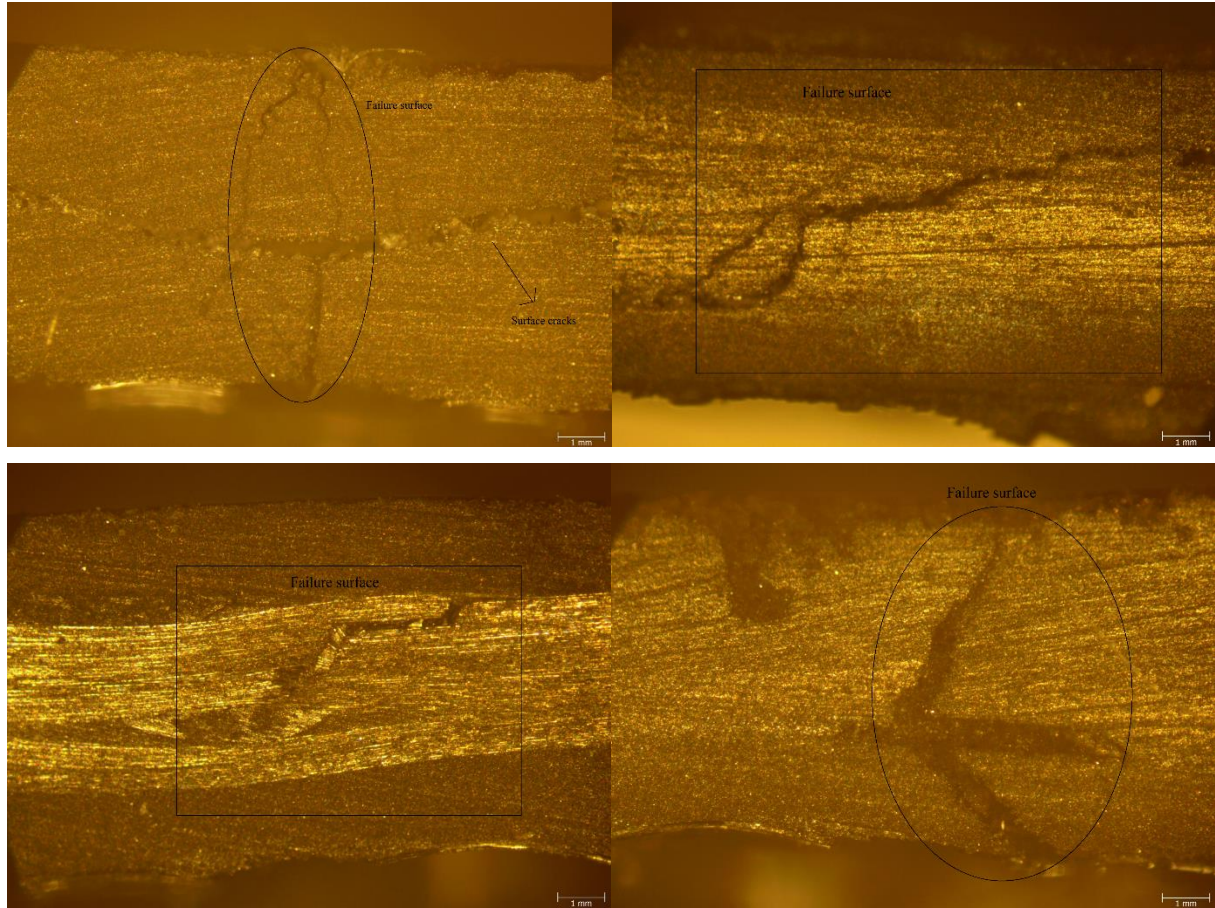


Figure 4: Optical microscopy of carbon fiber laminates after fracture at 5x magnification

4. Conclusion

In this study, 11 different fiber orientation composite materials were produced in 4 layers by vacuum infusion process using unidirectional carbon fiber. These materials were cut with sample size according to ASTM D790 standards by water jet and subjected to three-point bending test. Flexural stress values were calculated using the results obtained after the test and optical microscope images were presented along the crack surface of the samples. According to the results, the highest flexural stress value was calculated as 846.42 MPa in the sample with $[0^\circ / 0^\circ]_2$ fiber orientation and the lowest flexural stress value was found to be 40.98 MPa in the sample with $[90^\circ / 90^\circ]_2$ fiber orientation.

5. References

- [1] Baltacı A., Sarıkanat M., and Turan M. “Aramid ve Karbon Lif Takviyeli Termoplastik Kompozit Kirişlerin İmpuls Girdi Altındaki Titreşim Davranışları”, *The Journal of Textiles and Engineers*, 18(84), 1-7, 2011.
- [2] Cam Elyaf Sanayi, A.Ş., *CTP Teknolojisi*, Kocaeli.
- [3] Durgun İ., “Vakum İnfüzyon Yöntemi İle Karbon Fiber Motor Kaput Üretimi”, *II. Ulusal Ege Kompozit Malzemeler Sempozyumu*, 2013.
- [4] Yenilmez B., *Vacuum Infusion (VI) Process Modeling and Material Characterization with Viscoelastic Compaction Models*, Koc University, 2014.
- [5] Zhang, K., Gu, Y., Li, M., and Zhang, Z., “Effect of rapid curing process on the properties of carbon fiber/epoxy composite fabricated using vacuum assisted resin infusion molding”, *Materials & Design*, 54, 624–631, 2014.
- [6] Summerscales, J., and Searle, T. J., “Low-pressure (vacuum infusion) techniques for moulding large composite structures”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 219(1), 45–58, 2005.
- [7] Nissilä, T., Karhula, S. S., Saarakkala, S., and Oksman, K., “Cellulose nanofiber aerogels impregnated with bio-based epoxy using vacuum infusion: Structure, orientation and mechanical properties”, *Composites Science and Technology*, 155, 64–71, 2018.
- [8] Ma, Y., Yang, Y., Sugahara, T., and Hamada, H., “A study on the failure behavior and mechanical properties of unidirectional fiber reinforced thermosetting and thermoplastic composites”, *Composites Part B: Engineering*, 99, 162–172, 2016.



- [9] Wang, H. W., Zhou, H. W., Gui, L. L., Ji, H. W., and Zhang, X. C., “Analysis of effect of fiber orientation on Young’s modulus for unidirectional fiber reinforced composites”, *Composites Part B: Engineering*, 56, 733–739, 2014.
- [10] Wazzan, A. A., “Effect of Fiber Orientation on the Mechanical Properties and Fracture Characteristics of Date Palm Fiber Reinforced Composites”, *International Journal of Polymeric Materials*, 54(3), 213–225, 2005.
- [11] Salman, S. D., Sharba, M. J., Leman, Z., Sultan, M. T. H., Ishak, M. R., and Cardona, F., “Physical, Mechanical, and Morphological Properties of Woven Kenaf/Polymer Composites Produced Using a Vacuum Infusion Technique”, *International Journal of Polymer Science*, 2015, 1–10, 2015.
- [12] Laghaei, R., Zarrebini, M., and Soltani, P., “Axial and transverse permeability of unidirectional fiber-reinforced composites”, *The Journal of The Textile Institute*, 109(4), 435–444, 2017.
- [13] Bal, S., and Saha, S., “Mechanical performances of hygrothermally conditioned CNT/epoxy composites using seawater”, *Journal of Polymer Engineering*, 37(6), 635–645, 2017.
- [14] ASTM D790, *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.



EVALUATION OF THE SURFACE ENERGY OF POLYSTYRENE/ORGANOZEOLITE NANOCOMPOSITE

Ceyda Bilgiç¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Eskişehir Osmangazi University, 26480 Eskişehir, Turkey

cbilgic@ogu.edu.tr

Abstract

Polystyrene /Organozeolite nanocomposite containing 5% organozeolite (OZ) by mass was successfully prepared. Nanocomposite was prepared using the solution blending method with sonication. The natural zeolite (clinoptilolite) of Gördes–Manisa (in Western Anatolia of Turkey) used in this work. The O-zeolite was obtained through the purification of zeolite and was organically modified by hexadecyltrimethyl ammonium bromide (HTAB) with certain surfactant concentration. Five characterization methods were applied: Fourier transforms infrared spectra (FTIR), X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and inverse gas chromatography (IGC). IGC studies were operated at infinite dilution, in the temperature range of 40 to 70 °C. The dispersive component of surface free energies of PS/OZ nanocomposite systems was calculated by using the Lavieille–Schultz method. The IGC data showed that the introduction of a very small amount of OZ into the polymer matrix significantly changed the surface characteristics of the final material. The presence of various functional groups in the OZ, PS and PS/OZ nanocomposite was verified by FTIR analysis. The XRD results suggested the formation of exfoliated structure, while TEM images indicated the intercalated morphology of PS nanocomposite. The majority of OZ is dispersed in the polymer matrix in the form of an ordered tactoid (multilayer particles) structure consisting of few silicate layers and a small amount of exfoliation was achieved.

Keywords: *Organozeolite, Polystyrene; Nanocomposites; Preparation, Characterization, IGC*

1. Introduction

The most commonly used techniques for determining the composite morphology are XRD and its complement TEM. View the composite structure using TEM. [1,2]. In the present study, the raw zeolite a decantation process was applied, in order to purify it. Raw zeolite was treated with NaCl to obtain Na-zeolite. Na-zeolite was synthesized by the cationic surfactant, hexadecyltrimethyl ammonium bromide (HTAB) to obtain of organozeolite (OZ). Finally Polystyrene/OZ nanocomposite were prepared using solution blending method at containing 5% organozeolite (OZ) by mass. Characterization methods were employed by use of FTIR, XRD, SEM, TEM and IGC. IGC method was applied for the determination of the surface free energy (γ_s^d) of PS/OZ nanocomposite.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

PS was acquired from Sigma–Aldrich (M_w ~280,000 by GPC). Hexadecyltrimethylammonium bromide (HTAB, C₁₉H₄₂BrN, Purity %98) and sodium chloride (NaCl, Purity %99.5) were procured by Merck and used as received. Trichloromethane (TCM, Purity %99.8) was purchased from Sigma–Aldrich. The natural zeolite used in this study was obtained from Rota Mining Corporation. Zeolites belong to the of Gördes–Manisa region (in Western Anatolia of Turkey). Because raw zeolite has many impurities, was purified by decantation. Na-zeolite was prepared by ion exchange with NaCl. Preparation of PS/OZ nanocomposites similar my previous study [3].

2.2. Characterization

The interlayer distance of PS/ 5% OZ nanocomposite was primarily investigated by FTIR analysis. The FTIR spectra of zeolite were recorded on a Perkin Elmer 100 FTIR spectrometer in the 4000 to 400 cm⁻¹ wave number range using DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) technique. A spectrum of the zeolite was obtained using KBr dilution and finely powdered KBr as reference. The XRD patterns were recorded between 5° and 20° (2 θ) at a scanning speed of 0.02° min⁻¹. Using X-ray diffractometer (Make: Rigaku Ultima-IV diffractometer (Model: Akishima, Japan) with CuK α radiation (40 kV/30 mA) with Cu-K α radiation and Ni filter at room temperature. Scanning electron microscopy (SEM) observation of the sample was done by a Jeol JSM-5600 LV (Tokyo, Japan). Prior to SEM observation, sample was coated with a thin layer of gold using a Polaron SC7620 (Quorum Technologies Ltd., East Sussex, UK). TEM images were recorded on a Jeol JEM-1220 Electron Transmission Electron Microscope (Tokyo, Japan, at an accelerating voltage of 80 kV. The chromatographic experiments were performed with Agilent 7890A gas chromatograph (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) equipped with a flame ionization detector [4].

3. Results and Discussion

Figure 1 shows the FTIR spectrum of the polystyrene, PS/ 5% OZ nanocomposite and zeolite samples. The hydroxyl vibrations can be observed in the 4000-3000 cm⁻¹ spectral region, and the crystal structure in the 1500-400 cm⁻¹ region. The near -IR region (4000-3000 cm⁻¹) gives valuable information on the nature or origin of different types of OH groups. The bands that appear at 1225, 1102, 795 and



447 cm^{-1} and the characteristic strong doublet at 550-560 cm^{-1} confirms the symmetric and asymmetric Si-O-Si or Si-O-Al bonds [5-7].

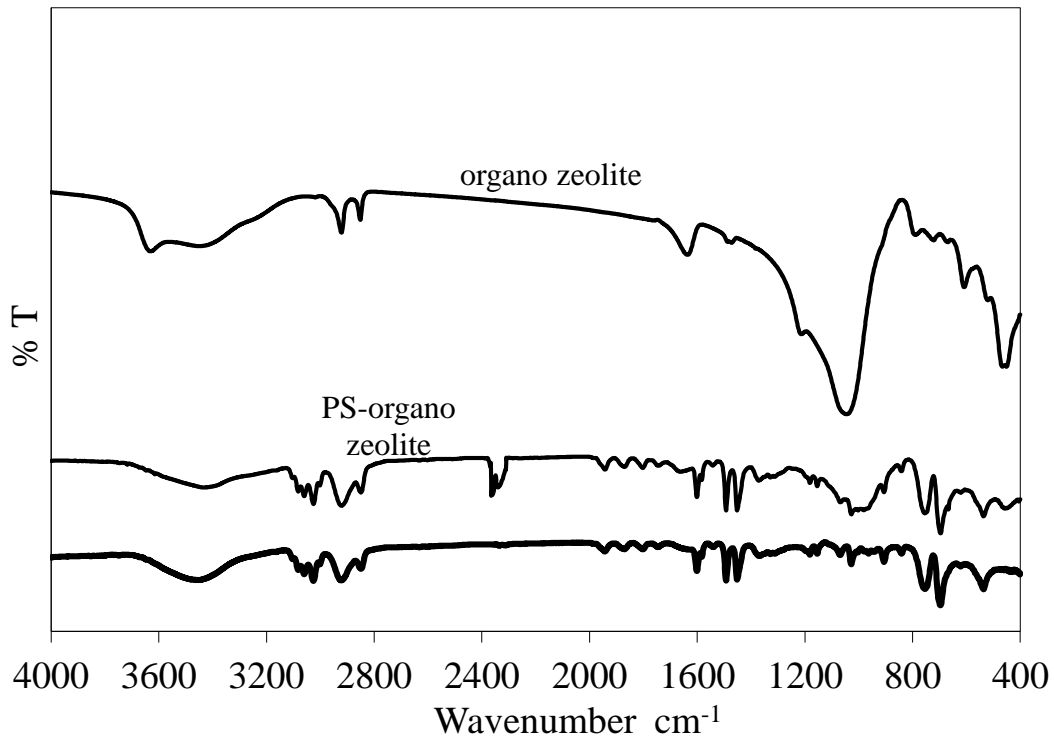


Figure 1. FTIR spectrums for polystyrene, PS/ 5% OZ nanocomposite and zeolite

The XRD of OZ, and PS/OZ composite were recorded at $2\theta = 5-20^\circ$ as shown in Figure 2. The OZ/PS composite, prepared using 5wt% of OZ, did not showed any noticeable diffraction peak at the 2θ . This result suggests that the zeolite platelets was able to the disordered exfoliated structure in the PS [8-11].

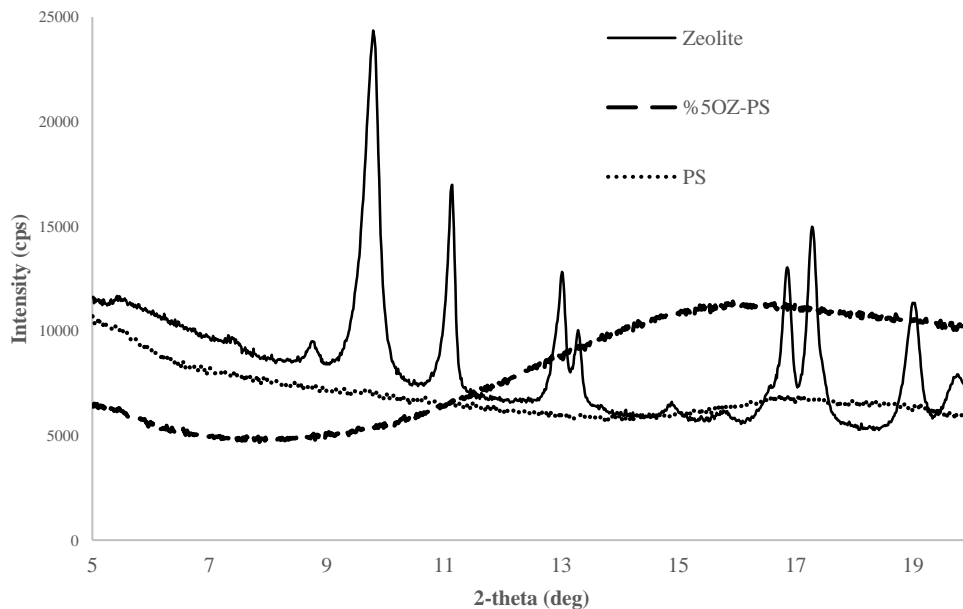


Figure 2. X-ray diffraction profiles of for polystyrene, PS/ 5% OZ nanocomposite and zeolite.

The SEM images of composites are given at different magnifications in Figure 3. TEM images of PS/ 5% OZ nanocomposites are presented in Figure 4.



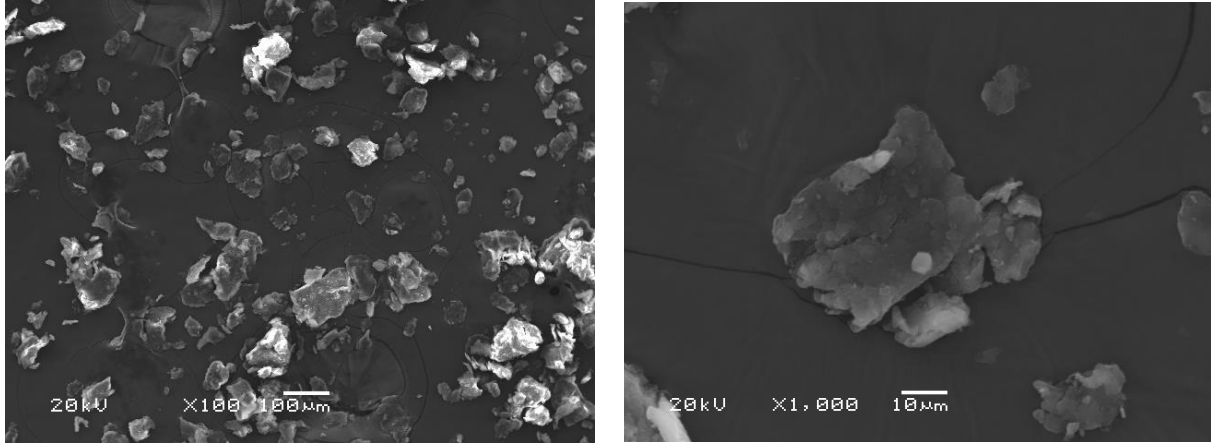


Figure 3. SEM micrographs of PS/ 5% O-zeolite nanocomposite at magnifications of a) $\times 100$ and b) $\times 1000$

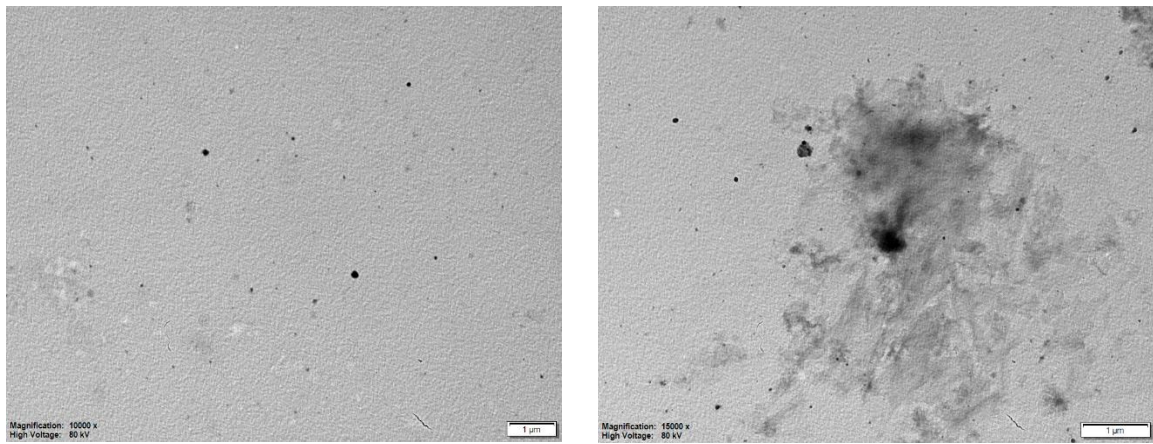


Figure 4 . TEM images of PS/ 5% OZ nanocomposite at low magnification and at higher magnification.

The surface free energy of nanocomposites is calculated according to the Lavielle–Schultz method using IGC. The γ_S^d , was determined by injection of a homologous series of n-alkanes having between 7 and 9 carbon atoms. The calculation of the value of γ_S^d for PS/ 5% OZ nanocomposite, plotting $RT \ln V_N$ against $a(\gamma_L^d)^{1/2}$ as shown in Figure 5. The obtained γ_S^d values for nanocomposite were ranged from 25.8 mJ.m^{-2} at 40°C , 25.4 mJ.m^{-2} at 50°C , 24.3 mJ.m^{-2} at 60°C , and 20.5 mJ.m^{-2} at 70°C .



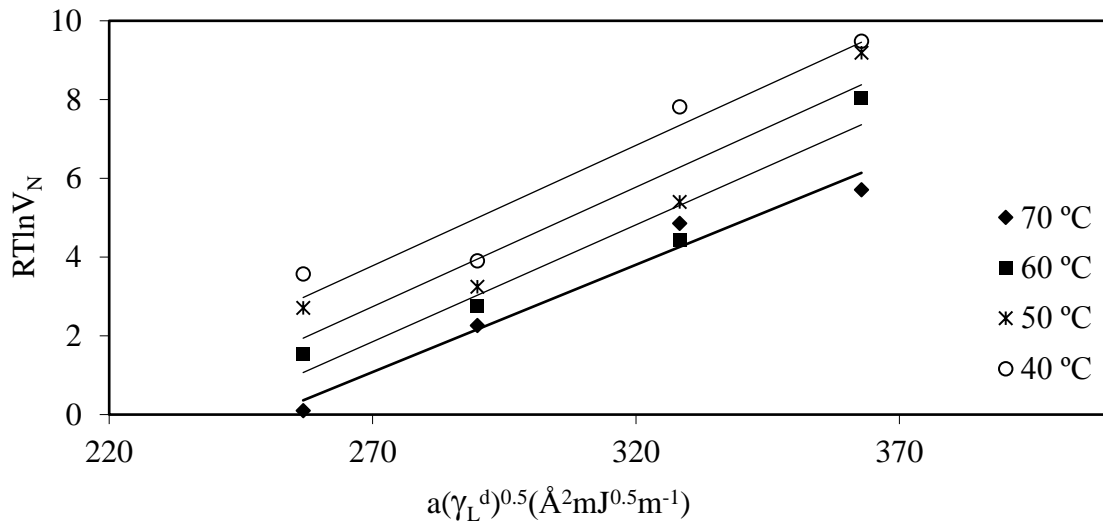


Figure 5. The $RT \ln(V_N) - a(\gamma_L^d)^{1/2}$ graphs for PS/ 5% OZ nanocomposite

4. Conclusions

In this investigation, the OZ, PS and synthesized PS/OZ nanocomposite materials were characterized by FTIR , XRD,SEM, TEM and IGC. This results showed, the polystyrene was intercalated and-flocculated into the zeolite layers, and had quite well dispersion in the polystyrene matrix.

Acknowledgments: This work was partially supported by the Research Fund of Eskişehir Osmangazi University the project (2017-1426).

5. References

- [1] Pourabas, B., Raeesi, V., "Preparation of ABS/montmorillonite nanocomposite using a solvent/non-solvent method", *Polymer*, 46, 5533-5540, 2005.
- [2] Wang, L.J., S.P., Su, D., Chen, C.A., Wilkie, "Variation of anions in layered double hydroxides: effects on dispersion and fire properties", *Polymer Degradation and Stability*, 2009, 94, 770-781.
- [3] Bilgiç, C., Karakehya, N., "Inverse gas chromatographic characterization of polystyrene and organo-montmorillonite/polystyrene nanocomposites", *Journal of Adhesion Science and Technology*, 30(18), 1945-1956, 2016.
- [4] Bilgiç C., "Determination of the Surface Properties of Kaolinite by Inverse Gas Chromatography", *Water Science and Tchnology*, 2, 319-328, 2017.
- [5] Yeh, J. M.,C.T. Yao, C.F. Hsieh, L.H. Lin, P.L. Chen, J. C. Wu, H.C. Yang, C.P. Wu, "Preparation, characterization and electrochemical corrosion studies on environmentally friendly waterborne polyurethane/Na⁺-MMT clay nanocomposite coatings", *European Polymer Journal*, 44, 3046-3056, 2008.
- [6] Erdem Yalçinkaya, S., Yıldız, N., Saçak, M., Çalimli, A., "Preparation of polystyrene/montmorillonite nanocomposites: optimization by response surface methodology (RSM)", *Turkish Journal of Chemistry*, 34,581-592, (2010).
- [7] Yuehonga, M., Jianxi, Z., Hongpinga, H., Penga, Y., Weia, S., Donga, L., "Infrared investigation of organo-montmorillonites prepared from different surfactants", *Spectrochimica Acta A.*, 76, 122-129, 2010.
- [8] Xi, Y., Ding, Z., He, H., Frost, R.L., "Structure of organoclays - an X-ray diffraction and thermogravimetric analysis study" *Journal of Colloid and Interface Science*, 277(1): p. 116-120, 2004.
- [9] Morgan, A.B., Gilman, J.W., "Characterization of polymer layered silicate (clay) nanocomposites by transmission electron microscopy and X-ray diffraction: a comparative study". *Journal of Applied Polymer Science*, 87, 1329-1338, 2003.
- [10] Paul, P.K., Hussain, S.A., Bhattacharjee, D., Pal, M., Preparation of polystyrene clay nanocomposite by solution intercalation technique, *Bulletin Materials Science*, 36, 361-366, 2013.
- [11] Giannakas, A., Spanos, C. G., Kourkoumelis, N., Vaimakis, T., Ladavos, A., Preparation, characterization and water barrier properties of PS/organo-montmorillonite nanocomposites, *European Polymer Journal*, 44,3915-3921, 2008.



MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF POLYVINYL CHLORIDE /PERLITE NANOCOMPOSITE

Ceyda Bilgiç^{1*}, Bengi Bozkır²

^{1,2} Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Eskişehir Osmangazi University, 26480 Eskişehir, Turkey

cbilgic@ogu.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

Polymer clay nanocomposites have attracted extensive interest from academic and industrial researchers. The nanocomposites were characterized by using X-ray diffraction (XRD), Scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and the material was found to be largely intercalated. Polymer composite was synthesized of a poly(vinyl chloride) (PVC) matrix containing 5% perlite (P) by mass. Poly(vinyl chloride)/perlite composites were prepared using the solution blending method with the application of ultrasound and using tetrahydrofuran as solvent. Ultrasonic waves were used to enhance the nanoscale dispersion of the silicate. The perlite was obtained from Cumaovası Processing Plants Perlite of Etibank (İzmir, Turkey) used in this work.

Keywords: Nanocomposite, FTIR, TEM, SEM, XRD

1. Introduction

In the present work, the raw perlite was used for preparation for nanocomposite. Nanocomposite was containing of 95 % Poly (vinyl chloride) (PVC) matrix and 5% perlite (P) by mass. Prepared via solution blending method, by mixing PVC and perlite in tetrahydrofuran solutions. The characterization methods were employed by use of FTIR, XRD, SEM and TEM.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

PVC was provided by Sigma–Aldrich. The perlite sample were obtained from Cumaovası Processing Plants Perlite of Etibank (İzmir, Turkey). Because it was received as it was taken out of the ground, without having been processed, it contained many impurities. In order to purify it and also increase its content, a decantation process was applied. Following this process, the perlite had been dried in an oven at 90 °C and it was ground. Preparation of PVC/perlite nanocomposite similar my previous study [1].

2.2. Characterization

The interlayer distance of PS/ 5% OZ nanocomposite was primarily investigated by FTIR analysis. The FTIR spectra of zeolite were recorded on a Perkin Elmer 100 FTIR spectrometer in the 4000 to 400 cm⁻¹ wave number range using DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) technique. A spectrum of the zeolite was obtained using KBr dilution and finely powdered KBr as reference. The XRD patterns were recorded between 5° and 20° (2θ) at a scanning speed of 0.02° min⁻¹. Using X-ray diffractometer (Make: Rigaku Ultima-IV diffractometer (Model: Akishima, Japan) with CuKα radiation (40 kV/30 mA) with Cu-Kα radiation and Ni filter at room temperature. Scanning electron microscopy (SEM) observation of the sample was done by a Jeol JSM-5600 LV (Tokyo, Japan). Prior to SEM observation, sample was coated with a thin layer of gold using a Polaron SC7620 (Quorum Technologies Ltd., East Sussex, UK). TEM images were recorded on a Jeol JEM-1220 Electron Transmission Electron Microscope (Tokyo, Japan, at an accelerating voltage of 80 kV.

3. Results and Discussion

Figure 1 shows the FTIR spectrum of the PVC, PVC/ 5% P nanocomposite and perlite samples. The characteristic Si-O groups of the silicates forming the nanocomposites indicate the presence at peak intervals of 1420-1470 cm⁻¹. Significant peaks in the 1000-1100 cm⁻¹ peak range are due to the presence of Si-OH groups. Si-O-Si groups are in the 800-900 cm⁻¹ peak range. The stretching peak of Si-O groups (1020 to 1050 cm⁻¹) and Si-O bending peaks (520 cm⁻¹ to 470 cm⁻¹) appears very small peaks as the concentration of SiO₂'s increases. The peaks appeared at different wavelengths between 530 and 520 cm⁻¹ and 470 and 460 cm⁻¹ due to the interaction of the polymer and silicate. Vibration of the structural OH group's stretching peaks of silicates in the range of 3400 and 3600 cm⁻¹ are observed. The peaks around 3400 cm⁻¹ belong to the free water molecules adsorbed by silicate [2].



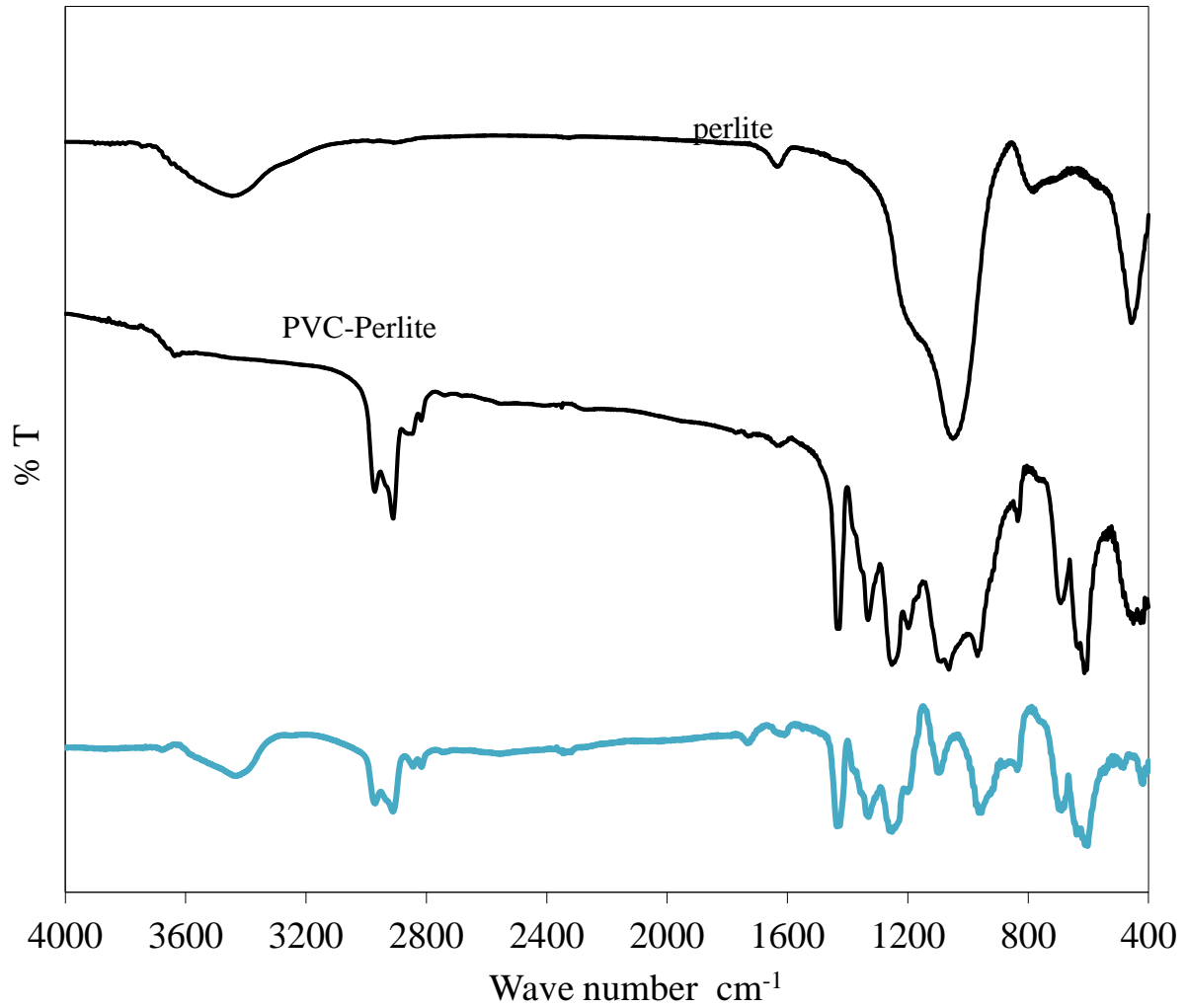


Figure 1. FTIR spectrums for PVC, PVC/ 5% perlite nanocomposite and perlite

The XRD of PVC/P composite were recorded at $2\theta = 5-20^\circ$ as shown in Figure 2. The perlite has characteristic peak, is located at around at $2\theta = 4^\circ$. This peak is related to a basal spacing and corresponds to the 3.96 \AA . This peak can be observed at a decreases intensity in the diffraction of nanocomposite. The XRD pattern of PVC/ perlite nanocomposite, the characteristic peaks of perlite was not observed. This show that PVC have exfoliated into the layers of perlite [3, 4].



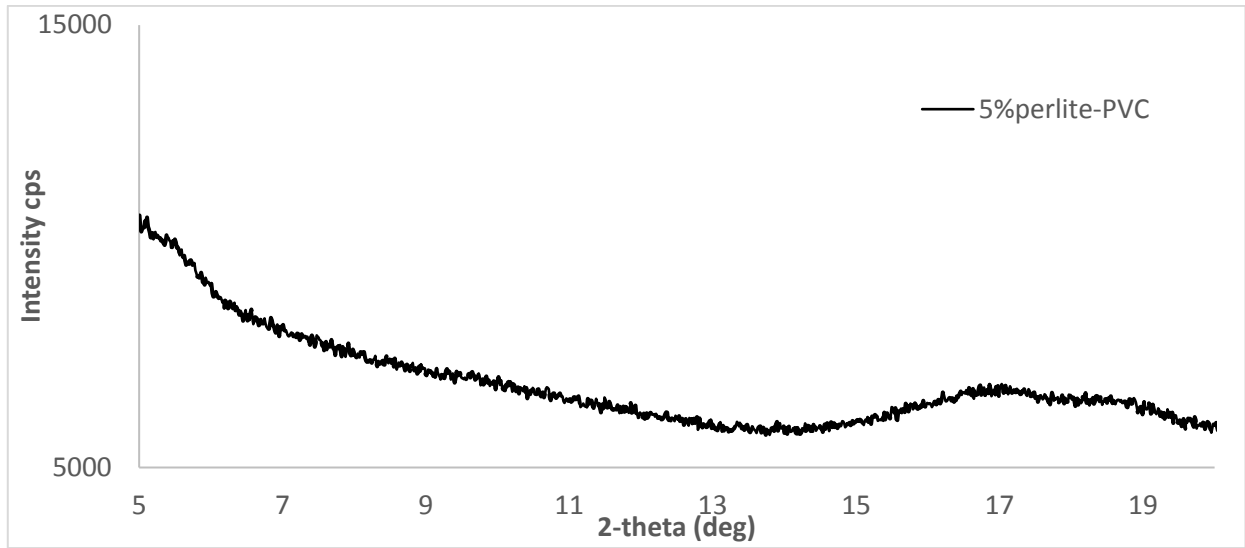


Figure 2. X-ray diffraction profiles of PVC/ 5% perlite nanocomposite

The SEM images of nanocomposite are given at different magnifications in Figure 3. The morphology of the PVC particles that are known to affect the migration of the plasticizer into the PVC particles. PVC powder particles seem to all have spherical shapes as shown in the figure. However, there is a size distribution. That is the size of spheres are not uniform. [5].

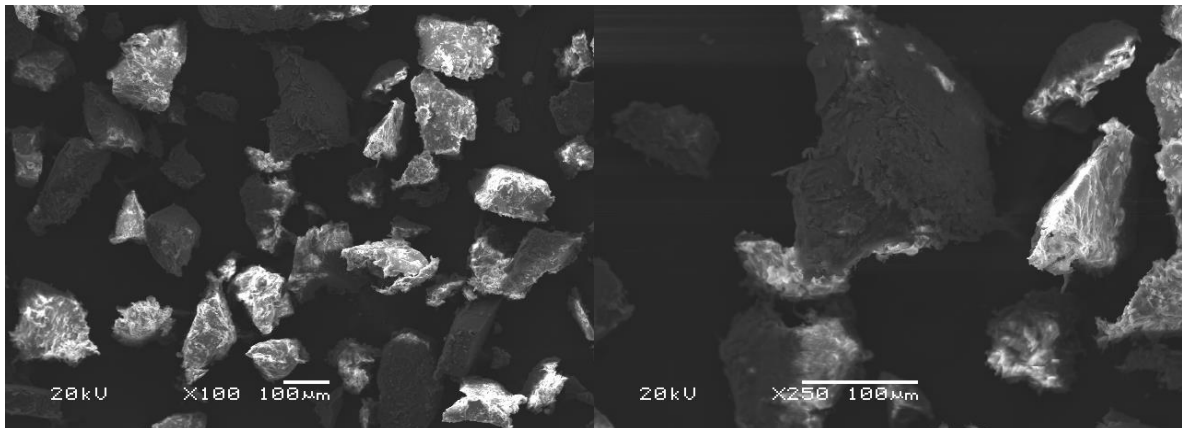


Figure 3. SEM images of PVC/5% perlite nanocomposites at magnifications of a) $\times 100$ and b) $\times 250$

TEM images of PVC/ 5% P nanocomposite are presented in Figure 4. Representative TEM images were collected randomly at low and higher magnifications to have an idea about the appearance of the PVC films. That is, there are enough changes in the surface roughness which are visible to the eye at these magnifications as a function of filler concentration [6].

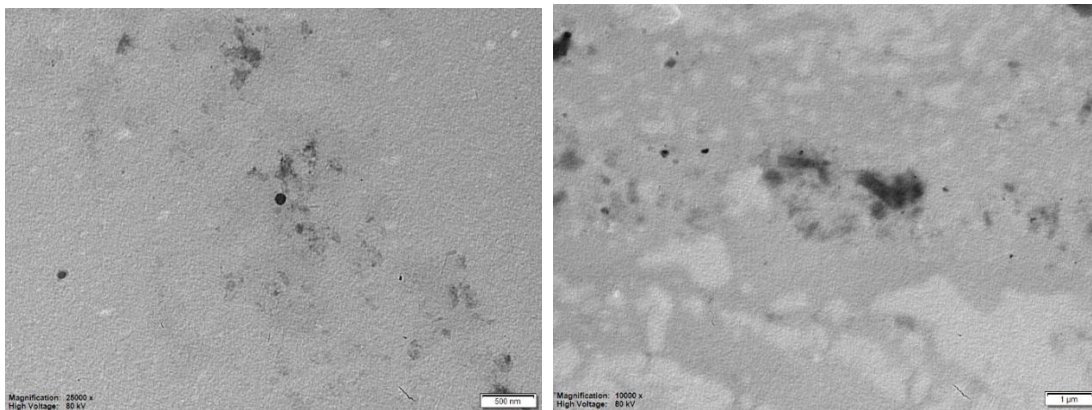


Figure 4. TEM micrographs of PVC/5% perlite nanocomposites (a) at low magnification (b) at higher magnification (the intercalated structure is shown as the white arrow and the exfoliated structure is shown as the black arrows).



4. Conclusions

In this investigation, the P, PVC and synthesized PS/P nanocomposite materials were characterized by FTIR, XRD, SEM, and TEM. The behavior of the perlite filled PVC matrix and morphological properties of the end product were investigated. 5 % concentration perlite was loaded to the PVC matrix as fillers. As a conclusion perlite can be used as a filler instead of montmorillonite in the PVC matrix.

The effect of perlite in the preparation of PVC/ perlite nanocomposite is illustrated in this study for enhancing physical properties. XRD results show that partially intercalated and exfoliated PVC-perlite nanocomposite has been obtained by solution blending. For nanocomposite, some exfoliated structures mixed with the intercalated structure. Moreover, some individual silicate layers are also observed. TEM and SEM observations revealed that the PVC-perlite nanocomposite uniformly dispersed in the PVC matrix. The fracture surfaces of the nanocomposite exhibited plastic deformation feature indicating ductile fracture behaviors. The improvement of toughness of PVC-perlite nanocomposite was attributed to the improved interfacial bonding by solution blending. The XRD patterns and the TEM photographs showed that perlite particles were delaminated into nanoscale layers, which were dispersed throughout PVC matrix. This results showed, PVC/perlite hybrids was exfoliated nanostructure, and had quite well dispersion in the polyvinyl chloride polyvinyl chloride matrix.

Acknowledgments: *This work was partially supported by the Research Fund of Eskişehir Osmangazi University the project (2017-1426).*

5. References

- [1] Bilgiç, C., Karakehya, N., “Inverse gas chromatographic characterization of polystyrene and organo-montmorillonite/polystyrene nanocomposites”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, 30(18), 1945-1956, 2016.
- [2] Innocenzi, P., “Infrared spectroscopy of sol–gel derived silica-based films: a spectra-microstructure overview”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 316, 309–319, 2003.
- [3] Awad, W.H.; Beyer, G.; Benderly, D.; Ijdo, W.L.; Songtipya, P.; Jimenez-Gasco, M.M.; Manias, E.; Wilkie, C.A., “Material properties of nanoclay PVC composites”. *Polymer*, 50, 1857–1867, 2009.
- [4] Motawie, A.M., Madany, M.M., El-Dakrory, A.Z., Osman, H.M., Ismail, E.A., Badr, M.M., El-Komy, D.A., Abulyazied, D.E., “Physico-chemical characteristics of nano-organo bentonite prepared using different organo-modifiers”, *Egyptian Journal of Petroleum*, 23, 331–338, 2014.
- [5] Yang C. J., Gong C. Q., Peng T. Y., Deng K. J., Zan L. “High photocatalytic degradation activity of the polyvinyl chloride (PVC)–vitamin C (VC)–TiO₂ nano-composite film”. *Journal of Hazardous Materials*, 178, 152–156, 2019.
- [6] Kornmann, X.; Thomann, R.; Mulhaupt, R.; Finter, J.; Berglund, L. “Synthesis of amine-cured, epoxy-layered silicate nanocomposites: The influence of the silicate surface modification on the properties”. *Journal of Applied Polymer Science*, 86, 2643–2652, 2002.



BARINMAYA ALTERNATİF STÜDYO DAİRELERİN MORFOLOJİK, BAĞLAMSAL VE SOSYOLOJİK ANALİZİNE İLİŞKİN NİTEL BİR ÇALIŞMA

Dicle Aydın^{1*}, Süheyla Büyüksahin², Esra Yıldız³

1,3 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

daydin70@hotmail.com ,mimaresrayaldiz@gmail.com

2 Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

suheylabuyuksahin@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Geçmişten günümüze, gelenekselden moderne, insana, topluma ve de mekâna dair pek şey değişmekte ve dönüşmektedir. Küreselleşen dünya düzeni bu değişimlerin tetikleyicisi olarak her alana sirayet etmekte, özellikle de toplumların ve kimliğin inşasında önemli olan kentlerde fiziksel görünüm, değişimlerin okunduğu mekâna/mimariye dair göstergeler olmaktadır. Anadolu kentlerinde barınma gereksiniminin mekânsal karşılığı geleneksel konutlar, apartman daireleri, güvenli siteleri, son yüzyılda rezidanslar olarak çeşitlenmiş ve farklılaşmış, değişen yaşam tarzları ve gereksinimlere cevap olarak doğan stüdyo daireler söz konusu çeşitliliğe son yıllarda eklenmiştir.

Konut tercihleri ve bireylere sunulan konut seçeneklerinin çeşitlenmesi özellikle son 10 yılda Konya (Turkey) kentinde farklılık göstermeye başlamıştır. Farklı konut seçenekleri arasında stüdyo daireler kentin özellikle üniversite yerleşkelerine yakın olan bölgelerinde art arda yapılmaya başlanmıştır. Özellikle bahçeli, tek ya da 2 katlı imara sahip olan müstakil konut alanlarında yatırım ve para kazanma amaçlı inşa edilen stüdyo evlerde metrekareye düşen kullanıcı yoğunluğu artmakta, morfolojik ve bağlamsal olarak dokuya aykırı örnekler çoğalmaktadır.

Dar bir yaşam alanı olarak karşımıza çıkan stüdyo dairelerin Konya kenti Meram ilçesindeki uygulamaları bu çalışmada ele alınmış, örnekler fotoğraf ve çizimler üzerinden analiz edilmiştir. Meram ilçesi, geçmişte bağları ve yeşil olma niteliği ile kimlik kazanmıştır. Müstakil ve az katlı konut yapılanması baskın ve yaygın imar görünümü olmuştur. Son yıllarda kentsel anlamda tetikleyici rol üstlenen bir takım kararlar, kapitalist değer unsurları, alışlageldik kentsel dokularda yeni olanın / stüdyo dairelerin var olması sonucunu getirmiş, yerleşim kimliği değişime uğramıştır. Çalışmada söz konusu değişimin bağlamsal, morfolojik ve sosyolojik durumu nitel olarak ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Stüdyo Daire, Barınma, Morfolojik, Bağlamsal, Sosyolojik Analiz*

1. Giriş

“Günümüzde kentler, sahip oldukları ekonomik ve sosyal verilerle ayakta duran (Özaydın vd., 2002), toplumsal, sosyolojik, kültürel nitelikleri barındıran değişken ve dinamik bir olgu (Adams, 1988; Sey, 1998) olarak değişim ve gelişim süreci yaşamakta (Köseoğlu and Aydın, 2009), tarihsel süreçte, fikirlerin, özgürlüklerin, dinlerin, kültürlerin birer “imkân alanı” olarak görülmektedir (Debord, 1996, 92-95)” (Aydın, 2016). Kentlerin var olmasındaki her bir kavram, kentlere niteliğini kazandıran her değer, beraberinde kentlerin bir diğerinden farklılaşan özelliklerini, sosyal, kültürel, ekonomik yapı, tarihi değer ve fiziksel anlamda mimari olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Sosyolojik ve toplumsal olarak ekonomi, aile, siyaset, eğitim gibi kurumlar kendilerine kentte yaşam alanı bulmakta, kente dair ne varsa sadece kenti değil kentle birlikte birçok olguyu etkilemektedir (Ünlü, 2014, 32). Aydın’a (2011, 244) göre bir kentin hemen diğer bütün kurumlar üzerinde bir etkisi bulunmaktadır. Örneğin aile ve unsurlarının geçirdiği değişimin önemli bir kısmı, kentle bağlantılı olarak gerçekleşmektedir. Kent, başlı başına doğal dönüştürücü bir dinamiğe sahiptir ve bu dinamik, demografik yoğunluktur. Durkheimci sosyolojiye göre toplumsal yoğunluk arttıkça mevcut beşeri yapılar ayrılmakta, yeni öğeler ortaya çıkmakta, eskiler yeni biçimler kazanmakta veya işlevlerini yitirmişlerse elenip yok olmaktadır (Aydın, 2011: 244). Sosyal anlamda yaşanan değişimlerin mekânsal karşılıkları kenti oluşturan binalarda kentsel mekânlarda da gerçekleşmekte, morfolojik ve bağlamsal farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Kentlerde yaşanan gelişim ve değişimlerin gözlemlendiği alanlardan biri ve belki de en yoğun olanı konut dokularıdır. Nüfusun artışıyla yeni konut alanlarının imara açılması, var olan konut dokularının kentsel dönüşüm adı altında değişime uğraması, yapı olarak ömrünü tamamlamış binaların yıkılarak yerine yenilerinin yapılması, yeni taşıt akslarının açılması, işlevsel anlamda yeni yerleşim alanlarının tanımlanması gibi birçok uygulama, fiziksel anlamda kentlerde karşımıza çıkan ve birbirini etkileyen durumlar olarak güncel uygulamalar arasındadır. Aydın (2016)’a göre “konut alanlarında parsel bazında tek tek ya da doku bazında daha bütüncül yaşanan değişimler, kentin bütününe zamanla etkileyebilmekte, birbirine referans olan uygulamalar fiziksel değişimlerin ve dolayısıyla kimlik değişiminin tetikleyici unsuru olarak karşımıza çıkabilmektedir”.



Türkiye’de Konut Sorunu ve Konut İhtiyacı raporunda konut; “*birey, aile ya da bireylerden oluşan hane halkının tek veya bir arada bulunacağı ve dolayısıyla ilişkiler kurabileceği "sosyal"; yaşamın bütünlüğü açısından gerekli olan çeşitli işlevlerin sürdürülmesine olanak veren "fiziksel"; birey ve/veya ailelerin toplumu oluşturan diğer öznelerle temasının önemli bir ayağını oluşturan ve toplumsal ilişkilerin yeniden üretildiği "toplumsal"; kentleşme politikalarının oluşturulması ve uygulamasının önemli bir parçası olan "yönetimsel"; sınıfsal bölünmüşlüğü'nün bir sonucu ve göstergelerinden biri olan "siyasal"; üretim, tüketim ve yatırım aracı olması bakımından "ekonomik"; yasal düzenlemelerin söz konusu olduğu ve konut sakinlerine yasal güvenlik sağlaması bakımından "hukuki" ve yapı inşaat teknolojilerinin uygulama alanı olması bakımından" teknolojik" bir birimdir*¹. Konutun, bina tipolojisi olarak değişiminde sosyal, kültürel, ekonomik, teknik, toplumsal faktörler etkili olmaktadır.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan stüdyo daireler, Anadolu kentlerinde son dönemde alternatif barınma mekânları olarak karşımıza çıkan ve konut tipolojisinin farklılaşmasında etkili olan faktörlere yenilerinin eklenmesini sağlayan mekân tipleri olarak ele alınmıştır. Çalışmada Konya'nın Meram ilçesindeki stüdyo daireler örneklenmiş, fiziksel anlamda morfolojik, işlevsel ve konum açısından bağlamsal, kullanıcı profili açısından da sosyolojik olarak niteliksel anlamda incelenmiştir. Çalışma da belgeleme ve nitel tespitler için fotoğraflama ve sözlü görüşmelerden yararlanılmıştır.

2. Konya Kenti’nde Stüdyo Daireler

Konya da stüdyo dairelerin yapımı 2010 yılına tarihlenmektedir. Selçuk Üniversitesi komşuluğunda özellikle bireysel yaşayan genç akademisyenlere ve çalışanlara, öğrenci yurdu dışında alternatif barınma mekanı arayan öğrencilere hizmet vermek amacıyla inşa edilen söz konusu konutların sayısı hızla artmış, yatırım ve gelir elde etme amaçlı olarak da talep görerek ard arda tekrarları inşa edilmiş ve yaygınlaşmıştır. Tablo 1 de 2010-2014 yılları arasında Yazır bölgesinde inşa edilmiş stüdyo dairelerden örnekler görülmektedir.

Konuyla ilgili olarak Ünlü'nün (2014) sınırlı sahada yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, stüdyo dairelerin arz talep sonucu oluşan, toplum tarafından hem istenen hem de istenmeyen durumuna vurgu yapılmış, özellikle bulunulan kentte geçici kullanıcı olma durumunun, stüdyo daire kullanımının temel nedeni olduğu belirtilmiştir.

Konya kentinde ilk olarak Selçuklu merkez ilçesinde var olmaya başlayan stüdyo daire uygulamaları, sonrasında Meram ve Karatay merkez ilçelerinde de uygulanır olmuştur. Stüdyo dairelerin Selçuklu İlçesinde var olmasının en önemli nedeni Selçuk Üniversitesinin varlığı ve üniversitedeki öğrenci yoğunluğudur. Ancak üniversitenin söz konusu ilçede varlığı 1982 yılına tarihlenmekte, fakülte ve bölüm sayılarının artışı, yeni öğrenci yurtlarının zaman içinde yapılmış olmasına rağmen yetmemesi, özellikle İstanbul, Ankara gibi kentlerde stüdyo tipi dairelerin yapılıyor olması, Konya için de örnek teşkil ederek uygulanma nedeni olarak sayılabilmektedir. 2019 yılı itibarı ile Konya’da üç Devlet iki Vakıf Üniversitesi bulunmakta ve kent artık bir üniversite kenti olarak anılmaktadır.

Konuyla ilgili olarak Ünlü'nün (2014) sınırlı sahada yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, stüdyo dairelerin arz talep sonucu oluşan, toplum tarafından hem istenen hem de istenmeyen durumuna vurgu yapılmış, özellikle bulunulan kentte geçici kullanıcı olma durumunun, stüdyo daire kullanımının temel nedeni olduğu belirtilmiştir.

Konya kentinde ilk olarak Selçuklu merkez ilçesinde var olmaya başlayan stüdyo daire uygulamaları, sonrasında Meram ve Karatay merkez ilçelerinde de uygulanır olmuştur. Stüdyo dairelerin Selçuklu İlçesinde var olmasının en önemli nedeni Selçuk Üniversitesinin varlığı ve üniversitedeki öğrenci yoğunluğudur. Ancak üniversitenin söz konusu ilçede varlığı 1982 yılına tarihlenmekte, fakülte ve bölüm sayılarının artışı, yeni öğrenci yurtlarının zaman içinde yapılmış olmasına rağmen yetmemesi, özellikle İstanbul, Ankara gibi kentlerde stüdyo tipi dairelerin yapılıyor olması, Konya için de örnek teşkil ederek uygulanma nedeni olarak sayılabilmektedir. 2019 yılı itibarı ile Konya’da üç Devlet iki Vakıf Üniversitesi bulunmakta ve kent artık bir üniversite kenti olarak anılmaktadır.

¹ http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/9ca6617c167713d_ek.pdf adresinden 1 Kasım 2015 tarihinde ulaşılmıştır.



Tablo 2: Konya Yazır bölgesinde 2010-2014 yılları arasında inşa edilen stüdyo daireler



2018-2019 Eğitim Öğretim yılı itibariyle Konya'daki devlet üniversitelerinde öğrenim gören lisans öğrenci sayıları² Tablo 2 de verilmiştir. Konya'da Devlet ve Vakıf Üniversitelerinde toplam 127272 öğrenci bulunmaktadır. Selçuk Üniversitesi ve Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakülteleri program ve kapsamlı Eğitim ve Araştırma Hastanesi hizmetini vererek, eğitim ve tıbbi personel olarak uzun yıllardır uzman yetiştiren kurumlardır. Konumuz açısından uzman aday doktorların eğitim amacıyla Konya'ya gelmesi stüdyo daire kullanıcıları açısından önemlidir. Necmettin Erbakan Üniversitesi ve Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Meram ilçesinde,

² <https://istatistik.yok.gov.tr/> Erişim Tarihi: 15.06.2019



Konya Teknik ve Selçuk Üniversitesi Selçuklu ilçesinde, KTO Karatay Üniversitesi ise Karatay ilçesinde yer almaktadır. Söz konusu üniversiteler dışında kapasitesi fazla ve kentlinin yoğun bir şekilde hizmet aldığı personel sayısı bakımından da yoğun olan bir diğer bina tipolojisi hastanelerdir. Meram Bölgesinde Meram Eğitim ve Araştırma hastanesi, Selçuklu Bölgesinde Beyhekim Hastaneler Kompleksi ve Numune Hastanesi personeli stüdyo dairelerin kullanıcıları arasındadır. Karatay Bölgesinde 2019 Ekim-Kasım aylarında hizmete başlayacağı belirtilen Konya Şehir Hastanesi, stüdyo tipi dairelerin önümüzdeki günlerde artışını muhtemelen tetikleyecektir.

Tablo 2: 2018-2019 Eğitim Öğretim yılı itibariyle Konya'daki devlet üniversitelerinde öğrenim gören lisans öğrenci sayıları

Üniversite Adı	Tür	Toplam
Konya Teknik Üniversitesi	DEVLET	16624
Necmettin Erbakan Üniversitesi	DEVLET	34913
Selçuk Üniversitesi	DEVLET	67225
KTO Karatay Üniversitesi	VAKIF	8118
Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi	VAKIF	392

3. Konya Meram İlçesinde Stüdyo Daireler

Konya'nın merkez Meram ilçesi yakın yıllara kadar bağ, bahçe, tarla yoğunluğuyla “yeşil meram” olarak kalmıştır. Önceden bağ bahçe olan alanlar konut dokusuna dönüşmüş olsa da, belirli bir alanda konutların geniş bahçeli alanlara konumlanması yeşil özelliğini azalarak da olsa devam ettirir niteliktedir. “Meram bölgesinin son 25 yılda imara açılan alanlarında katlı yapılanma gözlemlenmektedir. Önceleri 4 ya da 5 kat olarak gözlemlenen konutların, günümüzde 10-15 kata kadar çıktığı görülmektedir. Bölgede arsa değerinin Konya kenti geneline göre yüksek olması imar düzenlemeleri ve dolayısıyla katlı yapılanmayı kar elde etmek adına tetiklemiştir” (Aydın ve Sıramkaya, 2014). 1938 yılında açılan “Yeni Yol” günümüzde bölgenin yoğunluğunu arttıran adımları başlatmıştır. 1962 yılında Meram Yeni Yol üzerinde Eğitim Fakültesinin yapılması ulaşım yoğunluğunu arttırmıştır. 1966 yılı planında Meram Yeni Yolun kuzey ve güneyinde konut alanlarına yer verilmiş, ayrıca askeri alan (birlikler, lojmanlar ve okul), eğitim alanları ve hastane (SSK hastanesi 1966) gibi resmi ve kamu binaları da yer almıştır. Bölgenin merkeze yakınlığı, ulaşım kolaylığı, temiz havası, şehir gürültüsünden uzak oluşu, o yıllarda rağbet edilen bir bölge olmasını tetiklemiştir (Köseoğlu ve Aydın, 2009). Bununla birlikte günümüzde Necmettin Erbakan Üniversitesi bünyesinde bulunan Konya'nın en eski fakülteleri³, öğrenci ve akademik personel sayısı bakımından Meram ilçesinin önemli çekim unsurudur.

Meram Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Üniversite Tıp Fakültesi ve Eğitim Araştırma Hastanesi, İlahiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, Fen Fakültesi ve Necmettin Erbakan Üniversitesi Köyceğiz Yerleşkesi kullanıcıları, araştırma alanımız olan Meram Yeni Yol Aksının kuzeyinde konumlanan Stüdyo dairelerin ağırlıklı kullanıcı profilini oluşturmaktadır.

Çalışma kapsamında Eğitim Fakültesi yakın çevresinden, Köyceğiz kampüsü komşuluğundaki dokudan ve Meram Yaka ve Meram Yeni Yol arasındaki yerleşim yerinden örneklerle gözlem ve görüşmelerden elde edilen bilgiler doğrultusunda, morfolojik, bağlamsal ve sosyolojik bulgular niteliksel olarak ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

3.1. Örnek 1

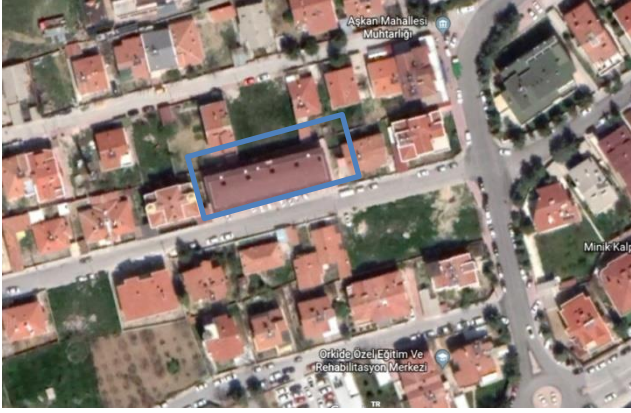
Meram Aşkan Mahallesi Erdek Sokakta yer alan Stüdyo daireler Bodrum, zemin, bir ve çatı katından oluşmaktadır (Tablo 3). Komşuluğunda yer alan konutlar müstakil, tek ya da iki katlı çekirdek ya da büyük aile tipolojisinin barındığı konut tiplerindedir. Parsel büyüklükleri 250-450 m² arasında değişmektedir. Parsel büyüklüğünün az olduğu arsalarda bitişik nizam (iki bina) yapılaşma, büyük olan arsalarda ise ayrı nizam yapılaşma mevcuttur. Stüdyo dairelerin bulunduğu arsaların büyüklüğü 835 m² dir. İki parsel tevhit edilmiş, tek yapı kütlesi çekme mesafeleri ve taban alan katsayısı dikkate alınarak bina konumlandırılmıştır. Adada bu büyüklükte başka parsel bulunmamaktadır. Stüdyo dairelerin bulunduğu bina bodrum kat ve çatı katı kullanımıyla da farklılaşmaktadır. Ada içerisinde morfolojik anlamda birbirine benzer ve aykırı olmayan homojen bir yapılaşma söz konusu iken, stüdyo daireleri barındıran binanın varlığı ile biçimsel farklılaşma yaşanmıştır. Geleneksel yaşantının, müstakil bahçeli evlerin yoğun olduğu dokuda, küçük metrekareli 16 dairenin bulunduğu apartman çözümü sosyolojik, morfolojik ve bağlamsal açıdan aykırı bir duruşu sergilemektedir.

³ Selçuk Üniversitesi 2010 yılında alınan kararla bölünmüş, Tıp Fakültesi, Eğitim Fakültesi, İlahiyat Fakültesi 14 Temmuz 2010 yılından kurulan Necmettin Erbakan Üniversitesi bünyesinde yer almış ve yeni fakülteler zamanla açılarak Üniversite büyümüştür. Selçuk Üniversitesi Konya Kentinin ilk üniversitesi olsa da önceleri bünyesinde bulunan, Konya'da Yükseköğretimin temellerini oluşturan Yüksek İslam Enstitüsü, Eğitim Enstitüsü ve ardından Tıp Fakültesi gibi ilk fakülteler Necmettin Erbakan Üniversitesi adı altında hizmet vermeye devam etmektedir.



Stüdyo dairelerin kullanıcıları öğrenciler, eğitim ve çalışma amacıyla kente gelmiş üniversite mezunu gençler, yeni evli çocuğu olmayan ve Konya’da geçici bulunan bireyler olmak üzere çeşitlilik göstermektedir.

Tablo 3: Örnek 1



Stüdyo dairelerden oluşan barınma mekanları



Binanın komşuluğundaki konutlar.

3.2. Örnek 2

Meram Aşkan Mahallesi Güldere Sokakta yer alan Stüdyo daire Bodrum, zemin, bir ve çatı katından oluşmaktadır. Komşuluğunda yer alan konutlar müstakil, ağırlıklı olarak iki katlı çekirdek ya da büyük aile tipolojisinin barındığı konut tiplerindedir. Parsel büyüklükleri 250-660 m² arasında değişmektedir. Adada ayırık nizam yapılaşma mevcuttur. Stüdyo dairelerin bulunduğu arsanın büyüklüğü 350 m² dir. Parsel büyüklüğü yönünden diğer komşu parsellerden farklılık göstermemekte, ancak stüdyo dairelerin bulunduğu bina bodrum kat ve çatı katı kullanımıyla farklılaşmaktadır. Ada içerisinde morfolojik anlamda birbirine benzer farklı büyüklüklerde yapılaşmalar söz konusudur. Farklı yıllarda yapılmış olan konutlarda, yapı malzemeleri zamana göre çeşitlilik göstermekte, mimari arayışlar çeşitlenmektedir. Stüdyo daireleri barındıran binanın varlığı biçimsel olarak diğerlerine göre farklı olmasa da cephe rengi yeni olma durumunu vurgulamaktadır. Bina henüz tamamlandığından tam olarak kullanıma geçilmemiştir. Öğrencilere, bireysel yaşayan çalışanlara kiraya verilmesi düşünülmektedir. Bina sokak ölçeğinde komşuluğundaki binalar arasında morfolojik ve bağlamsal olarak farklılık göstermese de, sosyolojik anlamda bireysel ve geçici kullanımların varlığının dokudaki oluşumu etkileyeceği düşünülmektedir.



Tablo 4: Örnek 2



Meram Apartments



Örnek binanın komşuluğundaki konutlar

3.3. Örnek 3

Necmettin Erbakan Üniversitesi Köyceğiz kampüsü 2014 yılında tamamlanan üç bina ile hizmet vermeye başlamıştır. İnşa edilen ilk binalarda eğitim ve öğretime başlanması çevresindeki yerleşim yerlerinin de değişmesinde tetikleyici unsur olmuştur. Öncelikle özel öğrenci yurtları oluşmaya başlamış, boş parsellerde stüdyo tipi daireler yapılmıştır. Yerleşkenin komşuluğunda, zemin+1, Zemin+2 katlı konutlar yer almakta iken, kampüs oluşumun başlaması ile yeni barınma mekânları zemin+3, zemin+4, bodrum, zemin, birinci ve çatı katından oluşan konutlar farklı uygulamalarla hızla inşa edilmiştir. Çevresindeki konutlarda çekirdek aile ya da büyük aileler kullanıcı profilini oluştururken, yeni barınma mekânları geçici ve bireysel yaşamlara hitap etmektedir. Eşyalı, eşyasız barınma alternatiflerinin sunulması pazarlamayı kolaylaştırmıştır. 300-600 m2 büyüklüğündeki parsellerde 2-3 katlı tek binalar inşa edilirken yeni oluşumlarda daha büyük parsellere 3-4 bina yapılmıştır. Stüdyo dairelerin olduğu yeni barınma binaları zemindeki inşaat alanları, kat sayıları, biçimsel olarak çok sayıda küçük dairelerden dolayı morfolojik farklılık oluşturmuştur. Söz konusu dokuda alternatif olarak yurt binalarının da var olmaya başlaması, mevcut fiziksel dokunun farklılaşmasına sebep olmuştur. Stüdyo tipi konutların/binaların kullanım yoğunluğu henüz artmamıştır. Kullanıcı profilinin ağırlıklı olarak öğrencilerden oluşacağı beklenmektedir. Stüdyo tipi evleri kullananların geçici olma durumları diğer aile evleri ile birlikte sosyolojik bir farklılaşmayı sergileyecektir. Diğer iki örnekten farklı olarak bu alanda yeni barınma mekanlarının ayrı ayrı binalar şeklinde dokuya/adaya baskın olmaya başlaması, gereksinim ve talepler düşünüldüğünde önümüzdeki aylarda yeni işlevlerin de (kırtasiye, yeme içme mekanları, market, temizleme vs..) dokuda yer alması kaçınılmaz olacaktır. Yeni işlevler sadece komşuluğundaki binaların kullanıcılarını değil bölgedeki bireylere hizmet etmeye başlayacaktır. Dolayısıyla aile evlerinin, bir parselde bir ya da iki konutun bulunduğu dokunun niteliği kullanıcı profili, yeni hizmet mekânları, kullanım zamanları, belki gürültü ve hareketlilik yönünden sosyal anlamda farklılaşma başlayacaktır. Bağlamsal, morfolojik ve sosyolojik değişimin özgün konut dokusunu olumsuz etkileyeceği muhtemeldir.



Tablo 5: Örnek 3



Parsel ve bina yapılanması.



Yeni barınma mekanları



Aile evleri ve yeni barınma mekanları genel görünümü



Çevredeki konutlar

4. Sonuçlar

Fiziksel anlamda uzun yıllardır belirli parsel büyüklüklerinde, imarın tanımladığı şekilde birbirine benzer bahçeli ve az katlı, çekirdek ya da geniş ailelerin yaşadığı konut dokularında yeni barınma alternatiflerinin bireysellik/geçicilik olgusu üzerine kurgulanması, mahalle dokularında aykırı durmaktadır. Bağlamsal, morfolojik, sosyolojik olarak yeni olanın uyumsuzluğu parsel birleştirmeleri ile yapılan uygulamalarda ve parçalı ama kat sayısı fazla ve diğerlerine göre baskın duran uygulamalarda daha fazla dikkat çekmektedir. Alansal büyüklük, daire sayısını da arttırmakta, sosyolojik farklılaşma sayısal anlamda artma yönünde değişiklik göstermekte, biçimsel bakımdan da dokunun karakterini bozmaktadır. Yeşil doku, sokak ölçeği, binaların birbirleriyle olan mesafe ve ilişkileri belirli bir düzen içinde iken yeni olanın büyüklük, yükseklik olarak farklılığı olumlu kentsel nitelikleri de bozmaktadır. Bireysel yaşamlara hizmet etmek ve de gereksinimleri karşılamak amacıyla mahallelerde var olmaya başlayan konut dışı fonksiyonlar, bağlamsal, morfolojik ve sosyolojik yapının değişim derecesini etkilemektedir. Barınma mekânlarının/“ev” olgusunun zaman içinde değişmesi, sosyal yapının farklılaşması, teknolojinin değişmesi ile konfor koşullarının daha da iyileşmesi, yeni malzemelerin her geçen gün artması kaçınılmaz ve gerekli olsa da yeni olanın parsel, ada, mahalle ölçeğinde olumlu niteliklere zarar vermeden var olması süreklilik açısından değer taşımaktadır. Rant, gelir elde etme, tüketim odaklı yaklaşımlar maalesef tekrarları doğuracağından olumsuz örneklerin sayısı artabilecektir. Yeni barınma alternatifleri, bir gereksinimin sonucu ise nerelerde nasıl olması gerektiği yerel yönetimlerin gündeminde olmalı, mevcut kentsel dokuların kimliğini koruyacak kararların nasıl olması gerektiği sorusunun cevapları aranmalıdır.

5. Kaynakça

Ünlü, S., (2014). *Küreselleşen Dünyada Yeni Kentsel Kurgular: “Stüdyo Dairelerde Yaşam”*. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Aydın, M., (2011). *Güncel Kültürde Temel Kavramlar*. Açılım Kitap, İstanbul

Aydın, D., (2016). *Morphological-Ontological Analysis of Urban Texture Changing with Dwelling Typologies*. Open House International, s:6-14

Aydın, D. & Sıramkaya, Büyüksahin.S., (2014). *“Neighborhood” Concept and the Analysis of Differentiating Sociological Structure with the Change of Dwelling Typology*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 140, 260 – 269, (Science Direct Database)



Köseoğlu, B.D. & Aydın, D., (2009). *Müstakil Konut Alanlarında Morfolojik ve Bağlamsal Değişim: Konya Meram Öğretmen Evleri*. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2), Aralık 2009, 110-123

Adams, J. S., (1988). *Cities and Their Vital Systems: Infrastructure Past, Present and Future*. Washington, D.C., National Academy Press, 108-145 (<http://www.google.com/books>)

Sey, Y. (1998). *Cumhuriyet Döneminde Konut*. 75. Yılda Değişen Kent ve Mimarlık. (Editör: Yıldız Sey), Tarih Vakfı Yurt Yayınları, 273-300.

Debord, G. (1996). *Gösteri Toplumu ve Yorumlar*, (Çeviri: A. Ekmekçi ve O. Taşkent), Ayrıntı Yay. İstanbul.

Özaydın, G., Erden, D., Üstündağ, K. & Arıkanlı, M., (2002). *Bir Yerleşimde Temel Tasarım Diliyle Anlam ve Değişimi Okumak, İstanbul / Rumeli Feneri Köyü Örneği*”, Küreselleşme Sürecinde Kentsel Tasarım ve Yerel Özellikler, 1. Uluslararası Kentsel Tasarım Buluşması Uluslararası Sempozyumu, Eylül, 2001, Editör: Çubuk, M., İstanbul, 462-478.



YÜZEYSEL TEMELLERDE TAŞIMA GÜCÜNÜN CBS İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet Cemal Acar¹, Dilek Kaya^{2*}

1 Kayseri Üniversitesi, İnşaat Bölümü / İnşaat Teknolojisi Programı, Kayseri, Türkiye

acar@erciyes.edu.tr

2 Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Bölümü / İnşaat Teknolojisi Programı, Gümüşhane, Türkiye*

dilek.ozdemir@gumushane.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte geoteknik verilerin bir bütün içinde incelenip değerlendirilmesi ve hızlı karar verme sürecinde bilgisayar destekli uygulamaların kullanımı gereklidir. Bu çalışmada sanayi bölgesi incelenmiş, içinde mevcut olan sanayi yapılarının temel taşıma gücü değerleri belirlenerek sonuçlar coğrafi bilgi sistemi yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışma alanı sınırları sayısallaştırılmış, bölgede yapılmış sondaj ve laboratuvar çalışmalarından alınan veriler ile sayısal formatta veritabanı oluşturulmuştur. Veritabanı için taşıma gücü değerleri Terzaghi (1943)'e dayalı taşıma gücü teorisi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Haritaların elde edilmesinde ve değerlendirilmesinde CBS yazılımı olan ArcMAP (V:10.4.1) programıyla mekânsal analiz yöntemlerinden IDW enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda arazi geoteknik açıdan değerlendirilerek bölgelerin taşıma gücünü gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Taşıma gücü, ArcGIS*

1. Giriş

Geoteknik değerlendirme yapılırken arazi üzerinde yapılan arazi deneyleri ve alınan numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile zemin yapısının özellikleri, ilgili zemin parametrelerinin elde edilmesi gibi gerekli sonuçlar elde edilir. Bu sonuçların elde edilmesinde arazi üzerinde yapılan sondaj noktasının yerleri ve aralığı özellikle yatay ve düşey yönde ani değişim gösteren zemin kesitlerinde önem arz etmektedir. Böyle değişiklik gösteren zemin kesitlerinde özellikle büyük ölçekli arazilerde maliyetin düşürülmesi için araştırma noktalarının aralığının uzak tutulması durumunda bu zemin kesitlerinin sınırlarını belirlemek zorlaşmaktadır (Bol ve diğ., 2018).

Coğrafi Bilgi Sistemleri, konuma dayalı işlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2009: 49).

Orta ve büyük ölçekli arazi çalışmalarının değişen zemin ortamlarında taşıma gücü değerlendirmesi yapılması ve mekansal analiziyle birlikte çalışma alanının bir bütün olarak ele alınıp değerlendirilmesi karar vericilere büyük bir kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir. Bu mekansal analiz sürecinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması gerekli sonuca ulaşmada yardımcı olacaktır. Dünyada zeminler hakkında CBS tabanlı olarak hazırlanan zemin bilgi sistemlerinden Canadian soil information system ve ASRIS (Australian soil resource information system) sürekli güncellenerek dinamik bir yapıya sahip olmakla birlikte özellikle yerbilimlerinde çalışma ve araştırma yapan kullanıcılarına etkin bir kullanım alanı sunmaktadır.

Geoteknik alanda CBS kullanımı arazi ve laboratuvar sonuçlarının derlenerek uygun formatta veri tabanı olarak kaydedilmesi ve bu veri tabanının istenilen sonuçlar için analizlerde kullanımını kapsar.

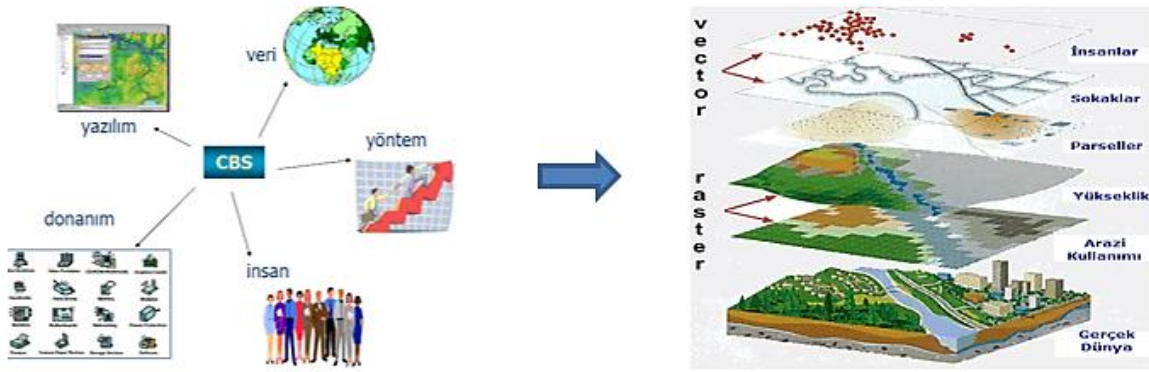
Bu çalışmada taşıma gücü değerlendirilmesi coğrafi bilgi sistemlerinin yardımı ile yapılması anlatılmıştır. Çalışma alanı Kayseri Kocasinan ilçesi Oymaağaç Mahallesi sınırları içinde yer alan Mobilyacılar Sanayi Sitesidir. Çalışma alanı ayrıca Kayseri'de yeni yerleşime açılan bir bölgede olması sebebiyle de araştırmaya konu olmuştur. İnceleme alanının genel olarak temel zemini, siltli kum (SM) ve siltli kil (CL, ML) bantlarından oluşmaktadır. Ayrıca yeraltı su seviyesi de 1.5 ile 2.1 arasında değişmektedir.

2. Yöntem

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi bilgiyi toplamaya, saklamaya, işlemeye, oluşturmaya, güncellemeye, analiz etme ve göstermeye yarayan, içerisinde donanım, yazılım ve personel bulunduran sistem veya proje sürecini görsel olarak izlemeyi sağlayan, değerlendirme ve planlama süreçlerinin yönetilmesine yardım eden görsel karar destek sistemi olarak tanımlanabilir (Şekil.1) (Uyguçgil, 2011: 133). Bununla birlikte CBS, coğrafi çalışmalara hız kazandırırken kısa sürede net sonuçların alınmasını sağlamaktadır. CBS teknolojisindeki gelişmeler zaman ve emekten tasarruf sağlamakla birlikte coğrafi verilerin sayısal ortamda değerlendirilmesi ile hata oranlarını en aza indirmektedir (Bayar, 2005: 20).

Çalışmada kullanılan CBS yazılımı olan ArcMAP (V:10.4.1) programıyla çalışma alanının arazi ve laboratuvar verilerinin toplanarak veri tabanının oluşturulması ve bu veri tabanı ile sayısal ortamda ihtiyaca yönelik tematik haritaların elde edilmesi geoteknik alanda kullanımın esasını oluşturmaktadır.





Şekil 1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) bileşenleri

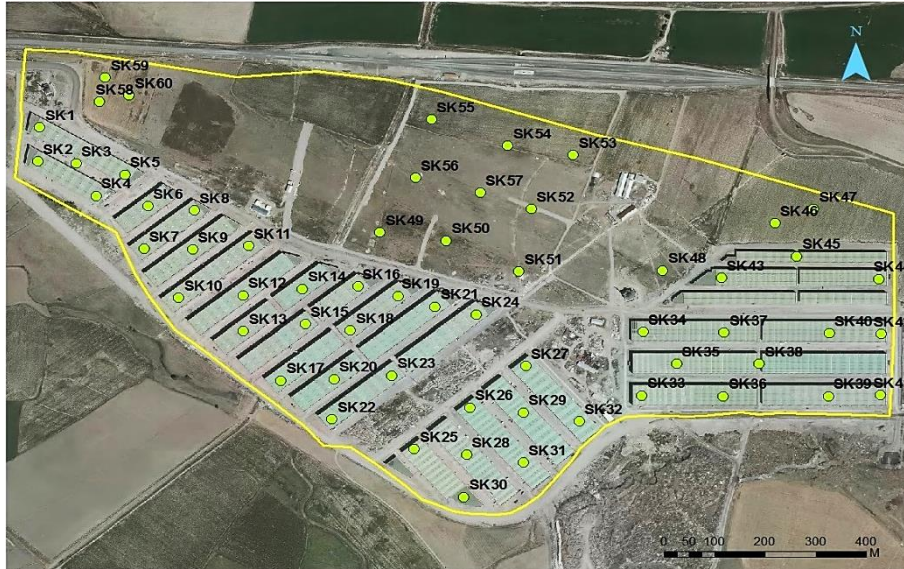
2.1. Veri tabanı ve Analizler

Bu çalışmada Şekil.2’de gösterildiği gibi sanayi sitesi sınırları sayısallaştırılmış ve 60 adet sondaj noktası çalışma alanı sınırları içinde koordinatları belli olan yerlere eklenmiştir. Altlık olarak ortofoto görüntüsünde ilave edilerek sondaj noktalarının yerleri mekansal olarak ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanı kuzey bölgesinde radye temelli bir avm yapısı (5209/2 parsel) diğer alanlarda tekil dikdörtgen temelli sanayi yapıları mevcuttur. Radye temel -3 m’de, tekil temeller -1 m’de yer almaktadır.

Bu çalışmada kullanılan program ArcMAP (V:10.4.1) olup tematik harita üretimi için Spatial Analysis (Mekansal Analiz) modülü kullanılarak enterpolasyon yöntemi olarak Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW) kullanılmıştır. IDW yönteminin temelinde yatan matematiksel ifade denklem (1)’de gösterilmiştir. Bu yöntemin doğruluğunu etkileyen en önemli parametre üssel parametre olan p olup di iki nokta arasındaki mesafeyi, n ise nokta sayısını ifade etmektedir. p değeri arttıkça ağırlıklandırma, mesafeyle ters orantılı olarak değişmektedir. Bu yüzden, yakın noktalar daha yüksek ağırlığa sahip olarak hesaplamalarda daha büyük etki oluşturmaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989).

$$\lambda_i = \frac{1}{d_i^p} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}$$



Şekil 2. İnceleme alanı sondaj noktaları

Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre belirlenmiş zemin sınıfı verileri, veri tabanı olarak programa kaydedilmiştir. Temel derinlikleri -1 m ve -3 m olan çalışma alanında zemin sınıflandırma haritası yapmak için olan ArcMAP (V:10.4.1) programının Thiesen Poligon Yöntemi’nden yararlanılmış düzensiz üçgen ağırları modeli ile nokta etrafında alan katmanları oluşturulmuştur.



3. Bulgular

Bu çalışmada basit ve yaygın olarak kullanılması sebebi ile Terzaghi taşıma gücü teorisi kullanılmıştır. Terzaghi (1943) genel taşıma gücü formülü (2) incelendiğinde k_1 ve k_2 temel tipine bağlı şekil katsayılarını, c değeri kohezyonu, N_c , N_q ve N_γ içsel sürtünme açısına bağlı taşıma gücü katsayılarını belirtmektedir. Ayrıca γ_1 temel üstü γ_2 ise temel altı birim hacim ağırlığını, D_f temel derinliğini ve B ise temel genişliğini ifade etmektedir.

$$q_u = k_1 \cdot c \cdot N_c + \gamma_1 \cdot D_f \cdot N_q + k_2 \cdot \gamma_2 \cdot B \cdot N_\gamma \quad (2)$$

Dikdörtgen temellerde temel tipine bağlı şekil katsayıları denklem (3) ve (4)'teki gibi alınmıştır (Terzaghi, 1951).

$$k_1 = 1 + 0,3 \times \frac{B}{L} \quad (3)$$

$$k_2 = 0,5 - 0,1 \times \frac{B}{L} \quad (4)$$

Tekil dikdörtgen temelli sanayi yapılarının bulunduğu bölgede yapılan 25 sondaj noktasından ve radye temelli avm binasının yapıldığı bölgede (5209/2 parsel) ayrıca yapılan 9 sondaj noktasından alınan zemin numuneleri üzerinde daha önce yapılmış olan laboratuvar deneyleri sonucunda (Tablo.1), taşıma gücü hesabı için gerekli parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler ile Terzaghi, (1943) taşıma gücü eşitliği kullanılarak taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Güvenlik katsayısı "3" alınarak emniyetli taşıma gücü değerleri elde edilmiştir.

Tablo 1. Taşıma gücü değerleri

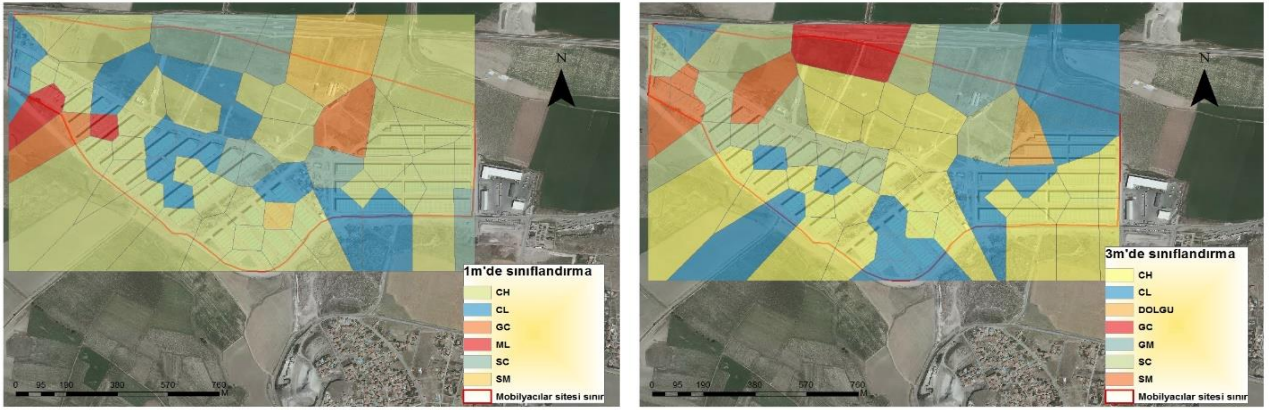
Sondaj No	Derinlik (m)	Yass (m)	c (kgf/cm ²)	Φ	σ_{em} (kg/cm ²)	Sondaj No	Derinlik (m)	Yass (m)	c (kgf/cm ²)	Φ	σ_{em} (kg/cm ²)
SK1	15	1,8	0,6494	7	1,89	SK22	15	1,7	0,1489	8	0,53
SK2	15	1,8	0,3216	5	0,93	SK23	15	1,8	0,1489	8	0,66
SK3	15	1,7	0,1047	10	0,56	SK25	15	1,9	0,3552	4	0,89
SK4	15	1,8	0,1423	7	0,59	SK26	15	1,8	0,1489	8	0,66
SK5	15	1,7	0,1717	6	0,65	SK28	15	1,9	0,1047	10	0,5
SK6	15	1,7	0,1691	5	0,67	SK30	15	2	0,2348	6	0,81
SK8	15	1,6	0,5135	2	1,23	SK31	15	1,8	0,1423	7	0,64
SK9	15	1,8	0,2711	6	0,88	SK32	15	1,9	0,1047	10	0,5
SK10	15	2,1	0,5135	2	1,23	SK38	15	1,95	0,1489	8	0,66
SK11	15	1,6	0,1489	8	0,65	SK39	15	1,85	0,2455	5	0,82
SK12	15	1,7	0,1691	5	0,62	SK42	15	1,95	0,1691	5	0,63
SK13	15	1,8	0,2113	5	0,68	SK45	20,45	1,9	0,852	2	1,96
SK18	15	1,9	0,1425	8	0,6						

Sondaj No	Derinlik (m)	Yass (m)	c (kgf/cm ²)	Φ	σ_{em} (kg/cm ²)
SK1	11,5	1,8	0,3331	8	1,62
SK2	11,5	1,8	0,4724	5	1,72
SK3	7,50	1,7	0,2339	11	1,51
SK4	18	1,8	0,4038	6	1,68
SK5	10,5	1,7	0,2796	3	1,20
SK6	9	1,7	0,4843	5	0,67
SK7	7,5	1,6	0,3601	2	1,21
SK8	18	1,8	0,3841	5	1,61
SK9	10,5	2,1	0,3664	8	1,74

Çalışma alanı içerisinde avm binasının yapıldığı 5209/2 parselde zemin emniyetli taşıma gücü haritası oluşturulmak istenmiştir. Burada yapılacak yapı temeli -3 m derinliğindedir. Bu nedenle -3 m derinlikteki zeminin emniyetli taşıma gücü değerleri ile ArcMap (V:10.4.2) programında veri tabanı oluşturularak mekânsal analizi yapılmıştır. Diğer sanayi yapılarında ise -1 m'de temel derinliğinde emniyetli taşıma gücü için mekânsal analiz yapılmış oluşturulan tematik harita Şekil.4'te verilmiştir. İnceleme alanının genel olarak temel zemini, siltli kum (SM) ve siltli kil (CL, ML) bantlarından oluşmaktadır.

Taşıma gücünün değerlendirildiği -1 m'de zemin sınıfı yüksek ve düşük plastisiteli kilin (CH-CL) yoğun olarak mevcut olduğu ve çalışma alanının kuzey bölgesinde ve orta bölgesinde killi ve siltli kum (SC-SM) tabakalarının bulunduğu gözlemlenmiştir. -3 m'deki zemin sınıfı ise çalışma alanının doğu ve güney kısımlarında yüksek ve düşük plastisiteli kil tabakası (CH-CL) ile kuzey batı bölgesinde killi ve siltli kum tabakasının (SC-SM) varlığı gözlemlenmiştir (Şekil.3).

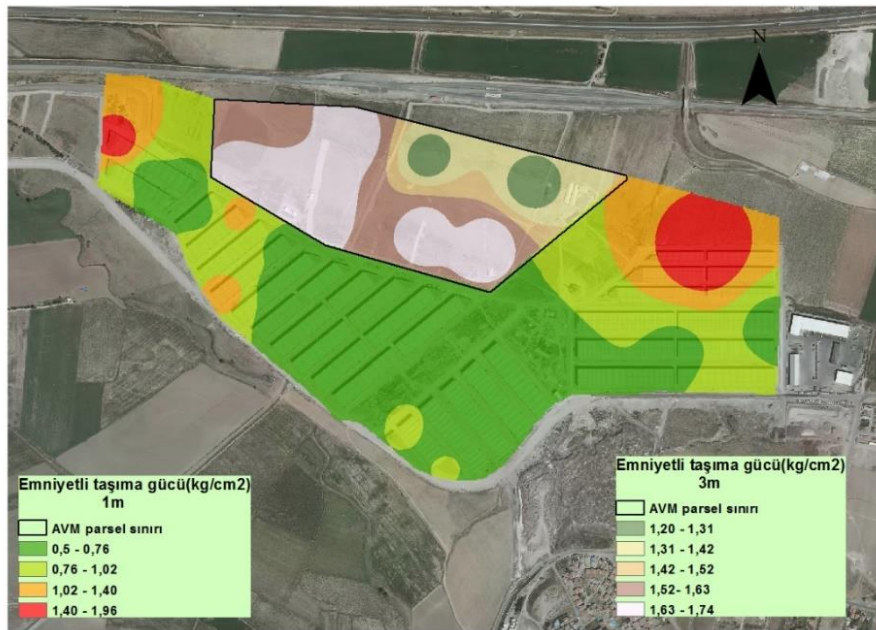




Şekil 3. 1 m ve 3 m'de zemin sınıfı haritası

Emniyetli taşıma gücü haritası Şekil.4 incelendiğinde değerlerin 1.20-1.74 kg/cm² aralığında olduğu görülmüştür. Parselin kuzeyinde bulunan (5209/2 parsel) avm yapısı için seçilen radye temellerin zeminde oluşturacağı max gerilme 2.5 kg/cm² olarak bulunmuştur.

Çalışma alanının -1 m'deki emniyetli taşıma gücü değerlendirilmesinde az kumlu siltli-kil'den oluşan birimden alınan UD numuneleri üzerinde yapılan üç eksenli basınç deneylerine göre; temel tipi mütemadi, 50 cm x 180 cm ve 70 cm x 150 cm temel boyutuna göre zemin emniyetli taşıma gücü değerleri 0.5 kg/cm² – 1.96 kg/cm² arasında değişim göstermektedir. Yapıdan zemine gelecek yapı yükü max 0.2 kg/cm²'ye göre hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4. Emniyetli taşıma gücü tematik haritası

4. Sonuç

Çalışmada temel zemin özelliklerini içeren noktasal kaynaklı veriler alansal verilere dönüştürülerek tematik haritalar oluşturulmuştur. Kullanılan program ülkemiz kapsamında gerek kamu gerekse akademik alanda çoğunluk tarafından kullanılmaktadır. Bu da girdi ve çıktıları yorumlamada ortak bir bakış açısı kazandıracaktır. Çalışma Kayseri ili Kocasinan ilçesi Oymaağaç mahallesinde yeni yerleşime açılan bir bölgede yapılmıştır. Bu da bölgede daha sonra yapılacak çalışmalar için bir temel oluşturacaktır. Yerleşim birimlerinin yapılaşmalar öncesinde hazırlayacakları CBS ortamındaki jeodinamik veri arşivleri ve oluşturacakları zemin haritaları ile olası riskler öngörülebilecek ve gerekli tedbirlerin alınması kolaylaşacaktır. Bu sistemin küçük ölçekli çalışmalardan başlayarak ülke genelinde yaygınlaştırılması ile sağlanacak avantajlar çok önemli boyuttadır.

Çalışma alanının kuzeyinde bulunan avm yapısında (5209/2 parsel) -3 m'de, çalışma alanının diğer bölgelerinde -1m'de zemin emniyetli taşıma gücü haritası oluşturulmuştur. Kuzeydeki parselde değerlerin 1,20 - 1,74 kg/cm² arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu parselde radye temel max 2,5 kg/cm²'lik bir taban basıncı değeri oluşturmuştur. Buna göre taşıma gücü şartını sağlamayan çalışma alanının bu bölgesinde bir önlem alınması gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. -1 m için bakılan emniyetli taşıma gücü değerleri 0,5 - 1,96 kg/cm² arasında değiştiği gözlemlenmiş üst yapıdan gelen max 0,2 kg/cm²'lik bir taban basıncı değeri oluşturmuştur. Zemin



profilinde zaman zaman rastlanan yumuşak kil ve düşük plastisiteli siltli kil tabakaları nedeni ile konsolidasyon oturmalarının da araştırılması gerekmektedir.

5. Kaynakça

ASRIS (Australian soil resource information system) http://www.asris.csiro.au/index_ie.html (20.07.2019).

Bayar, R., (2005). CBS yardımıyla modern alışveriş merkezleri için uygun yer seçimi: Ankara örneği. Coğrafi Bilimler Dergisi, 3 (2), 19-38.

Bol, E., Sert, S. Ve Özocak, A., (2018). Coğrafi bilgi sistemlerinin geoteknik alanında değişken zemin ortamında uygulanması. 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 9-11 Kasım, Antalya, 1290-1300.

Canadian soil information system <http://sis.agr.gc.ca/cansis/> (20.07.2019).

Isaaks, E.H., Srivastava, R.M., (1989). An Introduction to applied Geostatistics. Oxford University Press, Inc. New York, 561 pp.

Terzaghi, K., (1943). Theoretical Soil Mechanics. John Wiley&Sons, New York.

Terzaghi, K., (1951). Theoretical soil mechanics. Chapman And Hall, Limited.; London, 532 pp.

Uyguçgil, H., (2011). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Giriş. (Edit. Çabuk, A.), Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi. Yayın No: 1214. Eskişehir.

Yomralıoğlu, T., (2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Akademi Kitabevi. Trabzon.



BİR OKUL BİNASINDA BUZDA ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMİNİN SOĞUTMA MALİYETİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Doğan Erdemir^{1,*}, Merve Bulut²

1 Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

erdemir@erciyes.edu.tr

2 Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye

byn.altuntas@gmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Küresel ısınma, dış ortam sıcaklıklarının yükselmesi ve binaların içerisinde geçirilen sürelerin artmasından dolayı klima sistemleri insanlar için önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Klima sistemlerinin artması ile klima sistemlerine bağlı elektrik tüketimleri de artmış ve bina iç ortamlarının serinletilmesi, binalar için önemli bir maliyet haline gelmiştir. Klima elektrik tüketim maliyetlerini düşürmek için kullanılacak en etkin yöntemlerden biri buzdaki enerji depolama (BED) sistemleridir. BED sistemleri, soğutma yüklerinden kaynaklanan elektrik tüketimlerini pik olmayan saatlere kaydırarak soğutma maliyetlerini düşürür. Bu çalışmada, İstanbul'da yer alan bir okul binasının klima sistemine BED'nin entegre edilmesinin klima elektrik tüketim maliyetleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Okul binasının toplam pik soğutma yükü 6578 kWh'dir. Toplam depolama kapasitesi 2000 kWh olup, kısmi depolama stratejisi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda BED kullanıldığında, soğutma maliyetinin yıllık 353,686 TL düşürülebileceği görülmüştür. Ayrıca sistemin amortisman süresi 3 yıldır.

Anahtar Kelimeler: *Buzdaki enerji depolama, Soğutma maliyeti, Soğutma yükü kaydırma*

1. Giriş

Küresel ısınmanın etkisiyle dış ortam sıcaklıklarının yükselmesi, kapalı mekanlarda geçirilen sürelerin uzaması ve kapalı mekanlarda kullanılan cihaz ve ekipmanların sayısının artmasından dolayı binaların soğutma yükleri önemli ölçüde artmaktadır. Artan soğutma yükleri sebebiyle klima sistemleri insanlar için önemli bir ihtiyaç haline gelmiştir. Geçmişte elektrik tüketimi kış dönemlerinde görülürken, günümüzde yaz aylarına denk gelmektedir. Ülkemizde tüm zamanların en yüksek elektrik tüketimi 905 milyon 645 bin kWh değer ile 10 Ağustos 2016'da görülmüştür [1]. Soğutma sistemleri kullanıldığı mekanlarda ciddi maliyet oluşturmaktadır. Soğutmaya bağlı enerji tüketim maliyetlerini düşürmek ve soğutma sistemlerinden daha yüksek verim ile yararlanmak için kullanılacak en etkili yöntemlerden biri buzdaki enerji depolama (BED) sistemleridir. BED elektrik gün içerisindeki değişiminden yararlanarak soğutma maliyetlerini düşürür. BED sistemlerinde elektrik birim fiyatının ucuz olduğu gece tarifesinde buz üretilir daha sonra üretilen buzlar elektrik pahalı olduğu tarife saatlerinde kullanılarak bina soğutması gerçekleştirilir. BED sistemlerinin soğutma maliyetlerini düşürmenin yanında sağladığı tüm faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Klima sistemlerinin elektrik tüketim maliyetlerini düşürür
2. Pik yükü pik olmayan saatlere kaydırarak pik yükün azaltılmasına yardımcı olur
3. Klima sistemlerinin daha yüksek COP ile çalışmasını sağlar
4. Klima sistemlerinin kapasitelerini düşürür
5. Elektrik dağıtım trafosundan sağlanan kapasitif gücü düşürür
6. Bina için gerekli olan jeneratör, kablo kesiti vb. ekipmanların kapasitelerini düşürür
7. Fosil yakıt tüketimi düşürür ve daha çevresi soğutma yapılmasını sağlar

BED sistemleri sağladığı ekonomik tasarrufun yanında, diğer avantajlarından dolayı çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Ereke ve Dinçer [2] küre kapsüllü buz depolama sisteminin enerji yükleme ve boşaltma sırasında, akış yönündeki ısı transferi karakteristiği incelenmiştir. ITA'nın giriş sıcaklığı ve ortalama ısı geçiş katsayısı dikkate alınmıştır. Çalışmada yeni bir ısı transfer katsayısı korelasyon bağıntısı elde edilmiştir. Bu korelasyon deneysel veriler ile doğrulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, akış boyunca ısı geçiş katsayısının çok ciddi değiştiğini bulmuştur. ITA akış boyunca azalmıştır. Bu yüzden, sistemin ısı geçiş analizi yapılırken sabit ve ortalama bir ısı transfer katsayısı almanın doğru bir değerlendirme olmayacağı vurgulanmıştır. Cho ve Choi [3] içerisinde parafin bulunan bir kürenin donma ve erime sırasındaki ısı karakteristiğini incelemiştir. Parafinin donma noktası altında katılaşma etkisi daha düşük olduğundan dolayı tercih edildiği belirtilmiştir. Kapsül içerisindeki faz değişiminin, depolama tankının kenarında, tankın merkezine göre daha hızlı olduğu belirtilmiştir. Parafin dolu kapsüllerin faz değişimi suya göre %16-72 daha hızlı olduğu bulunmuştur. ElGhnam ve arkadaşları [4] küre buz kapsülleri için katılaşma ve erime durumlarının irdelenmesini deneysel olarak yapmışlardır. Farklı küre kapsül çapları ve malzemeleri denemiştir. Isı transferi akışkanı olarak %35 glikol-etilen kullanılmıştır. Tek bir kapsül için içinde su bulunduran kapsül malzemesi, kapsül çapı, ITA hızı, ITA sıcaklığı ve etkisi araştırılmıştır. Kapsül malzemesi olarak PVC ideal malzeme, kapsül çapının küçük, ITA hızının yüksek, ITA soğuk olması gerektiği belirtilmiştir. Ismail ve Henriquez [5] içerisinde su olan küredeki katılaşma durumunu sonlu farklar yaklaşımı metodunu kullanarak sayısal olarak incelemiştir.



Çalışmalarında kapsül çapı, kapsül malzemesi, dış ortam sıcaklığı ve başlangıç FDM sıcaklığının etkileri araştırılmıştır. Sayısal model deneysel çalışmalar ile kıyaslanmış ve doğrulanmıştır. Çalışmada kapsül çapının yüksek olmasının katılaşmayı hızlandırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca dış ortam sıcaklığının çok etkisi olmadığı, başlangıç FDM sıcaklığının ise mümkün olduğu kadar katılaşma sıcaklığına yakın olması gerektiği vurgulanmıştır. Kousksou ve arkadaşları [6] içerisinde buz kapsülü bulunan bir silindirik tank için iki boyutlu, gözenekli ortam modellemesi ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında katılaşmayı geciktiren donma noktası altında katılaşma etkisi üzerinde durmuşlardır. Ayrıca tankın düşey ve yatay pozisyonu için de inlemede bulunmuşlardır. Çalışmanın sonucunda düşey tankların daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Çünkü düşey tankta doğal taşınımından kaynaklanan hareketlerin yönü, zorlanmış taşınımın hareketlerinin yönü ile aynıdır. Ryu ve arkadaşları [7], içerisinde %2 sodyum sülfat dekahidrit bulunan kürelerin kullanıldığı soğuk enerji depolama sisteminin incelemesini yapmışlardır. Çalışmalarında yatay ve dikey durumdaki depolama tankının ısı performansı; ısı geçişi oranı, COP ve FDM'nin donma noktası altı sıcaklıkta katılaşma açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, tankın düşey durumda kalması daha iyi ısı performans gösterdiği belirlenmiştir. Ere ve Dinçer [8] ice-on-coil BED sistemini entropi ve ekserji yönünden irdelemişlerdir. Çalışmada enerji yükleme durumu dikkate alınmıştır. Çalışma sayısal olarak gerçekleştirilmiş ve sayısal çalışmanın sonucu deneysel çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda artan Re sayısı ve daha düşük ITA giriş sıcaklığı ile ısı geçiş miktarının arttığı belirlenmiştir. Ancak Reynold sayısının ısı geçişi üzerinde daha baskın bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Boru çapının artması entropi artışını arttırırken, boru boyunun entropi artışı üzerinde önemli bir etkisi bulunmadığı bulunmuştur. Amin ve arkadaşları [9], içerisinde su bulunan kapsüllü kaldırma kuvveti içeren bir sistem incelemesini yapmışlardır. Çalışmada enerji yükleme durumu dikkate alınmıştır. Isı transferi akışkanı olarak %40 glikol-etilen kullanılmıştır. Çalışma deneysel ve sayısal olarak gerçekleştirilmiş ve sayısal modelleme sonucu kaldırma kuvvetlerini içeren bir model geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kaldırma kuvvetleri etkisinin donma modellemesinde çok önemli bir etkiye sahip olmadığı belirtilmiştir. Karthikeyan ve Velraj [10], içerisinde parafin bulunan küre kapsüllerin tutulduğu silindirik bir tank için üç farklı matematiksel model ortaya koymuşlardır. Faz değişimini modellemek için entalpi formülasyonu metodu kullanılmıştır. Çalışmalarında geliştirdikleri matematiksel modelleri deneysel çalışmalar ile doğrulamışlardır. ITA olarak su ve hava kullanılmıştır. Küre için farklı çapların etkisi de araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda modellerin tamamının yeterli oranda sistemi incelemek için yeterli olduğunu belirlemişlerdir. Üç modelden biri hava için daha iyi sonuç verirken, biri ise su için daha iyi sonuç sergilemiştir. Rosen ve arkadaşları [11], BED sistemlerini termodinamik açıdan değerlendirmiştir. Çalışmada bir ofis binasının statik soğutma yükü üzerinden hesaplamalar yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda BED sistemlerinin performansını belirlemede enerji analizinin tek başına yeterli olmayacağı, enerji analizinin yanında ekserji analizinin mutlaka yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Çünkü ekserji analizi enerji analizlerine göre daha anlamlı sonuçlar veriyor. Enerji boşaltma periyotlarındaki ekserji yok oluşu daha yüksek olmaktadır. Ekserji analizleri dikkate alındığı zaman, sistemin iyileşmesi için ciddi bir potansiyel olduğu görülmektedir. MacPhee ve Dinçer [12], kapsüllü buz depolama sistemleri için gözenekli ortamlarda ısı geçişi temel ifadelerini kullanarak, sistemin ısı geçişi ve termodinamik açıdan irdelemişlerdir. Çalışmalarında bir boyutlu ve iki boyutlu ısı geçişi analizi yapmışlardır. Isı geçişi analizi ile buz depolama tankının merkezindeki sıcaklığın tank tabanından olan mesafe ile değişimi belirlemişlerdir. Daha sonra tank içerisindeki sıcaklık dağılımı kullanılarak sistemi termodinamik açıdan değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda bir boyutlu ve iki boyutlu ısı geçişi analizinin arasında çok ciddi bir fark olmadığı vurgulanmıştır. MacPhee ve arkadaşları [13], kapsüllü buz depolama sistemindeki katılaşmayı ayrılarak araştırmışlardır. Çalışmada buz depolama tankının duvarından olan ısı kazancı etkisi ve ısı yalıtımı ihmal edilmiştir. Ayrıca enerji ve ekserji verimleri farklı kapsül şekilleri farklı ITA giriş sıcaklığı ve akış oranları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda enerji verimi tüm durumlar için yaklaşık olarak 99.96%'nın üzerinde bulunmuştur. Ancak ekserji verimi ise tüm durumlar için 72% ile 92% arasında değişim göstermektedir. Bu sonuçlarda sistemde ekserji verimini kullanmanın daha avantajlı olacağı görülmüştür. Ayrıca küresel kapsülün daha iyi performans gösterdiği vurgulanmıştır. Daha kısa sürede buzlaşmayı sağlamak için ITA giriş sıcaklığının daha düşük olması ve giriş hızının daha hızlı olması gerektiği belirtilmiştir. Acar ve Dinçer [14], bir mekânda kullanılan buz çamuru BED sistemi için enerji ve ekserji analizleri yapmışlardır. Çalışmalarında sistemin termodinamik analizlerini saatlik soğutma yüküne göre yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda COP değerini 2.45, ekserji yok oluşunu 64 kW ve ekserji verimini ise 547 olarak bulmuşlardır. MacPhee ve Dinçer [15], uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bazı buz kapsüllerinin enerji boşaltma durumundaki performansını sayısal olarak termodinamik açıdan değerlendirmiştir. Çalışmada katılaşma ve erime süreleri de performans değerlendirmesi açısından kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, enerji verimliliği açısından en iyi performansı dikdörtgenler prizması şeklindeki kapsül gösterirken, ekserji verimliliği açısından en iyi performansı küresel kapsüller göstermiştir. Ayrıca ITA giriş hızının ısı performans üzerindeki etkisinin, sıcaklığının etkisine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ismail ve Henriquez [16] içerisinde su olan küre kapsüllerin bulunduğu ve içerisinde ısı transfer akışkanı %30 etilen-glikol akan BED sistemi tankını irdelemek için bir sayısal model ortaya koymuşlardır. Sistemin geometrik özelliklerinin ve işletme şartlarının sistem performans üzerindeki etkisini buz yapma durumu için irdelemişlerdir. Sonucunda -3'den -9'ye kadar ITA giriş sıcaklığı enerji yükleme süresini önemli ölçüde etkilemekte iken -9'dan -15'e kadar ciddi bir değişiklik olmamaktadır. Ayrıca kapsül malzemesini ısı iletim katsayısının enerji yükleme süresi üzerindeki önemli etkisi bulunmaktadır. Isı iletim katsayısı 1 W/mK'den sonra artması ile enerji yükleme süresi önemli ölçüde değişmemektedir. Zalba ve arkadaşları [17], katı-sıvı olarak çalışan FDM'lerin kullandığı gizli ısı enerji depolama sistemleri ile alakalı 230 fazla referans kullanarak derleme-değerlendirme çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında FDM'lerin ısı geçiş karakteristiğini ve uygulamaları irdelemişlerdir. Çalışmada FDM olarak kullanılan ve kullanılacak tüm malzemelerin fiziksel özellikleri, avantaj ve dezavantajları tablolar halinde verilmiştir. Toplamda 150'den fazla FDM türü listelenmiş ve irdelemiştir. Ayrıca gizli ısı enerji depolama sistemlerinin ısı geçişi analizlerinde kullanılan metotlar özetlenmiştir. Regın ve arkadaşları [18], kapsüllü gizli ısı depolama sistemlerinin ısı geçişi karakteristiği ile alakalı kapsamlı derleme-değerlendirme çalışması yapmışlardır. Çalışmada çeşitli kapsül tüpleri ve kapsüllerin tutulduğu tanklar ile alakalı ısı geçişi analizi yöntemleri irdelemiştir. Çalışmanın son kısmında ısı geçişi analiz yöntemleri ile alakalı literatürde kullanılan yöntemler bir tabloda verilmiştir. Verma ve arkadaşları [19], gizli ısı enerji depolama sistemlerinin matematik modelleri ile alakalı kapsamlı bir derleme-değerlendirme çalışmaları yapmışlardır. Çalışma kapsamında gizli ısı enerji depolama sistemlerinde kullanılan matematiksel modelleri, hangi şartlar altında kullanıldığı ve nasıl doğrulandığı ile alakalı bir tablo hazırlanmıştır. Assis ve arkadaşları [20], bir küre içerisindeki erimeyi sayısal ve deneysel olarak incelemiştir. Kürenin içerisinde FDM olarak parafin-wax kullanılmıştır. Çalışmada küre çapını 40, 60 ve 80 mm



olarak alınmıştır. Ayrıca küre yüzey sıcaklığı olarak ise 2 ila 20°C arasında farklı sıcaklıklar denenmiştir. Çalışmanın sonucunda, erime süresinin kürenin çapına ve kürenin yüzey sıcaklığına bağlı olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada küre çapının ve yüzey sıcaklığının artması ile erime hızının arttığı belirtilmiştir. Calvet ve arkadaşları [21], küre kapsüllü bir soğuk enerji depolama sisteminin ısı performansını sayısal ve deneysel olarak incelemişlerdir. Kapsül içerisinde suya GF ve ENG olmak üzere iki farklı grafit eklenmiştir. Grafit eklemek buzlanma ve erime süresini GF’de % 35 ve ENG’de ise %58 azaltmıştır. Eklenen grafit miktarı %13’tür. Ayrıca bu çalışma COMSOL programı ile sayısal modellenmiştir. Sayısal modelleme deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Chen ve arkadaşları [22], enerji yükleme periyodundaki BED sisteminin ısı performansını ve basınç düşümünü deneysel olarak araştırmışlardır. Kapsül olarak silindirik kapsüller kullanılmıştır. Düşük ITA giriş sıcaklığı ve yüksek ITA debisinin depolama açısından daha yüksek performans sağlayacağını vurgulamışlardır. Erdemir ve Altuntop [23], kapsüllü BED sistemlerinde tank içerisinde kademeli porozite kullanmanın etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, tank içerisinde kademeli porozite kullanmanın etkisi analitik olarak araştırılmıştır. Çalışmada, 2m çapında ve 8m yüksekliğinde bir buz depolama tankı ve bu tankın iç kısımlarını açık gözenekli poroz ortam olarak modellemişlerdir. Tek katmalı, iki katmalı ve üç katmanlı porozite kullanmanın etkisi incelenmiştir. Çalışmalarının sonucunda kademeli porozite kullanmanın sistemin ısı performansını artırdığını belirlenmiştir. Erdemir [24], kapsüllü BED sistemlerinde geometrik olarak modifiye edilmiş kapsüllerin ısı performansını enerji boşlatma periyodu için sayısal olarak incelemişlerdir. Erdemir [25], kapsüllü BED sistemlerinde geometrik olarak modifiye edilmiş kapsüllerin ısı performansını enerji boşlatma periyodu için sayısal olarak incelemişlerdir. Erdemir ve Altuntop [26], bir hipermatkette BED sistemi kullanılmasını farklı BED kullanım stratejileri üzerinden değerlendirmişlerdir.

Yapılan literatür taramasından görüldüğü üzere, BED sistemleri klima sistemlerinin elektrik tüketim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Ayrıca termal yönden iyileştirilmiş BED sistemleri ekonomik yönden de olumlu etki sağlamaktadır. Her binanın çalışma saatleri, ihtiyaçları ve işletme koşulları farklı olduğundan, BED sistemleri farklı binalarda farklı ekonomik performans göstermektedir. Bu çalışmada İstanbul’da yer alan bir okul binasının soğutma sistemine BED entegre edilmesinin, soğutma maliyetleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. Materyaller ve Metodlar

2.1. Binanın Detayları

Bu çalışmada incelenen okul binası Maslak, İstanbul, Türkiye’de bulunmaktadır. Binanın saatlik soğutma yükü Tablo 1’de verilmiştir. Bina 08:00 ile 19:00 saatleri arasında aktif olarak kullanılmaktadır. Tablo 1’den görüldüğü üzere, okulun pik soğutma yükü 2,000 kWh’dir. Binanın toplam soğutma yükü 17,898 kWh’dır.

Tablo 1: Binanın saatlik soğutma pik yükleri

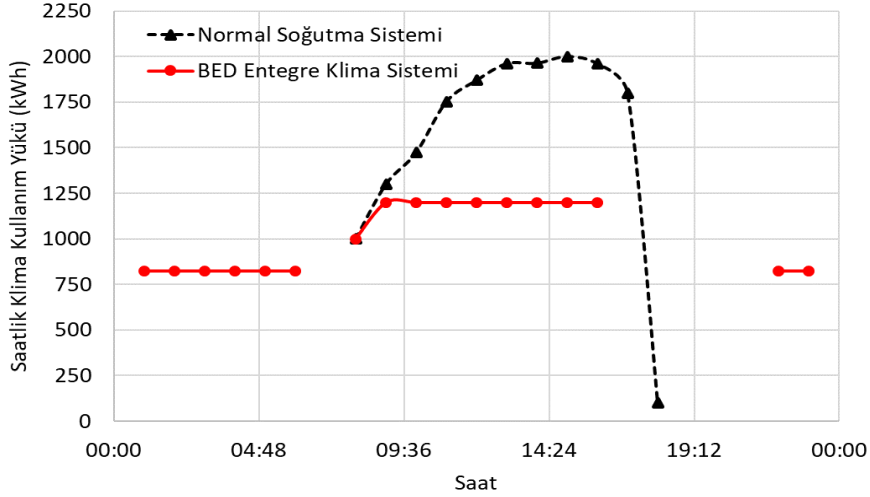
Saat	Saatlik pik soğutma yükü (kWh)
08:00 – 09:00	1000
09:00 – 10:00	1300
10:00 – 11:00	1473
11:00 – 12:00	1752
12:00 – 12:00	1869
13:00 – 14:00	1961
14:00 – 15:00	1963
15:00 – 16:00	2000
16:00 – 17:00	1960
17:00 – 18:00	1800
18:00 – 19:00	100

2.2. BED Entegre Soğutma Sistemi

Bu çalışmada yukarıda detayları verilen okul binasının klima sistemine kapsüllü BED sistemi entegre edilmiştir. BED sisteminde toplam soğutma yükünün 6,578 kWh’lik kısmı depolanmıştır. Şekil 1’de okul için normal klima sistemi ve BED entegre klima sisteminin saatlik tüketim miktarlarının karşılaştırmalı gösterimi verilmiştir. Şekil 1’den görüldüğü üzere, BED sistemi sayesinde 2000

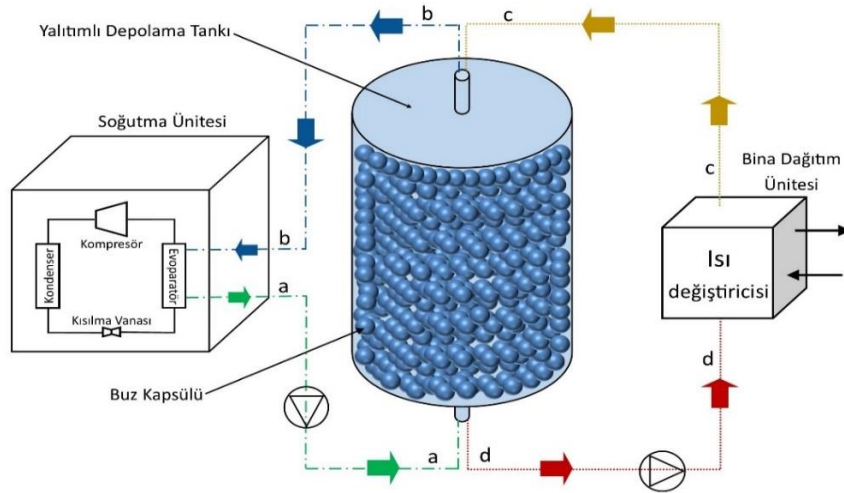


kWh olan pik soğutma yükü pik olmayan saatlere kaydırılarak, klima sistemi tarafından sağlanacak olan pik soğutma yükünü 1200 kWh'e düşürmüştür. Ayrıca elektrik birim fiyatının en yüksek olduğu ve binanın aktif olarak kullanıldığı 17:00 ve 19:00 saatleri arasındaki soğutma yükü de pik olmayan saatlere kaydırılmış ve böylece elektrik birim fiyatının yüksek olduğu dönemlerde pahalı birim fiyat üzerinden elektrik kullanımının önüne geçilmiştir. Yukarıda açıklanan BED kullanım stratejisi kullanılarak hem soğutma grubu kapasitelerinin düşürülmesi ve hem de elektrik birim fiyatının yüksek olduğu dönemlerde klima sistemlerine bağlı elektrik tüketimlerinin önüne geçilmesi planlanmıştır.



Şekil 1: Normal klima sistemi ve BED entegre soğutma sisteminin saatlik elektrik tüketim miktarlarının gösterimi

Depolanması planlanan 6.578 kWh kapasiteyi 8 saatte şarj edebilmek için $(6.578/8)$ 823 kW kapasiteli soğutma grubu yeterli olacaktır. Böylece pik soğutma yükünü karşılamak için koyacağı 300 + (850 x 2) kW'lık 3 adet soğutma grubu yerine 300 + (600 x 2) kW'lık 3 adet soğutma grubunun konulmasının yeterli olacağını göstermektedir. Böylece soğutma gruplarının ilk yatırım maliyetlerinin düşmesi sağlanmıştır. BED sistemlerinin kurulmasında en ciddi kısıtlardan biri depolama tanklarının koyulacağı hacimdir. Bu projede bina fiziki şartları dikkate alınarak depolama kapasitesi belirlenmiştir. Bu kapasiteyi sağlamak için 2 adet 93 m³'lük prizmatik tank kullanılması sağlanmıştır. Şekil 2'de tipik bir kapsüllü BED sisteminin şematik görünümü verilmiştir. BED sistemi normal klima sistemine ek olarak buz depolama tankı ve bu tank için gerekli olan tesisat elemanlarından oluşmaktadır.



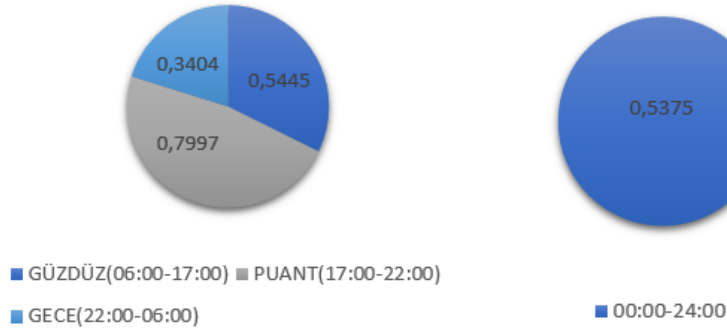
Şekil 2: Tipik bir kapsüllü BED sisteminin şematik olarak gösterimi

2.3. Binanın Bulunduğu Konumda Elektrik Tarifesi

Ülkemizde elektrik enerjisi satışlarında tercihe göre tekli veya üçlü tarifesi uygulanmaktadır. Ülkemizde elektrik enerjisi satışlarında uygulanmakta olan üçlü tarifeye göre satış sisteminde gün; 06:00 ve 17:00 saatleri arasında "gündür", 17:00 ve 22:00 saatleri arasında puant ve 22:00 ve 06:00 saatleri arasında gece tarifesi olarak üç zaman dilimine ayrılmıştır. Her zaman dilimine ait elektrik birim satış fiyatı TL/kWh olarak tespit edilmiştir. Şekil 3'te okul binasının bulunduğu konum için elektrik tarifelerinin gösterimi Şekil 3'de gösterilmiştir. Elektrik enerjisine olan talebe göre belirlenen birim fiyatlar her üç zaman diliminde de birbirinden farklılıklar göstermektedir. En ucuz elektrik enerjisi birim fiyatı 22:00 – 06:00 arasında olup, 17:00 – 22:00 arasındaki en pahalı fiyattan %75 – %85 civarında daha ucuzdur. Elektrik enerjisi birim fiyatlarındaki bu fark 22:00 – 06:00 arasında buz üreterek, soğuk depolamayı ve 17:00 – 22:00 arasında tüketmeyi ekonomik bir tercih haline getirmektedir.



ÜÇLÜ TARİFE(TL/kwh) TEKLİ TARİFE(TL/kwh)



Şekil 3: Okul binasının bulunduğu konum için elektrik birim fiyatlarının üçlü ve teklî tarife için şematik gösterimi

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma bir okul binasında buzda enerji depolama sisteminin soğutma maliyeti üzerindeki etkisini sunmaktadır. Yapılan çalışmanın amacı BED sistemi kullanıldığında yıllık elektrik tüketim bedelinin azaltılması, ilk yatırım maliyetinin düşürülmesi ve sistemin sağladığı tasarrufla ilgilidir. BED sistemlerinin kullanılması, sistem ekipmanlarının kapasite ve maliyetlerini direk olarak etkilemektedir. Tablo 2’de üçlü elektrik tarifesi değerlerine göre BED sistemi ve soğutma grubu ile soğuma yapıldığında yıllık tüketim bedellerinin nasıl değiştiği verilmiştir. Tablo 2’de buzda enerji depolama sisteminde gece tarifesine göre hesapladığımızda günlük tüketim bedeli 746 TL ve aylık tüketim bedeli 22.392 TL olduğu, bu sistemin 120 gün kullanılması durumunda yıllık tüketim bedelinin 89.566 TL olduğu görülmektedir. Soğutma grubu ile yapılan soğutmada ise günlük tüketim bedeli 2.947 TL ve aylık tüketim bedeli 88.421 TL olduğu, hesaplanan yıllık tüketim bedeli 353.656 TL olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak Tablo 2’de BED sistemi kullandığımızda yıllık elektrik tüketim bedelinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Tablo 2: Soğutma Elektrik Tüketim Bedeli Hesabı

		GÜNLÜK(TL)		AYLIK(TL)
		BED		
GÜNLÜK DEPOLANAN SOĞUK(8 SA)	6.578			
EER	3			
BED ŞARJ ESNASINDA HARCANACAK ELEKTRİK(8SA)	2193			
BED DEŞARJ ESNASINDAKİ POMPALARIN YÜKÜ				
PUANT ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.7997			
GÜNDÜZ ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.5445			
GECE ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.3404	746		22.392
YILDA KAÇ GÜN BED KULLANILIR?	120			
YILDAKİ PARASAL TASARRUF				
		YILLIK TÜKETİM(TL)		89.566
		SOĞUTMA GRUBU		
GÜNLÜK DEPOLANAN SOĞUK(8 SA)	6.578			
EER	3			
BED ŞARJ ESNASINDA HARCANACAK ELEKTRİK(8SA)	2193			
BED DEŞARJ ESNASINDAKİ POMPALARIN YÜKÜ				
PUANT ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.7997	1753		52.604
GÜNDÜZ ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.5445	1194		35.817
GECE ELEKTRİK BİRİM FİYATI	0.3404			
YILDA KAÇ GÜN BED KULLANILIR?	120			
YILDAKİ PARASAL TASARRUF				
		YILLIK TÜKETİM(TL)		353.686



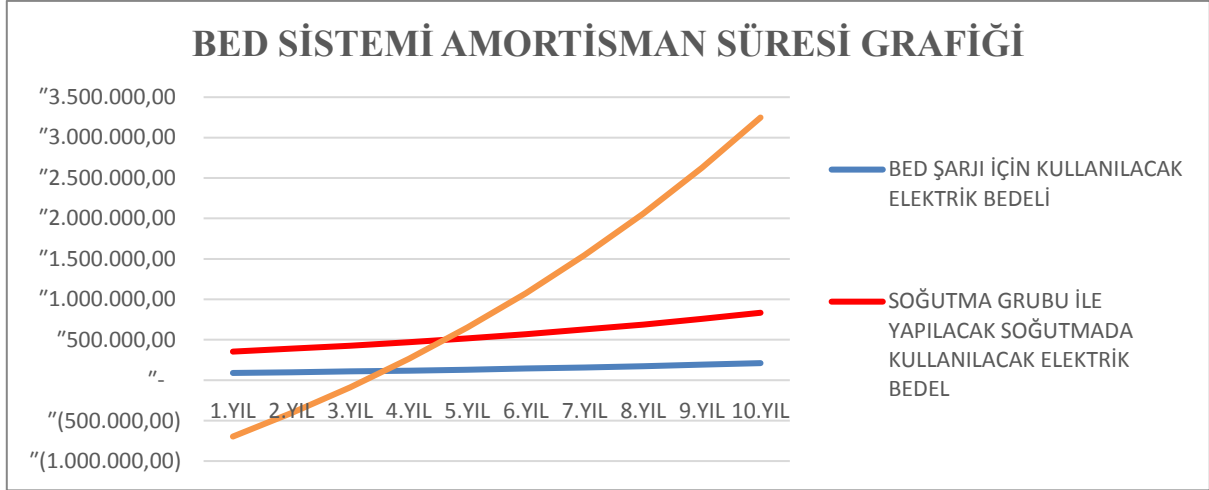
Tablo 3: BED Sistemi Amortisman Süresi Tablosu

BED İLK YATIRIM MALİYETİ (TL)	ÇİLLER KAPASİTESİNİN KÜÇÜLTÜLMESİNDEN ELDE EDİLEN KAZANÇ		BED SİSTEMİ İÇİN ÖDENECEK İLAVE FARK	
1.036.731	170.000		-866.731	
	BED ŞARJI İÇİN KULLANILACAK ELEKTRİK BEDELİ(TL)	SOĞUTMA GRUBU İLE YAPILACAK SOĞUTMADA KULLANILACAK ELEKTRİK BEDELİ(TL)	ELEKTRİK BEDELİNDEN ELDE EDİLECEK KAZANÇ(TL)	HER YIL SONUNDA KALAN BEDEL(TL) (Eksi Değerler Amortisman)
1.YIL	89.566.00	353.686.00	264.120	-696.731
2.YIL	98.522.60	389.054.60	290.532	-406.199
-	108.374.86	427.960.06	319.585	-86.614
4.YIL	119.212.35	470.756.07	351.544	264.930
5.YIL	131.133.58	517.831.67	386.698	651.628
6.YIL	144.246.94	569.614.84	425.368	1.076.996
7.YIL	158.671.63	626.576.32	467.905	1.544.901
8.YIL	174.538.80	689.233.96	514.695	2.059.596
9.YIL	191.992.68	758.157.35	566.165	2.625.760
10.YIL	211.191.94	833.973.09	622.781	3.248.542
10. Yıl Sonundaki Ekonomik Durum	1.427.451	5.636.844	4.209.393	10.282.808

BED sistemleri sağlamış olduğu ciddi soğutma maliyeti tasarrufundan dolayı önemli bir potansiyele sahiptir. Soğutmanın yapıldığı her amaca hizmet eden binada, her iklim bölgesinde uygulanabilir. Soğutma yükünün çok yüksek olduğu binalarda kullanılması, binaların enerji tüketim maliyetleri açısından, dağıtım şirketlerinin pik yükü karşılamada karşılaştığı sorunların önüne geçmek, hem ilk yatırım maliyetini düşürmek hem de ithal elektrik miktarını düşürmek için ciddi bir potansiyele sahiptir. Aynı zamanda BED sistemleri soğutma maliyetlerini düşürmenin yanında, sistem ekipmanlarının kapasitesini düşürmede, sistemin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamada önemli potansiyele sahiptir.

Tablo 3 'te BED sisteminin ilk yatırım maliyeti ve çiller kapasitesinin küçültülmesinden elde edilen kazanç sonucunda yapılan hesaplamada bize sağladığı kazanç ve amortisman süresinin nasıl değiştiği görülmektedir. Pik soğutma yükünün azalması ile ilk yatırım maliyetinin de düştüğü görülmektedir. Aynı zamanda bina için gerekli jeneratör vb. ekipmanların kapasitelerini de düşürür. Ayrıca bina için gerekli olan trafodan alınacak "kapasitif güç"ünde düşmesini sağlar. Tablo 3'te kapasite pik soğutma yükünün 2000 kW'tan 1200 kW'a düşmesi ile sistemin ilk yatırım maliyetininin 1.036.731 TL'den çiller kapasitesinin küçültülmesinden elde edilen 170.000 TL kazanç ile düşürülüp BED sistemi için ödenecek olan farkın 866.731 TL olduğu görülmektedir. Şekil 4'te BED sistemin amortisman süresini grafiği görülmektedir. Yapılan bu çalışma sonunda sistemin yaklaşık 3.5 yılda kendini geri ödediği, 5 yılın sonunda 651.628 TL kazanç sağlayacağı ve 10 yılın sonunda ise yaklaşık 10 milyon TL'lik bir tasarruf sağlayacağı görülmüştür.





Şekil 4: BED Sistemi Amortisman Süresi Grafiği

4. Sonuçlar

Bed sistemleri, soğutma için gereken elektrik maliyetini azaltmada önemli bir etkiye sahiptir. BED sisteminin sağladığı tasarruf miktarı arasında büyük bir fark olmamasına rağmen, sistem ekonomisi üzerindeki en büyük etkisi ilk yatırım maliyetidir. Artan yatırım maliyetleri, sistem için yapılan ek masraflar için geri ödeme süresini artırır. Bu nedenle, BED sistemlerinde, sistemin tercihinde, sistem tipleri ve ilk yatırım maliyeti dikkate alınmalıdır. Daha kısa geri ödeme süresi, elektrik tüketiminden tasarruf edilmek suretiyle elde edilebilecek kar miktarını artıracaktır. BED sistemlerinin ekonomik performansını etkileyen önemli iki faktör saatlik soğutma yükü ve elektrik tarifesidir. Elektrik tarifesinin en yoğun olduğu zamanlar, soğutma yükünün en yoğun olduğu zamanlarla çakışiyorsa, sistemin ekonomik faydası en yüksektir. Bu çakışma genellikle oluşmaz. Çünkü soğutma yükünün en yüksek olduğu saatler öğle ve öğleden sonra saatlerine karşılık gelir ve en yüksek elektrik tüketimi saatleri genellikle akşam saatleriyle aynıdır. Bu çalışmada İstanbul'da bir okul binasının klimasına buzda enerji depolamanın entegre edilerek elektrik bedeli ve soğutma maliyeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Okul binasının toplam pik soğutma yükü 6578 kWh'dir. Toplam depolama kapasitesi 2000 kWh olup, 1200 kWh'e düşürülmüştür. Sistemde üçlü elektrik tarifesine göre hesaplama yapılmıştır ve BED sistemi ile yıllık elektrik tüketim bedelinin azaldığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda sistemin maliyeti yaklaşık 351.437 USD'dir. Yapılan bu çalışma sonunda sistemin yaklaşık 3.5 yılda kendini geri ödediği, 5 yılın sonunda 651.628 TL kazanç sağlayacağı ve 10 yılın sonunda ise yaklaşık 10 milyon TL'lik bir tasarruf sağlayacağı görülmüştür.

5. Kaynakça

1. Web sayfası: <https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2016/08/31.Hafta-07.08.2016-Haftal%C4%B1k-Rapor.pdf>, Erisim Tarihi:
2. Ereğ, A. and Dincer, I., 2009. Numerical heat transfer analysis of encapsulated ice thermal energy storage system with variable heat transfer coefficient in downstream, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52 (3-4):851-859.
3. Cho, K. and Choi, S., 2000. Thermal characteristics of paraffin in a spherical capsule during freezing and melting processes, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43(17):3183-3196.
4. ElGhnam, R.I., Abdelaziz, R.A., Sakr, M.H., and Abdelrhman, H.E., 2012. An experimental study of freezing and melting of water inside spherical capsules used in thermal energy storage system, *Ain Shams Engineering Journal*, 3(1):33-48.
5. Ismail, K., Henríquez, J., and da Silva, T., 2003. A parametric study on ice formation inside a spherical capsule, *International Journal of Thermal Sciences*, 42(9):881-887.
6. Kouskou, T., Bédécarrats, J.P., and Mimet, A., 2005. Dynamic modelling of the storage of an encapsulated ice tank, *Applied Thermal Engineering*, 25(10):1534-1548.
7. Ryu, H.W., Hong, S.A., Shin, B.C., and Kim, S.D., 1991. Heat transfer characteristics of cool-thermal storage system, *Energy*, 16(4):727-737.
8. Ereğ, A., and Dincer, I., 2008. An approach to entropy analysis of a latent heat storage module, *International Journal of Thermal Sciences*, 47(8):1077-1085.
9. Amin, N., Bruno, F., and Belusko, M., 2014. Effective thermal conductivity for melting in {PCM} encapsulated in a sphere, *Applied Energy*, 122:280-287.
10. Karthikeyan, S., and Velraj, R., 2012. Numerical investigation of packed bed storage unit filled with {PCM} encapsulated spherical containers – A comparison between various mathematical models, *International Journal of Thermal Sciences*, 60:153-160.
11. Rosen, M.A., Dincer, I., and Pedinelli, N., 2000. Thermodynamic Performance of Ice Thermal Storage Systems, *Journal of Energy Resources Technology*, 122(4):205-211.



12. MacPhee, D., and Dincer, I., 2009. Thermal modeling of a packed bed thermal energy storage system during charging, *Applied Thermal Engineering*, 29(4):695-705.
13. MacPhee, D., Dincer, I., and Beyene, A., 2012. Numerical simulation and exergetic performance assesment of charging process in encapsulated ice thermal energy storage system, *Energy*, 41(1):491-498, *23rd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy System, {ECOS} 2010*.
14. Acar, C., Dincer, I., 2016. Energy and exergy analyses of a residential cold thermal energy storage system, *International Journal of Exergy (IJEX)*, 19(4):441-458.
15. D, M., and I, D., 2009. Heat Transfer and Thermodynamic Analyses of Some Typical Encapsulated Ice Geometries During Discharging Process, *ASME. J. Heat Transfer*, 131(8):082301-082301-15.
16. Ismail, K., and Henriquez, J., 2002. Numerical and experimental study of spherical capsules packed bed latent heat storage system, *Applied Thermal Engineering*, 22(15):1705-1716.
17. Zalba, B., Marin, J.M., Cabeza, L.F., and Mehling, H., 2003. Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications, *Applied Thermal Engineering*, 23(3):251-283.
18. Regin, A.F., Solanki, S., and Saini, J., 2008. Heat transfer characteristics of thermal energy storage system using {PCM} capsules: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9):2438-2458.
19. Verma, P., Varun, and Singal, S., 2008. Review of mathematical modeling on latent heat thermal energy storage system using phase-change metarial, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(4):999-1031.
20. Assis, E., Katsman, L., Ziskind, G., and Letan, R., 2007. Numerical and experimental study of melting in a spherical shell, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 50(9-10):1790-1804.
21. Calvet, N., Py, X., Olivés, R., Bédécarrats, J.P., Dumas, J.P., and Jay, F., 2013. Enhanced performances of macro-encapsulated phase change materials (PCMs) by intensification of the internal effective thermal conductivity, *Energy*, 55:956-964.
22. Chen, S.L., Chen, C.L., Tin, C.C., Lee, T.S., and Ke, M.C., 2000. An experimental investigation of cold storage in an encapsulated thermal storage tank, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 23(3-4):133-144.
23. Doğan, E., and Necdet, A., 2018. Effect of encapsulated ice thermal storage system on cooling cost for a hypermarket, *International Journal Of Energy Research*, cilt.42, ss.3091-3101.
24. Doğan, E., 2019. Numerical Investigation of Thermal Performance of Geometrically Modified Spherical Ice Capsules During the Discharging Period, *International Journal Of Energy Research*, cilt.43, ss.4554-4568.
25. Doğan, E., and Necdet, A., 2019. Investigation of the Effect of Using Graded Porosity on the Thermal Performance of the Encapsulated Ice Thermal Energy Storage Tank, *Energy Storage*, cilt.1, no.44, ss.1-12.
26. Doğan, E., and Necdet, A., 2017. A Review on the Economic Impact of Ice Thermal Energy Storage System, *Irenec*, 18-20 Mayıs, İstanbul, Türkiye.
27. Doğan, E., 2018. Buzda Enerji Depolama Sistemlerinde Depolama Tankı İçerisinde Kademeli Porozitenin Sistem Performansı Üzerindeki Etkisinin Analitik Olarak İncelenmesi, *4.Uluslararası Katılımlı Anadolu Enerji Sempozyumu*, 18-20 Nisan, Edirne, Türkiye.



DÜŞEY MANTOLU SICAK SU TANKINDA TANK İÇERİSİNE SİLİNDİRİK KAPSÜLLER İÇERİSİNDE PARAFİN YERLEŞTİRMENİN ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Doğan Erdemir^{1*}, Buket Turgut², Necdet Altuntop³

^{1,3} Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

erdemir@erciyes.edu.tr , altuntop@erciyes.edu.tr

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü

² Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

bcinar@erciyes.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Sıcak su tanklarında hem depolama kapasitesini yükseltmen hem de tanktan elde edilebilecek sıcak su miktarını arttırmak için kullanılabilen elverişli yöntemlerden biri tank içerisine faz değiştiren malzeme yerleştirmektir. Bu çalışmada 450 litrelik bir düşey mantolu sıcak su tankının içerisine faz değiştiren malzeme olarak parafinin kapsüller içerisnde yerleştirilmesinde kapsül hacminin etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Kapsüller, toplam hacmi 65 litre ve kapsül içerisndeki parafin miktarı 32.5 kg olacak şekilde 5, 3 ve 1 litrelik kapsüllerde tank içerisine yerleştirilmiştir. İçerisinde kapsül olmayan normal tank testi ile beraber toplam 4 farklı deney yapılmıştır. Her bir deney iki defa tekrarlanmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda; içerisine silindirik kapsüller içerisnde parafin yerleştirilen bir düşey mantolu sıcak su tankında tanktan maksimum miktarda sıcak su elde etmek için parafinlerin düşük hacimli kapsüller içerisnde yerleştirilmesi gerektiği görülmüştür. Normal tanktan 490 litre sıcak su elde edilirken, 5 litrelik kapsül kullanılması durumunda 590 litre, 3 litrelik kapsül kullanılması durumunda 620 litre ve 1 litrelik kapsül kullanılması durumunda ise 670 litre sıcak su elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düşey mantolu sıcak su tank, Faz değiştiren malzeme, Parafin, Güneş enerjili sıcak su sistemi

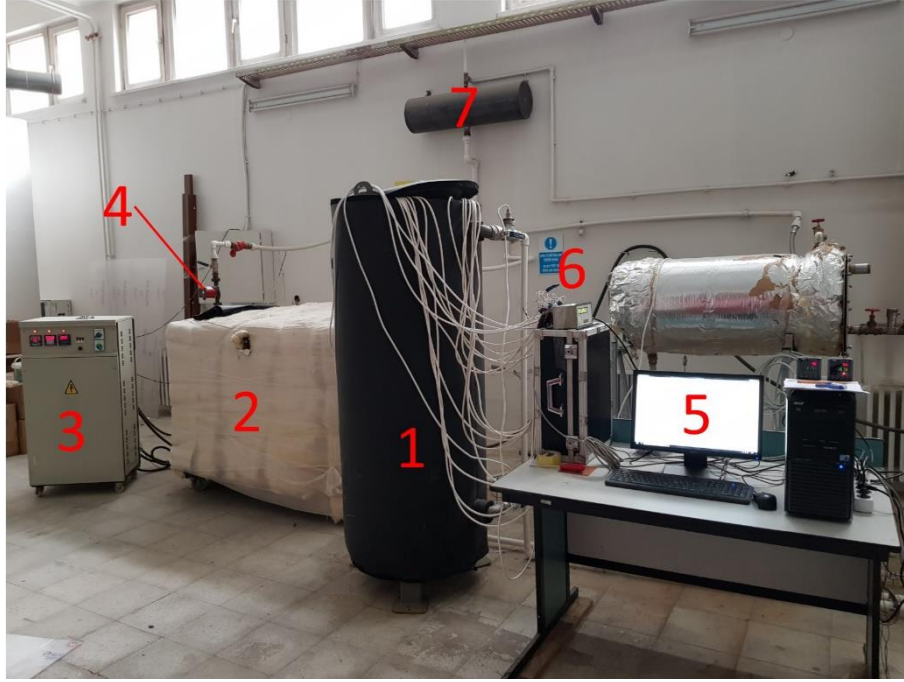
1. Giriş

Enerji depolama; enerji kaynağının aktif olmadığı zamanlarda enerji kullanımına devam etmek ve/veya enerji pik yüklerini pik olmayan zamanlara kaydırmak için kullanılabilen en etkili çözümlerden biridir. Enerji doğası gereği her bir enerji türünde depolanabilmektedir. Mühendislik uygulamalarında kullanılan enerji depolama yöntemleri Acar [1] tarafından kapsamlı bir şekilde karşılaştırılmış ve derecelendirilmiştir. Isıl enerji depolama sistemleri, enerji depolama uygulamaları arasında teknik uygunluk ve birçok sisteme kolaylıkla entegre edilebilmesinden dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Aynı zamanda ısı; genellikle hem son kullanılan ve kaybolan enerji türü olduğundan sistemin termodinamik performansını da önemli düzeyde arttırabilecek bir yöntemdir. Sıcak su tanklarının ısı performansları ile alakalı en önemli kriter tankın sahip olduğu sıcaklık tabakalaşmasıdır. İyileştirilmiş sıcaklık tabakalaşması tankın ısı performansını arttırmaktadır. Sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmek için çok sayıda yöntem araştırmacılar tarafından literatüre sunulmuştur. Ayrıca tank içerisndeki sıcaklık tabakalaşmasının derecesini belirlemek için kullanılan çok sayıda boyutlu ve boyutsuz parametre bulunmaktadır. Yapılan iyileştirmeler bu parametreler üzerinden değerlendirilmektedir. Sıcak su tankı kullanıcıları ise bir sıcak su tankından maksimum miktarda ve yüksek sıcaklıkta sıcak su beklemektedir. Literatürdeki çalışmalar daha iyi sıcaklık tabakalaşmasının tanktan elde edilen sıcak su miktarını arttırdığını göstermektedir. Bir sıcak su tankından elde edilen sıcak su miktarını arttırmak için kullanılabilen en etkili yöntemlerden biri tank içerisine faz değiştiren malzeme yerleştirmektir. Faz değiştiren malzemeler, faz değişimi sırasında suyun duyulur ısı enerji değişimine göre daha fazla enerji depolayacağından tankın enerji depolama kapasitesi arttırmaktadır. Böylece tanktan daha fazla miktarda sıcak su elde etmek mümkün olmaktadır. Faz değiştiren malzemeler sıcak su tankının ısı enerji depolama performansını önemli ölçüde arttırdığından çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir.

He ve arkadaşları [2] sıcak su tankına 230 kg parafin yerleştirmenin tankın depolama kapasitesini %29.62 arttırabileceğini deneysel olarak gözlemlemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada parafin yerleştirmenin sıcaklık tabakalaşmasını önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir. Bir sıcak su tankı içerisnde faz değiştiren malzeme olarak sodyum asetat kullanımının etkisi Huang ve arkadaşları [3] ve Wang ve arkadaşları [4] tarafından incelenmiştir. Bu çalışmalardan sıcak su tankı içerisine faz değiştiren malzeme yerleştirmenin sıcaklık tabakalaşması üzerinde önemli etkisi olmadığı Richardson ve MIX sayıları üzerinden belirlenmiştir. Kılıçkap ve arkadaşları [5] sıcak su tanklarında faz değiştiren malzeme olarak kalsiyum klorür heksahidrat kullanımının etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Elbahjaoui ve Qarnia [6] tank içerisnde tank boyunca uzanan prizmatik taşıyıcılar içerisnde faz değiştiren malzeme yerleştirmenin etkisini sayısal olarak incelemişlerdir. Kahwaji ve arkadaşları [7] altı farklı parafin türünün kimyasal ve termofiziksel özelliklerini, uzun dönem kararlılığını ve kimyasal uyumluluklarını inceleyen bir deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada faz değişim sıcaklığı 30 °C ve 60 °C arasında değişen faz değiştiren malzeme kullanımının uygun olacağı belirtilmiştir. Sivakumar ve arkadaşları [8] erime noktası 50 °C olan faz değiştiren malzeme kalınlığının tanktan elde edilen sıcak su miktarı üzerindeki etkisini



incelemişlerdir. 2 mm kalınlığında faz değiştiren malzeme 12 saat güneşlenme süresi şartlarında en yüksek miktarda enerji depolanabileceğini ve 4 mm kalınlığa sahip faz değiştiren malzemeyle ertesini gün sabaha kadar tank içerisindeki sıcaklığın korunabileceği görülmüştür. Xie ve arkadaşları [9] sıcak su tanklarında faz değiştiren malzeme kullanımı ve faz değiştiren malzemelerin özelliklerini inceleyen ve karşılaştıran bir derleme ve değerlendirme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada parafin yüksek ısı iletkenliğe sahip faz değiştiren malzemelerin ısı performansını iyileştirildiği görülmüştür. Bagheri ve arkadaşları [10] bir ısı enerji depolama sisteminde faz değiştiren malzeme yerleştirmenin zamana bağlı davranışını sayısal olarak incelemişlerdir. Mehla ve Yadav [11] asetamitinin faz değiştiren malzeme olarak kullanıldığı bir vakum tüplü güneş enerjili sıcak su sisteminin ısı performansını incelemişlerdir. Fazilati ve Alemrajabi [12] güneş enerjili sıcak su sistemlerinde faz değiştiren malzeme kullanımının tankın enerji depolama kapasitesini %39, ekserji verimini %16 ve tanktan elde edilen sıcak su miktarını ise %25 arttırabileceği tespit edilmiştir. Thaib ve arkadaşları [13] güneş enerjili sıcak su sistemlerinin depolama tankında parafin kullanımının sistemin ve sistem ekipmanlarının verimini arttırabileceği vurgulamışlardır. Wang ve arkadaşları [14] faz değiştirme sıcaklığını 26 °C olan parafinin özelliklerini enerji depolama sistemlerinde kullanımı açısından incelemişlerdir. Sharif ve arkadaşları [15] hacim ısıtma ve sıcak su elde etme sistemlerinde faz değiştiren malzeme kullanımını irdeleyen bir derleme ve değerlendirme çalışması gerçekleştirmişler ve çalışmanın sonucunda faz değiştiren malzemelerin serası etkisini düşürmede önemli bir rol oynayacağı vurgulamışlardır.



Şekil 5: Deney sisteminin görünümü

Literatür taramasından görüldüğü üzere, sıcak su tanklarından elde edilen sıcak su miktarını arttırmak için tank içerisine faz değiştiren malzeme yerleştirmek yaygın yöntemlerden biridir. Faz değiştiren malzemeler, tanktan elde edilen sıcak su miktarını ve tankın enerji depolama kapasitesini artırırken, sıcaklık tabakalaşması üzerindeki ise önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Faz değiştiren malzemeler arasında parafin sıcak su tanklarında en yaygın kullanılanlardır. Bunun sebebi ise, parafinin düşük maliyetli bir ürün olması ve faz değişim sıcaklığının ise depolanan sıcak su sıcaklığına yakın olmasıdır. Parafin sıcak su tankı içerisine, tek bir tank içerisinde, silindirik çubuklar ya da kapsüller içerisinde yerleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, bir düşey mantolu sıcak su tankı içerisine 3 farklı hacme sahip silindirik kapsüller içerisinde parafin yerleştirmenin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 1, 3 ve 5 litrelik kapsüller kullanılmıştır. Böylece kapsül hacminin tanktan elde edilen sıcak su miktarı üzerindeki deneysel olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deney Düzenegi

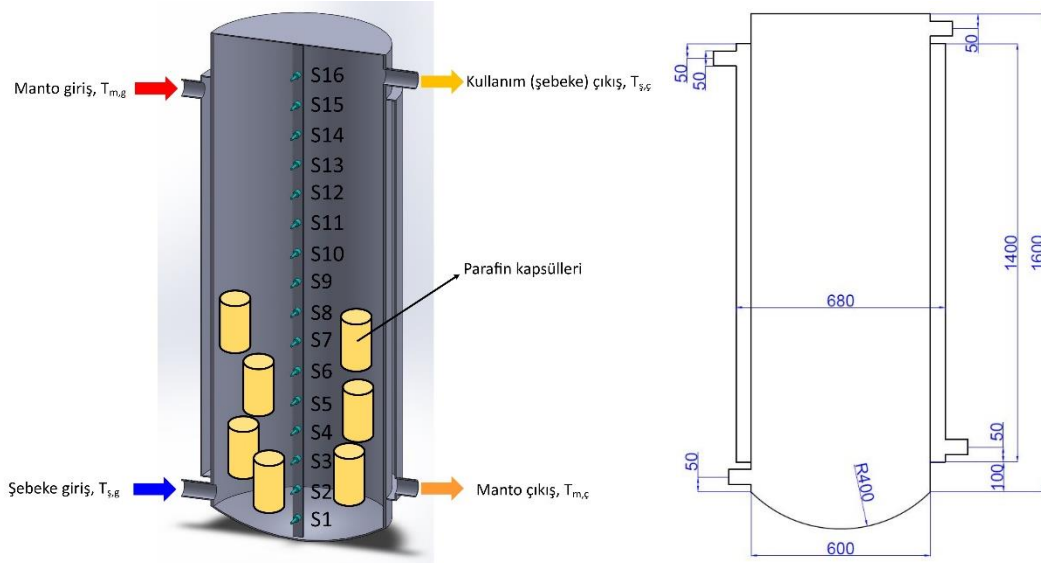
Bu çalışmada, Şekil 5’de görülen deney tesisatı kullanılmıştır. Deney tesisatı; test tankı, ısıtıcı, varyak trafo, pompa, genişleme tankı, bilgisayar, veri toplayıcı, termokupullar, debimetreler ve tesisat elemanlarından oluşmaktadır. Isıtıcı tanka varyak trafo aracılığıyla elektrik akımı sağlanmakta ve suyun sıcaklığı yükseltilmektedir. Varyak trafonun üzerindeki otomatik kontrol ünitesi sayesinde ± 2 °C sıcaklıkta su sağlanmaktadır. Isıtıcıdaki su bir sirkülasyon pompası vasıtasıyla test tankına gönderilmektedir.

2.2. Düşey Mantolu Sıcak Su Tankı

Bu çalışmada, test tankı olarak bir düşey mantolu sıcak su tankı kullanılmıştır. Tankın sıcak su depolama kapasitesi 450 litredir. Test tankının şematik görünümü ve boyutları Şekil 6’de verilmiştir. Tank 1.5 mm kalınlığında paslanmaz sacdan imal edilmiştir. Test tankından olan ısı kaybını azaltmak için 6 cm kalınlığında kauçuk köpük yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Tank içerisinde tank tabanından 100 mm mesafeden başlayıp, her 100 mm’de sıcaklık ölçümü almak için 16 adet termokupl yerleştirilmiştir. Bu termokupullar 2.5 cm genişliğinde 2 mm kalınlığında paslanmaz sacdan imal edilmiştir. Ayrıca tankın giriş ve çıkışlarındaki sıcaklıkları



ölçmek için de termokupllar kullanılmıştır. Ayrıca manto çevirimi ve şebeke çevrimindeki su debilerini ölçmek için 2 adet debimetre kullanılmıştır.



Şekil 6: Test tankı a) şematik görünüm ve b) tankın boyutları

2.3. Faz Değiştiren Malzeme ve Kapsüller

Çalışma faz değiştiren malzeme olarak parafin kullanılmıştır. Kullanılan parafinin erime sıcaklığı 62-66 °C olup parafinin özellikleri **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de verilmiştir. Parafinin erime noktası içerisindeki yağ oranı ve kimyasalların oranı d eğitirildiği zaman değişmektedir. Bu çalışmada sıcak su tanklarının çalışma şartları düşünülerek erime noktası 62-66 °C olan parafin kullanılmıştır.

Tablo 2: Parafinin termofiziksel özellikleri

Erime noktası	62-66 °C
Yağ içeriği	% 1-2
Özgül ısı	2700 J/kg K
Faz değişim enerjisi	220 kJ/kg
Isı iletim katsayısı	0.179 W/m K
Yoğunluk	880 kg/m ³

Parafin tank içerisine silindirik kapsüller içerisinde yerleştirilmiştir. Kapsüller Şekil 7'de görülmektedir. Bu çalışmada 1, 3 ve 5 litrelik hacme sahip silindirik kapsüller kullanılmıştır. Kapsüllerin ölçüsü Tablo 3'de verilmiştir. Kapsüller paslanmaz sacdan üretilmiş olup, kapakları sızdırmaz özelliktedir. Daha önce yapılan çalışmalarda 450 litrelik bir düşey mantolu sıcak su tankında kapsül hacminin 65 litre ve parafin miktarının 32.5 kg olduğu bulunmuştu. Belirlenen bu değerlerden yola çıkarak kapsül hacminin etkisini belirlemek için tanka yerleştirilen kapsüllerin hacmi 65 litre ve kütlesi 32.5 kg olarak alınmıştır. Bu kapsamda, 5 litrelik kapsülden 13 adet kullanılmıştır ve her bir kapsül içerisinde 2.5 kg parafin bulunmaktadır. 3 litrelik kapsüllerden 22 tane kullanılmış olup, her bir kapsül içerisinde 1.47 kg parafin bulunmaktadır. 1 litrelik kapsüller toplamda 65 adet kullanılmış olup, her bir kapsülde 0.5 kg parafin bulunmaktadır. Kapsüller tank içerisine rastgele düzende yerleştirilmiştir.

Tablo 3: Kapsüllerin boyutları

Kapsül Hacmi	Çap	Yükseklik
1 litre	0.11 cm	0.13 cm
3 litre	0.16 cm	0.16 cm
5 litre	0.16 cm	0.26 cm





Şekil 7: Parafini tank içerisine yerleştirmek için kullanılan kapsüllerin görünümü

2.4. Deneysel Prosedürü

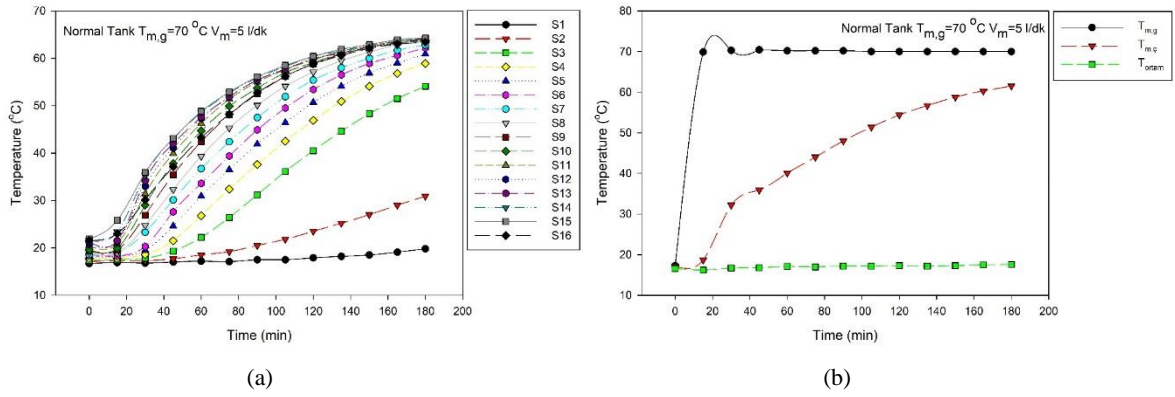
Yukarıda detayları verilen deney sisteminde, özellikleri açıklanan parafin ve kapsüller kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler enerji yükleme ve boşaltma periyodu olarak iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Enerji yükleme periyodunda $T_{\text{manto,giriş}}=70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $V_{\text{manto}}=5\text{ l/dk}$ olarak ayarlanmıştır. Enerji yükleme periyodu 180 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Enerji yükleme periyodunun tamamlanmasının hemen ardından enerji boşaltma periyodu gerçekleştirilmiştir. Enerji boşaltma periyodu $T_{\text{şebeke,çıkış}}=30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düşene kadar devam etmiştir. Şebeke debisi $V_{\text{şebeke}}=10\text{ l/min}$ olarak ayarlanmıştır. Deneyler sırasında tank içerisinden on altı, tank giriş çıkışlarından dört ve bir ortam sıcaklığı olmak üzere toplam 21 adet sıcaklık ölçümü alınmıştır. Manto ve şebeke girişlerindeki hacimsel debiler ve deney süresince sistemden geçen su miktarı da ölçülmüştür. Ölçümler her 10 s'de bir alınmıştır. Üç farklı kapsül hacmi için ve bir normal tank için olmak üzere 4 farklı deney yapılmıştır. Her bir deney 2 defa tekrarlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

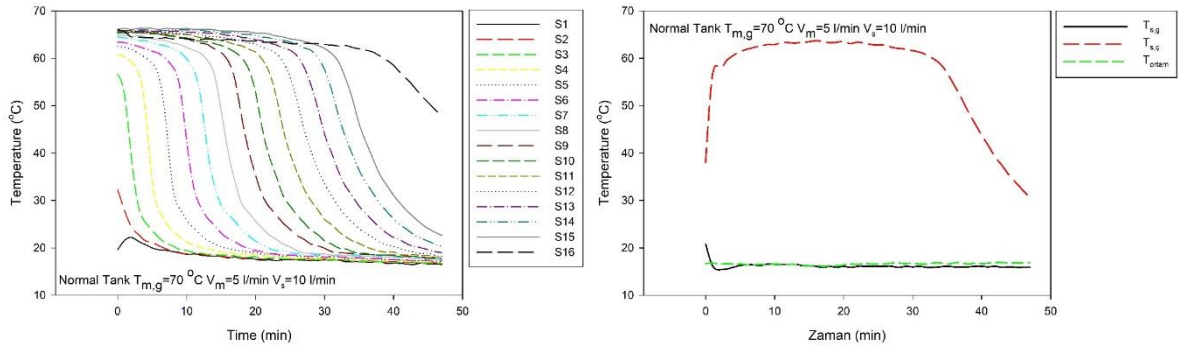
Deneyler sırasında ilk olarak içerisinde parafin kapsülleri bulunmayan normal tank için deneyler gerçekleştirilmiştir. Normal tank için belirtilen şartlarda mevcut durum ortaya konmuştur. Enerji yükleme periyodunda tank içerisindeki sıcaklık dağılımının, manto giriş ve çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimi Şekil 8'de görülmektedir. Enerji yükleme periyodunda 180 dakikalık enerji yükleme periyodu sonunda tankın alt 200 mm mesafe soğuk su bulunmaktadır. 300 mm mesafede $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta su varken, 400 mm mesafeden sonra ise $58\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık arasında sıcak su bulunmaktadır. Ayrıca manto giriş ve çıkış sıcaklıkları incelendiği zaman, sistemin 180 dakikaya kadar kararlı koşullara ulaşmadığı görülmektedir. Deneyler sırasında ortam sıcaklığı yaklaşık $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Enerji yükleme periyodunun başlaması ile beraber tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşması zamanla gelişmeye başlamıştır. 120. dakikadan sonra ise tankın tabanındaki soğuk su hacmi azalarak, sıcak su hacminin tank içerisinde oranı artmıştır. Şekil 8'de görülen enerji yükleme periyodundaki sıcaklık dağılımlarının ve giriş/çıkış sıcaklıklarının zamanla değişimleri içerisinde kapsül bulunan durumlarda da benzer davranış göstermektedir.

Normal tankın enerji boşaltma periyodunda sıcaklık değişimleri Şekil 9'de görülmektedir. Tanka şebekeden gelen soğuk suyun girmesiyle tank içerisindeki sıcaklık tankın alt kısımlarından başlayarak düşmeye başlamıştır. Ayrıca soğuk suyun tanka girmesiyle tank içerisinde sıcaklık gradyeni oluşmakta ve 35 dakikadan sonra tank içerisindeki neredeyse soğuk su hacmi bulunmaktadır. Şebeke çıkış sıcaklığı ise ilk 32 dakika boyunca tank içerisindeki en yüksek sıcaklık seviyesinden su alınmaktadır. 32. dakikadan sonra şebeke çıkış sıcaklığı hızla düşmektedir. Şebeke çıkış sıcaklığını 32. dakikadan sonra 15 dakika içerisinde $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmektedir. Enerji boşaltma periyodu toplamda 47 dakika sürmektedir. Tanktan 490 litre sıcak su elde edilmiştir. Şekil 9.a'da görülen, enerji boşaltma periyodundaki sıcaklık dağılımının zamanla gelişimi içerisinde kapsül bulunan durumlarda da benzer davranış göstermiştir. Enerji boşaltma periyodunda, normal tank ve içerisinde kapsül bulunan durumlarda farklılık gösteren ve enerji boşaltma periyodu için önem arz eden sıcaklıklar şebeke giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır. Bu sıcaklıklarında değişimi de benzer olup kapsüllü olan durumlarda en yüksek sıcaklık seviyesinden alınan suyun süresi uzamıştır. Şekil 10'da içerisinde 1 litre kapsül bulunan kapsül tank için şebeke giriş ve çıkış sıcaklıklarının değişimi görülmektedir. Yukarıda açıklanan durum Şekil 10'da açık bir şekilde görülmektedir.

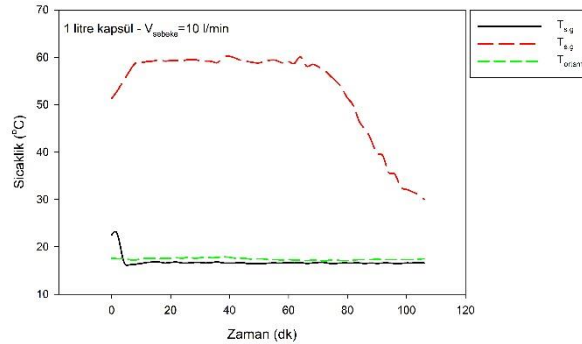




Şekil 8: Normal tank için enerji yükleme periyodunda sıcaklıkların zamanla değişimi a) tank içerisindeki sıcaklık dağılımı, b) manto giriş ve çıkış sıcaklıkları



Şekil 9: Normal tank için enerji boşaltma periyodunda sıcaklıkların zamanla değişimi a) tank içerisindeki sıcaklık dağılımı, b) şebeke giriş ve çıkış sıcaklıkları



Şekil 10: İçerisinde 1 litre kapsül bulunan durum için şebeke giriş ve çıkış sıcaklıklarının değişimi

Tanktan elde edilen sıcak su miktarları, enerji verimi, ekserji verimi, MIX sayısı ve Richardson sayısı değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4’den görüldüğü üzere, kapsül çaplarının etkisi çok sayıda parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Tablo 4’den sıcak su tankından elde edilen sıcak su miktarı dikkate alındığı zaman, azalan kapsül hacmiyle tanktan elde edilen sıcak su miktarının arttığı görülmektedir. Normal tanktan 490 litre sıcak su elde edilirken, kapsül hacmi 5 litre olduğu zaman 590 litre, 3 litre olduğu zaman 618 litre ve 1 litre olduğu zaman ise 674 litre sıcak su elde edilmiştir. Kapsül çapı değiştirilerek tanktan elde edilen sıcak su miktarı 84 litre artırılabilir. Tanktan maksimum miktarda sıcak su elde etmek için düşük hacimli kapsül kullanmak gerekmektedir. Sıcak su tankında farklı hacimlerde kapsül kullanmanın etkisini termodinamik açıdan değerlendirmek için enerji ve ekserji verimleri de hesaplanmıştır. Enerji ve ekserji verimlerinden görüldüğü üzere, tankın farklı durumlarda enerji verimleri yaklaşık olarak %85 ve üzerindedir. Enerji verimi değerlerinden görüldüğü üzere, sistem ideale yakın bir şekilde davranmaktadır ve değerler birbiriyle kıyaslanamaz durumdadır. Bu duruma enerji verimi değerlerinin hesaplanmasında sadece sistem sınırlarından geçen iş, enerji ve ısı etkileşimleri dikkate alınması sebep olmaktadır. Tankın sınırlarından olan etkileşimlerde sadece giriş ve çıkış kütle etkileşimleri ve çevreye olan ısı kaybı olduğundan enerji verimi değerlerinin yüksek olması olağandır. Bu yüzden sistemin içerisinde olan tersinmezlikleri de dikkate almak için ekserji analizi de yapılmıştır. Ekserji verimi değerleri sistemin idealden ne kadar uzak olduğunu göstermektedir. Ekserji verimi tüm



durumlarda %15 ile %34 arasında değişmiştir. Tank içerisine kapsül yerleştirmenin ve kapsül çapının enerji verimi üzerindeki önemli bir etkisi olmamasına karşın, ekserji verimini artırma eğiliminde olduğu görülmektedir. Azalan kapsül çapıyla artan sıcak su miktarından dolayı ekserji verimi de artma eğilimi göstermiştir.

Tank içerisinde kapsül kullanmanın ve değişen kapsül hacminin sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisi incelendiği zaman, kapsül yerleştirmenin ve kapsül çapının sıcaklık tabakalaşması üzerindeki önemli bir etkisi olmadığı MIX sayısı ve Richardson sayısı üzerinden görülmektedir. MIX sayısı tüm durumlarda 0.47 civarındayken, Richardson sayısı tüm durumlarda 2.18 civarında değişmiştir.

Tablo 4: Çalışma incelenen tüm durumlar için sıcak su miktarı, enerji verimi, ekserji verimi, MIX sayısı ve Richardson sayısı değerleri

Durum	Sıcak su miktarı (litre)	Enerji verimi (η , %)	Ekserji verimi (ψ , %)	MIX sayısı	Richardson Sayısı
Normal tank	490	84.92	15.59	0.48	2.14
5 litre	590	85.14	20.14	0.46	2.17
3 litre	618	85.58	26.48	0.46	2.19
1 litre	674	86.74	33.97	0.44	2.28

4. Sonuçlar

Bu çalışma, 450 litre hacme sahip bir düşey mantolu sıcak su tankında tank içerisine parafin kapsülleri yerleştirmenin ve kapsül hacimlerinin tankın ısı enerji depolama üzerindeki etkisini belirlemek için deneysel bir çalışma sunmaktadır. Bu çalışmadan aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Normal tanktan 490 litre sıcak su elde edilmiş olup, tank içerisine parafin kapsülü yerleştirmek tanktan elde edilen sıcak su miktarını önemli ölçüde artırmıştır. Daha düşük hacimdeki kapsül hacmi tanktan elde edilen sıcak su miktarını artırmıştır. 5 litrelik kapsül tanktan elde edilen sıcak su miktarını 100 litre arttırırken, 3 kapsül 128 litre ve 5 litre kapsül 184 litre artırmıştır.
- Tank içerisine kapsüller içerisinde parafin yerleştirmek tankın enerji verimini belirgin bir şekilde etkilememiştir. Enerji verimi tüm durumlarda %85 ile %86 arasında değişmiştir. Enerji verimi değerleri kıyaslanabilir bilgiler vermemiştir.
- Tüm durumlar için ekserji verimi değerleri incelendiği zaman, sistemin idealden uzak bir davranış sergilediğini göstermektedir. Ekserji verimi tüm durumlarda %16 ile %34 arasında değişim göstermiştir. Tank içerisinde kapsül kullanmak ekserji verimini %18'e kadar arttırabilmektedir. Düşen kapsül hacmi ile tankın ekserji verimi artış eğilimindedir.
- Tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşması MIX sayısı ve Richardson sayısı üzerinden değerlendirildiği zaman tank içerisindeki kapsül kullanmanın ve değişen kapsül hacminin sıcaklık tabakalaşması üzerindeki önemli etkisi olmadığı gözlenmiştir.
- Tanktan elde edilen sıcak su miktarı ve diğer değerlendirme kriterleri göz önünde bulundurulduğu zaman tank içerisindeki düşük hacimli parafin kapsülü yerleştirmenin düşey mantolu sıcak su tankının ısı enerji depolama performansını arttırdığı gözlenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] C. Acar, "A comprehensive evaluation of energy storage options for better sustainability," *International Journal of Energy Research*, vol. 42, no. 12, pp. 3732-3746, 2018.
- [2] Z. He, X. Wang, X. Du, M. Amjad, L. Yang, and C. Xu, "Experiments on comparative performance of water thermocline storage tank with and without encapsulated paraffin wax packed bed," *Applied Thermal Engineering*, vol. 147, pp. 188-197, 2019/01/25/ 2019.
- [3] H. Huang *et al.*, "An experimental investigation on thermal stratification characteristics with PCMs in solar water tank," *Solar Energy*, vol. 177, pp. 8-21, 2019/01/01/ 2019.
- [4] Z. Wang, H. Zhang, H. Huang, B. Dou, X. Huang, and M. A. Goula, "The experimental investigation of the thermal stratification in a solar hot water tank," *Renewable Energy*, vol. 134, pp. 862-874, 2019/04/01/ 2019.
- [5] S. Kılıçkap, E. El, and C. Yıldız, "Investigation of the effect on the efficiency of phase change material placed in solar collector tank," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 5, pp. 25-31, 2018/03/01/ 2018.
- [6] R. Elbahjaoui and H. El Qarnia, "Thermal performance of a solar latent heat storage unit using rectangular slabs of phase change material for domestic water heating purposes," *Energy and Buildings*, vol. 182, pp. 111-130, 2019/01/01/ 2019.
- [7] S. Kahwaji, M. B. Johnson, A. C. Kheirabadi, D. Groulx, and M. A. White, "A comprehensive study of properties of paraffin phase change materials for solar thermal energy storage and thermal management applications," *Energy*, vol. 162, pp. 1169-1182, 2018/11/01/ 2018.
- [8] R. Sivakumar, V. Sivaramkrishnan, and M. Vivekanandan, "Experimental study on depth of paraffin wax over floating absorber plate in built-in storage solar water heater," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 7, no. 11, p. 1687814015616018, 2015.



- [9] L. Xie, L. Tian, L. Yang, Y. Lv, and Q. Li, "Review on application of phase change material in water tanks," *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 9, no. 7, p. 1687814017703596, 2017.
- [10] G. H. Bagheri, M. A. Mehrabian, and K. Hooman, "Numerical study of the transient behaviour of a thermal storage module containing phase-change material," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, vol. 224, no. 4, pp. 505-516, 2010.
- [11] N. Mehla and A. Yadav, "Thermal analysis on charging and discharging behaviour of a phase change material-based evacuated tube solar air collector," *Indoor and Built Environment*, vol. 27, no. 2, pp. 156-172, 2018.
- [12] M. A. Fazilati and A. A. Alemrajabi, "Phase change material for enhancing solar water heater, an experimental approach," *Energy Conversion and Management*, vol. 71, pp. 138-145, 2013/07/01/ 2013.
- [13] T. R., Hamdani, Irwansyah, and Zaini, "Investigation performance of solar water heater system using parafin wax," *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 9, no. 10, pp. 1749-1752, 2014.
- [14] Q. Wang, J. Zhang, Z. Ding, and L. Qiu, "Study on Properties of Paraffin Phase Change Energy Storage Concrete," *Energy Procedia*, vol. 16, pp. 365-370, 2012/01/01/ 2012.
- [15] M. K. A. Sharif *et al.*, "Review of the application of phase change material for heating and domestic hot water systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 42, pp. 557-568, 2015/02/01/ 2015.

NOT: Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 217M993 numaralı 1002 Hızlı Destek Programı projesi ile desteklenmiştir. Yazarlar TÜBİTAK'a sağladıkları desteklerden dolayı teşekkürlerini sunar.



AKSARAY ÖRNEĞİNDE TARİHİ YAPILARIN YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

Ebru Şahin Mercimek^{1*}, Tuğba İnan Günaydın²

1Aksaray Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mim-sahin@hotmail.com , tugbainan85@gmail.com

2 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mim-sahin@hotmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Kültür varlıklarının korunarak yaşatılması ve sürekliliğinin sağlanması konusunda bu yapıların işlevlendirilerek toplumsal bir amaca hizmet etmesi büyük önem taşır. Tarihi yapıya verilecek bu yeni işlev; yapının kimliği, fiziksel ve yapısal durumu, tarihsel önemi ile uyumlu olmalıdır. Geçmişteki kullanım amacı dışında kullanılan tarihi yapıların bu yeni işleve ne kadar ve nasıl cevap verebileceği koruma alanında önemli bir tartışma konusudur. Tarihi yapıların günümüzdeki kullanım biçimleri bu yapıların korunarak yaşatılması için en önemli kriterlerden biri olsa da bunun nasıl ve ne şekilde gerçekleştirileceği yapının ömrünü önemli derecede etkileyen bir unsurdur. Ayrıca birer kültür varlığı ve toplumun ortak değeri olan tarihi yapıların yeni kullanım biçimlerinin de yine topluma hizmet etmesi beklenir. Yapılan bu çalışmada; Aksaray ili örneğinde tarihi yapıların geçmişteki ve günümüzdeki kullanım amaçları yerinde incelenerek değerlendirilmiş, bu amaçların uygunluğu ve doğruluğu tartışılarak sorgulanmıştır. Bu çalışma ile yeniden işlevlendirilen tarihi yapıların günümüzdeki kullanımlarına ve bu kullanım biçimlerinin tarihi yapıları korumadaki olumlu ve olumsuz rollerine Aksaray İli ölçeğinde incelenen somut örnekler ile dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, Yeniden işlevlendirme, Koruma, Restorasyon.

1. Giriş

Farklı uygarlıkların, kimliklerin ve kültürlerin tarih boyunca ev sahipliğini yapmış olan Anadolu çok zengin bir tarihe ve değerlere sahiptir. Birçok kültürün, ırkın, dinin, sanatın tarihini barındıran Anadolu tarihi eserler yönünden dünyadaki en zengin topraklar arasında yer alır. Sahip olduğumuz bu değerlerin korunması ve yaşatılması günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Tarih öncesi ve tarihi devirlere ait ve tarihin farklı devirlerinde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan varlıklar birer kültür mirasıdır. Bu mimari kültür mirasının geleceğe taşınması toplumsal, siyasal ve ulusal bir görevdir. Bu yapıların korunması ve yaşatılmasında önemli bir husus ise; kullanımlarının günümüzde ve gelecekte devamlılığının sağlanması, uygun bir işlev ile sosyal ve fiziksel anlamda kentin bir parçası olmalarını sağlayabilmektir.

Bu çalışmada, Aksaray ili konu alınarak kent ve ilçelerindeki korunması gerekli kültür varlıklarına dikkat çekilmiş, kent merkezinde Ulu Irmak aksı ve çevresi boyunca konumlanan tarihi yapıların yeniden işlevlendirilmelerine ve bu eyleme yönelik gördükleri müdahalelere eski ve yeni kıyaslarıyla değinilir. Tarihi yapılara yüklenen yeni işlevlerin koruma kuramı açısından uygunluğu, yapıların fiziksel durumları ile ilişkileri, kullanılabilirlikleri, kent ölçeğindeki durumları sorgulanır.

2. Aksaray’da Tarihsel Süreç Ve Korunması Gereken Kültür Varlıkları

2.1. Aksaray Kenti Tarihsel Ve Coğrafi Özellikleri

Aksaray Kuzey ve Güney Anadolu dağlarının birbirinden uzaklaştığı İç Anadolu Bölgesinin güneydoğusunda, Orta Kızılırmak platosunun devamını teşkil eden kalkerli ve volkan küllerinin meydana getirdiği arazi ile Tuz Gölü havzasının devamı olan ova üzerinde yer alır. Nevşehir ve Niğde sınırlarında sönmüş volkanik sıra dağlar uzanır. İl sınırlarında sönmüş bir yanardağ olan Hasandağı, Melendiz Dağları ve Ekecik Dağı yer almaktadır. Aksaray’ın en büyük gölü, Tuz Gölü olmak üzere Acıgöl, Sarıgöl, Uyuzgöl, Kocagöl ve Kartalgölü’dür. Akarsuları Ulurmak, Melendiz Çayı ve Karasu’dur.

Çevre ve ilçe yerleşimleri incelendiğinde sınırları içerisinde önemli arkeolojik ve tarihsel alanları bulunduran Aksaray kentinde, Aşıklı Höyük’te yapılan kazılar neticesinde, M.Ö. 7000’lerin ilk yarısına kadar indiği belirlenmiştir (Temel, 2008). Aksaray, sırasıyla Akkadlar, Hititler, Assurlular, Kimmerler, Frigyalılar, Lidyalılar, Medler, Persler, Kapadokyalılar, Makedonyalılar, Romalılar, Bizans Devleti’nin hâkimiyetine geçmiştir. Türklerin 1076’da bu bölgeye gelişine kadar, hâkimiyet kuran tüm medeniyetlerin, Aksaray’ın gelişmesinde olumlu katkıları olmuştur. Aksaray kent merkezinde ise Selçuklu ve Beylikler dönemine uzanan kent ve kent kalıntılarının izleri görülür.

2.2. Aksaray’da Mimari Miras Çeşitliliği Ve Koruma Sorunları

Aksaray ili ve çevresi tarihin en eski dönemlerine kadar yerleşim görmüş Antik kentleri, yer altı şehirlerini, Roma ve Erken Bizans dönemi kalıntlarına sonrasında da Selçuklu, Beylikler ve Osmanlı dönemine ait mimari mirasa sahiptir. Kentin sahip olduğu bu mimari



miras çeşitliliğini neolitik döneme kadar uzanan arkeolojik kazı alanlarından bilinmektedir. Analipsis tepesi, Aşıklı höyük, Güvercin Kayası, Gaziemir yer altı şehirleri, Ihlara Vadisi, Güzelyurt kent dokusu ve Manastır Vadisi, Selime ve Belisırma'daki doğal ve kültür varlıkları kentin ilçe yerleşimindeki önemli tarihi alanlardır. Bu alanlarda genellikle doğal ve kültürel varlıklar bir arada ve iç içe bulunur. Korunması gerekli jeolojik yapı ve doğal oluşumlar ile mimari miras bütünleşmiş bir konumdur. Çevre ve ilçe yerleşimleri ile tarihte bilinen en eski dönemlere kadar yerleşim görmüş ve bir yönüyle Kapadokya'nın jeolojik ve mimari yerleşim özelliklerini de gösteren çeşitli doğal ve kültürel varlıkları içeren Aksaray, kent merkezinde ise, Selçuklu, Beylikler ve Osmanlı dönemine ait mimari kültür mirasına sahiptir.

Kültür varlıklarının tanımlanması ve sınıflandırılması bu varlıkların korunarak geleceğe aktarılmasında önem taşır. Aksaray ili köklü tarihsel gelişimi, sahip olduğu doğal ve jeolojik oluşumları ve de sahip olduğu mimari kültür mirası ile bütünüyle korunması gereken bir fiziksel doku içerir. Aksaray; Güzelyurt, selime, Ihlara gibi önemli en eski yerleşimleri içeren merkezlerinden başlayarak kent merkezine uzanan, buradaki tarihi ve kültürel alanları içine alan korumacı bir bütüncül yaklaşım ile irdelenmelidir. Korunması gereken mimari ve kültürel miras ilçe, kent ve bölge ölçeğinde ele alınarak tanımlanmalıdır. Çevresinde önemli coğrafi ve jeolojik oluşumlar ile mimari kültür mirasını iç içe bulunduran Aksaray kent merkezi de bu korunması gereken çevresel değerler bütününe bir parçasıdır. Aksaray ili çerçevesinde ele alınması gereken mimari miras çeşitliliği arkeolojik kentler, yer altı şehirleri, korunması gerekli dinsel yapılar, sivil mimarlık örnekleri, geleneksel konut yapıları olarak tanımlanabilir. Kentin başlıca doğa varlıkları ise, Güzelyurt Manastırlar Vadisi, Selime Peri Bacaları ve Katedreli, Ihlara vadisi ve Kiliseleri, Ulurmak ve Melendiz akarsuları, barajlar ve yer altı sıcak su kaynaklarıdır. Aksaray'ın ilçe yerleşimlerinde doğal ve kültürel varlıkların bir arada bulunması ve kentin en küçük biriminden kent merkezine ve bölge ölçeğine uzanan bir koruma planının olmaması bu varlıklar için büyük koruma sorunları oluşturmaktadır. Koruma sorunlarını oluşturan bir diğer konu da, kent ve ilçe ölçeğinde korunması gerekli söz konusu bu tarihi dokuya geçmişte yeteri kadar önem verilmemesi ve bu değerlerin yanlış müdahalelere maruz kalmalarıdır. Tarihi yapı bünyesine yapılan bilinçsiz müdahaleler, yanlış işlevlendirmeler, bütüncül bir koruma yaklaşımından uzak eylemler kent ölçeğinde geri dönüşümü mümkün olmayan kayıplara neden olmuştur.

3. Aksaray İl Merkezinde Tarihi Yapılar Ve Yeniden İşlevlendirme Eylemleri

Tarihi yapıların yeni kullanım biçimlerinde kente uygunluğu ve kente katması gereken sosyal ve kültürel değerler daima büyük önem taşır. Kültür varlıklarının korunarak yaşatılması ve sürekliliğinin sağlanması konusunda bu yapıların işlevlendirilerek toplumsal bir amaca hizmet etmesi istenir. Tarihi yapıya verilecek yeni işlev, yapının kimliği, fiziksel ve yapısal durumu, manevi değeri ile daima uyumlu, yapının fiziksel kapasitesini aşmayacak biçimde olmalıdır (Ahunbay, 2018).

Günümüzde zamanın, teknolojinin ve gereksinimlerin değişmesi ile geçmişteki kullanım amacı dışında yeni işlevler yüklenen tarihi yapıların bu yeni kullanıma ne kadar ve nasıl cevap verebileceği koruma hususunda önemli bir konudur.

3.1. Mimari Mirasın Yeniden İşlevlendirilmesine Yönelik Uluslar Arası Yasal Çerçeve

Tarihi yapıların korunarak yaşatılmasına yönelik önemli bir unsur olan yeniden işlevlendirmenin amacına ve koruma kuramlarına uygun olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda takip etmekte olduğumuz uluslar arası çerçevelere uygunluk bu kullanım biçimlerinde büyük önem taşır. Koruma çalışmalarında işlev unsurunun önemine ve tarihi yapıya verilecek yeni kullanım biçiminin nasıl olması gerektiğine uluslar arası koruma ilkelerinde çeşitli biçimlerde değinilmiştir.

Uluslar arası koruma ilkelerini tanımlayan Venedik Tüzüğü'nün 5. maddesinde *“Anıtların korunması, her zaman onları bir yararlı toplumsal amaç için kullanmakla kolaylaştırılabilir. Bunun için bu çeşit bir kullanma arzu edilir, fakat bu nedenle yapının planı ya da süslemeleri değiştirilmemelidir ”* denilmiştir (Güner, 2007).

Avrupa Mimari Miras Yılı dolayısıyla 1975'te Amsterdam'da yapılan toplantıda *“Yapılara onların karakterine saygı göstermeyi ihmal etmeden, çağdaş yaşamın gereklerine uyan işlevler verilmeli, böylece yaşatılmalarını garanti altına almalı”* kararları alınmıştır (Güner, 2007).

1999 Tarihli Burra Tüzüğü'nde; *“uygun kullanım, o yerin kültürel değerine saygılı ve uygun şekilde kullanımına denir. Yeni kullanım söz konusu yerin kültürel önemine katkıda bulunacak uygulamaların devamını sağlamalıdır. “* Şeklinde açıklanır (Güner, 2007).

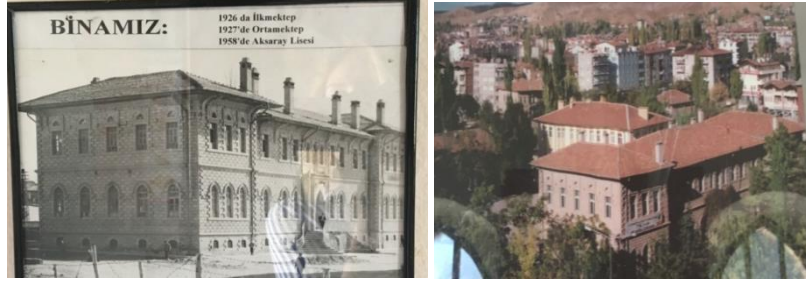
2005'te Çin'in Xi'an kentinde yapılan ICOMOS genel kurulu sonuç bildirgesinde ise, hızlı dönüşümlerin mekanları olumsuz etkileyebileceğine değinilerek, değişimden etkilenen mekanların izlenmesi, sürdürülebilir stratejiler geliştirilmesi salık verilmiştir (Ahunbay, 2018).

3.2. Aksaray'da Yeniden İşlevlendirmeyle Koruma Ve Yaşatma Örnekleri

3.2.1. Aksaray Lisesi

1921 yılında mektep işlevi işe yapılan tarihi yapı, 1958'de lise olarak, 1970'te Anadolu Lisesi olarak kullanılmaya başlamıştır. Günümüze değin eğitim ve öğretim amaçlı kullanımını sürdüren Osmanlı üslubunu taşıyan Cumhuriyet dönemi mirası Aksaray'ın günümüze değin doğru kullanım süreçleri geçirerek yaşatılmış tarihi yapılarından. Özgün işlevini sürdüren geleneksel yapıların korunmasındaki süreklilik ve bunun kent kültürüne etkileşimi yapı ve çevresinde izlenebilmektedir.





Resim 1.ve 2. Aksaray Lisesi eski ve günümüz görünümü

3.2.2. Baş Köprü

Ulurmak üzerindeki yer alan köprülerdendir. İki küçük bir büyük sivri kemer gözleri ile taşınır. Momba yönünde üçgen biçiminde iki adet sel yarıları bulunur. Evliya Çelebi Seyahatnamesinde ilk yapılışının Sultan Alaaddin zamanına dayandırılmış, Selçuklu dönemine ait köprüdür (Öztürk, 2017). Çeşitli tarih dönemlerinde onarım ve restorasyonlar gördüğü bilinen köprünün orijinal yapım tekniğinden uzaklaştığı görülür. Bununla birlikte günümüz restorasyonu ile birlikte yapılan metal yaya köprüsü köprünün cephe ve silüetini olumsuz yönde etkilemektedir.



Resim 3.ve 4. Baş köprü eski ve günümüz görünümü.

3.2.3. II. Kılıçarslan Hamamı

II. Kılıçarslan döneminde hamam olarak inşa edilen yapı tarihin bir döneminde darphane olarak kullanıldığı bilinir. Günümüz restorasyon çalışmaları ile tamamıyla yok olan kubbeleri yeniden inşa edilmiş ve yapı kültür merkezi ve müze olarak işlevlendirilmiştir. Ulurmak yakınında yer alan tarihi yapının çok yakınına cephe ve silüet algısını bozan yeni yapılar inşa edilmiştir. Hamamın, Ulurmak ve çevresinde bulunan diğer tarihi yapılar (Rıza Hasan Camii, mimarlar odası binası) ile çevresel bütünlüğü yeni yapılaşmalarla yok edilmiştir. Tarihi çevre koruma bilincinden uzak, sadece yapı bünyesinde kalan restorasyon müdahaleleri yeterli bir koruma yaklaşımı olmamıştır.



Resim 4.ve 5. II. Kılıçarslan Hamamı eski ve günümüz görünümü.

3.2.4. Eğri Minare (Kızıl Minare)

Ulu ırmak üzerinde, şehrin Nevşehir caddesi üzerinde bulunan eğri minare 13. Yüzyıl Selçuklu eseri olup, Alaaddin Keykubat'ın babası I. Gıyaseddin Keyhüsrev tarafından 1221-1236 yıllarında camii ile beraber yapılmıştır (Öztürk, 2017). Minare eğiminden dolayı halk arasında eğri minare olarak adlandırılır. Yapım tekniğinde görülen tuğlalardan da kızıl minare adını alır. Tarihin çeşitli dönemlerinde restorasyon ve tadilatlar görmüş minare ve camii günümüzde özgün işlevini devam ettirmektedir, minare gövdesinin onarım çalışmaları ise devam etmektedir.





Resim 6. ve 7. Eğri Minare eski ye günümüz görünümü

3.2.5. Nakkaş Köprüsü (Kambur Köprü)

Tarihi köprü, Nakkaş ve Meydan mahallelerini Dere Mahallesiine bağlar. İki küçük bir büyük sivri kemer gözü ile taşınır. Memba yönünde üçgen piramidal gövdeli iki adet sel yaranı bulunur. Kitabesi yoktur. Günümüze değin gördüğü onarım ve restorasyon çalışmaları ile orijinal formundan uzaklaştığı edinilen bilgiler arasındadır. Bu uygulamalar sırasında betonarme ile takviye edilen taş köprü, biçim ve yapısal özgünlüğünü büyük oranda kaybetmiştir (www.aksaraykulturturizm.gov.tr).



Resim 8. ve 9. Nakkaş Köprüsü günümüz görünümüleri

3.2.6. Debbağlar (Bölcek) Köprüsü

Ulu Irmak üzerinde yer alır. Doğu-batı yönünde uzanan köprü, günümüzde üç kemer gözü ile taşınır. Dere ve Küçük Bölcek mahallelerini birbirine bağlayan köprü, Selçuklu dönemi eseridir. Kitabesi yoktur. Debbağlar mahallesinde olduğundan bu adla anılmaktadır. Azmi Milli un fabrikası yanındadır. Tarihte, Hacı Ali Paşa tarafından payandalarla takviye ettirilmiş ve yapılan tamire ilişkin tamir kitabesi vardır (www.aksaraykulturturizm.gov.tr).

Köprü'nün doğu yönündeki ilk iki gözü yarım daire kemerli olup, batı ucundaki son gözü sivri kemerlidir; diğer iki göze göre daha yüksek ve kemer açıklığı da daha geniştir. Memba cephesinde ve su yatağı içinde kalan iki kemer ayağında üçgen prizmal gövdeli ve üçgen piramidal külâhlı birer sel yaranı bulunur. Kemer ayaklarının mansap cephesinde yer alan iki sel yaranı topuğu ise, yarım silindirik gövdelidir. Mansap cephesinin batı kanadındaki kemer ayağının üzerinde ve tempan duvarında yer alan beş satırlık mermer kitâbede, eski köprü'nün, Osmanlı Sultanı II. Abdülhâmid'in baş mabeyincisi Ortaköy'lü Hacı Ali Paşa tarafından (1893/94) yılında tâmir ettirildiği yazılıdır. Köprü, 2012 yılında yeniden onarım görmüştür. İnşa kitâbesi bulunmayan bugünkü yapının sivri ve yuvarlak kemerlerinin profilleri ve tempan duvarlarındaki taş örgülerin durumu, kuşkusuz, 19. yüzyılın sonlarına doğru yapılan fizikî müdahalenin boyutlarını açıklamaktadır. Bu bağlamda, köprü'nün her iki kanadındaki kemer gözlerinin, bu kesimdeki taşıt yolunun istinat duvarları tarafından kesilme biçimindeki anomali, Debbağhâne Köprüsü diye bilinen köprü'nün, geçmişte, çok daha fazla sayıda kemer gözüne sahip olduğunu düşündürmektedir (www.selçuklumirasi.com)





Resim 10. ve 11. Debağlar Köprüsü restorasyon öncesi görünümü



Resim 12. ve 13. Debağlar köprüsü günümüz görünümü

3.2.7. Geleneksel Konut Mimarisi

Geleneksel konut dokusunu büyük ölçüde kaybetmiş olan Aksaray'ın, kent merkezinde düzgün kesme taştan yapılmış, ayrıntılı nizam konak tipi konutlara rastlanır. Bu konutlardan bir kısmı bahçeli iken, bazıları direkt sokakla ilişkilidir. Geleneksel Osmanlı Konut mimarisi plan özelliklerini taşıyan bu konutlar genellikle iki katlı, kalın duvarlı, içe dönük, iç veya orta sofalı konutlardır. Bazı örneklerde evin arkasında yer alan avlulara rastlanır.

Özel mülkiyete sahip bu konutlardan bazıları günümüzde sahipleri tarafından konut kullanılmaktadır. Kullanılan bu konutların plan cephe ve mimari elemanlar yönüyle günümüz fonksiyonlarına uyarlanması yapıların özgün bazı özelliklerinin yitirilmesine neden olmuştur. Bazı yapılar ise restore edilerek günümüz toplumsal ve kültürel hayatına katkı sağlayacak birer tarihsel kaynağa dönüştürülmüştür. Yine de kent genelindeki bu restorasyon çalışmalar geleneksel konut mimarisini korumada tam olarak yeterli olamamıştır. Bu yapılar tek yapı ölçeğiyle sınırlı kalıp, sokak, meydan gibi doku bütünlüğü oluşturabilecek ölçeğe çıkmamıştır.



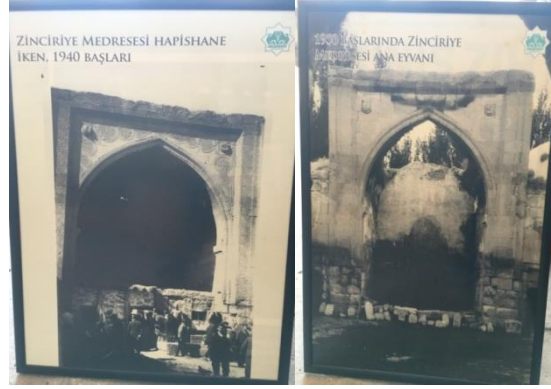
Resim 14. 15. ve 16. Geleneksel konutlar eski ve günümüz görünümü

3.2.8. Zinciriye Medresesi

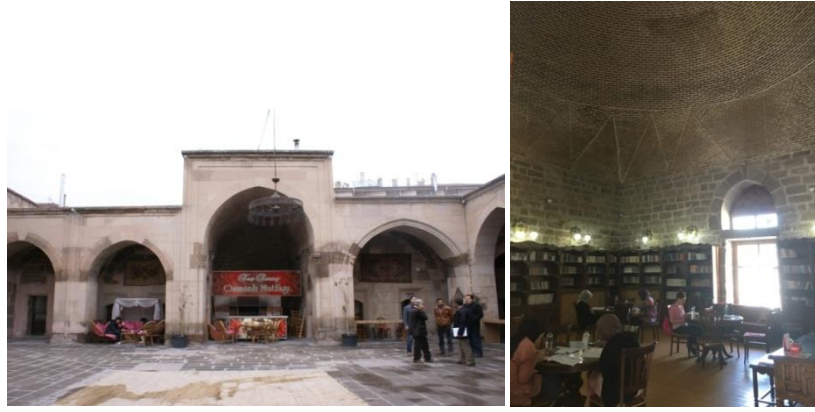
Aksaray merkezinde Azmi Milli fabrikasının karşısında paşa hamamının doğusunda bulunan Medresenin, bazı kaynaklara göre Karamanoğulları dönemine ait olduğu belirtilse de, 1327-1352 yılları döneminde Eratnaoğulları döneminde inşa edilmiştir (Erdal, 2014). Yapı, 1918'e kadar medrese, 1930-41 yılları arasında da cezaevi olarak kullanılmıştır. 1955 yılında onarım gören yapı Niğde müzesine bağlanmış sonrasında belediyeye devredilmiştir.



Tarih süreçlerinde özgün işlevi dışında kapasitesine uygun olmayan farklı kullanımlar ile işlevlendirilen tarihi yapılarda bozulma, yıpranma ve kayıplar kaçınılmazdır. Yeni kullanım amacıyla planı, mekan elemanları, cephe ve taşıyıcı sistemleri zarar gören tarihi yapılar geri dönüşümü olmayan müdahalelere maruz kalırlar. Geçmişteki farklı kullanım amaçlarından ve denetiminin farklı kurumlara devredilmesinden dolayı tarihi medrese zarar görmüştür. Günümüzde yeniden restore edilip okuma salonu ve kültürel amaçlı olarak işlevlendirilmiştir.



Resim 17.ve 18. Zinciriye Medresesi Eyvanından eski görünümüler



Resim 19. ve 20. Zinciriye Medresesi farklı işlevlendirmeler ve günümüz fonksiyonu

3.2.9. Azmi Milli Un Fabrikası

1924 yılında Atatürk'ün talimatı ile kurulan ve uzun yıllar Türkiye'ye un üretimi konusunda hizmet veren yapı günümüzde restore edilerek Bilim ve sanayi müzesi şeklinde işlevlendirilmiştir. Uzun yıllar atıl ve metruk halde kalan bina restorasyonu sonucu günümüzdeki müze fonksiyonu ile yaşatılmaktadır. Bu yeni işlev ve iç mekan teşhirleri yapının geçmişe ait özgün işlevini de halka ve araştırmacılara doğru biçimde aktarılmasına olanak sağlamaktadır.



Resim 21. ve 22. Azmi Milli Un Fabrikası eski görünümleri





Resim 23. ve 24. Azmi Milli Un Fabrikası restorasyonu ve yeniden işlevlendirme sonrası günümüz görünümü

3.2.10. Paşa Hamamı

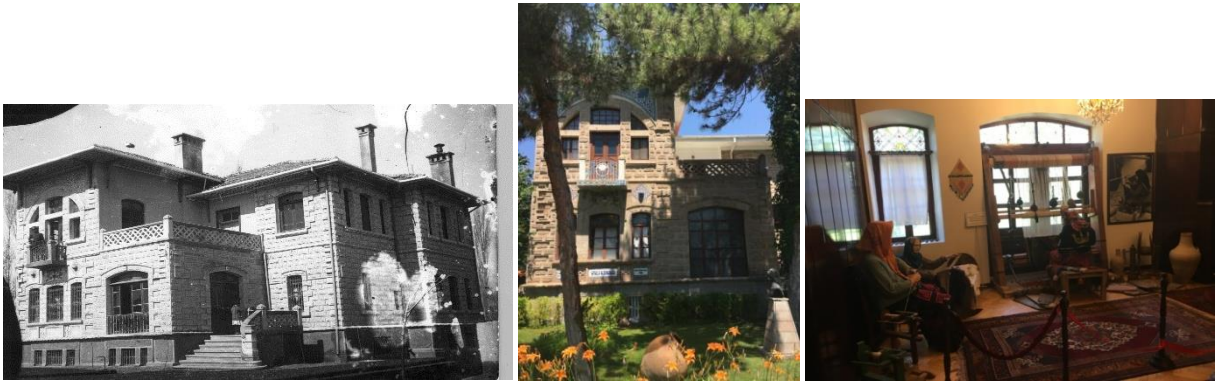
Aksaray şehir merkezinde Zinciriye medresesi ile Azmi Milli Un Fabrikası yakınında yer alır. Osmanlı dönemi olduğu bilinen yapı, hamam işlevselliği sürekli devam ederek günümüze ulaşmıştır (www.kulturportali.gov.tr/turkiye/aksaray) Düzgün kesme taştan yapılan hamamın iki küçük, dört büyük kubbesi bulunur. 2009 yılında restorasyon görmüştür. Yapı kütseli olarak bütünüyle ayakta olan yapının bu durumu sürekli kullanım görmesi ve özgün işlevini devam ettirmesi ile açıklanabilir.



Resim 25. ve 26. Paşa Hamamı eski ve günümüz görüntüleri

3.2.11. Aksaray Kültür Evi

1927 yılında kaymakamlık olarak inşa edilen yapı, 1990 yılında restore edilmiştir. Tarihte vali konağı olarak kullanım gören yapı, 2007 yılından itibaren de kültür evi-müze olarak işlevlendirilmiştir. Aksaray'ın iyi korunmuş ve işlevlendirilerek kamu yararına kullanımı sağlanmış cumhuriyet dönemi eserlerindedir.



Resim 27. 28. ve 29. Aksaray Kültür Evi eski ve günümüz görüntüleri

4. Sonuçlar

Sağlıklı bir koruma yaklaşımında, birer kültür varlığı ve toplumun ortak değeri olan geleneksel tarihi yapıların yeni işlevlerine yönelik kullanım biçimlerinin de yine topluma hizmet etmesi, bulunduğu kentle bütünleşebilmesi beklenir. Doğru bir koruma yaklaşımında, restorasyon gibi esaslı bir tadilatla gerek kalmadan mimari yapı ve malzeme bütünlüğünün ömrünü idame ettirmesine bakım, onarım ve sağlıklılaştırma yöntemleriyle yardım edilmesi temeldir.



Her restorasyon müdahalesinin yapının yapısal estetik ve manevi değerini mutlaka etkilediğini ve eskilik değerinden bir şeyler kaybettiğini söylemek doğru olur. Bu sebeple yapı ve yapı malzemesinin doğal ömrüne saygı duyarak, gereken müdahalelerin doğru zamanında ve uzmanlarca gerçekleştirilmesi tarihi yapının hayatını kurtarabilir. Uygulamaların da kalifiye eleman eğitilmiş kişilerce gerçekleştirilmesi gerekir.

Koruma amaçlı müdahalelerin doğru teknik ve yöntemlerle yapılmaması, yapılan müdahalelerin çağdaş koruma ilkelerine uygun olmaması, getirilen çözümlerin geçici oluşu tarihi yapıya daha fazla zarar verebilir ve özgünlüğünden uzaklaştırabilir. Tarihi yapı bünyesindeki (malzeme ve taşıyıcı bileşenlerinde) yapısal sorunların, fiziksel ve kimyasal bozulmaların derinlemesine incelenip, tüm sorunların giderilmesine yönelik etkin çözüm önerileri sunulmalıdır.

Tarihi yapıların korunarak yaşatılmasına yönelik önemli bir unsur olan yeniden işlevlendirmenin amacına ve koruma kuramlarına uygun olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda takip etmekte olduğumuz uluslar arası çerçevelere uygunluk bu kullanım biçimlerinde büyük önem taşır. Bununla birlikte tarihi yapıların yeni kullanım biçimlerinde kente uygunluğu ve kente katması gereken sosyal ve kültürel değerler daima göz önünde bulundurulmalıdır.

5. Kaynakça

Ahunbay, Z. (2018). Şehir & Toplum Dergisi. Sayı 9, Sayfa 9-21. Tarihi Binaların Yeniden İşlevlendirilmesi ve Çağdaş Yaşamdaki Yeni Roller, İstanbul: Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları.

Erdal, Z. (2014). Aksaray'da Türk Devri Mimarisi,.

Erder, C.(1997). Venedik Tüzüğü Tarihi bir Anıt Gibi Korunmalıdır. sayı:2,sayfa:172, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Güner, S., Ed: Öz, A.Ak. (2007). Uluslar arası Kültürel Miras Mevzuatı. Sayfa:139-141, 238-239. İstanbul.

Temel, E. (2008). Hurufat Defterleri'ne Göre Aksaray Kenti Klasik Eğitim Kurumları (XVIII.-XIX. Yüzyıllar Arası). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Öztürk, H.(2017). Keşfet Yakın Dünya Aksaray. sayfa:92-95. Aksaray. Aksaray Belediyesi.

Gül, M.F. Azmi Milli Müzesi Sözlü İletişim. Aksaray.

Ceylan, Y. Zinciriye Medresesi sorumlusu. Sözlü İletişim. Aksaray.

Aksaray İl Kültür Turizm Müdürlüğü Fotoğraf Arşivi.

www.kulturportali.gov.tr/turkiye/aksaray

www.Aksarayanadolulisesi.meb.k12tr/Aksaray-lisesi-tarihi-fotograflları

www.aksaray.bel.tr

<http://www.aksaraykulturturizm.gov.tr/TR-63660/kopruler.html>

www.selçuklumarasi.com

www.haberler.com/aksaraydakitekosmanlisesi



AUTOMATIC STUDENT ATTENDANCE SYSTEM WITH FACE RECOGNITION TECHNIQUE

Emre Avuçlu ¹, Abdullah Elen ²

¹ Department of Computer Technology, Aksaray University, Aksaray/TURKEY

emreavuculu@aksaray.edu.tr

² Karabük University, Department of Computer Technology, Karabük/TURKEY

aelen@karabuk.edu.tr

Abstract

In recent years, the subject of face recognition has been studied extensively by researchers. The process of taking classroom attendance in schools is a factor increasing the performance of the students in the lessons. The classroom attendance process is in two ways; Either the student names in the classroom must be read out loud or the attendance paper must be distributed. Either way, the polling process can be time consuming and incorrect. Fingerprint, iris and face recognition based, etc. the methods of classroom attendance with different technological methods were tried. In this study, instantaneous and automatic classroom attendance system has been developed with multiple face recognition method. Thanks to the study, teachers will not lose time to take attendance, and false classroom attendance will be eliminated. Thus, during the course, the students will not be distracted, and the course will be processed more effectively. The developed application was tested with different students in different classroom environments. The application was written in C # programming language.

Keywords: *Face recognition, Classroom attendance, Efficient course.*

1. Introduction

In schools, students are expected to be active in classes. Effective learning is provided with the participation of the students and consequently the success rate increases [1]. However, the high rate of participation of the students in the classes is a factor that increases the motivation of the instructor and creates a suitable environment for the more willing and instructive narrative [2]. The most common practice that allows students to attend the course is the process of classroom attendance. In the form of signature attendance distributed to the students, students can sign in accidentally or deliberately instead of other people. As can be seen, conventional classroom attendance methods have many disadvantages. The generated classroom attendance data is archived on digital media or paper documents. The archiving process is transferred to digital environments so that it can be stored and accessed in a systematic structure. Some studies have been done in the literature about this subject; Thanks to the card reading systems that are placed in the class entrances, there are systems made by the help of the cards distributed to the students [3]. In this case, there are drawbacks. Students who forget their cards or have their cards destroyed will experience problems in such systems. Another disadvantage is that a student can read the card instead of the other student.

In fingerprint reading systems that can be placed in the classroom entries, the student can enter the class after entering his / her fingerprint. However, some students can go back to the classroom after reading the fingerprint. To prevent this, fingerprint reading should be under teacher control. In this case, it is not recommended because it will cause undesirable negativities in terms of time and control. In the study on the fingerprint, the portable finger reading device was seen to travel around the classroom and take a lot of time [4]. The classroom attendance process takes a long time because all the students will read the fingerprint in order.

The classroom attendance system with Bluetooth or beacon devices, each student must have the device [5]. In this case, students who do not have a device will not be able to use the system and there will be disruptions in case the device is discharged. Thanks to Bluetooth low energy system, class participation is obtained by finding devices within a certain area. In Bluetooth low energy systems, because field control cannot be done within sharp limits, a student in a different class may also appear to have class participation. Class attendance systems are available with face recognition using a camera placed in the classroom entrance [6]. After the student has read the face, he / she can go out of the class again and in this case, errors will occur in the attendance data. This method leads to fraudulent situations, leading to a loss of time for teachers and students [7]. As a result of literature research, it is understood that 100% accuracy rate has not been reached with current technologies. In this study developed face recognition based momentarily automatic classroom attendance system.

2. Material and Methods

In this study, face recognition was performed with Emgu.CV and OpenCV libraries. The flow diagram of the application is shown in Figure 1.



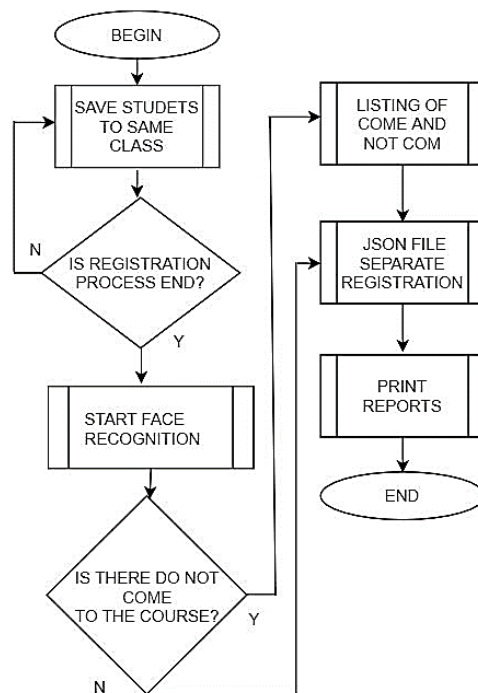


Figure 1. Flow Chart of the application

Firstly, the student will be introduced to the system with the course information. The process of introducing into the system is shown in Figure 2.

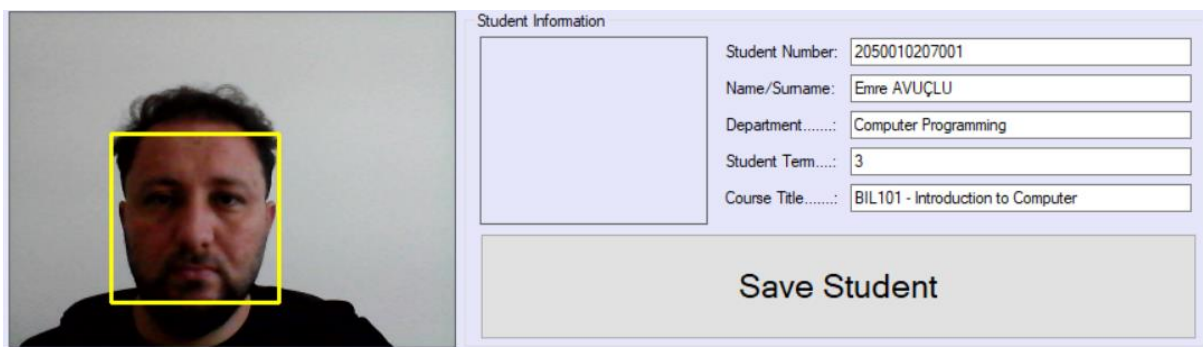


Figure 2: Introduction to the system.

After recognition, the system starts to recognize the student as shown in Figure 3.

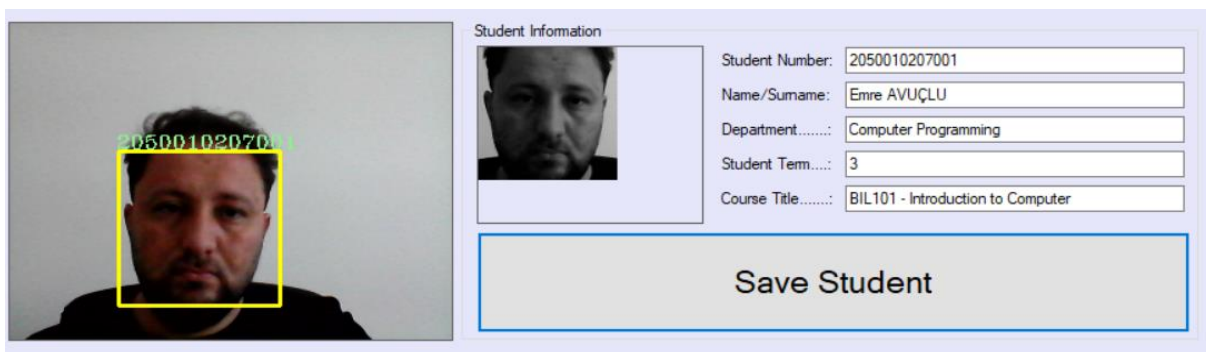


Figure 3: Registration to the system.

In the final stage of the registration process, the student is added to the list of the course as shown in Figure 4.



Attendance List for BIL101					Course Week:	Week-1
Number	FullName	Department	Course	Tem	Week	
2050010207001	Emre AVUÇLU	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3		

Figure 4. Adding the student to the class

The following Algorithm 1. of the process that recorded the students separately and attend to the course and not attend the course the course students were shown.

Algorithm-1: Save students who attend and do not attend the course separately

function SaveAttendanceList(**string** studentNo)

1: **var** count \leftarrow StudentAttendanceList.Where(x => x.Number == studentNo).Count();

2: **var** rawRecord \leftarrow StudentFullList.Where(x => x.Number == studentNo).Take(1);

3: **var** StudentInverseList \leftarrow new List<StudentInfo>();

4: **var** record \leftarrow rawRecord.ToList()[0];

5: record.Week \leftarrow cbxWeek.Text;

6: **if** (count == 0) **then**

7: StudentAttendanceList.Add(record);

8: **if** (StudentAttendanceList.Count > 0) **then**

9: File.WriteAllText(LocalPath + cbxWeek.Text + ".json",

10: JsonConvert.SerializeObject(StudentAttendanceList, Formatting.Indented));

11: **foreach** (var full in StudentFullList)

12: **var** add \leftarrow true;

13: **foreach** (var item in StudentAttendanceList)

14: **if** (item.Number == full.Number) **then** add = false;

15: **if** (add) StudentInverseList.Add(full) **then**

16: **if** (StudentInverseList.Count > 0) **then**

17: File.WriteAllText(LocalPath + cbxWeek.Text + "notattend.json",

18: JsonConvert.SerializeObject(StudentInverseList, Formatting.Indented));

end function

After the list of the whole class is finished, the names of the students are colored red as shown in Figure 5.



Attendance List for BIL101					Course Week: Week-1
Number	FullName	Department	Course	Term	Week
2050010207001	Emre AVUÇLU	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
170208405	Berat İĞDE	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	2	Week-1
140258014	Ender DERİN	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
150208204	Musa TURAN	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
140258003	Ahmet TAŞCI	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
160208412	Osama NADI	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1

Figure 5. Class list.

Facial expressions are recorded after the face recognition process is finished for the entire class. Students who attend to the course and do not attend to the course are recorded in the json file separately. The application can also be output-based class participation at any time. Json files and facial expressions of registered students in the classroom are shown in a section in Figure 6.



Figure 6. Registered students and data files.

There are many file formats such as XML, Text, html, Json formats. In this study, Json file format was chosen because of the speed performance [8]. The contents of the Json files containing the information of the students are shown in Figure 7.



```
[
  {
    "Number": "2050010207001",
    "FullName": "Emre AVUÇLU ",
    "Department": "Computer Programming",
    "Course": "BIL101 - Introduction to Computer",
    "Term": "3",
    "Week": "Week-1"
  },
  {
    "Number": "170208405",
    "FullName": "Berat İĞDE",
    "Department": "Computer Programming",
    "Course": "BIL101 - Introduction to Computer",
    "Term": "2",
    "Week": "Week-1"
  },
  {
    "Number": "140258014",
    "FullName": "Ender DERİN",
    "Department": "Computer Programming",
    "Course": "BIL101 - Introduction to Computer",
    "Term": "3",
    "Week": "Week-1"
  },
  {
    "Number": "150208204",
    "FullName": "Musa TURAN",
    "Department": "Computer Programming",
    "Course": "BIL101 - Introduction to Computer",
    "Term": "3",
    "Week": "Week-1"
  },
  {
    "Number": "140258003",
    "FullName": "Ahmet TAŞCI",
    "Department": "Computer Programming",
    "Course": "BIL101 - Introduction to Computer",
    "Term": "3",
    "Week": "Week-1"
  }
]
```

Figure 7. Json file content

After the student enrollment process was completed, tests were done in the classroom. In Figure 8, the students who were not recognized at all in the first place (Figure 8.-a) started to recognize the system after the registration process (Figure 8.-b).

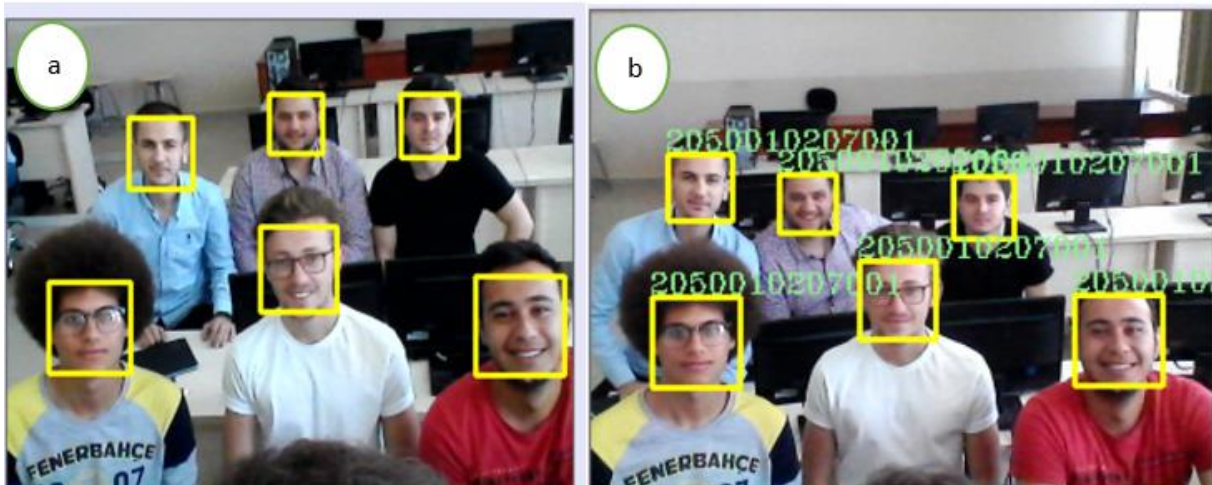


Figure 8. Before and after registration

In the developed application, the teacher presses the button to get the classroom attendance. Afterwards, the classroom attendance operation takes place. The list of students who attend and do not attend to the class is shown as shown in Figure 9. The students in the blue show the ones who attend to the lesson and the students in the red color show the ones who not attend to class. These students are also saved in json format files.



Attendance List for BIL101					Course Week: Week-1
Number	FullName	Department	Course	Term	Week
2050010207001	Emre AVUÇLU	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
170208405	Berat İĞDE	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	2	Week-1
140258014	Ender DERİN	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
150208204	Musa TURAN	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
140258003	Ahmet TAŞCI	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1
160208412	Osama NADI	Computer Programming	BIL101 - Introduction t...	3	Week-1

Figure 9. List of attend and not attend students

The process that identifies the students attend to the course is as in the Algorithm 2. With this algorithm, the student is added to the attend list as shown in Figure 9.

Algorithm-2: The algorithm that identifies the students

```

function AttendanceListUpdate(string studentNo)
1: foreach (DataGridViewRow row in dataGridAttendance.Rows)
2:   var pOutput  $\leftarrow$  row.Cells["Number"].Value.ToString();
3:   if (pOutput == studentNo) then
4:     row.DefaultCellStyle.ForeColor  $\leftarrow$  Color.Blue;
5:     row.Cells["Week"].Value  $\leftarrow$  cbxWeek.Text;
6:   SaveAttendanceList(studentNo);
end function

```

3. Conclusions

Technological the classroom attendance systems have some disadvantages. This study aimed to eliminate these disadvantages. This system is both cost-effective and more reliable in terms of applicability. There is an unnecessary waste of time in all stages of training. However, the attention of the students and the teachers is distracted in the manual classroom attendance process. Such negativities are undesirable in education. This study aims to increase the efficiency of the course by preventing the distraction of the students. In this study, face recognition based automatic classroom attendance management system was developed. The classroom attendance process is performed instantaneously. The developed application has been tested with different students in different classroom environment. Thus, the distraction of students and teachers was prevented during the course and the necessary environment was provided for a more efficient education.

4. References

- [1]. Stanca, L. 2006. The Effects of Attendance on Academic Performance: Panel Data Evidence for Introductory Microeconomics. J. Econ. Educ., 37(3); 251–266.
- [2]. Pani, P.K. and Kishore, P. 2016. Absenteeism and performance in a quantitative module A quantile regression analysis. Journal of Applied Research in Higher Education, 8(3); 376-389.
- [3]. Konatham, S., Chalasani, B.S., Kulkarni, N. and Taeib, T.E. 2016. Attendance generating system using RFID and GSM. IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT). 29-29 April 2016; Farmingdale/USA.
- [4]. Basheer, K.P.M. and Raghu, C.V. 2012. Fingerprint attendance system for classroom needs. Annual IEEE India Conference (INDICON). 7-9 Dec. 2012; Kochi/India.
- [5]. Noguchi, S., Niibori, M., Zhou, E. and Kamada M. 2015. Student Attendance Management System with Bluetooth Low Energy Beacon and Android Devices. 18th International Conference on Network-Based Information Systems. 2-4 Sept. 2015; Taipei/Taiwan.
- [6]. Chintalapati, S. and Raghunadh, M.V. 2013. Automated attendance management system based on face recognition algorithms. IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research. 26-28 Dec. 2013; Enathi/India.



- [7]. Khatun, A., Haque, A. K. M. F., Ahmed, S. and Rahman, M. M. 2015. Design and implementation of iris recognition based management system. International Conference on Electric Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT). 21-23 May 2015; Dhaka/Bangladesh.
- [8]. Wang, G. 2011. Improving Data Transmission in Web Applications via the Translation between XML and JSON. Third International Conference on Communications and Mobile Computing (CMC). 18-20 April 2011; Qingdao/China.



AN APPLICATION TO CONTROL FOR COMPUTER AND ENVIRONMENTAL DEVICES VIA VOICE COMMANDS

Emre Avuçlu¹, Ayhan Özçifçi², Abdullah Elen³

¹ *Aksaray University, Department of Computer Technology, Aksaray/TÜRKİYE*

emreavuculu@aksaray.edu.tr

² *Aksaray University, Department of Industrial Engineering, Aksaray/TÜRKİYE*

ayhanozcifci@aksaray.edu.tr

³ *Karabük University, Department of Computer Technology, Karabük /TÜRKİYE*

aelen@karabuk.edu.tr

Abstract

Technology is everywhere in our lives. It is no longer possible to live without technology or to perform certain operations. In this study, an application was developed to facilitate our daily life. With this application, it is possible to control the operations of mouse and keyboard on the computer with voice commands. Voice commands can be given from anywhere with the wireless headset. This application was developed for people who cannot use the computer for any reason, or who do not see enough to use it. In this way, people will be able to perform their computer-related operations without the need for another person. As a result, people will be able to carry out some activities in their lives more comfortably.

Keywords: *Easy life, computer control, voice recognition, disabled person.*

1. Introduction

Thanks to technology, the use of computers in our lives has gradually increased. Mankind has developed technology in a way that is in his own interest in some cases. Today, the computer has become available in every field and at any age. It is not possible to do great studies without computer and to check some situations. Therefore, computerized control systems have become an integral part of our lives. This has led to various searches of people to control different things through the computer. The basis of some of these searches has been to make people's daily life easier and more comfortable. Today, some regulations are made with technology so that people can live more comfortably. Studies on voice, speech and speaker recognition are:

Different voice recognition algorithms were tested with matlab using some voice commands [1]. “On TV”, “Off TV”, “Volume Up”, “Volume Down” and “Channel One” command sets were tested separately for female and male users with different voice recognition algorithms [2]. The sound layout was tried by installing different algorithms on a phone simulation. As a result, the results obtained were found to vary according to the way the voice was spoken [3]. In another study, a voice recognition based security system using different algorithms was developed [4]. In addition, a different system designed in Matlab Simulink was installed on the voice recognition card. Accompanied by the letters “a”, “b”, “c”, a voice recognition of over 80% was achieved [5]. In addition, different algorithms related to voice recognition were performed on male and female users and multiple hidden markov model voice recognition system was used [6, 7]. In our country; using artificial intelligence techniques, a voice recognition system was developed on the Turkish language, independent of the text and the speaker [8]. For this purpose, a syllable-based Turkish word recognition system was developed using voice recognition algorithms [9].

In the studies conducted in this field in the literature; In order to facilitate the social life of people, the recognition rate for 10 people in the simulation environment on Matlab was found to be 99% and they tried it as the application of music, speech and different voice recognition algorithms [10,11,12]. Similar studies; Hidden markov model 2007 voice recognition card using artificial hand made; Successful results were obtained in the study which performed 40 command. However, in the developed system, the numbers spoken between 0-9 are detected first by voice detection system and then sound processing techniques are used [13,14, 15]. A voice recognition system was designed by using Mel-frequency cepstral coefficients, dynamic time warping, and Chirp Z transform algorithms. For this, the Hidden markov model algorithm and the ActiveX program were used on Matlab [16,17,18]. In a study on the voice recognition system, 5 different emotions of 30 people were tried to be detected in the calls made to the call center and 70% success was achieved [19]. In another study, the success rate was 67.5% in the system, which was able to compare simultaneously without registration [20]. In some tests related to voice recognition, 10% of the tests performed by 10 users have achieved an average of 97.5% success and the speech taken by the voice input device was translated into text [21, 22].

In this study; general operations using the keyboard and mouse on the computer were made with the voice commands given by the wireless headset. Thus, people who find themselves inadequate in the use of computers, they can easily do what they want. The developed application is designed to facilitate the daily life of people in general.



2. Materials and Methods

The application in this study was programmed with C # programming language. It is possible to control different parameters of the computer with voice commands. In the application, there are many units that control the computer with voice commands. In the developed application, the desired e-mail addresses can be opened with voice commands and operations can be performed. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 1.



Figure 1. Mail address management

With the developed application, office tools can be opened with voice commands. All kinds of operations such as writing, printing can be done. When voice recognition occurs, the following code block is executed and the program is opened.

Algorithm 1. Execute file

Begin function

```
1: tb.Text ← Result.PhraseInfo.GetText(0, -1, true);  
2: if (tb.Text = "world") then  
3:   filePath ← "C:\v.....\WINWORD.exe";  
4:   System.Diagnostics.Process.Start(filePath);  
5: end if  
End function
```

Some of these operations are shown with the interface view in Figure 2.

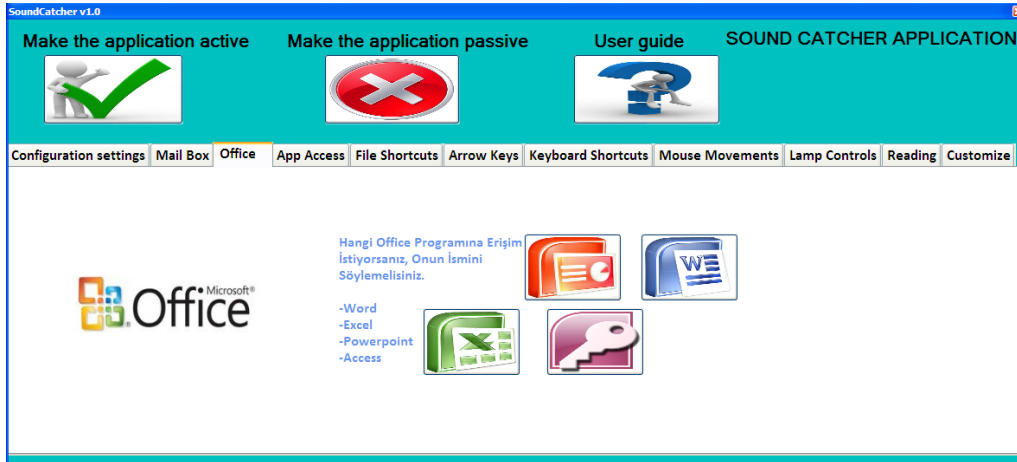


Figure 2. Office tools management

With the developed application, media tools can be opened with voice commands. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 3.



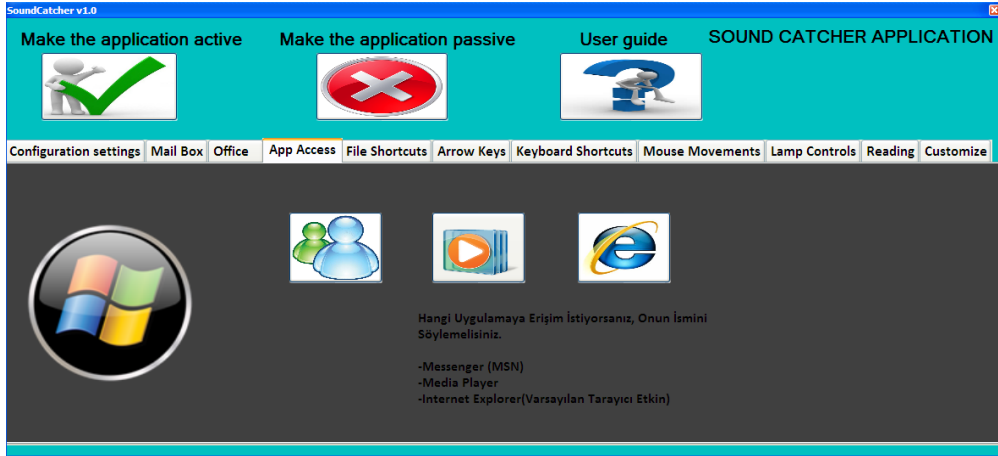


Figure 3. Media tools management

With the developed application, desktop tools can be controlled with voice commands. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 4.



Figure 4. Desktop tools management

With the developed application, mouse movements can be controlled with voice commands. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 5.

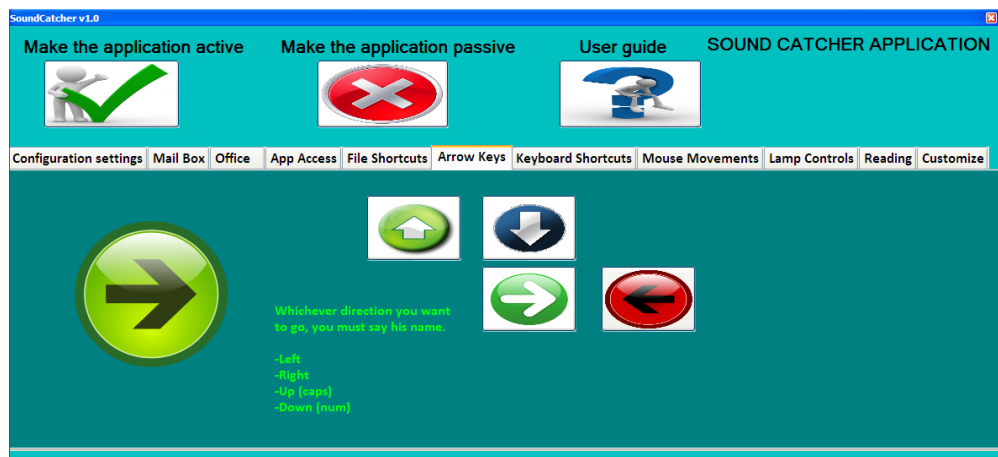


Figure 5. Mouse movement management

With the developed application, commands that can be made with mouse and keyboard on the text can be controlled with voice commands. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 6.





Figure 6. Management of transactions on text

With the developed application, mouse click events can be controlled with voice commands. Some of these operations are shown with the interface view in Figure 7.

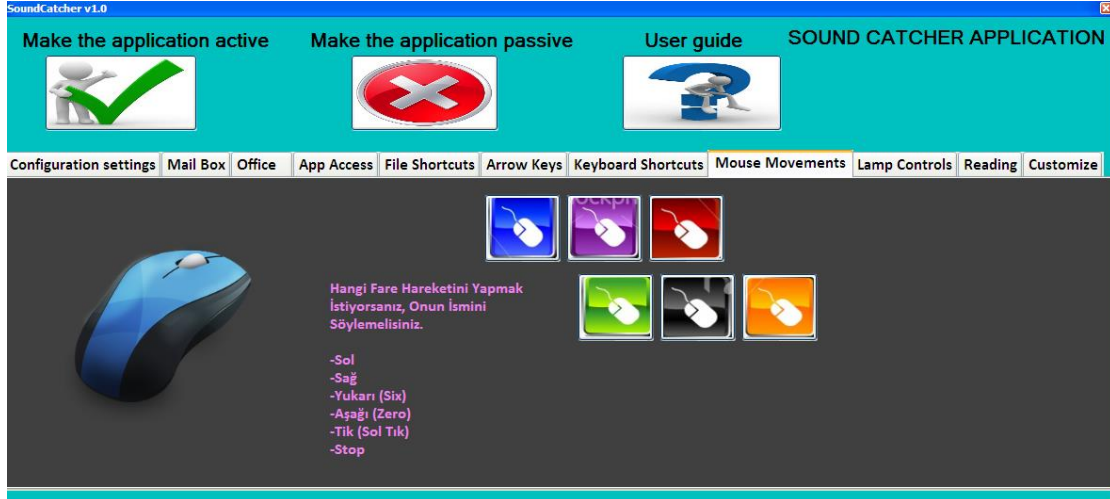


Figure 7. Mouse click event management

With the developed application, text reading operations can be controlled with voice commands. For these operations, the reading engine of the speech.dll library works as shown in the following algorithm. This function has different sub-functions. This is shown briefly with the algorithm.

Algorithm 2. Read command

Begin function

```
1: tb.Text ← Result.PhraseInfo.GetText(0, -1, true);  
2: if (tb.Text = "read") then {  
3:   string ← oku;  
4:   read ← textBox1.Text;  
5:   SpVoice voice ← new SpVoice();  
6:   voice.Speak(try, SpeechVoiceSpeakFlags.SVSFDefault); }  
7: end if  
End function
```

The interface required for reading is shown in Figure 8.



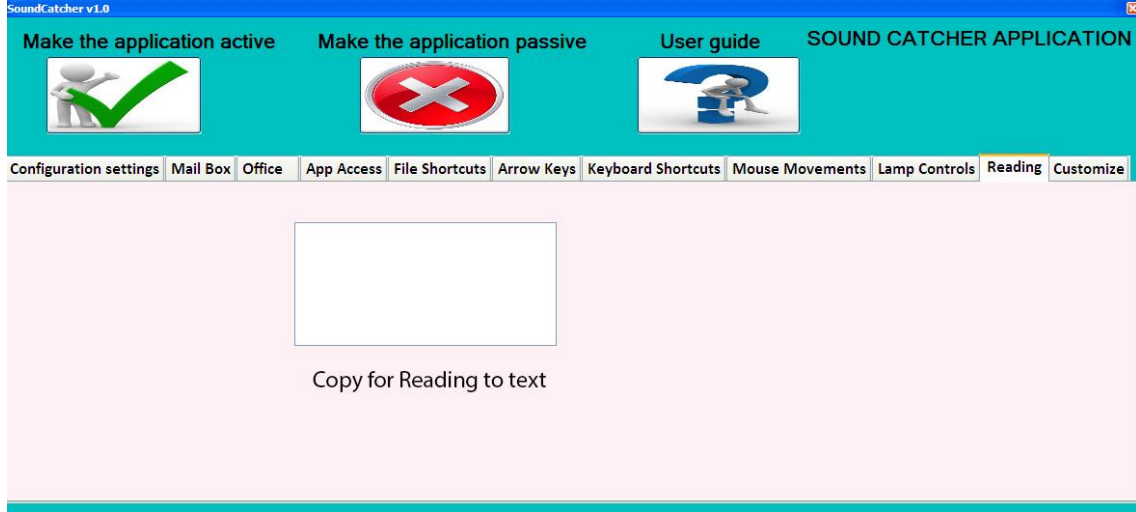


Figure 8. Text reading operation management

With the application developed, it is possible to open a newly installed application to the computer with paired voice commands. The interface that performs this operation is shown in Figure 9.

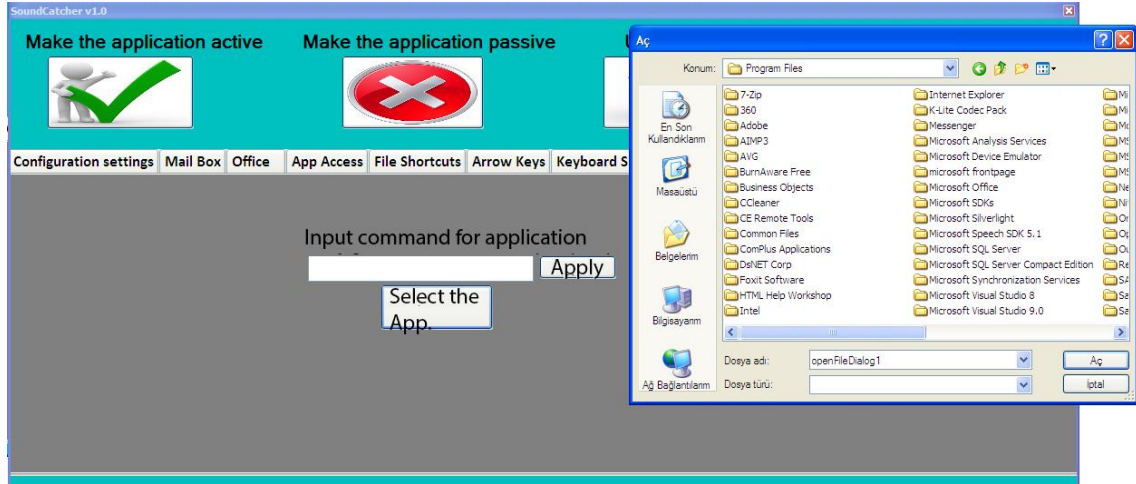


Figure 9. Introduction of newly setup application

3. Conclusions

Thanks to the software made in this study, the computer and its applications were managed by voice commands. Voice commands can be given at any point via a wireless or wired headset. This study was developed to facilitate the use of the computer in our daily life. It is very useful for those who want to use the computer more actively and more fun. Besides all this, social life will be more fun. Especially useful for people who cannot use computers for any reason. Thus, people who cannot use computers due to impossibilities will easily use computers. With this study, people with disabilities, elderly or bedridden patients can live in their daily lives without depending on someone.

Acknowledgements

This work was supported by the Aksaray University Scientific Research Projects Coordinatorship /Aksaray, Turkey. Project Number: 2018-061.

4. References

- [1]. Karakaş, M., Computer Based Control Using Voice Input, Master Thesis, Dokuz Eylul University, 2010.
- [2]. Muda, L., Begam, M., Elamvazuthi, I., "Voice Recognition Using Mel Frequency Cepstral Coefficient and Dynamic Time Warping Techniques", Journal of Computing, Cilt 2, 2010.
- [3]. Baygün, M.K., Yaldir, A.K., "Linear Predictive Coding ve Dynamic Time Warping Teknikleri Kullanılarak Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi", Pamukkale University, 2009.
- [4]. Bala, A., Kumar, A., Birla, N., "Voice Command Recognition System Based on MFCC and DTW", International Journal of Engineering Science and Technology, vol: 2, pp.7335-7342, 2010.



- [5]. Öztürk, B., Çakar, T., Gerçek Zamanlı Ses Tanıma, Bitirme Projesi, Istanbul University Faculty of Engineering Department of Electrical / Electronics Engineering, 2007.
- [6]. Demirci, M. D., Bilgisayar Destekli Ses Tanıma Sistemi Tasarımı, Master Thesis, Istanbul University, Institute of Science and Technology, 2005.
- [7]. Phoophuangpairroj, R., "Using Multiple HMM Recognizers and the Maximum Accuracy Method to Improve Voice Controlled Robots", International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), December 2011.
- [8]. Kirişçiöğlü, F., Karabacak, E., Çetintürk, Ç., "Bilgisayar Destekli Bir Dil Programı", Turkish Speech Recognition Platform TREN.
- [9]. Aşlıyan, R., Günel, K., Yakhno, T., "Dinamik Zaman Bükmesi Yöntemiyle Hece Tabanlı Konuşma Tanıma Sistemi", Çanakkale Onsekiz Mart University, Academic Information, 2008.
- [10]. Dede, G., Sazlı, M.H., "Biyometrik Sistemlerin Örüntü Tanıma Perspektifinden İncelenmesi ve Ses Tanıma Modülü Simülasyonu", Institute of Defense Sciences.
- [11]. Bolat, B., Küçük, Ü., Yıldırım, T., "Aktif Öğrenen PNN ile Konuşma/Müzik Sınıflandırma", Innovations and Applications in Smart Systems Symposium, 2004.
- [12]. Meral, O., Doğrusal Öngörülü Kodlama ve Adaptif Algoritma Tabanlı Konuşmacı Tanıma, Master Thesis, Istanbul University, Institute of Science and Technology, 2008.
- [13]. Asyalı, M.H., Yılmaz, M., Tokmakçı, M., Sedef, K., Aksebzeci, B.H., Mittal, R., "Design and Implementation of a Voice Controlled Prosthetic Hand", Turk J. Elec. Eng. and Comp., Vol.19, No.1, 2011.
- [14]. Babui, G., Kumar, H., Vanathi, P.T., "Performance Analysis of Hybrid Robust Automatic Speech Recognition System", IEEE 978-1-46731318-6, 2012.
- [15]. Abushariah, A.A.M., Gunawan, T.S., Khalifa, O.O., "English Digits Speech Based on Hidden Markov Models", International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE 2010), 2010.
- [16]. Jiang, Z., Huang, H., Yang, S., Lu, S., Hao, Z., "Acoustic Feature Comparison of MFCC and CZT based Cepstrum for Speech Recognition", 2009 Fifth International Conference on Natural Computation, 2009.
- [17]. He, Q., Zhang, Y., "A Speech Recognition and Speech Corpus System Based on Matlab", Proceedings of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, 2001.
- [18]. Aygün, O., Konuşmacı Tanıma Sistemlerinde Dalgacık Dönüşümü, Master Thesis, Selcuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences, 2006.
- [19]. Petrushin, V.A., "Emotion in Speech Recognition and Application to Call Centers", Andersen Consulting, 2000.
- [20]. Öztürk, N., Ünözkan, U., "Microprocessor Based Voice Recognition System Realization", IEEE 978-1-4244-6904-8/10, 2010.
- [21]. Lipeika, A., Lipeikien, J., Telksnys, L., "Development of Isolated Word Speech Recognition System", Informatica Vol.13, No.1, 37-4637 Institute of Mathematics and Informatics, 2002.
- [22]. Aydın, Ö., Yapay sinir ağlarını kullanarak bir ses tanıma sistemi, Master Thesis, Trakya University, Institute of Science and Technology, 2005.



ORMAN YOLLARININ TOPOLOJİK İLİŞKİLERİNİN AĞ ANALİZİ YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ (ILGAZ)

Hakan Karacay¹, Ender Buğday^{2*}

1Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

hakan.karacay@udhb.gov.tr

2 Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi*

enthere@gmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Orman yolları, koruma, bakım, rekreasyon vb. amaçlar için ormanlara ulaşımı sağlayan, karayollarına oranla daha düşük geometrik özelliklere sahip altyapı tesisleridir. Orman yolları, sadece odun hammaddesi taşınan yapılar olmayıp bunun yanı sıra farklı ormancılık hizmetlerinin (yangınla mücadele, doğa turizmi, ağaçlandırma vb.) yürütülmesinde de sürekli gereksinim duyulan yapılardır. Günümüzde, orman yollarına ait veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımlarında kullanılan veri tabanlarında muhafaza edilmektedir. Bu veriler, çeşitli CBS analizlerinde işlenerek karar verme ve planlama sürecinde karar destek platformu oluşturabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, orman yolları bağlamında ormancılık hizmetleri gerçekleştirilirken karşılaşılan muhtemel problemlere örnek bir yönetim uygulaması geliştirebilmektir. Bunun için öncelikli olarak orman yollarına ait veri tabanında topoloji uygulanarak mevcut verilerdeki hataların tespit edilmesi ve onarılması ile daha güvenilir bir analiz ortamı hazırlanması ve sonrasında çeşitli amaçlara yönelik örneklerle ağ analizi yönteminin uygulanmasıdır. Bu çalışmada uygulanan ağ analizi metodolojisinin uygulayıcı ve karar vericilere pratik bir kullanım platformu oluşturacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağ analizi, Orman yol ağı, Ormancılık, Ilgaz

1. Giriş

Günümüzde nüfusun ve buna bağlı olarak odun hammaddesi ihtiyacının hızla artması (Acar ve Şentürk 1996) sonucunda sınırlı doğal kaynaklar olan ormanlardan (Asan 1990) optimal düzeyde faydalanmak, sürdürülebilir ormancılık anlayışı ilkeleri (Boydak ve Doğru 1997) içerisinde en önemli konulardan biridir. Geniş bir hizmet ağına sahip ormancılık çalışmaları (Demir 1997) koruma, bakım, doğa turizmi, rekreasyon vb. alanlarda yürütülmektedir. Tüm bu ormancılık faaliyet ve hizmetlerinin yürütülmesinde orman yolları temel altyapı tesisi görevini üstlenmiştir. Bu faaliyet ve hizmetlerin etkili ve pratik bir şekilde planlanması optimal faydanın elde edilmesini olanaklı kılmaktadır (Asan 1995, Buğday 2016).

Son yıllarda teknolojinin hızla yaygınlaşmasının bir sonucu olarak, bilgisayar destekli yazılımlar kullanılarak (Acar ve Ünver 2004) çeşitli sektörlerde farklı problemlerin çözümü mümkün hale gelmiştir. Bu safhada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları da değişim ve gelişime hızla ayak uydurarak (Buğday 2016) hemen hemen tüm sektörlerde yaygınlaşmıştır. Bu değişim ve gelişim en önemli dönüşü problemlerin çözümlerinin eskiye oranla çok kısa sayılabilecek sürelerde yürütülebilmesidir (Keçeli ve Sarıusta 2014).

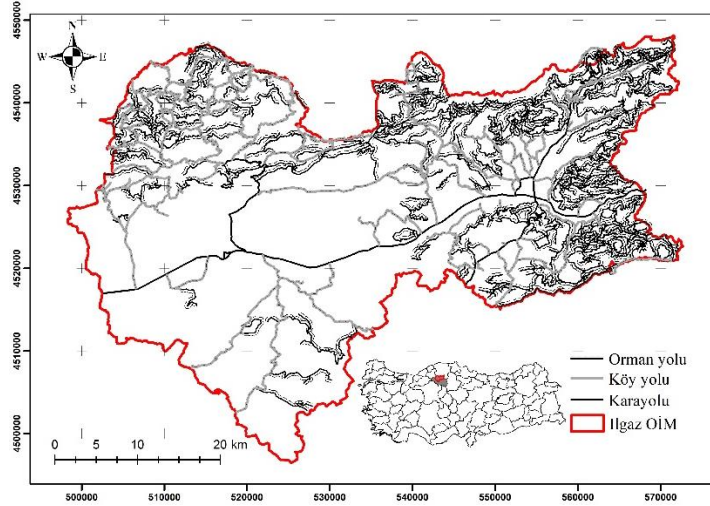
Doğal kaynaklar üzerinde hem koruma ve sürdürülebilirlik amaçlarının güdülmesi hem de bu kaynakların kullanımı amacıyla faaliyetler yürütülmesi, bir denge politikası olmasını dikte etmekte, isabetli karar verme ve iyi plan yapma öğelerini öne çıkarmaktadır. Bu nedenle ormanların yönetilmesi ve ormancılık faaliyetlerinin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesinde etkin karar verebilmek için teknolojiye uyum sağlamak zorunluluk haline gelmiştir. Orman yollarına ait çeşitli bilgilere (uzunluk, yolların birbirine ve tesislere mesafeleri, yolun standartları vb.) anında ulaşmak, karar verme sürecinde dolayısıyla hizmetlerin yönetiminde avantaj sağlamaktadır. Özellikle yangın alanına en kısa sürede ulaşım, üretim çalışmalarında uygun güzergahın tespiti ve en yakın tesislerin konumu ve servis alanı büyüklüğünün ortay konması gibi konuların çözümünde kolay kullanılabilir ve daha güvenilir bir ağ veri tabanına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, orman yollarının işlevleri ve etkin kullanımı için CBS yazılımı ile uygulanabilecek bir yaklaşım geliştirmektir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, İç Anadolu Bölgesi kuzey bölümünde 41°01'12" - 40°50'06" kuzey enlemleri ve 33°28'17" - 33°42'56" doğu boylamları arasında yer alan ve 205,258.4 ha bir alana sahip Ankara Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahasında yer alan karayolları, köy yolları ve orman yolları verileri, bir adet orman emval deposu ve dört adet yangın gözetleme kulesi konum verileri kullanılarak yürütülmüştür (Şekil 1).





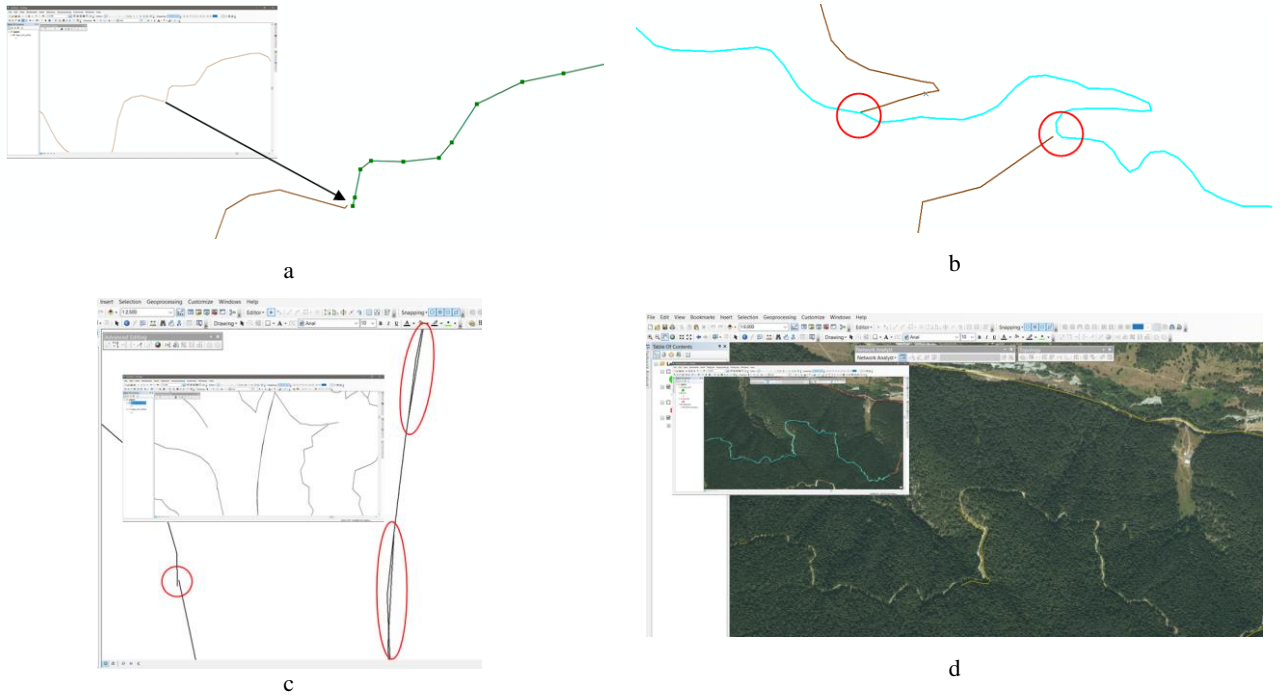
Şekil 1: Çalışma alanının konumu

2.2. Yöntem

CBS yazılımlarının sağladığı en önemli avantaj, sayısal ve sözel verilerin konum bilgileri ile birlikte aynı ortamda analiz edilebilmesine imkanı vermesidir. Ancak bu sistemin en önemli problemi ise kalitesiz ya da kullanışsız verilerdir. Bu sistemi kullanan yazılımlarda verinin kaliteli ve kullanışlı olması analizlerin sonuçlarının da rasyonel olması anlamına gelmektedir. CBS verileri içerisinde kesişme, verinin üst üste gelerek tekrar edilmesi, ağda kopukluklar (tamamlayamama) gibi veri hataları görülebilmektedir. Bu verilerin hatalarının tespit edilmesi, düzeltilmesi ve geçerliliğinin test edildikten sonra istenilen analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılacak sorgulamalarda ilişkilerin net ortaya konulabilmesi için CBS ortamında verilere ilk olarak topoloji uygulanması gerekmektedir. Topoloji tanım olarak; geometrik şekillerin birbiri olan ilişkilerinin (komşuluk, uzaklık, alansal ve uzamsal bilgiler vb.) analitik düzlemde açıklandığı bir ortam olarak nitelendirilmektedir. Topolojide şeklin geometrik olarak büyüklüğünden ziyade diğer şekiller ile olan ilişkisi göz önünde bulundurulmaktadır. Bu da analizi yönetecek karar verici veya uygulayıcının amaç odaklı çalışmasına katkı sağlamaktadır. Bir orman alanında bulunan yangınla mücadele biriminden herhangi bir yangın konumuna yönlendirme yapmada veya ürünlerin bulunduğu depo konumunun servis ağındaki durumunun ortaya konmasında ve taşıma sürelerinin hızla tespitinde topoloji ve geometrik ilişkilerin sade bir şekilde harita üzerinde sunulması çok önemlidir.

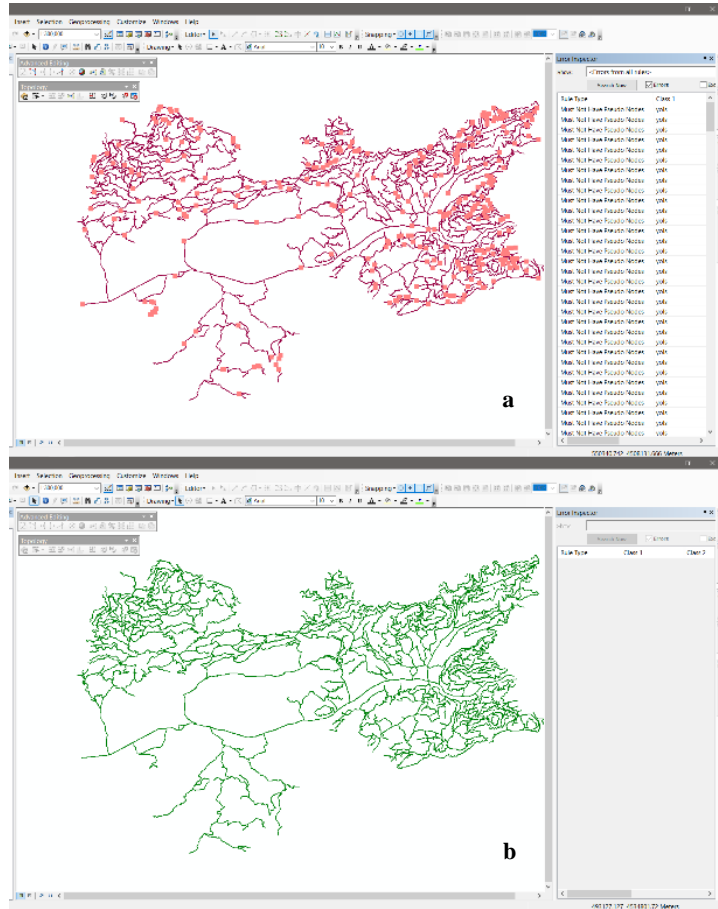
Yol ağı analizlerinde çeşitli veri problemleri ile karşılaşmaktadır. Bunlar, verilerde kopukluk (Şekil 2a), verilerin herhangi bir ağ oluşturamaması (Şekil 2b), tekrar eden ve örtüşmeyen veriler (Şekil 2c) ile olması gereken ancak eksik olan veriler (Şekil 2d) olarak sıralanabilir. Bu çalışmada kullanılan yazılım içerisinde yer alan güncel Landsat uydu görüntüsü altlığı kullanılarak çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan tüm yolların doğruluğu test edilmiştir. Burada bazı yolların veri tabanına henüz aktarılmadığı, bazı yol kısımlarının ise tamamlanmamış olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2d). Bu eksiklikler tamamlanarak veri tabanı stabil hale getirilmiştir.





Şekil 2: Yol ağı verilerinde karşılaşılan bazı hatalı veriler

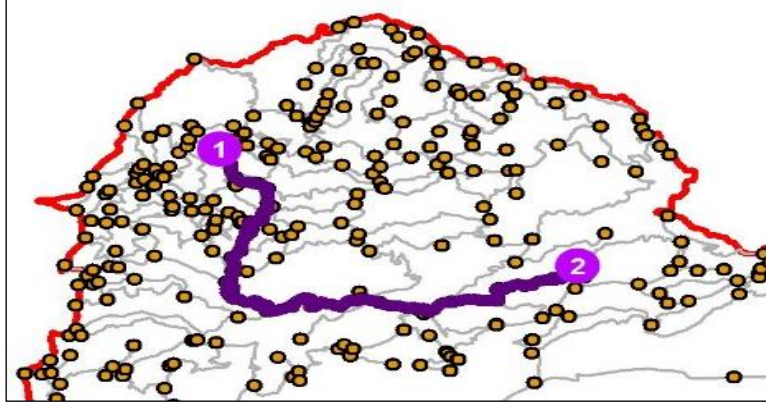
Bu tip veriler için topoloji uygulanarak hataların hangi konumlarda olduğu kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Şekil 3a). Böylece topoloji aracı kullanılarak ilgili hatalı veriler onarılarak düzeltilmekte ve veriler analiz edilebilir hale dönüştürülebilmektedir (Şekil 3b).



Şekil 3: Topoloji uygulanan veriler a) hatalı konumların tespiti, b) verilerin onarım sonrası durumu

CBS ortamında topoloji uygulanmadan, verilerin hangi amaçla analiz yapılacağı net olarak ortaya konmadan analize başlamak güvenli bir ortam olarak nitelendirilmemektedir. Bu çalışmada öncelikle İlgaç OİM karayolu, köy yolu ve orman yolu verilerinden oluşan veri tabanı temin edilmiş ve bu veri tabanında yer alan veriler analiz yapılmadan önce topoloji uygulanmıştır.

Çalışma alanında yer alan tüm yol ağını tek bir katmanda ifade etmek için ArcGIS 10.3 TM yazılımında bulunan Ağ analizi aracı (Network Analyst Tool) kullanılmıştır (Şekil 4). Ağ Analizi, vektör tabanlı veriler ile analize olanak sağlayan bir modüldür (Tecim 1999) ve çeşitli ağ sorunlarını çözmeye yaygın olarak kullanılan bir araçtır (Tecim 2008).

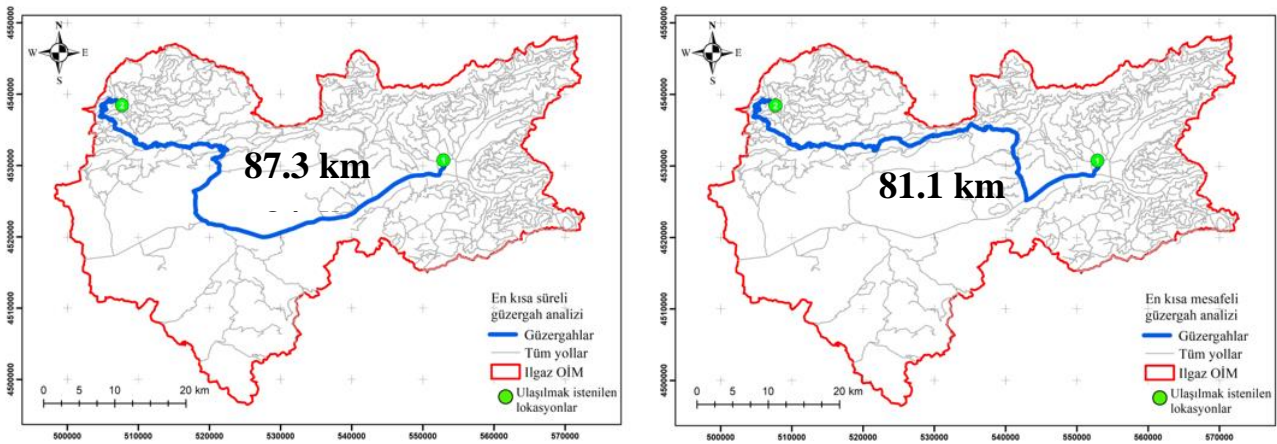


Şekil 4: Ağ analizi

Ağ veri yapıları, veri özelliklerini ve bu özellikler arasındaki topolojik ilişkileri dolduran özellikleri saklamak zorundadır. Ağ analizindeki tüm parçalar tek veri setinde birleştirilerek bu veri kümesini topolojik olarak kusursuz yapmak çok önemlidir (URL 1). Bu çalışmada, çalışma alanına ait ağ veri tabanı kullanılarak yeni güzergah (en kısa yol, en kısa süre), servis alanı ve en yakın tesis analizleri yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

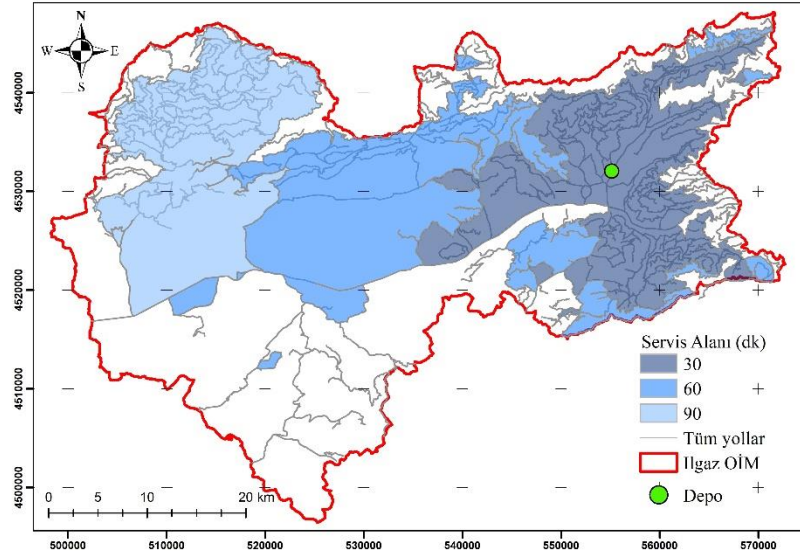
Bu çalışmada, ağ analizi modülünde bulunan en kısa yol/en kısa süre güzergah analizi (Şekil 5), servis alanı ve en yakın tesisler analizi yapılmıştır. Analizler yapılmadan önce ağ veri seti kuralları oluşturulmuştur. Burada yüklü kamyonların güvenli seyahat edebilmeleri için kullanabilecekleri azami hız değeri olarak asfalt üst yapıya sahip karayolu için 70 km/s, stabilize ve kısmen üst yapıya sahip köy yolu için 60 km/s ve asfalsız-ham toprak olan orman yolları için 40 km/s olarak sisteme girilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi en kısa süreli yol ağ analizi ile en kısa mesafeli yol analizi lokasyonları birbirinden farklıdır. Buradaki fark yolun üst yapısının bulunup bulunmamasından dolayı izin verdiği hız kademesinden kaynaklanmaktadır. Örnek vaka analizi sonucunda 1 nolu konumdan 2 nolu konuma en kısa sürede gidilmek istendiğinde toplam 84 dakika süreceği ve 87.3 km yol katedileceği hesaplanmıştır. Burada en kısa yoldan gidilmek istendiğinde mesafenin 81.1 km değerine düşeceği fakat yolun zemin yapısından dolayı seyahat süresinin 18 dakika daha uzayarak 102 dakikada ulaşılacağı hesaplanmıştır. Analizler sonucunda uygulayıcı veya karar vericiler için uygun alternatiflerin neler olabileceğine dair fikir verebilmek amacıyla örnek harita gösterimleri verilmiştir. Burada uygulayıcı ve karar vericiler, istedikleri özelliklere bağlı olarak anlık güzergah analizlerini bilgisayar ortamında çok hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler.



Şekil 5: En kısa süre ve en kısa yol analizi

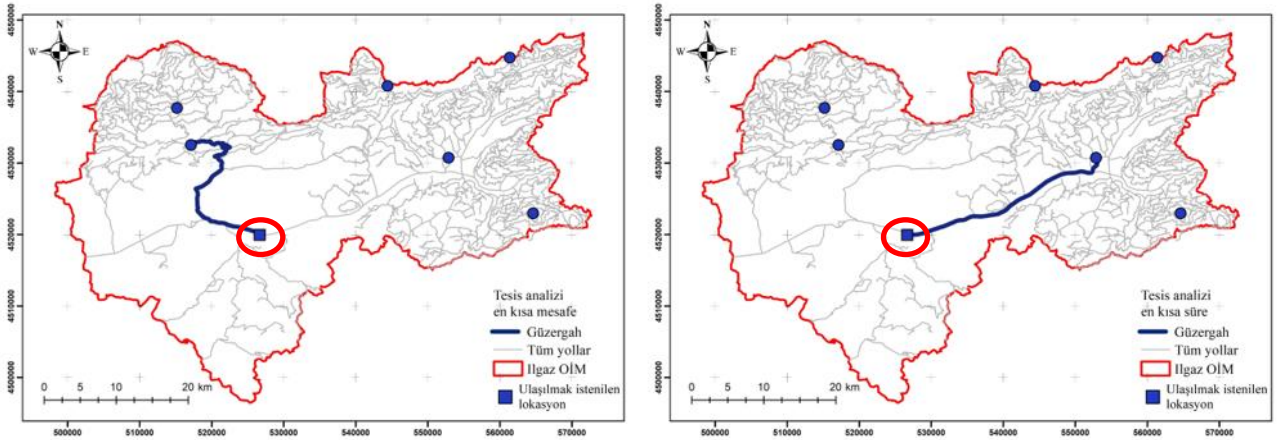


Servis alanı analizi yine yüklü araçların karayolunda 70, köy yolunda 60 ve orman yolunda 40 km/s hız yapabileceği varsayılarak yapılmıştır (Şekil 6). Burada depo konumuna olan 30 dk, 60 dk, 90 dk ve üzeri süreler olmak üzere alanlar farklı renkte olacak şekilde renklendirilerek ifade edilmiştir.



Şekil 6: Servis alanı analizi

Amaca göre değişmekle beraber en yakın tesis ya da tesisler analizi mevcut konuma en yakın birimleri hesaplaması ve harita üzerinde lokasyonları hızlı bir şekilde ifade etmesi açısından oldukça pratiktir (Şekil 7). Şekil 7’de görüldüğü üzere sol tarafta en kısa mesafede ulaşılabilecek tesis istendiğinde konumun kuzeybatısında yer alan konum tespit edilirken en kısa süreli tesisin ise kuzeydoğu yönünde yer alan tesis olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7: En yakın tesis analizi (en kısa yol ve en kısa süre)

4. Sonuç ve Öneriler

Ormanlık sektörü, teknik ve teknolojik gelişmelere açık olan bir sektördür. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan CBS yazılımlarından biri olan ArcGIS yazılımı kullanılarak topoloji uygulanmış ve sonrasında ağ analizi aşamasına geçilmiştir. Topoloji aşamasında İlgaz OİM’ye ait tüm yol ağı verilerinin küçük detaylar içeren büyük veri kayıpları ile veri hataları olduğu ve analiz yapılmasına imkan olmadığı tespit edilmiştir. Burada topoloji araç çubuğu yardımıyla tüm veriler düzeltildikten sonra eksik yolların tespitine geçilmiştir. Çalışma alanı sorumluluk sahası 1/500 ile 1/2000 ölçek değerleri arasında güncel uydu görüntüsünden faydalanılarak incelenmiş ve gerçekte var olan ancak veri tabanında eksik olan yollar eklenmiştir. Son olarak ağ analizi aşamasına geçilmiş ve yüksek verimlilik ve doğrulukla en kısa yol, en kısa süre, servis alanı ve en yakın tesis analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak CBS platformunun uygulayıcılar ve karar vericiler için oldukça kullanışlı bir ortam sunduğu, planlama yapılırken hızlı bir karar destek sistemi oluşturabileceği görülmüştür. İlgaz OİM özelinde yapılan bu çalışmada kullanılan metodoloji, tüm Orman İşletme Müdürlüklerinde uygulanabilir olup kendi sorumluluk sahaları içerisinde mevcut yol ağlarını test edebilecekleri bir platform olarak görülebilir. Ayrıca, veri tabanında bulunan eksik veya hatalı konumların tespit edilerek planlamanın henüz başlangıcında güvenilir veriler üzerinden etkili karar verme imkanı oluşturabileceği düşünülmektedir.



5. Kaynakça

- Acar, H. H., & Ünver, S. (2004). Odun Hammaddesi Üretiminde Teknik ve Çevresel Açından Zararlıların Tespiti ve Çözüm Önerileri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 6(6).
- Acar, H., & Şentürk, N. (1996). Dağlık orman alanlarındaki üretim çalışmalarında mekanizasyon. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 46(1-2-3-4), 77-94.
- Asan, Ü. (1990). Orman kaynaklarının çok amaçlı kullanım ve fonksiyonel planlama. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 40(3), 67-84.
- Asan, Ü. (1995). Orman kaynaklarının rasyonel kullanımı ve ülkemizdeki durum. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU), 15-28.
- Boydak, M., & Doğru, M. (1997). Ekolojik Bölge İtibariyle Sürdürülebilir Orman Yönetiminin Mevcut Durum ve Deneyim Değişimi: Akdeniz Ormanları. XI. Dünya Ormanlık Kongresi Bildirileri, 6, 165-185.
- Buğday, E. (2016). Ormanlıkta Üretimin Planlaması ve Hassas Ormanlık Anlayışı. Anadolu Araştırmaları Dergisi, 54. Çankırı.
- Demir, M. (1997). Dağlık arazide orman transport planlarının önemi ve etkileri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University| İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 47(1-2-3-4), 49-56.
- Keçeli, A., & Sarusta, F. (2014). Sorun temelli-çözüm odaklı coğrafya! Yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları üzerine bir inceleme. Journal of Suleyman Demirel University Institute of Social Sciences, 20(2).
- Tecim, V (2008). Coğrafi bilgi sistemleri harita tabanlı bilgi yönetimi. Renk Form Ofset Matbaacılık, İzmir.
- Tecim, V. (1999). Bilgi teknolojilerinde yeni bir gelişme: coğrafi bilgi sistemleri ve bilgi sistemleri arasındaki yeri. D.E.Ü.İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:14, Sayı:1, Yıl:1999, ss:1-12
- URL 1. Web sitesi: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-a-network-dataset.htm>. Erişim Tarihi 22.04.2019

NOT: Bu çalışma, Hakan KARAÇAY tarafından Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY danışmanlığında yürütülen "İlgaz Orman İşletme Müdürlüğü Orman Yollarının Topolojik İlişkilerinin Ağ Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.



STRATEGIES FOR ENHANCED NITROGEN REMOVAL AT LOW TEMPERATURE

Engin Gürtekin

Firat University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering

egurtekin@firat.edu.tr

Özet

Biological nitrogen removal has been widely used in wastewater treatment because of its low operation costs and high efficiency. Low temperature can affect reaction rate, reaction pathways, microbial growth, microbial activity, microbial community structure and species richness, leading to reduction in nitrogen removal performance of wastewater treatment processes. At the same time, the effluent discharge standards of nitrogenous compounds are increasingly stringent. Therefore, it is necessary to improve nitrogen removal performance and to ensure operational stability in wastewater treatment at low temperature. For this, new approaches and technologies have been developed. In this study, methods and strategies developed to improve the nitrogen removal performance at low temperature are given.

Keywords: *Low temperature, nitrification, denitrification, biofilm.*

1. Introduction

Nitrogenous compounds are the main cause of eutrophication and an important threat factor in aquatic ecosystems. Environmental laws related to nitrogen concentrations in the effluent of wastewater treatment plants are also becoming more stringent. Classical biological nitrogen removal is carried out using nitrification and denitrification processes. Nitrification comprises the steps of oxidizing ammonia to nitrite by ammonia oxidizing bacteria (AOB) and then oxidizing nitrite to nitrate by nitrite oxidizing bacteria (NOB). Denitrification is the reduction of nitrate to nitrogen gas (N₂) by heterotrophic bacteria [1].

Temperature plays an important role in biological wastewater treatment plants. The rate of nitrification carried out with AOB and NOB is highly influenced by temperature. Low temperature reduces the specific growth rate of nitrifying bacteria, but also leads to a decrease in their activity, nutrient utilization rates, adsorption, precipitation of activated sludge [2]. The kinetics of biological reactions in biological treatment systems are temperature dependent and can be defined by the simplified Arrhenius equation [3]. Christensen and Harremos [4] reported that the temperature coefficient for nitrification between 5 °C and 20 °C was 1.12. Shammmas [5] determined the temperature coefficients for nitrification at 3200, 1200 and 430 mg/l mixed liquor suspended solids (MLVSS) concentrations as 1.129, 1.061 and 1.028, respectively. Oleszkiewicz and Berquist [6] found that the temperature coefficient for nitrification between 7 °C and 15 °C was 1.02 and the temperature coefficient for nitrification between 2 °C and 7 °C was 1.40. McCartney and Oleszkiewicz [7] reported that the temperature coefficient for nitrification between 4 °C and 10 °C was 1.165. They have reported a temperature coefficient of 1.09 between 5 °C and 30 °C for nitrification kinetics [8,9]. The reduction in nitrification rate was 50% at 12 °C and 100% at 5 °C; at temperatures below 15 °C, the rate of nitrification decreased sharply, and optimum activity for nitrification was in the range of 15 °C to 35 °C [10]. Head and Oleszkiewicz [11] conducted a study in which they suddenly lowered the temperature from 20 °C to 10 °C in order to determine the effect of the sudden decrease in temperature on the nitrification rate and the nitrification rate decreased by 58% at 10 °C. Hwang and Oleszkiewicz [12] reported that the sudden temperature drop from 20 °C to 10 °C reduced the nitrification rate by 20% more than the gradual temperature decrease. Sudarno et al. [13] reported that the ammonium oxidation rate and nitrite oxidation rate decreased by 44% and 55%, respectively, at a salt concentration of 3.5% with a decrease in temperature from 22.5 °C to 12.5 °C, ie, a reduction of 10 °C.

In addition to nitrification, low temperature can inhibit the activity of denitrification bacteria and cause a decrease in denitrification rate. The effect of temperature on denitrification rate can be explained with the help of temperature coefficient. Christensen and Harremos [4] reported that the temperature coefficient for denitrification between 5 °C and 20 °C was 1.15. Oleszkiewicz and Berquist [6] found that the temperature coefficient for denitrification between 7 °C and 15 °C was 1.06 and the temperature coefficient for denitrification between 2 °C and 7 °C was 1.40. McCartney and Oleszkiewicz [7] reported that the temperature coefficient for denitrification was 1.132 between 4 °C and 10 °C. Elefsiniotis and Li [14] found that the temperature coefficient for denitrification was 1.21 and 1.16, respectively, when they used acetic acid and propionic acid as the carbon source in their batch study between 10 °C and 30 °C. Welander and Mattrasson [15] reported that the denitrification rate at 3 °C was 55% of the denitrification rate at 15 °C in a laboratory-scale suspended carrier biofilm reactor.

These results show that low temperature causes a decrease in the activity of nitrification and denitrification bacteria. Low temperature has significant effects on microbial community structure and species richness in biological nitrogen removal systems. Low temperature results in deterioration of process performance by reducing microbial community diversity and species richness [16]. Further, as the temperature decreases, the viscosity of the activated sludge increases; the settling rate of sludge flocks decreases and hence decreases process performance by deteriorating sludge settability [17].

Based on classical nitrification-denitrification processes; nitrogen removal through partial nitrification and denitrification develops rapidly. This process is based on partial nitrification of ammonium to nitrite and denitrification of nitrite formed. Due to the shortening of the reaction, significant advantages such as reduction in the amount of oxygen used during the nitrification process, reduction in the need for organic matter used in the denitrification process and reduction in excess sludge production are provided. Nitrogen removal



by nitrite from real domestic wastewater at low temperature was investigated in a pilot scale sequencing batch reactor (SBR) operated using a real-time control strategy and in a long period, high nitrogen removal efficiency (<3 mg/L total nitrogen) was reported to be obtained [18]. Nitrogen removal by nitrite has been shown to increase total nitrogen removal by 20% compared to nitrogen removal by nitrate in a pilot-scale continuous pre-denitrification plant where domestic wastewater is treated [19].

Simultaneous nitrification denitrification means that nitrification and denitrification can occur simultaneously in a single reactor under the same operating conditions. Compared to conventional nitrification denitrification processes, this process reduces carbon source and oxygen consumption. Guo et al [17] investigated the effect of temperature on simultaneous nitrification and denitrification in a sequencing batch reactor and stated that the negative effects of low temperature can be reduced by regulating and controlling operating conditions. However, the simultaneous nitrification and denitrification performance at temperatures of 5 °C and 10 °C is quite low.

In recent years, bacteria capable of heterotrophic nitrification and aerobic denitrification have attracted considerable attention due to their potential applications in biological nitrogen removal processes. Compared to conventional nitrogen removal processes, aerobic denitrification yielded higher growth rates and more effective combination of organic matter and nitrogen removal. By using psychrotrophic autotrophic nitrification bacteria and aerobic denitrification bacteria together, the maximum nitrification denitrification rate at 10 °C reached 8.85 and 32.93 mg N/g AKM/hour, respectively [20]. Wang et al. [21] established a stable lab-scale aerobic denitrification process and demonstrated that high chemical oxygen demand and nitrate removal ($> 90\%$) can be achieved even at 5 °C. By means of denitrifying phosphorus accumulating organisms in biological nutrient removal plants, nitrogen and phosphorus can be removed together. With this method, carbon source requirement, aeration cost and sludge production are reduced [22]. Haiming et al. [23] showed that polyphosphate accumulating organisms and denitrifying polyphosphate accumulating organisms proliferate in the environment after 40 days and 80 days of operation, respectively and stable phosphorus removal was obtained at low temperatures ranging between 8 °C and 11 °C. In the anaerobic-aerobic-anoxic and anaerobic-anoxic sequencing batch reactor system at 15 °C, denitrifying polyphosphate accumulating organisms were deposited and stable nitrogen and phosphorus removal was obtained [24].

One of the newest developments in biological wastewater treatment is the use of partial nitrification/anammox process. The first step in this process is the conversion of a portion of ammonium to nitrite by ammonium oxidizing bacteria. The second step is anaerobic oxidation of the remaining ammonium and nitrite to nitrogen gas by anammox bacteria. Compared to the conventional nitrification denitrification process, the advantages of the partial nitrification/anammox process are the reduction of aeration requirement of 60%, the reduction of sludge production of 90% and no need for organic carbon. The long-term effect of different temperatures on the Anammox process was studied, although the system was successfully operated at 18 °C, nitrite began to accumulate with the temperature decreasing to 15 °C and the system lost its stability [26]. The specific activity of Anammox bacteria decreased by about 10-fold as the temperature decreased from 30 °C to 10 °C [27]. Lab-scale nitrification-anammox sequencing batch process, operating at 25 °C, it was adapted to 12 °C within 10 days and was operated for 300 days without nitrite accumulating and with nitrogen removal over 90% [28]. In these processes, retention of anammox bacteria at low temperature is a major problem, and the subject of operation of partial nitrification/anammox process in the low temperature should be investigated.

2. Strategies for Increasing Nitrogen Removal at Low Temperature

2.1. Operating Parameters Regulation

Hydraulic retention time (HRT) is an effective operating parameter that can be used to increase wastewater treatment. Longer HRT increases the efficiency of contaminant removal at low temperatures by reducing the hydraulic loading rate and increasing the biochemical reaction time. In biological nitrogen removal processes, longer HRT is more suitable to achieve full nitrification and denitrification at low temperature. In a biological aerated filter (BAF) where a wastewater is treated at low temperature (6.5 °C); nitrification performance increased from 30% at 0.5 hr HRT to 54% and 95% at 1 and 2 hr HRT, respectively [29].

Sludge retention time control is necessary to maintain system performance under low temperature conditions. Long sludge age ensures high biomass concentration in bioreactors, which reduces sludge loading rate and enriches slow-growing nitrification bacteria. A high sludge age in SBR reduced the effect of low temperature for simultaneous nitrification and denitrification [17]. Since membrane bioreactors can be operated at long sludge ages, high biomass concentrations can be achieved. Thus, good treatment efficiencies can be obtained at low temperatures [30]. Compared to a temperature of 20 °C, about 45% higher sludge age for 10 °C was reported to be necessary for effective nitrogen removal [31].

The effect of low temperature can be reduced by increasing the dissolved oxygen concentration to optimize and improve pollutant removal at low temperature. By increasing the oxygen concentration in the membrane-separated bioreactor used for domestic wastewater treatment, complete nitrification was achieved at 10 °C and the mean nitrogen removal was increased to 90% and 85% at 10 °C and 5 °C, respectively [32].

2.2. Bioaugmentation

Bioaugmentation is an effective method to improve the treatment efficiency of biological nitrogen removal processes at low temperature. A variety of bioaugmentation are used to improve biological nitrogen removal processes at low temperature. The direct use of pure chain/mixed cultures (such as psychophilic) in wastewater treatment plants is the most common method. Krhutková et al. [33] developed a method of in situ bioaugmentation of nitrification in a full-scale plant with the return of activated sludges placed in a regeneration tank. The results showed that poor performance of nitrification at low temperature (<13 °C) was prevented by increasing the nitrifying population in activated sludge. Another biological increase method is immobilization technique. Immobilization technology is an effective biological growth method because of its advantages such as higher biomass concentration, higher cell activity, more stable performance and easier separation from liquid [34]. Attachment, containment, encapsulation is three



immobilization methods used in biological wastewater treatment. Vacková et al. [35] reported that strains of *paracoccus denitrificans* *pseudomonas fluorescenes* or mixed cultures of psychophilic denitrifiers encapsulated in PVA pellets can be applied to full-scale denitrification processes to improve nitrogen removal at low temperature.

With the bioaugmentation, the performance improvement of wastewater treatment plants can be maintained only for a certain time and sometimes unsuccessful results can be achieved. These problems should be considered when bioaugmentation are applied.

2.3. Biofilm Technology

Biofilm processes have the potential to reduce the temperature sensitivity of bacteria. Therefore, filling suspended or fixed materials into the reactor to form biofilms is a widely used method for improving the performance of biological wastewater treatment systems at low temperatures. These materials enable the enrichment of nitrifying bacteria in wastewater treatment processes. The activities of AOB and NOB attached to materials are larger than suspended biomass. Among the biofilm technologies, hybrid sludge/biofilm system, moving bed biofilm reactor and biological aerated filter are widely used for nitrogen removal at low temperature [36]. In addition to biofilm processes, new wastewater treatment processes such as membrane bioreactor and aerobic granular technology are also being developed for use in nitrogen removal at low temperatures.

2.3.1. Hybrid Sludge/Biofilm System

The hybrid sludge/biofilm system is designed as an integrated fixed film activated sludge, which is a modification of the activated sludge process. This technology combines the advantages of suspended activated sludge and attached processes. Therefore, stable, reliable pollutant removal can be achieved at low temperature. In particular, the integrated fixed film activated sludge system could be efficiently applied to upgrade of existing plants during the cold season, it can provide nitrification throughout the year [36]. Hubbel et al. [37] reported that nitrification was achieved in cold weather conditions during the full-scale 8-year operation of the integrated fixed film activated sludge system using a new fabricated material.

2.3.2. Moving Bed Biofilm Reactor

The moving bed biofilm reactor was initially designed as a nitrogen removal system in 1980. The moving bed biofilm reactor has been shown to have the potential to achieve and maintain nitrification at low temperatures due to its advantages such as small footprint, simple operation and effective contaminant removal efficiency [36]. Adreottola et al. [38] evaluated the full-scale improvement performance of existing wastewater treatment plants at low temperature (5 °C - 15 °C) using a mobile bed biofilm reactor system and achieved stable and effective removal despite seasonal changes. Qdegaard [39] found that full nitrification can be achieved at 11 °C in full-scale mobile bed biofilm reactor applications in Europe with nitrification rates of 1.2 g NH₄-N/m²/day and denitrification rates of 3.5 g NO₃-N/m²/day. Young et al. [40] showed that effluent ammonia concentrations of less than 5 mg/l can be achieved in the moving bed biofilm system at 1 °C, the critical temperature for tertiary treatment in lagoons in northern climatic zones. Similar studies have shown that moving bed biofilm reactor technology at 1 °C has significant ammonia removal capacity [41,42].

2.3.3. Biological Aerated Filter

Biologically aerated filter, which is one of the attached growth treatment systems, is widely used in wastewater treatment due to its high removal efficiency and capacity of organic matter and ammonia. Payraudeau et al. [43] reported that high ammonia removal at as low as 7 °C can be achieved with biological aerated filter technology. Hansen et al. [44] evaluated the performance of activated sludge and biological aeration filter processes in a full-scale operation for 10 years and found that the biological aeration filter provided better and more stable nitrification than activated sludge process, especially at low temperatures. Ha et al. [45] investigated the effect of temperature on nitrification in a biological aerated filter, and found that sufficient nitrification (95%) was achieved at 6.5 °C and 2 hr HRT. When HRT was reduced to 1 hour, they achieved a high nitrification efficiency (92%) with 200% recycle in the biological aerated filter. However, operating costs and maintenance costs are high as the biological aerated filter must be periodically washed to remove excess solids.

2.3.4. Membrane Bioreactor

Membrane bioreactor is a combination of activated sludge process and membrane technology, eliminating the need for secondary precipitation. Arevalo et al. [46] studied the effect of temperature on membrane bioreactor performance and indicated that nitrification at temperatures greater than 25 °C and less than 15 °C was achieved in a efficiency of 99%. They also found that the total nitrogen removal efficiency decreased from 72.7% at temperatures greater than 25 °C to 52.3% at temperatures below 15 °C. In the study carried out in pilot scale membrane bioreactor where real domestic wastewater is treated at low temperatures (7 °C -20 °C), high nitrification efficiency was obtained due to the high sludge age (35 days) in the system [47]. In addition, in membrane bioreactors; deflocculation, diffusion, biodegradability and adsorption are temperature dependent. Therefore, different mechanisms taking place in membrane bioreactors used to increase nitrogen removal at low temperatures should be considered.

2.3.5. Aerobic Granular Technology

The aerobic granular system is a more attractive alternative to the activated sludge system because of its advantages such as excellent precipitability, high biomass, operability at high organic loads and tolerance to toxic components. Aerobic granular system is widely used in domestic wastewater treatment because it is effective and reliable for organic carbon, nitrogen and phosphorus removal together [48]. Irregularly shaped granules and excessive filamentous bacterial growth occurred in SBR operated at 8 °C; and causing washing of the biomass to a large extent; caused deterioration of the stability of the reactor. Denitrification capacity and nutrient removal of granules have been reduced, and aerobic granulation at low temperatures is not feasible in practice [49]. A laboratory-scale aerobic



granular system with cold-resistant sludge from Finland as inoculum was successfully operated at 7 °C and achieved high removal efficiencies [50].

3. Conclusions

Low temperature is one of the most important environmental factors affecting biochemical reactions and microbial metabolism in biological wastewater treatment plants. At low temperature, biological nitrogen removal performance is reduced. In recent years, it is possible to improve biological nitrogen removal performance in wastewater treatment plants at low temperature by means of methods and strategies such as adjustment of operating parameters, bioaugmentation, biofilm technology and new processes developed. In the future, new processes that increase biological nitrogen removal at low temperatures appear to be attractive alternatives.

4. References

1. Reboleiro-Rivas, P., Martín-Pascual, J., Juárez-Jiménez, B., Poyatos, J.M., Vilchez-Vargas, R., Vlaeminck, S.E., Rodelas, B. and González-López, J., “Nitrogen removal in a moving bed membrane bioreactor for municipal sewage treatment: Community differentiation in attached biofilm and suspended biomass”, *Chemical Engineering Journal*, 277, 209-218, 2015.
2. Cui, D., Ang, L., Tian, Q., Rui, C., Changlong, P., Wang, J., Yang, J., Ma, F. and Nanqi, R., “Improvement of nitrification efficiency by bioaugmentation in sequencing batch reactors at low temperature”, *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 8(6), 937-944, 2014.
3. De Kreuk, M.K., Pronk, M. and van Loosdrecht, M.C.M., “Formation of aerobic granules and conversion processes in an aerobic granular sludge reactor at moderate and low temperatures”, *Water Research*, 39(18), 4476-4484, 2005.
4. Christensen, H.M. ve Harremoës, P., *Nitrification and denitrification in wastewater treatment*. In: *Water Pollution Microbiology* (Mitchell, R., Ed.), vol. 2, 391- 414. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1978.
5. Shammass, N.K., “Interactions of temperature, pH, and biomass on the nitrification process”, *Journal of Water Pollution Control Federation*, 58, 52-59, 1986.
6. Oleszkiewicz, J.A. and Berquist, S.A., “Low temperature nitrogen removal in sequencing batch reactors”, *Water Research*, 22(9), 1163-1171, 1988.
7. McCartney, D.M. and Oleszkiewicz, J.A., “Carbon and nutrient removal in a sequencing batch reactor at low temperatures”, *Environmental Technology*, 11(2), 99-112, 1990.
8. Rusten, B., Hem, L.J. and Ødegaard, H., “Nitrification of municipal wastewater in moving bed biofilm reactors”, *Water Environment Research*, 67(1), 75–86, 1995.
9. Young, B., Delatolla, R., Kennedy, K., Laflamme, E. and Stintzi, A., “Low temperature MBBR nitrification: microbiome analysis”, *Water Research*, 111, 224–233, 2017.
10. Ducey, T.F., Vanotti, M.B., Shriner, A.D., Szogi, A.A. and Ellison, A.Q., “Characterization of a microbial community capable of nitrification at cold temperature”, *Bioresource Technology*, 101, 491–500, 2010.
11. Head, M.A. and Oleszkiewicz, J.A., “Bioaugmentation for nitrification at cold temperatures”, *Water Research*, 38, 523–530, 2004.
12. Hwang, J.H. and Oleszkiewicz, J.A., “Effect of cold-temperature shock on nitrification”, *Water Environment Research*, 79, 964–968, 2007.
13. Sudarno, U., Winter, J. and Gallert, C., “Effect of varying salinity, temperature, ammonia and nitrous acid concentrations on nitrification of saline wastewater in fixed-bed reactors”, *Bioresource Technology*, 102 (10), 5665-5673, 2011.
14. Elefsiniotis, P. and Li, D., “The effect of temperature and carbon source on denitrification using volatile fatty acids”, *Biochemical Engineering Journal*, 28(2), 148-155, 2006.
15. Welander, U. and Mattiasson, B., “Denitrification at low temperatures using a suspended carrier biofilm process”, *Water Research*, 37, 2394–2398, 2003.
16. Chen, Y., Lan, S., Wang, L., Dong, S., Zhou, H., Tan, Z. and Li, X., “A review: driving factors and regulation strategies of microbial community structure and dynamics in wastewater treatment systems”, *Chemosphere*, 174, 173–182, 2017.
17. Guo, J., Zhang, L., Chen, W., Ma, F., Liu, H. and Tian, Y., “The regulation and control strategies of a sequencing batch reactor for simultaneous nitrification and denitrification at different temperatures”, *Bioresource Technology*, 133, 59–67, 2013.
18. Yang, Q., Peng, Y., Liu, X., Zeng, W., Mino, T. and Satoh, H., “Nitrogen removal via nitrite from municipal wastewater at low temperatures using real-time control to optimize nitrifying communities”, *Environmental Science & Technology*, 41, 8159–8164, 2007.
19. Ma, Y., Peng, Y., Wang, S., Yuan, Z. and Wang, X., “Achieving nitrogen removal via nitrite in a pilot-scale continuous pre-denitrification plant”, *Water Research*, 43, 563–572, 2009.
20. Zou, S., Yao, S. and Ni, J. “High-efficient nitrogen removal by coupling enriched autotrophic-nitrification and aerobic-denitrification consortiums at cold temperature”, *Bioresource Technology*, 161, 288-296, 2014.



21. Wang, Y., Zhang, Z., Qiu, L., Guo, Y., Wang, X., Xiong, X. and Chen, S., “Effect of temperature downshifts on biological nitrogen removal and community structure of a lab-scale aerobic denitrification process”, *Biochemical Engineering Journal*, 101, 200–208, 2015.
22. Murnleitner, E., Kuba, T., van Loosdrecht, M. C. M. and Heijnen, J. J., “An integrated metabolic model for the aerobic and denitrifying biological phosphorus removal”, *Biotechnology and Bioengineering*, 54(5), 434-450, 1997.
23. Haiming, Z., Xiwu, L., Abualhail, S., Jing, S. and Qian, G., “Enrichment of PAO and DPAO responsible for phosphorus removal at low temperature”, *Environment Protection Engineering*, 40(1), 2014.
24. Liu, S. and Li, J., “Accumulation and isolation of simultaneous denitrifying polyphosphate-accumulating organisms in an improved sequencing batch reactor system at low temperature”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 100, 140-148, 2015.
25. Corbalá-Robles, L., Picioreanu, C., van Loosdrecht, M. C. and Pérez, J., “Analysing the effects of the aeration pattern and residual ammonium concentration in a partial nitrification-anammox process”, *Environmental Technology*, 37(6), 694-702, 2016.
26. Dosta, J., Fernandez, I., Vazquez-Padin, J. R., Mosquera-Corral, A., Campos, J. L., Mata-Alvarez, J. and Mendez, R., “Short-and long-term effects of temperature on the Anammox process”, *Journal of Hazardous Materials*, 154, (1-3), 688-693, 2008.
27. Lotti, T., Kleerebezem, R., Abelleira-Pereira, J., Abbas, B., van Loosdrecht, M.C.M., “Faster through training: the anammox case”, *Water Research*, 81, 261–268, 2015.
28. Hu, Z., Lotti, T., de Kreuk, M., Kleerebezem, R., van Loosdrecht, M., Kruit, J., Jetten, M.S.M., Kartal, B., “Nitrogen removal by a nitrification-anammox bioreactor at low temperature”, *Applied and Environmental Microbiology*, 79, 2807-2812, 2013.
29. Ha, J.H., Ong, S.K., Surampalli, R. and Song, J., “Temperature effects on nitrification in polishing biological aerated filters (BAFs)”, *Environmental Technology*, 31, 671–680, 2010.
30. Kishino, H., Ishida, H., Iwabu, H. and Nakano, I., “Domestic wastewater reuse using a submerged membrane bioreactor”, *Desalination*, 106, 115–119, 1996.
31. Kos, P., “Short SRT (solids retention time) nitrification process/flowsheet”, *Water Science and Technology*, 38, 23–29, 1998.
32. Chiemchaisri, C. and Yamamoto, K., “Biological nitrogen removal under low temperature in a membrane separation bioreactor”, *Water Science and Technology*, 28, 325–333, 1993.
33. Krhutková, O., Novák, L., Pachmanová, L., Benáková, A., Wanner, J. and Kos, M., “In situ bioaugmentation of nitrification in the regeneration zone: practical application and experiences at full-scale plants”, *Water Science and Technology*, 53, 39–46, 2006.
34. Xu, Z., Ben, Y., Chen, Z., Jiang, A., Shen, J. and Han, X., “Application and microbial ecology of psychrotrophs in domestic wastewater treatment at low temperature”, *Chemosphere*, 191, 946–953, 2018.
35. Vacková, L., Srb, M., Stloukal, R. and Wanner, J., “Comparison of denitrification at low temperature using encapsulated *Paracoccus denitrificans*, *Pseudomonas fluorescens* and mixed culture”, *Bioresource Technology*, 102, 4661–4666, 2011.
36. Zhou, H., Li, X., Xu, G. and Yu, H., “Overview of strategies for enhanced treatment of municipal/domestic wastewater at low temperature”, *Science of Total Environment*, 643, 225-237, 2018.
37. Hubbell, S.B., Pehrson, R. and Schuler, A., “Eight years of successful cold weather nitrification with integrated fixed-film/activated sludge”, *Proceedings Water Environment Foundation*, 240–250, 2006.
38. Andreottola, G., Foladori, P. and Ragazzi, M., “Upgrading of a small wastewater treatment plant in a cold climate region using a moving bed biofilm reactor (MBBR) system”, *Water Science and Technology*, 41, 177–185, 2000.
39. Ødegaard, H., “Innovations in wastewater treatment: the moving bed biofilm process”, *Water Science and Technology*, 53, 17–33, 2006.
40. Young, B., Delatolla, R., Ren, B., Kennedy, K., Laflamme, E. and Stintzi, A., “Pilot-scale tertiary MBBR nitrification at 1°C: characterization of ammonia removal rate, solids settleability and biofilm characteristics”, *Environmental Technology*, 37, 2124–2132, 2016.
41. Hoang, V., Delatolla, R., Abujamel, T., Mottawea, W., Gadbois, A., Laflamme, E., Stintzi, A., “Nitrifying moving bed biofilm reactor (MBBR) biofilm and biomass response to long term exposure to 1 °C”, *Water Research*, 49, 215–224, 2014.
42. Almomani, F.A., Delatolla, R. and Örmeci, B., “Field study of moving bed biofilm reactor technology for post-treatment of wastewater lagoon effluent at 1 °C”, *Environmental Technology*, 35, 1596–1604, 2014.
43. Payraudeau, M., Pearce, A.R., Goldsmith, R., Bigot, B., Wicquart, F., Experience with an up-flow biological aerated filter (BAF) for tertiary treatment: from pilot trials to full scale implementation, *Water Science and Technology*, 44, 63–68, 2001.
44. Hansen, R., Thøgersen, T., Rogalla, F., Comparing cost and process performance of activated sludge (AS) and biological aerated filters (BAF) over ten years of full sale operation, *Water Science and Technology*, 55, 99–106, 2007.



45. Ha, J.H., Ong, S.K., Surampalli, R., Song, J., 2010. Temperature effects on nitrification in polishing biological aerated filters (BAFs). *Environ. Technol.* 31, 671–680.
46. Arévalo, J., Ruiz, L.M., Pérez, J. and Gómez, M.A., “Effect of temperature on membrane bioreactor performance working with high hydraulic and sludge retention time”, *Biochemical Engineering Journal*, 88, 42–49, 2014.
47. Gurung, K., Ncibi, M.C. and Sillanpää, M., “Assessing membrane fouling and the performance of pilot-scale membrane bioreactor (MBR) to treat real municipal wastewater during winter season in Nordic regions”, *Science of Total Environment*, 579, 1289–1297, 2017.
48. Adav, S.S., Lee, D. J., Show, K. Y. and Tay, J. H. “Aerobic granular sludge: recent advances”, *Biotechnology Advances*, 26(5), 411-423, 2008.
49. de Kreuk M.K., Heijnen J.J. and van Loosdrecht M.C.M., “Simultaneous COD, nitrogen, and phosphate removal by aerobic granular sludge”, *Biotechnology and Bioengineering*, 90, 761–769, 2005.
50. Gonzalez-Martinez, A., Muñoz-Palazon, B., Rodriguez-Sanchez, A., Maza-Márquez, P., Mikola, A., Gonzalez-Lopez, J. and Vahala, R., “Start-up and operation of an aerobic granular sludge system under low working temperature inoculated with cold-adapted activated sludge from Finland”, *Bioresource Technology*, 239, 180-189, 2017.



FINE BUBBLE DIFFUSERS

Engin Gürtekin

¹Firat University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering

egurtekin@firat.edu.tr

Özet

In a wastewater treatment plant using activated sludge process, the main energy consumption takes place in the aeration process. In recent years, more efficient aeration systems in terms of energy such as fine bubble diffusers as parallel to significant energy consumption increases in treatment processes; have been developed. Maximum cost and energy savings can be achieved in the plants by increasing the efficiency of aeration. Therefore, fine bubble diffusers compared to other aeration systems have become the most popular aeration technology used in the activated sludge process. In this study, fine bubble diffuser aeration systems that are widely used in wastewater treatment are given.

Keywords: Aeration, activated sludge, wastewater, fine bubble diffuser, energy.

1. Introduction

Energy consumption by aeration in treatment plants is approximately 49 to 80% of the total energy requirement of the plant (Figure 1) [1]. Therefore, aeration constitutes the most important operating cost in wastewater treatment. Minimizing the discharge standards for ammonia and nitrogen removal during wastewater treatment has led to large increases in energy consumption. Therefore, existing and new wastewater treatment infrastructures have to add larger aeration tanks and nitrification units with longer sludge retention time. This led to an additional energy demand for the oxygen transfer needed in the nitrification process. This increase in power and energy cost made it necessary to replace low efficiency aeration systems (ie, coarse bubble diffusers, low efficiency blowers) with new low cost high efficiency ones (ie, fine porous diffusers, high efficiency blowers) [2,3].

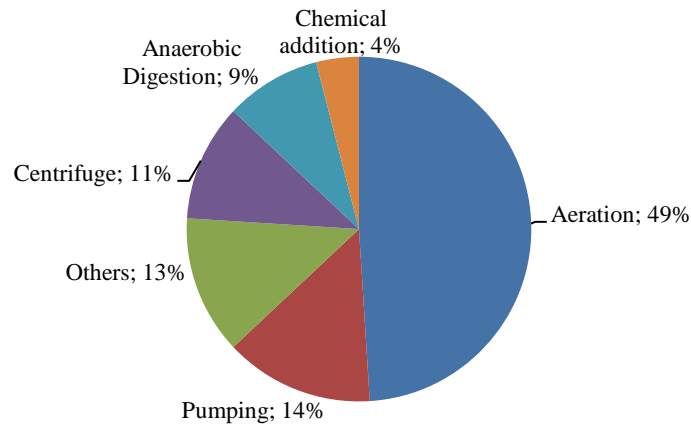


Figure 1. Estimated power use for a typical 20 MGD (75708 m³/day) activated sludge plant in the United States for wastewater treatment with nitrogen removal [1].

The greatest cost and energy savings can be achieved by increasing the aeration efficiency in the plants. With a thorough understanding of oxygen transfer efficiency (OTE) for a process and how it changes with wastewater characteristics and time and seasons, aeration systems will help effectively design and optimize the operation of any process close to actual oxygen requirements [4]. There are several aeration systems, but the most popular are mechanical surface aeration and diffuser aeration systems. While air enters the wastewater in contact with the atmosphere by mixing in mechanical aeration, in diffuser aeration; air or pure oxygen transfer to wastewater is from diffusers placed under the reactors. The diffuser aeration equipment used in the activated sludge process combines air pump systems with high volume low air pressure blowers and the diffusers are placed at the bottom of the reactor [5]. Fine bubble aeration diffusers have become the most popular aeration technology used in activated sludge compared to coarse bubble diffusers and mechanical aeration systems. This is because fine porous diffusers produce bubbles of less than 5 mm in diameter with a higher surface to volume ratio and longer travel time. This provides higher oxygen transfer and aeration efficiency than other diffuser types (Table 1) [6]. In Table 1, the leftmost column is the standard aeration efficiency (SAE) of the aeration systems, ie the aeration efficiency in clean water. The next two columns show wastewater efficiency at 2 mg/l DO.



Table 1. Standard Aeration Efficiency of Aeration Systems [6].

Aerator Type	SAE (kgO ₂ /kWh)	Low SRT AE	High SRT AE
		(2 mg ÇO l ⁻¹ için)	(2 mg ÇO l ⁻¹ için)
High-speed surface aerator	0,9–1,3		0,4–0,8
Low-speed surface aerator	1,5-2,1		0,7-1,5
Coarse Bubble Turbines or jets (Fine-bubble)	0,6-1,5	0,3-0,7	0,4-0,9
Fine-Bubble	1,2-1,8	0,4-0,6	0,6-0,8
	3,6-4,8	0,7-1,0	2,0-2,6

Although fine porous diffusers are known for their high efficiency per unit of energy used, they can be limited to contamination, scaling, aging, wastewater pollutants (ie, surfactant), process and operating conditions when installed in the biological reactors used. These factors reduce OTE and aeration efficiency (Figure 2) [7].

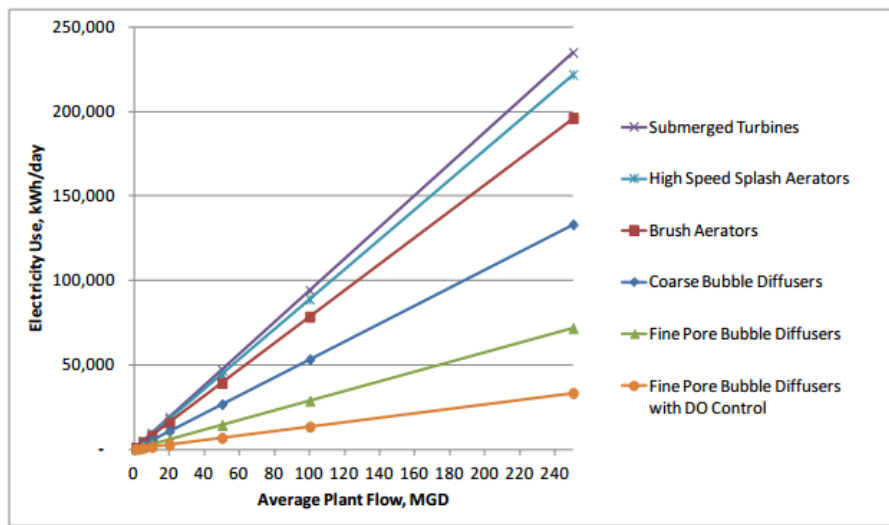


Figure 2. Electricity Usage for Various Aerator Types at Different Flow Rates (kWh/day) [7].

Typical clean water oxygen transfer rates are shown in Table 2 [8].

Table 2. Typical Oxygen Transfer Rates to Clean Water [8].

Aeration System	Oxygen Transfer Rate gr/kW-saat
Coarse Bubble Diffusers	1216.6
Fine Bubble Diffusers	3953.8
Mechanical Aerators	1824.8

In order to compare the aeration system equipment more accurately, the relative oxygen rate in wastewater must be established relative to clean water (alpha value). Typical alpha (α) values are shown in Table 3.

Table 3. Typical Alpha (α) Values

Aeration System	Typical (α)
Coarse Bubble Diffusers	0.8
Fine Bubble Diffusers	0.4-0.8
Mechanical Aerators	0.8-1.0

The beta value (β) of oxygen saturation in wastewater compared to clean water is typically used from 0.95 to 1.0 for urban wastewater [8]. Another important function of the aeration equipment is to provide a sufficient amount of mixture in the tanks to prevent the solids



from settling. Aeration systems are often ignored when evaluating energy savings. Table 4 shows typical minimum mixing values for aeration tanks [8].

Table 4. Typical aeration tank mixing requirement

Aeration System	Mixing Requirement
Coarse Bubble Diffusers	20-30 m ³ /dak. 1000 m ³
Fine Bubble Diffusers	7-10 m ³ /dak. 1000 m ³
Mechanical Aerators	20-40 kw/m ³

In this study, fine bubble diffuser aeration systems which are widely used in wastewater treatment are given.

2. Diffuser Aerators

In diffuser or bubble aeration systems, gas transfer is possible by dispersion of air bubbles in water. In diffuser aeration systems, the surface area is smaller and the contact time is longer. The most commonly used equipment in diffuser aeration systems are concrete tanks. Perforated pipes or porous diffusers or other equipment producing air bubbles are placed on the bottom of the concrete tanks. These bubble-producing systems produce fine air bubbles when fed with compressed air by means of a compressor; these air bubbles prepare the surface area for gas transfer, creating turbulence as it moves towards the water surface. These aeration systems are often used to improve existing reservoir and tanks. If porous tubes or perforated pipes are used in these systems, they can be suspended near the middle of the tank depth. If porous diffusers are used, they must be placed on the tank bottom [9].

The diffusers may be such as to produce fine or coarse bubbles. The average amount of oxygen that can be given to wastewater is 1.3 kgO₂/kWh in fine pore diffusers, 1.2 kgO₂/kWh in medium pore diffusers and 0.7 kgO₂/kWh in large pore diffusers. Oxygen transfer efficiency is between 10-30% in fine porous diffusers, 6-15% in medium porous diffusers and 4-8% in large porous diffusers and varies according to the depth of aeration pond and diffuser placement [9].

The following points should be considered in the design of diffuser aerators [10]:

1. Aeration with diffuser must be carried out in concrete tanks.
2. Tank material and other equipment must be corrosion resistant.
3. Tank depth should be between 3 and 5 m.
4. Tank width should be between 3 and 9 m.
5. Depth:width ratio in tanks should be no more than 2 to ensure optimum mixing conditions.
6. The length of the tank should be selected according to the retention time required.
7. The retention time should be between 10 and 30 minutes.
8. Curtains should be used along the length of the tank to prevent short circuits.
9. Perforated pipes or porous plates should be used to produce air bubbles.
10. The openings on the diffusers should have a diameter of 2 to 5 mm.
11. The air flow rate should be between 0.8 and 0.012 m³/m³ water.
12. The required air flow should be determined and the air blower should be selected according to the flow and pressure required.
13. Fine filters should be placed in the inlet of the air blower; clogging of the diffusers should be avoided.
14. Air filters should be checked and cleaned periodically.
15. If a low profile system is being designed,
 - a) The tank depth should be between 1.2 and 1.5 m.
 - b) The tank shall be divided into 3 to 8 stages by means of curtains, the inlet of each stage shall be at the top and the outlet shall be at the bottom.
 - c) The raw water flow rate per tank should be between 0.06 and 63 L/sec.

3. Fine Bubble Diffusers

Nowadays; the different forms of fine porous diffusers used are membrane panels, ceramic discs, membrane discs and membrane tubes. Membrane panel diffusers which are advantageous over the others in terms of high oxygen transfer efficiency and the uniform distribution of fine air bubbles are limited in use due to their high head loss and tear possibilities at high pressure. Fine porous diffusers are known for their high efficiencies per unit energy used. However; pollution, scaling, aging, wastewater pollutants (ie, surfactants), process and operating conditions reduce oxygen transfer efficiency and aeration efficiency [8,11,12]. As shown in Figure 5, two types of coating can be made in fine porous diffusers. In a large base coating, the water circulation cells become large. This requires high water speed and high pump forces. In this system, the duration of the bubbles is minimum. In another type of coating, which is a full-coat system, the water circulation cells are small and also require small water speeds and small pump forces. Bubble duration is maximum in full-coat diffusers. The diffusers are as uniform as possible within the aeration pond; that is to say that it is made with a full-coat, which makes the system more efficient. For this reason, full coat coating should be preferred in the processes where fine porous diffuser is used [9].



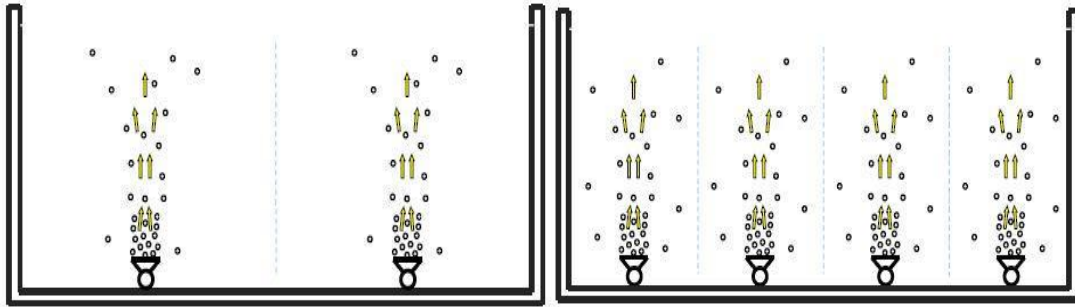


Figure 5. Fine-bubble diffusers (a) wide base and (b) full coat coating.

The advantages of fine porous diffusers are:

1. High OTE show (Provides the highest amount of oxygen transfer to the water with unit energy input.).
2. They show high aeration efficiencies (Mass oxygen transferred per unit power per unit time).
3. They can meet high oxygen demands.
4. They can easily adapt to situations where the capacity of the plant will increase.
5. According to coarse bubble diffusers or mechanical aerators; they can even separate at least volatile organic compounds from wastewater.

The disadvantages of fine porous diffusers are:

1. They are sensitive to chemical or biological contamination that affect transfer efficiency and cause pressure losses. As a result, they require routine maintenance.
2. Appropriate materials should be selected according to wastewater content. Because fine porous diffusers are sensitive to chemical contamination.
3. Airflow distribution is important in their performance because of their high efficiency even at low airflow rates. It is therefore important to select the appropriate airflow control orifice.
4. Aeration pond cleaning and maintenance of the diffusers are difficult and require routine maintenance. This creates operational difficulties for local governments, which lack staff.

3.1. Types of Fine Bubble Diffuser

There are five basic types of diffusers: discs, tubes, domes, panels and plates. These diffusers can be made of various materials such as ceramic, plastic or flexible perforated membranes. Ceramic diffusers are produced in dome, plate, tube and disc shapes. However, today, the most commonly used one is the disk shape. The discs are manufactured in diameters of 7" (2.76 cm) and 20" (7.87 cm), but are usually in diameter of 9" (3.54 cm). Material thickness is between 0.75 and 7.5". The membranes are available in various materials and thicknesses from 0.0197 "to 0.0315" (0.5-0.8 mm). Among the membrane materials, urethane, silicone and ethylene propylene dimer (EPDM) are the most commonly used. Although the main component in the most commonly used EPDM membrane is EPDM; natural rubber, carbon, ash, organic additives, peroxide and plasticizers are used in varying proportions [13].

3.1.1. Disc Diffusers

They are relatively flat and have diameters from 7" to 9.4" (18 to 24 cm) with a thickness of 0.5" to 0.75" (13 to 19 mm). Ceramics, porous plastics and perforated membranes are used as disc materials. The disc is mounted on a back-shaped plastic and uses a central bolt and clamping ring to hold the material together. The air flow is typically between 0.25 and 1.5 L/sec per diffuser [13].

3.1.2. Tube/Flexible Jacket Diffusers

A typical tube diffuser can be manufactured from a hard ceramic or plastic hollow cylinder (tube) or a flexible membrane. A tube diffuser has a length of about 200 cm and has an outer diameter of about 6.4 to 7.6 cm. Tube diffusers are made of stainless steel or durable plastic. Ceramic or plastic material is used in threaded rods. Air flows through the tube diffusers in the range of 1 to 5 L/sec [13].

3.1.3. Dome Diffusers

Dome diffusers are made of ceramic or porous plastic. Dome diffusers, which are typically 18 cm in diameter and 3.8 cm in height, are circular. The material is approximately 15 mm thick on the edges and 19 mm thick on the flat surface. The dome diffuser is mounted on a polyvinyl chloride or a steel backing base plate. The air flow rate for dome diffusers is in the range of 0.25 to 1.0 L/s, typically 0.5 L/s [13].

3.1.4. Panels

Such diffusers consist of a specially sized layer having a large perforated polymeric membrane layer, such as the membrane used for tubes. In general, these diffusers have a similar air flow rate with tubes on L/m² basis. Typically, smaller panels are used to achieve higher tank flooring. Typically, smaller panels are used to achieve higher tank flooring [13].



3.1.5. Plate Diffusers

Plate diffusers, which are generally made of ceramic material, are flat and rectangular in shape, approximately 30 cm² in area and 2.5 to 3.8 cm thick. Its installation includes placing the plates in the recesses in the floor and clamping them into pre-formed slots or metal holders. Air flows under the plates and air is supplied from the caps. In new installations, plate diffusers are largely replaced by porous discs, domes and tubes [13].

3.2. Factors Affecting Oxygen Transfer Efficiency in Fine Bubble Diffusers

The factors that must be considered in oxygen transfer in fine pore aeration systems show great differences. For example; diffuser related issues such as type, installation depth, distribution, operating time and air flow rate, aerobic reactor characteristics such as depth, volume and reactor type, and operating conditions such as sludge age, nutrient removal, temperature, turbulence and wastewater composition should be considered [14].

3.2.1. Environmental Factors

Environmental factors are not under the control of the operator and affect the oxygen transfer efficiency in clean and process water.

Temperature

Decreasing the solubility of oxygen at higher temperatures is an important factor in the design of aeration systems. Increases in the temperature of the mixed suspension often coincide with increases in ambient air temperature and reduce the capacity of the blowers in diffuser aeration systems [15].

Barometric pressure

Despite significant progress in aeration, the effects of barometric pressure on OTE have not been investigated. With respect to the ventilation energy requirement, the blower performance is inversely proportional to the depth at which the blower is installed, due to the effects of elevation on atmospheric pressure and air density. Three factors reduce air density: increases in air temperature, decreases in atmospheric pressure, and increases in relative humidity. The reduction in air density in terms of mechanical efficiency leads to a greater need to produce more volumetric airflow by the blower to provide an equal airflow mass according to standard conditions. The assessment of energy needs depends on operating conditions, control techniques and blower type [1].

Saturation Concentration of Oxygen in Water

The saturation concentration of oxygen in water is important for aeration and indicates the maximum amount of oxygen soluble in water. The saturation concentration of oxygen in water is a function of barometric pressure, water pressure, salinity and temperature. The force providing oxygen transfer is due to the concentration gradient between saturated oxygen concentration and dissolved oxygen [14].

3.2.2. Process Conditions

Process conditions that may affect OTE in process water may not be under the direct control of the process designer or operator.

Surfactants

The bubble aeration process is influenced by surfactants (example; fatty acids, oils, soaps and detergents). The presence of surfactants affects bubble formation and hence bubble surface area and different mass transfer parameters. In this case, the diameter of the bubbles ranges from 4 mm in clean water to 1 mm in the surfactant water, and as the surfactant concentrations increase, there is a decrease in average bubble size [14].

Under typical conditions, the rates at which bubbles rise are 0.2 m/s and 1.5 m/s, respectively, in fine-pore and coarse bubble (non-porous) aeration systems. The residence time for the fine bubbles is long, which results in more accumulation of surfactant. As a result, surfactants play a significant role in fine-pore aeration systems, resulting in reduced rate of rise and lower regeneration rates. Pre-treatment with ozone, activated carbon, clay or bentonite clay powder may require removal of high concentrations of surfactants before aeration [13].

Loading criteria

The two most commonly used parameters for the design and control of activated sludge systems are: food/microorganism ratio (F/M) ratio and sludge age. Also; the sludge residence time, also called "sludge age, is directly related to the time the biomass remains in the reactor and determines the degree of treatment, biomass concentration and oxygen requirements. Oxygen transfer is considered to be inversely related to MLSS concentrations in the reactor [13].

Extracellular Polymeric Materials

Extracellular polymeric materials (EPS) represent an important component because they retain microbial aggregates in a three-dimensional matrix. EPS increases the porosity of flocks and is therefore useful in oxygen transfer [14].



Process Plan and Selector

The aeration basin and aerator layout geometry can significantly change oxygen transfer efficiency. A selector is a tank or chamber where wastewater and recycle sludge are mixed. The selectors are placed in front of the aeration pool and their main function is to prevent the growth of filamentous bacteria while allowing the growth of flocked bacteria. Since biodegradable organic matter and surfactants are used in selectors, oxygen transfer efficiency is positively affected [14].

Salinity

Salinity affects the solubility of oxygen in water. In increasing salinity concentrations, the saturation concentration of dissolved oxygen is low [14].

3.3. Clogging and Maintenance of Fine Porous Diffusers

Contamination of the diffusers is due to the formation of biological sludges on the diffuser surface and inorganic precipitates such as silica, calcium carbonate and gypsum. Another important issue is the frequency of diffuser cleaning, which plays an important role in water quality, treatment processes, diffuser characteristics, and maintenance of the diffusers. The results of the oxygen transfer tests in clean water are the correct application to determine the parameters characterizing aeration system and compare and select the diffusers. Selecting the wrong diffuser can result in additional operating costs, more maintenance and replacement of the previous diffuser. The selection of the diffuser at the beginning is one of the most important factors affecting the efficiency of aeration system [14]. Fine bubble diffusers always require cleaning. This cleaning time may be specific but usually ranges from 6 months to 2 years. To clean the diffusers, it is necessary to empty the basins. In addition, a considerable amount of system load occurs in the ventilation pools which remain empty for about a week during cleaning [9].

4. Conclusions

Energy consumption by aeration in treatment plants is approximately 49 to 80% of the total energy requirement of the plant. By increasing the aeration efficiency, the biggest cost and energy saving can be achieved in the plants. Fine bubble diffusers have high aeration efficiency per unit energy used. Although fine bubble diffusers have some disadvantages such as clogging, they are a very important and preferred aeration system in terms of both energy saving and aeration efficiency compared to other aeration systems.

5. References

1. Rosso, D., Libra, J.A., Wiehe, W., Stenstrom, M.K. Membrane Properties Change in Fine-pore Aeration Diffusers: Full-scale Variations of Transfer Efficiency and Headloss. *Water Research*, 42(10-11), 2640-648, 2008.
2. Stenstrom, M.K., Willman, L., Migsich, N., Leland, T. My Diffuser Goes Up to Eleven (Actually Twelve), WEF Session 222, 2013.
3. WEF. Energy Conservation in Water and Wastewater Facilities - MOP 32, ISBN 0071667946, 2009.
4. USEPA. Evaluation of Energy Conservation Measures for Wastewater Treatment Facilities, EPA 832-R-10-005, 2010.
5. Stephenson, T., Judd, S.J., Jefferson, B., and Brindle, K. "Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment." IWA Publishing, London, UK, 2000.
6. Rosso, D. and Stenstrom, M.K. *Aeration*, University of California, Irvine, 2010.
7. EPRI. Electricity Use and Management in the Municipal Water Supply and Wastewater Industries, Final Report EPRI 3002001433, 2013.
8. USEPA. "Design Manual - Fine Pore Aeration Systems", Center for Environmental Research, Cincinnati, Ohio, 1989.
9. Bostan, M.B. Atıksu arıtma tesislerinde havalandırma sistemlerinin ve havalandırma ekipmanlarının incelenmesi, karşılaştırılması, Uzmanlık tezi, İller bankası anonim şirketi, 2017.
10. Çakmakçı, M. Su arıtma tesislerinin Tasarım ve İşletme Esasları, 2013.
11. Stenstrom, M.K., Vazirinejad, H.O., Ng, A. Economic Evaluation of Upgrading Aeration Systems. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 56(1), 20–26, 1984.
12. Rosso, D. and Stenstrom, M.K. Surfactant effects on alpha-factors in aeration systems, *Water Research*, 40(7), 1397-1404, 2006.
13. Schwarzenegger, A. A digital control system for optimal oxygen transfer efficiency, 2010.
14. Baquero-Rodríguez, G. A., Lara-Borrero, J. A., Nolasco, D., and Rosso, D. A critical review of the factors affecting modeling oxygen transfer by fine-pore diffusers in activated sludge. *Water Environment Research*, 90(5), 431-441, 2018.
15. Jenkins, T. E. *Aeration Control System Design: A Practical Guide to Energy and Process Optimization*, 1st ed.; John Wiley and Sons, Inc.: Hoboken, NJ, 2013.



SPOR MERKEZİNİN BENZETİM TEKNİĞİ İLE MODELLENMESİ VE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

Kerem Ciddi¹, Erdem Oktay^{2*}

1,2Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

kerem.ciddi@dpu.edu.tr ,oktay.342@hotmail.com

*Sorumlu Yazar

Özet

Günümüzde sağlıklı yaşamak, kilo vermek, fiziksel egzersiz yapmak isteyen birçok kişi spor merkezlerini tercih etmektedir. Spor merkezlerinin kullanım oranları, abonelik sayıları gün geçtikçe artmakta ve daha popüler bir hal almaktadır. Üst düzey rekabetin olduğu bu hizmet sektöründe spor merkezleri, müşteri memnuniyetini artırabilmek ve ayakta kalabilmek için en iyi şekilde hizmet sunmak zorundadırlar. Yapılan araştırmalar sonucunda bu sektörde çok az sayıda çalışma yapıldığı görülmüş ve bu alanda bir uygulama yapılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada bir spor merkezinin mevcut durumunu değerlendirmek amacıyla kesikli olay benzetim modeli, Arena 14.0 Programı kullanılarak oluşturulmuştur. Model çıktıları analiz edilerek spor merkezinde, hizmet verilen ortalama üye sayısı, ortalama antreman süresi, herbir antremanın ortalama uygulanma süreleri ve sayıları, antrenör ve makine kaynak kullanım oranları elde edilmiştir. Elde edilen bu verilerin yanı sıra darboğazların olduğu fitness makineleri ve bekleme süreleri de tespit edilmiştir. Spor merkezindeki kullanılabilir boş alan ve maddi kısıtlar göz önüne alınarak, darboğazların olduğu makineler ve antrenör kaynaklarının artırılmasıyla iyileştirme senaryoları oluşturulmuştur.

Mevcut durumun iyileştirilmesi amacıyla oluşturulan 177 adet senaryonun, Veri Zarflama Analizi tekniği ile göreceli etkinlikleri ölçülmüş ve etkin senaryolar belirlenmiştir. Etkinlik ölçümünde VZA paket programı olan DEAP 2.1 kullanılmıştır. Analizde girdi yönelimli BCC modeli ve CCR modeli kullanılarak teknik ve ölçek etkinlikleri belirlenmiştir. Her iki modelde de etkin bulunan senaryolar arasında, üyenin en çok önemsendiği nokta olan antreman ve bekleme süresini en aza indirerek müşteri memnuniyetini en üst düzeye çıkarabilecek olan senaryo belirlenmiştir. Bu senaryonun uygulanması ile mevcut duruma göre, ortalama antreman süresinde %19,05' lik bir azalma, hizmet verilen ortalama üye sayısında %5,87' lik artış sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Spor Merkezi, Benzetim Modeli, Etkinlik, Veri Zarflama Analizi

1. Giriş

Günümüzde sağlıklı yaşamak, güçlü kalmak, kilo vermek ve fiziksel aktivitelerde bulunmak isteyen birçok insan spor merkezlerine gitmektedir. Spor merkezlerine düzenli olarak giden ve spor yapan kişilerin fiziksel ve bağışıklık sistemi dirençlerinin çok daha güçlü olduğu ayrıca kalp ve damar sistemlerinde diğer kişilere kıyasla daha sağlıklı sonuçlara sahip olduklarını gösteren birçok çalışma mevcuttur. Tüm hayat boyunca kaliteli bir yaşam sürebilmek için fiziksel aktivitelerin her yaşta yapılması tavsiye edilmektedir. Çocukların sağlıklı büyüme ve gelişmeleri, gençlerin sosyalleşmeleri ve kötü alışkanlıklardan uzak durmaları, yetişkin kişilerin hastalıklardan korunmaları ve dinç kalmaları, yaşlılık dönemlerindeki kişilerin zinde ve aktif bir yaşam sürebilmeleri ancak düzenli spor yaşantısı ile mümkün olabilmektedir.

Rekabetin üst düzeyde olduğu spor merkezlerinde, verimliliği ve müşteri memnuniyetini sağlayabilmek zor bir durumdur. Spor merkezlerindeki fitness makine ve teçhizatlarının yetersiz olması, yoğunluğun yaşandığı saatlerde egzersizlerde çakışmalar olmasına ve bekleme sürelerinin artmasına dolayısıyla antreman sürelerinin uzamasına sebep olabilmekte ayrıca görevli antrenör sayısının yetersiz olması, üyeler ile ilgilenilen zamanın daha az olmasına ve antremanların verimsiz geçmesine sebep olabilmektedir. Bu tarz durumlarda müşteri memnuniyeti azalmakta bu da abonelik sayılarına direk olarak yansiyarak karlılığı etkilemektedir.

Spor merkezi kullanımları ve abonelik oranları gün geçtikçe artmakta ve daha popüler bir hal almaktadır. Rekabetin yaşandığı bu sektörde, spor merkezleri ayakta kalabilmek için daha iyi hizmet vermek ve bunu sürdürülebilir kılmak zorundadırlar. Bu durum spor merkezleri için bir kapasite analizi ve optimizasyon sorunudur.

Bu çalışmada sağlıklı yaşam ve spor piyasasında faaliyet gösteren bir spor merkezi ele alınmıştır. Bu merkezin daha iyi hizmet verebilmesi için analizler yapılmış ve daha etkin olabilmesi için iyileştirme senaryoları önerilmiştir.

Spor merkezinin mevcut durumunun analizi için benzetim modellemesinden yararlanılmıştır. Bu modelin oluşturulmasında Arena 14.0 benzetim programı kullanılmıştır. Benzetim modelinin oluşturulabilmesi için öncelikle spor merkezinin iş akışı şeması oluşturulmuş ve bu iş akışına göre model için gerekli veriler toplanmıştır. Verilerin toplanmasında iki farklı kaynaktan yararlanılmış olup, bunlardan ilki spor merkezinde kullanılan bilgi sistemi veri tabanıdır. Buradan alınan veriler: üye bilgileri, üye geliş zaman ve sayıları, antreman programları uygulanma oranları gibi verilerdir. İkinci olarak yararlanılan veri kaynağı ise gözlemler ve zaman tutma çalışmalarıdır. Süreç içerisindeki olayların oluş süreleri zaman tutma çalışmaları ile elde edilmiş ve elde edilen zaman serileri uygun olasılık dağılımlarına benzetilerek modelde kullanılmıştır.



Spor merkezinin mevcut durumunu görebilmek amacıyla oluşturulan benzetim modelinin doğruluğu ve geçerliliği kontrol edildikten sonra model çalıştırılarak çıktılar alınmıştır. Bu analiz ile spor merkezindeki ortalama antreman süresi, hizmet verilen ortalama üye sayısı, antrenör kullanım oranları, antreman programlarının ortalama uygulanma süreleri ve uygulanma sayıları, bekleme salonu ortalama kullanım oranları, darboğaz oluşan makineler ve bekleme süreleri gibi veriler elde edilmiştir. Sonuçların detaylı incelenmesi ve spor merkezindeki kullanılabilir boş alan ile maddi kısıtlar çerçevesinde yapılan değerlendirmeler ile uygulanabilir iyileştirme senaryoları oluşturulmuştur.

Bu senaryoların göreceli etkinlik ölçümlerinin yapılmasında Veri Zarflama Analizi tekniği kullanılmış ve göreceli etkinlikler DEAP veri zarflama analizi paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Veri zarflama analizinde göreceli etkinliklerin ölçülebilmesi için karar verme birimlerinin (Senaryoların) girdi ve çıktı değerleri belirlenmiştir. Yapılan analizde antrenör sayısı ve makine kaynak alım maliyetleri girdi olarak, ortalama antreman süresi, hizmet verilen ortalama üye sayısı ve antrenör kullanım oranı verileri çıktı olarak alınmıştır. Yapılan göreceli etkinlik analizi, girdi yönlü olarak CCR (ölçeğe göre sabir getiri) ve BCC (ölçeğe göre değişken getiri) modellerinin ikisi içinde yapılmıştır. Her iki model içinde ayrı ayrı etkin sayılan senaryolar belirlenerek bu etkin senaryolar yorumlanmıştır. Etkin olmayan senaryolar için hedef değerler belirlenerek, etkin olmama sebepleri ve etkin olabilmeleri için ulaşılması gereken hedef değerleri araştırılmıştır.

Azadeh vd. (2008), demiryolları sisteminde benzetim ile bütünleşik veri zarflama analiz ve analitik hiyerarşi prosesi modeli kullanarak iyileştirme ve en iyileme çalışması yapmışlardır. Benzetim modeli olarak SLAM dilini kullanmışlar ve sistemdeki trenlerin ortalama seyahat süresini kısaltmayı amaçlamışlardır. Benzetim modeli mevcut durumu analiz etmek için, analitik hiyerarşi prosesi ise ağırlıkların belirlenebilmesi için kullanılmıştır. Son olarak oluşturulan alternatiflerin en iyisinin belirlenmesinde veri zarflama analizi tekniği kullanılmıştır.

Anderson vd. (2010), bir hastanenin acil servisindeki hasta akışının benzetim modelinin kurmuşlardır. Arena benzetim programı ile oluşturulan model, test edilip çalıştırılarak çıktılar analiz edilmiştir. Mevcut duruma alternatif birkaç adet iyileştirme senaryosu oluşturulmuştur. İlk senaryoda vardiya başına bir hemşire artırılmış ve hizmet verilen hasta sayısının 23 kişi arttığı, ikinci senaryoda hemşire sayısının 2 artırıldığında hizmet verilen hasta sayısının 9 arttığı görülmüştür. Başka bir senaryoda ise 1 yatak 1 hemşire artırıldığında hizmet verilen hasta sayısının 35 kişi arttığı belirlenmiştir.

Garcia vd. (1995), acil servis bölümünde durumu çok acil olmayan hastalara ayrı bir tedavi hattı öneren bir benzetim modeli oluşturmuşlardır ve bu hastaların bekleme sürelerini azaltmayı başarmışlardır.

Weng vd. (2011), bir hastanede yaptıkları çalışmada kesikli olay benzetimi ile darboğazları belirlemiş ve bekleme zamanlarını düşürebilmek amacıyla 32 adet iyileştirme senaryosu belirlemişlerdir. Veri zarflama analizi ile karar verme birimi olan senaryoların etkinlik analizleri yapılmış, etkin senaryolar belirlenmiştir. Etkinliklerin belirlenmesinde girdi olarak doktor, hemşire ve yatak sayıları kullanılmış; çıktı olarak doktor ve hemşire kullanım yüzdeleri ve sistemdeki ortalama bekleme süresi kullanılmıştır.

Anderson vd. (2000), 6 girdi ve 5 çıktı belirleyerek 48 adet otelin etkinliklerinin araştırmışlardır. Yapılan çalışmada girdi olarak çalışan personel sayısı, yiyecek ve içecek harcamaları, oda sayısı ve kumar harcamaları alınmış; oda, yiyecek, içecek, kumar ve diğer gelirler ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Otellerin göreceli etkinlik analizleri yapılarak finansal yönden etkin ve etkin olmayan oteller belirlenmiştir.

Martin ve Roman (2001), veri zarflama analizi tekniğini kullanarak İspanya'daki havaalanlarının özelleştirilmesinden önceki performanslarının analizini yapmışlardır. 3 adet girdi ve 3 adet çıktı değişkeni belirlenerek 37 adet havaalanının göreceli etkinlikleri ölçülmüştür. İşçilik giderleri, malzeme giderleri ve sermaye giderleri girdi olarak; kargo sayısı, hava trafiği ve yolcu sayıları ise çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma 1997 yılının verileri kullanılarak yapılmış ve havaalanlarının göreceli etkinlik skorları belirlenmiştir.

Luke vd. (1997), veri zarflama analizi ile şehir hastanelerinin teknik verimliliğini ölçmüşler ve etkinlik skorlarını belirleyerek analiz etmişlerdir. Çıkan sonuçlarda hastaneler 0,077 oranında verimli çıktığı, 0,90-1 etkinlik bandında hastanelerin 0,14 oranında verimli olduğu görülmüştür. Verimli hastaneler ile verimli olmayan hastaneler karşılaştırıldığında yaklaşık 45 milyon dolar işletme masrafı yapıldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yılmaz ve Çıracı (2004), çalışmalarında 15 adet çimento fabrikasının etkinlik analizini gerçekleştirmişlerdir. Analizde kullanılan veriler 5 yıllık bir sürenin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Yapılan veri zarflama analizinde işletme sermayesi/aktif toplam, cari oran, nalit oran ve asit-test oranı girdi değişkenleri olarak belirlenmiş; satış, özsermaye ve aktif karlılıkları ise çık değişkenleri olarak belirlenmiştir. Göreceli etkinlik ölçümü sonucunda 6 çimento fabrikası etkin bulunmuştur.

2. Kullanılan Yöntem ve Teknikler

2.1. Benzetim

Kompleks sistemlerin tasarlanması ve analiz edilmesinde kullanılabilen en güçlü analiz araçlarından biriside benzetimdir. Benzetim, bir sistemin zaman içerisindeki işleyişinin taklididir. Belirli koşullar ve belirli bir zaman altında sistemin işleyişinin gözlemlenebilmesi için sistemin modellenmesi de benzetim olarak tanımlanabilir. Başka bir tanım olarak benzetim, gerçek hayattaki olay ve işlemlerin zamana bağlı olarak sanal bir ortamda taklit edilmesidir (Yılmaz, 2007). Benzetim, bir sistemin belli bir zaman periyodunda ve çalışma koşullarındaki performansının tahmin edilmesi amacıyla sistemin bilgisayar modelini kullanan bir analiz aracıdır (Law ve Kenton, 2007). Genellikle karmaşık yapılara, büyük boyutlara ve belirsizliklere sahip olan hizmet ve üretim sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerin karmaşık problemlerinin çözümünde analitik metodlar zor veya imkansız olabilir. Bu yüzden bu tarz sistemlerde problemin en iyi şekilde incelenmesi için benzetim kullanılabilir (Gündüz, 2005). Sistemlerdeki rastlansal yapılar ve sistemin elemanı



arasındaki okmpleks ilişkilerin analitik modeller ile tam olarak yansıtılmadığı durumlarda, benzetim sistemi kullanılmalıdır (Law ve Kelton, 2000). Benzetim, gerçek bir sistemin modelini tasarlama süreci ve sistemin işlemesi için sistemin davranışlarını anlamak veya değişik stratejileri değerlendirmek amacı ile bu model üzerinde denemeler yapmaktır (Halaç, 1982 : 1) Benzetim, gerçekteki bir sistemi gözlemleyebilmek için yapılacak en iyi şeydir. Bir bilgisayar modelinin çalıştırılmasıyla sistemin davranışı hakkında bilgilerin toplanmasına yarar (Taha, 2007 : 665).

2.1.1. Benzetim Türleri

Sistem veya sürecin durumuna göre benzetim modellerini statik ve dinamik olarak 2 ye ayrılır. Statik modeller benzetimdeki değişkenlerin olasılıksal olup olmamasına göre deterministik (belirli) ve stokastik (olasılıksal) olarak, dinamik modeller ise sistem değişkenlerinin değişiminin zaman içinde gözlenmesine göre kesikli ve sürekli olarak sınıflandırılır (Özden, 2008).

Statik benzetim modeli: Zaman boyutunun yer almadığı sistemin herhangi bir zamandaki durumunu gösterir. Monte Carlo benzetiminin bir örneğidir. Örneğin, hizmet sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin belirli bir zamanda hizmet vermesi gereken m adet müşteri olduğunu varsaydığımızda, bu hizmetin kaç dakikada verildiği bu benzetim türünde önemli değildir.

Deterministik benzetim modeli: Rassal değişkenler içermeyen benzetim modelidir. Hiçbir rassal değişken içermediğinden herbir girdi için belirli ve her denemede aynı değer çıktı olarak alındığı modeldir.

Stokastik benzetim modeli: Bir yada birden fazla rassal değişken içeren modeldir. Stokastik modelde rassal değişkenlerin alacakları değerlere göre çıktılar farklılık gösterebilir. Örneğin, bir hizmet işletmesindeki müşteri gelişleri arasındaki geçen zamanlar ve verilen hizmetlerin süreleri rassal değişkenlerdir.

Dinamik benzetim modeli: Sistemin zamandaki değişimini gösteren yani sistemin çalışma zamanına göre yapılan modeldir. bu tarz modellerdeki varlıklar ve değişkenler zaman içerisinde birbirleri ile etkileşim ve değişim gösterirler. Örneğin, bir benzetim modelinin 12 saatlik bir zaman dilimi için çalıştırılması. Bu model Kesikli ve Sürekli Modeller olarak 2 farklı tipte değerlendirilir.

Kesikli benzetim modeli: Değişkenlerin, zaman içerisindeki değişimlerinin sadece belirli ve kesikli noktalarda değiştiği modeldir. Örneğin, bir sisteme müşterinin geldiği ve ayrıldığı anlarda değişmesi gibi.

Sürekli benzetim modeli: Durum değişkenlerinin süreç içerisinde sürekli olarak değiştiği modeldir. Hareket halindeki bir aracın hızı, yönü, konumu gibi durum değişkenleri sürekli olarak değiştiği için sürekli sisteme bir örnek olarak verilebilir.

2.2. Veri Zarflama Analizi

2.2.1. Verimlilik

Verimlilik kavramının farklı kaynaklarda farklı tanımları olmasıyla beraber, genellikle verimliliğin matematiksel boyutu Verimlilik = Çıktı / Girdi olarak ifade edilmektedir (Prokopenko, 1992). Verimlilik, bir dönemde gerçekleşen çıktılar ve bu çıktıları elde etmek için kullanılan girdilerin, arasındaki ilişkidir (Tanyaş, 2000). Başka bir ifadeyle verimlilik, üretim için kullanılan kaynaklardan ne düzeyde yararlandığının bir ölçüsüdür. Verimlilikte amaç, en yüksek çıktının en düşük girdi ile elde edilmesidir.

2.2.2. Etkinlik

Etkinlik, sistem girdilerini ne ölçüde iyi kullanarak çıktı oluşturulabileceğini ifade eden bir kavramdır. Yani mevcut girdi ile maksimum çıktıyı elde edebilmek veya aynı girdi miktarını daha az girdi ile elde etmek şeklinde tanımlanır (Budak, 2010). Etkinlik, amaçlar ile ilgili bir kavram olmakla birlikte amaçların gerçekleştirme düzeyini elde edilen sonuçlarla ilişkilendirerek belirler (Akal, 2005).

Teknik Etkinlik: Teknik etkinlik, ilk defa 1951 yılında Koopmans tarafından tanımlanmıştır. Bir çıktıdaki artış, başka bir çıktıda azalış gerektiriyorsa veya bir girdideki azalış, başka bir girdide artış gerektiriyorsa teknik etkinliğin var olduğu söylenebilir (Budak, 2010). Başka bir ifadeyle, eğer bir karar verme birimi başka bir karar verme birimi ile eşit çıktıyı en az 1 girdiyi daha az miktarda kullanarak üretiyorsa teknik verimliliğe sahiptir (Aslankaraoğlu, 2006). Buna göre bir karar verme birimi eğer teknik etkin değilse girdilerini boşa harcamış (israf etmiş) demektir.

Ölçek Etkinliği: Bir sistemin girdilerindeki değişikliklerin, çıktılarda oluşturduğu değişiklikler, ölçeğe göre getiri olarak tanımlanmaktadır. Sabit getiri, değişken getiri olarak 2 durum söz konusudur.

Ölçeğe göre sabit getiri (Constant Returns to Scale) – CRS: Girdideki bir birim artış miktarının çıktıda da bir birim artışa neden olduğu durumdur.

Ölçeğe göre değişken getiri (Variable Returns to Scale) – VRS: Girdideki bir birim artış, çıktıda bir birimden fazla artışa neden oluyorsa ölçeğe göre artan getiri (irs), bir birimden az çıktıya neden oluyorsa ölçeğe göre azalan getiri (drs) olarak tanımlanır.

2.2.3. VZA nin uygulama aşamaları

- Karar verme birimlerinin seçilmesi
- Girdi ve çıktıların seçimi
- Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği
- VZA modelinin belirlenmesi ve göreceli etkinliğin ölçülmesi
- Referans gruplarının belirlenmesi
- Sonuçların değerlendirilmesi



2.2.4. VZA modelleri

Veri zarflama analizi, matematiksel programlama temelli olarak çalışan, aynı amaç doğrultusunda çalışan karar birimleri arasında göreceli etkinlik analizi yapmak için kullanılan bir tekniktir. Bu tekniğin temelleri 1957 yılında Farrell tarafından atılmış, daha sonra 1978 yılında Charnes, Cooper, Rhodes tarafından geliştirilerek CCR modeli ortaya konmuştur. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modeli, KVB' lerinin arasındaki toplam etkinliği ölçmektedir. 1984 yılında ise Banker, Charnes, Cooper isimli bilim adamları tarafından BBC modeli ortaya konmuş ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında teknik etkinlikler hesaplanmıştır. Veri zarflama analizinde en çok kullanılan modeller CCR ve BCC modelleridir. Veri zarflama analizi, girdi ve çıktı yönü olmak üzere iki yönlü olarak kullanılabilir. Yani sabit girdi ile daha fazla çıktı elde etme ve aynı çıktıyı daha az girdi ile elde etme yaklaşımlarına göre etkinlik ölçümleri yapılabilmektedir. Girdiler üzerinde kontrol sağlanıyorsa çıktı yönelimli model, çıktılar üzerinde kontrol sağlanıyorsa girdi yönelimli bir model kullanılmalıdır. Veri zarflama analizi modelleri amaç fonksiyonları, öncelikle kesirli (oransal) model olarak ortaya konmuştur. Ancak verimlilik kavramını yansıtan bu amaç fonksiyonu doğrusal bir model olmadığından dolayı çözüm sırasında bazı güçlükler yaşanmaktadır. Bundan dolayı bu oransal model doğrusal modele dönüştürülerek kullanılmaktadır. Veri zarflama analizinin Charnes vd. (1978) tarafından tanımlanan orijinal modeli aşağıda verilmiştir (Boussofione vd., 1991; Haas ve Murphy, 2003) :

$j = 1, \dots, n$ karar verme birimleri,

$i = 1, \dots, m$ girdiler,

$r = 1, \dots, s$ çıktılar,

$e_0 = (\text{karar verme birimi})_0$ ' in göreceli etkinliği,

$x_{i0} = (\text{karar verme birimi})_0$ ' in i . girdisi,

$y_{r0} = (\text{karar verme birimi})_0$ ' in r . çıktısı,

$y_{rj} = j$. karar verme biriminin r . çıktısı,

$v_i = i$. girdinin ağırlığı,

$u_r = r$. çıktının ağırlığı olmak üzere,

Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Max } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

Kısıtlar :

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0;$$

$$r = 1, 2, \dots, s$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

CCR modeli: Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1978 yılında tanımlanan ilk ve temel VZA modelidir. Bu model, ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanmakta ve toplam etkinliği hesaplamaktadır. CCR modeli kesirli bir programlama modeli olduğundan dolayı çözümden zorluklar yaşanmaktadır. Bundan dolayı, amaç fonksiyonunun paydası 1' e eşitlenmesi ve bu eşitliğin modele bir kısıt olarak eklenmesiyle model doğrusal şekle dönüştürülmektedir. CCR modeli girdiye ve çıktıya yönelik olarak 2 şekilde değerlendirilir. Girdiye ve çıktıya yönelik CCR modellerinin matematiksel formülasyonu aşağıda verilmiştir (Norman ve Stoker, 1991; Seiford ve Zhu, 1999).

BCC modeli: Bu model Banker, Charnes ve Cooper tarafından 1984 yılında geliştirilen ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımını temel alan bir modeldir. Bu model ile karar verme birimlerinin teknik etkinlikleri ölçülebilmektedir. BCC modeli girdiye ve çıktıya yönelik olarak 2 ye ayrılır. Girdiye ve çıktıya yönelik BCC modellerinin matematiksel formülasyonları aşağıdaki gibidir (Norman ve Stoker, 1991; Seiford ve Zhu, 1999).

Girdiye yönelik CCR modeli

Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}$$

Kısıtlar :

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r = 1, \dots, s$$

$$i = 1, \dots, m$$

Girdiye yönelik BCC modeli

Amaç Fonksiyonu :

$$\text{Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0} + c_0$$

Kısıtlar :

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + c_0 \leq 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0} = 1$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

$$r = 1, \dots, s$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$c_0 \text{ serbest}$$

CCR modelinde girdilerin ağırlıklar ile çarpımları toplamı 1 e eşit olmalıdır. Model çözümünde girdi ve çıktı ağırlıkları için uygun değerler seçilerek, karar verme birimlerinin ağırlıklı çıktı toplamının en büyüklemesi amaçlanır.



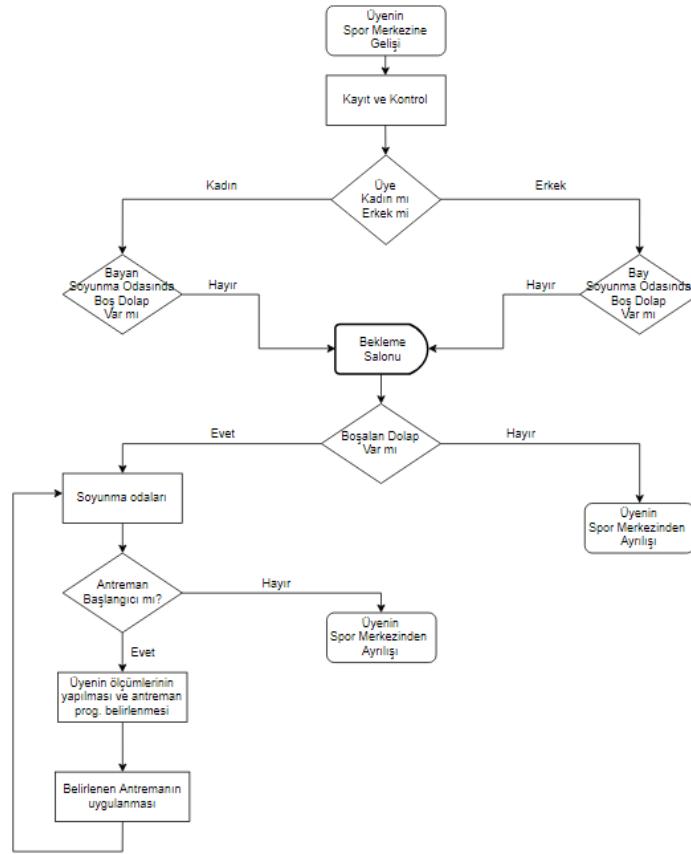
BCC modeli ise girdi yönlü CCR modeli ile çok benzemektedir. İki model arasındaki fark, BCC modeli yeni bir değişken olan co 'nın eklenmiş olmasıdır. Modelin çözümünde bu değişkenin pozitif bir değer alması, karar verme biriminin ölçeğe göre azalan getiri; negatif bir değer alması ise karar verme biriminin ölçeğe göre artan getiri durumunda olduğunu gösterir. Bu değişkenin 0 değerine eşit olması ise ölçeğe göre sabit getiri durumunu gösterir.

3. Problemin Tanımı ve Amaçlar

Günümüzde sağlığını korumak, güçlü kalmak, kilo vermek ve fiziksel aktivitelerde bulunmak isteyen kişilerin sayıları artmış ve dolayısıyla spor merkezlerine olan talepte yükselmiştir. Rekabetinde arttığı bu sektörde müşterilere daha iyi hizmet sunmak ve müşteri memnuniyetini artırmak zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu sebeplerden dolayı abone sayısı ve memnuniyeti artırmak amacıyla spor merkezinin incelenmesine karar verilmiştir.

İncelemeye konu olan Extreme Spor Merkezleri, 2012 yılında kurulmuş ve şu anda 3 farklı lokasyonda hizmet vermeye devam etmektedir. Spor merkezinde fitness, zumba, plates, spinning gibi hizmetler verilmektedir. Yapmış olduğumuz çalışmada incelenecek olan bölüm yalnızca fitness bölümü olacaktır. Fitness antrenmanları, profesyonel antrenörler eşliğinde yapılmakta, kişinin amaçladığı fiziğe sahip olması için uygun antrenman programları oluşturulmaktadır.

İncelenen spor merkezinin iş akışının oluşturulması amacıyla, üye gelişleri, uygulanan antrenman programları, salon kapasitesi ve yerleşimi, antrenman hareketlerinin uygulanma süreleri gözlemlenmiştir. Spor merkezi çalışma saatleri, personel atamaları ve çalışma süreleri hakkında bilgiler yöneticiler ile yapılan mülakatlar ile elde edilmiştir. Gözlemler ve sözlü mülakatlar ile elde edilen veriler haricindeki diğer veriler, spor merkezinde kullanılan bilgi sistemi veri tabanından alınmıştır. Toplanan veriler ışığında oluşturulan iş akış şeması Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 9: Spor merkezi iş akış şeması

Bu çalışma kapsamında incelenen spor merkezinde müşterilerin geçmiş bir yıllık süreç içerisindeki, spor merkezine gelişi zamanları ve geliş sayıları verileri, uygulanan antrenman programları, mevcut makine sayısı ve kapasiteleri bir benzetim programı yardımıyla modellenerek, sistemin analizi yapılmış ve makine-ekipman kullanım süreleri, oranları, darboğaz yaşanan makineler, bekleme süreleri, ortalama antrenman süreleri gibi veriler elde edilmiştir.

Bu analiz ve elde edilen veriler sayesinde yöneticilerin gelecek dönemlerdeki iş planlarını oluşturabilmeleri ve yapılabilecek makine-ekipman yatırımlarını öngörebilmeleri sağlanmıştır. Spor merkezindeki mevcut kullanılabilir alan ve maddi kısıtlar dikkate alınarak yapılabilecek makine yatırımları ve antrenör sayısı artırımları belirlenerek senaryolaştırılmış, bu senaryoların göreceli etkinlik analizleri VZA tekniği ile yapılmıştır. Verimli olan senaryolar belirlenmiş, müşteri memnuniyeti ve abone sayısı gelirlerini artırma amaçlı önerilerde bulunulmuştur.



Üye Geliş Süreci: Spor merkezi, müşterilerine haftanın 7 günü ve gün içerisinde 09:00 – 23:00 saatleri arasında olmak üzere günde 14 saat hizmet vermektedir. Üyelerin gelişleri için herhangi bir gün veya saat sınırı bulunmamaktadır. Spor merkezinin açık olduğu saatler içerisinde 7' şer saatlik vardiyalar halinde, 2 adet profesyonel fitness antrenörü görev yapmaktadır. Fitness antrenörleri, gelen kişilere kayıt, kayıt kontrol, vücut yağ oranı ölçümü, beden ölçülerinin alınması, kişiler için uygun antreman programlarının belirlenmesi, uygulanması ve takibinin yapılması gibi konularda yardımcı olmaktadır. Spor merkezine ilk kez gelen üyeler, görevli fitness antrenörü tarafından karşılanmakta, kendilerine izlenen süreç ve fiyatlar hakkında bilgi verilmekte olup spor merkezine abonelik yaptırmak isteyen üyelerin kayıtları oluşturulmaktadır. Tüm üye kayıtları ve üyeler hakkındaki tüm bilgiler spor merkezi bilgi sistemi veri tabanında kayıt altında tutulmaktadır. Üyelere özel hazırlanan dijital abonelik kartları ile üyelik durumları ve giriş zamanları kayıt ve kontrol altında tutulmaktadır.

Spor merkezine gelen üyelerin, kayıt esnasında kendi adlarına düzenlenen bir dijital kart yardımıyla antrenör tarafından kayıtları kontrol edilir. Kayıt kontrolü yapılan üyeler, üyelik kayıtları mevcut ise kendilerine bir dolap anahtarı verilerek soyunma odasına yönlendirilmektedirler. Bay soyunma odasında kullanılabilir 36 adet kilitli dolap, bayan soyunma odasında ise 18 adet kilitli dolap mevcuttur. Kısıtlı sayıda dolap olmasından dolayı üye gelişlerinin yoğun olduğu saatlerde, dolapların tümü kullanımda olabilmekte ve yeni gelen üyeler için boş dolap kalmamaktadır. Böyle durumlarda gelen üyeler bekleme salonuna alınmakta ve antremanını bitirip çıkış yapacak olan bir üyenin dolabını boşaltmasını beklemektedirler. Boşalan dolap antrenör tarafından kontrol edilip, temizlenerek beklemekte olan üyeye tahsis edilmektedir. Ancak bekleme salonundaki bekleme süreleri bazen çok uzun sürebilmektedir. Böyle durumlarda bazı üyeler bir süre bekledikten sonra sıkılıp, antreman yapmadan gidebilmektedirler. Buda müşteri memnuniyetsizliğine sebep olan başlıca nedenlerden biridir. Yapılan bu çalışmadaki başlıca amaçlardan biride bu bekleme süresini en aza indirmektir.

Aboneliğin ve mevcut kullanılabilir dolabın olduğu durumlarda, gelen üyenin üyelik kartı sisteme okutulularak kendisine dolap anahtarı verilmekte ve soyunma odasına antreman hazırlanmak üzere gönderilmektedir.

Antreman Süreci: Üyelik kontrol sürecinden sonra, antreman için hazırlanan üyeler, antremana başlamadan önce antrenör ile görüşme yapmaktadırlar. Bu görüşmede antrenör tarafından üyelerin boy, kilo, vücut yağ oranı ölçümleri yapılmaktadır. Daha sonra, önceden geçmiş veya hala devam eden sağlık sorunları hakkında üyelerden bilgiler alınmaktadır. Son olarakta üyenin amaçladığı vücut tipi ve günlük yaşantısı hakkında bir görüşme yapılır. Antrenör aldığı tüm bu bilgileri değerlendirerek, önce üye için uygun bir antreman türü belirler ve üyeye bir beslenme programı önerir. Daha sonraki süreçte ise antrenör üye için uygun bulunduğu antreman programını, yapması gereken tüm hareketleri, fitness salonu içinde uygulamalı olarak gösterir.

Üyelerin, boy kilo oranları, vücut yağ oranları, spor geçmişleri, beslenme alışkanlıkları, yaşam biçimleri birbirlerinden farklılık gösterdiğinden dolayı üyeler farklı antreman programlarına tabi tutulmaktadır. İşte bu çerçevede spor merkezinde uygulanan birçok farklı antreman programı mevcuttur. Bu antreman programları, salonda görev yapan 1. ve 2. kademe fitness antrenörleri tarafından oluşturulmuş ve herbir üyeye uygulanacak olan antreman programı, bu programlar arasından seçilerek uygulanması sağlanmaktadır. Üyelerin kendileri için uygun olan program haricinde başka bir antreman programı uygulamalarına müsaade edilmemektedir. Ancak üyelerin bir aşama kaydetmeleri ve antrenörün bu konudaki görüşleri doğrultusunda, antreman programları yine antrenörler tarafından değiştirilmektedir.

Spor merkezinde erkek üyeler için uygulanan 6 farklı program, kadın üyeler için 4 farklı program mevcuttur. Ancak bu programlardan bazıları hergün farklı bir kas grubunu çalıştırmak amacıyla 2,3,4 ve 5 farklı güne bölünerek uygulanmaktadır. Erkekler için uygulanan antreman programlarında; 1. ve 2. antreman programları kardiyo içerikli ve bir güne yayılmış olarak, 3. antreman programı ise kardiyo ve ağırlık antremanları içermekte ve 2 güne yayılarak uygulanmaktadır. 4. antreman programı bir üst seviye kardiyo ve ağırlık antremanlarını içermekte ve 3 güne yayılarak uygulanmaktadır. 5. ve 6. antreman programları ise üst seviye programlar olup ikisinde 5' er güne yayılarak uygulanmaktadır. Kadınlarda uygulanan antreman programlarında ise 1. ve 2. program kardiyo (kilo verme) ve sıkılaşma amaçlı olarak birer gün halinde uygulanmakta, 3. antreman programı ise ilk iki programın bir kademe daha zorlaştırılarak üzerine ağırlık antremanı eklenmiş halidir. Bu programda 2 güne yayılarak uygulanmaktadır. Son program olan 4. antreman programı ise üst seviye bir program olup toplamda 3 güne yayılarak uygulanmaktadır. Spor merkezindeki fitness antreman süreci profesyonel antrenörler ile etkileşimli olarak ve en az 5, en çok 10 hareketten oluşan antreman programlarıyla yürütülmektedir.

Üyenin Ayrılış Süreci: Antreman süreci sona eren üyeler, antreman hakkında düşünce ve soruları var ise bunları antrenörler ile paylaşarak gerekli cevap ve bilgileri alabilmektedirler. Bu esnada beslenme önerileri ve antreman performanslarında üyeler ile paylaşılmaktadır. Üyeler antreman sonrası soyunma odasına geçmekte, hazırlanarak (duş vb) dolabı boşaltmakta ve dolap anahtarını bırakarak spor merkezinden ayrılmaktadırlar.

3.1. Sistemdeki Problemler

Gözlemler ve görüşmeler sonucunda oluşturulan iş akış şeması temel alınarak bir sonraki bölümde iş akışı benzetim modeli ile modellenmiştir. Yapılan gözlemler ile spor merkezi fitness salonunda farklı bölgelerdeki kas gruplarını çalıştıracak toplamda 42 adet fitness makinesi olduğu ve 2 adet profesyonel fitness antrenörünün görev yaptığı anlaşılmıştır.

Çalışan personel ile yapılan görüşmelerde spor merkezinin açık olduğu saatler içerisinde gelen kişi sayısının farklılık gösterdiği bilgisi elde edilmiştir. Spor merkezi bilgi sisteminden alınan kayıtlar ile bu bilgi teyit edilmiş ve akşamüstü ile akşam saatlerinde üye gelişlerinin diğer saatlere göre artış gösterdiği görülmüştür. Bu saatlerde olan yoğunluktan dolayı, makinelerdeki bekleme sürelerinin 2-3 dakikadan 15 dakikaya kadar çıktığı ve antreman sürelerinin uzadığı, görevli antrenörün çok yoğun olarak çalıştığı ve rutin işlemlerin fazla zaman almasından (kilo, boy ölçümü ve antreman programları belirlenmesi, kayıt kontrol gibi) dolayı saha içinde daha az aktif olarak üyelere gerekli zamanı ve özeni ayıramadığı görülmüştür. Yoğun saatlerde yeni gelen üyelerin bekleme salonunda antreman yapabilmek için beklediği hatta uzun süren bekleme sonucu geri gittikleri görülmüştür. Tüm bunlar üyelere antreman



motivasyonunu düşürmekte ve müşteri memnuniyetsizliğine yol açarak aboneliklerde düşüşe yol açmaktadır. Oluşan tüm bu durumların analizi ve sorunların çözülme aşamaları bu çalışma kapsamında incelenecektir.

Antreman esnasında fitness makinelerinin başlarında oluşan kuyruk sayıları ve bekleme süreleri antremanların çok uzamasına yol açarak büyük bir problem haline dönüşmektedir. Fitness salonundaki günlük akış ayrıntılı olarak incelendiğinde antremandaki üyelerin belirli makineler başında yığıldığı ve darboğazların oluştuğu görülmüştür. Bu süreler 15 dakikaya kadar çıkabilmektedir.

Sistemdeki hangi makinelerde darboğazların oluştuğunu, hangi kaynakların yetersiz kaldığını, görevli personelin çalışma yoğunluğunu ve geliştirilen çözümlerin nasıl faydalar sağladığını gözlemleyebilmek için benzetim yaklaşımı kullanılmıştır. Çalışmada bundan sonraki aşamada darboğaz oluşan makineleri belirleyerek kaynak artırımı ile bekleme zamanlarının ve antreman sürelerinin azaltılması, personel artırımına giderek giriş, kontrol, ölçüm, program belirleme gibi işlemlerin daha hızlı yapılarak antrenörlerin üyelere antreman esnasında da daha fazla vakit ayırabilmesi, dolayısıyla müşteri memnuniyetinin artırılması amaçlanmıştır.

3.2. Model Varsayımları

Modelin oluşturulması ve uygulanmasındaki varsayımlar aşağıdaki gibidir:

- Fitness makinelerinin bakımları yapılmış ve arıza yapmadıkları varsayılmıştır.
- Isı, sıcaklık, nem, havalandırma, ışıklandırma vb. şartlar antreman için uygundur.
- Benzetim zamanı bittiğinde sistemde kalan üyeler, antremanlarını tamamlayamadıkları için sistem üye çıktısı olarak kabul edilmemektedir.
- Bekleme salonu kapasitesinin sınırsız olduğu varsayılmaktadır.
- Antrenörlerin mesai saatleri boyunca kesintisiz olarak hizmet verdikleri varsayılmaktadır.
- Uygulanan antreman programlarının içerikleri ve uygulanma oranlarının sabit olduğu varsayılmaktadır.
- Mevcut sistemin iyileştirilmesi için oluşturulan senaryolarda fitness salonundaki boş ve kullanılabilir alanlara göre eklenebilecek kaynak sayıları ve maddi kısıtlar çerçevesinde görevlendirilebilecek yeni antrenör sayıları şu şekildedir : Üst vücut çalışma bölümündeki boş alana maksimum 2 adet makine alınabilir. 1 adet Shoulder Press, 1 adet Chest press, 2 adet Shoulder Press, 2 adet Chest Press veya 1 adet Shoulder+1 adet Chest press alınabilmektedir. Kardiyolojik çalışma alanı kısıtına bakılarak alınabilecek maksimum makine sayıları : 1 adet Koşu Bandı alınır, ek olarak 2 adet bisiklet (Dikey veya yatay) alınabilmektedir. 2 adet koşu bandı alınır, eliptik makinelerinde yerlerinin değişmesinden dolayı başka bir kardiyolojik makinesi alınamamaktadır. Koşu Bandı alınmaz ise 4 adet bisiklet (Yatay veya Dikey) alınabilmektedir. Ayrıca yönetimin vermiş olduğu karar doğrultusunda aynı makineden 2 adetten fazla alınması istenilmemektedir. Görevlendirilecek antrenör sayıları hakkında yönetimin vermiş olduğu karar maksimum 1 antrenörün daha görevlendirilebileceği yönündedir.
- Görevli antrenörlerin giriş kayıt işlemleri, üyelerin ölçümleri, antreman ve beslenme programlarının belirlenmesi gibi işlemlerin uygulanması dışında kalan sürelerde fitness salonu içinde aktif olarak üyelere antremanlarında yardım ettiği, antreman programlarını uygulamalı olarak gösterdiği ve salon içindeki düzeni sağladığı bilinmektedir.

3.3. Sistem Modellemesinde Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, sistemin analiz edilmesi ve oluşturulan iyileştirme senaryolarının karşılaştırılabilmesi amacıyla bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Bu benzetim modeli için gerekli veriler 2 farklı kaynaktan elde edilmiş olup bunlardan ilki spor merkezinde kullanılan bilgi sistemi yazılımıdır. Diğer bir kaynak ise gözlemler ve zaman tutma çalışmalarıdır. Sistemin modellenmesinde kullanılan veriler ve kaynakları:

Tablo 1: Sistem modellemede kullanılan veriler ve kaynakları

Veriler	Kaynaklar	
	Bilgi Sistemi Veri Tabanı	Zaman Tutma Çalışması
Sisteme üye geliş gün ve saat bilgileri	✓	
Üye kayıt bilgileri	✓	
Bekleme salonunda bekleme süreleri		✓
Soyunma odası süreleri		✓
giriş kontrol süreleri		✓
Üye ölçüm ve antreman prog. belirleme süreleri		✓
Antreman prog. egzersizlerin uygulanma süreleri		✓
Üyelerin uyguladıkları antreman programı kodları	✓	

Spor merkezinde kullanılan bilgi sistemi, geçmiş yıllara ait tüm verileri veri tabanında tutmaktadır. Veri tabanında, kayıtlı tüm üyelerin ad, soyad, telefon, adres bilgileri, üyelere ait salona giriş gün ve saat bilgileri, uyguladıkları program bilgileri gibi veriler kayıt altına alınmaktadır. Yapılan kayıt ve antreman programı bilgileri sisteme antrenörler tarafından girilmekte ve güncellenmektedir. Bu veri tabanında yer almayan veriler, zaman tutma çalışmaları ile elde edilmiştir. Bu veriler :

Bekleme salonunda maksimum bekleme süresi: Gelen üyeler, yoğun çalışma saatlerinde yaşanan doluluktan dolayı soyunma odası dolaplarının boşalması için bekleyebilmekte ancak bu sürenin uzaması halinde antreman yapmadan salonu terk edebilmektedirler. Bu



zaman etüdü çalışmasında, sadece antrenman yapmayıp giden müşterilerin, bekleme salonunda bekledikleri süreler kaydedilmiştir. Bekleyip antremana giren üyelerin bekleme süreleri dikkate alınmamıştır. Elde edilen bu veriye “Sabır süresi” denilmiştir.

Soyunma odası kullanım süresi: Spor merkezine gelen üyeler, kayıt kontrol sürecinden sonra boş bir dolabın olması halinde soyunma odasına geçerek antrenman için hazırlanmaktadırlar. Aynı şekilde antrenman bitişinde de soyunma odasını kullanarak salondan ayrılmaktadırlar. Soyunma odası kullanım süresi, giriş ve çıkışlardaki soyunma odasını kullanma sürelerinin gözlemi sonucu elde edilmiş bir veridir.

Giriş kontrol süresi: Antrenör tarafından gelen üyeye yapılan üyelik kontrolüdür. Spor merkezi giriş kartının sisteme okutulması için üyelik günü kontrolünün yapılması, biten üyeliklerin yenilenmesi veya yeni kayıtların açılması için harcanan süredir.

Ölçüm ve antrenman programlarının belirlenme süresi: Antrenman öncesinde üyenin, antrenman programı, ölçümlerinin yapılması vb hakkında antrenör ile görüşüğü süreçtir. Bu süreç yeni başlayan üyeler için daha uzun sürebilmekte, profesyonel üyelere kısa sürmektedir.

Antrenman programlarının uygulanma süreleri: Spor merkezinde uygulanan erkek üyeler için 6 farklı, kadın üyeler için 4 farklı antrenman grubu mevcuttur. Üyeler antrenörlerin uygun gördüğü antrenmanı uygulamakta ve antrenman içeriğindeki hareketlerin uygulanma süreleri her antrenman grubunda farklılık göstermektedir. Yani antrenmanlarda ortak hareketler bulunsada dahi farklı antrenmanları uygulayan üyelerin aynı hareketi ortalama yapma süreleri farklı olmaktadır. Bundan dolayı herbir antrenman grubu için tüm hareketler ayrı ayrı gözlemlenmiş ve zaman tutma çalışması yapılmıştır. Verilerin elde edilmesi, çok fazla gözlem gerektirdiği için uzun ve zorlu bir süreç olmuştur. Bu süreç ile ilgili ayrıntılı bilgi bir sonraki bölümde verilmiştir.

4. Spor Merkezinin Modellenmesi

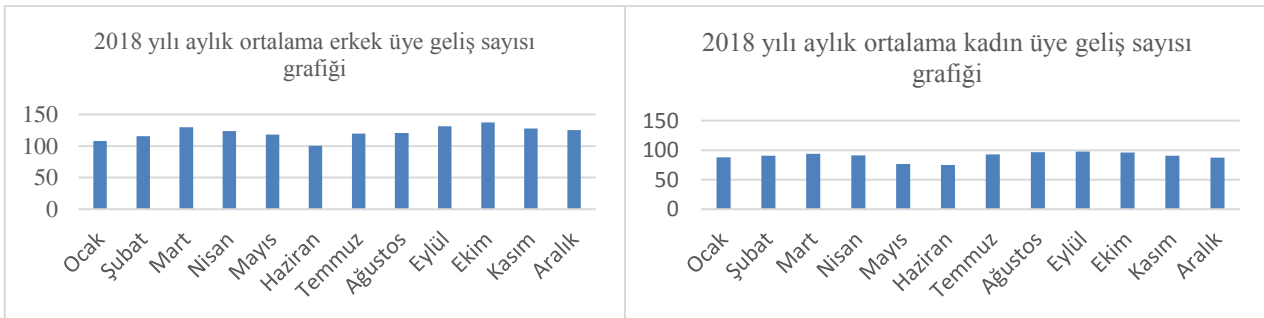
Yapılan bu çalışmada, mevcut sistemin modellebilmesi için üyelere ait çeşitli veriler, gerek bilgi sistemi veri tabanından gerekse gözlemler ve zaman tutma çalışmalarından elde edilmiş olup bu verilerin analizi yapılarak mevcut sistemin benzetim modeli geliştirilmiştir. Kurulan benzetim modeli ile kapasitelerdeki yetersizliklerin, bekleme zamanlarının ve darboğazların belirlenerek alternatif sistemlerin geliştirilmesi, süreçteki yapılabilecek değişikliklerin bilgisayar ortamında test edilerek sonuçlarının önceden görülebilmesi ile daha etkili ve etkin bir sistemin oluşturulması amaçlanmıştır.

4.1. Verilerin Toplanması ve İstatistiksel Analizi

4.1.1. Bilgi sistemi veri tabanındaki verilerin analizi

Spor merkezinin modellenmesinde kullanılan verilerin elde edildiği kaynaklardan bir tanesi aktif olarak kullanılan bilgi sistemidir. Bu bilgi sisteminin veri tabanından, üyelerin ad, soyad, yaş, telefon, cinsiyet vb kayıt bilgilerine, spor merkezine geliş gün ve saat bilgilerine, uyguladıkları program ve yapılan vücut ölçümlerinin sonuçlarına ilişkin bilgiler elde edilebilmektedir. Veri tabanındaki veriler genel olarak incelendiğinde spor merkezine kayıtlı aktif olarak antrenmanlarına devam eden 336 adet üye olduğu ve bu üyelerin %56' sının erkek, %44' ünün kadın üyelerden oluştuğu görülmüştür. Bilgi sisteminde son 3 yıla ait tutulan tüm veriler bulunmaktadır. Ancak ilk 2 yıla ait bilgiler, merkezlerine olan ilginin süre olarak artması, değişen talep miktarları, spor merkezinin işleyiş sistemindeki değişimler ve personelin bilgi sistemini öğrenme aşamasında yapmış olabileceği hatalar dikkate alınarak değerlendirilmeye alınmamıştır. Sistemin modellenmesinde 2018 yılına ait veriler güvenilir bulunmuş ve kullanılmıştır.

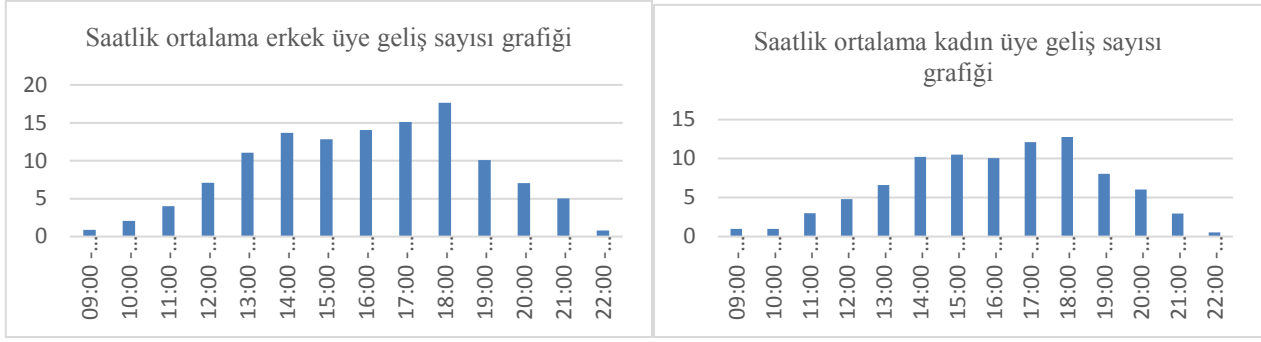
Üyelerin sisteme gelişlerinin analizi: Spor merkezine gelen üyeler için randevulu bir sistem olmayıp, üye gelişleri rassal bir şekilde gerçekleşmektedir. Üye gelişleri teker teker gerçekleşmekte, grup halinde olmamaktadır. Spor merkezinde kullanılan bilgi sistemi veri tabanından 2018 yılına ait bir yıllık üye geliş gün ve zaman bilgileri alınarak bu bilgiler ışığında modelde üye gelişleri oluşturulmuştur. 2018 yılı üye gelişlerine ait veriler aylık olarak değerlendirildiğinde, gelen üye sayılarındaki değişimlerde mevsimselliğin, ülkede yaşanan bayram, ramazan gibi dönemlerin, eğitim-öğretim kurumlarının açık-kapalı olduğu dönemlerin etkili olduğu görülmüştür. 2018 yılına ait aylar bazında spor merkezine gelen kadın müşteri sayılarının grafiği Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: 2018 yılı aylık ortalama üye geliş sayısı grafiği

Bilgi sisteminden alınan 2018 yılına ait üye geliş bilgileri günlük bazda analiz edildiğinde günün farklı saatlerinde farklı sayılarda üye gelişlerinin olduğu görülmüştür. Sabah saatlerindeki geliş sayılarının daha az olduğu, geliş yoğunluğunun öğlen saatlerinden itibaren başladığı gözlemlenmiştir. Antrenmanlarını iş, okul çıkışına bırakan üyelerin de spor merkezine gelişleri ile birlikte akşam saatlerindeki üye geliş sayısı ve spor merkezindeki yoğunluk tepe noktalarına ulaşmaktadır. Spor merkezinin saat 23:00'de kapanması ve antrenörlerin geç saatlerde antrenman yapılmasını uygun bulmamlarından dolayı gece saatlerinde üye geliş sayıları azalmaktadır.





Şekil 3: Saatlik ortalama üye geliş sayısı grafikleri

Üye geliş verilerinin uzun bir dönemi kapsamasından dolayı elde fazla veri bulunmasından ve herbir saatteki gelişlerin farklı sayı ve yoğunlukta olmasından dolayı, üye geliş verilerini bir dağılıma uydurmak çok sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. Bundan dolayı yapılan benzetim modelinde bir yıllık üye gelişleri incelenmiş ve herbir saat dilimindeki ortalama üye geliş sayıları tespit edilerek saatlik üye gelişleri için bir çizelge oluşturulmuştur. Spor merkezinin gün içinde açık olduğu 09:00-23:00 saatleri arasındaki 14 saatlik zaman dilimi için oluşturulan bu çizelge benzetim modeline tanımlanarak, saatlik ortalama üye geliş sayısı miktarınca varlığın sisteme giriş yapması sağlanmıştır.

Antremanların uygulanma oranlarının analizi: Spor merkezi bilgi sisteminden elde edilen diğer bir bilgi de uygulanmakta olan antreman programlarının hangi üyeler tarafından uygulandığıdır.

Erkek üyeler için hazırlanmış ve uygulanmakta olan 6 farklı antreman programı bulunmakta ve bu programlar oluşturulan benzetim modelinde P1, P2, P3, P4, P5 ve P6 olarak tanımlanmıştır. P1 antreman programı tek bir gün olarak uygulanmakta ve alınan verilere göre toplam erkek üye sayısının yaklaşık %10'u (19 kişi) bu programı uygulamaktadır. P2 antreman programı ise yine benzer şekilde bir gün olarak ve toplam erkek üye sayısının yaklaşık %10'u tarafından uygulanmaktadır (18 kişi). P3 antreman programı ilk iki programdan farklı olarak 2 farklı güne yayılarak uygulanmaktadır. Farklı günlerde farklı kas gruplarını çalıştırmak için oluşturulan bu programın ilk gün antremanı P31, ikincigün antremanı P32 olarak tanımlanmış olup, bu iki program tamamen farklı antreman hareketleri içeren programlardır. Bu antremanı uygulayan bir kişi ilk gün P31 antremanını, daha sonraki gün P32 antremanını uygulayacağı için P31 ve P32 antremanlarının uygulanma oranları eşit olmaktadır. Alınan veriler ışığında P3 antremanını uygulayan erkek üye sayısı, toplam erkek üye sayısının yaklaşık %21'ini oluşturmaktadır (40 kişi). P4 antreman programı ise 3 farklı güne yayılarak uygulanmakta olup, modelde herbir günde yapılacak olan programlar P41, P42, P43 olarak tanımlanmıştır. P3 programındaki uygulamaya benzer olarak üç günde yapılacak olan antremanların herbiri tamamen farklı kas gruplarına odaklanarak farklı antreman hareketleri içermektedir. Yapılan antremanların birinin diğerinden sonra uygulanması ve üç farklı günde üç farklı antreman yapılması sebebiyle bu üç antremanında uygulanma oranları eşit olmaktadır. Genel olarak P4 programını uygulayan erkek üye sayısı, tüm erkek üye sayısının %18'ini oluşturmaktadır (34 kişi). P5 ve P6 antreman programlarını ileri seviye sporcular uygulamakta ve bu iki antremanda beşer güne yayılarak uygulanmaktadır. İki programda herbir gün farklı kas gruplarına odaklanılmakta ve farklı antreman hareketleri uygulanmaktadır. P5 programı herbir gün farklı program olacak şekilde P51, P52, P53, P54, P55 olarak, P6 programı ise benzer şekilde P61, P62, P63, P64 ve P65 olarak modelde tanımlanmıştır. Herbir gün yapılan programların uygulanma oranları eşit olmakla birlikte, P5 programı genel olarak toplam erkek üyelerin %21'i tarafından (40 kişi), P6 programı ise %20'si (38 kişi) tarafından uygulanmaktadır.

Kadın üyeler için hazırlanmış ve uygulanmakta olan 4 farklı antreman programı bulunmakta ve bu programlar benzetim modelinde P7, P8, P9 ve P10 olarak tanımlanmıştır. P7 antreman programı tek bir gün olarak uygulanmakta ve bu antreman programını uygulayan kadın üyelerin sayısı, toplam kadın üyelerin sayısının yaklaşık %28'ini oluşturmaktadır (41 kişi). Benzer olarak P8 antreman programında bir gün olarak uygulanmakta ve bu programı uygulayan kadın üye sayısı oranında yaklaşık %20'dir (29 kişi). P9 antreman programı, farklı kas gruplarını çalıştırmak üzere hazırlanmış olan iki farklı antreman programından oluşmaktadır. P91 ve P92 olarak tanımlanan bu programlar, birbirini izleyen iki antremanda arka arkaya uygulanmak üzere tasarlandığından dolayı uygulanma oranları eşit olmaktadır. Genel olarak P9 antreman programını uygulayan kadın üyelerin oranı yaklaşık olarak %29'dur (43 kişi). P10 antreman programı daha profesyonel kadın üyeler için oluşturulmuş ve uygulanışı 4 güne yayılmıştır. Her antreman için farklı antreman hareketleri içeren bu dört program benzetim modelinde P101, P102, P103, P104 olarak tanımlanmıştır. Uygulanma oranları eşit olan bu programlar genel olarak toplam kadın üye sayısının %23'ü tarafından uygulanmaktadır (34 kişi).

4.1.2. Zaman tutma çalışmasıyla elde edilen verilerin analizi:

Bilgi sistemi veri tabanından elde edilemeyen verilerin temin edilebilmesi için gözlem yapma ve zaman tutma çalışmaları yapılmıştır. Zaman tutma ile elde edilen verilerin olasılık dağılımına uygunluğunun ve dağılım parametrelerinin belirlenmesi için Arena benzetim programının bir eklentisi olan "Input Analyzer" dan yararlanılmıştır. Belirlenen dağılımların uyum testlerinin yapılması için "Kolmogorov-Smirnov" ve "ki kare" uyum iyiliği testleri kullanılmıştır. Zaman tutma çalışması ve gözlemler ile elde edilen veriler aşağıdaki başlıklarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Giriş kayıt kontrol süresinin dağılımının belirlenmesi: Bu süreç, gelen üyenin spor merkezi dijital giriş kartını antrenöre vermesi ve antrenörün bu kartı bilgi sistemine okutarak gelen üyenin durumunu kontrol etmesiyle başlar. Eğer soyunma odasında boş dolap mevcut ise bu dolabın anahtarını üyeye verir. Ancak yoğunluktan dolayı boş dolap yok ise gelen üyeyi beklemesi için bekleme salonuna



yönlendirir. Bu süreçte geçen sürenin olasılık dağılımının belirlenebilmesi amacıyla haftanın farklı günlerinde ve üye geliş yoğunluğunun farklı olduğu saatlerde 50 adet gözlem yapılmış ve zaman tutma çalışmasıyla süreler kaydedilmiştir. Bu verilerin dağılıma uygunluğunu belirlemek için input analyzer programı kullanılmış ve ki-kare testi ile dağılım uygunluk testi yapılmıştır. Arena modelinde bu dağılıma “Kontrol” adı verilmiştir. Elde edilen dağılım $7.5 + ERLA(0.92, 2)$ olarak elde edilmiştir.

Soyunma odası kullanım süresi olasılık dağılımının belirlenmesi: Spor merkezine gelen üyeler, boş kullanılabilir dolap olması halinde soyunma odalarına yönlendirilmekte ve antreman için hazırlık yapmaktadırlar. Bu süreç aynı şekilde antreman bitimindedirde olmakta, antremanını bitiren üyeler soyunma odalarına geçerek duş alma vb işlemleri gerçekleştirmekte ve dolabını boşaltarak soyunma odasından ayrılmaktadır. Yapılan gözlemler sonucu bu işlemler için kullanılabilir erkek soyunma odasında 36 adet kilitli dolap, kadın soyunma odasında ise 18 adet kilitli dolap olduğu verisine ulaşılmıştır.

Bu süreç farklı zaman dilimlerinde gözlemlenmiş ve soyunma odası giriş ve çıkış anları arasında geçen süreler kaydedilmiştir. Farklı gün ve saatlerde alınan 50 gözlemin Input Analyzer ile olasılık dağılımına uygunluğu belirlenmiş ve ki kare, Kolmogorov-Smirnov iyi uyum testleri ile dağılıma uygunluğu test edilmiştir. Bu dağılıma “Antreman Hazırlık Süresi” adı verilmiştir. Sürece ilişkin elde edilen olasılık dağılımı $1.08 + LOGN(3.25, 1.59)$ ‘dır.

Bekleme salonu bekleme süresi olasılık dağılımının belirlenmesi: Spor merkezine gelen üyeler, geliş yoğunluğunun olduğu saatlerde soyunma odasında boş dolap bulamayıp çıkan kişilerin dolaplarını boşaltarak sistemden ayrılmasını, bekleme salonuna geçerek beklemektedirler. Bu süreç içerisindeki asıl gözlenen durum bir dolap boşaldığında, odanın anahtarını alarak bekleme salonundan ayrılan kişiler değil, bir süre bekleyip bir dolabın boşalmayacağını yada bu sürenin uzun olacağını düşünerek antreman yapmadan salondan ayrılan üyelerin, bekleme salonunda geçirdikleri zamanın ölçülmesidir. Yani başka bir deyişle bir dolabın boşalması maksimum kaç dakika beklenir sorusuna bir cevap aranmıştır. Bu sürenin olasılık dağılımını belirleyebilmek için farklı gün ve saatlerde erkek ve bayan müşteriler için ayrı ayrı 50’şer adet gözlem yapılmış ve bu süreler için olasılık dağılımı belirleme işlemi yapılmıştır. Bu süre Arena modelinde “Sabir Süresi” olarak adlandırılmıştır. Input analyzer program verisi olarak elde edilen erkek üyeler için bekleme süresi olasılık dağılımı $5 + GAMM(3.13, 1.71)$, Kadın üyeler için bekleme süresi olasılık dağılımı $3 + WEIB(5.88, 1.7)$ olarak bulunmuştur.

Ölçüm ve antreman programı belirleme süresi olasılık dağılımının belirlenmesi: Antreman öncesi üyeler, vücut ölçümlerinin yapılması, yağ oranlarının belirlenmesi ve amaçlarına yönelik antreman ve beslenme programlarının tespit edilmesi amacıyla antrenörler ile görüşmektedirler. Bu süreç doğru, amaca yönelik ve verimli bir antreman için en önemli adımdır. Bu süre yeni üyeler için uzun sürebilmekte olup profesyonel üyeler için çık kısa sürmektedir. Bu sürecin öneminden dolayı farklı gün ve saatlerde 100 adet gözlem alınmış, gözlemlerin doğruluğu antrenörler tarafından kontrol edilmiş ve gözlemlerin olasılık dağılımı belirlenmiştir. Oluşturulan Arena benzetim modelinde bu süre dağılımı “ölçüm ve program” olarak adlandırılmıştır. Dağılıma ve Ki Kare, Kolmogorov-Smirnov iyi uyum testlerine input analyzer ile yapılmış olup elde edilen dağılım $33 + 150 * BETA(0.814, 0.868)$ ‘dir.

Antreman sürelerinin olasılık dağılımlarının belirlenmesi: Spor merkezinde kadın ve erkekler için uygulanan toplam 10 adet program bulunmakta ancak bazı programlar kendi içlerinde 2,3,4 veya 5 farklı antreman programı içermekte olduğundan dolayı toplamda, erkekler için 17, kadınlar için ise 7 adet olmak üzere 24 farklı antreman programı uygulanmaktadır. En az 5, en çok 10 hareketten oluşan bu 24 antreman programı, birbirinden farklı hareketler içerdiği gibi birbirleriyle aynı ancak ağırlıkların değiştirilerek uygulandığı hareketleride içermektedir. Örneğin, P2 programı ile P51 programı yada P8 programı bir veya daha fazla sayıda aynı antreman hareketini içerebilmektedir. Ancak bu hareketi, P2 programındaki bir üyenin uygulama ağırlığı ve süresi ile P8 programındaki bir kişinin uygulama ağırlığı ve süresi aynı değildir. İşte bu sebepten dolayı herbir antreman grubunda yapılan herbir hareketin, o antreman grubuna taabi kişiler tarafından ne kadar sürede tamamlandığı belirlenmiştir.

Antreman sürelerinin belirlenebilmesi için, 24 farklı antreman grubundaki herbir egzersiz ve antreman grubunu uygulayan 10 farklı kişinin antreman içeriğindeki bu egzersizleri yapış süreleri tek tek gözlemlenmiştir. Toplamda 1280 gözlem yapılmış ve bu gözlemlerin Input Analyzer ile olasılık dağılımları belirlenmiştir. Ayrıca antreman programlarına dahil olan kardiyo hareketlerinin kaçar dakika uygulanacağı ve antreman içeriğindeki hareketler arasında dinlenme sürelerinin ortalama kaç dakika olması gerektiği ile ilgili bilgilerde antrenörlerden alınmıştır. Antreman içerikleri ve yapılan zaman etüdüleri ile herbir hareket için elde edilen süre dağılımları Tablo 2’de verilmiştir.



Tablo 2: Antreman süreleri olasılık dağılımları

Pr No	Egzersiz	Süre Dağılımı	Pr No	Egzersiz	Süre Dağılımı	Pr No	Egzersiz	Süre Dağılımı	
P1	Koşu Bandı	20 dk	P61	Incline Bench Press	$5.05 + 1.65 * BETA(1.24, 1.02)$	P52	Military Press	$6 + 1.47 * BETA(0.622, 0.717)$	
	Machine Chest Press_SBT	$5.24 + 2.32 * BETA(1.03, 0.679)$		Incline Machine Chest Press	$5 + LOGN(0.752, 0.734)$		Machine Shoulder Press_SRB	$5 + LOGN(0.685, 0.527)$	
	Yatay Bisiklet	10 dk		Cable Crossover	UNIF(3, 5.47)		Dumbbell Lateral Raise	$5.2 + 1.24 * BETA(0.67, 0.634)$	
	Machine Shoulder Press_SBT	NORM(7.13, 0.34)		Bench Press	$6.15 + 2.28 * BETA(1.22, 1.1)$		Cable Shoulder Back Reverse	$4.11 + 1.54 * BETA(0.975, 1.04)$	
	Dikey Bisiklet	10 dk		Machine Chest Press_SRB	$4.09 + LOGN(0.69, 0.615)$		Machine Shoulder Press_SBT	$5.25 + 1.38 * BETA(0.664, 0.629)$	
P2	Koşu Bandı	20 dk	P62	Pectoral Machine	NORM(6.32, 0.356)	P53	Koşu Bandı	20 dk	
	Eliptic Machine	10 dk		Decline Bench Press	$5 + LOGN(0.576, 0.476)$		Barfiks	$4.09 + 1.44 * BETA(0.534, 0.488)$	
	Machine Chest Press_SBT	NORM(5.67, 0.592)		Machine Wide Chest Press	NORM(4.39, 0.454)		Machine Lat Pull Down_SBT	NORM(4.23, 0.243)	
	Machine Shoulder Press_SBT	$6.19 + 1.48 * BETA(0.518, 0.574)$		Koşu Bandı	15 dk		Machine Row_SBT	NORM(4.37, 0.116)	
	Machine Lat Pull Down_SBT	UNIF(4.1, 5.61)		Dumbbell Shoulder Press	NORM(5.54, 0.602)		Machine Low Row	$4 + 1.75 * BETA(0.637, 0.469)$	
	Machine Biceps	$4.12 + LOGN(0.494, 0.407)$		Machine Shoulder Press_SRB	NORM(5.42, 0.552)		Machine Lat Pull Down_SRB	$4 + 1.68 * BETA(0.787, 0.66)$	
	Cable Push Down	TRIA(3.43, 4.38, 5.32)		Cable Shoulder Front Raise	$3 + 3.4 * BETA(1.74, 1.81)$		Machine Row_SRB	TRIA(4.32, 5.31, 6.29)	
	Machine Leg Extension	$3.21 + 1.35 * BETA(1.31, 1.12)$		Machine Shoulder Press_SBT	$4 + 1.62 * BETA(0.458, 0.449)$		Kürek Machine	5 dk	
	Mekik	$3.11 + 1.49 * BETA(0.64, 0.533)$		Military Press	TRIA(5.26, 6.48, 6.7)		Koşu Bandı	20 dk	
	Yatay Bisiklet	10 dk		Koşu Bandı	15 dk		Machine Biceps	$3.22 + LOGN(0.541, 0.449)$	
P31	Dikey Bisiklet	10 dk	P63	Barfiks	$4.03 + 1.66 * BETA(0.397, 0.676)$	P54	Cable Crunch	$2.4 + 1.91 * BETA(1.1, 0.979)$	
	Eliptic Machine	10 dk		Machine Lat Pull Down_SBT	NORM(4.19, 0.28)		Dumbbell Triceps	$4 + 1.73 * BETA(0.612, 0.615)$	
	Machine Chest Press_SBT	TRIA(5.09, 6.57, 7.2)		Machine Lat Pull Down_SRB	$4.2 + LOGN(0.49, 0.394)$		Mekik	$3 + 1.26 * BETA(0.496, 0.909)$	
	Pectoral Machine	$5.14 + 1.48 * BETA(1.28, 0.824)$		Cable Straight Arm Pulldown	UNIF(4, 5.73)		Dips	$3.35 + 1.28 * BETA(0.842, 0.678)$	
	Machine Shoulder Press_SBT	$6.08 + 1.53 * BETA(0.545, 0.876)$		Machine Row_SBT	$4.16 + 0.37 * BETA(0.925, 0.769)$		Koşu Bandı	20 dk	
	Dumbbell Lateral Raise	TRIA(5.26, 6.53, 7.81)		Machine Row_SRB	$4.15 + LOGN(0.478, 0.44)$		P55	Dikey Bisiklet	10 dk
	Machine Biceps	$3.45 + 1.24 * BETA(2.26, 1.13)$		Machine Low Row	$4 + 1.72 * BETA(0.897, 1.13)$			Squat	$8.07 + 2.56 * BETA(1.02, 1.5)$
	Koşu Bandı	10 dk		Kürek Machine	5 dk			Machine Leg Press	TRIA(3.38, 4.38, 5.38)
Koşu Bandı	10 dk	Koşu Bandı	15 dk	Machine Leg Extension	$3.03 + 1.47 * BETA(0.469, 0.716)$				
P32	Eliptic Machine	10 dk	P64	Cable Crunch	UNIF(2.46, 3.61)	P101	Machine Leg Curl	UNIF(3.09, 4.59)	
	Machine Lat Pull Down_SBT	$4 + LOGN(0.624, 0.528)$		Machine Biceps	$3.03 + LOGN(0.815, 0.654)$		Machine Kalf	$3.25 + 1.35 * BETA(1.49, 1.07)$	
	Machine Row_SBT	$4.01 + LOGN(0.633, 0.512)$		Dumbbell Triceps	$4.04 + 2.25 * BETA(1.32, 1.3)$		Koşu Bandı	20 dk	
	Cable Push Down	TRIA(3.38, 4.33, 5.28)		Dips	$3.45 + WEIB(0.765, 3.96)$		Koşu Bandı	10 dk	
	Machine Leg Press	$3.05 + 1.6 * BETA(0.69, 0.748)$		Mekik	$2.46 + 1.18 * BETA(1.12, 0.756)$		Machine Chest Press_SBT	TRIA(5.18, 6.76, 7.43)	
	Mekik	$3.13 + 1.4 * BETA(1.08, 0.604)$		Koşu Bandı	15 dk		Pectoral Machine	$4.1 + 1.54 * BETA(0.579, 0.58)$	
	Yatay Bisiklet	10 dk		Dikey Bisiklet	10 dk		Machine Shoulder Press_SBT	$5.35 + WEIB(1.34, 2.31)$	
P41	Koşu Bandı	10 dk	P65	Machine Leg Press	TRIA(3.24, 4.25, 5.27)	P102	Dumbbell Lateral Raise	$5.06 + LOGN(0.422, 0.347)$	
	Bench Press	$7.32 + 2.03 * BETA(0.565, 0.671)$		Squat	$8.12 + 2.62 * BETA(0.846, 1.02)$		Dikey Bisiklet	10 dk	
	Cable Crossover	$4.4 + 1.03 * BETA(0.679, 0.677)$		Dumbbell Leg Lunge	NORM(8.67, 0.556)		Koşu Bandı	10 dk	
	Incline Machine Chest Press	UNIF(5, 7.51)		Machine Leg Extension	$3.16 + EXPO(0.463)$		Machine Lat Pull Down_SBT	$4.08 + LOGN(0.365, 0.259)$	
	Incline Bench Press	NORM(6.6, 0.52)		Machine Leg Curl	$3.13 + 1.56 * BETA(0.54, 0.553)$		Machine Row_SBT	$4.15 + EXPO(0.421)$	
	Decline Bench Press	NORM(6.4, 0.617)		Machine Kalf	$3.27 + 1.17 * BETA(0.451, 0.623)$		Machine Low Row	$3.09 + 1.42 * BETA(0.648, 0.514)$	
	Machine Biceps	TRIA(3.39, 4.22, 4.58)		Koşu Bandı	15 dk		Cable Shoulder Back Reverse	TRIA(3.39, 5.02, 5.72)	
	Yatay Bisiklet	10 dk		Koşu Bandı	15 dk		Biceps Machine	$3 + 1.71 * BETA(0.991, 1.07)$	
P42	Koşu Bandı	10 dk	P7	Yatay Bisiklet	15 dk	Mekik	$3.37 + 1.26 * BETA(1.56, 1.05)$		
	Machine Shoulder Press_SRB	$5.35 + 2.43 * BETA(1.24, 0.538)$		Eliptic Machine	10 dk	Yatay Bisiklet	10 dk		



P51	Military Press	$6.06 + 1.48 * BETA(1.44, 1.3)$	P8	Dikey Bisiklet	10 dk	P103	Dikey Bisiklet	10 dk
	Dumbell Lateral Raise	NORM(6.42, 0.462)		Kürek Machine	10 dk		Squat	$9.23 + 2.43 * BETA(1.55, 0.888)$
	Machine Lat Pull Down_SRB	$5.2 + 2.1 * BETA(0.938, 1.22)$		Koşu Bandı	15 dk		Machine Leg Extension	$3.4 + LOGN(0.901, 0.553)$
	Machine Row_SBT	$4.1 + LOGN(0.378, 0.275)$		Machine Chest Press_SBT	TRIA(6.33, 7.28, 8.24)		Machine Leg Curl	TRIA(3.35, 4.26, 5.18)
	Cable Push Down	$3.11 + 1.53 * BETA(0.89, 0.679)$		Machine Shoulder Press_SBT	$6.1 + LOGN(0.508, 0.45)$		Machine Leg Press	TRIA(3.42, 4.4, 5.38)
	Mekik	$3.27 + EXPO(0.477)$		Machine Row_SBT	$4.08 + LOGN(0.606, 0.463)$		Machine Kalf	TRIA(3.01, 4.36, 4.67)
	Dikey Bisiklet	10 dk		Machine Leg Press	$4.09 + 1.4 * BETA(0.6, 0.773)$		Koşu Bandı	10 dk
	Multi Machine Chest Press	$5.33 + 1.92 * BETA(1.07, 1.15)$		Elliptic Machine	5 dk		Dikey Bisiklet	10 dk
	Incline Machine Chest Press	$4.38 + 2.4 * BETA(1.82, 1.42)$		Yatay Bisiklet	10 dk		Machine Leg Extension	$3 + 1.73 * BETA(1.52, 1.25)$
	Incline Bench Press	$5.14 + 1.56 * BETA(0.663, 0.72)$		Koşu Bandı	10 dk		Machine Leg Press	$4.17 + 1.42 * BETA(0.952, 0.723)$
P51	Machine Chest Press_SRB	$3.29 + 2.4 * BETA(1.6, 1.26)$	P92	Machine Leg Press	$4.27 + EXPO(0.389)$	P43	Machine Leg Curl	$3.38 + 1.3 * BETA(0.772, 0.676)$
	Bench Press	$7.06 + 2.23 * BETA(0.805, 1.54)$		Machine Leg Extension	$4.06 + LOGN(0.381, 0.249)$		Machine Kalf	TRIA(3.14, 4.35, 4.69)
	Pectoral Machine	$5.33 + 1.36 * BETA(1.15, 0.704)$		Machine Leg Curl	$4.06 + EXPO(0.615)$		Squat	TRIA(8.06, 10.8, 11.7)
	Decline Bench Press	$4.39 + ERLA(0.374, 3)$		Machine Kalf	$3 + 2.2 * BETA(0.784, 1.26)$		Dikey Bisiklet	10 dk
	Machine Wide Chest Press	$4 + ERLA(0.381, 2)$		Cable Triceps	NORM(3.26, 0.416)		Koşu Bandı	10 dk
	Cable Crossover	NORM(4.51, 0.425)		Mekik	TRIA(4, 4.19, 4.62)		Machine Chest Press_SBT	$6.04 + 1.59 * BETA(1.15, 0.924)$
	Koşu Bandı	20 dk		Dikey Bisiklet	10 dk		Machine Shoulder Press_SBT	$6.06 + 1.67 * BETA(0.522, 0.537)$
							Machine Lat Pull Down_SBT	$4.15 + 1.19 * BETA(0.592, 0.64)$
							Squat	$10.1 + 1.54 * BETA(0.603, 0.58)$
							Biceps Machine	$4.14 + LOGN(0.616, 0.533)$
				Yatay Bisiklet	10 dk			

4.2. Arena Benzetim Programı ile Sistemin Modellenmesi

4.2.1. Üye geliş sürecinin modellenmesi

Sisteme gelen üyeler bay ve bayan olarak 2'ye ayrılmış ve bu gelişleri sağlayabilmek için iki adet "Create" modülü kullanılmıştır. Modüllerdeki Entity Type, gelen bay üyeler için "BayMusteri", bayan üyeler için "BayanMusteri" olarak kodlanmıştır. Geçmiş yıllardaki verilere dayanarak, saatlik olarak değişen geliş yoğunluğundaki üye gelişlerini modelleyebilmek amacıyla saat dilimi değiştiricisi olarak 60 dakikada bir "Saat Dilimi" olarak tanımlanmış bir entity oluşturan ve ilk entity gelişini sıfır anında veren bir "Create" modülü oluşturulmuştur. Daha sonra saat dilimi değiştiricisine bir "Assign" modülü eklenmiş ve "Saat" adında bir değişken tanımlanarak, "Saat=Saat+1" ataması yapılmıştır ve "Dispose" modülü ile "Saat Dilimi" entitysinin sitemden çıkması sağlanmıştır. Üye geliş sayılarının saatlere göre belirlenmesi amacıyla "BayGelisDagilimleri" ve "BayanGelisDagilimleri" isimli iki adet "Expression" tanımlanmış ve herbiri için, spor merkezinin açık olduğu 14 saatlik dilimde (14 satır, 1 Sütun), saatlik ortalama geliş sayısı/60 olacak şekilde, gelişlerin kaç dakikada bir olacağı belirlenmiş ve herbir saat için bu veri girilmiştir.

Sisteme belirli saatlerde belirli sayıda üyenin girebilmesi için "BayMusteri" ve "BayanMusteri" varlıklarını yaratan "Create" modüllerinde, geliş tipi sabit, geliş değerleri bay üyeler için "BayGelisDagilimi(Saat,1)", bayan üyeler için "BayanGelisDagilimi(Saat,1)", geliş zaman birimi dakika ve ilk entity geliş zamanı 0,1 olacak şekilde tanımlanmıştır. Sisteme üye gelişleri tanımlandıktan sonra, gelen üye entityleri için "Assign" modülleriyle başlangıç atamaları yapılmıştır. Bu ilk atamalarda, "BayMusteri" ve "BayanMusteri" entitylerine, ölçüm ve antrenman programı belirleme süresi dağılımları "Ölçüm ve program", bekleme salonu maksimum bekleme süresi dağılımları "Sabir Suresi", soyunma odası kullanım süresi dağılımları "Antrenman Hazırlık Suresi", giriş kayıt-kontrol süresi dağılımları "Kontrol", birer özellik olarak atanmıştır. Ayrıca bu atamalarda bay müşteriler için "Gelis tipi" 1 olarak, bayan müşteriler için "Gelis tipi" 2 olarak atanmış ve "Gelis zamanı" iki müşteri tipi içinde TNOW olarak belirlenmiştir. Bu atamalarda müşteri entitylerine atanan tüm bu özelliklerin dışında bir adette değişken atanmıştır. "Bay_musteri = Bay_musteri+1" ve "Bayan_musteri = Bayan_musteri+1" olarak atanan bu değişkenlerdeki amaç, sistemdeki müşteri sayısını sürekli olarak kontrol altında tutarak, yeni gelen bir müşteriye mevcut boş dolabın olup olmadığını ve bu duruma göre müşterinin soyunma odasına mı yoksa bekleme salonuna mı geçeceğine karar verebilmektir.

14 saatlik süreçte 7'şer saatlik vardiyalar halinde çalışılan 2 antrenörü sisteme tanımlayabilmek için iki adet çizelge oluşturulmuş ve bu çizelgelere "Antrenor1" ve "Antrenor2" adları verilmiştir. Bu çizelgelerde antrenörlerin 7'şer saatlik iki dilim için çalışma kapasiteleri belirlenmiştir. Daha sonraki süreçte, çalışma saatleri çizelgelenen personel antrenörlerin süreçlerde kullanılabilmesi için kaynak olarak tanımlanması gerekmektedir. Bunun için "Personel_antrenor_1" ve "Personel_antrenor_2" adlarında iki adet kaynak oluşturulmuş ve bu kaynakların çalışmalarını antrenörün çalışma çizelgeleri temelli olarak ayarlanmıştır. Bu kaynaklar için "Antrenorler" adında bir "Set" oluşturularak "Personel_antrenor_1" ve "Personel_antrenor_2" kaynakları bu set in üyeleri olarak kaydedilmiştir. Oluşturulan Set antrenörlerin görev yaptığı proseslerde kaynak olarak kullanılmıştır.



Sisteme giriş yapan müşterilerin giriş kontrol işlemine tabi tutulabilmesi için “Giris Kontrol” olarak adlandırılan bir proses oluşturulmuştur. “Size Delay Release” olarak oluşturulan bu modülde kaynak olarak “Antrenörler” kümesi kullanılmıştır. Proses süresi olarak başlangıç atamalarında tanımlanan “Kontrol” dağılımı kullanılmış ve zaman birimi saniye olarak ayarlanmıştır. Sisteme girerek “Giris Kontrol” ü geçen müşteriler, “Geliş tipi” ne göre bir “Decide” modülü ile bay, bayan olarak ayrılmakta ve soyunma odalarında boş dolap olup olmadığı kontrol edilmektedir. Bu kontrol için “Decide” modülleri kullanılmış ve “Bay_musteri <= 36” ve “Bayan_musteri <=18” sorgulamalarının sonuçlarına göre müşteriler soyunma odalarına veya bekleme salonlarına yönlendirilmişlerdir.

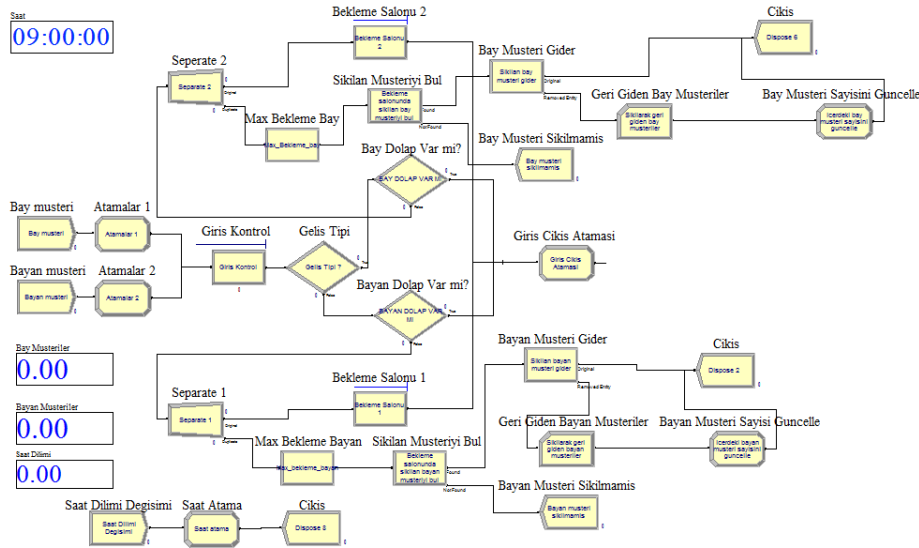
4.2.2. Bekleme salonu sürecinin modellenmesi

Sisteme gelen müşteri için soyunma odasında boş bir dolabın bulunmaması durumunda, müşteri bekleme salonuna geçmekte ve burada bir dolabın boşalmasını bir süre beklemektedir. Bu süreç Arena benzetim modelinde şu şekilde modellenmiştir:

“Decide” modülünden çıkan müşteri entity si “Separate” modülü kullanılarak kopyalanmakta ve orijinal olan entity, “Bekleme Salonu 1” ismiyle oluşturulan bir “Seize” modülüne gelerek burada tutulmaktadır. Oluşturulan “Seize” modülünün kaynağı “Bekleme salonu_1”, kuyruk adı ise “Bekleme Salonu 1.Queue” olarak tanımlanmıştır. “Separate” modülünden çıkan kopya entity “Max_bekleme_bayan(bay)” olarak adlandırılmış olan bir “Delay” modülüne gelmekte ve burada gecikme zamanı olarak tanımlanan “Sabir Suresi” olasılık dağılımı kadar geciktirilmektedir. Bu sürecin sonunda “Delay” modülünden çıkan çıkan entity “Bekleme salonunda sıkılan müşteri” bul” adı verilmiş olan “Search” modülüne gelerek burada araştırma kısıtı olan “Entity.SerialNumber” kısıtına göre eşi olan entity i “Bekleme Salonu 1.Queue” isimli kuyruğa aramaktadır. Bu işlemler esnasında modelin son kısmına yerleştirilen ve kaynak olarak “Bekleme salonu_1” tanımlanmış olan bir “Release” modülü ve onun öncesine konumlandırılmış “Bekleme Salonu 1” de bekleyen bir müşteri entitysi olup olmadığını kontrol eden bir “Decide” modülü ve “NQ(Bekleme Salonu 1.Queue)>0” karar kısıtı sayesinde, eğer “Bekleme Salonu 1” de bekleyen bir müşteri entitysi varsa, çıkışa gelen başka bir entity “Release” modülünden geçecek şekilde yönlendirilmekte ve “Release” modülünden geçen her bir entity için “Bekleme Salonu 1.Queue” kuyruğunda bekleyen bir entity serbest bırakılarak sisteme girmektedir.

“Sabir Suresi” içinde Bekleme Salonu kuyruğundaki bir entity, “Release” ile serbest bırakıldığında, “Search” modülündeki kopya entity işini bulamamakta ve “Musteri sıkılmaması” adlı “Dispose” ile sistemi terketmektedir. Ancak kuruktaki entity serbest bırakılmadıysa kopya entity eşini bulmakta ve found çıkışından çıkarak “Remove” modülüne girmektedir. Bu modül ile kuyruktaki eş olan orijinal entity silinmekte, kopya entity ise istatistik tutma amaçlı “Sıkılarak geri giden müşteriler” adlı “Record” modülünden geçmekte ve konumlandırılan bir “Assign” modülü ile de “Bayan_musteri = Bayan_musteri-1” ataması yapılarak sistemdeki üye sayısı güncellenmektedir. Sonrasında entity sistemden ayrılmaktadır.

Buraya kadar, bayan müşteriler için anlatılan bekleme salonu sürecinin aynısı bay müşteriler içinde yapılmıştır. Sisteme üye gelişi, kayıt-kontrol ve bekleme salonu süreçlerini içeren arena benzetim modeli görüntüsü Şekil 4’te verilmiştir.



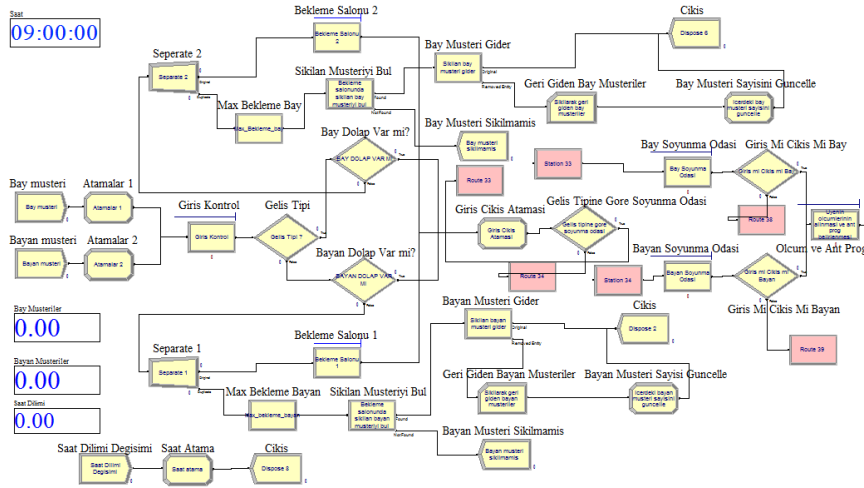
Şekil 4: Üye geliş ve bekleme salonu süreci Arena modeli

Modelde, bekleme salonundan veya direk olarak giriş kontrolden soyunma odasına geçen müşteri entityleri, soyunma odasına yönlendirilmeden önce, çıkışta da aynı soyunma odasını kullanabilmeleri için “Assign” modülü ile bir “Giris Cıkis” özellik ataması yapılmıştır. Bu değer antremana girişte soyunma odasını kullanacak üyeler için 24 olarak atanmış, antreman çıkışında soyunma odasını kullanacak olan üyeler içinse, sistem çıkışına konulan başka bir “Assign” modülü ile bu değer 25 olarak atanmıştır.

Soyunma odasına geçiş sürecinde entityler bir “Decide” modülü ile “Gelis tipi” özelliklerine göre ayrılmakta ve bay, bayan soyunma odalarına yönlendirilmektedirler. Bu yönlendirme Soyunma odası proseslerinin önüne yerleştirilen “Route” ve “Station” modülleri ile yapılmaktadır. Bunun sebebi sistemden çıkış yapacak olan müşteri entitylerinin sistemin çıkışına yerleştirilen “Route” ve “Station” modülleri ile soyunma odalarına tekrar gelip bu kaynakları kullanabilmeleridir. Soyunma odası proseslerinin çıkışlarına yerleştirilen “Giris mi Cıkis mi” adlı “Decide” modülleri ile entityler “Giris Cıkis” özelliklerine göre ayrılmakta, bu değeri 24 olan ve sisteme yeni



gelen entityler antreman sürecine geçmekte, sistemden çıkışı yapacak entitylerin bu özellik değeri sistem sonunda 25 olarak atanmış olduğundan “Route” modülleriyle tekrar çıkışı yönlendirilmektedirler. Bay ve bayan soyunma odaları benzetim modelinde iki adet “Process” modülü kullanılarak modellenmiş ve bu süreçlerdeki kullanılacak kaynaklar “Bay_Soyunma_Odası” ve “Bayan_Soyunma_Odası” olarak tanımlanmıştır. Gelen müşteri entitylerinin bu proseslerde işlem görecekları süreler, başlangıç atamalarında tanımlanan “Antreman Hazırlık Süresi” olasılık dağılımına göre belirlenmiştir. Modelde, soyunma odasından çıkan müşteri entityleri “Decide” modülü ile “Giris Cikis” özelliklerine göre ayrılmakta ve bu özellik değeri 24 olan entityler “Üyenin olumlarının alınması ve ant prog belirlenmesi” olarak adlandırılmış olan, üyenin antrenör ile görüşüp ölçümlerinin yapıldığı ve antreman programlarının belirlendiği, “Process” modülüne girer. Bu proses “Giris Kontrol” prosesi ile aynı olarak “Antrenörler” kaynağını kullanır. “Giris Cikis” prosesinden farklı olarak burada işlem görecekları sürenin, başlangıç atamasında tanımlanan “Olcum ve program” olasılık dağılımını na göre belirlenecek olmasıdır. Sistemin tüm giriş sürecinin Arena modeli Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5: Giriş süreci Arena modeli

4.2.3. Antreman sürecinin modellenmesi

Modeldeki antreman süreci, üyenin ölçümlerinin alınması ve antreman programının belirlenmesinden sonra, müşteri entitylerine bir “Assign” modülü ile “Antremana Başlama Anı” özelliğinin ve bu özelliğin değerinin TNOW olarak atanması ile başlamaktadır. Antremana başlama anları atanan müşteri entityleri “Gelis tipi” özelliklerine göre bir “Decide” modülü ile “BayMusteri” ve “BayanMusteri” olarak ayrılmaktadırlar. Spor merkezi bilgi sisteminden, bay antreman programları ve bayan antreman programlarının uygulanma yüzdelerinin kayıtları alınarak “Decide” modülleri ile bu oranlar sisteme tanımlanmıştır. Antremanların uygulanma oranlarının belirlenmesinden sonra bazı programların kendi içerisinde 2,3,4 ve 5 güne yayılmış olarak uygulanması ve herbir günde yapılan antremanların uygulanma oranlarının eşit olmasından dolayı, bu türde olan programlarına eklenen “Decide” modülleriyle herbir gündeki antremanların eşit oranda yapılması sağlanmıştır.

Bay ve bayan müşteri entityleri, antreman uygulanma yüzdelerini tanımlamakta kullanılan “Decide” modülleri yardımıyla uygulayacakları antreman programlarına yönlendirilmekte ve uygulanacak antreman programının içerdiği özelliklerin tanımlanması, herbir programa özel olarak hazırlanmış “Assign” modüllerinde yapılmaktadır.

Önceki bölümlerde de açıklandığı üzere spor merkezinde toplam 24 farklı antreman programı uygulanmaktadır. Bu antremanların içeriğindeki hareketlerin ortalama uygulanma süreleri olasılık dağılımları Tablo 2’te verilmiştir. Söz konusu antremanlardaki hareketlerin ortalama yapılma süreleri ve bunlardan başka üç özellik ataması daha, herbir antreman programı için ayrı ayrı oluşturulan “Assign” modülleriyle yapılmıştır. Herbir antreman programı için olmak üzere toplamda 24 adet “Assign” modülü tanımlanmıştır. Bu modüller ile müşteri entitylerine atanan özellikler :

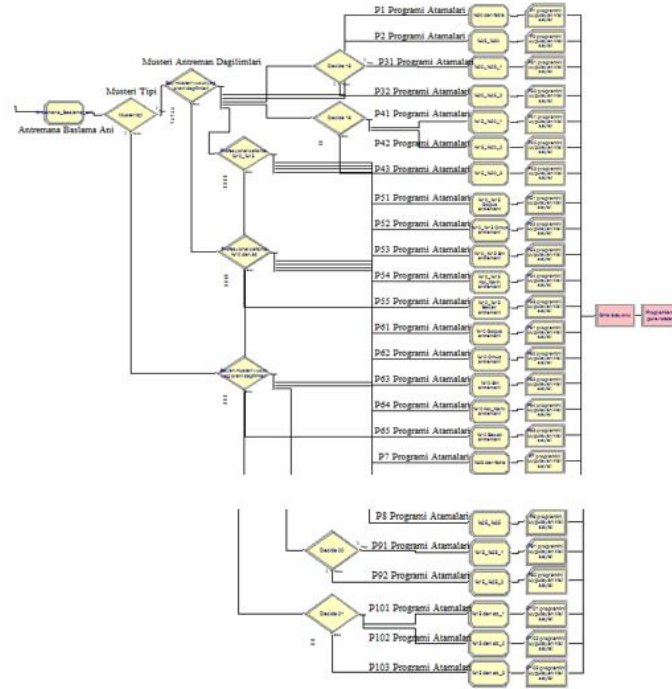
- Yapılacak antreman içeriğindeki hareketlerin uygulanma süreleri olasılık dağılımları,
- Uygulanacak antreman programına başlama anı, TNOW,
- Uygulanacak program no, 1, 2, 32, 54, 92, 103 gibi,
- Uygulanacak antreman kapsamındaki hareketlerin ve uygulanma sıralarının tanımlanması, Entity.Sequence, P1, P53, P8, P101 gibi

Müşteri entitylerine tüm bu atamalar yapıldıktan sonra herbir programı uygulayan kişi sayısı istatistiğinin tutulabilmesi için “Assign” modülleri çıkışına “Record” modülleri yerleştirilmiş ve programların kaç kişi tarafından uygulandığı verisi elde edilmiştir.

Antremanların içerdikleri hareketleri ve bu hareketlerin hangü sırada yapılması gerektiğini benzetim modeline tanımlayabilmek için “Sequence” modülü kullanılmıştır. Bu modüle 24 antreman programının kodları girilerek herbir proramın içerdiği hareketler sırası ile tanımlanmıştır. Antreman programları, antreman içerikleri ve içeriğin uygulanma sıraları, hareketlerin yapılma sürelerinin olasılık dağılımları ve antreman programına başlama anları atanan müşteri entityleri “Giris istasyonu” adı verilne bir “Enter” modülünde toplanmakta ve “Sequence” modülü ile tanımlanan antreman hareketlerini belirlenmiş sırada yapmak amacıyla”Programlara göre



rotalar” olarak adlandırılmış olan “Route” modülüne geçerek rotalanmaktadırlar. Buradaki dikkat edilmesi gereken en önemli nokta bu modüldeki hedef tipinin “By Sequence” olarak ayarlanmış olmasıdır. Antreman sürecinin bu ana kadar anlatılan bölümünün arena modeli görüntüsü aşağıdaki gibidir.



Şekil 6: Antremanların yapılma oranı ve içeriklerinin belirlenmesi Arena modeli

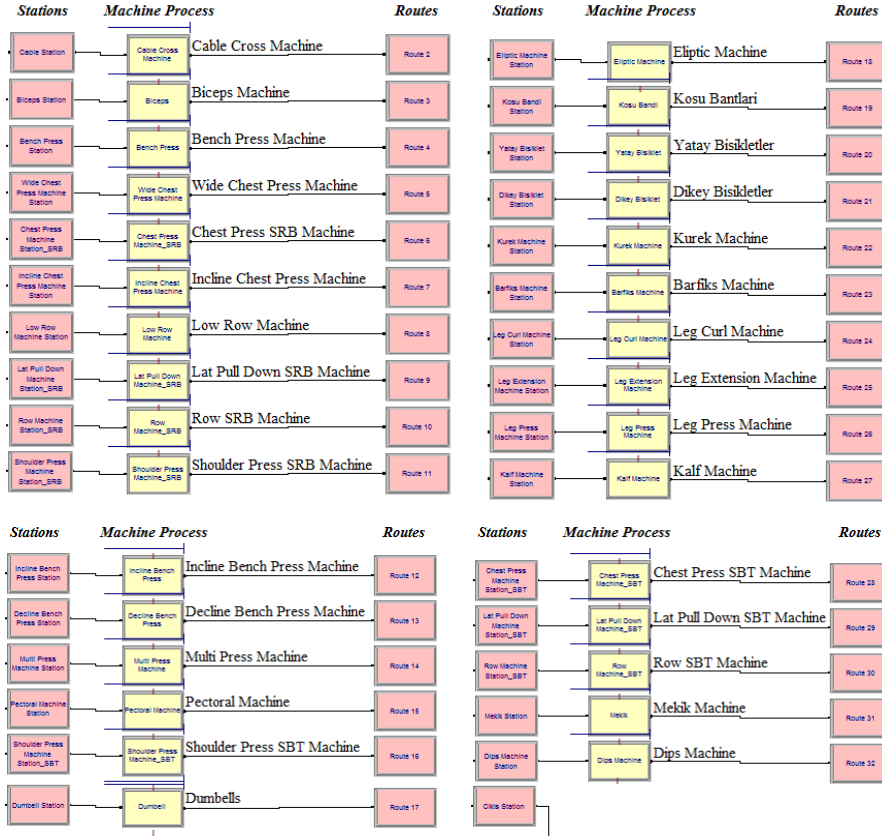
Spor merkezindeki fitness makinelerinin modellenmesi amacıyla 31 farklı fitness makinesinin herbiri için, makine isimleriyle aynı isimlerde olan bir “Process” tanımlanmıştır. Bu proseslerdeki kullanılacak olan ve yine fitness makinesiyle aynı ismi taşıyan kaynaklar proseslere tanımlanmıştır. Aynı makineden birden fazla olması durumunda “Resource” modülünden makine sayısına kaynak artırımı yapılmıştır.

Proseslerde işlem gören entitylerin kaynakları kullanma süreleri her bir programda farklılık göstermektedir. Antreman programı içindeki her bir hareketin uygulanma süresi olasılık dağılımı gelen entitylere, aynı hareketler için aynı isimlerle fakat farklı dağılımlarla önceden atandığı için, söz konusu proseslerdeki gecikme zamanları “Expression” olarak tanımlanmış ve dağılımları tanımlayan isimler kullanılmıştır.

Rotalanan müşteri entitylerinin fitness makinelerini temsil eden proseslere, belirlenen programlarda uygulanacak hareket sırasına göre gidebilmeleri için, proseslerin önlerine proses ile aynı ismi taşıyan (makine isimleri) “Station” modülleri eklenmiş ve proses çıkışlarına da gitmesi gereken bir sonraki istasyona gidebilmeleri için “Route” modülleri eklenmiştir. Ayrıca en sona eklenen ve “Çıkış” adı verilen bir istasyon ile antremanını tamamlayan müşteri entitysinin antremandan çıkışının yapılması amaçlanmıştır. Antreman sonunda entitynin çıkış istasyonuna gitmesi, “sequence” modülünde yapılan antreman ve hareket uygulama sıra atamasında her antreman bitişine bir çıkış eklenmesiyle sağlanmıştır.

Proses çıkışlarına konulan “Route” modüllerinde dikkat edilmesi gereken nokta hedef tipinin “By Sequence” olarak ayarlanmış olmasıdır ki buda entitynin tanımlanan rotaya göre hareket edebilmesi için gereklidir. Diğer önemli bir nokta ise rotalama zamanının 2 dakika olarak ayarlanmış olmasıdır. Bunun sebebi hareketler arasında dinlenme süresinin ortalama 2 dakika olmasıdır. Böylelikle hareketini tamamlayıp sıradaki hareketine geçecek bir üyenin 2 dakika dinlenmesi sağlanmıştır. Spor merkezindeki fitness makinelerinin modellendiği Arena modeli Şekil 7’de verilmiştir.





Şekil 7: Fitness makineleri Arena modeli

4.2.4. Sistemden çıkış sürecinin modellenmesi

Antremanı sonlanıp sistemden çıkış yapacak olan müşteri entitileri antreman sonuna konumlandırılan “Çikis” istasyonuna gelmekte ve bu istasyonun çıkışına konumlandırılan “Antremanda Geçen Toplam Sure” olarak adlandırılan bir “Record” modülünden geçmektedirler. Bu kayıt modülünde kayıt başlangıç zamanı “Antremana Baslama Ani” olarak belirlenmiş ve antremanda geçen ortalama toplam süre verisi elde edilmiştir. Bu kayıt alındıktan sonra entitiler “Gelis tipi” ne göre ayrılmakta ve antreman çıkışı soyunma odalarını kullanmak üzere “Giris Cikis” özelliği 25 olarak atanmaktadır. Daha sonra entitiler kendilerine atanmış olan “Uygulanan program no” özelliği ile uyguladıkları programlara ayrılmakta ve atanmış olan “Programa baslama ani” özelliklerine göre de programların ortalama uygulanma süreleri, herbir program için ayrı ayrı oluşturulan “Record” modülleriyle kayıt altına alınmaktadır. Sitemin çıkış bölümünde kullanılan “Route” ve “Station” modülleriyle, Soyunma odası sürecinin anlatıldığı bölümde de açıklandığı üzere, sistemden çıkan müşteri entitilerinin soyunma odalarını kullanmaları sağlanmış ve kullanılan “Giris Cikis” özelliğiyle tekrar çıkışa yönlendirilmişlerdir.

Sistem çıkışındaki diğer bir veri kayıt süreci, bay ve bayan müşterilerin antremanlarda geçirdikleri ortalama toplam sürenin “Antremana Baslama Ani” ataması ile, sistemde geçirdikleri ortalama toplam sürenin “Gelis zamanı” ataması ile oluşturulan “Record” modülleriyle kayıt altına alınmasıdır. Ayrıca hizmet verilen ortalama bay ve bayan üye sayıları da “Record” modülleriyle kayıt altına alınmıştır. Son olarak sistemdeki bay ve bayan müşteri sayılarının güncellemeleri “Assign” modülleriyle yapılmakta ve müşteri entitileri sistemi terketmektedir.

4.3. Modelin çıktı analizi

Bu bölümde benzetim modelinin 10 günlük çalıştırma süresinin sonunda elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Sonuçların listelenmesinde temel alınacak zaman birimi dakika olarak ayarlanmıştır.

Modelin verdiği sonuçların analizinde öncelikle üyelerin ortalama sistemde kalma süresi ve ortalama antremanı tamamlama süresi belirlenmeye çalışılmıştır. İlgili süreler yapılan analizde; antremanda geçen ortalama toplam süre 99,33 dakika, bay üyelerin antremanda geçirdikleri ortalama toplam süre 100,7 dakika, bayan üyelerin antremanda geçirdikleri ortalama toplam süre 97,29 dakika, bay üyelerin sistemde geçirdikleri ortalama toplam süre 111,24 dakika, bayan üyelerin sistemde geçirdikleri ortalama toplam süre 108,37 dakika olarak bulunmuştur. Model çıktısının analizine devam edilmiş ve günlük hizmet verilen ortalama üye sayılarının tespit edilmesine çalışılmıştır. Hizmet verilen ortalama bay üye sayısı 115,9 ve bayan üye sayısı 78,3 kişi, yoğun saatlerde bekleyerek antreman yapmayıp giden ortalama bay üye sayısı 0,5 kişi ve bayan üye sayısı 8,4 kişi olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Antrenör karnak kullanım oranı 0,23 olarak elde edilmiştir. Son olarak süreçlerdeki kaynaklardaki meydana gelen kuyruklar incelenmiştir. Kuyruklardaki ortalama bekleme süreleri incelendiğinde, en çok beklemenin meydana geldiği ve darboğazların olduğu 5 makine belirlenmiştir. Bu makineler ve oluşan bekleme zamanları şu şekilde gerçekleşmiştir :



Sabit Ağırlıklı Chest Press Makinesi – 8,05 dakika; Koşu Bantları – 9,27 dakika; Sabit ağırlıklı Shoulder Press Makinesi – 15 dakika; Yatay Bisikletler – 10,13 dakika; Dikey Bisikletler – 7,41 dakika.

5. Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü

5.1. Senaryoların Belirlenmesi

Veri zarflama analizinin ilk aşaması karar verme birimlerinin seçilmesidir. Karar verme birimleri seçilirken, benzer girdi ve çıktı değerlerine sahip olup olmadıklarına dikkat edilmelidir. Seçilecek olan karar verme birimleri kümesi homojen olmalıdır.

Yapılan bu çalışmada önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere bir spor merkezini analiz etmek amacıyla benzetim modeli oluşturulmuş ve mevcut durumdaki kaynak kullanımları, bekleme süreleri ve oluşan darboğazlar, ortalama antreman süreleri, hizmet verilen ortalama üye sayıları gibi veriler elde edilmiştir. İncelenen spor merkezindeki mevcut durumu iyileştirmek amacıyla veri zarflama analizinde karar verme birimi olarak kullanılacak olan iyileştirme senaryoları oluşturulmuştur. Sonraki süreçte bu senaryoların görece etkinlik analizlerinin yapılarak en verimli senaryoların tespiti ile spor merkezindeki oluşan darboğazların giderilmesi, bekleme sürelerinin azaltılmasıyla antreman sürelerinin kısaltılması ve kaynak kullanımlarının azaltılması amaçlanmıştır. Bu senaryolar oluşturulurken;

- Öncelikle darboğazların olduğu makineler göz önünde bulundurulmuş ve buralarda oluşan darboğazları gidermek ve bekleme sürelerini kısaltmak için, oluşacak maliyetlerde göz önünde bulundurularak, bu kaynakların sayılarını artırma yoluna gidilmiştir.

- Görevli antrenör kaynaklarının mevcut durumdaki kullanım oranlarının azaltılarak, antrenörün boş kalma oranlarının artırılması amaçlanmıştır. Bunun sebebi antrenörün kayıt, kontrol, ölçüm, program belirleme gibi işlerinin haricinde, boş kaldığı zamanlarda saha içinde daha aktif olması, antremandaki kişilere yardım etmesi ve hareketlerin uygulanışlarını göstererek kontrol etmesi gibi durumlara daha çok vakit ayrılabilmesidir.

Senaryolar oluşturulurken kaynak artırımına gidilecek olan darboğaz oluşturan makinelerin fiyatları araştırılmış (www.voitbayi.com) ve yapılacak olan makine kombinasyonlarının fiyatları belirlenmiştir. Spor merkezinin mali bir kısıtı olduğundan, belirli bir fiyattan üzerinde olan makine kombinasyonları dikkate alınmamıştır. Ayrıca antrenör kaynağı artırımı ile ilgili olarak, yönetimin aldığı karar doğrultusunda artırılacak antrenör sayısı 1 kişi olarak belirlenmiş ve bu kaynak artırımını, senaryolarda kaynak artırımını yapılmaması; sabah vardiyasında 1 antrenör kaynak artırımını yapılması; akşam vardiyasında 1 antrenör kaynak artırımını yapılması olarak, makine kaynağı artırımları ile kombine edilmiş ve senaryolar oluşturulmuştur.

Bu kısıtların ve mevcut durumun değerlendirilmesi ile 177 adet senaryo oluşturulmuştur. Herbir senaryo için kaynak miktarlarında değişiklikler yapılarak benzetim modeli 10 günlük süre için çalıştırılmış ve model çıktıları kaydedilmiştir. Oluşturulan benzetim modeli toplamda 1770 defa çalıştırılarak senaryo sonuçlarına ulaşılmıştır.

5.2. Girdi ve Çıktıların Belirlenmesi

Veri zarflama analizinde karar birimlerinin oluşturulmasından sonraki adım, karar birimlerinin karşılaştırılmasında kullanılacak olan girdi ve çıktıların belirlenmesidir. Girdi ve çıktı, sistemin etkinliğini yansıtacak şekilde seçilmelidir. Birbirinden farklı ve yanlış gridi çıktı seçimi, analizin çok farklı ve yanıltıcı sonuçlar vermesine sebep olacağından gridi çıktı seçimi önemli bir adımdır.

Bu çalışmadaki oluşturulan senaryoların etkinlik analizlerinin yapılabilmesi için sistemi temsil edebilecek 2 adet girdi ve 3 adet çıktı belirlenmiştir.

Analizde kullanılan girdiler

- Antrenör sayısı : Spor merkezinde sabah ve akşam vardiyalarında görev yapan toplam antrenör sayısıdır. (Girdi 1 – G1)

- Makine Maliyeti : Senaryolardaki kaynak sayısı artırılabilecek olan makinelerin veya nakine kombinasyonlarının satın alma maliyetidir. (Girdi 2 – G2)

Analizde kullanılan çıktılar

- Ortalama antreman Süresi : Üyelerin, uyguladıkları antremanları ortalama tamamlama süresidir. (Çıktı 1 – Ç1)

- Hizmet verilen üye sayısı : Spor merkezine gelerek antremanını tamamlayıp çıkan üye sayısıdır. (Çıktı 2 – Ç2)

- Ortalama antrenör kullanım oranı : görevli antrenörlerin üye kayıt ve kontrol, üyelerin vücut ölçümleri, antreman programlarının belirlenmesi süreçlerinde geçirdikleri sürenin toplam mesai süresine oranıdır. (Çıktı 3 – Ç3)



Tablo 4: Etkinlik analizi sonuçları

Senaryo	crste	vrste	scale		Senaryo	crste	vrste	scale		Senaryo	crste	vrste	scale		Senaryo	crste	vrste	scale	
S1	1000	1000	1000	-	S45	0.672	0.769	0.873	drs	S89	0.674	0.834	0.808	drs	S133	1000	1000	1000	-
S2	0.998	1000	0.998	irs	S46	0.999	1000	0.999	irs	S90	0.666	0.667	1000	-	S134	0.666	0.667	0.999	-
S3	1000	1000	1000	-	S47	0.674	0.811	0.830	drs	S91	0.998	1000	0.998	irs	S135	0.667	0.667	1000	-
S4	1000	1000	1000	-	S48	0.671	0.755	0.889	drs	S92	0.663	0.667	0.995	irs	S136	0.999	1000	0.999	irs
S5	0.844	1000	0.844	drs	S49	0.998	1000	0.998	irs	S93	0.667	0.675	0.989	drs	S137	0.668	0.686	0.974	drs
S6	0.847	1000	0.847	drs	S50	0.662	0.667	0.993	irs	S94	0.996	1000	0.996	irs	S138	0.667	0.673	0.991	drs
S7	0.995	1000	0.995	irs	S51	0.656	0.667	0.984	irs	S95	0.664	0.667	0.996	irs	S139	0.993	1000	0.993	irs
S8	0.663	0.667	0.994	irs	S52	0.989	1000	0.989	irs	S96	0.665	0.667	0.998	irs	S140	0.661	0.667	0.991	irs
S9	0.665	0.667	0.998	irs	S53	0.661	0.667	0.992	irs	S97	0.993	1000	0.993	irs	S141	0.660	0.667	0.990	irs
S10	0.994	1000	0.994	irs	S54	0.664	0.667	0.996	irs	S98	0.660	0.667	0.990	irs	S142	0.995	1000	0.995	irs
S11	0.662	0.667	0.992	irs	S55	0.996	1000	0.996	irs	S99	0.658	0.667	0.988	irs	S143	0.658	0.667	0.987	irs
S12	0.663	0.667	0.995	irs	S56	0.676	0.855	0.791	drs	S100	0.995	1000	0.995	irs	S144	0.663	0.667	0.994	irs
S13	1000	1000	1000	-	S57	0.671	0.755	0.890	drs	S101	0.663	0.667	0.994	irs	S145	0.991	1000	0.991	irs
S14	0.678	0.986	0.688	drs	S58	0.994	1000	0.994	irs	S102	0.666	0.667	0.999	irs	S146	0.662	0.667	0.992	irs
S15	0.677	0.896	0.755	drs	S59	0.667	0.681	0.980	drs	S103	0.997	1000	0.997	irs	S147	0.656	0.667	0.984	irs
S16	0.997	1000	0.997	irs	S60	0.659	0.667	0.989	irs	S104	0.665	0.667	0.998	irs	S148	1000	1000	1000	-
S17	0.671	0.772	0.869	drs	S61	0.991	1000	0.991	irs	S105	0.664	0.667	0.996	irs	S149	0.659	0.667	0.989	irs
S18	0.672	0.789	0.852	drs	S62	0.671	0.744	0.901	drs	S106	0.997	1000	0.997	irs	S150	0.658	0.667	0.988	irs
S19	1000	1000	1000	-	S63	0.668	0.682	0.978	drs	S107	0.672	0.757	0.889	drs	S151	1000	1000	1000	-
S20	0.682	1000	0.682	drs	S64	0.998	1000	0.998	irs	S108	0.667	0.672	0.992	drs	S152	0.672	0.741	0.906	drs
S21	0.668	0.761	0.878	drs	S65	0.662	0.667	0.994	irs	S109	0.993	1000	0.993	irs	S153	0.667	0.671	0.994	drs
S22	1000	1000	1000	-	S66	0.665	0.667	0.997	irs	S110	0.669	0.697	0.959	drs	S154	1000	1000	1000	-
S23	0.668	0.694	0.962	drs	S67	1000	1000	1000	-	S111	0.667	0.667	1000	-	S155	0.675	0.791	0.853	drs
S24	0.670	0.755	0.888	drs	S68	0.664	0.667	0.996	irs	S112	0.996	1000	0.996	irs	S156	0.676	0.801	0.843	drs
S25	0.992	1000	0.992	irs	S69	0.665	0.667	0.997	irs	S113	0.670	0.714	0.938	drs	S157	0.994	1000	0.994	irs
S26	0.671	0.749	0.895	drs	S70	0.997	1000	0.997	irs	S114	0.675	0.795	0.848	drs	S158	0.689	1000	0.689	drs
S27	0.662	0.667	0.994	irs	S71	0.660	0.667	0.990	irs	S115	0.999	1000	0.999	irs	S159	0.663	0.667	0.994	irs
S28	1000	1000	1000	-	S72	0.662	0.667	0.994	irs	S116	0.666	0.667	1000	-	S160	0.997	1000	0.997	irs
S29	0.674	0.827	0.815	drs	S73	0.994	1000	0.994	irs	S117	0.665	0.667	0.998	irs	S161	0.664	0.667	0.996	irs
S30	0.668	0.690	0.967	drs	S74	0.659	0.667	0.988	irs	S118	1000	1000	1000	-	S162	0.668	0.680	0.981	drs
S31	0.994	1000	0.994	irs	S75	0.662	0.667	0.994	irs	S119	0.670	0.721	0.929	drs	S163	0.994	1000	0.994	irs
S32	0.678	0.921	0.736	drs	S76	1000	1000	1000	-	S120	0.671	0.732	0.917	drs	S164	0.669	0.705	0.950	drs
S33	0.676	0.866	0.780	drs	S77	0.670	0.721	0.929	drs	S121	0.996	1000	0.996	irs	S165	0.668	0.690	0.969	drs
S34	0.996	1000	0.996	irs	S78	0.666	0.667	0.999	irs	S122	0.659	0.667	0.989	irs	S166	0.995	1000	0.995	irs
S35	0.672	0.785	0.856	drs	S79	1000	1000	1000	-	S123	0.664	0.667	0.996	irs	S167	0.662	0.667	0.992	irs
S36	0.670	0.747	0.897	drs	S80	0.668	0.685	0.975	drs	S124	0.997	1000	0.997	irs	S168	0.662	0.667	0.992	irs
S37	1000	1000	1000	-	S81	0.673	0.781	0.861	drs	S125	0.664	0.667	0.996	irs	S169	0.997	1000	0.997	irs
S38	0.667	0.670	0.996	drs	S82	0.994	1000	0.994	irs	S126	0.665	0.667	0.998	irs	S170	0.662	0.667	0.993	irs
S39	0.666	0.667	0.999	irs	S83	0.668	0.687	0.972	drs	S127	1000	1000	1000	-	S171	0.662	0.667	0.993	irs
S40	0.999	1000	0.999	irs	S84	0.669	0.707	0.947	drs	S128	0.662	0.667	0.993	irs	S172	1000	1000	1000	-
S41	0.662	0.667	0.994	irs	S85	0.998	1000	0.998	irs	S129	0.664	0.667	0.996	irs	S173	0.662	0.667	0.993	irs
S42	0.669	0.716	0.934	drs	S86	0.668	0.694	0.963	drs	S130	1000	1000	1000	-	S174	0.665	0.667	0.998	irs
S43	0.997	1000	0.997	irs	S87	0.669	0.700	0.955	drs	S131	0.669	0.709	0.945	drs	S175	0.997	1000	0.997	irs
S44	0.670	0.745	0.900	drs	S88	1000	1000	1000	-	S132	0.667	0.674	0.990	drs	S176	0.662	0.667	0.994	irs
															S177	0.660	0.667	0.991	irs

Yapılan analiz sonucu, CCR modeli sonuçlarına göre S1, S3, S4, S13, S19, S22, S28, S37, S67, S76, S79, S88, S118, S127, S130, S133, S148, S151, S154 ve S172 senaryoları etkin olarak bulunmuş, BCC modeli sonuçlarına göre S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S10, S13, S16, S19, S20, S22, S25, S28, S31, S34, S37, S40, S43, S46, S49, S52, S55, S58, S61, S64, S67, S70, S73, S76, S79, S82, S85, S88, S91, S94, S97, S100, S103, S106, S109, S112, S115, S118, S121, S124, S127, S130, S133, S136, S139, S142, S145, S148, S151, S154, S157, S158, S160, S163, S166, S169, S172 ve S175 senaryoları etkin bulunmuştur. Her iki model içinde etkin olan senaryolar, S1, S3, S4, S13, S19, S22, S28, S37, S67, S76, S79, S88, S118, S127, S130, S133, S148, S151, S154 ve S172 senaryolarıdır. CCR modelinde etkin olan senaryoların referans gösterilme sıklıkları Tablo 5'te verilmiştir.



Tablo 5: CCR modelinde etkin KVB referans sıklıkları

Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı
1	10	22	86	79	75	133	0
3	3	28	2	88	72	148	6
4	31	37	2	118	5	151	0
13	59	67	31	127	0	154	65
19	3	76	0	130	0	172	4

Etkin olan KVB leri arasında S22, 86 kere referans alınmış olmakla en çok referans gösterilen senaryo olmuştur. S76, S127, S130, S133 S151 yapılan analiz sonucunda etkin bulunmuş ancak hiç referans gösterilmemişlerdir. BCC modelinde etkin olan senaryoların referans gösterilme sıklıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: BCC modelinde etkin KVB referans sıklıkları

Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı	Etkin KVB	Referans Sıklığı
S1	20	S34	0	S82	0	S130	0
S2	0	S37	0	S85	0	S133	0
S3	1	S40	0	S88	16	S136	0
S4	48	S43	0	S91	0	S139	0
S5	3	S46	0	S94	0	S142	0
S6	20	S49	0	S97	0	S145	0
S7	0	S52	0	S100	0	S148	1
S10	0	S55	0	S103	0	S151	0
S13	113	S58	0	S106	0	S154	72
S16	0	S61	0	S109	0	S157	0
S19	3	S64	0	S112	0	S158	51
S20	1	S67	9	S115	0	S160	0
S22	53	S70	0	S118	1	S163	0
S25	0	S73	0	S121	0	S166	0
S28	7	S76	0	S124	0	S169	0
S31	0	S79	19	S127	0	S172	2
						S175	0

BCC modelinde etkin KVB arasında S13, 113 kez referans alınmış ve en çok referans gösterilen senaryo olmuştur. Toplamda 47 senaryo etkin olmasına rağmen hiç referans gösterilmemiştir. Analizlerin sonucunda karar verme birimlerinin (senaryoların) görelî etkinlik değerleri, kullanılan VZA modellerine göre farklılık gösterebilmektedir. Sonuçlara bakıldığında etkinlik sınırının yapısı iki modelde de farklılık gösterdiğinden dolayı bir modelde etkin olmayan bir senaryo diğer modelde etkin olabilir. CCR modelinde toplam 20 senaryo etkin bulunurken, BCC modelinde toplamda 65 senaryo etkin bulunmuştur. Her iki modelde de etkin bulunan senaryo sayısı 20 dir.

6. Sonuç ve Öneriler

Sağlıklı yaşam, kilo kontrolü, fiziksel aktivite gibi terimler gün geçtikçe hayatımıza daha çok girmekte ve bu konudaki bilinç hızla artmaktadır. Bundan dolayı spor merkezlerine olan talep sürekli olarak artmakta ve insanlar sağlıklı yaşam için spor merkezlerine üye olmaktadır. Rekabetin üst seviye olduğu bu pazarda müşterilerine iyi hizmet vermek isteyen spor merkezleri sürekli olarak kendilerini yenilemeli, rekabete ayak uydurmalı ve müşteri memnuniyetini en üst seviyede tutmalıdır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde, ele alınan spor merkezinin müşterilerinin taleplerine daha iyi hizmetler sunarak karşılık vermesi amacıyla analizler yapılmış ve iyileştirme önerilerinde bulunulmuştur. Spor merkezinin mevcut durum analizinin yapılmasında, benzetim modeli kullanılması tercih edilmiştir. Bunun sebebi matematiksel modeller ile çözülmesi çok zor olan karmaşık sistemlerin, benzetim modeli ile rahat bir şekilde modellenerek analiz edilebilmesidir. Bu benzetim modelinin oluşturulmasında Arena simülasyon programı kullanılmıştır.

Spor merkezinin mevcut sisteminin benzetim modelinin kurulabilmesi amacıyla süreç akış şeması oluşturulmuş, süreçlerin süreleri zaman tutma çalışmalarıyla belirlenmiş ayrıca bilgi sistemindeki mevcut bilgiler alınmıştır. Tüm bu veriler bilgisayar ortamında işlenerek benzetim modeli ortaya konulmuştur.



Benzetim modelinin çalıştırılması sonucu ortalama toplam antrenman süresi 99,33 dakika, ortalama antrenör kullanım oranı 0,23 , günde ortalama hizmet verilen üye sayısı 194,2 olarak elde edilmiştir. Bunun yanında darboğazların yaşandığı 5 fitness makinesi tespit edilmiş ve bekleme süreleri elde edilmiştir. Oluşan bekleme sürelerini dolayısıyla ortalama toplam antrenman süresini kısaltmak ve antrenör kullanım oranını azaltarak antrenörün saha içinde daha aktif olmasını sağlayabilmek amacıyla olabilecek tüm iyileştirme senaryoları oluşturulmuştur. Bu iyileştirme senaryolarında maddi ve kullanılabilir alan kısıtları göz önüne alınmış, darboğaz oluşan makinelerde ve antrenör sayısında kaynak artırımına gidilmiştir. Bu şekilde oluşturulan toplam 177 adet senaryonun benzetim modeli sonuçları elde edilmiştir.

Senaryoların analizi, birden fazla girdi ve çıktıyı aynı anda analiz edebilen doğrusal programlama temelli parametrik bir yöntem olmayan veri zarflama analizi yöntemiyle yapılmıştır. VZA'nde karar verme birimi olarak kullanılacak olan senaryolar spor merkezindeki mevcut kullanılabilir alan ve maddi kısıtlar çerçevesinde oluşturulmuştur. Toplam 177 adet senaryonun görelî etkinlik analizi yapılmıştır. Senaryoların etkinliklerinin ölçülebilmesi için 2 adet girdi ve 3 adet çıktı değişkeni belirlenmiştir. Girdi değişkenleri antrenör sayısı ve makine alım maliyetleri olarak, çıktı değişkenleri ise ortalama antrenman süresi, hizmet verilen ortalama üye sayısı ve ortalama antrenör kullanım oranı olarak seçilmiştir.

Etkinlik analizi DEAP 2.1 veri zarflama analizi paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Analizde girdiler üzerinde kontrolün fazla olması sebebiyle girdi yönelimli model kullanımı tercih edilmiştir. Analiz, CCR ve BCC modellerinin ikisi içinde girdi yönlü olarak yapılmış teknik ve ölçek etkinlikleri hesaplanmıştır.

Yapılan VZA ile etkin olan ve olmayan KVB ler belirlenmiştir. CCR modeliyle girdi yönlü yapılan analizde 177 senaryo içinde 20 senaryo etkin bulunmuş, bunlar S1, S3, S4, S13, S19, S22, S28, S37, S67, S76, S79, S88, S118, S127, S130, S133, S148, S151, S154 ve S172 nolu senaryolardır. BCC modeliyle girdi yönlü yapılan analizde ise 65 senaryo etkin bulunmuştur, bu senaryolar S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S10, S13, S16, S19, S20, S22, S25, S28, S31, S34, S37, S40, S43, S46, S49, S52, S55, S58, S61, S64, S67, S70, S73, S76, S79, S82, S85, S88, S91, S94, S97, S100, S103, S106, S109, S112, S115, S118, S121, S124, S127, S130, S133, S136, S139, S142, S145, S148, S151, S154, S157, S158, S160, S163, S166, S169, S172 ve S175 nolu senaryolardır. Uygulanan her iki modelde de 20 senaryo etkin bulunmuştur. Her iki modelde de etkin senaryolar S1, S3, S4, S13, S19, S22, S28, S37, S67, S76, S79, S88, S118, S127, S130, S133, S148, S151, S154 ve S172 senaryoları olarak belirlenmiştir. Burada dikkat çekici olan CCR modelinde etkin bulunan senaryoların tümünün BCC modelinde etkin bulunmuş olmasıdır. BCC modelinde etkin bulunan ancak CCR modelinde etkin bulunmayan S2, S7, S10, S16, S25, S31, S34, S40, S43, S46, S49, S52, S55, S58, S61, S64, S70, S73, S82, S85, S91, S94, S97, S100, S103, S106, S109, S112, S115, S121, S124, S136, S139, S142, S145, S157, S160, S163, S166, S169, S175 nolu senaryoların etkinlikleri 0,90 – 1 bandında olduğundan küçük iyileştirmelerle etkin hale getirilebilirler.

BCC modelinin ortalama etkinlik skoru 0,812 iken CCR modelinin ortalama etkinlik skoru 0,783 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizler incelendiğinde antrenör artırımını yapılmadan makine kaynak artırımını yapılan senaryoların daha etkin olduğu görülmektedir. Her iki model ile yapılan analizlerde etkin çıkan senaryolar arasından, ortalama antrenman süresini minimuma düşürmesi ve dolayısıyla üyenin en çok önemseydiği nokta olan antrenman süresini ve bekleme sürelerinin en aza indirerek müşteri memnuniyetini sağlaması sebebiyle senaryo 154 uygulanabilir bir karar olarak karşımıza çıkmaktadır. Kararın uygulanması durumunda mevcut duruma göre ortalama antrenman süresinde %19,05 lik bir azalma sağlanmakta, hizmet verilen ortalama üye sayısında %5,87 lik bir artış sağlanmakta ve antrenör kullanım oranında ise bir değişiklik yaşanmamaktadır. Etkin olmayan senaryolar için belirlenen hedef değerlere bakıldığında makine alımları için oluşan maliyetin azaltılması yani fiyat ve pazar araştırmaları ile aynı makinelerin daha düşük fiyatlara alınabilmesi ile senaryoların daha etkin olabileceği görülmüştür.

İleride bu konu ile ilgili yapılabilecek çalışmalarda maliyet veya alan kısıtı olmaksızın tüm senaryolar değerlendirilerek daha verimli sonuçlar elde edilebilir ayrıca girdi ve çıktılara yöneticiler ve karar vericiler tarafından ağırlıklar belirlenerek daha gerçekçi olan sonuçlara ulaşılabilir. Yapılabilecek başka bir çalışmada, kullanılan antrenman programlarının profesyoneller eşliğinde değiştirilmesi veya soyunma odası dolap sayılarının artırılması durumlarını içeren, mevcut duruma alternatif iyileştirme senaryoları oluşturulabilir ve analizleri yapılabilir.

7. Kaynakça

- Aazadeh, A., Ghaderi, S.F., Izadbakhsh, H. (2008). Integreation of DEA and AHP with compuet simulation for railway system improvement and optimization. *Applied Mathematics and computation*, 195, 775-785.
- Akal, Z. (2005). İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi Çok Yönlü Performan Göstergeleri. MPM Yayınları, Ankara.
- Anderson, R.I., Fok, R. ve Scott, J. (2000). Hotel Industry Efficiency : AN Advanced Linear Programming Examination. *American Business Review*, Cilt 18, 40-48.
- Andrson, C., Butcher, C., Moureno, A. (2010). Emergency Department Patient Flow Smulation at Health Alliance. Major Qualifying Project Proposal Completed in partial fulfillment of the Bachelor of Science degree at Worcester Polytechnic Institute. Worcester MA, USA.
- Aslankaraoğlu, N. (2006). Veri Zarflama Analizi ve temel bileşenler analizi ile Avrupa Birliği ülkelerinin sıralanması. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Banks, J., Jhon, S. ve Nelson, B.L. (1996). *Discrete-Event System Simulation*. 2. Baskı, New Jersey, 23-24.
- Baysal, M.E., Alçılar, B., Çerçioğlu, H., Toklu, B. (2005). Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinin 2004 Yılı Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenip Buna Göre 2005 Yılı Bütçe Tahsislerinin Yapılması. *SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9, 1.



- Budak, H. (2010). Veri Zarflama Analizi ve Hisse Senedi Seçiminde Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Bussofiane, A., Dyson, R. ve Rhodes, E. (1991). Applied Data Envelopment Analysis. European Journal of Operational Research, Cilt 2, 1-15.
- Cooper, W.W., Seiford, L.M., Zhu, J. (2004). Data Envelopment Analysis : History, Models an Interpretations, in Handbook on Data Envelopmen Analysis. Kluwer Academic Publisher, New York, 8-21.
- Garcia, M.L., Centeno, M.A., Rivera, C. ve DeCario, N. (1995). Reducing time in an emergency room via a fast-track. Processdings of the 1995 Winter Simulation Conferce. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1048-1053.
- Güçlü, A. (1999). Türk Silahlı Kuvvetleri Hastanelerinde Teknik Verimlilik Ölçümü : Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Yayınlanmamış Doktora Tezi.
- Gündüz, Y. (2005). Akış Tipi Atölye Sisteminde Benzetim ile En iyileme Man Türkiye A.Ş.'de Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Haas, D.A., ve Murphy, F.H. (2003). Compensating for Non-Homogeneity in Decision-Making Units in Data Envelopment Analysis. European Journal of Operational Research, 144, 530-544.
- Halaç, O. (1982). İşletmelerde Simulasyon Teknikleri. İstanbul Üniversitesi, 1.
- Hamdy, A., Taha. (2007). Yöneylem Araştırması. 6. Basımdan Çeviri, İstanbul : 665.
- <https://www.voitbayi.com>
- Koz, M. ve Ersöz, G. (1995). Egzersiz ve İmmün Sistem, 412.
- Law, A.M., Kelton, D.W. (2000). Simulation Modelling and Analysis. New York, McGraw-Hill, Üçüncü Baskı.
- Law, A.M., Kelton, D.W. (2008). Simulation Modelling and Analysis. McGraw-Hill, USA.
- Law, A.M., Kelton, W.D. (2007). Simulation Modelling and Analysis. New York : McGraw-Hill, s.709.
- Lukee, R.D., Ozcan, Y.A., Bramble, J.D. (1997). Configurational Efficiency of Urban Strategic Hospital Alliances. Cilt 14.
- Martin, C.J. ve Roman, C. (2001). An Application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. Journal of Air Transport Management, Cilt 7, 149-157.
- Oruç, K.O. (2008). Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Özdemir A., ve Demirelli, E. (2013). Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi ile Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, Cilt 9, 215-238.
- Özden, Ü.H. (2008). İstatistiksel Simülasyon. Benzetim Semineri İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Pokopenko, J. (1992). Verimlilik Yönetimi. Çev:(Olca Baykal vd.). MPM yayın No:476, Ankara.
- Ramanathan, R. (2003). Data Envelopmen Analysis. Sage Publications, New Delhi.
- Tanyaş, M. (2000). Endüstri Mühendisliğine Giriş. Cilt 1, İstanbul.
- Weng, S.J., Wang, L.M., Tsai, B.S., Chang, C.Y. ve Gotcher, D. (2011).Using Simulation and Data Envelopment Analysis in Optimal Healthcare Efficiency Allocations. In Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference, 1295-1305.
- Yılmaz, Y. (2007). <http://slideplayer.biz.tr/slide/2402046/>. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Mühendisliğine Giriş Ders Notları.
- Yılmaz, M.K. ve Çıracı, D. (2004). Hisse Senetler İMKB'de İşlem Gören Çimento Şirketleri' nin Likidite ve Karlılık Açısından Veri Zarflama Yöntemi ile Etkinlik Analizi. Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 3, 124-148.



DETERMINATION OF COMPOST EFFICIENCY OBTAINED FROM SHEEP MANURE AND VEGETABLE-FRUIT WASTE MIXTURES

Esin Hande Bayrak Işık^{1*}, Fatih Polat²

1,2Gaziosmanpaşa University, Almus Vocational Higher School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology / Laboratory Technology Program, Tokat, Turkey

esinhande.bayrak@gop.edu.tr, fatih.polat@gop.edu.tr

**Corresponding Author*

Abstract

Compost is the mineralized form of a wide range of biochemically decomposable organic matter which is stabilized by organisms. Many solid wastes are converted into useful, usable, and economical products through this method.

In this study, mixtures of sheep manure and vegetable-fruit wastes (apples, carrots, banana peels, cherry stalks, melon-watermelon peels, peppers, cucumber shells, pumpkin shells, spinach leaves, walnut, hazelnut shells) were utilized to obtain compost. For the study, compost bins containing mixtures of 3 different ratios were prepared. The first bin contained 40% sheep manure and 60% vegetable-fruit wastes, the second bin contained 60% sheep manure and 40% vegetable-fruit wastes, and the third bin contained 80% sheep manure and 20% vegetable-fruit wastes. The bin contents were stirred in the morning and evening every two days for the first two weeks. In the next two weeks, the lids of the bins were left closed for four days and open for three days. During the process, the bins were added water depending on their moisture levels. Temperature, humidity, and pH measurements were made daily, while gas measurements were made weekly. Organic material and C/N analyzes were done twice in a private laboratory, one at the beginning and the other at the end of the compost production process.

The results indicated that the stirring process had positive effects on the production of compost and that the best compost yield was obtained from %60 sheep manure and %40 fruit-vegetable waste combination. With this method, we concluded that most materials considered as waste can be evaluated effectively.

Keywords: *Fertilizer, Compost, Fruit waste, Vegetable waste*

1. Introduction

Growing waste due to industrial development has become an environmental problem in recent years. The elimination of the pollution brought about by industrial, domestic, and agricultural wastes in the environment and the efficient utilization of these wastes at the same time have become inevitable for today's societies. Production of compost from wastes is a cheap and simple method providing a solution to this problem.

Compost is the end product which is obtained by microbial decomposition of organic residues in aerobic conditions. It contains plant nutrients, is rich in organic matter, is harmless in terms of health, looks like humus, and is in a stable state (Erdin, 1981). Composting is a controlled decomposition process that allows the activity of aerobic bacteria and other microorganisms for obtaining a stable end product suitable for applying to the soil and achieving the decomposition of organic matter (Aguilar et al., 1997). The composting process is shown in Figure 1 (Keener et al., 2000).

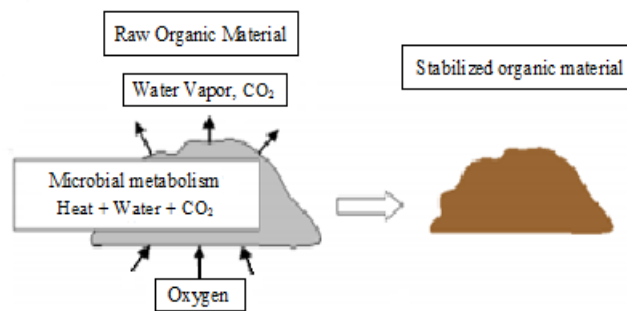


Figure 1: Simplified composting process (Keener et al., 2000).

European Union waste legislation restricts the direct storage of biodegradable wastes in landfills without a biological treatment (1999/31 / EC). For this reason, it is necessary to achieve widespread use of all biological treatment methods, which also include composting, in the waste management system in our country.



The basic principle of the Waste Management Regulation puts forth the prevention of waste generation, the reduction of non-preventable wastes at the source, the recycling of the wastes as much as possible, and the elimination of non-recyclable wastes by environmentally friendly methods (AYY, 2015). This will, in return, increase recycling and prevent environmental pollution.

1.1. Stages of Composting:

The consecutive emergence of various microfloras can be defined as the composting process. Mesophilic microflora is observed at the beginning of the process. Then, thermophilic microflora occurs when the temperature reaches 45-70°C. Next, the second mesophilic microflora shows up as the temperature starts to decrease. Finally, ripening microflora is observed. In this way, successive different microfloras play an important role in the decomposition of organic pollutants (Houot et al., 2001).

The microbial activity in the composting process is effective in the occurrence of four different phases (latent phase, mesophilic growth phase, thermophilic phase, ripening phase). These phases are given in Figure 2 according to temperature changes (Stoffella and Kahn, 2001).

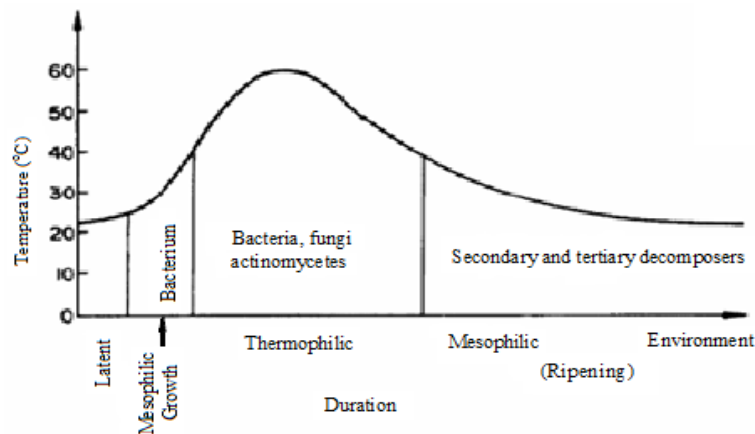


Figure 2: Temperature curve of the composting process (Stoffella and Kahn, 2001).

1.2. Parameters Affecting the Composting Process:

The parameters affecting the composting consist of oxygen and ventilation; nutrients (C: N ratio); moisture; porosity, structure, consistency and particle size; pH; temperature, and duration. Table 1 summarizes the recommended conditions for fast composting (Öztürk, 2017).

Table 1: Recommended conditions for fast composting (Öztürk, 2017).

Parameter	Reasonable Range ^a	Recommended Range ^b
Carbon-Nitrogen Ratio (C:N)	20:1-40:1	25:1-30:1
Moisture Content	%40-65 ^b	%50-60
Oxygen Concentration	> %5	>> %5
Particle Size (diameter in cm)	0,32-1,27	Changeable ^b
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Temperature (°C)	43-65	54-60

^aThese values apply to fast composting. Values outside these ranges are available.

^bIt changes by the material used, the mass size and / or weather conditions.

1.3. Composting Methods:

There are different composting methods employed worldwide. In general, these methods are divided into two as open and closed systems; yet, they vary within their groups by operating conditions and the machinery and equipment used.

Commonly used systems are as follows:

1. Composting in a passive or open pile,
2. Composting in turned piles using loader machines to turn, mix, and process,
3. Composting in turned piles using special conveyor machinery,



4. Aerated static pile composting using perforated pipes,

5. In-reactor composting,

6. Garden type composting.

The first three methods take place outdoors. Aerated static pile and reactor-type systems are usually closed with a structure; thus, moisture, odor control, and treatment are achieved more easily. The physical properties and processing characteristics of raw materials are effective in selecting the method of composting (Yıldız et al., 2009).

In light of this information, the examples of studies carried out on the topic are as follows:

Tanuğur (2009); studied the compostability of poultry wastes with different additives (clinoptilolite, sepiolite, pumice, and magnesite minerals). In this study, 4 reactors with 200-liter volume were utilized, and temperature, pH, water content, organic matter, nitrogen, and phosphorus parameters were examined. As a result, the products obtained in all reactors were found to meet the standards, and the study reported that chicken waste could be more effectively composted by using natural and cheap additives / porous materials.

Tosun et al., (2011); investigated the effect of various proportions (%50:%50, %25:%75, %47.5:%47.5:%5, %45:%45:%10 by volume) of animal waste, regulator (straw), and bulking agent (polyethylene pipe) on compost efficiency for 92 days in 4 different reactors. Temperature, oxygen, moisture content, UKM, pH, C / N, heavy metal, E.coli, and salmonella parameters were examined during the process. As a result, the composting trial carried out with 50%: 50% waste: straw mixture was found to provide the desired product quality.

Çataltaş (2013); examined the composting of animal manure mixed with ground dry plane leaves, domestic treatment sludge, ground sunflower stalk, and chopped fresh potato peel in different ratios by mass in 30-liter reactors for 21 days. As a result, composting efficiency was found to increase when the mixture consisting of bovine waste, domestic treatment sludge, and dry plane leaves were added potato peels, 20% of the mixture by mass. When temperature, elapsed time in thermophilic phase, final C/N, final (C/N) / initial (C/N), and nitrification index parameters were examined, the highest composting efficiency was obtained from the mixture involving 30% domestic treatment sludge, 50% fertilizer, and 20% sunflower stalk.

Atalay (2016); investigated the effect of additives on compost efficiency by mixing food industry treatment sludge (TS) with corn cobs (CC), wheat straw (WS), sunflower stalks (SS), peanut shells (PS), plane tree leaves (PL), sawdust (S), cotton bolls (CB) and rice husk (RH) in 30 liter reactors for 21 days. In the compost trials, 60% TS and 40% additive and 80% TS and 20% additive mixtures were used. As a result, the material mixed with treatment sludge such as corn cobs, sunflower stalks, peanut shells, and cotton bolls were found to significantly increase the composting process efficiency, and they were determined to be suitable for obtaining good compost.

In this study, mixtures of sheep manure and vegetable-fruit wastes were used for obtaining compost, which allowed the wastes used in the process to be evaluated efficiently.

2. Material and Method

In this study, sheep manure and vegetable-fruit wastes (apples, carrots, banana peels, cherry stalks, melon-watermelon peels, peppers, cucumber shells, pumpkin shells, spinach leaves, walnut, and hazelnut shells) were used as materials. The wastes were obtained from the marketplace. Bins were used as composting equipment. The properties of the materials used are given in Table 2. Mixing ratios in the bins and the processes applied are given in Table 3.

Table 2: The properties of the materials used in the composting study

Criteria	Sheep manure	Vegetable-fruit wastes
Solid matter (%)	30,8	57,3
Moisture (%)	69,2	42,7

Table 3: Mixing ratios of the materials and the processes applied

Bin No	Sheep manure (%)	Vegetable-fruit wastes (%)	Process
1	40	60	<i>Stirred in the morning and evening every two days for the first two weeks</i>
2	60	40	<i>lids of the bins were left closed for four days and open for three days in the next two weeks</i>
3	80	20	

The bins with 250 l volume were used in the study. Some holes were reamed around the bin to allow composting and air contact within the bin. The stirring process was carried out by apparatuses placed on both sides of the bins. The compost bin used in the study is given in Figure 3.





Figure 3: Compost bin

Three different mixing ratios were prepared for the study. 40% sheep manure and 60% vegetable-fruit wastes were put into the first bin; 60% sheep manure and 40% vegetable-fruit wastes were put into the second bin; and 80% sheep manure and 20% vegetable-fruit wastes were put into the third bin. The study lasted for one month, and the measurements were carried out by mixing the bin contents in the morning and evening every two days in the first two weeks, and by leaving the bin lids closed for four days and open for three days in the last two weeks. Temperature, humidity, and pH measurements were made daily, and gas measurements were made weekly.

3. Findings and Discussion

3.1. Temperature

Temperature measurements were carried out with probes placed horizontally at the midpoint of the materials in the bins. Due to the heat released along with the decomposition of organic matter, a temperature increase had been observed in all bins since the first day, and the temperature increase was found to be higher during times when the bin contents were stirred. This shows that stirring is an effective parameter in composting. As a result of the degradation of organic matter, temperatures dropped in all bins after nearly 2 weeks. Small fluctuations in temperatures after 2 weeks were due to the decomposition of very little organic matter due to oxygen inflow and treatments applied to bins. The highest temperature was measured as 61.3°C on the 11th day in the bin with number 2. Temperature variations along the composting process are shown in Figure 4.

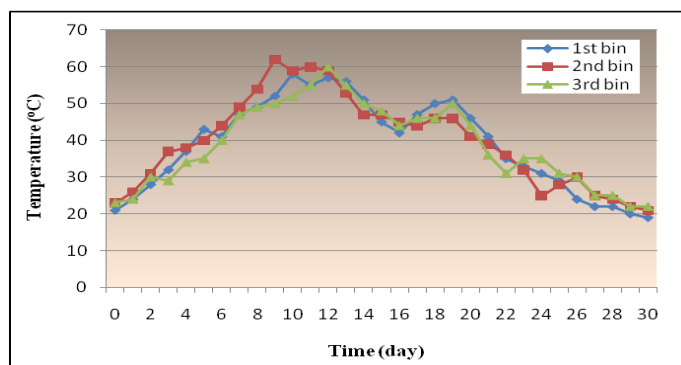


Figure 4: Compost temperatures

3.2. Moisture Content

The minimum water content in aerobic composting is 40%. Decomposition rate decreases and microbiological activity slows down if water content goes below 40%. Moreover, all microbiological activity stops if the water content goes below 8-12%. While the water content in the composting process varies by the composting method, the porous material used, and the characteristics of the waste, practically a minimum water content of 40% should be ensured (Epstein, 1997).

In the study, a decrease in moisture content was observed as of the beginning. When the moisture content graph was compared to the temperature graph, a decrease in the moisture values was observed on days when the temperatures increased, and an increase in moisture values was observed on days when the temperatures decreased. The initial and final moisture values observed in the bins were as follows: 58% - 49%, 62% - 50%, and 64% - 54%. Minimum water content was ensured in all bins. The moisture values of the composting process are shown in Figure 5.



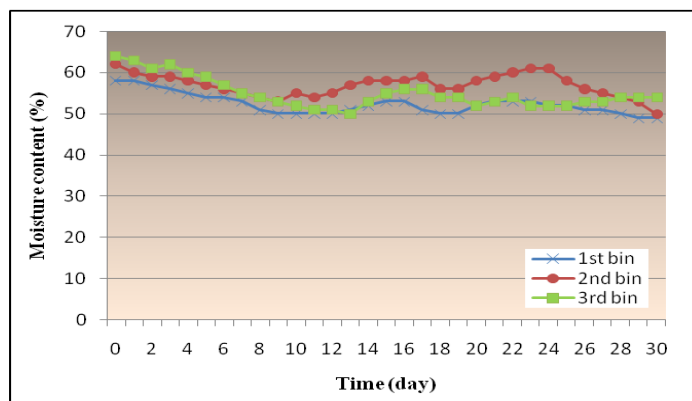


Figure 5: Moisture content of the compost

3.3. pH Changes

The composting process takes place between $4.5 < \text{pH} < 9.5$, and the optimum pH is about 6.5. Low pH values give rise to bacteria formation, while high pH values bring about dense mold and actinomycetes. Composting material is relatively less sensitive to pH due to the broad spectrum of microorganisms, but the desired range is between 6.5 and 8 (Öztürk et al., 2005). At the beginning of the process, pH values in the bins varied between 6.9 and 7.3, and between 7.5 and 8.0 at the end of the process. In the ripening phase of the composting process, some fluctuations in pH values were observed. The pH values of the composting process are shown in Figure 6.

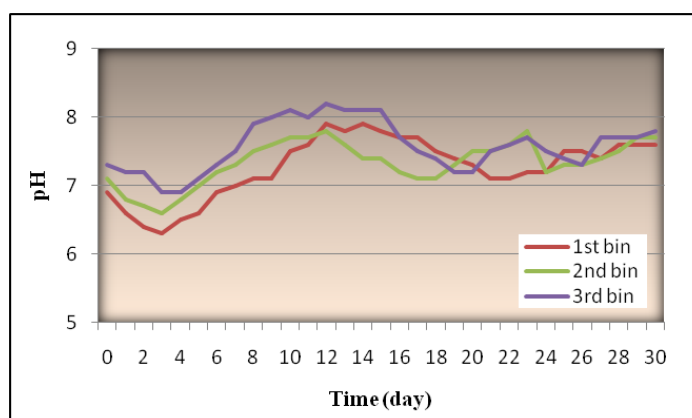


Figure 6: pH changes

3.4. Carbon / Nitrogen

C/N proportion is one of the parameters that impact the composting process and must be monitored throughout the process. The change in this proportion, too, like temperature, is indicative of microorganism activity.

C/N proportion is used as a sign of stability and ripening. However, the use of C/N parameter can sometimes be misleading, too. Therefore, other parameters should be used in addition to this parameter. Researchers such as Jimenez and Garcia (1989), Aydın and Kocasoy (2002), and Tosun (2003) used final(C/N) / initial(C/N) parameter as the indicator of stabilization. Jimenez and Garcia (1989) showed that the final(C/N) / initial(C/N) value ranged from 0.49 to 0.85 for different composting durations.

The final(C/N) / initial(C/N) proportion was found to be in the range of 0.55-0.7 in the study of Aydın and Kocasoy (2002), and 0.45-0.6 in the study of Tosun (2003) (Arıkan and Öztürk, 2005).

In this study, the final(C/N) / initial(C/N) value of the compost products ranged between 0.46 and 0.57, and they were consistent with the values found in other studies. When compost mixtures were compared, the most stable compost product was found in bin 2 (final(C/N) / initial(C/N)= 0.57). C/N values of the compost mixtures are given in Table 4.

Table 4: final(C/N) / initial(C/N) values of the mixtures

Bin No	1	2	3
final(C/N) / initial(C/N)	0,46	0,57	0,54



3.5. Organic Matter Content

Another criterion utilized for the evaluation of the composting process is organic matter content. Table 5 presents organic matter decreases during the composting process in percentages. The maximum organic matter degradation took place in bin 2 with a proportion of 16.85%.

Table 5: Organic matter decreases in the compost mixtures in percentages

Bin No	1	2	3
OM (% decreases)	12,54	16,85	14,48

3.6. Gas Measurements

O₂ and CO₂ measurements were made in the compost mixtures. During the decomposition process of organic matter, CO₂ is released along with heat. Excess oxygen in the medium means that the decomposition is not fully realized, that is, the amount of CO₂ is low.

H₂S and CH₄ show up when oxygen is low in the environment. In the first measurements, O₂ is low in the environment because it is used in the decomposition reaction. Therefore, H₂S and CH₄ were abundant in the environment, especially on days when the content was not stirred and when the bin lid was closed. The gas measurement results are given in Figure 7.

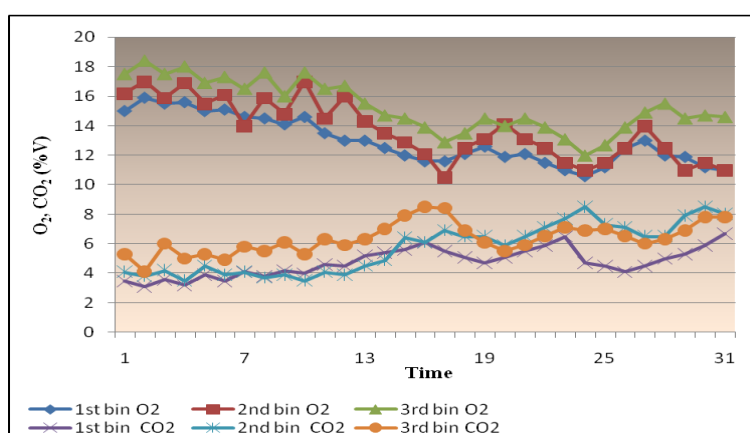


Figure 7: The results of gas measurements

4. Results

This study was carried out to produce compost from sheep manure and vegetable-fruit wastes prepared in three different mixing ratios using a closed reactor method. Bins were used in the composting process. The bin contents were subjected to morning-evening stirring every two days for the first two weeks. In the next two weeks, bin lids were left closed for four days and open for three days. During the process, O₂ inflow into the mixtures was provided. The study took one month. Daily temperature, humidity, and pH measurements and weekly O₂ and CO₂ measurements were made with digital devices. Furthermore, the C/N proportion of the organic material was calculated at the beginning and end of the composting process in the laboratory.

Temperature increases in the bins reached maximum levels after approximately 2 weeks. The highest temperature was determined as 61.3°C in barrel 2 on the 11th day.

The daily measured moisture values in the bins during the composting process were determined to be 58% - 49%, 62% - 50%, and 64% - 54%, respectively. Minimum water content was ensured in all bins.

The pH values were observed to increase compared to the initial values. In the study of Altınbaş et al. (2007) on composting mixed domestic solid wastes in Istanbul, the pH was initially found in the range of 5-7, while it increased to 8-8.5 as the process progressed. This is mostly due to CO₂ release in the medium and the decomposition of proteins.

The comparison of compost mixtures indicated that the most stable compost product was in bin 2 (final C/N / initial C/N = 0.57).

During the composting process, decreases in the amount of organic matter occurred as a result of biological activity in the environment. The more the decrease in the amount of organic matter is, the higher the quality of compost production is. The stirring process increases the rate of organic matter decomposition. When the mixtures were compared, the maximum decrease in organic matter decomposition was found in barrel 2 with 16.85%.

According to the gas measurement results, the use of O₂ during the process was observed to be higher at the beginning of the process. O₂ increased and CO₂ decreased as organic matter decreased in the course of time. H₂S and CH₄ were found to be higher in the environment when O₂ was low.

The analysis of the measurement results showed that the best quality compost production was achieved with 60% sheep manure and 40% vegetable-fruit waste mixture in bin 2. The stirring process was found to be effective on compost formation. Briefly, it is clear



that compost production, which is economical, environmentally friendly, and efficient, should be widely used in waste management. Thus, the pollution problem caused by wastes in the environment will be reduced, and, at the same time, the process will provide economic benefits.

5. References

- Aguilar, F.J., Gonzalez, P., Revilla, J., De Leon, J.J. & Porcel, O. (1997), "Agricultural Use of Municipal Solid Waste on Tree and Bush Crops", *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67:1, pp.73-79
- Altınbas, M., Arıkan, O., Demir, İ., Yıldız, Ş., Öztürk, Ç. & Öztürk, İ. (2007), "The Composting Process of Mixed Domestic Solid Wastes: The Case of İstanbul City", *Türkey 2007, Solid Waste Management and Environmental Problems Symposium in Turkey in the EU Process*, YTÜ, İstanbul.
- Arıkan, O.A. & Öztürk, İ. (2005), "The Effect of Organic Domestic Solid Waste Addition on Composting of Treatment Sludge", *Journal of İTÜ*, 4(1): pp.15-24.
- Atalay, Y. (2016), "Composting of Wastewater Treatment Sludge with Different Bulking Agents", *Uludağ University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department, Master's Thesis, Bursa*, p118.
- Waste Management Regulation (AYY), *Official Gazette*, date 02.04.2015 and issue 29314.
- Aydın, G.G. & Kocasoy, G. (2002), "Investigation of Appropriate Initial Composting and Aeration Method for Co-composting of Yard Waste and Market Wastes", *Proceedings. Appropriate Environmental and Solid Waste Management and Technologies for Developing Countries ISWA'2002 World Environment Congress and Fair*, 1277-1284, İstanbul.
- Çataltaş, A. (2013), "Composting of Animal Manure", *Uludağ University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department, Master's Thesis, Bursa*, p134.
- Epstein, E. (1997), "The Science of Composting", *Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Basel*.
- Erdin, E. (1981), "Utilization of Wastewater in Irrigation", *Seminar on Recent Developments in Water Chemistry and Technologies*, 8-12 June 1981, İzmir.
- Houot, S., Verge-Leviel, C., Le Villio, M. & Clergeot, D. (2001), "Influence of the Stability of the Compost Organic Matter on the Decay of Organic Pollutants during Composting and in Soil After Compost Application", *Applying Compost Benefits and Needs Seminar Proceedings*, 22-23 November 2001, Brussels, pp.191-199.
- Jimenez, E.I. & Garcia, V.P. (1989), "Evaluation of City Refuse Compost Maturity", *Biol. Wastes*, 27: 115-142.
- Keener, H.M., Dick, W.A. & Hoitink, H.A.J. (2000), "Composting and Beneficial Utilization of Composted By-Product Materials", *Land Application of Agricultural, Industrial and Municipal By-Products*, *Soil Science Society of America, Madison*, Chapter 10, pp.315-341.
- Öztürk, İ., Timur, H. & Koşkan, U. (2005), "Fundamentals of Wastewater Treatment", *TR, The Ministry of Environment and Forestry, Ankara*, p450.
- Öztürk, M. (2017), "Compost Production from Animal Manure and Wastes", *The Ministry of Environment and Urbanization, Ankara*, p207.
- Stoffella, P.J. & Kahn, B.A. (2001), "Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems", *CRC Press*, p430.
- Tanuğur, I. (2009), "Aerobic Composting of Broiler Waste with Different Amendments", *İstanbul Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department, Master's Thesis, İstanbul*, p109.
- Tosun, C., Binici, M.S., Mehmetli, E., Baban, A., Manav, N., Coşkun, T. & Debik, E. (2011), "Composting Bovine Wastes", *Sigma 3 - Journal of Engineering and Science*, pp.117-125.
- Tosun, İ. (2003), "Compostability of Rose Processing Wastes with Organic Fractions of Municipal Solid Wastes", *Yıldız Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department, Ph.D. Thesis, İstanbul*, p137.
- Yıldız, Ş., Ölmez, E. & Kiriş, A. (2009), "Compost Technologies and Applications in İstanbul", *Workshop on Composting Systems and Areas of Compost Use*, 18-19 June 2009, İstanbul.
- 1999/31/EC, "Council Directive on Landfilling of Waste", *Official Journal No: L 182, Date: 16.07.1999*.



TOKAT İLİ HAVA KALİTESİNİN 2012-2017 YILLARI ARASINDA SO₂ VE PM₁₀ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Esin Hande Bayrak Işık^{1*}, Fatih Polat²

1,2Gaziosmanpaşa University, Almus Vocational Higher School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technology / Laboratory Technology Program, Tokat, Turkey

esinhande.bayrak@gop.edu.tr, fatih.polat@gop.edu.tr

**Corresponding Author*

Özet

Havanın birleşiminin değişmesine ya da havada bulunmaması gereken maddelerin havaya karışmasına hava kirliliği denilmektedir. Nüfusun artması, kentlerin büyümesi, endüstrinin gelişmesi hava kirliliğine sebep olan etkenlerdendir. Bu etkenlere zamanında önlem alınmadığı takdirde giderek artan boyutlarda hava kirliliği görülecektir.

Bu çalışmada, Tokat ilinin yıllar içerisinde değişen hava kalitesi değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Tokat Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü tarafından hazırlanan çevre durum raporlarından temin edilmiştir. 2012-2017 yılları arasında belirli istasyonlarda ölçülen SO₂ ve toz partikül madde (PM₁₀) parametreleri göz önünde bulundurularak, altı yıllık ortalama veriler "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, EPA, WHO ve EU" da belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ilimiz hava kalite seviyesi iyi düzeyde görülmüştür. Yıllar içerisinde hava kalitesinde görülen iyileşmelere özellikle kış aylarında yakıt olarak kömür yerine doğalgaz kullanılmasının sebep olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, Kirleticiler, PM₁₀, SO₂, Tokat

1. Giriş

Son yıllarda hızla artan dünya nüfusu, plansız kentleşme, hızlı endüstrileşme ve artan enerji ihtiyacı atmosfer kompozisyonunda değişikliklere ve hava kirliliğine neden olmaktadır. Havada bulunan yabancı maddelerin, havanın doğal bileşimini değiştirerek, insan sağlığına, canlı hayatına, ekolojik dengeye ve eşyalara zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasına hava kirliliği denilmektedir (HKİA, 2018). Hava kirliliği başta insan sağlığı olmak üzere, tüm canlı ve cansız çevreye zararlı etkileri olan önemli çevresel sorunlardan biridir. Hava kirliliğinin sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir (Varınca ve ark., 2008). Kirlitici parametrelerin sağlık üzerindeki etkileri ise Çizelge 1'de verilmiştir (HKİA, 2018).



Şekil 1: Hava kirliliğinin sonuçları (Varınca ve ark., 2008).



Çizelge 1: Kirletici parametreler ve sağlık etkileri (HKİA, 2018).

Kirletici	Ana Kaynağı	Sağlık Etkisi
Kükürt dioksit	Fosil yakıt yanması	Solunum yolu hastalıkları
Azot oksitler	Taşıtların emisyonları, yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, asit yağmurları
Partikül Madde	Sanayi, yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, kalp problemleri, solunum yolu hastalıkları, bebek ölüm oranlarında artış
Karbon monoksit	Eksik yanma ürünü, taşıtların emisyonları	Kandaki hemogloblin ile birleşerek oksijen taşınma kapasitesinde azalma, ölüm
Ozon	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, göz ve burunda iritasyon, astım, vücut direncinde azalma

1.1. Hava Kirletici Parametreler:

Hava kirleticiler, gazlar ve partikül maddeler olarak iki gruba ayrılır. Kükürt oksitler (SO_x), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), metan (CH₄), metan dışı uçucu organik bileşikler ve ozon (O₃) başlıca hava kirletici gazlardır. Partikül maddeler ise havada asılı kalan katı ve sıvı maddelerdir (Ahrens, 2000; Polichetti ve ark., 2009). Bu kirleticilerden, SO₂ ve PM₁₀ ölçümü, kirlilik düzeyine karar verilirken, Dünya Sağlık Örgütü tarafından yeterli bulunarak bütün dünya ülkelerine önerilmiştir (Akdur ve ark., 1998). Temiz ve kirli havadaki kirleticilerin konsantrasyonları Çizelge 2'de verilmiştir (Schnelle ve Brown, 2002).

Kükürt dioksit (SO₂), kömür ve fuel-oil'in yapısında bulunan kükürt bileşiklerinin yanması ile açığa çıkan renksiz bir gazdır. Kaynağını; endüstriyel uygulamalar, ısınma amaçlı kullanılan evsel yakıtlar, termik santraller ve belli bir miktar da dizel yakıtlı taşıtların kullanımı oluşturmaktadır. SO₂ konsantrasyonları genellikle kömür kullanımının yaygın olduğu şehirlerin merkezi bölgelerinde ve endüstriyel alanların çevrelerinde yüksek değerlerdedir (Akyürek, 2012).

Partikül madde (PM), atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük partiküllerin dışında, atmosferde yayılan çok küçük tanecikli katı veya sıvı partiküllerdir. Kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5µm den büyük kaba partiküller, aerodinamik çapı 2.5µm den küçük ince partiküller olarak iki gruba ayrılır. Partikül maddeler yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat faaliyetleri, endüstriyel faaliyetler ve yerden kalkan tozlar gibi birçok kaynaktan oluşabilir (Özdemir, 2008).

Çizelge 2: Temiz ve kirli havadaki kirletici miktarları (Schnelle ve Brown, 2002).

Hava Kirletici	Temiz kabul edilen havadaki konsantrasyon (ppm)	Kirli havadaki konsantrasyon (ppm)
SO ₂	0,001-0,01	0,02-3,2
CO ₂	300-330	350-700
CO	1	2-300
NO _x	0,001-0,01	0,30-3,5
Toplam hidrokarbonlar	1	1-20
Partikül madde	10-20 µg/m ³	260-3200 µg/m ³

1.2. Hava Kalitesi İndeksi:

Hava Kalitesi İndeksi (HKİ), günlük hava kalitesini bildiren bir indekstir. HKİ belli bir bölgedeki hava kalitesinin karakterize edilmesi için, ülkelerin kendi sınırlarına göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılması yaptıkları bir indekstir. İndeks belirli kategorilerde farklı tanımlar ve renklerle kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirletici (PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ ve O₃) için ayrı ayrı düzenlenmektedir. Bu kirleticilerin her biri için A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (EPA), halk sağlığını korumak için ulusal hava kalitesi standartları oluşturmuştur (EPA, 2003). EPA hava kalitesi indeksi Çizelge 3'de, ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları Çizelge 4'de verilmiştir (HKİA, 2018).

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak amacıyla, yönetmelikler ve standartlar yayımlanmıştır. "Dünya Sağlık Örgütü (WHO)" kirletici limit değerleri Çizelge 5'de, "Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDY)" limit değerleri Çizelge 6'da, "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY)" limit değerleri Çizelge 7'de,



"Avrupa Birliği (EU)" hava kalite standartları ise Çizelge 8'de gösterilmiştir (WHO, 2006; HKDYY, 2008; HKKY, 1986; EEA, 2018).

Çizelge 3: EPA hava kalitesi indeksi (HKİA, 2018).

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler <i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	Sağlık Endişe Seviyeleri <i>..hava kalitesi koşulları..</i>	Renkler <i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	Anlamı <i>..ve renkler bu anlama gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirlleticiler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Çizelge 4: Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları (HKİA, 2018).

İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³] 1 Sa. Ort.	NO ₂ [µg/m ³] 1 Sa. Ort.	CO [µg/m ³] 8 Sa. Ort.	O ₃ [µg/m ³] 8 Sa. Ort.	PM10 [µg/m ³] 24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Çizelge 5: WHO kirleticiler limit değerleri (WHO, 2006).

Kirleticiler	WHO - Limit Değerler	
	Süre	Limit Değer (µg/m ³)
SO ₂	10 dak	500
	24 saat	20
	24 saat	50
PM10	yıl	20



Çizelge 6: HKDYY limit değerleri (HKDYY, 2008).

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer
SO ₂	saatlik	350 µg/m ³
	-insan sağlığının korunması için-	(bir yılda 24 defadan fazla aşılamaz)
	24 saatlik	125 µg/m ³
	-insan sağlığının korunması için-	(bir yılda 3 defadan fazla aşılamaz)
PM ₁₀	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim'den 31 Mart'a kadar) -ekosistemin korunması-	20 µg/m ³
	24 saatlik	50 µg/m ³
	-insan sağlığının korunması için-	(bir yılda 35 defadan fazla aşılamaz)
	yıllık	40 µg/m ³
	-insan sağlığının korunması için-	

Çizelge 7: Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri (HKKY, 1986).

Değer Tipi	SO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS)	150	150
Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS)	400	300
Kış Sezonu Ortalama Sınır Değer	250	200
Yıllık Ortalama Hedef Sınır Değer	60	60
Kış Sezonu Ortalaması Hedef Sınır Değeri	120	120
Maksimum 24 Saatlik Değer	150	150
1 Saatlik Değer	450	-

Çizelge 8: EU kirletici limit değerleri (EEA, 2018).

Kirletici	AB Limit Değerleri		
	Süre	Limit Değerler (µg/m ³)	Aşma Sayısı
SO ₂	1 saat	350	24 kez / yıl
	1 gün	125	3 kez / yıl
PM ₁₀	1 gün	50	35 kez / yıl
	yıl	40	-



Bu çalışmada, Tokat ili hava kalitesi, Tokat merkez istasyonunda ölçülen SO₂ ve toz partikül madde (PM₁₀) değerlerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. 2012-2017 yılları arasında elde edilen ölçüm sonuçları "HKDYY, EPA, WHO ve EU" da belirtilen sınır değerler ile karşılaştırılarak, Tokat ilinin yıllar içerisinde değişen hava kalitesi belirlenmiştir.

2. Materyal Metot

Tokat, Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında bulunan, coğrafi koordinatları: 39° 51' - 40° 55' kuzey enlemleri ile 35° 27'- 37° 39' doğu boylamları arasında yer alan, kuzeyinde Samsun, kuzeydoğusunda Ordu, güneyinde Sivas, güneybatısında Yozgat ve batısında Amasya'nın bulunduğu bir ildir. İlin yüzölçümü: 9958 km² dir. Bu alanı ile Türkiye topraklarının %1,3'ünü kaplar. Denizden yükseltisi 623 metredir (ÇŞM, 2018).

Bu çalışmada, Tokat ili hava kalitesi SO₂ ve PM₁₀ parametreleri bakımından değerlendirilmiştir. Veriler, Tokat Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2012-2017 yılları arasında yapılan çevre durum raporlarından elde edilmiştir. İlde hava kalitesinin kontrolü kapsamında, hava kalitesi izleme istasyonları aracılığıyla sürekli ölçümler yapılmaktadır. Ölçüm istasyon yerleri ve ölçülen parametreler Çizelge 9'da gösterilmektedir (ÇDR, 2017). SO₂ ve PM₁₀ parametreleri yıllık ortalama değerleri ise Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 9: Tokat ili hava kalitesi ölçüm istasyon yerleri ve ölçülen parametreler (ÇDR, 2017).

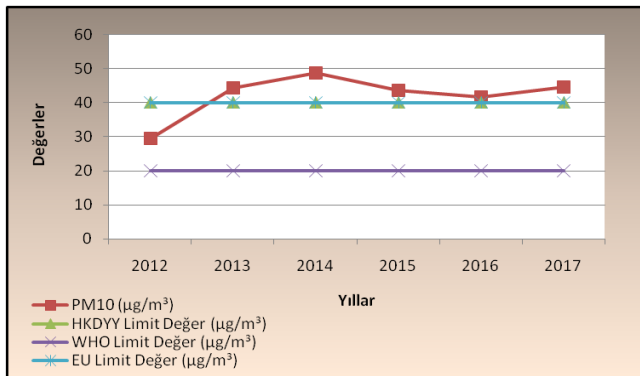
İstasyon Yerleri	Koordinatları (Enlem-Boylam)	Hava Kirlenmecileri					
		SO ₂	NO _x	CO	O ₂	HC	PM
Tokat	40° 19' 34"- 36° 33' 18"	X	-	-	-	-	X
Tokat Meydan	40° 19' 07"- 36° 33' 07"	-	X	X	-	-	X
Erbaa	40° 40' 18"- 36° 33' 41"	X	X	-	-	-	X
Turhal	40° 23' 08"- 36° 04' 58"	X	X	-	-	-	X

Çizelge 10: 2012-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama SO₂ ve PM₁₀ değerleri

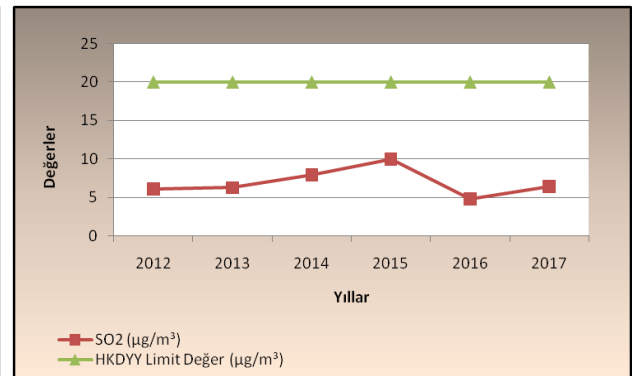
YILLAR	SO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
2012	6,07	29,37
2013	6,26	44,27
2014	7,91	48,78
2015	9,95	43,59
2016	4,81	41,58
2017	6,41	44,55

3. Bulgular

Tokat ili, 2012-2017 yılları arasında görülen yıllık ortalama SO₂ ve PM₁₀ değerleri Şekil 2-3'de, aylık SO₂ ve PM₁₀ değerleri ise Şekil 4-9'da gösterilmiştir.



Şekil 2. Yıllık ortalama PM₁₀ değerleri

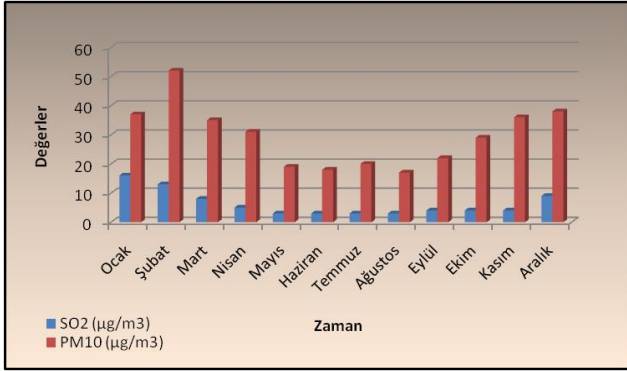


Şekil 3. Yıllık ortalama SO₂ değerleri

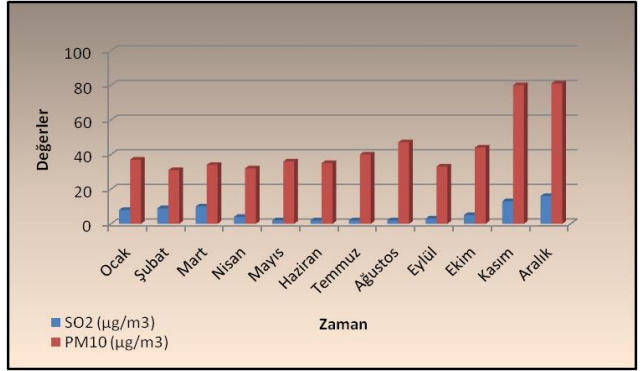


Tokat ili 2012-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama PM10 değerleri "HKDYY, WHO ve EU" standartları ile karşılaştırıldığında PM10 değerlerinin 2013-2017 yılları arasında sınır değerlerden yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak 2014 yılından sonra PM10 değerlerinde önceki yıllara göre bir düşüş görülmektedir. Bu durumda, doğalgazın yaygınlaşmasının veya son yıllarda dizel taşıtların daha çok tercih edilir hale gelmesinin etkili olduğu söylenebilir.

2012-2017 yılları arasındaki yıllık ortalama SO₂ değerleri ise "HKDYY" limit değerleri ile karşılaştırıldığında SO₂ değerlerinin sınır değerden düşük olduğu görülmektedir.



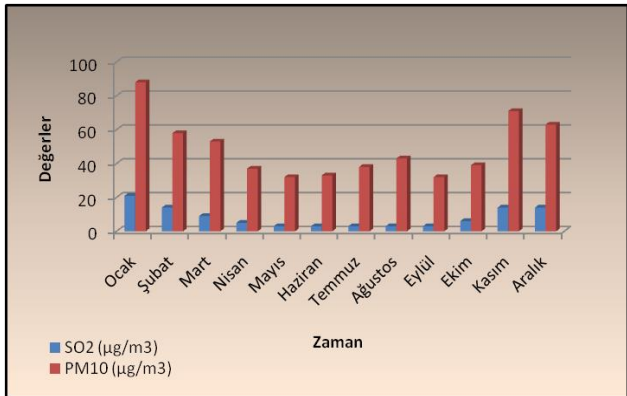
Şekil 4. 2012 yılı aylık SO₂ ve PM10 değerleri



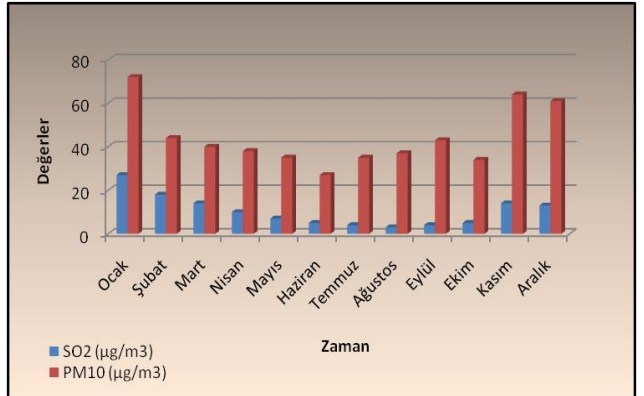
Şekil 5. 2013 yılı aylık SO₂ ve PM10 değerleri

Şekil 4'e göre, 2012 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değeri 16 µg/m³, en düşük emisyon değeri 3 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yıllık ortalama SO₂ değeri 6,07 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM10 emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek PM10 emisyon değerinin 52 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 17 µg/m³ olduğu görülmüş olup yıllık ortalama PM10 değeri 29,37 µg/m³ olarak belirlenmiştir.

Şekil 5'e göre, 2013 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değerinin 16 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 2 µg/m³ olduğu görülmüş olup yıllık ortalama SO₂ değeri 6,26 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM10 emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek PM10 emisyon değeri 81 µg/m³, en düşük emisyon değeri 31 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yıllık ortalama PM10 değeri 44,27 µg/m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 6. 2014 yılı aylık SO₂ ve PM10 değerleri

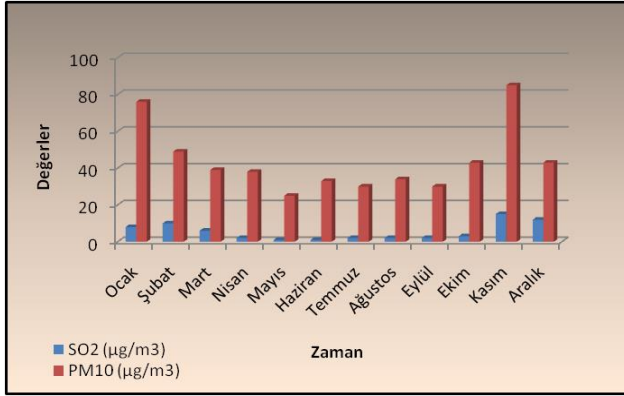
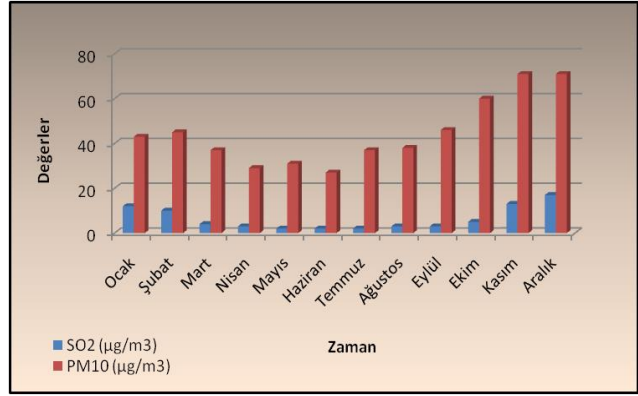


Şekil 7. 2015 yılı aylık SO₂ ve PM10 değerleri

Şekil 6'a göre, 2014 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değeri 21 µg/m³, en düşük emisyon değeri 3 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama SO₂ değeri ise 7,91 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM10 emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek PM10 emisyon değerinin 88 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 32 µg/m³ olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama PM10 değeri ise 48,78 µg/m³ olarak belirlenmiştir.

Şekil 7'e göre, 2015 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değeri 27 µg/m³, en düşük emisyon değeri 3 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yıllık ortalama SO₂ değeri 9,95 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM10 emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek PM10 emisyon değerinin 72 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 27 µg/m³ olduğu görülmüş olup yıllık ortalama PM10 değeri 43,59 µg/m³ olarak bulunmuştur.



Şekil 8. 2016 yılı aylık SO₂ ve PM₁₀ değerleriŞekil 9. 2017 yılı aylık SO₂ ve PM₁₀ değerleri

Şekil 8'e göre, 2016 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değerinin 15 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 1 µg/m³ olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama SO₂ değeri ise 4,81 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM₁₀ emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek PM₁₀ emisyon değeri 85 µg/m³, en düşük emisyon değeri 25 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yıllık ortalama PM₁₀ değeri 41,58 µg/m³ olarak bulunmuştur.

Şekil 9'a göre, 2017 yılındaki en yüksek SO₂ emisyon değeri 17 µg/m³, en düşük emisyon değeri 2 µg/m³ olarak belirlenmiş olup yıllık ortalama SO₂ değeri 6,41 µg/m³ olarak bulunmuştur. PM₁₀ emisyonları incelendiğinde ise, en yüksek emisyon değerinin 71 µg/m³, en düşük emisyon değerinin 27 µg/m³ olduğu görülmüştür. Yıllık ortalama PM₁₀ değeri ise 44,55 µg/m³ olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, yıllık ortalama SO₂ ve PM₁₀ değerleri HKKY'de belirtilen "yıllık ortalama hedef sınır değer" olan 60 µg/m³ sınır değeri ile karşılaştırıldığında, ortalama değerlerin sınır değerden düşük olduğu görülmüştür. Aylık sonuçlara bakıldığında ise, çoğunlukla kış mevsiminde değerlerde artış olduğu belirlenmiştir. Bu artışa, havaların soğumasına bağlı olarak ısınma amaçlı katı yakıt kullanımının ve meteorolojik şartların sebep olduğu söylenebilir. Saatlik olarak değerlendirilme yapıldığında ise, sabah ve akşam taşıtların trafikte yoğun olduğu zaman dilimlerinde değerlerde artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar, hava kalitesi indeksi ile karşılaştırıldığında ise, Tokat ili hava kalitesi SO₂ ortalama değerlerine göre "iyi", PM₁₀ ortalama değerlerine göre "orta" seviyede görülmüştür.

4. Sonuçlar

Tokat ili, 2012-2017 yılları arasındaki SO₂ ve PM₁₀ verileri değerlendirildiğinde, aylık SO₂ değerleri 1-27 µg/m³, PM₁₀ değerleri ise 17-88 µg/m³ aralığında; yıllık ortalama değerler ise SO₂ için 4,81-9,95 µg/m³, PM₁₀ için 29,37-48,78 µg/m³ aralığında değişim göstermiştir. Bu değerlerin karşılaştırma yapılan (HKDYY, EPA, WHO ve EU) limit değerlerden düşük olduğu ve Tokat ili hava kalitesinin iyi düzeyde olduğu görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar, hava kalite indeksi ile karşılaştırıldığında ise, Tokat ili hava kalitesi SO₂ değerlerine göre "iyi", PM₁₀ değerlerine göre "orta" seviyede belirlenmiştir.

5. Kaynaklar

Akdur, R., Çöl, M., Işık, A., İdil, A., Durmuşoğlu, M. & Tunçbilek, A. (1998), "Halk Sağlığı", Antıp AŞ Tıp Kitapları ve Bilimsel Yayınlar, Ankara, 80-94.

Akyürek, Ö. (2012), "Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi", Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 157.

Ahrens, C.D. (2000), "Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere", Brooks/Cole, 3rd Edition, U.S.A.

European Environment Agency (EEA), (2018), "Air Quality in Europe - 2018 Report", EEA Report No: 12/2018, p88.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY), 06.06.2008 Tarih ve 26898 Sayılı Resmi Gazete.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY), 02.11.1986 Tarih ve 19269 Sayılı Resmi Gazete.

Özdemir, F. (2008), "Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 130.

Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V. & Nunziata, A. (2009), "Effects of Particulate Matter (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁) on the Cardiovascular System", Toxicology, 261:1-2, pp.1-8.

Schnelle, K.B. & Brown, C.A. (2002), "Air Pollution Control Technology Handbook", CRC Press LLC, U.S.A., p380.

T.C. Tokat Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tokat İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu (ÇDR), (2017).

T.C. Tokat Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (ÇŞM), (2018), <https://tokat.csb.gov.tr/cografi-yapi-i-1211>



T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (HKİA), (2018), <http://mobil.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx>.

United States Environmental Protection Agency (EPA), (2003), "Air Quality Index, A Guide to Air Quality and Your Health", USA: EPA, p16.

Varınca, K.B., Güneş, G. & Ertürk F. (2008), "Hava Kirlenmelerinin İnsan Sağlığı ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri", Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu (UHAKS), 30-31 Mayıs 2008, Konya, 161-168.

World Health Organization (WHO), (2006), "WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen dioxide and Sulfur dioxide: Global Update 2005: Summary of Risk Assessment", p22.



5G VE ÖTESİ SİSTEMLERDE HİBRİT BİR YÖNTEMLE ETKİN PİLOT KİRLİLİĞİ AZALTMA YAKLAŞIMI

Esra Cansu Köse^{1*}, Selman Kulaç²

^{1,2}Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

esracansukose06@gmail.com, selmankulac@duzce.edu.tr

* Sorumlu Yazar

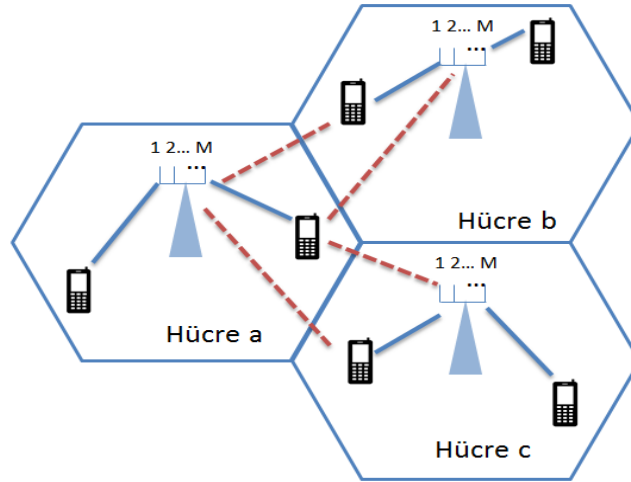
Özet

Büyük Ölçekli MIMO (çok girişli ve çok çıkışlı) sistemlerde baz istasyonunda kanal durum bilgisinin (CSI) elde edilmesi önemli bir mevsurdur. CSI bilgisinin elde edilmesi için pilot sembollerine ihtiyaç duyulmaktadır. Pratikte her cihaza farklı pilot dizileri atamak mümkün değildir. Aynı pilot dizilerinin farklı hücrelerde kullanılması pilot kirliliği sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu problemin azaltılmasına ya da yok edilmesine yönelik birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada önerilen hibrit atama yöntemi ile pilot kirliliği sorununu azaltıp sistem performansının iyileştirilmesi sağlanmıştır. Daha önceden önerilmiş olan pilot atama yöntemlerinden daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Pilot Kirliliği, Büyük Ölçekli MIMO (Çok Girişli Çok Çıkışlı), 5G Ağlar

1. Giriş

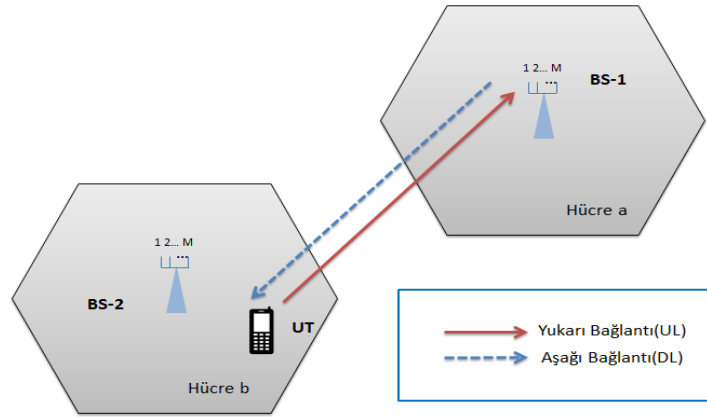
Gelişen teknoloji ile birlikte kullanıcı talepleri artmakta ve bu artış haberleşme sistemlerinde iyileşme yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu ihtiyaçların karşılanması için 5G teknolojisinden; gecikmeyi azaltma, veri hızını arttırma, enerji tasarrufu sağlama, maliyeti düşürme ve spektrum verimliliği gibi konularda iyileştirmeler yapılması beklenmektedir. 5G sistemlerde bu iyileştirmelerin sağlanması için Büyük Ölçekli MIMO kablosuz sisteminin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Büyük Ölçekli MIMO sistemleri çok kullanıcıya hitap eden, alıcı ve ya vericide çokça antene sahip olan bir teknolojidir. Büyük Ölçekli MIMO sistemlerde baz istasyonunda kanal durum bilgisinin elde edilmesi önemli yer tutmaktadır. Hücre baz istasyonu ve kullanıcı terminaleri arasındaki kanalın tahmini olarak elde edilmesi için ise büyük bir kısmını yukarı bağlantı (UL, uplink) fazında pilot dizileri ve karşılıklık oluşturmaktadır.



Şekil 1: Çok hücreli Büyük Ölçekli MIMO sistemlerde pilot kirliliği problemi (Pilot Tekrarlama Faktörü :1)[14]

Verici paketler halinde semboller gönderirken bu paketlere önceden tanımlanmış değerler içermekte olan özel semboller eklemektedir. Bu sembollere pilot dizileri denmektedir. Alıcı her konumda pilot dizilerini kanal durum bilgisinin kestiriminde kullanmaktadır. Kablosuz iletişimin doğasından kaynaklanan birçok zorluklardan biri de pilot kirliliği problemdir. Bu problem ise iki terminal için referans sinyali olarak aynı pilot dizisinin kullanılmasından kaynaklanan bir iletişim problemdir ve Şekil 1’de açıkça gösterilmektedir. Bu durumda kanal durum bilgisinin hatalı kestirilebilmesi nedeniyle sistem performansını da etkileyeceğinden etkin pilot tahsisi algoritmaları burada büyük önem arz etmektedir.





Şekil 2: Büyük Ölçekli MIMO sisteminde pilot kirliliği meydana geldiğinde yukarı bağlantı (UL) ve aşağı bağlantı (DL) iletimi[13]

Bu alanda pilot kirliliği probleminin azaltılmasına yönelik birçok akademik çalışma mevcuttur. Zaman kaydırmalı bir yöntem ile iletimin farklı zamanlarda yapılması sağlanarak kısmi olarak pilot kirliliği probleminin önüne geçilmeye çalışılmaktadır fakat veriler ve pilot yayınlar arasında karşılıklı etkileşime uğraması sebebiyle bir dezavantaj oluşmaktadır [1]. [2]'deki çalışmada AoA (Geliş Açısı-Angle of Arrival) tabanlı yöntemler kullanılarak veri destekli kanal tahmini şeması önerilmektedir fakat kısmen deşifre edilen verilerin olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu yöntem ile işlem karmaşıklığının arttırıldığı da görülmektedir. [3]'te önerilen yöntemde pilot kirliliği sorunu ortadan kaldırılmış fakat karmaşık bir aşağı bağlantı ve UL eğitim prosedürü görülmektedir. Bununla birlikte farklı kullanıcılar için adalet sağlanamamaktadır. [4]'te ise hücre kenar ve merkez olmak üzere ikiye ayrılmış ve yumuşak yeniden pilot ataması (SPRS, Soft Pilot Reuse Scheme) kullanılarak daha büyük oranla kirlilik oluşturan hücre kenarlarına müdahale edilmektedir. Fakat bu çalışma nispeten daha çok pilot dizisi gerektirmektedir. [5]'te SPA (Smart pilot assignment, akıllı pilot atama) ile pilot dizileri diğer hücredeki kullanıcılara rastgele atanmış olup hedef hücrede kötü UL'yi geliştirme hedeflenmiştir. [6]'da çalışmaya değer olan pilot kirliliği etkisine farklı bir bakış açısı getirilerek, pilot kirliliği yapay gürültüsünün güvenlik performansı üzerindeki etkileri incelenmiş ve pilot kirliliğini azaltmak için sıkıştırma gücünün azaltılması ile gürültüyü giderme performansı iyileşirken pilot kirliliğinde gizlilik oranının artmasına neden olmakta olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada $(.)^T$ transpoz operatörünü, $(.)^H$ hermitan matrisini, $(.)^*$ eşlenik matrisini, $\text{var}(\cdot)$ varyans operatörünü, koyu fonda büyük yazım matrisleri, koyu bir fonda küçük yazım ise vektörleri temsil etmektedir.

2. Teorik Analiz

Bu bölümdeki teorik analiz kullanılarak pilot kirliliği sorununun azaltılmasına yönelik yumuşak pilot tekrarıyla (SPRS) pilot atama yöntemine ilave olarak Munkres yöntemi kullanılarak sistem performansında iyileştirme sağlanmıştır.

2.1. Yaygın Olarak Kullanılan Sistem Modeli

Bu bölümde literatürlerde kullanılan sistem modelleri sunulmuştur. Anlaşılması kolay olsun diye en çok kullanılan semboller kullanılmıştır. L hücre sayısı ve $M \geq K$ baz istasyonundaki anten sayısından oluşan bir Büyük Ölçekli MIMO sistemi düşünülürse, burada K tek antenli kullanıcı sayısıdır. Şekil 2'de görüldüğü gibi hücre b'deki k. kullanıcıdan hücre a'da baz istasyonuna m. antenine doğru yayılma faktörü:[13]

$$g_{a,b,k,m} = \sqrt{\beta_{a,k,b}} h_{a,k,b,m} \quad (1)$$

Burada $h_{a,b,k,m}$ küçük ölçekli sönümlenme faktörü ve birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip (i.i.d) ve simetrik Kompleks Gauss dağılımı CN (0,1) rastgele değişkenlerdir. $\beta_{a,b,k}$ büyük ölçekli sönümlenme faktörü olup, yol kaybı ve gölge sönümlenmesi etkilerinin yavaş değiştiği kabul edilmektedir.

a. hücre BS'deki tüm antenlerin ve b. hücredeki tüm K kullanıcıların kanal matrisleri gösterimi şu şekilde ifade edilir:

$$\mathbf{G}_{a,b} = \sqrt{\mathbf{D}_{a,b}} \mathbf{H}_{a,b} = \begin{pmatrix} g_{a,1,b,1} & \cdots & g_{a,K,b,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{a,1,b,M} & \cdots & g_{a,K,b,M} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Burada kanal matrisleri ;

$$\mathbf{H}_{a,b} = \begin{pmatrix} h_{a,1,b,1} & \cdots & h_{a,K,b,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{a,1,b,M} & \cdots & h_{a,K,b,M} \end{pmatrix} \quad (3)$$



Büyük ölçekli sönümlenmelere bağlı olarak;

$$\mathbf{D}_{a,b} = \begin{pmatrix} \beta_{a,1,b} & & \\ & \ddots & \\ & & \beta_{a,K,b} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Bu modelde kanal karşılıklığının yukarı ve aşağı bağlantıda aynı olduğu varsayılmaktadır. [13]

2.1.1. Yukarı Bağlantı Eğitim Fazı:

Kanal durum bilgisi kullanıcılardan alınan baz istasyonuna yukarı bağlantı yoluyla gönderilen τ uzunluğundaki pilot dizileri sayesinde elde edilir. $\phi^H \phi = \tau \mathbf{I}$ olacak şekildedir. Burada ϕ pilot dizisi ve ortogonal matris $\phi \mathbf{b} = [\phi_{b,1} \phi_{b,2} \dots \phi_{b,K}]$ ($\tau \times K$) şeklindedir.

b hücresindeki baz istasyonundan alınan sinyal matrisi $\mathbf{Y}_b \in C^{M \times \tau}$, olmak üzere;

$$\mathbf{Y}_b = \sqrt{p_u} \sum_{j=1}^L \mathbf{D}_{b,j}^{1/2} \mathbf{H}_{b,j} \Phi_{b,j}^T + \mathbf{N}_b \quad (5)$$

\mathbf{N}_b burada Toplanır Beyaz Gauss Gürültü matrisi olup ve bu matrisin elemanları CN (0,1) rastgele değişken değerleri belirtmektedir ($M \times \tau$) p_u yukarı bağlantıdaki her bir kullanıcının ortalama gönderme gücünü temsil etmektedir. [13]

2.2. Pilot Kirliliği Analizi

Genel olarak pilot kirliliği problemi iki terminal arasında aynı pilot dizisinin kullanılmasından ve pilot dizilerinin birbirleriyle ortogonal olmamasından kaynaklanmaktadır. Sistem terminal sayısı ile orantılı olan bu pilot dizileri sınırlı bir bant genişliği ve zaman tutarlılık aralığı gibi nedenlerden dolayı sınırlı sayıda kullanım gerektirmektedir. Pilot kirliliği sebebiyle sistem başarımlarının azalması ve bundan kaynaklanan sistem performansında düşüşler gözlenmektedir. Hassas olmayan donanımlar, karşılıklı olmayan alıcı ve vericiler de pilot kirliliği probleminin bir başka sebebidir. Fakat bu çalışmada komşu olan iki hücrede aynı pilot dizilerinin kullanılmasından kaynaklanan pilot kirliliği probleminin çözümü üzerinde durulmaktadır. Bu çalışmada büyük ölçekli sönümlenme katsayılarının ($\beta_{a,b,k}$) yavaş değiştiği ve blok sönümlenme olduğu varsayılmaktadır [7]. UL SINR (Uplink Signal-To-Interference-Plus-Noise Ratio, yukarı bağlantı sinyal gücü- girişim-gürültü oranı) a. hücrede k. kullanıcı için; [7]

$$SINR_{a,k} = \frac{|h_{a,a,k}^H h_{a,a,k}|^2}{\sum_{b=1, a \neq b}^N |h_{a,b,U(b,k^{(i)})}^H h_{a,b,U(b,k^{(i)})}|^2 + \frac{|V_{d,a,k}|^2}{P_d}} \quad (6)$$

Burada $V_{d,a,k}$ değeri girişim ve gürültünün birleştirilmiş halini temsil etmektedir. P_d iletim gücünü temsil etmektedir. U (b, k (i)) $\in K$, paylaşan b hücresindeki kullanıcıyı belirtir. k (i) kullanıcısı ile aynı pilot sırayı paylaşır (yani, U (i, k (i)) = k). Random matris teorisine uygun olarak asimptotik UL SINR [7];

$$SINR_{a,k}^a \triangleq \lim_{M \rightarrow \infty} SINR_{a,k} = \frac{\beta_{a,a,k}^2}{\sum_{b=1, a \neq b}^N \beta_{a,b,U(b,k^{(i)})}^2} \quad (7)$$

Bu matematiksel ifade gösteriyor ki asimptotik UL SINR değeri; gönderme gücü ve pilot gücü aynı olduğunda, büyük ölçekli sönümlenme katsayıları ve pilot atamalarına bağlıdır. [7]

3. Hibrit Pilot Atama Şeması

Hedef UL fazında pilot kirliliği problemini minimize etmektir. Burada büyük ölçekli sönümlenme katsayılarının yavaş değiştiği varsayılmaktadır. Büyük ölçekli sönümlenme blok sönümlenme'dir [8].

$$\min_A \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K \frac{1}{SINR_{i,k}} \quad (8)$$

Bu çalışmada atama yapılırken ve optimize edilirken hedeflenen denklem 8'deki minimizasyon işlemidir. Bu değer minimize olması için SINR değerlerini arttırmak gerekmektedir. Burada önerdiğimiz şema, SPRS (Soft Pilot Reuse Scheme) ve Munkres pilot atama yöntemlerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Bu çalışmada hücre kenar ve merkez olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Hücre merkezinde bulunan kullanıcıların kenarda olan kullanıcılara oranla pilot kirliliği yapma olasılığı daha az olduğu düşünülmüştür. Genel olarak literatürde de kenarda bulunan kullanıcılar için atama yöntemleri yapılmıştır. Burada yaptığımız çalışma ile kullanıcıların yukarı bağlantıda başarımlarının göz önünde bulundurularak bir atama yöntemi geliştirmiş bulunmaktayız.

İki hücreli bir senaryo için pilot atama problemi [7]'de de belirtildiği üzere:



$$\begin{aligned}
& \min_{s_{k,l}, l \in K} \sum_{k \in K} \sum_{l \in K} c_{k,l} s_{k,l} \\
& \sum_{l \in K} s_{k,l} = 1, \forall k \in K; \\
& \sum_{k \in K} s_{k,l} = 1, \forall l \in K; \\
& s_{k,l} \in \{0,1\}, \forall k \in K, \forall l \in K;
\end{aligned} \tag{9}$$

Elde edilecek $c_{k,l}$ değerleri ise aşağıdaki gibidir: [7]

$$c_{k,l} = \frac{\beta_{1,2,l}^2}{\beta_{1,1,k}^2} + \frac{\beta_{2,1,k}^2}{\beta_{2,2,l}^2} \tag{10}$$

$c_{k,l}$ değerleri l. hücre, k. kullanıcı için SINR değerlerinin ölçülmesini sağlamaktadır. Bu problem minimum-ağırlıklı iki parçalı bir karşılaştırma problemidir [8]. Bu çalışmada denklem 8’de gösterilen minimizasyonunu sağlamak için gereken kombinasyonel bir atama probleminin çözümü gerekmektedir. Bu çözüm için munkres algoritması kullanılmaktadır. Munkres algoritması J.Munkres tarafından 1957 yılında önerilmiştir [9]. Bu algoritma hungarian algoritması olarak da bilinmektedir [10]. Bu algoritma genel olarak atama problemleri ve ulaştırma problemlerinin çözümünde tercih edilmektedir. Munkres algoritması $x \times x$ ’lik problemleri çözebilir. Dikdörtgenel $x \times y$ ’lik matrisleri çözmek için 1971 yılında F. Bourgeois ve J.C. Lasalle tarafından bir algoritma önerilmiştir [11]. SINR değerlerinin β^2 ile ilgili olduğu görüldüğünde Munkres algoritması minimum değer hesaplaması için kullanılabilir. Bu algoritma iki nokta modeli arasındaki eşleşmeyi hesaplamak için kullanılır [12]. [7]’de önerilen yöntem ile hungarian algoritması kullanılarak problem optimize edilmiş ve pilot kirliliği azaltılmıştır. Bu çalışmada ise yumuşak pilot atama yöntemi ile munkres algoritması birleştirilmiş hibrit bir yöntem önerilmiştir. Sistem işleyiş algoritması Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Önerilen yöntemin sözde kodu

Algoritma 1: Önerilen Hibrit (SPRS+Munkres) Pilot Atama Yöntemi
Girdiler: Sistem parametreleri: K,L,s
Büyük ölçekli sönümlenme katsayıları: $\beta_{a,b,k}$
Çıktılar: Pilot atamalar $\{s_{a,k}\}$
1: $S_k = \{k^{(1)}\}, \forall k \in K;$
2: for n:=2 ‘den N
3: $\{s_{a,k}\} = 0, \Omega \neq 0$, hesapla $c_{k,l}$
4: while $\exists s(b,k) = 0$ hesapla.
5: Munkres algoritması (Optimal $s_{a,k}$ bul).
6: $S_k := S_k \cup \{l^{(n)}\}$, if $s_{a,k} = 1, \forall k \in K;$
7: SPRS ile kenar merkez kullanıcılarını ata.
8: end while
9: end

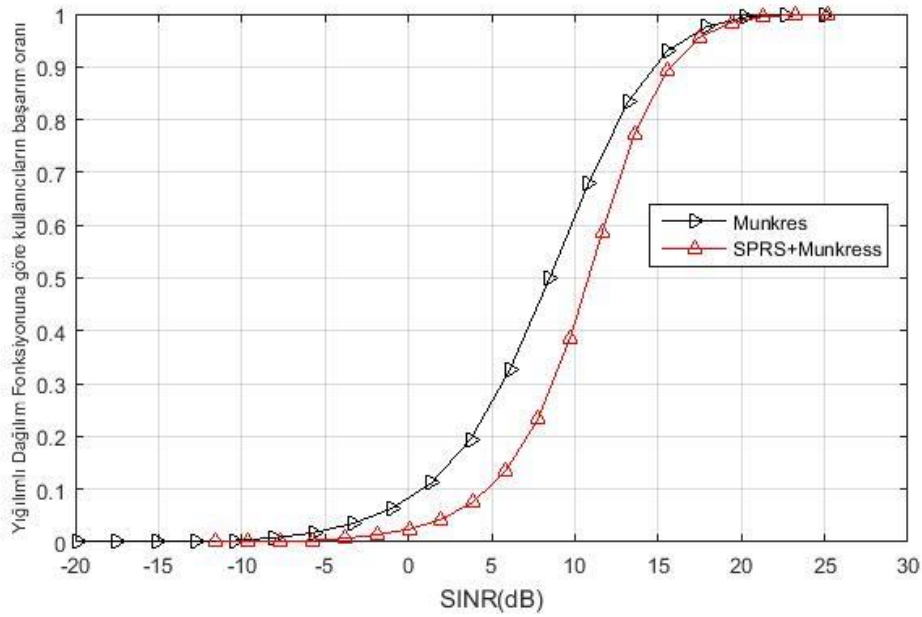
4. Benzetim Sonuçları Ve Tartışmalar

Bu çalışmada iki farklı yöntem birleştirilerek hibrit bir pilot ataması yapılmış olup, pilot kirliliği bir yöntemle birleştirilmeyen munkres algoritması kullanılmış olunan atamaya kıyasla azaltılmıştır. Kullanılan parametreler Tablo 2’de gösterilmiştir.



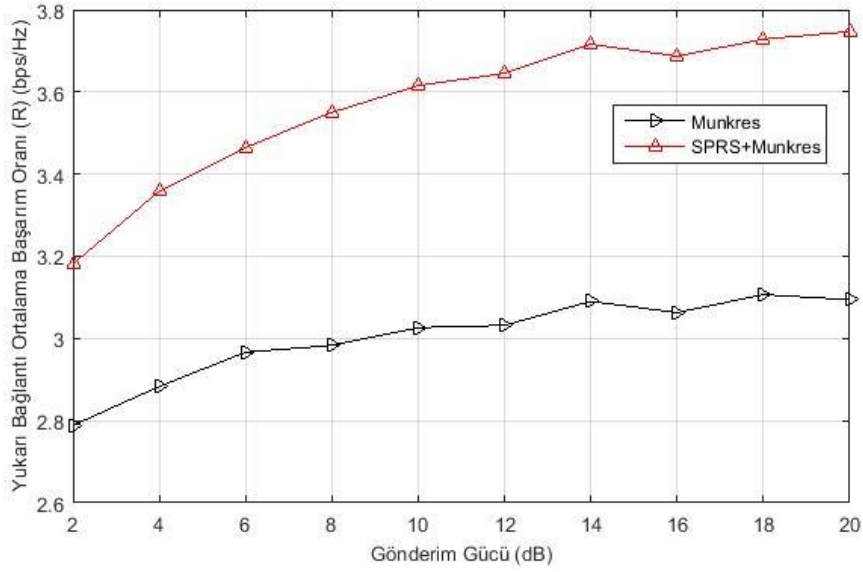
Tablo 2: Kullanılan parametreler

Bir hücredeki kullanıcı sayısı K_1	10
Hücre sayısı J	10
Pilot dizisi sayısı Q	$K \leq Q \leq KJ$ 10
Kaybedilen spektral etki değeri μ_0	0,05
Baz istasyonundaki anten sayısı N	32~2048 512
Threshold parametresi θ	$0,05 \leq \theta \leq 1$ 0,1
Gönderme gücü δ_P	5~30 dB 15 dB
Gölgelenme sönümlenmesi σ	8 dB

**Şekil 3: Atama yöntemlerinin kümülatif dağılım fonksiyonuna (CDF) göre SINR (dB) değerleri**

Şekil 3 'te munkres yöntemi ve bu yöntemlerin sentezlemesiyle önerilen hibrit (SPRS + Munkres) pilot atama şemasının diğer yöntemlere göre kullanıcıların başarımlı oranlarının, yığılımlı dağılım fonksiyonuna (CDF) karşılık SINR değerlerinin kıyaslanması ile hücrede başarımlı sağlayan kullanıcı sayısının eşit olduğu durumlarda daha iyi SINR değeri elde edilmiştir. Bu da açıkça göstermektedir ki iyileştirme yapılamayan kullanıcı sayısı diğer yöntemlere göre azdır. Çok hücreli Büyük Ölçekli MIMO sistemde enerji verimliliği önemli bir konudur. Şekil 4'de ortalama UL fazında kullanıcı başarımlı oranları gönderim gücü ile birlikte incelendiğinde hibrit yöntemin diğer yöntemden daha iyi olduğu görülmektedir.





Şekil 4: Atanan farklı pilot şemalarının ortalama yukarı bağlantı başarımlarının gönderim gücüne göre kıyası

5. Sonuçlar

Çok hücreli Büyük Ölçekli MIMO sistemde pilot kirliliği problemi sistem performansını sınırlamaktadır. Bu çalışmada pilot kirliliği probleminin azaltılması ve bir hedef hücredeki performansın artırılması ve erişilebilir oranları maksimum yapmak için kullanıcılar ve baz istasyonları arasındaki büyük ölçekli sönümlenme katsayılarını elde etmek ve bir pilot dizisi atama şeması oluşturan hibrit bir yöntem önerilmiştir. Açıkça benzetim sonuçlarında görülmektedir ki, önerilen hibrit yöntemle iyi bir pilot kirliliği azaltımı başarımları elde edilmiştir.

6. Kaynakça

- [1] F. Fernandes, A. Ashikhmin, and T. L. Marzetta, "Inter-cell interference in noncooperative TDD large scale antenna systems", *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, c. 31, sayı. 2, ss. 192–201, 2013.
- [2] H. Yin, D. Gesbert, M. Filippou, and Y. Liu, "A coordinated approach to channel estimation in large-scale multiple-antenna systems", *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, c. 31, sayı. 2, ss. 264–273, 2013.
- [3] J. Zhang *et al.*, "Pilot contamination elimination for large-scale multiple antenna aided OFDM systems", *IEEE J. Sel. Topics Signal Process.*, c. 8, sayı. 5, ss. 759–772, 2014.
- [4] X. Zhu *et al.*, "Soft pilot reuse and multicell block diagonalization precoding for massive MIMO systems", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, c. 65, sayı. 5, ss. 3285–3298, 2016.
- [5] X. Zhu, Z. Wang, L. Dai, and C. Qian, "Smart pilot assignment for massive MIMO", *IEEE Commun. Lett.*, c. 19, sayı. 9, ss. 1644–1647, 2015
- [6] X. Zhou and B. Maham, "Pilot Contamination for Active Eavesdropping", *IEEE, Transactions on Wireless Communications*, c. 11, sayı. 3, ss. 903- 907, 2012.
- [7] Shuai Ma, Easton Li Xu, Amir Salimi and Shuguang Cui, "A Novel Pilot Assignment Scheme in Massive MIMO Networks", *IEEE Wireless Commun. Lett.*, c. 7, sayı. 2, ss.262-265, 2018
- [8] Weina Yuan, Xinkai Yang and Rui Xu, "A Novel Pilot Decontamination Scheme for Uplink Massive MIMO Systems", *Elsevier*, c. 131, ss. 72-79, 2018
- [9] J. Munkres "Algorithms for the Assignment and Transportation Problems", *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, 5 (1), ss. 32–38, 1957.
- [10] H.W. Kuhn "The Hungarian Method for the assignment problem", *Naval Research Logistics Quarterly*, c. 2, ss.83–97, 1955.
- [11] F. Burgeois and J.C. Lasalle "An extension of the Munkres algorithm for the assignment problem to rectangular matrices", *Communications of the ACM*, 1971.
- [12] You Zhou, Wei Wei, Chong Yu, Ying Sun, Chong Xing, Wei Shen and Xiaohu Shi "A Munkres Particle Swarm optimization algorithm for point pattern matching", *IEEE Conferences*, ss. 1164-1167, 2011.
- [13] Olakunle Elijah, Chee Yen Leow, Tharek Abdul Rahman, Solomon Nunoo and Solomon Zakwoi Iliya "A Comprehensive Survey of Pilot Contamination in Massive MIMO—5G System", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, c. 18, ss. 905- 923, 2016.
- [14] Makram Alkhaled, Emad Alsusa and Khairi A. Hamdi "A New Allocation Algorithm for Pilot Contamination Mitigation in TDD Massive MIMO Systems", *2017 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, ss. 1- 6, 2017.



KÜLTÜREL MİRASIN YENİDEN KULLANIMINDA ÖZGÜNLÜK SORUNLARI; KONYA (SİVİL MİMARLIK YAPILARI) ÖRNEĞİ

Esra Yıldız¹, Dicle Aydın², Süheyla Büyüksahin³

1,2Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mimaresrayaldiz@gmail.com, daydin70@hotmail.com

3Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

suheylabuyuksahin@gmail.com

**Sorumlu Yazar*

Özet

Çağdaş koruma anlayışında kültürel miras olarak elen alınan yapıları korumanın en iyi yolu onları insan kullanımına sunmaktır. Ulusal ve uluslararası koruma teşkilatlarınca yapılan çalışmalarda tarihi ve kültürel miras kapsamında ele alınan yapıların, boş kalarak harap olmasını ya da yıkılmasını önlemek amacıyla başvurulmuş koruma yöntemlerinden biri yeniden kullanım olarak tanımlanmaktadır. Yeniden kullanım çalışmalarında yapıların " özgünlük değerlerinin ve kültürel kimliğin korunması " en önemli noktalar olarak değerlendirilmektedir.

Tarihi kültürel mirasın yeniden kullanımında özgün değerlerinin korunması bakış açısı ile çalışma kapsamında Konya kent merkezinde bulunan, yeniden kullanılan sivil mimarlık örnekleri ele alınmaktadır. Yeniden kullanılan sivil mimarlık örneklerinde özgün yapı ve mekanların, yeni bir kullanıma yönelik olarak düzenlenmesi sonucunda, yapıların plan şemalarına, cephe karakterlerine ve yapı malzemelerine yapılan müdahaleler ile özgünlük değerlerinin korunabilme durumu incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Koruma, Yeniden Kullanım, Özgünlük, Kültürel Kimlik, Konya*

1. Giriş

Kültürel miras toplumların ortak geçmişini anlatan belgeler olarak tanımlanmakta (Anonim 2014); insanları geçmişe bağlayıp o yerin karakterine önemli katkıda bulunarak, tarihin önemli olaylarını ve o yerin kimliğini açığa çıkarmayı sağlamaktadır. Geçmiş ve bugün arasındaki bağlantıyı kuran kültürel miras, İnsanlık tarihi boyunca edinilen deneyimlerin gelecek nesillere aktarımındaki büyük araçlardan biridir. Bu sebeple toplumlar için kültür, tarih ve kimliğin soyut ve somut değerleri olarak nitelendirilmektedir. Tarihi kentler ve dokular, kültürel peyzaj alanları, anıtsal yapılar, arkeolojik alanlar; bunlara ilaveten dil, gelenek, dans, müzik, ritüeller gibi yaşayan ama somut olmayan değerler (Anonim 2014) de kültürel mirasın bileşenlerini oluşturmaktadır. Kültürel mirasın en önemli görevi; geçmişle bugün arasında bağlantı kurarak, içinde yaşanan kültür ve toplum için bir temel oluşturarak; geleceğin inşasında referans olarak kullanılabilmesidir (Jokiletho 2006).

Kültürel mirasın birer bileşeni durumundaki yapı ve yapı grupları, taşıdıkları izlerle, geçmiş-bugün ve gelecek arasındaki sürekliliği sağlamakla yükümlüdürler. Geçmişten bugüne gelebilen kültürel birikim ve değerlerin, özgünlüklerinden taviz verilmeden, zaman içerisinde değişen değer ve değer yargılarıyla ortak bir zemin oluşturarak kaliteli yaşam çevrelerinin oluşturulmasının sağlanması adına yürütülen çalışmalar koruma olarak adlandırılmaktadır (Kiper 2006). Tarihi ve kültürel miras olarak elen alınan yapıların korunması ve gelecek nesillere doğru aktarılabilmesinin en etkin yolu bu yapıların "yaşayan birer varlık" haline getirilebilmesidir. Bu yapılar birer belge olarak sosyo-kültürel anlamda tarihsel sürekliliğin sağlanması için vazgeçilmez birer bileşen konumundadırlar (Yıldız, Asatekin 2016). Koruma kuramsal çerçevesinden bakıldığında kültürel mirasın yaşayan birer varlık konumuna getirilebilmesi adına devreye giren yeniden kullanım; yapıların boş kalarak harap olmasını ya da yıkılmasını önlemek amacıyla başvurulmuş koruma yöntemlerinden biri olan değerlendirilmektedir. Yeniden kullanım çalışmalarında, yapıların özgünlük değerlerinin ve kültürel kimliğin korunması en önemli noktalar olarak kabul görmektedir. 1994 yılında ICOMOS'un yayımladığı Nara bildirgesinde özgünlük kavramı; yapının bünyesinde barındırdığı bilgiler ve o yapıya özgü olma durumu ile ilişkilendirilmiştir. Tasarım özellikleri ve biçimi, malzeme özellikleri, teknik özellikleri, kullanımı ve işlevi, bulunduğu bağlam ve yerleşimi, taşıdığı yerel ruh, yapının geçirdiği tarihsel süreci, tarihi kültürel mirasın özgünlük değerleri olarak tanımlanmaktadır. Kültürel mirasın yeniden kullanımı bu değerlerin oluşturduğu bütünlük içerisinde değerlendirilmelidir.

2. Koruma Ve Korumanın Bir Bileşeni Olarak Yeniden Kullanım Kavramı

Koruma en geniş tanımı ile, "bir kimseyi veya bir şeyi dış etkilerden, tehlikeden, zor bir durumdan uzak tutmak, esirgemek, muhafaza etmek; tehlikeli, zararlı durumları önlemek; bir şeyin eskimesini, yıpranmasını önlemek için gereken dikkat ve özeni göstermek" şeklinde ifade edilmektedir. (<http://sozluk.gov.tr/>)

Mimaride koruma ise en basit tanımı ile yapıdaki bozulmayı engellemek amacıyla yapılan önlemler (Fielden, 2003) olarak ifade edilmektedir. Geçmişten gelen tarihi ve kültürel birikimin gelecek nesillere aktarılması adına girişilen çabaların bütünü olarak tanımlanan (Earl, 2003) koruma kavramı; tarihsel ve sanat değeri olan yapıların ya da kentlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından (Hasol, 1979) en önemli girdilerden biri olarak ele alınmaktadır.



Koruma, Dünya Mirası Anlaşması (1972) çerçevesinde , “anıtlar, yapı grupları ve sitler ile tanımlanan, kültürel mirası anlamak; malzemesinin korunmasını sağlamak ve gerekli olduğu halde tanıtımı, restorasyonu ve gelişimi için kullanılan yöntemlerin tümü “ olarak tanımlanmaktadır (<http://whc.unesco.org/en/conventiontext>). Ayrıca 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıkları Koruma Kanununa göre "Koruma"; ve "Korunma"; taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarında muhafaza, bakım, onarım, restorasyon, fonksiyon değiştirme işlemleri; taşınır kültür varlıklarında ise muhafaza, bakım, onarım ve restorasyon işleri" olarak tariflenmektedir.

Koruma kapsamında ele aldığımız kültürel miras, geçmiş ve bugün arasındaki bağlantıyı kuran İnsanlık tarihi boyunca edinilen deneyimlerin gelecek nesillere aktarımındaki en büyük araçlardan biridir. Bu sebeple toplumlar için kültür, tarih ve kimliğin soyut ve somut değerleri olarak nitelendirilmektedir (Jokiletho 2006). Kültürel mirasın birer bileşeni durumundaki yapı ve yapı grupları, taşıdıkları izler ve aktardıkları mesajlar ile, geçmiş-bugün ve gelecek arasındaki sürekliliği sağlamakla yükümlüdürler. Bu sebeple bu yapıların korunması bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Tarihi Ve Kültürel Mirasın Yeniden Kullanımı

Yeniden kullanım, kültürel miras kapsamında ele aldığımız yapıların onarımı ve onarımı sürecinde mimari uygulamanın önemli bir parçasıdır. Çok eski dönemlerden beri süregelen bir kavram olan yeniden kullanım, özellikle 19. yy sonu ve 20. yy başlarında koruma kuramsal bakış açısı içerisinde yerini almaya başlamıştır (Plevoets, Van Cleempoel, 2019). 1964 yılında kabul gören Venedik Tüzüğü mimari koruma kavramının ilkeleştirdiği ilk uluslararası metindir. Bu tarih ve bu tarihten sonra alınan uluslararası koruma kararlarında “yeniden kullanım “ tarihi yapıları kabul edilebilir yaşam standardına ulaştırılırken özgünlüklerinin ve mimari karakterlerinin zarar görmemesi” yönünde alınan kararlar ile sınırlandırılmıştır (Yaldız 2013).

Günümüzde geçerliliğini koruyan çağdaş koruma anlayışında kültürel miras olarak elen alınan yapıları korumanın en iyi yolu onları insan kullanımına sunmaktır. Değişimin yoğun bir şekilde yaşandığı günümüzde, kültürel miras kapsamında ele aldığımız yapıların korunması ve korumanın bir bileşeni olarak devreye giren yeniden kullanım olgusu; bu yapıları yaşam alanları içerisine kullanarak dâhil edilmesini içermektedir (Yaldız, Asatekin 2016). Koruma uygulamalarında kültür varlıklarının yenilenemeyen birer kaynak oldukları kabul edilmekte ve en az müdahale ile ayakta kalmaları için çalışmalar yapılmaktadır (Ahunbay, 2013) Ancak kültür varlığının korunması ile yeniden kullanımı arasında doğru bir dengenin kurulması gerekmektedir. Yeniden kullanımın hedefi kültür varlığının taşıdığı tarihi, estetik, özgünlük gibi değerlerini kaybetmeden topluma fayda sağlayabilmektir. Yapıların boş kalarak harap olmasını ya da yıkılmasını önlemek amacıyla başvurulmuş koruma yöntemlerinden biri olan yeniden kullanımda, yapıların özgünlük değerlerinin ve kültürel kimliğin korunması en önemli noktalardır. Bu sebeple korumanın en büyük amacı, tarihi kültürel mirasımızın bir parçası olan yapıları taşıdığı değerler ve bulunduğu çevre ile birlikte yeni bir işlev ile kullanarak yaşatabilmektir (Yaldız, Asatekin 2016). Ulusal ve uluslararası kabul gören koruma ölçütlerine göre çağdaş işlevler ile kullanılan kültür varlığının karakteri ve niteliklerinden taviz verilmeden, özgün durumları ile korunması gerekmektedir.

Kültürel mirasın yeniden kullanımında sınırlar, uluslararası platformlarda evrensel kararlar ile belirlenmiş; işlev değişikliği sırasında korunması gerekli tarihsel, kültürel değeri olan yapıların, sanat ve tarihi belge niteliklerine saygılı olunması, değişik kullanımlar sırasında yapı içinde ve dışında yapılacak olan müdahalelerin, yapının özgün mimari karakterini ve değerlerini olumsuz yönde etkilemediği takdirde uygun olabileceği; yeni işlevin, özgün mekânsal kaliteyi bozmaması gerektiği, görüşü hâkimdir (Yaldız 2013).

2.2. Kültürel Mirasın Yeniden Kullanımda Özgünlük Kavramı

Uluslararası koruma politikaları, yeniden işlevlendirme çalışmalarında yapının kendisinin de sergilenmesi gereken bir obje olduğu, bu sebeple yapılacak olan her türlü müdahalenin özgünlüğe zarar vermeyecek nitelikte ve okunabilir olması gerekliliğini vurgulamaktadır. (Yaldız 2013).

Özgünlük kavramı yıllar boyunca süreklilik ve değişim kavramları ile bağlantılı olarak ele alınarak; her türlü kültürün ifadesi olarak değerlendirilmektedir. Bu kavram mimarî korumada, koruma ilkelerini en çok belirleyen ölçüt olmuştur (Ersen ve Ertuğrul 2009). Tarihi bir yapının önemi ve korunmasının gerekliliği genellikle o yapının “özgünlüğü” ile ilişkilendirilmektedir (Uğurlu ve Böke 2009). Tarihi kültürel miras olarak ele aldığımız yapılar, yapıldığı dönemin, yapı malzemesi, teknolojisi, yaşam kültürü vb tüm niteliklerini ve tarihsel süreç içerisinde yaşanan değişimin izlerini üzerinde muhafaza etmeleri durumunda özgünlük değeri taşır. Özgünlük; konumda, tasarımda, malzemede ve işçilikte aranmaktadır (Anonim 2014).

İlk olarak 1964 Venedik Tüzüğü’nde gündeme gelen kültürel mirasın özgünlüğü (Stam 2002) günümüze gelene kadar birçok uluslararası toplantıda ele alınmıştır. Özgünlük ile ilgili 1970’li yıllarda yayımlanan iki önemli bildirden birisi Amsterdam Bildirgesi, diğeri ise UNESCO tarafından 1976 da yayımlanan Nairobi Bildirgesi’dir. Bunlara ilave olarak ilerleyen dönemlerde 1987 de ICOMOS’un (International Council on Monuments and Sites) tarihi şehirler ve kent parçaları için yayımladığı Washington Bildirgesi bulunmaktadır. Bu üç bildirgenin ortak yanı tarihi alanların özgünlüğünün devam ettirilmesine yönelik bilimsel araştırmaların nasıl yapılabileceğine işaret etmeleridir (Korumaz 2011). ardından 1994 yılında ICOMOS tarafından yayımlanan Nara Bildirgesinde "özgünlük" kavramı; yapının bünyesinde barındırdığı bilgiler ve o yapıya özgü olma durumu ile ilişkilendirilmiştir

Tarihi Alanların Korunması Ve Çağdaş Rollerini Konusunda Tavsiyeler (Unesco, 30 Kasım 1976) 4.maddesinde,“Tarihi alanlar ve çevreleri, her türlü tehlikeye karşı etkin biçimde korunabilmelidir, özellikle özgünlüklerini zedeleyebilecek uygun olmayan kullanımlar, gereksiz ekler, yanlış veya duyarsız değişiklikler gibi zararlı etkenlere veya her türlü kirlenmenin zararlarına karşı korunabilmelidirler” şeklinde yeniden kullanımın özgünlük değerleri açısından sınırlılıkları vurgulanmaktadır. Yine aynı kararlarda, “Tüm onarım etkinlikleri bilimsel ilkelere dayanmalıdır. Benzer biçimde yapı gruplarını ve onların kendine özgü karakterini oluşturan farklı bölümlerin birbirlerine bağlanmaları veya karşıtlıklarının yarattığı estetik duygular ve uyuma özellikle dikkat edilmelidir” denilerek yapılacak olan uygulamalarda yapının özgün karakterinin doğru değerlendirilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuştur.



Nara Bildirgesi 1994: Değerler ve Özgünlük bölümü madde 9'da kültürel mirasın tüm biçim ve tarihsel dönemleriyle korunmasının kökeninde bu mirasa atfedilen değerler yatmaktadır. Bu değerleri anlama becerimiz, kısmen bu değerler hakkındaki bilgi kaynaklarının doğru ve güvenilir olma derecelerine bağlıdır. Bu bilgi kaynaklarının, kültürel mirasın özgünlüğündeki ve daha sonraki niteliklerine ilişkin olarak bilinmesi ve kabul edilmesi özgünlüğünün tüm girdilerinin değerlendirilmesinin koşuludur, denilerek yapının mimari karakterlerin özgünlüğü oluşturduğu ifade edilmiştir. Madde 11'de, Kültür varlıklarına atfedilen değerlere ilişkin tüm yargılar ve bunlara ilişkin bilgi kaynaklarının güvenilirliği kültürden kültüre değişebildiği gibi, aynı kültür içinde dahi değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle de değerler ve özgünlükle ilgili yargıları kesin ölçütlere bağlamak olası değildir. Tersine tüm kültürlere saygı, kültürel varlıkların her birinin ait oldukları özel kültürel bağlamda algılanıp değerlendirilmeleri gerekmektedir, ifadesi ile her kültür varlığının kendine has özellikler taşıdığı ve kendi bünyesi içerisinde değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Sonuç olarak 1994 yılında ICOMOS'un yayımladığı Nara bildirisinde özgünlük kavramı; yapının bünyesinde barındırdığı bilgiler ve o yapıya özgü olma durumu ile ilişkilendirilmiştir. Özgünlük kavramı değerler ile ilişkili temel faktör olarak tanımlanmakta ve fiziksel karakteristiklere ilişkin nitelikler olarak ifade edilmektedir.

- Tasarım özellikleri ve biçimi,
- Malzeme özellikleri,
- Teknik özellikleri,
- Kullanımı ve işlevi,
- Bulunduğu bağlam ve yerleşimi,
- Taşıdığı yerel ruh,
- Yapının geçirdiği tarihsel süreci, tarihi kültürel mirasın özgünlük değerleri olarak tanımlanmaktadır.

Nara Özgünlük Belgesi'nde ortaya konan kriterlerden, “biçim ve tasarım, malzeme ve madde, konum ve çevre”, özgünlüğün somut yönleri, “işlev kullanımı, gelenekler ve teknikler, ruh ve his” ise özgünlüğün somut olmayan yönleri olarak ele alınmaktadır (Karakul 2016).

Kültürel mirasın yeniden kullanımı bu değerlerin oluşturduğu bütünlük içerisinde değerlendirilmelidir. Uluslararası belgelere göre tarihi kültürel mirasın yeniden kullanımında aşağıdaki noktalar önem arz etmektedir.

- Tarihi yapılar ve çevreleri, her türlü tehlikeye karşı etkin biçimde korunabilmelidir, özellikle özgünlüklerini zedeleyebilecek uygun olmayan kullanımlar, gereksiz ekler, yanlış veya duyarsız değişiklikler gibi zararlı etkenlere veya her türlü kirlenmenin zararlarına karşı korunabilmelidirler. Tüm onarım etkinlikleri bilimsel ilkelere dayanmalıdır.
- Özgünlük yargıları, kültürel mirasın doğasına ve bunun kültürel bağlamına dayanarak, çok çeşitli bilgi kaynaklarının değerleri ile ilişkilendirilebilir. Biçim ve tasarım, renk, malzeme ve madde kullanım ve işlev, gelenekler ve teknikler, konum ve çerçeve, ruh ve duyu, diğer içsel ve dışsal girdiler bu kaynakların çeşitli yönlerini oluşturur. Yapının özgünlük değerlerinin korunması algılanmasında en önemli noktadır.
- Özellikle özgünlüklerini zedeleyebilecek uygun olmayan kullanımlar, gereksiz ekler, yanlış veya duyarsız değişiklikler gibi zararlı etkenlere veya her türlü kirlenmenin zararlarına karşı korunabilmelidirler. Tüm onarım etkinlikleri bilimsel ilkelere dayanmalıdır. Benzer biçimde yapı gruplarının ve onların kendine özgü karakterini oluşturan farklı bölümlerinin birbirlerine bağlanmaları veya karşıtlıklarının yarattığı estetik duygular ve uyuma özellikle dikkat edilmelidir (Yaldız 2013).

3. Alan Çalışması

Tarihi kültürel mirasın yeniden kullanımında özgün değerlerinin korunması bakış açısı ile çalışma kapsamında Konya kent merkezinde bulunan, yeniden kullanılan sivil mimarlık örnekleri ele alınmaktadır. Yeniden kullanılan sivil mimarlık örneklerinde özgün yapı ve mekanların, yeni bir kullanıma yönelik olarak düzenlenmesi sonucunda,

- Yapıların plan şemalarına,
- Cephe karakterlerine
- Strüktürel sisteme ve
- Yapı malzemelerine yapılan müdahaleler ile özgünlük değerlerinin korunabilme durumu incelenmiştir.

3.1. Konya Kenti

Konya Orta Anadolu Bölgesinin en eski yerleşim merkezlerinden biri olup, tarihi M.Ö. 2000'lere kadar uzanmaktadır (Alkan 1993). Kent tarih öncesi ve sonrası pek çok uygarlıkların oluşumuna sahne olmuş, ev sahipliği yapmıştır. 1097-1318 yılları arasında Anadolu Selçuklu Devletine başkentlik yapması dolayısıyla dönemin en önemli yapıları Konya'da inşa edilmiştir. Bu durum Beylikler ve Osmanlı Dönemlerinde de devam etmiştir. Kent eski çağlardan günümüze Alaaddin Tepesinde yer alan Höyük etrafında bir gelişim göstermiştir (Resim 1).





Resim1. 1930’lu yıllarda Konya Alaeddin Tepesi ve çevresi (Fotoğraflarla Geçmişte Konya)

XX.yüzyılın başlarında Konya Anadolu’nun önemli bir merkezi olmuş, Cumhuriyetin ilanından sonra da yeni bir yapılanmaya gidilmiştir. Bu yapılanma sonraki yıllarda da devam etmiş, şehrin sivil mimari örneklerinden çoğu da yok olmuştur. Cumhuriyet dönemi itibariyle Konya, hızlı göç, kentteki üniversite ve sanayinin de etkisi ile ekonomik ve sosyo - kültürel alanda oldukça fazla yol kat etmiştir. Bundan dolayı da kent ekonomisinde bir canlanma olmuştur. Konya’da 1950li yıllardan itibaren yaşanan hızlı nüfus artışı ve artan ekonomik eylemler, kentsel gelişmeyi ve arazi kullanım değerini etkilemiş, bu da giderek tarihi kentin fiziksel yapısını değiştirmiştir. Böylece tarihi kent merkezi, ticaret, hizmet ve diğer sektörlerin baskılı gelişmelerine karşı koyamamaya kent merkezinde özellikle ticaret alanları içerisinde yer alan “Sivil Mimarlık Ürünleri” değişime zorlanmıştır (Yaldız 2010). özellikle ticaret alanları içerisinde kalan sivil mimarlık örneklerinden Dr. Nevzat Özkal Evi, Mimarlar Odası Konya Şube Binası olarak; Arapoğlu Kostü Evi, Nargile Kafe olarak ve Fuat Anadolu Evi, Koruma Kurulu Hizmet binası olarak kullanılmaktadır.

3.2. Mimarlar Odası Şube Binası/Nevzat Özkal Evi

19. Yy ın ikinci yarısında inşa edilen konut Dr. Nevzat Özkal Evi olarak anılmaktadır. Yapının mimari uslubu ve cephe karakteri o dönemde Konya’da yaşayan Marunilerce inşa edildiğini göstermektedir. Alaeddin Tepesinin güney batısında, 5 katlı yapılaşma arasında yoğun bir dokuda yer almaktadır (Ayдын ve ark, 2010).




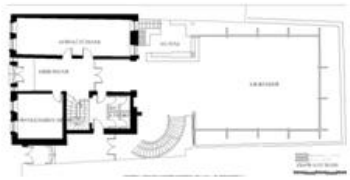


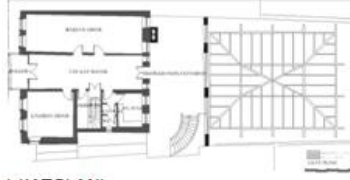


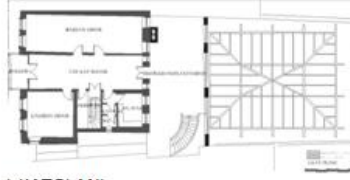


Resim 2. Konya Mimarlar Odası Binası Atatürk Caddesi yönü

1999 yılında Konya Mimarlar Odasının mülkiyetine geçen bina günümüzde Şube binası olarak kullanılmaktadır. Yeni işlevin gereklilikleri doğrultusunda yapıya bir takım müdahalelerde bulunulmuştur (Tablo 1).



Tablo 1. Dr. Nevzat Özkal Evi/ Mimarlar Odası Şube Binası Müdahale ve Değişim Tablosu

DR. NEVZAT ÖZKAL EVİ/ TMMOB MİMARLAR ODASI KONYA TEMSİLCİLİK BİNASI		
	Yeni İşlev İçin Yapılan Müdahaleler <ul style="list-style-type: none">• Zemin kattaki odaların arasındaki duvar kaldırılmış,• Zemin kattaki mutfak Wc-Lavabo olacak şekilde düzenlenmiştir• Zemin katta arka bahçe ye ek yapılarak "mimar evi olarak düzenlenmiştir• Merdiven ve servis mutfağı eklenmiştir.• Üst katta odaların arasındaki duvar kaldırılmıştır,• Üst kattaki teras toplantı odası şeklinde düzenlenmiştir• Üst kattaki banyo, mutfak olarak düzenlenmiştir.• Günümüz konfor koşullarını sağlamak amacı ile ısıtma ve aydınlatma sistemleri yapıya ilave olmuştur.• Bodrum at, ısı merkezi ve arşiv olarak düzenlenmiştir.	
	RÖLÖVE 	RESTORASYON 
	ZEMİN KAT PLANI 	ZEMİN KAT PLANI 
	I. KAT PLANI 	I. KAT PLANI 

Şemalarda kullanılan çizimler Mimarlar Odası Konya Şubesi Arşivinden alınan projelerden şematize edilmiştir.

Yapıya yeni işlev gereği yapılan müdahaleler ele alındığında;

- Özgün mekanların arasının açılması sureti ile odaların büyütülmesi mekansal şemaya müdahale olarak değerlendirilmektedir.
- Arka tarafa yapılan ek yeni malzeme ve teknoloji ile üretildiği için özgün yapıdan oldukça kolay ayırt edilebilmektedir.
- Yapının iç mekanda yer alan özellikle ahşap yapı elemanları özgün ile uyumlu olacak şekilde yenilenmiştir.
- Ancak yapının cephesinde kullanılan renk özgün yapı karakteri ile bağdaşmamaktadır.

3.3. Arapoğlu Kosti Evi/Nargile Kafe

Konya ili Meram ilçesinde yer almaktadır. 19. yy'ın son çeyreğinde inşa edilen Arapoğlu Kosti Evi Konya kent merkezindeki Maruni evlerinden biridir. Yapı zemin, bodrum, birinci kat ve çatı katından oluşmaktadır. İç sofalı plan şemasına sahip olan yapı bir dönem Fransız okulu olarak da hizmet vermiştir. Şu an nargile/internet kafe olarak kullanılmaktadır.



Resim 3. 19.yy'ın ikinci çeyreğinde Arapoğlu Kosti Evi (Koyunoğlu Müzesi Arşivi)




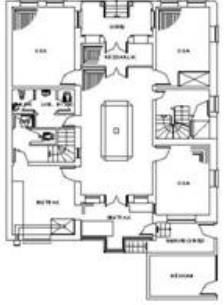
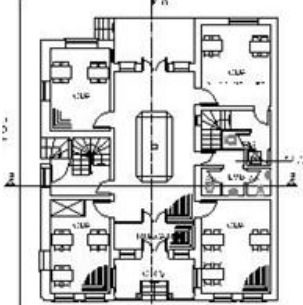




Resim 4. Nargile/İnternet Kafe Olarak Kullanım

Arapoğlu Kosti Evi, Kafe olarak yeniden kullanımında, yapının mekansal özelliklerine çok fazla müdahale edilmemiştir. Wc/lavabo ve servis mutfağı için yapılan düzenlemeler ilaveten özgün plan şemasının kurgusunda, üst kat sofa ile odaların arasındaki duvarların kaldırılması sureti ile yapılan müdahaleler mevcuttur (Tablo 2).



Tablo2. Arapoğlu Kosti Evi/ İnternet/Nargile Kafe Kullanımı Müdahale ve Değişim Tablosu

ARAPOĞLU KOSTİ EVİ/İNTERNET/NARGİLE CAFE			
	<p>Yeni İşlev İçin Yapılan Müdahaleler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zemin kattaki banyo ve tuvalet olarak kullanılan kısım bugün sadece tuvalet olarak kullanılmak üzere düzenlenmiştir. • Özgün işlevinde mutfak olarak kullanılan köşe oda bugün oda olarak kullanılmaktadır. • Bodrum kat gerekli düzenlemeler ile nargile salonuna çevrilmiştir. • Birinci katta hane halkının kullanımını için yapılan 300 banyo mekanı müşterilerin kullanabileceği 300 lavabo hacmine dönüştürülmüştür. • Çatı katında köşk odası, sonradan çekme kata dönüştürülmüştür. • Günümüz konfor koşullarını sağlamak amacı ile ısıtma ve aydınlatma sistemleri yapıya ilave olmuştur. 		
	RÖLÖVE	RESTORASYON	
			
	ZEMİN KAT PLANI (Fikret ÇİÇEK)	ZEMİN KAT PLANI (Aydın 2006)	I. KAT PLANI (Aydın 2006)

Yapıya yeni işlev gereği yapılan müdahaleler ele alındığında;

- Seçilen yeni işlev yapı ile uyum sağlamamakta yapının özgünlük değerlerinin zedelenmesine sebep olmaktadır.
- Yapının mekansal oluşumu ve plan kurgusuna herhangi bir müdahale yapılmamış sadece tefriş elemanları ile yeni işleve uygun düzenlemelere gidilmeye çalışılmıştır.
- Özellikle ıslak hacimler için yapılan müdahaleler, özgün kimliği olumsuz yönde etkilemektedir.
- Yeni işlev gereği günümüz konfor koşullarını sağlamak amacı ile ısıtma ve aydınlatma sistemleri yapıya ilave olmuştur.
- Yapının cephesinin oldukça bakımsız yapı elemanlarının harap olduğu gözlemlenmektedir.
- Yapı cephesinde özgün malzeme ve cephe karakteri ile uyumlu olmayan reklam tabelalarının kullanımı söz konusudur.

3.4. Fuat Anadol Evi/Koruma Kurulu Binası

Konya'nın Karatay İlçesinde, Kazım Karabekir Caddesi ile Atatürk Caddesinin birleştiği noktada yer almaktadır. 20. yüzyılın başlarında inşa edilmiştir. Yapı 1990 yılında, Konya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu Müdürlüğü binası olarak kullanılmaya başlanmıştır. Konya bölge kurulu hizmet binası olarak kullanılan yapı, kurulun kararı ile 2.grup yapılara dahil edilmiştir (Kuyrukçu ve ark 2015). Yapı bodrum, zemin. Birinci kat ve çatı katından oluşmaktadır.



Resim 5. Onarım Öncesi (Uğurlu 1998)













Resim 6. Koruma Kurulu olarak kullanıldığı dönem



Fuat Anadolu Evinin Koruma Kurulu Hizmet Binası olarak yeniden kullanımında mekansal anlamda özgün şemaya müdahaleler yoktur. Ancak, giriş holü için alt kat sofaya ahşap bölücü elemanlar ile rüzgarlık eklenmiş, Wc, lavabo ve mutfak gibi servis mekanları için de yapıya niteliksiz betonarme ek yapılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Fuat Anadolu Evi/ Koruma Kurulu Hizmet Binası Kullanımı Müdahale ve Değişim Tablosu

FUAT ANADOL EVİ/İNTERNET/KORUMA KURULU HİZMET BİNASI				
	<p>Yeni İşlev İçin Yapılan Müdahaleler</p> <ul style="list-style-type: none"> Mevcut mekanlar yeni işleve cevap verebilecek boyut ve biçimde olduğu için yapıya herhangi bir mekan ilavesi yada mekanları büyütme amacı ile duvarların kaldırılması şeklinde bir müdahale olmamıştır. İç sofa giriş holü oluşturmak amacıyla ahşap bölücü ile bölünmüştür. Günümüz konfor koşullarını sağlamak amacı ile ısıtma ve aydınlatma sistemleri yapıya ilave olmuştur. Wc, lavabo ve mutfak olacak şekilde bir takım düzenlemeler yapılmıştır. Özgün yer döşemeleri seramik olarak yenilenmiştir. Ofis ve servis mekanları için ek yapı düzenlemesine gidilmiştir. 			
	RÖLÖVE		RESTORASYON	
	ZEMİN KAT PLANI		ZEMİN KAT PLANI	
	I. KAT PLANI		ÇATI KATI PLANI	
		(Şemalar Kuyrukçu ve ark 2015 'den alınmıştır)		(Şemalar Kuyrukçu ve ark 2015 'den alınmıştır)

Yapıya yeni işlev gereği yapılan müdahaleler ele alındığında;

- Yapının mekansal oluşumu ve plan kurgusuna herhangi bir müdahale yapılmamış sadece tefriş elemanları ile yeni işleve uygun düzenlemelere gidilmeye çalışılmıştır.
- Isıtma amacı ile yapıya eklenen kalorifer petekleri yapının özgün algısını bozmaktadır.
- Zemin ve birinci katta yapının arka kısma yapılan betonarme ek, yapının özgün yapı malzemesi, mekansal oluşumu ve cephe karakteri ile bağdaşmamaktadır.

4. Sonuçlar

Kültür varlıklarının korunması ve yok olmalarının engellenmesi, gelecek kuşaklara tarihi, sosyal ve kültürel değerleri aktarabilmek amacıyla tüm toplumlar tarafından kabul edilmiş evrensel bir düşüncedir. Koruma uygulamalarının amacı, uygun müdahaleler ile bu niteliklerin gelecek kuşaklara aktarılmasıdır. Tarihi kültürel mirasın sürekliliğinin sağlanabilmesi için ön şart; sahip olduğu özgünlük değerlerinin korunmasıdır. Koruma kuramsal çerçevesinde ele alındığında, tarihi kültürel mirasın yeniden kullanımında özgünlüğünün korunması için; iç mekan özellikleri, mekansal oluşumu, strüktürü, hacimsel özellikleri, içinde yaşayan insanlar ve her türlü kültürel değerler, tarihi yapının önemli bileşenleri olarak kabul edilmelidir.

Konya kent merkezinde yer alan ve yeniden kullanılan sivil mimarlık örnekleri incelendiğinde; yapılan müdahalelerin yapıların özgün plan karakterlerini tümüyle değişikliğe uğratmamaktadır. yeni işlevin ihtiyaç duyduğu mekanları üretmeye yönelik plan şemalarına ek mekan ilavesi ve mekan büyütme amacı ile duvar vb elemanların kaldırılması söz konusudur. yeni işlev gereği kullanılan tefriş elemanları Arapoğlu Kostü Evi ve Fuat Anadolu Evinde özgün mekansal algıyı zedeleyecek yödedir. buna karşın Mimarlar Odası Şube Binasında tefrişat elemanları yapının algılanabilirliğini ön plana çıkartmaktadır. Çağdaş yaşam konfor koşulları gereği eklenen aydınlatma, havalandırma, su ve teknik tesisatlar özgün yapı karakterleri ile uyum sağlayamamaktadır.

Sonuç olarak; yapının sadece beden duvarlarının korunması değil bünyesinde barındırdığı mekânları oluşturan tüm niteliklerin korunması gerektiği gerçeğinden hareket ile, tarihi kültürel mirasın özgün kütle, plan ve malzeme özellikleri korunmalı; kullanıcı üzerinde yapının özgünlüğünün algılanması yok edilmemesi gerekmektedir.

- Yapılan müdahalelerin çıplak gözle okunması
- Özgün yada özgüne yakın malzeme kullanımı



- Eski-yeni arasındaki ilişkinin doğru kurulması
- Günümüz konfor koşullarını sağlayacak düzenlemelerin geri döndürülebilir şekilde uygulanması
- Yapının iç mekan ve plan özelliklerinin korunması
- Yapı mekan ilişkisinin kurulması
- Yapının cephe karakterinin korunması
- Yeni işlevde üslup ve tasarım özelliklerine sadık kalınması
- Bulunduğu çevrede sembol, bilgi ve aidiyet ilişkilerinin sağlanması

Yeniden kullanım çalışmalarında özgünlük değerlerinin korunabilmesi adına önemli noktalardır.

5. Kaynakça

- Ahunbay, A. (2013). 2013'ün Tartışmalı Yeniden Kullanım ve İhyaları, TMMOB Mimarlık Dergisi (374) 49-53.
- Alkan, A.(1993). "Tarihi Çevre ve Planlama Çalışmaları", Selçuk Üniversitesi Selçuklu Araştırmaları Merkezi, Konya.
- Anonim, (2004). "Adaptive Reuse, Preserving Our Past, Building Our Future", Australian Government, Department of Environment and Heritage, Printed by Prion, Australia
- Aydın, D. & Yıldız, E., (2010). "Yeniden Kullanıma Adaptasyonda Bina Performansının Kullanıcılar Üzerinden Değerlendirilmesi", METU-JFA, 27:1, S.1-22, Ankara.
- Earl, J. (2003). Building conservation philosophy. Shaftesbury: Donhead.
- Ersen, A. & Ertuğrul, A., (2009). Mimari korumada otantiklik ve bütünleme sorunu. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 1(1), 8-15.
- Fielden, B. M. (2003). Conservation of historic buildings. Architectural Press.
- Hasol, D. (1979). Ansiklopedik mimarlık sözlüğü. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Jokilehto J. (2006). Considerations on authenticity and integrity in world heritage context. City & Time 2 (1): 1. [online] URL:<http://www.ct.ceci-br.org>
- Karakul , Ö., (2016). Authenticity as a Sustainable Value of Holistic Conservation: The Case of Turkey's World Heritage Sites, MEGARON 2016;11(4):483-490
- Kiper, P. (2006). Küreselleşme Sürecinde Kentlerin Tarihsel Kültürel Değerlerinin Korunması, Türkiye Bodrum Örneği, Sosyal araştırmalar Vakfı Yayını, İstanbul; 18.
- Korumaz, M., (2011). "Türkiye'de Tarihi Yapılarda Façadizm (Cephecilik) Uygulamalarının Koruma Kapsamında Değerlendirilmesi", Selçuk Üniversitesi FBE Yayınlanmamış Doktora Tezi, Konya.
- Korumaz, M., (2003). Tarihi Yapılara Yeni İlavelerin İstanbul Örneğinde Değerlendirilmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Kuyrukçu, E. Y. & Kuyrukçu, Z., & Aydın, D. (2015). Geleneksel Konya Evlerinden Fuat Anadolu Evi'nin Yeniden Kullanım Bağlamında Değerlendirilmesi. Artium, 3(1).
- Plevoets, B. & Van Cleempoel, K. (2019). Adaptive Reuse of the Built Heritage: Concepts and Cases of an Emerging Discipline. Routledge.
- Starn, R., (2002). Authenticity And Historic Preservation: Towards An Authentic History, History Of The Human Sciences Vol. 15 No. 1, Pp 1-16.
- Uğurlu, E., & Böke, H. (2009). Tarihi yapıların özgün değerleri ile korunması. Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, 1(2), 17-19. Yıldız E., (2010). "Toplumsal Değişim Sonucu Anıtsal Yapılarda Oluşan İşlevsel Farklılaşmalar: Konya Örneği", 22. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi, Mimarlık ve Değişim, S:205-212, Bursa.
- Yıldız E., Asatekin N., G., (2016). "Anıtsal Yapıların Kullanım Sürecinde Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi". Metu Journal Of The Faculty Of Architecture, 33(2), 161-182
- Yıldız E., Asatekin N., G., (2016). "Anıtsal Yapıların Yeniden Kullanımında Kullanıcılar Üzerinde Kültürel Algı Performansı Değerlendirmeleri: Sivas Buruciye Medresesi Örneği". MEGARON/ Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal, 11, 333-343.
- Yıldız E., Aydın D. (2012). "Adaptive Reuse Assessing With Civil Architecture Examples". International Journal Of Multidisciplinary Thought, 2(2), 283-293., (Kontrol No: 527876)
- Yıldız, E., (2003). Konya'daki Medrese Yapılarının Yeniden Kullanım Koşullarına Göre Değerlendirilmesi, yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yıldız, E., (2013). Anıtsal Yapıların Kullanım Sürecinde Değerlendirilmesine Yönelik Bir Model Önerisi, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, FBE, Konya.



Yaldız, E., (2010). “Reuse Of Monumental Buildings As A Sustainability Component”, Central Europe Towards Sustainable Building Conference, CESB 2010, pp: 643-646, Prag, Çek Cumhuriyeti.



ISI YALITIM LEVHASI ÜRETİMİ ŞİŞİRME PROSESİNDE BONCUK YOĞUNLUĞUNUN TAHMİNİ

Feyza Gürbüz¹, Burçak Buldanlı²

1,2Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri

feyza@erciyes.edu.tr

bbuldanli_92@hotmail.com

Özet

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilginin önemi her geçen gün artmaktadır. Veri madenciliği yöntemleri ile veriler üzerinde çok farklı analizler yapılabilmektedir. Veri madenciliği büyük miktarda veri içinden, gelecekle ilgili tahmin yapmamızı sağlayacak bağıntı ve kuralların aranmasıdır. Türkiye’de kimya sektöründeki bir firmadan 1 yıllık ön şişirme prosesine ait veri seti temin edilmiştir. Bu veri seti üzerinde veri madenciliği yöntemleri uygulanarak ağırlık, çevrim süresi, buhar süresi ve buhar sıcaklığı gibi parametreler ile bloklarda istenilen yoğunluğu elde etmek için bloğu oluşturan boncukların hangi yoğunlukta şişirilmesi gerektiğinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. İlk olarak firmadan alınan veriler etkili parametrelerin tespiti için ön işleme ile veri madenciliği formatına uygun hale getirilmiştir. Bu amaçlara yönelik olarak veri madenciliği yazılımlarından PolyAnalyst aracı kullanılarak veriler analiz edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri madenciliği, Ön şişirme, Yoğunluk tahmini

1. Giriş

Çalışma kimya sektöründe ısı yalıtım grubu ürünleri üreten ve Avrupa’nın en büyük tesislerinden biri olan bir firmada yapılmıştır. Firmanın ısı yalıtım levhası ve kuru harç ürün gruplarının üretim prosesinde bulunan dar boğazlardan ön şişirme bölümü seçilmiş olup burada ürün ve ürün kalitesine etki eden faktörler ele alınmıştır.

Isı yalıtım levhası üretiminin hammaddesi olan ve içeriğinde belirli oranda pentan gazı bulunan boncukların ilk prosesi ön şişirme aşamasıdır. Bu aşamadaki amaç, boncukların blok haline gelmeden önce ısı yalıtım levhasında istenen yoğunlukta şişirilmesidir. Örnek olarak 14.5 kg/m^3 yoğunlukta istenilen levhalar için genel kabul ile ön şişirmede istenilecek yoğunluk 13.5 kg/m^3 ’dür. Fakat hammadde kalitesi, hava koşulları gibi etmenler bu yoğunluğun değişmesine neden olabilir. Buradaki yoğunluk bloktaki yoğunluğa direkt etki ettiği için ön şişirme yoğunluğu kritik derecede önemlidir.

Ön şişirme makinesi verilerinde tarih, kullanılan hammadde, çevrim sayısı, her çevrimdeki ağırlık, elde edilen yoğunluk ve kapasite açısından çevrim süresi önemlidir. Her döngüde ölçülen yoğunlukların ortalaması bloğu temsil edecektir. 3 tonluk silolarda stoklanan boncuklar en az 8 saat dinlendirildikten sonra blok yapma aşamasında kullanılır. Yoğunluğun yüksek olması blokların ağır olmasına dolayısı ile fazla hammadde kullanımına, düşük olması ise istenen kalitede blok üretilmemesine neden olmaktadır. Nihayetinde ön şişirmede çevrim ağırlıkları, elde edilen yoğunluklar ve kapasite için çevrim süreleri devamlı olarak kontrol altında tutulmalıdır.

Bu çalışmada etkili parametreler dikkate alınarak bloklarda istenilen yoğunluğu elde etmek için bloğu oluşturan boncukların hangi yoğunlukta şişirilmesi gerektiğinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu konuda veri madenciliğinde yapılmış çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Hatipoğlu ve arkadaşları çalışmalarında çinko maliyetinin hesaplanması için gerekli olan kaplama kalınlığının tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Maliyet fonksiyonlarının tahmin edilmesinde çoklu regresyon ve yapay sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda çoklu regresyon yöntemiyle elde edilen sonuçların diğer yöntemlere göre daha düşük performansla çalıştığı, yapay sinir ağı modelinde ise gerçek değerler ile tahmini değerleri arasındaki fark hipotez testiyle karşılaştırılmıştır ve %95 güven aralığında değerler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı gözlemlenmiştir [1].

Milne ve arkadaşları çalışmalarında veri madenciliği yöntemlerini kullanarak kağıt hatalarının tahmin edilmesini amaçlamışlardır. Kağıt makaralarındaki hatanın tahmin edilmesinde veri madenciliği tekniklerinden olan karar ağaçlarını, veri madenciliği aracı olarak ise ReMind yazılımını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, 8640 adet makaranın testine dayanarak iyi makaraların % 96’sı, kötü makaraların ise % 88’i doğru olarak tahmin edilmiştir [2].

Rady ve Anwar bu çalışmalarında veri madenciliği algoritmaları kullanılarak böbrek hastalığı aşamalarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Tahmin için olasılıksal sinir ağı, çok katmanlı perceptron, destek vektör makinesi ve radyal temel fonksiyon algoritmaları kullanılmıştır. Analizde kullanılan veri seti 361 kronik böbrek hastasından oluşmakta ve 25 değişken içermektedir. Analizlere başlamadan önce, her bir hasta için böbrek hastalığının ciddiyetini belirlemek amacıyla glomerüler filtrasyon hızı, eGFR formülü uygulanarak hesaplanmıştır. Kronik böbrek hastalığı aşamaları esas olarak ölçülen veya tahmin edilen glomerüler filtrasyon hızına (eGFR) dayanmaktadır. Beş aşama mevcuttur, böbrek fonksiyonu Aşama 1’de normaldir ancak Aşama 2’de minimal olarak azalmaktadır. Algoritmaların sonuçları karşılaştırıldığında olasılıksal sinir ağı en yüksek sınıflandırma doğruluğunu sağladığı görülmüştür [3].



Remy ve arkadaşları çalışmalarında bir hastayı teşhis etmek için en uygun doktorların seçilmesine yönelik tahmin edici bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır. İlk olarak, model bir hastayı teşhis edebilecek uzmanları tanımlar. İkinci olarak, model iyi bir tanı koyabilen uzman doktorların sıralamasını sağlamak için hesaplanmış olasılıkları kullanır. Yapılan veri madenciliğinin sonucu çok amaçlı bir lojistik regresyon modelidir. 10 kat çapraz doğrulama ile elde edilen sonuçlar modelin, seçilen veriler için ortalama doğruluk, hassasiyet % 80, % 79, % 97,3 ve % 82'lik hassasiyetle iyi bir tahmin yeteneği sağladığını göstermektedir [4].

Liu ve arkadaşları çalışmalarında veri madenciliği sınıflandırma tekniğine dayanarak, sinir ağları ve karar ağacı algoritmalarını kömür zeminde su akışını öngören bir tahmin sistemi oluşturmak için incelemişlerdir. Veriler, sisteminin girdi verileri olarak farklı alanlardan seçilmiştir. Çalışma alanı 1 ila 28 etiketli, yaklaşık 50 m x 50 m'lik ızgaralara bölünmüştür. Bu ızgaraların merkezi noktaları, enterpolasyon algoritmaları ve mesafe ölçümleriyle veri toplamak için seçilmiştir. Bu verileri ele almak için olasılıksal sinir ağları ve regresyon ağacı sınıflandırıcı kullanılmıştır. Analizler sonucunda 6, 7, 8 ve 17 etiketli tahmin şebekelerinin şüpheli alana, diğer şebekelerin ise risk alanına ait olduğu tespit edilmiştir. Buna göre su girişini önlemek için bir dizi jeofizik arama, sondaj ve derz dolgu teknikleri uygulanmıştır [5].

Çalışma şu şekilde devam etmektedir. İkinci bölümde, çalışmanın ana konusu olan veri madenciliği ve tekniklerinden bahsedilmiştir. Çalışmada veri madenciliği modellerinden tahmin edici modeller kullanılarak analizler gerçekleştirildiğinden ikinci bölümde tahmin edici modeller ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan verinin içeriği ve uygulamanın adımları anlatılmıştır. Son bölümde ise yapılan analizlerin sonuçlarından bahsedilmiştir.

2. Veri Madenciliği

Günlük hayatımızda sürekli veri üretilmektedir. Bu veriler çok çeşitli yöntemlerle oluşturularak çeşitli veritabanlarında kayıt altına alınmaktadır. Ancak ham veri işlenmediği sürece faydalı olmayacaktır. Elde edilen büyük miktarda veri içinden anlamlı bilgiler çıkarılması veri madenciliğinin alanıdır [6].

Veri madenciliği, istatistiksel ve matematiksel teknikler kullanılarak çeşitli veritabanlarında kayıt altına alınmış verilerin işlenmesi ile anlamlı bağlantı ve kuralların keşfedilmesidir [7].

Günümüzde veri madenciliğinin; bankacılık, pazarlama, sigortacılık, telekomünikasyon, borsa, sağlık, endüstri, bilim ve mühendislik gibi birçok dalda uygulama alanı bulunmaktadır. Veri madenciliği, istatistik, matematik ve bilgisayar bilimlerinin bir kesişimidir. Bundan dolayı 'disiplinlerarası' bir disiplin olarak nitelendirilmektedir.

Veri madenciliği için kullanılacak olan verilerin sürece adım adım hazırlanması gerekmektedir. Bu süreç KDD (Knowledge Discovery in Database) yani Veri Tabanı Bilgi Keşfi olarak adlandırılır [8].

Veri madenciliği sürecinde izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir.

1. Problemin Tanımlanması
2. Verilerin Hazırlanması
3. Modelin Kurulması ve Değerlendirilmesi
4. Modelin Kullanılması
5. Modelin İzlenmesi

Veri madenciliğinde kullanılan modeller, tahmin edici ve tanımlayıcı olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir [9].

- Tahmin Edici Modeller
 - Sınıflandırma
 - ✓ Karar Ağaçları
 - ✓ Yapay Sinir Ağları
 - ✓ Destek Vektör Makinesi
 - ✓ Genetik Algoritma
 - Regresyon
- Tanımlayıcı Modeller
 - Kümeleme
 - Birliktelik Kuralları
 - Ardışık Zaman Örüntüleri

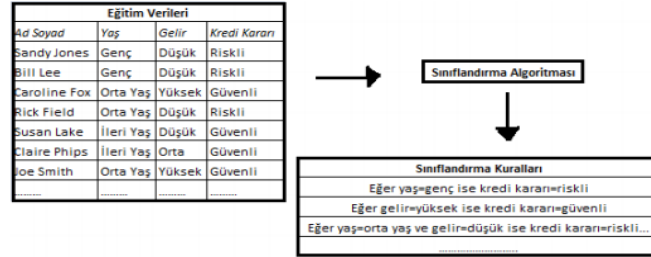
Denetimli veya tahmin edici modellerde, sonuçları veya geçmişteki değerleri bilinen verilerden bir model kurulması ve bu kurulan modelden yararlanılarak sonuçları bilinmeyen veri setleri için sonuç değerlerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır [7]. Denetimsiz veya tanımlayıcı modellerde ise karar vermede etkili olabilecek mevcut veriler arasındaki bağlantıların tanımlanması amaçlanmaktadır [10].



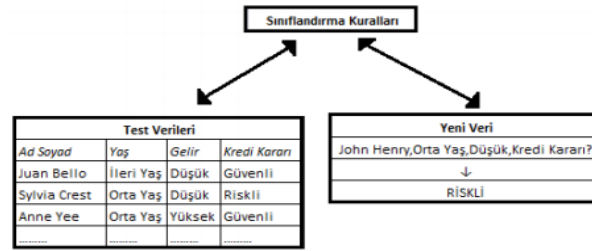
Çalışmada veri madenciliği modellerinden tahmin edici modeller kullanılarak analizler gerçekleştirildiğinden tahmin edici modellerden ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiştir.

2.1. Sınıflandırma

Sınıflandırma uygulama alanı geniş olan ve çeşitli uygulamaların yapıldığı en çok bilinen veri madenciliği tekniğidir. Amaç, sınıfı bilinmeyen nesnelerin sınıfını tahmin etmek için sınıfları tanımlayan model veya fonksiyonların bulunmasıdır [11]. Verilerin sınıflandırılması için bazı adımlar takip edilir. İlk adım öğrenme aşamasıdır. Bu adımda veri setinin bir kısmı eğitilerek sınıflandırma modelinin oluşturulması sağlanır. Böylelikle geçmiş verinin hangi sınıflara ait olduğu belirlenmiş olur. İkinci adım ise sınıflandırma aşamasıdır. Bu adımda amaç, ilk adımda elde edilen model yardımıyla gelen yeni verinin hangi sınıfa ait olduğunun tespit edilmesidir [12].



Şekil 1: Öğrenme Aşaması [13]



Şekil 2: Sınıflandırma Aşaması [13]

3. Uygulama

Bu bölümde, veri madenciliği modellerinden tahmin edici modeller ile ilgili bir uygulama yapılmıştır. Firmada, konu ile ilgili gerekli kişilerle görüşme yapıp uygulama yapabilecek sürecin ön şişirme bölümü olacağına karar verilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi veri seti ürün ve ürün kalitesine etki eden 6 parametre içermektedir.

Tablo 1: Uygulamada kullanılmış veri setinde yer alan parametreler

Zaman	Tarih	Malzeme	Ağırlık	Ölçülen Yoğunluk	İstenilen Yoğunluk	Çevrim Süresi	Buhar Süresi	Buhar Sıcaklığı
10:32:44	04.01.2018	N5300-15-R	70,31	0	14,5	139	95	97,6
10:34:56	04.01.2018	N5300-15-R	70,37	0	14,5	130	87	98,7
10:37:09	04.01.2018	N5300-15-R	70,37	15,1	14,5	133	90	102,6
10:39:22	04.01.2018	N5300-15-R	69,92	15	14,5	130	88	103,4
10:41:35	04.01.2018	N5300-15-R	69,92	14,8	14,5	132	89	101,3
10:43:44	04.01.2018	N5300-15-R	69,85	14,56	14,5	128	86	102,5
10:45:54	04.01.2018	N5300-15-R	69,66	14,7	14,5	128	87	101,8
10:48:05	04.01.2018	N5300-15-R	69,59	14,66	14,5	128	86	98,5
10:50:19	04.01.2018	N5300-15-R	69,4	14,7	14,5	132	90	102,4
10:52:26	04.01.2018	N5300-15-R	69,33	14,36	14,5	126	83	102,9
10:54:38	04.01.2018	N5300-15-R	69,2	14,4	14,5	130	88	102,8
10:56:46	04.01.2018	N5300-15-R	69,27	14,5	14,5	127	84	101,7
10:58:54	04.01.2018	N5300-15-R	69,2	14,36	14,5	128	84	98,5
11:34:40	04.01.2018	N5300-15-R	69,66	14,33	14,5	124	83	102
11:36:32	04.01.2018	N5300-15-R	69,46	14,36	14,5	129	86	103
11:38:44	04.01.2018	N5300-15-R	69,59	14,5	14,5	132	89	102,5
11:39:15	04.01.2018	N5300-15-R	69,59	14,43	14,5	129	87	101,9
11:41:24	04.01.2018	N5300-15-R	69,53	14,33	14,5	128	85	104
11:43:33	04.01.2018	N5300-15-R	69,72	14,3	14,5	128	85	102,9
11:14:05	04.01.2018	N5300-15-R	69,66	14,4	14,5	131	88	101,4
11:16:14	04.01.2018	N5300-15-R	69,85	14,4	14,5	127	85	103,2
11:18:21	04.01.2018	N5300-15-R	69,85	14,36	14,5	127	84	102,7
11:20:26	04.01.2018	N5300-15-R	69,92	14,43	14,5	124	81	102
11:22:37	04.01.2018	N5300-15-R	69,79	14,46	14,5	129	88	103,8



3.1. Uygulamada Kullanılan Algoritmalar

Bu çalışmada verilerin analizi için PolyAnalyst programı kullanılmıştır. Program, veri madenciliği teknikleri olan sınıflandırma, kümeleme, karar ağacı gibi araçları hazır olarak bulundurmaktadır. Bu yöntemleri gerçekleştirmek için program, lineer regresyon ve yapay sinir ağları gibi birçok yöntem ve algoritma kullanmaktadır. Veri seti üzerinde yapılacak analizler için gerekli araç eğitim veri seti ile analiz edilir ve analiz sonucunda elde edilen kurallar test veri seti ile test edilir. Kurallar, ilgili parametrelerden oluşan eşitlikler ve yüksek dereceli polinomlardan oluşmaktadır. Test yöntemi, mevcut veri setinin rastgele olarak test ve eğitim veri seti olmak üzere iki bölüme ayrılarak, eğitim verileri ile modelin öğretilmesi, test verileri ile de sonuçların test edilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir [15].

Programdaki algoritmalarından, bağımlılıkları bulma (Find Dependencies) algoritması ve kümeleme analizi (Cluster Analysis) ön işleme aracı olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma algoritması olarak kural bulma (Find Laws) algoritması kullanılmıştır.

3.1.1. Bağımlılıkları Bulma (Find Dependencies)

Bağımlılıkları bulma algoritması, veri seti içerisindeki ilişkilerin tespit edilmesi için kullanılır. Özellikler arasındaki ilişkinin ne kadar güçlü olduğunu gösterir. Bağımlılıkları bulma algoritması ile veri seti gereksiz verilerden temizlenebilir [14].

Elde edilen raporlarda ilk olarak hedef parametrenin tahmininde en etkili parametreleri çıktı olarak vermektedir. Çıktı olarak elde edilen P değerine bakılarak aralarındaki bağımlılığın gücüne karar verilmektedir. Bu değer sıfıra ne kadar yakınsa parametreler arasındaki bağımlılıkta o kadar güçlüdür sonucuna varılmaktadır [15].

3.1.2. Kümeleme Analizi (Cluster Analysis)

Kümeleme analizi, veri setini benzerlikleri için inceler. Veri setindeki tüm özellikler dikkate alınarak karşılaştırılır, benzerlikleri ve farklılıkları tespit edilir. Kümeleme algoritmasını çalışmanın başında kullanmak hangi özelliklerin ve hangi veri setlerinin analizi için en önemli olduğunu belirlemede önemlidir. Ardından hem veri setlerini hem de bulunacak kümelerin her birini temsil eden kural oluşturur [14].

3.1.3. Kural Bulma (Find Laws)

Başka özelliğin değerleri göz önüne alınarak sürekli bir özelliğin değerini tahmin edebilir. Hedef değişken sayısal bir parametre olmalıdır. Bu yöntemde kullanılan veri analizi teknikleri, çoklu doğrusal olmayan regresyon mantığına dayanmaktadır [14].

En uygun kural, istatistiksel olarak uygun olan bir modeli temsil eder. En kesin kural ise en doğru modeli temsil eder. En uygun kural istatistiksel olarak güvenilirlik testlerinden geçmiş olan kuralken, en kesin kural tam olarak test edilmemektedir. Bu yüzden uygulamalarda en uygun kuralın kullanılması önerilmektedir. Kuralların doğruluğu regresyon katsayısına (R^2) göre değerlendirilmektedir. Bu katsayı $[0,1]$ aralığında değer almaktadır. Değer 1'e yaklaştıkça kuralın doğruluğu artmaktadır [15].

Burada ağırlık, çevrim süresi, buhar süresi, buhar sıcaklığı ve ölçülen yoğunluk girdi parametreleri iken, istenilen yoğunluk çıktı parametresidir. Uygulamanın amacı, girdi parametrelerini kullanarak çıktı parametresinin tahminine yönelik bir formül elde etmektir.

Ön işleme sürecinde mevcut 6 parametre ile analizler gerçekleştirilmiştir. Veri madenciliği sürecine geçmeden önce yapılacak olan analizin daha etkili olması amacıyla kullanılacak olan parametrelerin doğru olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla veri madenciliği yazılımı olan PolyAnalyst programına ait bağımlılıkları bulma algoritması ve kümeleme analizi ön işleme aracı olarak kullanılmıştır.

Bağımlılıkları bulma analizi mevcut 6 parametre ile yapılmıştır. Hedef değişken istenilen yoğunluktur. Bağımlılıkları bulma analizi ile istenilen yoğunluğa etki eden parametreler ve bu parametrelerin etkili olup olmadığı tespit edilmiştir. Parametrelerin etki derecelerini tespit etmek için P değerleri dikkate alınmıştır. Bu değer sıfıra ne kadar yakınsa parametreler arasında o kadar güçlü bağımlılık olduğu sonucuna varılmaktadır. Parametrelerin P değerlerine bakıldığında hepsinin 0 (sıfır) olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda bahsi geçen parametrelerin hepsinin etkili olduğu doğrulanmıştır.

Kümeleme analizi sonucunda üç küme elde edilmiştir. 27629 adet veri içeren küme-1 en uygun küme olduğu için analizler bu veri kümesi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu analizler kural bulma algoritması ile yapılmıştır.

4. Sonuç ve Bulgular

Üç farklı veri setine uygulanan kural bulma algoritması ile ilgili analizler sonucu elde edilen en uygun kurallar sırasıyla Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir. (İY : İstenilen Yoğunluk, ÖY: Ölçülen Yoğunluk, A: Ağırlık)

Tüm veri seti %70 eğitim verisi ve %30 test verisi olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Ön işleme yapılmadan eğitim verilerine kural bulma algoritması uygulanmıştır.



Tablo 2: Eğitim verileri ile kural bulma sonuçları

Tahmin Edilen Parametre	Tahmin Kuralı	R ² Train	R ² Test
İstenilen Yoğunluk	$\hat{I}Y = (0.0131801 * \ddot{O}Y^3 * A + 13.6036 * \ddot{O}Y^3 - 360.118 * \ddot{O}Y^2 + 2069.04 * \ddot{O}Y - 0.254479 * \ddot{O}Y^2 * A - 0.00032469 * \ddot{O}Y * A^2 + 14.7249 * A + 4786.03) / (\ddot{O}Y^3 - 26.0577 * \ddot{O}Y^2 + 142.237 * \ddot{O}Y + 410.743)$	0.7707	0.7613

Ön işleme aracı olarak kullanılan bağımlılıkları bulma algoritması sonucu elde edilen veri seti analiz edilmiştir.

Tablo 3: Bağımlılıkları bulma analizi sonucu elde edilen veriler ile kural bulma sonuçları

Tahmin Edilen Parametre	Tahmin Kuralı	R ² Train	R ² Test
İstenilen Yoğunluk	$\hat{I}Y = (-6.96117 * A * \ddot{O}Y^4 + 234.718 * A * \ddot{O}Y^3 + 81636.6 * \ddot{O}Y^2 - 1714.41 * A * \ddot{O}Y^2 - 2.56091e+006 * \ddot{O}Y + 1.97152e+007) / (A * \ddot{O}Y^3)$	0.8116	0.8153

Kümeleme analizi sonucu elde edilen üç kümeden bir tanesi en uygun küme olarak seçilmiştir ve analizler bu küme üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4: Kümeleme analizi sonucu elde edilen veriler ile kural bulma sonuçları

Tahmin Edilen Parametre	Tahmin Kuralı	R ² Train	R ² Test
İstenilen Yoğunluk	$\hat{I}Y = (-0.00335154 * \ddot{O}Y^4 * A^3 + 14.7741 * \ddot{O}Y^4 * A^2 - 409.321 * \ddot{O}Y^3 * A^2 + 12.7958 * \ddot{O}Y^4 * A - 805.912 * \ddot{O}Y^3 * A + 2975.72 * \ddot{O}Y^2 * A^2 + 9.04011e+006 * \ddot{O}Y - 71327.2 * \ddot{O}Y * A + 6620.11) / (\ddot{O}Y^4 * A^2 - 28.6173 * \ddot{O}Y^3 * A^2 + 202.94 * \ddot{O}Y^2 * A^2 + 252888 * \ddot{O}Y)$	0.7248	0.7248

Tablo 5: Veriler ve regresyon katsayıları

Veriler	R ² Train	R ² Test
Eğitim Verileri	0.7707	0.7613
Bağımlılıkları Bulma Analizi Verileri	0.8116	0.8153
Kümeleme Analizi Verileri	0.7248	0.7248

Tablo 5'te görüldüğü üzere elde edilen üç farklı formüle ait R² değerlerine göre en doğru ve güvenilir kuralın bağımlılıkları bulma analizi ile elde edilen veri kümesinden elde edilen sonuçlar olduğu görülmektedir. İlgili firmaya % 81,16 doğruluğa sahip olan formül önerilerek ürün ağırlığının ayarlanmasıyla istenilen yoğunluk değerine ulaşılacaktır.

5. Kaynakça

- Hatipoğlu T., Boran S., Özcan B., Fırlıklı A., Yapay sinir ağı yaklaşımıyla çinko kalınlığının tahminlenmesi. SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 17(1): 61-69, 2013.
- Milne, R., Drummond, M., Renoux, P., Predicting Paper Making Defects Online Using Data Mining. Knowledge-Based Systems, 11: 331-338, 1998.



3. Rady, A., Anwar, S., Prediction of kidney disease stages using data mining algorithms. *Informatics in Medicine Unlocked*, 15, 2019.
4. Remy, M., Martial, T., Clementin, D., The prediction of good physicians for prospective diagnosis using datamining. *Informatics in Medicine Unlocked*, 12: 120 – 127, 2018.
5. Liu, Z., Jin, D., Liu, Q., Prediction of Water Inrush Through Coal Floors Based on Data Mining Classification Technique. *Procedia Earth and Planetary Science*, 3: 166 – 174, 2011.
6. Aydın Ö., Elektronik Harp İle Toplanan Verilerin Veri Madenciliği Yöntemleri İle Analiz Edilmesi. Bahçeşehir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 94 s, 2017.
7. Akpınar, H., Veri tabanlarında bilgi keşfi ve veri madenciliği. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 29: 1-22, 2000.
8. Fayyad U., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P., From data mining to knowledge discovery in databases. *AI Magazine*, 17 (3): 37-54, 1996.
9. Asilkan Ö., Veri Madenciliği Kullanılarak İkinci El Otomobil Pazarında Fiyat Tahmini. Akdeniz Üniversitesi, Doktora Tezi, Antalya, 170 s., 2008.
10. Martin L., Baena L., Garach L., Lopez G., Ona J., Using data mining techniques to road safety improvement in Spanish roads, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 160: 607-614, 2014.
11. Tüzüntürk S., Veri madenciliği ve istatistik. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1): 65-90, 2010.
12. Aydemir B., Veri Madenciliği Yöntemleri Kullanarak Meslek Yüksek Okulu Öğrencilerinin Akademik Başarı Tahmini. Pamukkale Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 81 s, 2017.
13. Kayışoğlu B., Maliyete Duyarlı Veri Madenciliği Yöntemleri İle Akciğer Kanseri Sınıflandırılması. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 89 s, 2014.
14. Demir B., Gürbüz F., Eski İ., Kus Z., Yılmaz K., Ercişli S., Possible use of data mining for analysis and prediction of apple physical properties. *Erwerbs-Obstbau*, 60: 1-7, 2017.
15. Gürbüz F., Havacılık Sektöründe Veri Madenciliği ile Farklı Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırmalı Olarak Uygulanması. Erciyes Üniversitesi, Doktora Tezi, Kayseri, 242 s, 2009.



FREZE BİÇAĞI İLE KESİM YÖNTEMİNİN DAİRE TİPİ TESTERE MAKİNESİNDE UYGULANABİLMESİ İÇİN BİR APARAT GELİŞTİRİLMESİ

Feyza Gürbüz^{1*}, Yasin Gönen²

^{1,2}Erciyes üniversitesi, Mühendislik fakültesi, Endüstri mühendisliği bölümü, 38039 KAYSERİ

feyza@erciyes.edu.tr, ysnngn@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Günümüzde sanayi tipi üretimde, her türlü eşya ve gereçleri imal etmek amaçlı birçok endüstriyel makine kullanılmaktadır. Özellikle panel tipi malzemelerin kesim ve işlenmesinde en sık kullanılan makinelerden biri de daire tipi testere makinesidir. Bu çalışmada, bazı kesim uygulamalarında daire testereye göre daha avantajlı olan freze&router tipindeki kesim mantığının, daire testere makinesine de uygulanabilmesi, gerektiğinde kullanmak üzere bir aparat geliştirilip iki makinenin de kesim avantajını daire testere makinesinde birleştirmek amaçlanmıştır. Bu aparat, gerektiğinde basit şekilde takılıp çıkarılabilecek nitelikte, daire testere makinesini bir freze gibi ya da manuel bir CNC router gibi kesim amaçlı kullanılabileceği sağlayacaktır. Yapılacak parça yatar daire testere makinesinde, zaten sökülebilir olan testere monte edilebilmesi için gerekli olan panelin ve testerenin sökülüp, aynı yere aynı boyutta bir panel yerleştirilmesi, bu panel üzerinde alttan sabit olan freze bıçağını tutacak bir düzenek ve alttan motordan alacağı döngü hareketini freze bıçağına iletecek ek bir dişli çarktan oluşmaktadır. Bu çalışma ile yatar daire testereledeki klasik testere bıçağının ve dönme şeklinin dezavantajlarının nasıl giderilebileceği, bu makinenin nasıl daha etkin hale getirilebileceği konusu üzerine bir geliştirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Freze Bıçağı, Yatar Daire Testere, CNC Router

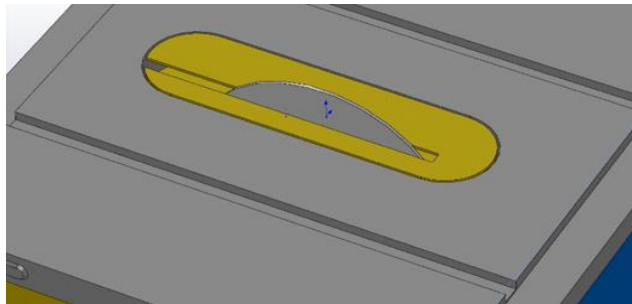
1. Giriş

Bu çalışma ile yapılmak istenen, cnc roter tipindeki kesim şekli ve mantığının, tıpkı freze’de olduğu gibi bıçağı router’dekinin tersi şeklinde monte edip, freze makinesine siperler eklenmiş şekilde, işlemeden ziyade kesim için kullanılmaktır. Halihazırda bu kesim işi router ve yatar testere ile zaten yapılmaktadır. Bunun yanında router’ın avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır (panel bağlama zorluğu ve makine fiyatının yüksekliği, kesilecek parçanın bilgisayar ortamında çiziminin yapılması ve buna bağlı olarak işlem süresinin uzaması v.b.) aynı şekilde yatar daire testere de ucuzluk, pratiklik, kısa işlem süresi v.b. gibi avantajlarının yanında, bazı istenen kesimlerde testere şeklinden dolayı parçada yüksek tahribat, kesim yapılan yüzlerde hassasiyetin olmayışı gibi dezavantajlara da sahiptir. Çalışma çerçevesinde istediğimiz sonuç, yatar daire testere makinesine gerektiğinde pratik bir şekilde monte edilebilecek bir parçanın yapılması, bu parça ile freze veya router ile kesimin bazı avantajlarının da yatar daire makinesine eklenebilmesi amaçlanmaktadır. Yapılacak parça yatar daire testere makinesinde, zaten sökülebilir olan testere monte edilebilmesi için gerekli olan panelin ve testerenin sökülüp, aynı yere aynı boyutta bir panel yerleştirilmesi, bu panel üzerinde alttan sabit olan freze bıçağını tutacak bir düzenek ve alttan motordan alacağı döngü hareketini freze bıçağına iletecek ek bir dişli çarktan oluşmaktadır.

Günümüzde sanayi tipi üretimde, her türlü eşya ve gereçleri imal etmek amaçlı birçok endüstriyel makine kullanılmaktadır. Özellikle panel tipi malzemelerin kesim ve işlenmesinde en sık kullanılan makinelerden biri de daire tipi testere makinesidir. Daire tipi testere makinesi, klasik testerenin yatay ileri geri hareketindeki geri harekette dişlerin bir etkisinin olmaması sonucunda geliştirilmiş, testereyi daire tipinde dizayn edilip zamanla buna elektrik motoru da eklenerek daha etkinliğinin artırılması şeklinde günümüze kadar gelmiştir. Özellikle büyük panellerin istenilen ebatlarda kesilmesi, düzeltilmesi gibi konularda birçok üretici için temel aletlerden biri haline gelmiştir. Günümüzde bu temel olmasını korumasının yanı sıra bunun da üzerine birçok alet icat edilmiş, daha farklı işlemler için daha pratik çözümler türetilmiştir. Bunun yanında panel montajı gereksiniminin olmaması sebebiyle ve ucuzluğu sebebiyle yine yatar testere makinesi aynı şekli ve yaygınlığıyla kullanımına devam etmektedir.

Genel olarak panel kesiminde kullanılan makine ve daire testeresi Şekil 1’deki gibidir.

Yapılacak çalışma sonucunda üst kısım Şekil 2’de görüldüğü gibi (freze bıçağı) olacaktır ve yatay bir döngü ile kesim yapabilecektir (CNC ve frezede olduğu gibi). Şekil 3’de ortadaki yeşil freze bıçağının gerçek örneği verilmiştir.



Şekil 1: Genel olarak panel kesiminde kullanılan makine ve daire testeresi





Şekil 2: Önerilen freze bıçağı ve bağlı olduğu kapak



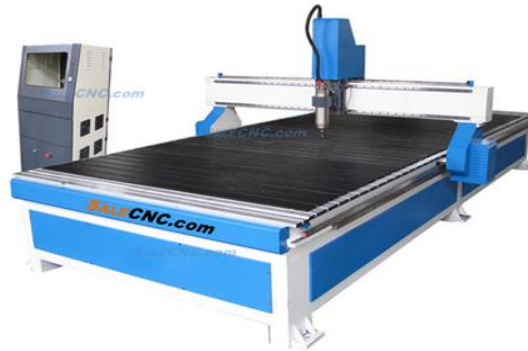
Şekil 3: Freze bıçağı örneği [1]

2. Daire Testere Tanıtımı

Daire testere makinesi (Tezgah tipi), sanayide bir çok ürünün üretiminde çeşitli malzemeden yapılmış panellerin ebatlanması için kullanılan makinelerden biridir. Günümüzde bu tip kesimler daha profesyonel şekilde ve hızlı olabilmesi için CNC tipi makinelerle veya bilgisayar destekli ebatlama makineleriyle yapılabilmektedir fakat bu tip kesimler çok çok adetli işlerde avantaj sağlamaktadır. Kesilecek parçaların ölçülerinin ve ebatlama şeklinin ve makine ile ilgili teknik verilerin girilmesi, bahsedilen profesyonel kesim makineleri için zorunludur. Yüksek adetteki kesimler için belirli bir süre yapılabilecek ön hazırlık önemsenmeyebilmekte ve sonrasındaki ciddi hız farkı bu makineleri avantajlı kılmaktadır. Fakat birkaç panelin kesimi için, birbirinden farklı kesimler için ve özellikle küçük işletmelerin yapacağı neredeyse her iş için yatar daire testere daha avantajlı haldedir. Gerek fiyatının düşüklüğü gerek ön hazırlık gerektirmemesi, tamamen manuel oluşu, bilgisayar bilen bir kullanıcıya ihtiyaç olmaması gibi sebepler bu makineleri pratik bir çözüm olarak alternatif hale getirmiştir. Küçük işletmelerde genellikle sadece yatar daire testere, büyük işletmelerde ise hem CNC router, hem de yanında yine de küçük işler için yatar daire testere bulundurulmaktadır. Bu yönüyle yatar daire testere makineleri pratik bir çözüm olarak varlığını devam ettirmekte, yaygın olarak çok çeşitli işlerde kullanılmaktadır.

3. CNC Router Tanıtımı

CNC router tipi makineler, sanayide çok çeşitli panellerin kesiminde, ebatlanmasında ve işlenmesinde kullanılan, çok amaçlı makinelerdir. CNC router makinelerinin en temel özelliği, bilgisayardan komut almasıdır. Kullanıcı, çalışmak istediği malzemeyi cnc üzerine yerleştirir (vakum, vidalama, sabitleme aparatları...v.s. gibi çeşitli tipte makineler vardır), kesmek istediği parçanın çizimini makine ile uyumlu programda yapar, freze bıçağının döngü hızını ve yapacağı tüm hareketleri belirler, (bunu yaparken güzergaha müdahale de edebilir), makine için gereken ayarları tanımladıktan sonra makineyi çalıştırır ve bilgisayardan komutları alan makine 3 eksende tanımlı güzergahta tanımlı hareketleri yaparak panele istenilen şekli hızlı bir şekilde verir. Şekil 4'deki makine, normal boyutta ve klasik özelliklerde bir CNC router makinesidir.



Şekil 4: CNC router makinesi [2]



Şekil 5'a ise CNC router makinesinin kesim bıçağı bölümünün çalışma prensibini ve işleme mantığını kesit olarak göstermekteyiz.



Şekil 5: CNC router makinesinin kesim bıçağı bölümünün çalışma prensibi [3]

4. Freze Tanıtımı

Tezgah tipi freze makineleri, çalışmada bahsi geçen diğer makinelere göre daha kısıtlı bir kullanım alanına sahiptir. Genel olarak üzerine bağlanan istenilen şekildeki bir kalıbın, bıçağın üzerindeki bilya ile teması neticesinde alttaki parçaya da aynı şekli vermesi için kullanılır. Bunun yanında, yatar daire testereden çıkan parçaların, testerenin oluşturduğu tahribatın giderilmesi, herhangi parça üzerindeki pürüzlerin giderilmesi gibi çeşitli kullanım amaçlarına da hizmet eder. Şekil 6'de de klasik tezgah tipi bir freze makinesi verilmektedir.



Şekil 6: Klasik tezgah tipi bir freze makinesi

5. Kesim Yöntemlerinin Avantajları Ve Dezavantajları

Daire testere makinesi avantajları şu şekildedir:

- Pratikdir.
- Uzun bir ön hazırlık gerektirmez.
- Manueldir, bilgisayar eklentisi yoktur, bu da pratiklik sağlar.
- Ucuzdur.
- Arızaları genel olarak kullanıcının dahi müdahale edeceği boyuttadır.
- Kullanıcı için alanının haricinde teknik bilgi uzmanlığı gerektirmez.

Daire testere makinesi dezavantajları şu şekildedir:

- Seri üretimde ekonomik değildir. İşlem süresini uzatır.
- Üretim mantığı insana dayalıdır. İş yükü insandadır.
- Testere kullanımından dolayı kesim şekli sınırlıdır.
- Testere yapısından dolayı kestiği yüzeylerde pürüz bırakır.
- Hassasiyeti çok yüksek değildir.
- Testere yapısından dolayı ve kesim mantığından dolayı panel üzerindeki hareketleri sınırlıdır, CNC'deki gibi her istenilen kesim sağlanamaz.
- Testere, tek eksenle bir kesime izin veriyor.

CNC router avantajları şu şekildedir:

- Seri işlerde çok hızlıdır.
- Hassasiyeti çok yüksektir.
- Kesimi çok temizdir.
- Yatar testereye göre çok daha farklı kesim şekline olanak sunar.
- 3 eksenle çalışır.

CNC router dezavantajları şu şekildedir:



- Bilgisayara bağlıdır, uzun ön hazırlık gerektirir.
- Teknik bilgisi olan ve bilgisayar bilgisi olan kullanıcıya ihtiyaç duyar.
- Arıza durumunda genellikle kullanıcı müdahale edemez, servise ihtiyaç duyar.
- Pratik ve basit işler için hızlı değildir.
- Yatar testereye göre pahalıdır.
- Freze bıçağının yan döngü hareketinden dolayı çok hızlı hareket edemez.

Freze makinesi avantajları şu şekildedir:

- Basit ve ucuzdur.
- Ön hazırlığı CNC router kadar fazla değildir.
- Adetli olmayan ürünler için avantajlıdır.
- Manuel olması kullanıcı için müdahale şansı doğurur.

Freze makinesi dezavantajları şu şekildedir:

- Kullanım alanı sınırlıdır.
- Seri işler söz konusu olduğunda CNC makinalarının avantajlarına sahip değildir.
- Hassasiyeti yüksek değildir
- Hata oranı CNC kadar düşük değildir.

Freze makineleri, yapılacak aparatla oluşacak değişimde sağlanan avantaj açısından konu edilmiştir. Esas itibarıyla diğer iki makineden biraz daha farklı ve basit bir makinedir ama oluşacak yeni durum için ortaya çıkan makine bir freze makinesi işlevi de göreceğinden, çalışmada detaylı incelenmiştir. Esasında üç makine birbirlerinden biraz farklı, freze ise diğer ikisinden daha farklıdır ama ortaya çıkacak makine bu üç makinenin avantajlarını da sunacağı için freze makinesi de avantaj ve dezavantajlarıyla incelenmiştir.

Her üç makinenin de artı ve eksilerini ortaya koyduğumuzda görüyoruz ki ahşap daire testere çok temel bir makine olup, belirli avantajlarla ciddi çözümler sunan yaygın bir makine olmakla birlikte, bazı dezavantajlara da sahiptir. Makinenin ana yapısıyla ilgili dezavantajlar bulunmakla birlikte, bir de işin müdahale edilebilir, daha etkin hale getirilebilir bir yanı vardır.

Bu dezavantajlar analiz edildiğinde, bariz şekilde makinede sorun olarak görülen yanlar testere şeklindeki kesim aparatı ve bunun çalışma şekliyle ilgilidir. Bu alanla ilgili bir çalışma yapıldığında, bu konuda bir iyileşme yapıldığı takdirde, zaten yaygın olarak kullanılan bu makineler çok daha avantajlı bir hale getirilebilecek, çok daha etkin kullanılması sağlanabilecektir.

6. Tasarlanan Aparatın Prensibi

Bu çalışma ile yatar daire testerelerindeki klasik testere bıçağının ve dönme şeklinin dezavantajlarının nasıl giderilebileceği, bu makinenin nasıl daha etkin hale getirilebileceği konusu üzerine bir geliştirme yapılmıştır.

Yatay daire testerenin yukarıda incelenen avantajları ve dezavantajları göz önüne alındığında, testere bölümünde yapılacak bir iyileştirme veya değişim ile çok daha etkin bir sonuç elde edilebilir. Bu durumda en mantıklı yolun mevcut testere yapısının avantajlarını da koruyabilmek için “gerektiğinde” değişim yapmak üzere yeni bir aparat yapıp (mevcut motora monte edilebilir halde), makineyi çift amaçlı kullanılabilir kılmaktır.

Bununla birlikte, yapılacak değişimin niteliği, diğer makinelerin avantajlarını da mümkün olduğunca sağlar olabilmelidir. Bunun yolu, bir şekilde CNC router ve frezede kullanılan, yatay döngüyle hareket eden freze bıçağının, yatar daire testerede de kullanılabilmesini sağlayabilmektir. Mevcuttaki testere ve freze bıçağı örnekleri Şekil 7’de verilmiştir.

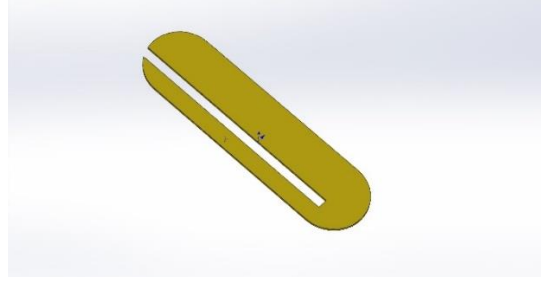
Bu çalışma kapsamında, bir aparat tasarlanması amaçlanmış, tasarlanan aparatın da mevcut yatar daire testere makinelerinin tüm özelliğini koruyarak, gerektiğinde basit bir şekilde değiştirilmesi yoluyla makineye ek fonksiyon dahil edilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle makine hem tüm özelliklerini koruyacak, gerektiğinde pratik bir şekilde bir aparat eklenecek, böylelikle bir manuel CNC gibi ve bir freze gibi de çalışacak, aynı zamanda bu kesim mantığı yatar daire testerede de kullanılıp kesim ile ilgili tüm dezavantajları giderilmiş olacaktır.



Şekil 7: Soldaki şekil bir daire tipi testere, sağdaki şekil bir freze tipi kesim bıçağı örneğidir.

Şöyle ki; tüm daire testere makinelerinde Şekil 8’deki gibi bir kapak mevcuttur. Bu kapak testerenin gerektiğinde sökülmesini sağlayan bir kapaktır. Bu kapak kalktığında bir anahtar vasıtasıyla testere kilidi açılır, testere yerinden çıkarılır (testere motor mili üzerindedir) ve gereken değişim yapılabilir.





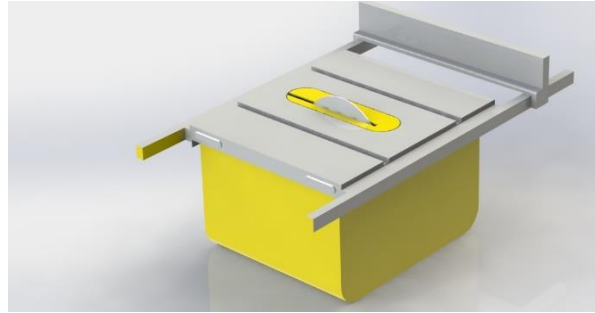
Şekil 8: Daire tipi kesim makinelerinde standart olarak bulunan kapak örneği

Biz yapacağımız aparatı bu üst kapak ile monte bir halde yapıp, mevcut motora da standart haliyle bağlanır şekilde tasarlırsak, tüm makinelere uygun, standart bir çözüm üretmiş oluruz. Freze bıçağının eklenmiş haliyle üst kapak Şekil 9’da gösterildiği gibi olacaktır;

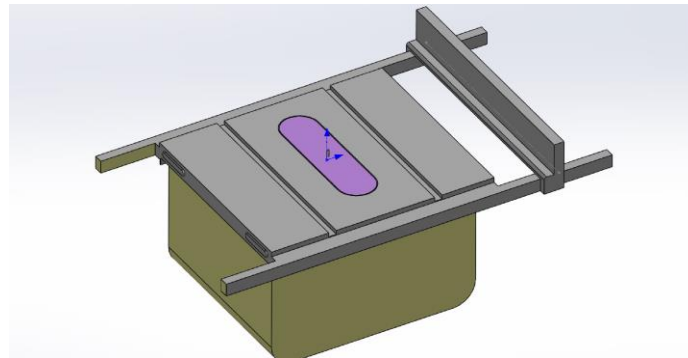


Şekil 9: Yapılan çalışma ile öngörülen kapak örneği

Makinenin ilk hali Şekil 10’de görüldüğü gibiyken; aparatın eklendiği hali Şekil 11’de gösterilen şekilde olacaktır;



Şekil 10: Klasik daire tipi kesim makinesi örneği [4]



Şekil 11: Yapılan çalışma sonucunda oluşan daire testere makinesi.

7. Sonuçlar

Yapılan çalışma ile, yatar daire testerelerin mevcut kesim mantığı korunmuş, buna ek olarak tıpkı bir CNC routerin manuel hali gibi, ve bir freze gibi de kullanılabilmesine olanak sağlanmıştır. Böyle bir kesim mantığıyla bir panel daha az hasarlı kesilebilecek, farklı kesimlere de olanak sağlanabilecek (panelin ortasında kesim yapma v.s.. gibi) daha önemlisi makine hem bu özelliklerle kullanılabilir, hem de yine yatar daire testere özelliği bire bir korunacaktır.



Genel olarak üretimdeki kullanımı, büyük oranda yatar daire olarak devam edecektir. Bazı durumlarda, bazı kesim durumlarında daha avantajlı olacağından, o durumlarda bu aparat makineye basitçe eklenecek, gerekli çalışma yapıldıktan, kesim tamamlandıktan sonra yine basitçe sökülüp makine eski özelliğinde devam edebilecektir.

8. Kaynakça

- [1] <https://www.topcular.com.tr/Product.aspx?Pid=2048>. Erişim tarihi: 12.07.2019
- [2] http://salecnc.com/catalog/product_info.php?products_id=212. Erişim tarihi: 12.07.2019
- [3] <https://www.mantechmachinery.co.uk/cnc-routers/>. Erişim tarihi: 12.07.2019
- [4] <https://grabcad.com/library/table-saw-portable-de-walt-1>. Erişim tarihi: 12.07.2019



MERSİN'DE BAMYA YETİŞTİRİCİLİĞİNİN MEVCUT DURUMUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Garip Yarşı

Silifke Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi/Türkiye

ggyarsi@gmail.com

Özet

Türkiye sebze üretimi 2018 yılında yaklaşık 30 milyon tondur. 2018 yılı verilerine göre 51.580 dekarlık alanda yaklaşık 29 bin tonluk bamyaya üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de bamyaya yetiştiriciliği daha çok İzmir, Balıkesir, Aydın, Amasya, Bursa, Mersin, Denizli, Muğla, Hatay, Antalya gibi illerde yoğun olarak yapılmaktadır. Mersin hem açıkta hem de örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahiptir. Bamyaya yetiştiriciliğinin hemen hemen tamamı açıkta yapılmaktadır. Özellikle Tarsus bamyaya yetiştiriciliğinde en önemli ilçesidir. İstatistik verilerine bakıldığında son yıllarda bamyaya yetiştiriciliğinde önemli bir düşüşün meydana geldiği görülmektedir. Bamyaya yetiştiriciliğinde daha çok monokültür bir tarımın tercih edilmesi, hem toprak yorgunluğuna hem de hastalık ve zararlı popülasyonlarında bir artışa neden olmaktadır. Bu nedenle verimde kayıplar yaşanmakta, buda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bamyaya yetiştiriciliğinde ve pazarlamasında yaşanan olumsuzluklar üreticilerin farklı ürünlere yönelmesine veya yetiştiricilikten tamamen vazgeçmelerine neden olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mersin, Tarsus, Tekeliören Köyü, Bamyaya, Pazarlama

1. Giriş

2018 istatistik verilerine göre Türkiye sebze üretimi yaklaşık 30 milyon ton, bamyaya üretimi ise 29.111 tondur (TUİK, 2019). Yapılan çalışmalarda, bamyanın Malvaceae familyasına ait olduğu, daha önceki çalışmalarda *Hibiscus esculentus* L. olarak isimlendirildiği, günümüzde ise *Abelmoschus esculentus* L. olarak adlandırıldığı ve anavatanının Avustralya, Güneydoğu Asya ve Afrika'nın batısından Sudan'a kadar olan bölge olduğu bildirilmektedir. Bamyaya sıcak iklimlerde çok yıllık, ılık iklimlerde ise tek yıllık bir sebzedir (Şalk ve ark. 2008; Örkücü, 2016 ; Siemonsma 1982).

Bazı araştırmacılar bamyanın kimyasal bileşimini ve tohumlarındaki yağ miktarlarını araştırmışlardır. Bu araştırmacılara göre, bamyaya tohumunda % 14-19 arasında yağ bulunmaktadır. Bamyaya linoleik yağ asidi oranı yüksektir ve bu nedenle değerli bitkisel yağ olarak bilinmektedir. Yapılan analizlerde, % 3,9 yağ ve mumsu madde, % 15,4 hemiselülozlar, % 67,5 a-selüloz, % 3,4 pektik madde, % 2,7 sulu ekstresi ve % 7,1 lignin bulunmuştur (Yakan ve Şimşek 1982; Kumar ve ark. 2013).

Bamyanın olgunlaşmamış meyveleri haşlanarak, kızartılarak, çorba veya salatalara katılarak kullanılabilir (Kashif et al., 2008). Bamyaya içerdiği mineraller, vitaminler, proteinler, yağlar ve karbonhidrat açısından insan beslenmesinde önemli rol oynar (Abd El-Kader et al., 2010)

2. Bitkisel Özellikleri ve Çiçek Yapısı

Bamyaya çiçekleri erselik yapıda, taç yaprakları parlaktır ve kinin sarısı rengindedir. Mor renk sap ve çanak yapraklarının bağlantı kısımlarında görülür. Biyolojik olarak erselik yapıda olmasına rağmen bazı durumlarda yabancı dölleme oranı %63'e kadar çıkabilmektedir. Özellikle çiçeklerinin büyük ve gösterişli olması süs bitkisi olarak değerlendirilmesine de olanak sağlamaktadır (Ramu 1976; Yuan ve ark., 2014; Anonim, 2009).



Resim 1. Yeşil ve Kırmızı bamyaya bitkisinin çiçeklerinin görünüşü



3. Tohum ekimi, Yetiştiriciliği ve Kültürel İşlemleri

Türkiye’de bamyaya yetiştiriciliği Akdeniz ve Ege Bölgesinde yoğun olmakla birlikte Karadeniz ve Marmara Bölgesinde yapılır. Tohum ekimi toprak sıcaklığının en az 15 °C ve Ortalama hava sıcaklığının 15-20 °C ye ulaştığı dönemlerde yapılmalıdır (Anonim, 2009). Bamyaya tohumları genellikle serpme usulü ekilirken son yıllarda sıraya ekim tercih edilmeye başlanmıştır. Tohum ekimleri elle ya da mibzerle yapılabilir. Sıra arası ve sıra üzeri mesafeler bölgelere göre değişmekle birlikte genellikle 50 cm sıra arası 25 cm sıra üzeri mesafeler (Örkcü, 2016) ya da sıcak bölgelerde 100x25 cm veya 100x50 cm uygulanabilir ve bu ekim sisteminde dekara 1.5-2.0 kg tohum kullanılmaktadır (Anonim, 2009). Ancak serpme usulü ekimde yaklaşık bunun iki katı tohum uygulanmaktadır. Bamyaya tohumları aşırı yağış alırsa toprak yapısına bağlı olarak kaymak tabakası oluşturabilir ve tohumlar zarar görebilir veya çimlenen bitkiler yüzeye çıkmadan ölebilir. Bu durumda tohum ekimi yenilenmelidir. Buchholz ve ark., (2007) Kuzey Avrupa’da bamyanın ısıtmalı seralarda yetiştirildiğini bildirmişlerdir.



Resim 2. Bamyaya tohumunun çimlenip toprak yüzeyine çıkmış halinin görünüşü



Resim 3. Tarsus-Tekeliören Mahallesi’nde sıraya ve serpme ekim yapılmış bamyaya tarlası (Haziran-2019)



Resim 4. Aydın-Kuşadası Davutlarda kırmızı bamyaya üretim parseli (Temmuz-2019)



Bamya yetiştiriciliğinde iyi bir verim için gübreleme önemlidir. Bunun için eğer toprak analizi yapılmadıysa dekara 3-4 ton yanmış hayvan gübresi ve 3-4 kg N, 8-10 kg P₂O₅, 10-12 kg K₂O olacak şekilde bir gübreleme programı uygulanmalıdır (Anonim, 2018). Başka bir kaynakta ise bamya yetiştiriciliğinde sulu tarım yapılıyorsa her yıl veya iki yılda bir NPK gübresi ; 5:10:5 veya 4:12:4 oranları üzerinden dekara 20 ila 50 kg karışık gübre verilebilir (Anonim, 2009). Gübreleme ile yapılan bir çalışmada dekara 0 kg, 15 kg, 17 kg, 19 kg ve 21 kg NPK kullanılmıştır. Araştırmacılar en iyi büyüme performansının ve verimin 19 kg/da ve 21 kg/da gübre dozlarında alındığını bildirmişlerdir (Khandaker ve ark., 2017). Ancak kimyasal gübrelerin uzun süre kullanılması toprak yapısına ve verimliliğine olumsuz etki yapmaktadır (Akpan-Idiok ve ark., 2012). Bamya, Azot (N), Fosfor (P), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Sodyum (Na), ve Kükürt (S) gibi bitki besin elementlerine ihtiyaç duyar. Bu besin elementleri bitkide özel görevlere sahiptir ve doğru bir şekilde verilerek bitkiler desteklenmelidir. Eğer bu besin elementleri yetersiz verilirse bitkilerin büyüme performansı ve verimi düşer (Shukla ve Naik, 2003)

4. Hasat ve Değerlendirilmesi

Bamyanın meyve rengi yeşil, açık yeşil veya şarap kırmızısı renkli olabilir. Meyveler ve meyve sapları çeşit özelliğine bağlı bol tüylü, az tüylü veya tüysüz olabilir (Örkcü, 2016).



Resim 5. Yeşil ve kırmızı bamya bitkinin ve meyvelerinin görünüşü





Resim 6. Tarsus-Tekeliören Mahallesi'nde bir üretici bamyaya hasadı yaparken (Haziran-2019)

Bamya ülkemizde daha çok taze, kurutulmuş veya konserve edilerek değerlendirilmektedir (Karagül 2002, Anonim 2009). Bamya hasadı genellikle normal çeşit iriliğinin 1/3'üne ulaştığı zaman yapılır ancak bamya kurutulmuş olarak pazara sunulacaksa daha küçük dönemlerde de yapılabilir. İyi bir bakım ile dekara 500-800 kg verim alınabilir. Fakat özellikle bazı yabancı bamya çeşitlerinde verimin dekara 4000 kg'a kadar çıktığı bildirilmektedir (Anonim, 2018).

Bamya genellikle sabahın erken saatlerinde veya öğleden sonra serin saatlerde yapılmalıdır. Meyvenin ve bitkilerin tüylü olması nedeni ile kaşıntı yaptığı için zor olmaktadır ve zaman zaman eller tahriş olabilmektedir. Bu nedenle hasat sırasında parmakları korumak için ya eldiven takılmalı ya da farklı koruyucu önlemler alınmalıdır. Hasat yapılırken bamya meyveleri başparmak ve işaret parmağı ile tutulup aşağıya doğru hafifçe bükülüp koparılmalıdır. Sap kısmı oldukça kuvvetli olduğundan bitkilerin küçük olduğu dönemlerde meyveden tutulup çekilerek yapılan hasatta bitki zarar görebilir. Hatta zaman zaman küçük bitkilerin köklerinden çıktığı bile görülmektedir. Hasat edilen meyveler hemen gölge ve serin bir yere alınarak ayıklama ve boylama işlemleri yapılmalıdır. Aynı zamanda meyve uçlarında kalan kurumuş çiçeğin kısımları alınıp uzaklaştırılmalıdır.



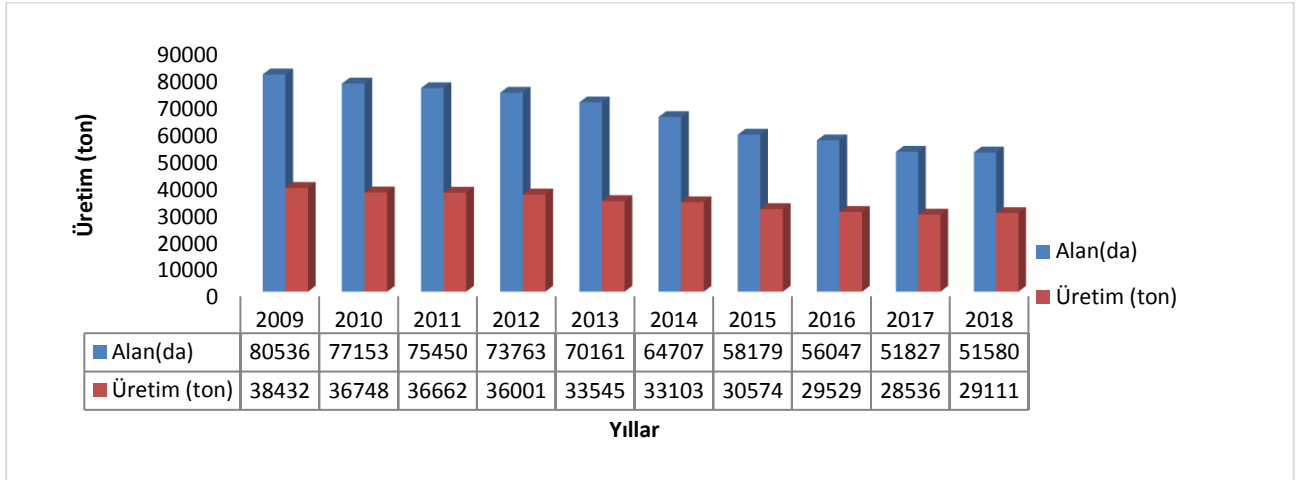
Resim 7. Aydın-Kuşadası Güzelçamlı pazarından kuru ve taze bamya görünüşü (Temmuz-2019)

5. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

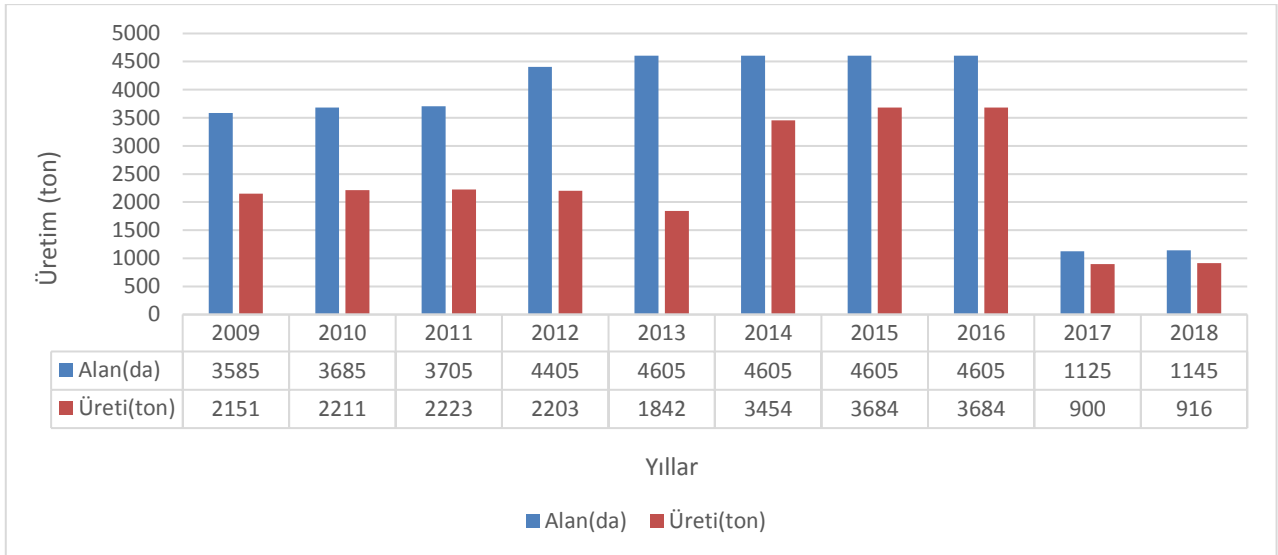
Türkiye'nin son 10 yıllık bamya üretimine bakıldığında (Çizelge 1) 2009 yılında 38.432 ton olan üretimimizin 2018 yılında 29.111 ton olarak gerçekleştiği ve üretimin ve ekim alanlarının düzenli olarak azaldığı görülmektedir. Bamya üretiminin yoğun olarak yapıldığı Mersin İlimizde ise 2018 yılında toplam 1157 ton bamya üretilmiştir (TUİK, 2019). Tarsus 916 ton üretimi ile Mersin'in en büyük üretici ilçesidir. Ancak Tarsus ilçesinde de benzer bir azalmanın olduğu Çizelge 2'ye bakıldığında açıkça görülmektedir. Bu ilçemizde



2009 yılında 2151 tonluk bir üretim varken 2018 yılında 916 tonluk (Mersin’de üretimin %91.7’sini Tarsus karşılamaktadır) bir üretim gerçekleşmiştir. Son 10 yılda Türkiye bamyacı ekim alanlarında %35,95 ve üretiminde %24,25 lik bir azalma olurken, aynı dönemde Tarsus ilçesinde bamyanın ekim alanında %68.04’lük ve üretim miktarında %57.41’lik bir azalma olmuştur. Fakat özellikle 2016 ile 2017 yılı kıyaslandığında üretimim bu ilçede aniden %75.6 oranında azalmış olması incelemeye değer bir kayıptır.



Çizelge 1. 2009-2018 yılları arası Türkiye bamyacı üretimi



Çizelge 1. 2009-2018 yılları arası Tarsus bamyacı üretimi

Hem Türkiye genelinde hem de Mersin-Tarsus özelinde meydana gelen bu azalma dikkat çekicidir. Bamyacı hasadının zor olmasının yanında üretimde karlılığın azalması bamyacı üreticilerini farklı ürünlere yöneltmiştir. Tarsus’un Tekeliören mahallesinde (daha öncesi Tekeliören Köyü) bamyacı üretimi yoğun olarak yapılmakta iken son dönemlerde yapılmamasının nedeni üreticilere sorulduğunda, üreticiler hasadın zor olmasının yanında verilen emeğin karşılığını alamadıklarını bu nedenle üretimden uzaklaştıklarını bildirmişlerdir. Özellikle gençlerin şehir yaşamını tercih etmeleri aile işletmeciliği şeklinde yapılan bamyacı yetiştiriciliğinin kısıtlanmasının en önemli nedenlerinden biri olarak göstermektedirler. Ayrıca yıllarca aynı topraklarda bamyacı yetiştirilmesinden kaynaklanan toprak yorgunluğu ve hastalıklar verimliliği azaltmakta ve doğal olarak maliyetin artmasına ve karlılığın azalmasına neden olmaktadır.

Mersin’de bamyacı yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ve üreticilerin karlılığının artırılması için çalışmalar yapılmalıdır. Özellikle bu ürünün değerlendirilmesi için ihracat olanaklarının artırılması gerekmektedir. Ayrıca tüketimde ve değerlendirilmesinde çeşitliliğin artırılması karlılığı arttırabilir. Üretim yoğun olduğu yerlerde bamyacı işleyecek ve değerlendirecek işletmelerin kurulması ve bu kuruluşların teşvik edilerek desteklenmesi bamyacı üretimini cazip hale getirebilir. Böylece bamyacı üreticileri ekonomik olarak kazanç sağlayabilir.

Son yıllarda önemi daha çok artan ve tüketicilerin tercih ettikleri organik üretime çiftçilerin yönelmeleri teşvik edilmelidir. Bu konuda üretimin sürekliliği için alıcı firmalarla anlaşmalar yapılmalı ve bu konuda üretici ile alıcı firmalar arasında bağlantı kurulmasına yardımcı olunmalıdır.



Mersin'in Tarsus İlçesinde bamyaya üretimin yeniden kazançlı hale getirilmesi için kooperatif ve üretici birliklerinin kurulması aynı zamanda markalaşmaya gidilmesi bu ürünün pazarlanmasında ve değerlendirilmesinde avantaj sağlayacaktır. Ulu ve ark. (2016) yılında yaptıkları bir çalışmada İzmir'in Urla ilçesinde bamyaya üretiminin ve pazarlanmasının daha iyi yapılabilmesi için üreticilerin kooperatif ve üretici birlikleri kurmalarının teşvik edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bamyaya üretiminin ve tüketiminin farkındalığının artırılması için tanıtıcı faaliyetler önemli olabilir. Bu bağlamda Tarsus'ta bamyaya üretimin yoğunlaştığı Temmuz ayında "**Bamyaya Festivali**" adı altında bir etkinlik yararlı olabilir. Böylece bamyanın tüketiminin yaygınlaştırılmasına yardımcı olunabilir. Bu etkinlik kapsamında özellikle bilimsel etkinliklerle sağlık açısından önemi vurgulanabilir. Bitkisel yağ açısından ise bamyaya tohumları değerlendirilebilir ve böyle bir üretim çeşitliliği bamyaya tarımının yaygınlaşmasına ve kazançlı hale gelmesine katkı sağlayabilir. Yakan ve Şimşek (1982) yılında yaptıkları bir çalışmada bazı ülkelerde (ABD, Yunanistan, Brezilya) bamyaya tohumlarından yağ çıkarıldığını ve bu konunun Türkiye için de önemli olabileceğini bildirmişlerdir.

Mersin sebze üretimi açısından Türkiye'de ilk sıralarda gelmektedir. Özellikle bamyaya üretimi iklimin uygun olması nedeni ile örtüaltı yetiştiriciliği şeklinde yapılabilir ve daha erkenci bir üretim ile karlılık artırılabilir. Son yıllarda sıraya ekimin yaygınlaşması nedeni ile fide ile üretim yapılarak daha erken pazara sunulabilir. Hem örtüaltı hem de fide ile üretim akademik çalışmalarla araştırılmalı ve sonuçlar üreticilerle paylaşılmalıdır. Bamyanın üretiminin yaygınlaştırılması ve karlılığının artırılması için bilimsel çalışmalar yapılmalı ve bu konuda gerekli destekler sağlanmalıdır. Özellikle yöreye uygun bamyaya genotiplerinin belirlenmesi için ıslah çalışmalarına ağırlık verilmelidir.

6. Kaynaklar

1. Abd El-Kader, A.A., Shaaban, S.M., Abd El-Fattah, M.S., 2010. Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. *Agric Bio J N Am* 1: 225-231.
2. Akpan-Idiok, A.U., Udo, I.A., Braide, E.I., 2012. The use of human urine as an organic fertilizer in the production of okra (*Abelmoschus esculentus*) in south eastern nigerian. *Resour Con Recy.* 62:14-20.
3. Anonim, 2009. Bahçecilik-Bamyaya Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Bamyaya%20Yeti%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf (erişim tarihi, 20.06.2019).
4. Anonim, 2018. Bamyaya Yetiştiriciliği. Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü, No.S/19, Samsun. (<http://samsun.tarimorman.gov.tr>).
5. Buchholz, M., Jochum, P., Zaragoza, G., Pérez-Parra, J., 2007. Temperature and Humidity Control in The Watery Greenhouse. *International Symposium on Greenhouse Cooling Proceedings*, 296-303, Almeria, Spain.
6. Karagül, S., 2002. Bamyaya (*Abelmoschus esculentus* L. (Monch)). *Alatırım*, 1(2): 59-62.
7. Kashif, S.R., Yaseen, M., Arshad, M., Ayub, M., 2008. Response of okra (*Hibiscus esculentus* L.) to soil given encapsulated calcium carbide. *Pak J Bot* 40: 175-181.
8. Khandaker, M.M., Nor, M.F., Dalorima, T., Sajili, M.H., Mat, N., 2017. Effect of different rates of inorganic fertilizer on physiology, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivated on BRIS soil of Terengganu, Malaysia. *AJCS* 11(07):880-887
9. Kumar, D.S., Tony, D.E., Kumar, A.P., Kumar, K.A., Rao, D.B.S., Nadendla, R., 2013. A Review On: *Abelmoschus esculentus* (Okra). *Int. Res J Pharm. App Sci.*, 3(4):129-132.
10. Örkücü, P., 2016. Farklı Lokasyonlardan Temin Edilen Bamyaya Genotiplerinin Morfolojik ve Sitolojik Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 86 s.
11. Ramu, P.M., 1976. Breeding Investigation in Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Mysore *J. Agr. Sci.*, 10(1):146.
12. Siemonsma, J.S., 1982. West-African Okra - Morphological, Agronomical and Cytogenetical Evidence for The Existence of A Natural Amphidiploid Between *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench and *Abelmoschus manihot* (L.) Euphytica, 31(1):241-252.
13. Şalk A, Arın L, Deveci M, Polat S (2008). Özel Sebzeçilik. Onur Yayıncılık. 490 s.
14. Shukla, V., Nalk, L.B., 2003. Agro technique for malvaceae vegetables, In: *Ifovance in horticulture vol 5*. Malhotra publishing house New Delhi India PP 399-425.
15. TÜİK. (2019), www.tuik.gov.tr. (Erişim Tarihi:20.06.2019)
16. Ulu, Ö., Engindeniz, S., Özden, A., 2016. İzmir'de Bamyaya Üretiminde Girdi Kullanım Etkinliğinin Analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, Cilt:22 Sayı:2 Sayfa:69-76
17. Yuan, C.Y., Zhang, C., Wang, P., Hu, S., Chang, H.P., Xiao, W.J., Lu, X.T., Jiang, S.B., Ye, J.Z., Guo, X.H., 2014. Genetic Diversity Analysis of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) by InterSimple Sequence Repeat (ISSR) Markers. *Genetics and Molecular Research*, 13(2): 3165-3175.
18. Yakan, N., Şimşek, S., 1982. Bamyaya. *Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma ve Eğitim Merkezi Yayınları*, No:42, Erdemli-Mersin.



EPOKSİ MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ATIK FINDIK KABUĞU VE ÇAM KOZALAĞI MİKTARININ ETKİSİ

Gökhan Açıkbaş^{1*}, Oğuzhan Can², Bilge Yaman Islak²

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü

gokhan.acikbas@bilecik.edu.tr,

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

oguzhancan1840@hotmail.com, bilge.yaman@ogu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Kompozit malzemeler, endüstrinin her alanında sağladıkları avantajlar nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahip karma yapılı malzemelerdir. Son yıllarda doğal lif ya da sentetik fiberler ile güçlendirilerek üretilen kompozit yapılı malzemeler üzerine çok fazla çalışma yapılmıştır. Doğal lif yapısına sahip malzemeler matris fazının özelliklerini iyileştirmek, maliyeti düşürmek, atık geri dönüşümünü sağlamak ve çevreyi korumak gibi çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışmada çam kozalağı ve fındık kabuğu atıkları boyutlandırma işlemi yapılarak epoksi matris içerisine döküm yöntemi kullanılarak katılmıştır. Üretilen kompozit ürünün mekanik ve fiziksel özelliklerine atık fındık kabuğu ve çam kozalağı miktarının etkisi, saf epoksi sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir. Kompozit ürünlere, shore-D sertliği, 3 nokta eğme mukavemeti, elastik modül ve toplam porozite testleri yapılmıştır. Elde edilen ürünlerin mikroyapıları ve kullanılan tozların partikül şekilleri optik mikroskop kullanılarak analiz edilmiştir. Artan atık fındık kabuğu ve çam kozalağı miktarı ile genel olarak kompozit ürünlerin eğme mukavemeti azalmış, sertlik değerinde belirgin bir değişim görülmemiştir. Atık fındık kabuğu ve çam kozalağı miktarı artışı ile genel olarak kompozit ürünlerin toplam porozite ve bulk yoğunluk değerleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Epoksi Matris, Fındık Kabuğu, Çam Kozalağı, Doğal Lif, Kompozit

1. Giriş

Kompozit malzemeler, endüstrinin her alanında sağladıkları avantajlar nedeniyle istenilen farklı tipteki mekanik, fiziksel veya kimyasal özellikleri yapılarında barındıran malzemelerdir. Özellikle üretim kolaylığı, hafif olma vb. birçok ihtiyaca çözüm sunan ama istenilen amaca tek başına yeterli olmayan polimer malzemelerin farklı tipte ve miktarlarda doğal lif ya da sentetik fiberler ile desteklenmesi sonucunda üretilen karma yapılı malzemelere gün geçtikçe ihtiyaç artmaktadır. Özellikle lifli kompozit yapıların geliştirilmesi ve özellikleri üzerine, son zamanlarda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte; yeni araştırmalar yapay fiberler yerine doğal fiberlerle üretilebilecek biyo-kompozitlerin üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Bunun dışında küresel ısınma, çevresel kirlilik ve petrol kökenli doğal kaynaklarındaki azalış organik olmayan yapay malzemeler yerine doğal lif esaslı kompozitlerin kullanımının artmasına yol açmıştır. Cam, karbon lifleri termoset ve termoplastikler gibi malzemelerle iyi mekanik özelliklere sahip endüstriyel ürünler yapılması söz konusu olsa bile bu malzemelerin tekrar kullanım için geri dönüştürülmesi oldukça zor olduğundan ve bu ürünlerin üretimi esnasında yüksek derecede çevresel sorun oluşturacağından doğal lif kullanımı gibi farklı ve uygun çözümlerin aranması zorunlu bir durum haline gelmiştir. Tam bu noktada, doğal lifleri içeren polimer matrisli kompozit malzemeler, düşük yoğunlukları nedeniyle hafif olması, doğal kaynakların verimli kullanılması ve biyo-bozunurlukları nedeniyle çevreci kavramını en iyi şekilde yansıtan ve giderek önemi artan kompozit yapı dolgu/takviye bileşenleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Farklı türde atık malzemeler, polimer matrisli kompozit malzemelerde, dolgu/takviye malzemesi olarak başarılı bir şekilde kullanım alanı bulunmaktadır. Endüstriyel atık olarak metal çürüfları, cam atıkları, kauçuk atıkları, alçı fiber atıkları, killi çamur, yüksek fırın çürüf, uçucu kül v.b. malzemeler polimer matrisde takviye/dolgu malzemesi olarak çalışmalarda kullanılmıştır[1-4]. Doğal atık/doğal lifli malzemelerde yoğun bir şekilde farklı alanlarda, tokluğu yüksek, daha hafif ürünler elde etmek için kullanılmıştır. Özellikle pirinç kabuğu, çam kozalağı, fındık kabuğu, ceviz kabuğu vb. evlerde, fırınlarda yakıt olarak ya da sert yapıda olanları öğütülerek aşındırıcı malzeme olarak, ya da polimer matrisli kompozit (PMK) bileşimlerinde kullanılarak farklı endüstrilerde kullanım amacı bulmuştur.[5-8]

Tarım alanlarından elde edilen bitkilerden orman kaynaklı bitkilere kadar bir çok farklı bitkinin kullanımı ile çok fazla türde yeni ve farklı malzemenin ya da ürününün elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu anlamda bitkiler biyo-bozunurluk özellikleriyle yeşil ürünlerin ve malzemelerin elde edilmesinde kullanılan, yeryüzü üzerinde oldukça yoğun bulunan sürdürülebilir ve aynı zamanda yenilenebilir kaynaklardır. Selüloz yeryüzünde en fazla bulunan polimerik malzemedir. Bitkilerin yapısının yarısına yakını selülozdan oluşurken arta kalan kısmı hemiselüloz, pektin, lignin ve benzerlerinden meydana gelmektedir. Polimerik yapılı bitkiler bu nedenle malzeme bilimi ile uğraşanlar için, uygun mühendislik yaklaşımı sağlanarak farklı özelliklere sahip, yeni biyo-malzeme tabanlı ürünlerinin tasarlanması ya da keşfedilmesi yolunu açmaktadır. Yeryüzünün farklı yerlerinde yetişen farklı özelliklere sahip bitkiler, ülkeler için birçok ekonomik fırsatı da sunmaktadır. Petrol gibi doğal kaynaklar her geçen gün tükenmekte ve petrokimyasal yolla elde edilen birçok malzemenin fiyatları istikrarsızlık göstermektedir. Ayrıca petrol türevli malzemelerin kullanımı karbondioksit gazı



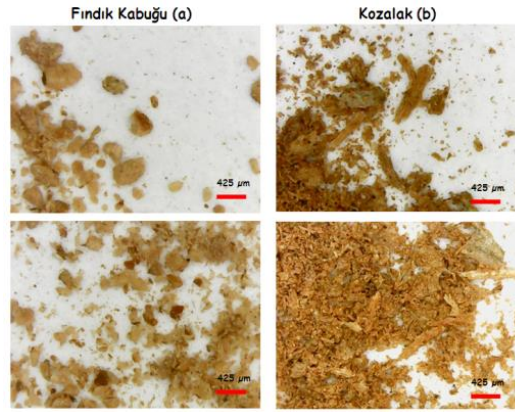
emisyonu oluşumuna neden olmaktadır. Bu tür malzemelerin yerini ya da bir kısmını biyo-kökenli malzemelerin alması kaçınılmaz bir durumdur. Bu noktada biyopolimer ve biyofiberler esaslı malzemeler önem kazanmaktadır [9].

Son zamanlarda doğal lif esaslı biyo-kompozit malzemeler alanında yapılan araştırmalar ve inovatif çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu ilginin nedeni, diğer sentetik fiber malzemelerle kıyaslandığında, düşük maliyet ve sürdürülebilir olumlu çevresel etkilerinin olması nedeniyle geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmalarının her geçen gün artmasıdır. Bu malzemeler, düşük yoğunluğa, yüksek spesifik mukavemet ve rijitliğe sahip olması, daha az enerji gerektiren bir kaynak oluşu, yüksek oksijen salınımı ve CO₂ emilimi sağlaması, düşük zehirli duman yada emisyon oluşumu gerçekleştirilmesi, sentetik liflerle elde edilen kompozitlere kıyasla daha az ekipman aşınma hasarına neden olması ve daha düşük tehlikeye sahip üretim süreci getirmesi gibi avantajlar sunarken, sentetik elyaf kompozitlere göre daha düşük dayanıklılığa sahip olması (ancak uygun işlemler ile önemli ölçüde bu durum iyileştirilebiliyor), yüksek nem absorpsiyonu sonucu şişme görülebilmesi, matris seçimini sınırlayan düşük işlem sıcaklığına sahip olması gibi bir takım dezavantajlara da sahiptirler [2-15].

Bu çalışmada, doğal lif takviyeli polimer matrisli kompozit malzemelere takviye malzemesi olarak lifli yapıya sahip çam kozalağı ve fındıkkaşu takviyesi kullanımının kompozit malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

Çalışma kapsamında üretilen kompozit yapıda matris olarak, döküm tipi iki bileşenli epoksi malzemesi Smoth-on, Kanada firmasından temin edilmiştir. Epoksi ve sertleştiricinin karışım oranı ağırlıkça 3:1 olacak şekilde kullanılmıştır. Katılaşmış epoksi malzemesine ait yoğunluk değeri 1,54 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Kompozit yapıda dolgu bileşeni olarak atık fındıkkaşu ve çam kozalağı kullanılmıştır. Fındık kabuk kırıkları halkalı öğütücü kullanılarak 1000 rpm'de 180 sn süre ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Öğütülen tozlar 600µm, 425µm eleklerde elenmiş ve içerisindeki nemin giderilmesi için 80°C de 24 saat etüvde bekletilmiştir. Eleme işlemi sonrası 425µm altı tozlar kompozit yapıda kullanılmıştır. Dolgu malzemelerine ait optik mikroskop resimleri Şekil 1'de verilmiştir. Mikroskop resimlerinden görüldüğü gibi toz boyutlarının geniş bir aralıkta dağılım gösterdiği fındıkkaşu tozlarının daha küresel yapıda olduğu kozalak tozlarının ise aspekt oranı yüksek lifli bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1: Kullanılan dolgu/takviye malzemelerine ait optik mikroskop görüntüsü, a) fındık kabuğu, b) kozalak

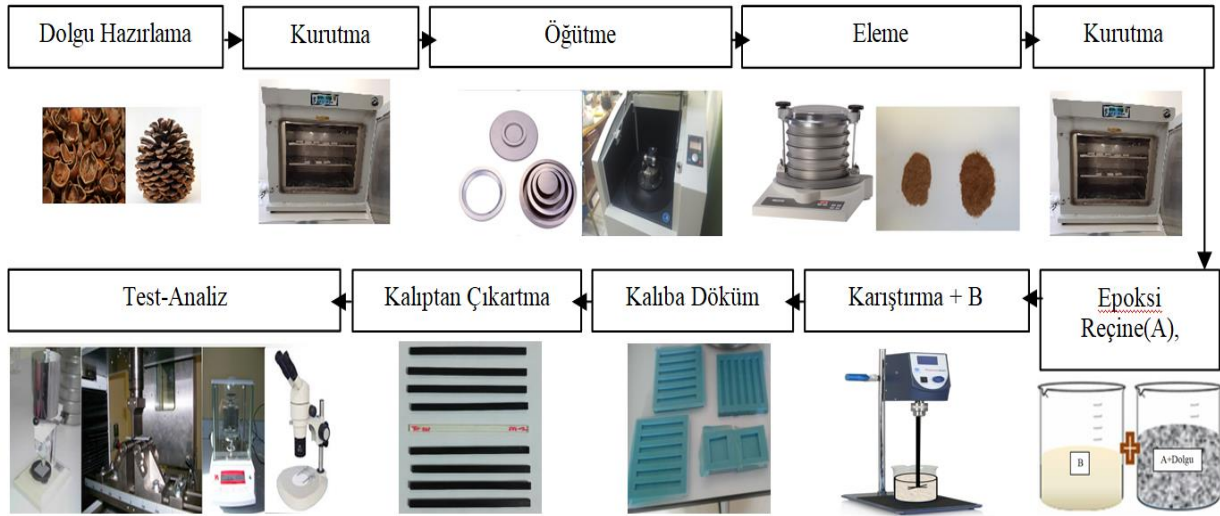
Kompozit reçeteleri Tablo 1'de gösterildiği her bir dolgu malzemesinin dört farklı miktarı kullanılarak hazırlanmıştır. Tablo 1'de görüldüğü her iki dolgu için kompozit yapının ağırlıkça % 5, 10, 20 ve 30 olacak şekilde kompozit karışımları hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar plastik ve metal kalıplara dökülerek test ve analiz numuneleri hazırlanmıştır.

Tablo 1: Hazırlanan kompozit karışımlarına ait reçeteler ve kodları

Reçete Kodu	K1 (5K)	K2 (10K)	K3 (20K)	K4 (30K)	F1 (5F)	F2 (10F)	F3 (20F)	F4 (30F)
Partikül Boyut Aralığı, µm	<425	<425	<425	<425	<425	<425	<425	<425
Dolgu/Takviye Miktarı, ağırlıkça %	5	10	20	30	5	10	20	30

Kompozit numunelerin üretim akışı diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir. Kompozit numuneler hazırlanırken ilk önce A bileşeni ile dolgu malzemeleri Tablo 1'de belirtilen oranlarda 500-1500 rpm arasında 6 dakika süreyle karıştırılmış son karışıma B bileşeni eklenerek karıştırma işlemine devam edilmiş, önceden hazırlanmış plastik ve metal kalıplara döküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Döküm sonrası 1 gün süreyle kalıpta bekleyen ürünler kalıptan çıkartılarak düz bir zeminde test ve analizler gerçekleştirilinceye kadar bekletilmişlerdir.





Şekil 2: Kompozit üretim iş akış diyagramı

Kare şeklinde 2*2 cm boyutlarında kalıplara dökülerek hazırlanmış numunelerin Shore-D sertlikleri 5 kg yük altında ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Her numune grubunun farklı noktalarından 5'er adet ölçülen değerlerin ortalaması alınmıştır. Hazırlanmış polimer matrisli kompozit numunelerin üç nokta eğme dayanımı testleri ilgili standart'a (TS 985 EN ISO 178) göre universal test cihazı kullanılarak 2mm/dak. hızla yük uygulanarak yapılmış ve Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 1'de, P = numuneye uygulanan yükü(N), L = iki destek arası mesafe(mm), b = test numunesinin eni (mm), d = numunenin kalınlığı (mm) dir. Numuneye üç noktadan uygulanan belirli hızdaki yük ile eğme mukavemeti, uzaması ve maksimum kuvvet belirlenmiştir. Eğme testi her bir numune grubundan 5'er adet numuneye uygulanarak gerçekleştirilmiş ve ortalama değerler alınmıştır. Kompozit numunelerin eğme testinden elde edilen elastik modül değerleri Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 2'de E: elastik modülü, m: eğim, L destekler arası mesafe, W: numunenin genişliği ve D numunenin kalınlığıdır.

$$\sigma_{\text{eğme}} = (3.P.L)/(2.b.d^2) \quad (1)$$

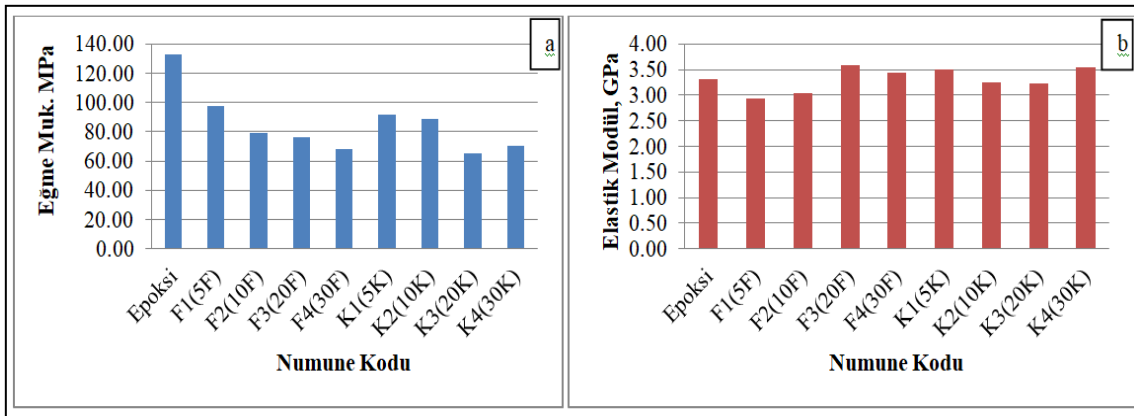
$$E = (L^3.m)/4.W.D^3 \quad (2)$$

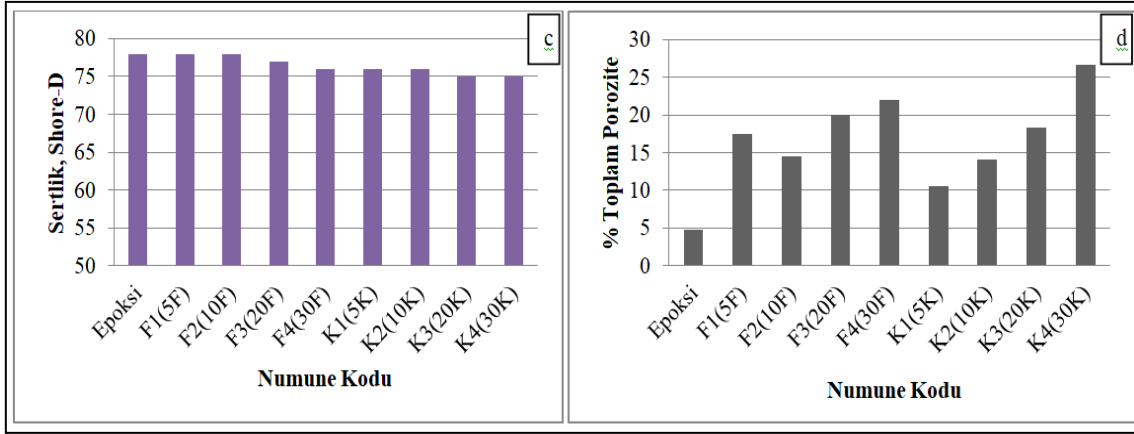
Test edilen tüm kompozit numunelerin porozite değerleri, Arşimet'in su ile yer değiştirme prensibine göre hazırlanmış test düzeneği kullanılarak ölçülmüştür. Eşitlik 3'de % TP (toplam porozite) eşitliği gösterilmiştir. Eşitlik 3'te, TP : toplam porozite, T.D.: teorik yoğunluktur.

$$\% TP = 100 - \% T.D. \quad (3)$$

3. Sonuçlar ve Tartışma

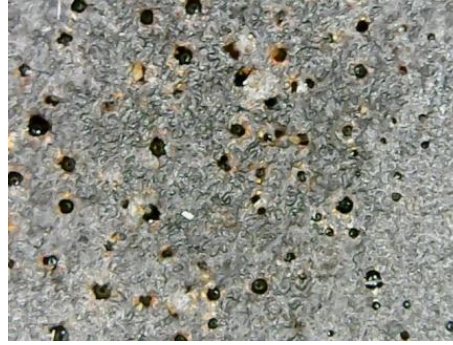
Çalışmada hazırlanan reçetelere ait mekanik ve fiziksel test analiz sonuçları Şekil 3a,b,c ve d'de verilmiştir. Şekil 3a'da, artan fındık kabuğu ve kozalak miktarı ile eğme mukavemeti değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Saf epoksiye göre hem fındık kabuğu hem de kozalak ilaveli kompozitlerin eğme mukavemeti azalmıştır. Şekil 3b'de görüldüğü gibi saf epoksiye göre fındık kabuğu F3 kodlu ve kozalak miktarının K1 ve K4 kodlu reçetelerinde eğmede elastik modül değerlerinde daha yüksek sonuçlar elde edilse de, sonuçların bu kadar düşük olmasında özellikle Şekil 3d'de görüldüğü üzere kompozit numunelerin yapısında kalan yüksek miktardaki porozite etkili olmuştur. Özellikle artan fındık kabuğu ve kozalak miktarı, karışım viskozitesinin artması ile porozite miktarının arttığı belirlenmiştir. Sertlik ölçüm yapılan sistem düşünülürken, Şekil 3c'de görüldüğü gibi sertlik değerlerinin benzer olduğu söylenebilir.





Şekil 3: Hazırlanan kompozit numunelerine ait, a) Eğme testi sonuçları, b) Eğmede elastik modül sonuçları, c) Shore-D sertlik sonuçları, d) %toplam porozite sonuçları

Fındık kabuğu katılmış kompozit numunesine ait Şekil 4'deki optik mikroskop görüntüsü incelendiğinde, numuneye ait toplam porozite sonuçlarında da görüldüğü üzere yüksek miktarda porozite içerdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Hazırlanan Kompozit (F4) numunesinin optik mikroskop görüntüsü

Genel olarak sonuçlar incelendiğinde, sonraki çalışmalarda, karıştırma ve vakum uygulama süreci üzerinde durularak çalışmaların gerçekleştirilmesinin daha etkili sonuçlar elde edilmesinde faydalı olacağına karar verilmiştir.

Bu çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliğinde Yüksek Lisans yapan Oğuzhan Can tez çalışmasının bir bölümü olup, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında *proje no:2018/15D08 olan "Biofiber takviyeli polietilen matrisli biokompozit malzemelerin üretilebilirliğinin ve özelliklerinin araştırılması"* başlıklı proje ile desteklenmiştir.

4. Kaynakça

- [1] Katz, H. S., & Mileski, J. V. (Eds.). (1987). *Handbook of fillers for plastics*. Springer Science & Business Media.
- [2] Koleva, M., Zheglova, A., Fidancevska, E., Vassilev, V.(2011). *Composites Containing Waste Materials*, INTECH Open Access Publisher.
- [3] Satapathy, A., & Patnaik, A. (2010). "Analysis of dry sliding wear behavior of red mud filled polyester composites using the Taguchi method". *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(19), 2883-2897.
- [4] Parvaiz M.R., Mohanthy S., Nayak S.K., Mahanwar P.A. Polyetherketone (2010). "Composites reinforced with Fly Ash and Mica", *Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering*, 9, 25-41.
- [5] Wambua, P., Ivens, J., & Verpoest, I. (2003). Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?. *Composites science and technology*, 63(9), 1259-1264.
- [6] Ahmad, F., Choi, H. S., & Park, M. K. (2015). A review: natural fiber composites selection in view of mechanical, light weight, and economic properties. *Macromolecular Materials and Engineering*, 300(1), 10-24.
- [7] Rout, A. K., & Satapathy, A. (2012). Study on mechanical and tribo-performance of rice-husk filled glass-epoxy hybrid composites. *Materials & Design*, 41, 131-141.
- [8] Açıkbaş, G. (2018). Interfacial and physico-mechanical properties of walnut shell fiber reinforced polyester matrix composites. *Materials Testing*, 60(5), 510-518.



- [9] D Karabulut ve M.Özgür Seydibeyoğlu, “Doğal Fiber ve Biyoplastik Kullanarak Çevreci Çözümler”, Turkchem dergisi, 2015 <http://www.turkchemonline.com/Haber/Dogal-Fiber-ve-Biyoplastik-Kullanarak-Cevreci-Cozu.html>
- [10] Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98-112.
- [11] Cao, Y., & Wu, Y. Q. (2008). Evaluation of statistical strength of bamboo fiber and mechanical properties of fiber reinforced green composites. *Journal of Central South University of Technology*, 15, 564-567.
- [12] Lee, B. H., Kim, H. J., & Yu, W. R. (2009). Fabrication of long and discontinuous natural fiber reinforced polypropylene biocomposites and their mechanical properties. *Fibers and Polymers*, 10(1), 83-90.
- [13] Li, X., Tabil, L. G., & Panigrahi, S. (2007). Chemical treatments of natural fiber for use in natural fiber-reinforced composites: a review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15(1), 25-33.6.
- [14] Mehta, G., Mohanty, A. K., Thayer, K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005). Novel biocomposites sheet molding compounds for low cost housing panel applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 13(2), 169-175.
- [15] Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83, 98-112.



SERAMİK İÇ CEPHE KAPLAMALARININ YÜZEYLERİNDE KULLANILAN HİDROFOBİK KAPLAMA MALZEME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Gökhan Açıkbaz^{1*}, Nurcan Çalış Açıkbaz²

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü

gokhan.acikbas@bilecik.edu.tr,

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Seramik iç cephe kaplama malzemeleri yaşam alanlarının iç yüzeylerinde kullanılan porselen karo, duvar karosu, fayans türü ürünlerden oluşmaktadır. Özellikle yaşam alanlarında kullanılan estetik görünümlü ürünler yanında sağlığa uygun, bakteri barındırmayan, kolay temizlenebilir hibrit özellikli yüzey kaplama malzemeleri gün geçtikçe popülerlik kazanmaktadır. Bu çalışmada, seramik beyaz renkli duvar karosu yüzeyleri polimer esaslı ticari bir kaplama malzemesi ile kaplanarak, kaplamalı ve kaplamasız yüzeylerin yüzey temas açıları ve Lab renk değerleri ölçülmüştür. Kaplanmış ve kaplanmamış yüzeyler üzerine farklı ev kimyasalları uygulanarak yüzey temas açılarındaki ve Lab renk değerlerindeki değişim belirlenmiştir. Bu yüzeylere lekelenme özelliğini belirlemek için çay ve yağlı salça olmak üzere iki tip malzeme uygulanarak yüzeyin temizlenme ve leke tutma davranışı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde duvar karosu yüzeyinin lekelenme davranışı ile kolay temizlenebilirlik özelliğine ev kimyasallarının etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, kaplamasız duvar karosu yüzeylerinin temas açısının ~30°, kaplanmış yüzeyin temas açısının ~105° olduğu tespit edilmiştir. Ev kimyasalları uygulanması ile temas açıları ve lekelenme direncinde kimyasalın türüne ve uygulama şekline bağlı olarak belirgin düşüşler yaşanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kolay temizlenme, temas açısı, renk ölçüm, duvar karosu, lekelenme direnci

1. Giriş

Seramik kaplama malzemeleri, ülkemiz dünya seramik kaplama malzemeleri üretim sıralamasında 9'ncü sırada yer almaktadır. Seramik sektörü katma değeri çok yüksek olan sektörlerin başlarında bulunmaktadır. Ülkemiz sürekli olarak gelişen ve sonuç olarak ihtiyaçları her geçen gün artan bir ülke konumundadır. Benzer ülkelerde de olduğu gibi, ülkemizin gelişiminin merkezinde ise kaçınılmaz olarak inşaat-yapı sektörü yer almaktadır. İnşaat sektörü ile paralel bir seyir izleyen seramik sektörü bu gelişime ve hızlı değişime ayak uydurmak durumundadır. Ülkemizin hızlı yükseliş gösteren nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamak için konut üretimi, yeni pazar fırsatları ve nüfusun giderek yükselen beklentileri, ülkemizde seramik sektöründeki büyümeyi hızlandırmıştır. Seramik sektöründe bu büyümenin süreklilik arz eden sonuçları ortaya çıkarması için, sektörel inovasyonun benimsenmesi, geleceğin kaliteli yaşam alanlarını oluşturabilecek kapasite alt yapısını ve yenilikçi ürün gamını oluşturması gerekmektedir [1].

Seramik iç cephe kaplama malzemelerine bakıldığında ilk olarak duvar karoları ve son zamanda popülerlik kazanan porselen karolar aklı gelmektedir. Seramik iç cephe kaplamalarında bu ürünler dışında doğal olarak elde edilen mermer ve granit ürünlerin kullanımı da bulunmaktadır. Porselen karo ve duvar karosuna yapı itibarı ile bakıldığında kil, kaolin, feldspat, kuvars, kalsit vb. hammaddelerin farklı kompozisyonlarından oluştuğu görülmektedir. Porselen karo ürünler su emmesi % 0.5'in altında yüksek oranda vitrifiye faz içeren, hem iç hem de dış cephe kaplamasında kullanılan ürünler iken, duvar karoları su emmesi %10-%20 arasında poroz yapılı yalnızca iç cephe kaplamasında kullanılan daha hafif ve poroz ürünlerdir [2-6].

Hidrofobiklik terim anlamıyla, Yunancada "hydro" 'su', "phobos" 'korku' anlamına gelir. Bunları sırası ile birleştirirsek hidrofobik sudan korkan, yani suyu sevmeyen anlamında olur. Daha teknik anlamda hidrofobiklik ise yüzeyle su damlası arasındaki temas açısının 90°'den büyük olduğu durumdur. Genelde bu yüzeyler 'Kolay Temizlenebilirlik' özelliği gösterdiği için farklı sektörlerde kullanım alanı bulmaktadır.

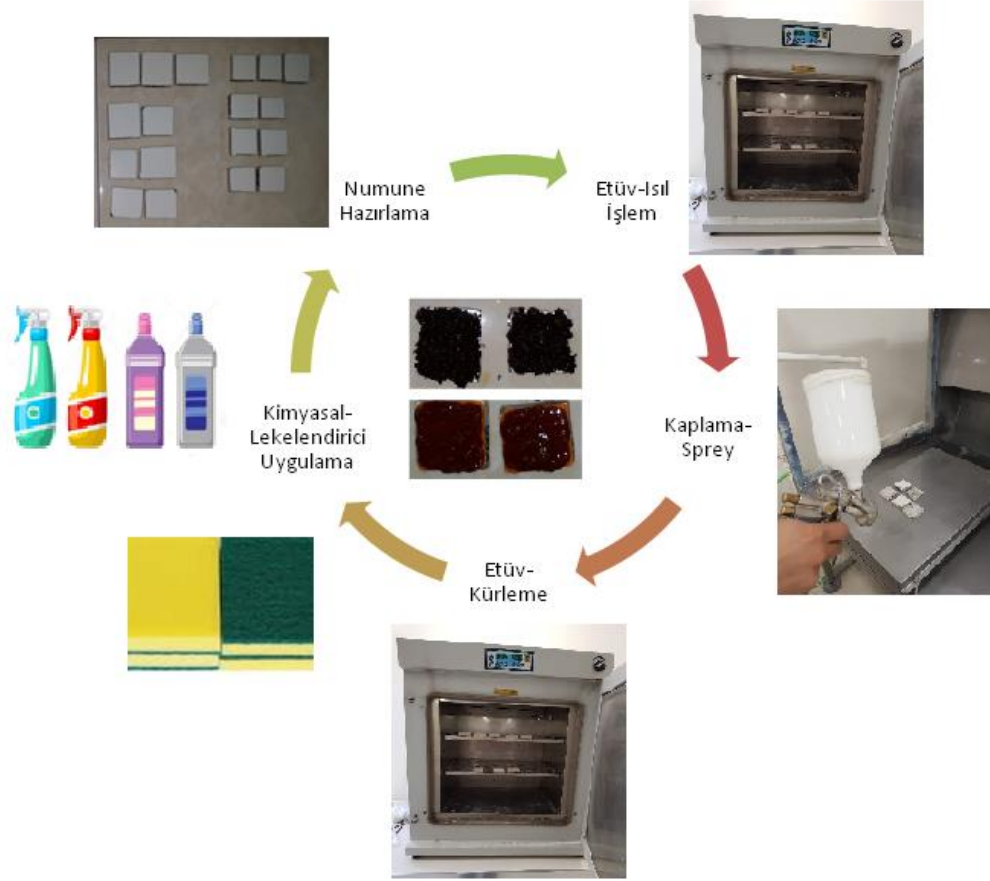
Bu çalışmada, seramik iç cephe kaplama malzemesi olarak kullanılan duvar karosu yüzeylerine fluoropolimer içerikli kaplama malzemesi kullanılarak kaplama yapılmıştır. Kaplanmış yüzeylerin, kaplanmamış yüzeylerin, sert ve yumuşak sünger kullanılarak kimyasal uygulanmış yüzeylerin temas açıları ve renk değerleri ölçülmüş ve tüm yüzeylere çay ve yağlı domates salçası uygulanarak bu yüzeylerin temizlenme/lekelenme davranışı değerlendirilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

Çalışma kapsamında, Bilecik Bien Seramik Karo Fabrikasında üretilen beyaz sırlı karo numuneleri 3*3 cm ebadında kesilip yüzeyi temizlenerek kaplama için hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan karolar kaplama öncesi 120°C sıcaklıktaki etüvde ~30 dk. ısıtılmıştır. Ticari olarak temin edilen fluoropolimer içerikli kaplama malzemesi, çeker ocaklı sırlama kabini içerisinde etüvde ısıtılmış numune yüzeyine sprey tabancası kullanılarak uygulanmıştır. Kaplama malzemesinin son sertliğine ulaşabilmesi için kaplanmış karolar ~120°C'de 30 dakika süre ile kürlenme işlemine tabi tutulmuştur. Çıkan ürünler oda sıcaklığına ulaşmaya kadar



temiz ve kuru zemin ve ortamda muhafaza edilmiştir. Kaplanmış ve kaplanmamış karo yüzeylerine cif, bulaşık deterjanı, çamaşır suyu ve şehir şebeke suyu olmak üzere 4 farklı kimyasal solüsyon 200 çevrim silme şeklinde yumuşak ve sert bir ev süngeri kullanılarak uygulanmıştır. Kaplanmış ve kaplanmamış numunelerin kimyasal uygulama öncesi ve sonrası temas açıları ölçülmüştür. En son aşamada tüm yüzeylerin lekelenme özelliğini belirlemek için, çay ve yağlı salça uygulanmıştır. Leke uygulanmış yüzeyler 3 saat süreyle 70°C'de etüvde bekletilmiştir. Uygulama öncesi ve sonrası Lab renk ölçümleri yapılarak yüzeylerin lekelenme davranışı belirlenmiştir. Numune yüzeyindeki lekelenme malzemeleri ılık su, yumuşak sünger ve bulaşık deterjanı kullanılarak temizlenmiştir. Numune hazırlama, kimyasal uygulama ve lekelenme testi adımlarına ait resimler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Numune üretimi ile kimyasal ve lekelenme testi uygulama adımlarının şematik gösterimi

Kimyasal uygulama öncesi ve sonrası tüm yüzeyler yıkanarak yüzeyleri temizlenip kurutulmuştur. Kimyasal uygulama öncesi ve sonrası tüm yüzeylerden Kruss marka temas açısı ölçüm cihazı kullanılarak 5'er adet ölçüm alınmıştır. Temas açısı cihazına ve alınan ölçüme ait görsel Şekil 2a'da verilmiştir. Kimyasal uygulama sonrası kaplanmış ve kaplanmamış tüm yüzeylerden lekelenme testi öncesi ve sonrası Konica Minolta marka renk ölçüm cihazı alınarak yüzeylerin lekelenme davranışı belirlenmiştir. Renk ölçüm cihazına ve alınan ölçüme ait görsel Şekil 2b'de verilmiştir. Çalışmalarda kullanılacak numunelere ait kodlar ve yapılan çalışmalara ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.





Şekil 2: a) Temas açısı ölçüm sistemi, b) renk ölçüm sistemi

Tablo 1: Çalışmada kullanılan numune kodları ve uygulanan işlemlere ait bilgiler

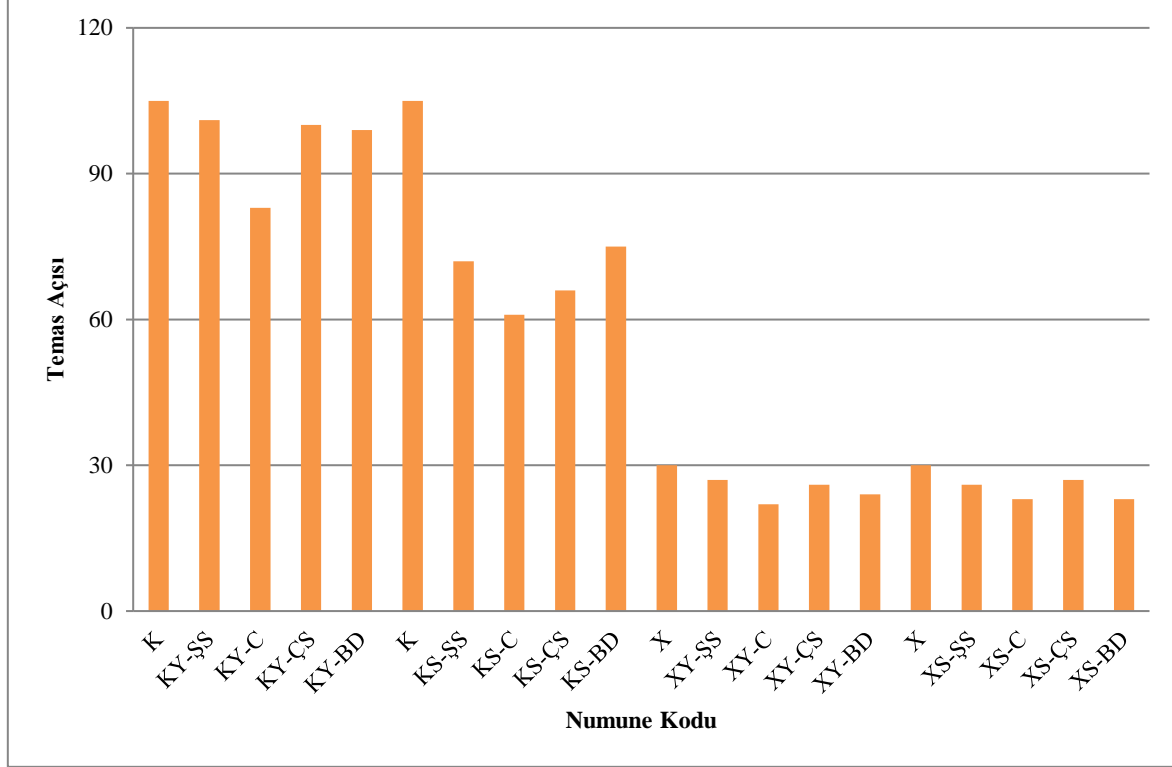
Numune Kodu	Kaplama Durumu	Kimyasal	Uygulama Şekli	Çay Uygulaması Kod+(Ç)	Yağlı Salça Uygulaması Kod+(D)
K	Kaplı	Kullanılmadı	Kullanılmadı	var	var
KY-ŞŞ	Kaplı	Şebeke Suyu	Yumuşak Sünger	var	var
KY-C	Kaplı	Cif	Yumuşak Sünger	var	var
KY-ÇS	Kaplı	Çamaşır Suyu	Yumuşak Sünger	var	var
KY-BD	Kaplı	Bulaşık deterjanı	Yumuşak Sünger	var	var
K	Kaplı	Kullanılmadı	Kullanılmadı	var	var
KS-ŞŞ	Kaplı	Çeşme Suyu	Sert Sünger	var	var
KS-C	Kaplı	Cif	Sert Sünger	var	var
KS-ÇS	Kaplı	Çamaşır Suyu	Sert Sünger	var	var
KS-BD	Kaplı	Bulaşık deterjanı	Sert Sünger	var	var
X	Kaplamasız	Kullanılmadı	Kullanılmadı	var	var
XY-ŞŞ	Kaplamasız	Şebeke Suyu	Yumuşak Sünger	var	var
XY-C	Kaplamasız	Cif	Yumuşak Sünger	var	var
XY-ÇS	Kaplamasız	Çamaşır Suyu	Yumuşak Sünger	var	var
XY-BD	Kaplamasız	Bulaşık deterjanı	Yumuşak Sünger	var	var
X	Kaplamasız	Kullanılmadı	Kullanılmadı	var	var
XS-ŞŞ	Kaplamasız	Çeşme Suyu	Sert Sünger	var	var
XS-C	Kaplamasız	Cif	Sert Sünger	var	var
XS-ÇS	Kaplamasız	Çamaşır Suyu	Sert Sünger	var	var
XS-BD	Kaplamasız	Bulaşık deterjanı	Sert Sünger	var	var

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 1’de verilen numunelere ait ölçülen temas açıları Şekil 3’de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde X kodlu kaplanmamış ve kimyasal uygulanmamış yüzeyin temas açısı kaplama yapılması ile 30°’den 105°’ye çıktığı belirlenmiştir. Bu anlamda numune literatürde ve firmaların ticari web sitelerinde verilen hidrofobik temas açısı koşulunu (> 90°) sağlamaktadır. Hidrofobik kaplanmış ve kaplanmamış seramik karo yüzeylerinin temas açısı kimyasal işlem uygulanması ile uygulanan kimyasalın türü ve kimyasalı uygulamada kullanılan süngerin çeşidine (sertlik yönünden) bağlı olarak düşüşler görülmüştür. Bu düşüş kaplı numunelerde oldukça yüksek iken, kaplanmamış numunelerde daha düşük seviyelerde gerçekleşmiştir. Özellikle, cif uygulaması ile hem yumuşak sünger hem de sert sünger uygulamasında kaplanmış yüzeylerin temas açısı yumuşak süngerde ~%21 oranında, sert süngerde ~%42 oranında belirgin bir şekilde düşüş göstermiştir. Bu durum Cif içinde diğer kimyasallardan farklı olarak bulunan aşındırıcı partiküller



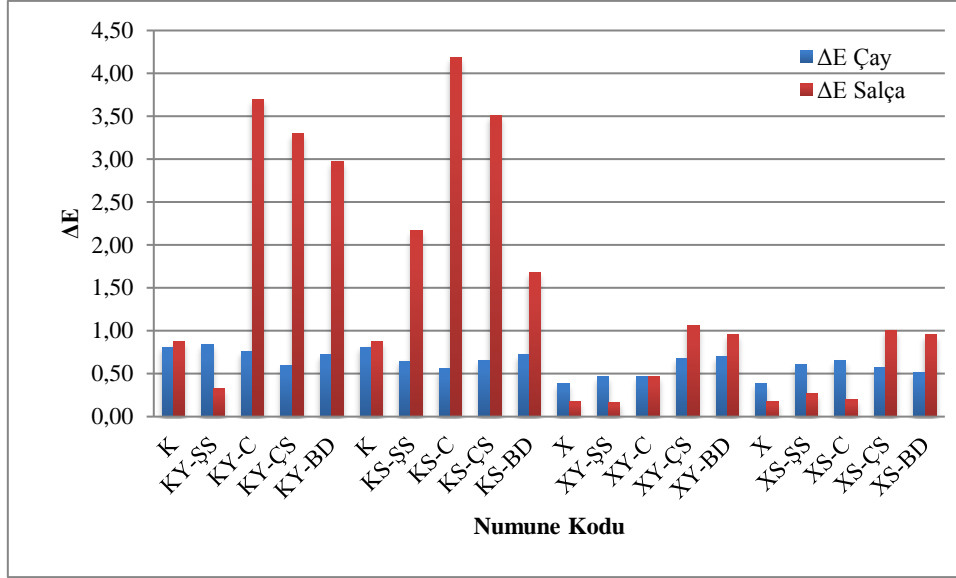
nedeniyledir. Çamaşır suyu uygulaması sonrasında, yumuşak süngerde temas açısı $<5\%$ oranında, sert süngerde ise $\sim 37\%$ oranında düşüş göstermiştir. Bulaşık deterjanı ile yapılan denemede temas açısı, yumuşak süngerde $\sim 5\%$ oranında, sert süngerde ise $\sim 29\%$ oranında düşüş tespit edilmiştir. Şehir şebeke (çeşme suyu) ile yapılan denemelerde temas açısı $\leq 5\%$ oranında, sert süngerde $\sim 30\%$ oranında düşüş göstermiştir. Sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, çalışmada kullanılan kimyasaldan daha çok kullanılan süngerin kaplama tabakasına zarar verdiği, kullanılan kimyasalın ise özellikle partikül içerikli olanlarının kaplamaya sert sünger gibi zarar vererek temas açısını düşürdüğü görülmektedir.



Şekil 3: Numunelere ait temas açısı sonuçları

Kimyasal uygulama sonrası kaplı, kaplanmamış ve hiçbir işlem yapılmadan kontrol için bekletilen yüzeylere kullanım alanında özellikle mutfak duvar yüzeyleri düşünülerek iki farklı lekelenirici çay ve yağlı domates salçası bu yüzeylere uygulanmıştır. Uygulama öncesi ve sonrası yüzeylerin lekelenme davranışları incelenmiş, kaplamanın, kimyasal türünün, kimyasal uygulama şeklinin (sert ve yumuşak sünger) lekelenme direncine etkisi renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Numunelere ait ΔE renk ölçüm sonuçları incelendiğinde kaplamasız numunelerin ΔE sonucunun 1 altında olduğu yani kimyasal çeşidinin ya da sünger türünün 200 silme sonucu yüzeyi etkilemediği renkte fark edilebilecek bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Kaplamasız yüzeylerde çamaşır suyunun diğer kimyasallara göre yüzeyin lekelenme direncini daha fazla azalttığı belirlenmiştir. Kaplanmış yüzeylerde çay uygulamasının lekelenme direncini de yağlı salçada olduğu gibi belirgin bir değer farkı ($\Delta E < 1$) elde edilememiştir. Yağlı salça uygulamasına ait sonuçlar incelendiğinde, kimyasalın çeşidi ve süngerin türü renk değerinde belirgin şekilde değişime yol açmıştır. Aşındırıcı karakterdeki cıf ve sert sünger ürünün lekelenme direncini belirgin bir şekilde azaltmıştır. Kaplanmış numunelerin lekelenme direncinde hem kullanılan kimyasalın türü hem de süngerin çeşidinin (sertliği) lekelenme direncinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin özellikle aşınan kaplamanın girintili yüzey oluşturarak sonuçları olumsuz etkilemesi nedeniyle olduğu kanısına varılmıştır. Bazı renk sonuçlarının temas açıları ile paralellik göstermediği belirlenmiştir. Sonraki çalışmalarda örnek sayılarının ve lekelenirici çeşitlerinin artırılarak çalışmalara devam edilmesine karar verilmiştir.





Şekil 4: Numunelere ait ΔE renk ölçüm sonuçları

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada sonuç olarak, hidrofobik kaplama tabakasının kolay temizlenebilme özelliğini uzun zaman devam ettirebilmesi için sert süngerlerin ve aşındırıcı içeren kimyasalların, bu tür yüzeylerin temizliğinde kullanılmaması gerektiği bilgisine ulaşılmıştır.

5. Kaynakça

- [1] T.C. Kalkınma Bakanlığı, Seramik Çalışma Grubu.(2015). Onuncu Kalkınma planı(2014-2018), Seramik Çalışma Grubu Raporu(Yayın No. KB: 2940- ÖİK: 758). Erişim adresi:
- [2] Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Araştırma Müdürlüğü.(2005). Sektörel Araştırmalar: Seramik Yer Ve Duvar Kaplamaları (Yayın No. SA-05-03-09). Erişim adresi: http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/SA/2005-SA/SA-05-03-09_Seramik_Yer_ve_Duvar_Kaplamalari_Sektoru.pdf
- [3] Matteucci, F., Dondi, M., & Guarini, G. (2002). Effect of soda-lime glass on sintering and technological properties of porcelain stoneware tiles. *Ceramics International*, 28(8), 873-880.
- [4] Zanelli, C., Baldi, G., Dondi, M., Ercolani, G., Guarini, G., & Raimondo, M. (2008). Glass–ceramic frits for porcelain stoneware bodies: Effects on sintering, phase composition and technological properties. *Ceramics International*, 34(3), 455-465.
- [5] Salem, A., Jazayeri, S. H., Rastelli, E., & Timellini, G. (2009). Dilatometric study of shrinkage during sintering process for porcelain stoneware body in presence of nepheline syenite. *Journal of materials processing technology*, 209(3), 1240-1246.
- [6] Cengiz, Ö., & Kara, A. (2012). Tek pişirim duvar karosu bünyelerinde borik asit ilavesinin sinterleme davranışına etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(3), 29-35.
- [7] Bellanger, H., Darmanin, T., Taffin de Givenchy, E., & Guittard, F. (2014). Chemical and physical pathways for the preparation of superoleophobic surfaces and related wetting theories. *Chemical reviews*, 114(5), 2694-2716.



SULTAN SAZLIĞI MİLLİ PARKI İÇİN EKOTURİZM OLANAKLARININ BELİRLENMESİ

Şule Kısakürek¹, Gökhan Sayın²

1 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı bölümü

sulekiskurek@hotmail.com

2 Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı bölümü

gokhansayin86@hotmail.com

Özet

Turizm, ekonomik toplumsal ve çevresel etkileri ile birlikte hizmet sağlayan küresel bir faaliyettir. Temeli doğal ve sosyo-kültürel değerlere uzanan ekoturizm, ekolojik ve sosyo-kültürel açıdan sorumlu, doğal çevreye dayalı turizmdir. Ekoturizm uygulamaları doğal kaynakların akılcı kullanımlarını sağlayarak yöre halkına ekonomik fayda sağlayan, doğal kaynakları koruma amacını güden önemli bir turizm çeşididir. Sultan Sazlığı milli parkının sahip olduğu zengin biyoçeşitlilik, bu alanın ekolojik ve turistik önemini arttırmaktadır. Sultan sazlığının sürdürülebilirliği için akılcı kullanım olanaklarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu alanda yapılacak ekoturizm, doğru bir kaynak kullanımı ve yönetimi ile hem doğal kaynaklar üzerindeki olumsuz etkiyi azaltacak hem de yöre halkının sosyo-ekonomik olarak kalkınmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışma Sultan Sazlığı Milli Parkının ekoturizm olanaklarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla swot analizini ve görsel kalite değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışma sonucunda sultan sazlığı milli parkının; flora ve fauna açısından zengin olması güçlü yanları, ulaşım kolaylığı ve ekoturizm olanakları fırsatları olarak belirlenmiş, görsel kalite değerlendirmesi sonucunda yüksek görsel kalite değerine sahip olduğu belirlenmiş, Macera turizmi, Doğa turları, Bisiklet turizmi, Fotoğrafçılık, Kuş gözlemciliği, Atlı doğa yürüyüşü Sultan Sazlığı Milli Parkında ekoturizm faaliyetleri olarak önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Ekoturizm, Swot, Görsel Kalite, Kayseri, Milli Park*

1. Giriş

Teknolojideki gelişmeler, eğitilmiş insanların artması, yaşam standartlarındaki değişimle birlikte insanlardaki keşfetme ve merak duygusu da artmıştır. İş ve şehir hayatının bıraktığı stres, yorgunluk ve ruhsal bunalım nedeni ile insanlar seyahate, kendilerini yenilemeye ve farklı ortamlarda dinlenme ihtiyacı duymaya başlamıştır. Günümüzde tatil anlayışı güneş, deniz, kum üçlüsü gibi görünmektedir. İnsanların çevre bilincinin yükselmesi ile birlikte tatil anlayışında değişimler meydana gelmiştir. İnsanlar artık güneş, kum, deniz üçlüsünün yerine göl kenarı, ormanlık alan, şelale, dağlık alan gibi daha önce gidilmemiş yerleri tercih etmeye başlamıştır.

Turizmin çeşitlenmesi ile birlikte kitle turizminin doğaya vereceği tahribatı azaltmak için doğaya zarar vermeden sürdürülebilir bir turizm faaliyeti olan ekoturizm gündeme gelmiştir. Ekoturizm faaliyeti yöre halkının sosyo ekonomik açıdan kalkınmasına katkı sağlayacaktır.

Sultan Sazlığı Milli Parkı sahip olduğu kaynak değerleri ile Türkiye'deki önemli korunan sulak alanlardan biridir. Sultan sazlığı konum olarak Çayırözü, Soysallı, Yenihayat, Yeşilova köyleri ve Sindelhöyük kasabası ile çevrili durumdadır. Bu bölgelerde yaşayan yerel halk geleneksel yöntemlerle tarım ve hayvancılık yapmaktadır. Sosyo-ekonomik olarak normal düzeyin çok altında yaşamlarını sürdürmektedirler. Sultan Sazlığı Milli Parkında gerçekleştirilecek ekoturizm faaliyetleri yöre halkının ekonomik kalkınmasına katkı sağlayacak hem de doğal kaynak değerlerinin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Bu noktadan hareketle bu çalışmada Sultan Sazlığı Milli Parkının Swot analizi ve görsel kalite değerlendirilmesi ile ekoturizm aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Sultan sazlığı milli parkının ekoturizm aktivitelerinin gelişmesi, yöre halkının sosyo ekonomik kalkınmasını sağlayacak ve doğal kaynak değerlerinin korunması sağlanacaktır.

2. Materyal

Araştırmanın ana materyalini Sultan Sazlığı Milli Parkı oluşturmaktadır. Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı, Kayseri'nin üç ilçesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu ilçeler Yahyalı, Yeşilhisar ve Develidir. Sultan Sazlığı coğrafi konumu 38° 16' 0" Kuzey ile 35° 21' 36" Doğu gps koordinatlarıdır. Kayseri ili merkezine 72 km uzaklıkta bulunan Sultan Sazlığı Milli Parkı Develi ilçe merkezine 37 km, Yahyalı ilçesine 26 km, ve Yeşilhisar ilçesine 17 km, mesafede bulunmaktadır. Alanın doğusunda Soysallı ve Çayırözü, mahallesi batı tarafında Yenihayat ve Ovaçiftlik mahallesi, güneyinde ise Yeşilova ve Sindelhöyük mahalleleri yer almaktadır. Yöre halkı alan çevresinde geleneksel tarım ve hayvancılık faaliyeti ile yaşamlarını sürdürmektedirler. (Anonim-1, 2008).

Sultan Sazlığı Milli Parkı etrafı dağlarla çevrili bir komumda bulunmaktadır. Parkın güney tarafı Aladağlar (3400 metre) kuzey tarafında Erciyes Dağı (3917 metre), batı tarafında Mazıtumba tepesi (1610 metre), doğu tarafında ise Develi Dağı (2080 metre), ve Elmadağ Tepesi (2240 m) ile çevrilidir. Alanın rakımı en düşük kısmında Develi Havzası bulunmaktadır (Anonim-2, 1998).

Sultan sazlığı step ekosistemlerinde nadir görülen tuzlu su ve tatlı su habitatları birlikte bulundurmaktadır. Afrika ve Avrupa arasında bulunan, göç eden kuşların göç yolu üzerinde bulunan Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı Türkiye'nin önemli sulak alanları



içerisinde yer almaktadır. Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı içerisinde bulunan su ögesi yağışın az olduğu dönemlerde küçülür, yağışın bol olduğu dönemlerde ise büyüyerek geniş bir yer kaplar.

2006 yılında sultan sazlığı resmi gazetede yayınlanarak milli park olarak belirlenmiştir (UDGP, 2008-2012: 19).

Alan içerisinde belirlenen 48 adet endemik bitki türünden biri olan *Puccinellia bulbosa* (Grossh.) subsp. *Caesaria* Kit Tan bitkisi dünyada sadece sultan sazlığı bölgesinde bulunmaktadır. Bundan dolayı alanın önemi daha da artmaktadır. (Aksoy, 2004).

Sultan Sazlığının birbirinden farklı ekosistem ve habitatları iç içe bulundurması, birçok hayvan türüne ev sahipliği yapmaktadır. Bundan dolayı Sultan Sazlığı hayvan türlerinden sucul ve karasal omurgasızlar, memeliler sürüngenler, kuşlar ve sürüngenler bakımından zengin bir çeşitliliğe sahiptir (Turan, 2004).

Fauna zenginliği içerisinde olan sultan sazlığının, kus türlerinin barınma sığınma ve yaşam alanı olma bakımından önemli bir yere sahiptir. Sultan Sazlığı, Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları içerisinde bulunan göçmen kuşların kuş göç yolunun kesişim noktasında bulunmaktadır. Sultan Sazlığı içerisinde bulundurduğu ekolojik çeşitlilik sebebi ile göçmen kuşların kuluçka, beslenme barınma yeri olma özelliği bulunmaktadır. Sultan Sazlığında bulunan ekolojik özelliklerin en uygun olduğu dönemde alan içerisinde 600000 su kuşunu görme olasılığı çok yüksektir. Bu durum da Sultan Sazlığının A Sınıfı Sulak Alan olduğunun bir göstergesidir (Özesmi, Somuncu ve Tunçel, 1993).

3. Yöntem

Sultan Sazlığı Milli Parkında ekoturizm faaliyetleri belirlenme amacı ile gerçekleştirilen bu çalışmada Swot analizi ve görsel kalite değerlendirilmesi yapılmıştır.

Swot analizi: Swot analizinin amacı, iç ve dış etkenleri dikkate alarak, bu kapsam çerçevesinde araştırmada Sultan Sazlığı Milli Parkı alanının güçlü ve zayıf yönleri ile tehditlerinin belirlenmesine yönelik swot analizi mevcutta olan güçlü yönler ve fırsatlardan en üst seviyede yararlanılarak, tehditlerin ve zayıf yönlerin etkisini en az seviyeye indiren plan ve stratejiler geliştirmek (Gürlek, 2002) için kullanılmıştır. Swot analizinde bilimsel araştırmalar, tezler, yayınlar, makaleler, arazi gezileri ile yerinde yapılan gözlemlerden yararlanılmıştır.

Görsel kalite değerlendirmesi: Görsel peyzaj değerlendirme, peyzaj karakteri üzerindeki değişimleri saptamak için kullanılan bir yöntemdir. Amacı, alanın mevcut görsel karakteristiği durumuyla ilgili veri ve bilgi elde etmek ve muhtemel değişimlere karşı duyarlılığı tespit etmektir (Palmer ve Hoffman, 2001).

Turizm veya rekreasyonel bağlamında, doğal çevrenin temel bileşeni, manzara veya görsel kalitesidir ve görsel kalite çalışmaları fiziksel çevrede oluşan değişimleri kırsal ve kentsel çevrelerin planlanmasında ve tasarımında yönlendirici bir araç olarak kullanılmalıdır (Clay ve Daniel 2000; Ak 2010).

Çalışmada görsel kalite değerlendirilmesi için yedi temel görsel kalite Yeomans (1983)'den yararlanılarak belirlenmiştir. Daha sonra bu temel faktörlerin niceliklendirilmesi ile her bir doğal peyzaj alanının görsel kalite puan değeri belirlenmiştir. Niceliklendirilen temel faktörler;

- Yüzey şekilleri,
- Vejetasyon,
- Su,
- Renklenme,
- Mücavir manzara,
- Fauna,
- Tarihsel yapı değişiklikleri

Görsel kalite puanının belirlenmesi amacı ile niceliklendirme her bir görsel kalite için -3 ile +5 puan arasında niceliklendirilmiştir. Görsel peyzaj kalite değerlendirme analiz çalışmalarında uzman analizi yöntemi kullanılmıştır (Çakıcı 2007).. Uzman analizi için alan hakkında bilgi sahibi olan peyzaj mimarı, jeolog, coğrafya uzmanı ve fotoğraf sanatçısı olmak üzere dört farklı meslek sahibinin Sultan Sazlığını görsel kalite açısından niceliklendirilmesi istenmiştir. Niceliklendirme biçimsel yönde olup, algı faktöründen bağımsız şekilde yürütülmüştür. Her bir uzmanın nicelik değeri toplanarak ortalaması alınmış yedi temel faktörün ortalama görsel kalite puanı belirlenmiştir. Faktör puanları toplanarak toplam görsel kalite puanı belirlenmiştir.

Toplam görsel kalite puanı;

- 35- 21 puanları arasında olan alanlar A sınıfı yüksek görsel kalite,
- 20 - 8 puanları arasında olan bölgeler B sınıfı orta derecede görsel kalite ve
- 8- (-21) puanları arasında olan bölgeler C sınıfı görsel kalitesi olmayan veya görsel kalitesi çok az olan olarak değerlendirilmiştir.

Daha sonra swot analizi ve görsel kalite değerlendirme sonuçlarından yararlanılarak ekoturizm faaliyetleri belirlenmiştir.



4. Araştırma Bulguları

Kayseri Sultan Sazlığı için yapılan swot analizi sonucunda Sultan Sazlığının güçlü yönleri biyolojik çeşitlilik açısından zengin olması kuş göç yolları üzerinde olması, kuşlar için üreme beslenme ve sığınma yeri olması nedeni ile ekolojik öneme sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Sultan Sazlığının zayıf yönleri ise alanda genç nüfusun olamaması ve altyapısını yetersiz olması olarak belirlenmiştir. Kayseri ilinin Kapadokya Kültürel Turizm bölgesi sınırlarında bulunması ve alana ulaşım ağının gelişmiş olması fırsat olarak belirlenirken, alanın taşıma kapasitesinin üzerine çıkılması ve alanda bulunan faunada tutum değişikliğinin görülmesi ve doğal alana verilen zararlar doğada bozulma ve estetik açıdan görüntü kirliliğinin olması alan için tehdit oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Sultan Sazlığı Milli Parkı Swot Analizi

Güçlü yönler	Alanın “RAMSAR Sözleşmesi” kapsamında bulunan sulak alanlar içerisinde bulunması, Sultan Sazlığı milli parkının Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları içerisinde bulunan göçmen kuşların göç yolu üzerinde olması, Step ekosisteminde olmasına rağmen tatlı su ve tuzlu su ekolojisinin aynı yerde olması, Alan içerisinde nadir bitki ve hayvan türlerinin olması, 20.000 civarında kuş türünün alan içerisinde sürekli olması, Alanın yapısı nedeniyle kuşların üreme, beslenme ve sığınma yeri olması, Alan içerisinde 48 adet endemik bitki taksonu bulunması, Dünyada tek yayılış alanı sultan sazlığı milli parkı olan <i>Puccinellia bulbosa (Grossh.) subsp. Caesaria Kit Tan</i> bitki türünün olması, Kuş Rehabilitasyon Merkezi, Ziyaretçi Tanıtım Binası kuş gözlem kulübeleri ve ahşap yürüyüş patikasının olması Ahşap yürüyüş patikası ile ziyaretçilerin su kuşlarının yoğun olduğu bölgelerde bulunan iki adet kuş gözlem kulübesine ulaşımının sağlanması, İçerisinde barındırdığı tarih ve kültür yapısı, Yöre halkının yaşadığı yapıların büyük bir kısmının kültürel yapısının devam ediyor olması, Otantik bir şekilde yapılan saz kesiminin yöre halkı tarafından halen yapılıyor olması ve yöresel ürün olarak satışa sunulması.
Zayıf Yönler	Yerel halkın ekoturizm hakkında bilgi sahibi olmaması, Gelen ziyaretçilerin alanın biyolojik çeşitliliğinin ve öneminin farkında olmaması, Ekoturizm için altyapı yetersizliği Alanda otel, pansiyon, lokanta gibi olanakların bulunmaması, Yörenin göç vermesi, ve genç nüfusunun olmaması
Fırsatlar	Kayseri ilinin Kapadokya Kültürel Turizm bölgesi sınırlarında bulunması, Kayseri ilinin Ulusal ve Uluslararası havalimanına sahip olması, Sultan sazlığı milli parkı etrafında halen yöre halkının yaşamlarını sürdürüyor olması, Sultan sazlığının Popülerliğinin artması, Ulaşım ağının gelişmiş olması,
Tehditler	Yoğun turizm ile ekolojik ve çevresel zararlar, Flora ve faunanın yaşam alanlarının zarar görmesi, Su kaynaklarının bilinçsiz kullanılması, Alana gelen ziyaretçilerin ekoturizm konusunda bilinçli olmaması, Alanın taşıma kapasitesinin üzerine çıkılması ve alanda bulunan faunada tutum değişikliğinin görülmesi, Alanda bozulma ve estetik açıdan görüntü kirliliğinin olması, Yaşam alanının zarar görmesi ve bitki örtüsünde değişim olması,

Sultan sazlığı Sulak Alanı swot analizi sonucunda sahip olduğu doğal kaynaklarla ekolojik açıdan önemli ve ekoturizm faaliyetleri için oldukça güçlü potansiyele sahip bir alan olduğu belirlenmiştir.

Uzman görüşü alınarak yapılan görsel kalite değerlendirmesi sonucunda alan hakkında bilgi sahibi olan peyzaj mimarı, jeolog, coğrafya uzmanı ve fotoğraf sanatçısı kişilerin değerlendirmeleri her bir kriter için verdikleri puanların ortalaması alınmış ve daha sonra ortalama puanlar toplanarak, toplam görsel kalite puanı belirlenmiştir. Görsel kalite değerlendirilmesi sonucunda Erciyes dağı eteklerinde olması ve görsel olarak Erciyes dağı ile bir bütünlük oluşturan görüntünün görsel kalitesine vurgu yapmışlardır ve görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 4,5 puan verilmiştir. Vejetasyon değerlendirmesinde alanda ağaç varlığının az bulunmasına rağmen farklı bitki türlerinin mevcut olduğunu belirtmişlerdir ve görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 4 puan verilmiştir. Alanda bulunan su varlığı için yapılan değerlendirmede sazlık suyunun görüntü kalitesinin yüksek olduğu



belirtilmiştir ve görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 4 puan verilmiştir. Alanın her mevsim farklı bir renklenmeye sahip olduğu, renklenmenin görsel bir zevk verdiği belirtilerek görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 4,75 puan verilmiştir. Alan etrafında köylerin ve meyve bahçelerinin olduğu görsel olarak alana orta derecede katkı sağladığı belirtilmiştir ve görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 3.25 puan verilmiştir (Çizelge 2).

Alanda her zaman kuş türlerinin izlenebildiği belirtilerek görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 5 puan verilmiştir. Alanda görsel kaliteyi bozacak yapılara uzak olduğu ve köylerdeki yapıların fazla değişmediği belirtilerek görüntü kalitesine dair yapılan puanlamanın ortalaması alındığında 4 puan verilmiştir. Alanda yapılan görsel kalite değerlendirmesi sonucunda 29.5 puan ile görsel kalitesinin yüksek derecede olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sultan Sazlığı Milli Parkı Görsel Kalite Değerlendirmesi

Görsel Kalite Ögesi		Puanlama
Yüzey Şekilleri	Erciyes dağı eteklerinde olması	4,5
Vejetasyon	48 endemik bitki türü bulunması	4
Su	Alanda göl ögesi bulunması	4
Renklenme	Alan içerisinde bulunan renk çeşidi ve birleşiminin (su, kayaç, bitki) güçlü olması	4,75
Mücevvir Manzara	Alan içerisinde köy ve meyve bahçelerinin olması	3,25
Fauna	Alanın Ender bulunan flora ve faunaya sahip olması	5
Tarihsel yapı Değişiklikleri	Alan içerisinde görsel estetiği bozacak, kötü görüntü olan yapılardan uzak olması	4
Neticesi	Yapılan değerlendirme sonucunda 29,5 puan ile görsel kalitesinin yüksek derecede olduğu tespit edilmiştir.	

5. Sonuçlar

Çalışma sonucunda swot analizi ve görsel kalite değerlendirme ile alanın güçlü bir ekolojik potansiyele sahip olduğu görsel kalite değerini çok yüksek olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanlarında yapılan Swot analizi ve görsel kalite değerlendirme sonucunda yapılabilecek doğal kaynaklara zarar vermeden sürdürülebilir ekoturizm faaliyetleri belirlenmiştir.

Kuş gözlemciliği: Sultan Sazlığı Milli Parkı Asya, Avrupa ve Afrika kıtaları içerisinde bulunan göçmen kuşların kuş göç yolunun kesişim noktası olması ve 20000 civarı kuş türünü alan içerisinde barındırmasından dolayı kuş gözlemciliği ekoturizm faaliyeti önerilmiştir.

Kamp turizmi: Alanın muhteşem bir manzarasının olması, alanın düz bir yere konumlanmış su erişimine kolay ulaşılması ve ziyaretçilerin kuş sesleri, harika bir sazlık ve Erciyes manzarası eşliğinde dinlenme olanaklarının olmasından dolayı kamp turizmi ekoturizm faaliyeti önerilmiştir.

Bisiklet turizmi: Bisiklet kullanan turistler genel olarak kırsal alanları tercih etmektedirler. Bisiklet turizmi ile Sultan Sazlığı Milli Parkı ve çevresine, yakın yerleşim köyleri, göl etrafında kullanım ve gezi yapılacak alanlar olmasından dolayı ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Doğa yürüyüşü: Alan içerisinde bulunan göl, ahşap yürüme yolu alan etrafında bulunan eski köy evleri görseli ve yürümeye elverişli olmasından dolayı doğa yürüyüşü ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Botanik turizmi: Alan içerisinde 48 adet endemik bitki taksonu bulunması ve Dünyada tek yayılış alanı sultan sazlığı milli parkı olan *Puccinellia bulbosa* (*Grossh.*) *subsp. Caesaria Kit Tan* bitki türünün olmasından dolayı botanik turizmi ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Fotoğrafçılık: Alanda bulunan bitki, göl, yüzey şekilleri kuş türlerinin fazlalığı ve her mevsim farklı görsel güzellik barındıran Sultan Sazlığı Milli Parkı fotoğrafçılık yapmak için uygun ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Ath doğa yürüyüşü: Yöresel halkın alan içerisinde bulunan atları ile güzel gezilerin yapılabileceği bir alan olmasından dolayı atlı doğa yürüyüşü ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Kayık Turları: Sazlık içerisinde kayık gezintileri yapılabilmektedir. Bu sayede kuş gözlemi ve fotoğrafçılık daha güzel bir şekilde yapılmaktadır. İnsanları alana çekmek için uygun bir faaliyette olan kayık turları ekoturizm faaliyeti olarak önerilmiştir.

Sultan Sazlığı Milli Parkı ve çevresi belirtilen ekoturizm faaliyetleri yapmak için uygundur. Bu faaliyetlerin yapılabilmesi için gerekli alt yapı bütüncül ve planlı bir şekilde gerçekleştirilmelidir..

6. Kaynaklar

Anonim-1, (2008). Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı Yönetim Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Biyolojik Çeşitlilik ve Doğal Kaynak Yönetimi Projesi, Sultan Sazlığı Milli Parkı Proje Uygulama Birimi, Kayseri.



Anonim-2, (1998). Sultan Sazlığı (basılmamış). Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Ankara.

Clay GR, Daniel, T. C., (2000). Scenic landscape assessment: the effects of land management jurisdiction on public perception of scenic beauty. *Landscape and Urban Planning*, 49, 1–13.

Çakıcı I., (2007). Peyzaj planlama çalışmalarında görsel peyzaj değerlendirmesine yönelik bir yöntem araştırması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 109 s. Ankara.

Gürlek, T. B., (2002). SWOT Analizi Nedir? Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu.TÜSSİDE, Gebze.

Özesmi, U., Somuncu, M., ve Tuncel, H., (1993). “Sultan Sazlığı Ekosistemi”, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 2:275-288

Palmer J R, Hoffman E., (2001). Rating reliability and representation validity in scenic landscape assessments. *Landscape and urban planning*, 54: pp.149-161.

Turan, L., (2004). “Sultan Sazlığı Fauna I., II., III. Ara Raporu ve Final Raporu”, Sultan Sazlığı GEF-II Proje Yönetim Birimi, Kayseri.

UDGP, (2008-2012) “Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı Uzun Devreli Gelişim Planı”. Çevre ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü



EMULSIFYING PROPERTIES OF PROTEIN/POLYSACCHARIDE COMPLEXES PREPARED BY PEA AND SOY PROTEIN ISOLATE

Gulcin Yildiz^{1*}, Hao Feng²

¹ Iğdir University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts

gulcn86@gmail.com

² University of Illinois at Urbana-Champaign, Department of Food Science and Human Nutrition

haofeng@gmail.com

* Corresponding Author

Abstract

The objective of this study is to develop a plant protein (Pea and soy protein) and polysaccharide (Modified starch) complex system to address the low solubility of the protein near the pI. In particular, the effects of adding modified starch to soy protein isolate (SPI) or pea protein isolate (PPI) to form protein and polysaccharide complexes at pH 4.0 was evaluated by examining the emulsifying properties of the complexes. Ultrasound was used to generate the protein-polysaccharide complex emulsions. The highest emulsifying activity index (EAI) was observed for the PPI-modified starch complexes while the lowest EAI was observed in the untreated samples for all protein-polysaccharide complexes. Similarly, the highest emulsifying stability index (ESI) was observed for both the SPI-modified starch and the PPI-modified starch complexes while the lowest ESI was observed in untreated samples. It was found that the PPI-modified starch complexes had better emulsifying activity and stability indexes in comparison to SPI-modified starch complexes. The study indicates that the pea protein can function as a stable wall material to form stable protein-polysaccharide complexes with a modified starch.

Keywords: Soy protein isolate, pea protein isolate, modified starch, emulsifying activity index, emulsifying stability index

1. Introduction

The use of plant proteins as ingredients in food formulations is notably attractive due to their functionality and nutritional value. However, plant proteins generally have low solubility at acidic pH levels [1]. High-molecular-weight polysaccharides such as modified starch are usually used to stabilize oil-in-water food emulsions [2, 3, 4]. In emulsions produced from polysaccharides, the carbohydrate part tends to stretch into the aqueous phase, which prevents the droplets from aggregation and coalescence. Consequently, protein-polysaccharide complexes are normally used to form emulsions with good stability in acidic conditions. Modified starch (MS) is a negatively charged polysaccharide. MS has a number of applications in foods, specifically for thickening, stabilizing and texturing, and is often used in acidic emulsion-based beverages. Nevertheless, insufficient information is currently available on the interactions of negatively charged polysaccharides with soy-protein and pea-protein-based emulsions. The objective of this study is to develop a plant protein (Pea and soy protein) and polysaccharide (Modified starch) complex system to address the low solubility of the protein near the pI. In particular, the effects of adding modified starch to soy protein isolate (SPI) or pea protein isolate (PPI) to form protein and polysaccharide complexes at pH 4.0 was evaluated by examining the emulsifying properties of the complexes.

2. Materials and Methods

2.1. Preparation of pea protein isolate (PPI) and soy protein isolate (SPI) nano-aggregates treated with pH 12-US

Three grams of SPI/PPI were dissolved in 100 mL deionized (DI) water and stirred at room temperature for 30 min to get the protein dispersions. The SPI/PPI dispersions were adjusted to pH 12 with 2M sodium hydroxide (NaOH), treated by ultrasound during 5 minutes at 100% amplitude, and the samples were stored at room temperature for 1 h, followed by adjusting the pH back to pH 7 with 2M hydrochloric acid (HCl). Neutralized protein dispersions were centrifuged (1,200 g and 20 °C) for 15 min and the supernatants were collected as soluble soy and pea proteins for further experiments [5].

2.2. Preparation of plant protein/polysaccharide complexes

Six grams of polysaccharides (modified starch) were dissolved in 100 mL deionized (DI) water and stirred at room temperature for an hour. The soluble SPI/PPI produced with pH 12-US was mixed with modified starch solutions. After 3 hours stirring at room temperature, the protein/polysaccharide mixtures were sonicated using a VC-750 ultrasound unit (20 kHz, Sonics & Materials, Inc., Newtown, CT, USA) in an ice bath for 5 min and the pH of the mixtures was adjusted to 4.0 to obtain protein/polysaccharide complexes. For the control protein/polysaccharide complexes, untreated SPI and PPI were used instead of the soluble SPI/PPI produced with pH 12-US. The control SPI/PPI solutions were produced by dissolving SPI/PPI in distilled water and stirring at room temperature for 30 min. A summary of the treatments is given in Table 1.



Table 1. Description of samples used in this study

Sample	Protein	Polysaccharide
C-SPIMS	Untreated SPI	Modified Starch
C-PPIMS	Untreated PPI	Modified Starch
M-SPIMS	pH 12-US treated SPI	Modified starch
M-PPIMS	pH 12-US treated PPI	Modified Starch

2.3. Emulsifying properties

Emulsifying properties were measured by the method of Pearce and Kinsella [6]. Oil-in- water (o-w) emulsions were prepared by adding 1 mL of canola oil in 3 mL of protein-polysaccharide complex samples. The oil concentration was 0.25% (w/w) in this test. Ultrasound was used to generate the protein-polysaccharide complex emulsions. The mixture of oil and protein-polysaccharide complexes was stirred strongly for 5 min and then sonicated for 5 min. After emulsion formation, the absorbance was measured at 500 nm at 0 (A_0) and 10 min (A_{10}), respectively. Emulsifying activity index (EAI) and emulsion stability index (ESI) were calculated by using the following equations:

$$EAI (m^2/g) = 2T A_0 \times \text{dilution factor}/c \times \Phi \times L \times 10\,000 \quad (1)$$

$$ESI (\text{min}) = A_0 / (A_0 - A_{10}) \times 10 (\text{min}) \quad (2)$$

where:

$T = 2.303$, dilution factor = 100, c – weight of protein per unit volume (g/mL), L – width of the optical path (0.01 m), and Φ – oil volumetric fraction (0.25).

2.4. Statistical Analysis

The differences were determined by using the General Linear Models procedure in SAS program. Significant differences among the means were identified with Fisher's least significant difference (LSD) test at $\alpha = 0.05$.

3. Results

Emulsifying activity index (EAI) and emulsifying stability index (ESI) of the protein/polysaccharide complexes are shown in Table 2. The highest emulsifying activity index (EAI) was observed for the PPI-modified starch complexes (364.4 m²/g) while the lowest EAI was observed in the untreated samples for all protein-polysaccharide complexes (from 116.0 to 124.0 m²/g - Table 2). Similarly, the highest emulsifying stability index (ESI) was observed for both the SPI-modified starch (47.0 min) and the PPI-modified starch (46.0 min) complexes while the lowest ESI was observed in untreated samples as 22.0 min for the PPI-MS complexes and 24.0 min for the SPI-MS complexes. It was found that the PPI-modified starch complexes had better emulsifying activity and stability indexes in comparison to SPI-modified starch complexes.

Mu et al. [7] found that emulsifying activity index of soy protein isolate (SPI)-gum arabic (GA) conjugates at neutral and acidic pH values was significantly increased compared to the protein alone samples. This might be mainly attributed to the difference between the solubility of the samples at those pH values. Similar results were found in other protein-polysaccharide conjugates [8, 9, 10, 11]. The solubility of protein is necessary for the film formation since the rapid migration and adsorption on the oil-water interface is critical.

Table 2. Emulsifying properties of protein-polysaccharide complexes (SPI/PPI-Modified starch)

Treatment	EAI (m ² /g)	ESI (min)
C-SPIMS	116.0 ± 2 ^c	24.0 ^b
C-PPIMS	124.0 ± 2 ^c	22.0 ^b
M-SPIMS	328.4 ± 1 ^b	47.0 ^a
M-PPIMS	364.4 ± 1 ^a	46.0 ^a

a-c Means within treatments with the same letter in each sample are not significantly different ($p < 0.05$) (Three replications).

4. Conclusion

In conclusion, the complexes developed with PPI showed better emulsifying (e.g., emulsion stability and emulsion activity indexes) properties compared to the complexes developed with SPI. The study indicates that the PPI can function as a stable wall material to



form stable protein-polysaccharide complexes with a modified starch.

5. References

- [1] Phillips GO, Williams PA 2001. Introduction to food proteins. In: Phillips GO, Williams PA, editors. Handbook of food proteins, Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. 1–12.
- [2] Ray AK, Bird PB, Iacobucci AI, Clark BCJR 1995. Functionality of gum Arabic. Fractionation, characterization and evaluation of gum fractions in citrus oil emulsions and model beverages. *Food Hydrocolloids*, 9: 123–131.
- [3] McNamee BF, O’Riordan ED, O’Sullivan M 1998. Emulsification and microencapsulation properties of gum Arabic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4551–4555.
- [4] Garti N 1999. Hydrocolloids as emulsifying agents for oil-in-water emulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 20: 327–355.
- [5] Yildiz G, Andrade J, Engeseth NJ, Feng H, 2017. Functionalizing soy protein nano-aggregates with pH-shifting and manothermo-sonication. *Journal of Colloid and Interface Science*, 505: 836-846.
- [6] Pearce KN, Kinsella JE 1979. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 26: 716–723.
- [7] Mu LX, Zhao MM, Yang B, Zhao HF, Cui C, Zhao QZ 2010. Effect of ultrasonic treatment on the graft reaction between soy protein isolate and gum acacia and on the physicochemical properties of conjugates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7): 4494–4499.
- [8] Dickinson E, Galazka VB 1991. Emulsion stabilization by ionic and covalent complexes of β -lactoglobulin with polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 5: 281-296.
- [9] Kato A, Minaki K, Kobayashi K 1993. Improvement of emulsifying properties of egg white proteins by the attachment of polysaccharide through Maillard reaction in dry state. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 540-543.
- [10] Diftis NG, Kiosseoglou VB 2003. Improvement of emulsifying properties of soybean protein isolate by conjugation with carboxymethyl cellulose. *Food Chemistry*, 81: 1–6.
- [11] Yildiz G, Ding J, Andrade J, Engeseth NJ, Feng H 2018. Effect of plant protein-polysaccharide complexes produced by manothermo-sonication and pH-shifting on the structure and stability of oil-in-water emulsions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47: 317-325.



PROSOPIS FARCTA (BANKS & SOL.) J.F.MACBR. BİTKİSİNİN YAPRAK VE MEYVE EKSTRAKTLARININ *PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT.) DE BARY'E KARŞI ANTİFUNGAL AKTİVİTESİ

Hacer Akın^{1*}, Abdurrahman Onaran²

^{1,2}Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tokat, Türkiye

h.akın94@outlook.com, abdonaran@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Phytophthora infestans bitki patojeni, solanaceae familyasına ait bitkilerde (domates, patates, biber ve patlıcan) geç yanıklık hastalığına neden olan önemli bir hastalık etmenidir. Bu çalışmada, Prosopis farcta bitkisinden elde edilen yaprak ve meyve etanol ekstraktlarının Phytophthora infestans patojenine karşı etkinlik çalışmaları yürütülmüştür. Ekstraktların 0.1, 0.2, 0.5, 1 ve 2 mg/ml dozlarının agar petri yöntemi kullanılarak patojene karşı denemeleri yürütülmüştür. Kullanılan en yüksek 2 mg/ml dozunda yaprak ekstraktında %89, meyve ekstraktında ise %81 oranında miselyum gelişim engellemesi görülmüştür. Test edilen patojen karşı ekstraktların lethal doz (LD₅₀₋₉₀) değerleri belirlenmiştir. Buna göre, Prosopis farcta bitkisinin yaprak ve meyve ekstraktlarında sırasıyla LD₅₀ dozları 0.68 ve 0.79 mg/ml olarak hesaplanmıştır. Ekstraktların etkinlik çalışmaları sonucunda, test edilen patojene karşı antifungal aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, patojenin mücadelesinde yeni aktif maddelerin belirlenmesine yönelik araştırmalara yol göstereceği kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki ekstraktı, Prosopis farcta, Phytophthora infestans

1. Giriş

Fabaceae familyasına bağlı çok yıllık bir yabancı ot türü olan çeti bitkisi [*Prosopis farcta* (Banks & Sol.) J.F.Mac.], Türkiye'nin güney bölgesinde yaygın olarak bulunmakta ve geniş alanları kaplamaktadır [1]. Bitkinin gövde ve dalları çok sert dikenlerle kaplıdır. Kök sistemi çok iyi gelişmiş olan bu bitkinin kök rizomları toprakta 15- 20 m derinliğe kadar gelişebilmektedir. Her salkımda koyu kahverengi 1-2 adet meyvesi bulunmaktadır[2].

Prosopis farcta bitkisi zeytin ve meyve bahçeleri, tarım alanları, mera, tarla ve yol kenarları, havaalanları, demiryolları ve boş alanlarda yoğun şekilde yetişen bitki türü, kuru topraklar ve sığ yeraltı suyu, yarı kurak koşullarda tuzlu topraklarda gelişim göstermektedir[3]. Bitki flavonoid içermekte olup antioksidant özelliği göstermektedir[4]. Yine bu bitki Apigenin, Myricetin, Vitexin, Luteolin, Isovitexin, Quercetin ve Luteolin. gibi fenolik bileşikler ihtiva etmektedir[5].

Solanaceae familyasına ait bitki türlerinde (domates, patates vb.) yoğun şekilde hastalık oluşturan *Phytophthora infestans* bitki patojeni, bu bitki türlerinde enfeksiyona neden olmakta ve bitkilerin tamamen ölmesine neden olmaktadır [6].

Bu çalışma, *Prosopis farcta* bitkisinden elde edilen yaprak ve etanol ekstraktlarının tarım alanlarında önemli verim kayıplarına neden olan *Phytophthora infestans* bitki patojeni üzerine antifungal etkinliği araştırılması amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki materyali

Bu çalışmada kullanılan bitki türü ve toplanılan bitki kısımları Tablo 1'de gösterilmiştir. 2018 yılının gelişme dönemlerine göre, Adana İl'inden toplanmıştır. Toplanan bitkilerin kısımları steril saf suyla yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede kurutulmuştur. Daha sonra her bir bitki kısmı ayrı ayrı öğütücüden geçirilerek küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan bitkiler

Bilimsel İsmi	Familyası	Kullanılan Kısım	Toplandığı Yer
<i>Prosopis farcta</i>	<i>Fabaceae</i>	Yaprak, meyve	Adana

2.2. Fungus kültürleri

Çalışmada kullanılan bitki patojeni fungus *Phytophthora infestans* Lib. De Bary. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarlarında bulunan stok kültürlerden elde edilmiştir. Fungus kültürü, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 23±2 °C'de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

2.3. Bitki ekstraktının hazırlanması

Öğütülmüş bitki materyallerinin her birinden 100'er gr tartılarak 1L cam kaplara konulmuştur. Konulan bitki örneklerin üzerini kapatacak kadar etanol organik çözücüsü (gr/mL) ilave edilmiştir. Her bitki kısmı için aynı işlem yapılmıştır. Etanol ilave edilmiş örnekler 72 saat oda sıcaklığında (23±2 °C) orbital çalkalayıcıda 120 rpm de karıştırılmıştır. Daha sonra ekstraktlar kaba filtre



kâğıdından geçirilerek, organik çözücünün oda sıcaklığın da uzaklaştırılması sağlanmıştır. Elde edilen kuru ekstraktlar %10 aseton ile çözülmüştür [7].

2.4. *In vitro* Antifungal Aktivitesi

Hazırlanan PDA'lar otoklav edilerek 40 °C'ye kadar soğutulmuştur. Elde edilmiş olan farklı bitki ekstraktlarının dozları eritilmiş olan steril PDA ile karıştırılmıştır. Daha sonra, PDA 60 mm çaplı petri kaplarına (~10 mL/petri) aktarılmıştır. PDA içindeki ekstraktların son konsantrasyonları 0.1, 0.2, 0.5, 1 ve 2 µg/ml olarak ayarlanmıştır. Daha sonra bu petri kaplarına 7 günlük fungus kültürlerinden alınan miselyum diskler (5mm ölçüsünde) aktarılmıştır. Fungus kültürleri inokulasyondan sonra 23±2 °C'de 7 gün boyunca inkubasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kayıt edilmiş ve negatif kontroldeki gelişmeler petri kapının yüzeyini kaplayınca denemeye son verilmiştir. Bu süre sonunda petri kaplarındaki miselyum gelişmeleri dijital kumpas ile ölçülmüştür. Gelişimdeki engelleme kontroldeki gelişime kıyaslanarak yüzde miselyum gelişmesi hesaplanmıştır [8]. Pozitif kontrol olarak standart bir fungusit olan thiram %80 ticari firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak %10 aseton kullanılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

$$MGE=100 \times (dc-dt)/dc$$

MGE; Yüzde miselyum engellemesi

dc; Kontroldeki miselyum gelişmesi

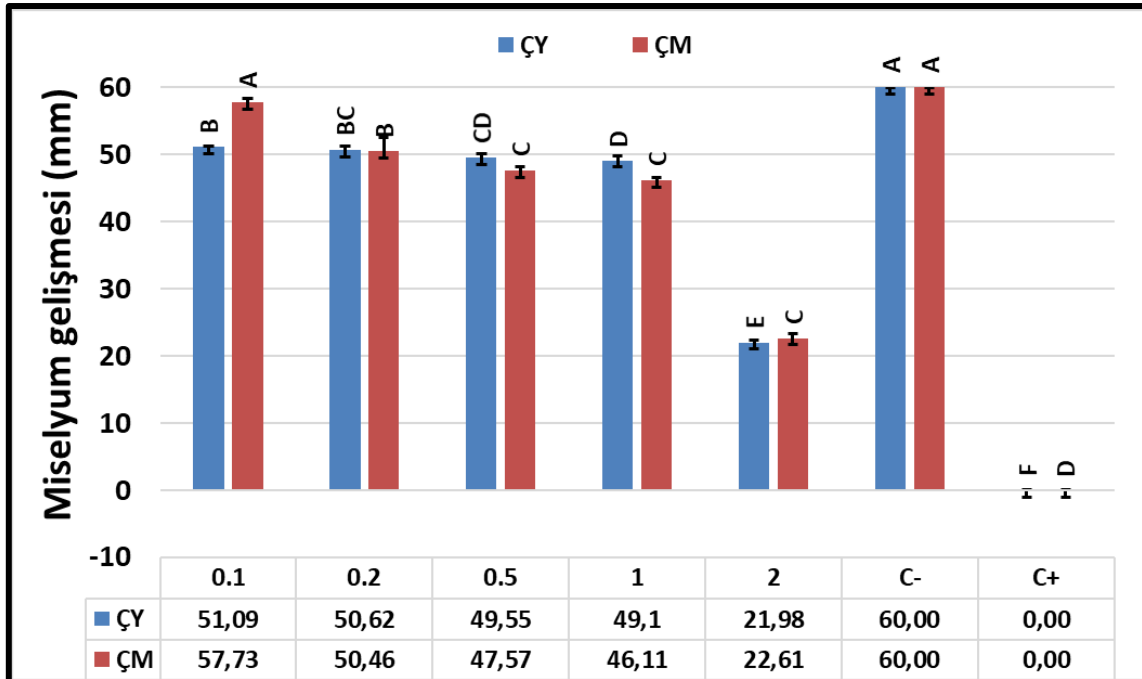
dt; Davranışlardaki miselyum gelişmesi

2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS 16.00 istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile belirlenmiştir. Ayrıca, bitki ekstraktlarının lethal dozları Polo plus 1.0 programı kullanılarak belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bitkilerin, içeriğindeki zengin antifungal maddeler sayesinde biyopestisit olarak kullanılması insan uygarlığının başlangıcına kadar dayanmaktadır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, bitki ekstraktlarının test organizmalarına karşı göstermiş oldukları antifungal aktivite değerleri Şekil 1-2 ve Tablo 2'de verilmiştir. Kullanılan her bitki ekstraktı için, doz artımına bağlı olarak antifungal aktivite değerleri artmıştır. Aynı bitkinin, kullanılan farklı kısımlarında farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Bu farklılık bitki kısımlarındaki bileşenlerin farklılıkları ve miktarlarından ileri gelmektedir. Bütün bitki ekstraktlarının, patojene karşı göstermiş olduğu sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

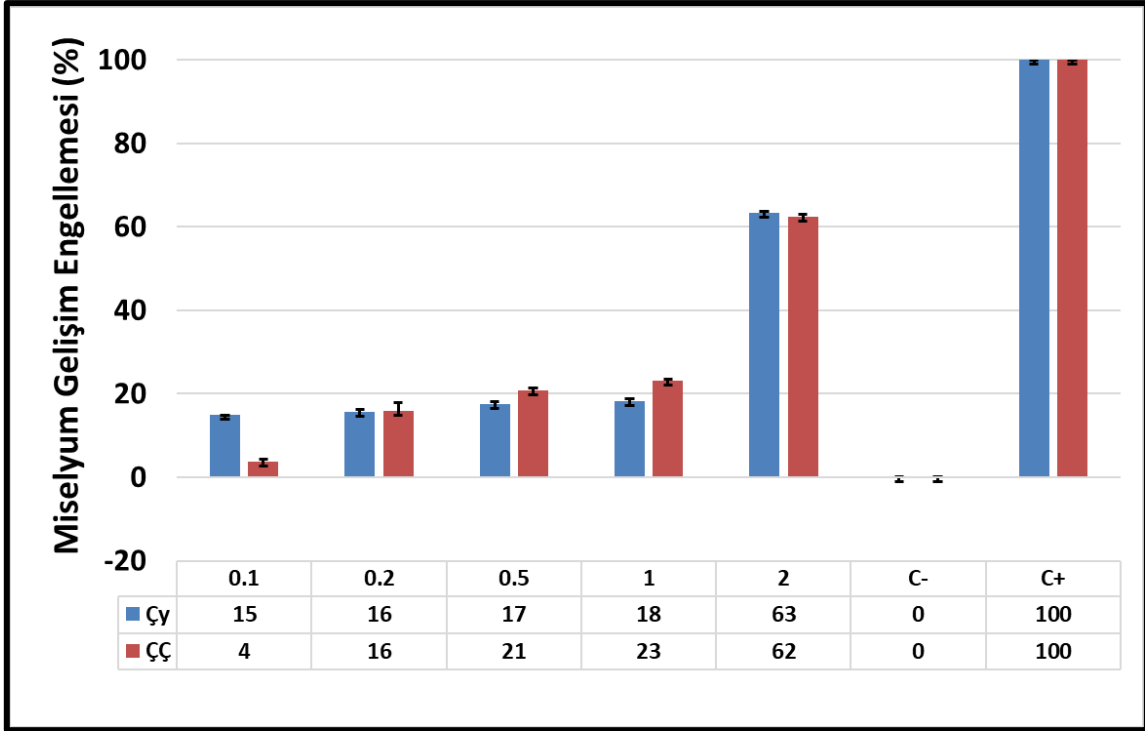


Şekil 1: *Phytophthora infestans*'a karşı kullanılan bitki ekstraktlarının dozlara göre miselyum gelişmesi (ÇY:Çeti yaprak, ÇM:Çeti meyve)

Bu elde edilen bulgulara göre, çeti yaprak ve meyve ekstraktında 2 mg/ml dozlarında sırasıyla 21,98 mm ile 22,61 mm miselyum gelişmeleri gözlenmiştir. Çeti yaprak ve meyve ekstraktlarının kullanılan bütün dozlarına göre *Phytophthora infestans*'ın miselyum



gelişmeleri ÇY'de 51,09 ile 21,98 mm arasında gözlenirken, ÇM'de bu oranlar 57,73 ile 22,61 mm arasında gözlenmiştir. Bu bilgiler ışığında yaprak ekstraktının meyve ekstraktına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 3: Bitki ekstraktlarının test organizmasına karşı yüzde miselyum engellemeleri (ÇY:Çeti yaprak, ÇM:Çeti meyve).

Şekil 2'de görüldüğü gibi *Phytophthora infestans*, patojenine karşı, kullanılan en yüksek dozda (2 mg/ml) çeti yaprak ekstraktlarının % 15 ile %63 arasında olduğu, meyve ekstraktının ise %4 ile %62 arasında miselyum gelişim engellemesi sergilediği belirlenmiştir. Bu etkiler kullanılan doz miktarına bağlı olarak artış göstermiştir. Doz miktarı artıktır, artmıştır.

Tablo 2: *Phytophthora infestans*'a karşı *Prosopis farcta* ekstraktının lethal doz değerleri (mg/ml)

Bitki Kısımları	LD Değerleri	Test mikroorganizması (mg/ml)
		<i>Phytophthora infestans</i>
Yaprak	LD ₅₀	0.681
	LD ₉₀	2.426
	Slope	2.323±0.133
	Heterojenite	0.94
Meyve	LD ₅₀	0.789
	LD ₉₀	3.911
	Slope	1.843±0.118
	Heterojenite	1.22

Doz-etki denemelerine göre; *Prosopis farcta* (Çeti) yaprak ve meyve ekstraktlarının *Phytophthora infestans* bitki patojenine karşı LD₅₀ değerleri sırasıyla 0.681 ve 0.789 olarak, LD₉₀ değerleri ise 2.426 ve 3.911 olarak bulunmuştur (Tablo 2).



Daha önce yapılmış araştırmalarda *Prosopis farcta* üzerine bitkinin biyolojik aktivitesi (antifungal ve antibakteriyel) ortaya konulmuştur. *Prosopis farcta* ekstraktının biyolojik aktivitesinin ortaya konulduğu bir çalışmada *Rhizopus stolonifer* patojeni üzerine antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir[9]. Yine benzer bir çalışmada, *Prosopis farcta* bitki ekstraktlarının *S. aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Erwinia carotovora*, *Shigella sp.*, *Erwinia sp.*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris* ve *Staphylococcus epidermis* üzerine antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları tespit edilmiştir[10]. *P. farcta* meyve ekstraktlarının gümüş nanopartiküllü biomedikal uygulamalarında antibakteriyel AgNPs ve antioksidant olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir [11].

4. Sonuç

Prosopis farcta bitki ekstraktlarının bitki patojenlerine karşı göstermiş oldukları antifungal aktivite değerleri bitki kısmı ve doza göre farklılık göstermiştir. Kullanılan pestisitlerin dayanıklılık probleminin ortaya çıktığı günümüzde patojenlerin mücadelesinde alternatif olabileceği düşünülen bitkisel kökenli bileşiklerle yapılan çalışmalar önem arz etmektedir. Bu çalışmada kullanılan dozlar arttırıldığı zaman daha yüksek antifungal etkilerin ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Etkinliği belirlenen bitki ekstraktlarında etken maddelerin çalışmaları yapıлып, açığa çıkarılması en önemli hususu oluşturmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] Adam, A.E.T., Uygur, S., Uygur, F.N., 2016. Adana İlinde Sorun Olan Çeti [*Prosopis farcta* (Banks & Sol.) J.F.Mac.]'nin Meyveleri Üzerinde Bulunan Herbivor Böcekler ve Bunların Çeti Meyvelerine Olan Etkileri. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi, sayfa: 64, 5-8 Eylül 2016 Konya, Türkiye.
- [2] Pasiecznik N.M., Harris P.J.C., Smith S.J. 2004. Identifying tropical *Prosopis* specie safield guide. HDRA Publishing. Typographic design by Steve Hammett Printed by Emmerson Press, Farmer Ward Road, Kenilworth, UK. 30 p.
- [3] Şin, B., Kadioğlu İ., Altuntaş G., Kekeç M. ve Kazankıran T., 2018. Çeti [*Prosopis farcta* (Banks& Sol.) J.F.Mac.] Bitkisinin Tohum Çimlenme Biyolojisinin Araştırılması. Turk J Weed Sci, 21(1):53-60.
- [4] Aydın, İ., 2015. Antioxidant Capacity and Flavonoid Diversity of *Prosopis farcta*. İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, M.Sc. Thesis, İstanbul.
- [5] Karimi, E., Aidi, A., Abbasi, N., 2017. Quantitative HPLC Analysis of Phenolic Compounds in *Prosopis farcta* from Two Different Ecological Zones of Iran. Chemical Technology: An Indian Journal, 10(2):1-9.
- [6] Oyarzun, P. J., Pozo, A., Ordoñez, M. E., Doucett, K., Forbes, G. A. 1998. Host specificity of *Phytophthora infestans* on tomato and potato in Ecuador. Phytopathology, 88(3), 265-271.
- [7] Pandey, D. K., Tripathi, N. N., Tripathi, R. D. and Dixit, S. N. 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*. Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz 89:344–349.
- [8] Onaran, A., Yılar, M., 2012. Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.10 (3&4):287-291.
- [9] Azab, A., 2018. Antifungal And Anti-Termite Activities, Total Phenolic Content Of *Prosopis Farcta* Extracts; Attempts To Develop Weed Biocontrol Method Against It. Eur. Chem. Bull., 7(10), 293-302.
- [10] Saad, A.M., Ghareeb, M.A., Abdel-Aziz, M.S., Madkour, H.M.F., Khalaf, O.M., El-Ziaty, A.K., Abdel-Mogib, M., 2017. Chemical constituents and biological activities of different solvent extracts of *Prosopis farcta* growing in Egypt. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy, Vol. 9(5), pp. 67-76.
- [11] Salari, S., Bahabadi, S.E., Samzadeh-Kermani, A., Yosefzaei, F., 2019. n-vitro Evaluation of Antioxidant and Antibacterial Potential of GreenSynthesized Silver Nanoparticles Using *Prosopis farcta* Fruit Extract. Iran J Pharm Res. 2019 Winter; 18(1): 430–455.



BOR ATIKLARININ İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIM POTANSİYELİNİN İNCELENMESİ

Arzu Çağlar¹, Hakan Çağlar^{2*}

1Kastamonu Üniversitesi, Abana Sabahat Mesut Yılmaz Meslek Yüksekokulu, Yapı Denetimi Bölümü

arzuylmaz@kastamonu.edu.tr

*2*Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*

hcaglar@kastamonu.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Endüstrinin ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte endüstriyel atıklarında oluşumu gün geçtikçe artış göstermektedir. Bu artış çevreye ve insan sağlığına olumsuz yönde etki etmektedir. Bu etkilerin azalması/yok olması ancak atıkların azaltılmasıyla mümkün olmaktadır. Atıkların inşaat sektörü gibi her geçen gün gelişen bir alanda kullanılması atıkların değerlendirilmesi konusunda önemli katkılar sağlayacaktır. Son zamanlarda endüstriyel atıkların bertaraf edilmesi üzerine çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada; kıymetli endüstriyel atık olan bor atığının inşaat sektöründe kullanım potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bor atığının değerlendirme yöntemler ve inşaat sektöründe kullanım alanları ele alınmıştır. Çalışma kapsamında Dünya’da yapılan ve literatüre geçmiş çalışmalar incelenmiştir. Çalışma sonucunda; bor atıklarının en iyi değerlendirme yönteminin atık içerisinde bulunan borun tekrar geri kazanılması olduğu görülmüştür. Bor atıklarının yer ve duvar kerosu, çimento ve tuğla üretiminde hammadde veya katkı maddesi olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Bor gibi kıymetli atıkların farklı sektörlerde değerlendirilmesiyle hem çevreye hem de ülke ekonomisine katkı sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bor, Bor Atığı, İnşaat Sektörü, Atık Kullanımı*

1. Giriş

Günümüzde endüstriyel yönden büyük gelişmeler kaydedilmektedir. Ülkeler endüstriyel yönden hızlı gelişim göstermektedir. Yaşanan bu büyük ilerleme insanlık yönünde olağanüstü bir değere sahiptir. Endüstriyel gelişimin sağladığı faydaların yanı sıra birtakım zararları da bulunmaktadır. Bu zararların başında insanlık ve çevre için olumsuz getirilere neden olan atık maddeler bulunmaktadır [1].

Endüstriyel gelişime paralel olarak meydana gelen endüstriyel atıkların azaltılması, mevcut atıkların potansiyel ham madde kaynağı olarak değerlendirilmesi, kullanılmış ham maddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır [2]. Doğal kaynakların daha az tüketilmesi, çevre kirliliğinin daha aza indirgenmesi ve enerji maliyetlerinin azaltılması amacıyla endüstriyel atık kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çeken bir konu olmaktadır [3].

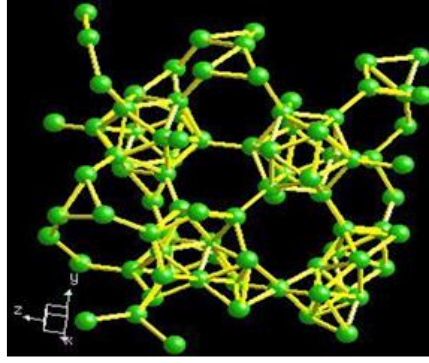
Günümüzde bora olan talebin artması sonucu hem ülkemizde hem de dünyada işlenen bor miktarı da artmıştır [4]. Bu üretim artışının sonucunda, tesislerde işlenen borun toz ve kırıntı atıkları, tesislerin atık sahalarına depolanmaktadır. Bor minerallerinin yan kayacının çoğunlukla kil mineralleri içermesi, bu atıkların seramik gibi birçok sanayinde değerlendirilebileceğini akla getirmektedir. Atık borların seramik sanayinde frit, sir ve masse yapımında da kullanılabilir [5]. Atık borların inşaat sektöründe çimento ve betona katkı malzemesi, yol, baraj ve köprü yapımında da dolgu malzemesi olarak değerlendirilebileceği belirtilmektedir [6]. Bu atıkların çok az bir bölümü değerlendirilmektedir. Atıkların büyük bir bölümü verimli arazilere, nehirlere, göllere, denizlere boşaltılmaktadır ve bu atıklar hem çevre kirliliği oluşturmakta hem de verimli arazileri verimsiz hale getirmektedir [7].

Bu çalışmada; kıymetli endüstriyel atık olan bor atığının inşaat sektöründe kullanım potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bor atığının değerlendirme yöntemler ve inşaat sektöründe kullanım alanları ele alınmıştır. Çalışma kapsamında Dünya’da yapılan ve literatüre geçmiş çalışmalar incelenmiştir.

2. Bor ve Bor atığı

Bor; Arapça da Buraq/Baurach ve Farsça da Burah kelimelerinden gelen periyodik tabloda III A grubunda yer alan, B simgesi ile gösterilen, ametal tek elementtir [8]. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir [9]. Ekonomik anlamda bor mineralleri kalsiyum, magnezyum ve sodyum elementleri ile hidrat bileşikler halinde bulunmaktadır. Şekil 1’de bor elementinin kristal yapısı, Tablo 1’de ise fiziksel özellikleri verilmiştir.





Şekil 10: Bor elementinin kristal yapısı

Tablo 1. Bor'un fiziksel özellikleri [10]

Özellik	Değeri
Atom Ağırlığı	10.801+0.003
Erime Noktası	2190+20 °C
Kaynama Noktası	3660 °C
Isıl Genleşme Katsayısı (25-105 °C arası, 1 °C için)	5x10 ⁻⁶ -7x10 ⁻⁶
Knoop Sertliği	2100-2580 HK
Mohs Sertliği (Elmas-15)	11
Vickers Sertliği	5000 HV

2.1. Bor mineralleri ve bileşikleri

Doğada serbest halde bulunmayan bor elementi 250'den fazla mineral yapısında bulunmasına rağmen bunların çok azı ticari öneme sahiptirler [11, 12]. Ekonomik değere sahip bor bileşikleri, tinkal, kernit, kolemanit, pandemit, üleksit, probertit ve hidroborasit'tir.

2.1.1. Tinkal (Boraks)

Boraks, tabiatta genellikle, renksiz ve saydam olan, Şekil 2'de görülen, içerdiği bazı maddelerden dolayı, beyaz, mavimsi, grimsi ve yeşilimsi renklere bulunan bileşiklerdir [13, 14, 9]. Eskişehir Kırka Bölgesi'nde çıkarılan tinkalin, özgül ağırlığı 1.7-1.8 gr/cm³ arasında değişmektedir [15]. Bünyesinde %36.5 oranında B₂O₃ bulunur [16]. Tinkal bünyesindeki suyun kaybedilmesiyle oluşan tinkalkonit, üleksit ile birlikte bulunur [17, 18].



Şekil 2. Tinkal minerali [19]



2.1.2. Kernit

Monoklinik kafes yapıda genellikle saf, saydam beyaz ve renksizdir (Şekil 3) [24]. Kernit minerali, Bor rezervinin yaklaşık %33 oranında sahiptir [20]. Türkiye’de Kırka’da bulunan Sodyum-Borat yığınlarının dip bölgelerinde rastlanırlar. Dünya’da ise Arjantin (Tincalayu) ve ABD’de bulunur [19].



Şekil 3. Kernit cevherinin görüntüsü [21]

2.1.3. Kolemanit

Bor bileşikleri arasında en yaygını olan Kolemanit, kil içerisinde bulunan cevher oyuklarında iri, renksiz, saydam ve parlak kristaller halinde bulunur (Şekil 4) [14]. Yapısında %50.8 oranında B_2O_3 bulunmaktadır. Türkiye’de Emet, Bigadiç, Kırka, Sultançayır ve Kestelek yataklarında yaygın olarak oluşurken, dünyada ise ABD’de bulunmaktadır [19].



Şekil 4. Kolemanit cevherinin görüntüsü [21]

2.1.4. Pandermit

Sıcak su kaynaklarının neden olduğu çökeltilerden oluşan, beyaz renkte ve külçe şeklinde olan [16], kireçtaşına benzeyen, kolemanit ve kalsite dönüşen bir mineraldir (Şekil 5) [13]. Pandermit, %49.8 oranında B_2O_3 içermektedir [22, 15]. Ülkemizde Balıkesir yöresinde bulunan Bigadiç-Sultançayır ve Eskişehir yöresinde bulunan Kırka-Borat yataklarından çıkarılmaktadır [23].



Şekil 5. Pandermit cevherinin görüntüsü [21]

2.1.5. Üleksit

Bor yatağının yüzey ya da yüzeye yakın kısımlarında, playa tipi göllerde, bataklıklarda bulunmaktadır [21]. Yekpare, karnabahar formunda, yumuşak, sütun ve lifsi kristal birikintileri şeklindedir (Şekil 6) [24]. Bünyelerinde yaklaşık %43 oranında B_2O_3 içeriği bulunmaktadır [19, 25]. Ülkemizde Bigadiç, Kırka ve Emet yöre bor cevheri yataklarından çıkarılırlar [16].





Şekil 6. Üleksit cevherinin görüntüsü [23]

2.1.6. Probertit

Doğada, kirli beyaz ve açık sarı renklerde görülüp, ışınal ve lifsi kristal formlara sahip ve yaklaşık %49.6 oranında B_2O_3 içeren bor mineralidir (Şekil 7) [25]. Türkiye’de Kütahya Emet’te birincil, Bursa Kestelek’te ise ikincil mineral olarak çıkarılmaktadır [15]. Kütahya Emet Doğanlar-İğdeköy mevkiinde bulunan cevher yataklarında kalın tabakalar halinde bulunmaktadır [16, 23].



Şekil 7. Probertit cevherinin görüntüsü [21]

2.1.7. Hidroborasit

İğne şeklinde kristallerin birbirini kesen rastgele yönlendirilmiş kümeler halinde bulunan hidroborasit, yaklaşık %50.5 oranında B_2O_3 içeriğine sahip lifsi bir dokudadır (Şekil 8) [23,18]. Hidroborasit Türkiye’de en çok Kütahya-Emet bor yatağında ve Bursa-Kestelek’te çıkarılmaktadır [13, 14].



Şekil 8. Hidroborasit cevherinin görüntüsü [21]

2.2. Bor Ürünleri Kullanım Alanları

Bor elementinin %90’nı bor ürünlerini elde etmek için kullanılırken, geriye kalan kısmı ise direkt mineral olarak tüketilmektedir. Sanayinin tuzu olarak ifade edilen bor minerali eklendiği malzemenin katma değerini arttırmaktadır [10].

Bor elementi;

- *Cam sanayinde*; borosilikat cam, tekstil ve izolasyon tipi cam elyaflarında, cam yününde, tekstil tipi ve izolasyon tipi cam elyaflarında, laboratuvar malzemelerinde, arabaların far ve sinyal camlarında, LCD (Liquid Crystal Display) ekranlar ve CRT cam ürünlerinde yapımında kullanılmaktadır [9].
- *Seramik sanayinde*; seramik sırtı ve emaye yapımında kullanılmaktadır [26]. Cam oluşturucu etkileri nedeniyle kaplama amaçlı kullanılan emayeler metal kaplamalarında, sırlar ise seramik ürünlerde kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır [26, 27].
- *Alev geciktirici olarak*; borun, ergime sıcaklığının yüksek olması onun yangına karşı dayanıklılığını arttırmakta, bu özelliğinden dolayı da alev geciktirici olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [14].



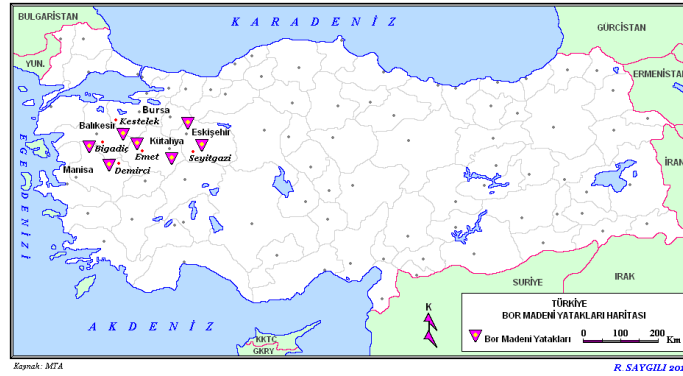
- *Tarım sanayinde*; bitkilerin gelişimini arttırmak veya istenmeyen bitkilerin gelişimini önlemek amacıyla kullanılmaktadır [14].
- *Metalurji sanayinde*; yüksek sıcaklıklarda düzgün, koruyucu ve yapışkan sıvı oluşturma özelliklerinden dolayı metal sanayinde koruyucu cüruf oluşturu ve ergitmeyi hızlandırıcı katkı olarak kullanılmaktadır [28].
- *Sağlık Sektöründe*; kalsiyum, fosfor, D vitamini ve kemik metabolizmasında düzenleyici olarak yer almasının [29] yanısıra osteoporoz, kalp rahatsızlıkları ve diyabeti de etkilemektedir [31]. Ayrıca bor vücutta bulunan sağlıklı hücrelere etki etmeden kanserli hücreleri tedavi ederek iyileştire Bor Nötron Yakalama Tedavisi (BNCT)'nde kullanılmaktadır. Bu yöntem kanser tedavisine özellikle de beyin kanseri tedavisine yeni bir boyut kazandırmıştır [9, 17].
- *İnşaat sektöründe*; bor ve bor atıkları, çimento, beton ve tuğla üretiminde etkin bir biçimde kullanılmaktadır.

2.3. Dünya'da ve Türkiye'de Bor Rezervleri

Dünyada önem arz eden bor yataklarının büyük bir kısmı Asya kıtasında bulunmaktadır [30]. Bor üreten ülkelerin başında Türkiye ve ABD gelmektedir [31]. Bu ülkeler üretilen bor minerallerinin yaklaşık %90'nına sahiptirler [24, 26]. Rusya, Çin ve Kazakistan bor üretimi yapan diğer önemli ülkeler arasındadır [32].

Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (Türkiye) ve Rio Tinto (ABD), dünyadaki bor üretiminin ortalama %70'ini elinde bulunduran kuruluşlardır [9, 26]. Tablo 2'de 2014 verilerine göre dünya bor rezervlerinin ülkeler bazında dağılımı gösterilmiştir [9].

Türkiye'de bor yatakları Bursa'nın Kestelek ilçesi, Eskişehir'in Kırka ilçesi, Balıkesir'in Bigadiç ilçesi ve Kütahya'nın Emet ilçesinde yer almaktadır (Şekil 9) [14]. Kırka/Eskişehir'de tinkal yatakları, Emet/Kütahya ve Bigadiç/Balıkesir bölgesinde kolemanit yatakları Bigadiç/Balıkesir'de ise üleksit rezervi bulunmaktadır. Ayrıca Kestelek/Bursa'da üleksit yan ürün olarak üretilmektedir.



Şekil 9. Türkiye bor yatakları haritası

Tablo 2. Dünya borik asit rezervleri dağılımı [9]

Ülke	Toplam Rezerv (Bin ton B ₂ O ₃)	Toplam Rezerv (% B ₂ O ₃)
Türkiye	953,300	72.8
Rusya	100,000	7.6
A.B.D	80,000	6.1
Çin	47,000	3.6
Şili	41,000	3.1
Sırbistan	24,000	1.8
Peru	22,000	1.7
Bolivya	19,000	1.5
Kazakistan	15,000	1.1
Arjantin	9,000	0.7
Toplam	1,310,300	100.0

2.4. Bor Atıklarının Değerlendirilmesi

Bor işlenmesi sonrasında açığa çıkan bor atıkları, atıklardan borun geri kazanılması, atıkların uygun sektörlerde kullanılması ve atıkların depolanması şeklinde değerlendirilmektedir (Şekil 10).





Şekil 10. Bor atıklarının kıymetli içeriklerinin kazanılmasına yönelik şema

A. Atıklardan Borun Tekrar Kazanılması

Bor atıklarına suda bekletme, gravite yöntemleri, mekanik dağıtma, sınıflandırma, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, flotasyon, ısıtma işlemi, briketleme ve ses ötesi dalga gibi yöntemler uygulanarak zenginleştirme esnasında atık içerisinde kalan bor minerali geri kazanılmaktadır [33, 34].

B. Atıkların Uygun Sektörde Kullanılması

Bor mineralinin işlenmesi sonucu açığa çıkan bor atıkları sektörel bazda incelendiğinde %40 lık oranla ilk sırada seramik endüstrisinin olduğu görülmektedir. Seramik endüstrisini %30 oranla tuğla, %24 oranla çimento sektörü izlemektedir.

C. Atıkların Depolanması

Bor işleme tesislerinde zenginleştirme işleminden sonra açığa çıkan ince bor atıkları öncelikle uygun zenginleştirme yöntemi uygulanarak bor geri kazanılmalıdır. Geriye kalan atıklarsa endüstri dallarında kullanılacağı göz önünde bulundurularak işletme bünyesinde bulunan atık barajında depolanmalıdır [16, 35].

3. Bor Atıklarının İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli

3.1. Beton malzemesi üzerine yapılan akademik çalışmalar

Aydın (2009) kolemanit atığının endüstriye kazandırılması amacıyla öğütülmüş kolemanit atığı katkılı beton numuneleri üretmiştir. Çalışmasında beton içerisine kolemanit atığını %0, %3, %5, 10, %15 oranında çimentoya ikame etmiştir. Deney verileri değerlendirildiğinde; üretilen numunelerin 180 günlük basınç dayanımlarının, referans numuneden daha yüksek çıktığını belirtmiştir. Ayrıca 0.50 S/Ç oranına sahip numunelerin, 0.60 S/Ç oranına sahip numunelere göre çok daha yüksek basınç dayanıma sahip olduğu tespit etmiştir [36].

Akyıldız (2012) bor atığı ve zeolit gibi zengin yer altı kaynaklarına sahip olduğumuz minerallerin beton üretiminde değerlendirilmesi ve betonun dayanım ve dayanıklılığı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çimento, bor atığı, zeolit üzerinde kimyasal, fiziksel, mekanik, mineralojik analizler yapmıştır. Deneyler sonucunda 56 günlük basınç dayanımında %88 artış olduğunu, basınç ve yarma dayanımı sonuçları %3 bor atığı katkısının betonun dayanım özelliklerini iyileştirdiğini saptamıştır. Ayrıca %3 katkılı betonların su emme yüzdesinin referans numuneye yakın değerde olduğunu, özellikle bor atığı katkılı betonların uzun vadede dayanımının arttığı ve bor atığı katkısının puzolonik materyal olarak kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur [37].

3.2. Çimento malzemesi üzerine yapılan akademik çalışmalar

Sağlık ve ark. (2009) Borlu Aktif Belit (BAB) ve normal Portland çimentoları ile yapılan farklı dozajlardaki beton numunelerin su geçirgenliği ve klorür penetrasyonunu araştırmışlardır. BAB çimentosu ile üretilen betonların geçirgenliklerinin normal Portland çimentosu ile yapılan betonlara oranla çok daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Klorür penetrasyonlarının normal Portland çimentosu ile yapılan betona göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır [38].

Bideci (2013) kolemanitin çimento ile belirli oranlarda (%0, %7.5, %12.5, %17.5) karıştırılmasıyla elde edilen karışımı ponza yüzeyine kaplamıştır. Kullanılan agregalar üzerinde özgül ağırlık, gevşek birim ağırlık, su emme, agrega darbe katsayısı, agrega kırılma katsayısını bulma ve ince kesit analizi gibi deneyler yapmıştır. Beton numunelerine, kuru birim ağırlık, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, su emme, kılcal su emme, aşınma, ultrases geçiş hızı, basınç altında su işleme derinliği, hızlı klorür geçirimsizliği, sülfatlara dayanım gibi deneyler ve SEM analizleri yapmıştır. Sonuç olarak, pomza agregaların kaplanmasıyla agregada basınç dayanımının arttığını, su emmenin %50 oranında azaldığı ve bu agregalarla üretilen beton numunelerinde basınç dayanımlarının artarak



ultrases geçiş hızına, basınç altında su işleme derinliğine, sülfat dayanımına, hızlı klor geçirimsizliğine olumlu katkıda bulunduğu tespit etmiştir. Ayrıca %12.5 oranında kolemanitli çimentolarla kaplı agregalarla üretilen beton numunelerinin basınçlı su geçirimsizliği ile hızlı klorür geçirimsizliği azalırken; basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve sülfat dayanımının arttığı belirlenmiştir [39].

Çağlar (2016) PVA ve borik asit ile katkılanmış olan çimento hamurunun akışkanlık, sertleşme süresi, basınç ve eğilme dayanımlarını ölçmüştür. PVA ile borik asit eklenmesi 28 günlük basınç dayanımında yaklaşık %4 artış, 28 günlük eğilme dayanımında yaklaşık %45 azalma olduğunu tespit etmiştir. Daha sonra örnekleri taramalı elektron mikroskopisi (SEM) ve X-ışını girişim (XRD) deneylerine tabi tutmuş, sonuç olarak borik asit ve PVA miktarlarının iki kat artırıldığı örneklerin SEM mikrograflarında gözenekli yapının iyice azaldığı ve çok iyi ve daha kaliteli çimento hamuru oluştuğu gözlemlenmiştir [8].

Demirel ve Nasıroğlu (2017) bor madeni, mineralleri ve atıklarının çimentoda kullanım yöntemlerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında özellikle kolemanit, borik asit, boraks, tinkal, belit gibi bor mineralleri ve atıklarının çimentonun priz süresine, betonun basınç dayanımına ve yalıtım endüstrisine etkilerini vurgulamışlardır [40].

Yıldırım ve Derun (2018), çalışmada, iki tip bor atığı ve farklı miktarlarda CuO nano parçacıkları ile modifiye edilmiş harçların basınç ve eğilme dayanımı, ısı özellikleri ve gözenek yapısını incelemişlerdir. Bağlayıcı olarak %3 borojips veya boraks atığı ve %4'e kadar konsantrasyon nano-CuO kullanılmıştır. Priz süresi, 3, 7 ve 28 günlük basınç ve eğilme dayanımı, DTA / TG, XRD, BET, su emme ve optimal nano-CuO yüzdeleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, %2-2,5 aralığındaki nano-CuO ilavesinin mekanik özellikleri iyileştirebildiğini, su emme direncini artırdığını ve borojips içeren harçlar için priz süresini azalttığını gözlemlenmiştir. Optimum nano-CuO değişim oranı, boraks atık içeren harçlar için %0,5 ila %1 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca nano-CuO'nun hidrasyon reaksiyonlarını destekleyebildiğini, nano doldurucu görevi gördüğünü ve çekirdeklenme reaksiyonları için bir çekirdek sağladığını bildirmişlerdir [41].

Mutuk ve Mesci (2014) çalışmalarında, bor atıklarının (BW) ve pirinç kabuğu külünün (RHA) kullanımı incelemişlerdir. RHA ve BW ayrı ayrı ve birlikte farklı oranlarda çimento numunelerine eklemiş ve numunelerin 28 günlük basınç dayanımı belirlenmiştir. Sonuç olarak; %10'luk pirinç kabuğu külü katkı numunelerinin en yüksek sonucu verdiğini gözlemlenmiştir. Ayrıca bu atıkların her ikisinin de inşaat sektöründe belirlenen yüzdelerde kullanılabilirliğini tespit etmişlerdir [42].

Koumpouri ve Angelopoulos (2016) çalışmalarında, bor oksit ilavesinin düşük enerjili belit çimentolarının üretimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ağırlıkça %1,5 borik asit, ağırlıkça %1,0 bor atığı ve ağırlıkça %6,5 bor atığı ilavesi ile üç tip klinker hazırlanmıştır. Serbest kireç muhtevasına ve klinkerlerin mikro yapısının gelişimine göre ateşlemeyi sırasıyla %1,5 borik asit, %1 bor atığı ve %6,5 bor atığı için 1330 0C, 1350 0C ve 1310 0C sıcaklıklarında yapmışlardır. Bor ilavesinin, üst belit polimorflarının stabilizasyonunun yanı sıra, klinker sıcaklığının düşmesini desteklediğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, belit çimentolarının geç basınç dayanımı gelişimi esas olarak klinkerdeki belit içeriğinden ziyade kristal tipine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kontrollü miktarlarda bor oksit belit çimentosu üretiminde faydalı olabileceğini ifade etmişlerdir [43].

Kunt ve ark., (2016) çalışmalarında, kalsine edilmiş ve kalsine edilmemiş borojips ilavesinin klinkere eklenmesi ve bunun çimento harcı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Borojips ilavesinin çimento özelliklerini nasıl etkilediğini görmek için, %1 ve %7 arasında farklı borojips oranları kullanılmışlardır. Ayrıca taze çimento harcına priz süresi ve tutarlılık analizleri uygulanmış; 3, 7 ve 28 günlük numunelere basınç ve çekme dayanımını Türk Standardına göre araştırmışlardır. Sonuç olarak; 28 günlük harçların kimyasal yapılarının karakterizasyonu için %3 hem kalsine edilmiş hem de kalsine edilmemiş borojips için optimum sonuçların elde ettiklerini bildirmişlerdir [44].

Okucu, (2010) çalışmasında, Bigadiç (Balıkesir) Borat İşletmelerinde bor üretiminde atılan çamur, Soma (Balıkesir) termik santral atığı uçucu kül ve Antalya Eti Elektrometalurji A.Ş. baca tozu atığı silis dumanı (silikoferrokrom) katkılarının çimentonun dayanımına etkilerini araştırmıştır. Çalışmada CEM I 42.5 N çimentosuna %5, %10 ve %15 oranlarında atık çamur, fosfojips, uçucu kül ve silis dumanı katmış, 4×4×16 cm 'lik prizmatik harç numuneleri hazırlamıştır. Numuneleri 2., 28. ve 56. günde eğilme ve basınç dayanımı deneylerine tabi tutmuştur. Çalışma sonucunda, atıkların harçların erken dayanım değerlerini düşürdüğünü fakat zamanla dayanımlarını artırdığını tespit etmiştir. Ayrıca atıkların SiO₂'ce zengin ve ince taneli olması dayanımlarının artmasında etkili olduğunu bildirmiştir [45].

3.3. Seramik malzemesi üzerine yapılan akademik çalışmalar

Kurama ve ark. (2006) farklı katkı oranlarında Etibor Kırka boraksın susuzlaştırıcı atığını, yerel vitrifiye fabrikasından elde edilen kil ile birleştirerek zemin karosu üretmişlerdir. Ürettikleri numuneleri 1050, 1100, 1150 0C'lerde pişirmişlerdir. Numunelere kırılma dayanımı ve su emilimi deneyleri yapmışlardır. Ayrıca SEM ve XRD gibi yapısal karakterizasyon deneylerine de tabi tutmuşlardır. Tüm deney sonuçları ürettikleri numunelerin kullanılabilir olduğunu göstermiştir [46].

Christogerou ve ark. (2009) seramik üretiminde kullanılan kil malzemesine %0, %5 ve %15 oranında bor atığı ikame edip elde ettiği karışımı 800 0C, 850 0C, 900 0C, 950 0C sıcaklıklarda pişirmiştir. Ürettikleri numunelere uyguladıkları deneyler sonucunda, en uygun sonuçları %5 oranında bor atığının 900 0C pişirmesiyle elde etmişlerdir [27].

Mattenella ve ark., (2012) çalışmalarında, kalsine seramik üretimi için geleneksel kil yerine borat atıklarının (üleksitten üretilen atıklar) hammadde olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Ürettikleri numunelerin kalsinasyon sıcaklığını, mekanik özelliklerini ve bor ve diğer çözülebilir tuzların sudaki çözünürlüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, borat atıklarının fayans, rustik seramik, seramik gibi faydalı ürünler elde etmek için geçerli bir alternatif olduğunu bildirmişlerdir [47].



3.4. Tuğla malzemesi üzerine yapılan akademik çalışmalar

Şahin (2009) Afyonkarahisar bölgesi tuğla kiline, ağırlıkça %0 (kontrol serisi) %1 ve %2 borik asit katkısı yapılarak ekstrüzyon yöntemi ile tuğla numuneleri üretmiş, ürettiği numuneleri farklı sıcaklıklarda pişirmiştir. Numunelere fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmış, mikro yapılarındaki gelişmeler SEM ve XRD tekniği ile incelemiştir. Borik asit katkısının sinterlemeyi olumlu yönde etkilediği ve tuğlanın mekanik özelliklerini geliştirdiğini tespit etmiştir [48].

Çelik (2010) çalışmasında farklı boyutta ürettiği hafif tuğla numunelerini pişirme sıcaklığı, pres basıncı gibi parametreler belirleyerek fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini optimize etmiştir. Yaptığı çalışmaların sonucunda, Menderes perlitlerinden bor ve kil katkılı olarak üretilen tuğlaların, teknolojik özellikleri bakımından yapı sektöründe kullanılabilir olduğunu belirlemiştir [49].

Görhan (2012) killi tuğlaların vitrifikasyonunu arttırarak su emme oranını azaltmak amacıyla ağırlıkça %1 ve %2 oranlarında borik asit ve bor oksit katkısından oluşan karışımdan tuğla numunesi üretmiştir. Hazırladığı örnekleri 800, 900 ve 1000 °C'de pişirmiştir. Pişmiş tuğla örneklerini su emme, görünen porozite, birim hacim ağırlık, görünür yoğunluk, kızdırma kaybı ve basınç dayanım deneylerine tabi tutmuştur. Elde ettiği verilere göre, 1,000 °C'de pişirilen ve %1 bor oksit katkısı bulunan numunelerin basınç dayanım değerleri referans numunesine göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Yoğunluk ve basınç dayanımı açısından ideal pişirme sıcaklığının 900 °C olduğunu belirlemiştir [50].

Çimen, (2019) çalışmasında, perlit ve bor atığının tuğla yapı malzemesi özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapmış olduğu deneysel çalışmada, tuğla bünyesine %5 perlit malzemesini sabit tutmuş, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında bor atığı ikame ederek tuğla numuneleri üretmiştir. Ürettiği numuneleri 900 °C'de pişirmiş ve tuğla numunelerine fiziksel ve mekanik deneyler uygulamıştır. Sonuç olarak; perlit ve bor atığı katkısının uygun oranlarda tuğla üretiminde kullanılmasında herhangi bir sakınca olmadığını ifade etmiştir [51].

Çağlar, (2018) çalışmasında, bor atıkların harman tuğlası sektöründe kullanılarak çevreye vereceği zararların minimize edilmesi ve bor atığı katkısı ile harman tuğlası özelliklerinin iyileştirilmesini araştırmıştır. Çalışma kapsamında, farklı oranlarda (%2, %4, %6, %8, %10) bor atığı kullanarak harman tuğlası numuneleri üretmiştir. Daha sonra numuneler fiziksel (özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, kılcal su emme, porozite, donma-çözünme etkisi, aşınma ve ısı iletim katsayısı tayini) ve mekanik deneylere (basınç dayanımı, eğilme çökme dayanımı) tabi tutmuştur. SEM, XRD ve BET yöntemleri yardımıyla malzemenin yapısal karakterizasyonu tespit etmiştir. Sonuç olarak; harman tuğlası üretiminde bor atığının kullanılabilmesi, bor atığının fiziksel, mekanik ve yapısal karakterizasyon açısından harman tuğlası üzerinde olumlu etki sağladığını bildirmiştir. Optimum bor atığı katkı miktarının %8 olduğu tespit etmiştir. İyileştirilen malzemenin sadece yeni inşa edilecek yapılarda değil, restorasyon çalışmalarında, firmalarda ve dekorasyon işlemlerinde de kullanılabilmesi ifade etmiştir [52].

Evcin ve ark. (2019) çalışmalarında, mermer ve bor atıklarının tuğla üretiminde alternatif hammaddeler olarak kullanılabilirliği araştırmışlardır. Numunelerin hazırlanmasında farklı oranlarda mermer ve bor atığı kullanılmışlardır. Bor atıklarına ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 oranında mermer atık konsantrasyonları ilave etmiş ve tuğla kilini ağırlıkça %10 oranında bağlayıcı olarak kullanmışlardır. Tuğla numunelerini 850 ve 1050 °C arasındaki sıcaklıklarda 4 saat süreyle pişirmişlerdir. Numunelerin kristal yapı ve morfolojilerini, sırasıyla X-ışını toz difraktometresi (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile karakterize etmişlerdir. Numunelerin eğilme dayanımını ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda makul mekanik özelliklerin, ağırlıkça %5 mermer atık, ağırlıkça %85 boron atık ve ağırlıkça %10 kil içeren 1050 °C'de 4 saat boyunca pişirilmiş tuğla numunesinden elde edildiğini bildirmişlerdir [53].

4. Sonuçlar

Kıymetli endüstriyel atık olan bor atığının inşaat sektöründe kullanım potansiyelinin incelenmesi üzerine yapılan araştırmalar sonucunda bor atıklarından borun tekrar geri kazanılmasının en etkili yöntem olduğu tespit edilmiştir. Kalan bor atıklarının ise uygun sektörlerde değerlendirilmesi ikinci bir alternatif olmuştur. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde; çalışmaların çoğunlukla çimento yapı malzemesi üzerine yapıldığı, tuğla yapı malzemesi üzerine yapılan çalışmaların yeni yeni ivme kazandığı görülmüştür. Ayrıca bor atığının inşaat sektöründe kullanım potansiyelinin oldukça yüksek olduğu, bor atığının gerek fiziksel gerekse mekanik özelliklere olumlu yönde etki sağladığı tespit edilmiştir. Belirli oranda bor ve bor atığının hemen hemen her alanda kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

5. Kaynakça

- [1] Beycioğlu, A, Başıoğlu, C. ve Subaşı, S., “Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanımı ile Geri Kazanılması ve Çevresel Etkilerinin Azaltılması”, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, 1386-1394, Kocaeli, 2008.
- [2] Akbulut, H. and Güner, C., “Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agrega Olarak Değerlendirilmesi”, *İMO Teknik Dergi*, 261: 3943-3960, 2006.
- [3] Çelik, Ö., “Uçucu Kül, Silis Dumanı ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri”, *Beton 2004 Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı*, 2004.
- [4] Çetin, H., “*Bor Kapanı*”, E Yayınları, 3.Basım, İstanbul, 2006.
- [5] Sönmez, E., Özdağ, H., Özler, A. and Sümer, G., “Kırka Boraks İşletmesi Atık Killerinin Seramik Endüstrisinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”. *Türkiye 13. Madencilik Kongresi*, İstanbul, 1993.
- [6] Bentli, İ. And Çakı, M., “Kırka Boraks İşletmesi DSM Atık Kilinin Çıma Hamuru Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, *10.Ulusal Kil Sempozyumu*, Konya, 502-511, 2001.



- [7] Karadeniz, M., “Cevher Zenginleştirme Tesis Atıklarının Çevreye Etkileri”, *MTA MAT Daire Başkanlığı Raporu*, Ankara, 1996.
- [8] Çağlar, H., “Radyoaktiviteden Kaynaklanan Çevresel Etkileri Azaltmak İçin Borik Asit Ve Polivinil Alkol Katkılı Çimento Hamurunun Özelliklerinin Araştırılması”, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2016.
- [9] Web iletisi 1, <http://www.boren.gov.tr/tr>: (Erişim tarihi: 03.07.2019)
- [10] Ata, C., “Erişkin Erkek Sıçanlarda Deneysel Olarak Oluşturulmuş Bor Toksisitesi Üzerinde E Vitamininin Rolü”, *Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir, 52-54, 2009.
- [11] Güyagüler, T., “Türkiye Bor Potansiyeli”, *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 2001.
- [12] Coşar, Ş., “Demir Konsantrlerinin Peletlenmesinde Bor Mineralleri Ve Atıklarının Kullanımının Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2006.
- [13] Yıldız, S., “Emet Bor İşletmesi Hisarcık Konsantrator Atıklarının Portland Çimentosu Özelliklerine Etkisi”, *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 2008.
- [14] Eyyüboğlu, S., “Kolemanit Konsantrator Atıklarının Çimento Üretiminde Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi*, Balıkesir, 57-65, 2013.
- [15] Bütüner, R., “Emet Bölgesi Düşük Tenörlü Kolemanit Stoklarının Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması”, *Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi*, Kütahya, 2011.
- [16] Ak, M., “Emet Bor İşletme Müdürlüğü Hisarcık Ve Espey Konsantrator Atıklarının Mikrodalga Enerjisi Yardımıyla Zenginleştirilebilirliğinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 2011.
- [17] Demir, C., “Bor Minerallerinin Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 33-37, 2006.
- [18] Akyıldız, S., “Kırka Boraks Madeni Killerinin Ve İşletme Atıklarının Lityum İçeriği Açısından Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 2015.
- [19] Ulusoy, H., “Eskişehir Kırka Yöresinde Bor Madeni Çevresinde Yaşayan İlköğretim Çağındaki Çocuklarda Kan Bor Düzeyinin Ölçülmesi”, *Tıpta Uzmanlık Tezi, Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi*, Eskişehir, 11-30, 2012.
- [20] Helvacı, C. ve Ortı, F., “Zoning In The Kırka Borate Deposit, Western Turkey: Primary Evaporitic Fractionation Or Diagenetic Modifications?”, *The Canadian Mineralogist*, 42 (4), 1179-1204, 2004.
- [21] Dırak, S., “Eti Maden Müdürlüğü Kırka Bor İşletmesi Bor Endüstri Atıklarında Eser Elementlerin Tayini ve Lityumun Kazanılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi*, Kütahya, 2001.
- [22] Aykul, Ö., “Eti Bor Emet-Hisarcık Kolemanit Artıklarının Dekrepatasyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 2008.
- [23] Sarıağaç, G., “Kırka Tinkal Bor Atıklarından Gözenekli Agregat Üretimi Ve Uygulamaları”, *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 2012.
- [24] Özorak, C., “Bor Atığı Katkılı Polimer Kompozitlerin Aşınma Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 2014.
- [25] Anonim 1, “Espey Yeni Atık Barajı (Maden Atığı Düzenli Depolama Sahası) Ve Malzeme Ocakları Projesi”, *ÇED Başvuru Dosyası*, 6-7, 2013.
- [26] Web iletisi 2, <http://www.etimaden.gov.tr/>: (Erişim tarihi: 10.07.2019)
- [27] Christogerou, A., Kavas, T., Pontikes, Y., Koyas, S., Tabak, Y. and Angelopoulos, G. N., “Use Of Boron Wastes In The Production Of Heavy Clay Ceramics”, *Ceramics International*, 35 (1), 447-452, 2009.
- [28] Kurttepe, Y., “Bor Atıklarının Seramik Endüstrisinde Değerlendirilmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2006.
- [29] Gonzalez, A., Peters, U., Lampe, J. W. and White, E., “Boron Intake And Prostate Cancer Risk”, *Cancer Causes and Control*, 18 (10), 1131, 2007.
- [30] Kalafatoğlu, İ. E. and Örs, S. N., “21. Yüzyılda Bor Teknolojileri Ve Uygulamaları”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1), 59-71, 2016.
- [31] Anonim 2, TÜBİTAK Bor Raporu, 2013.
- [32] Yıldırım, H., “Kronik Bor Etkisinde Kalan Ve Kalmayan Kadınların Eksfoliy Serviks Hücrelerinde Mikronükleus Sıklığının Karşılaştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 4, 2014.
- [33] Doğan, M. Z., Kaylaz, Y., Ona, G. and Perek, K. T., “Bigadiç ve Kestelek Bor Atıklarının Isıl İşlem, Elektrostatik Ayırma ve Flotasyon İle Zenginleştirme Olanaklarının Araştırılması”, *1. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 76-85, 1997.



- [34] Alp, I. and Özdağ, H., “Investigation Of The Processing Of Colemanite Tailings By Ultrasonic Sound Waves”, *Mineral Processing on the Verge of the 21st Century*, Balkema, Rotterdam, 693-696, 2000.
- [35] DPT, “Bor, Soda Külü, Krom Kimyasalları Çalışma Grubu Raporu”, Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu, Ankara, 138, 2008.
- [36] Aydın, Ü., “Kolemanit Atığının Beton Dayanımına Olan Etkisinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, 2009.
- [37] Akyıldız, A., “Beton Üretiminde Bor Atıklarının Puzzolan Materyal Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, *Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, 2012.
- [38] Sağlık, A., Sümer, O., Tunç, E., Kocabeyler, M. F. and Çelik, R. S., “Borlu Aktif Belit (BAB) Çimentosu Ve DSİ Projelerinde Uygulanabilirliği”, *DSİ Teknik Bülteni* (105), 1-22, 2009.
- [39] Bideci, Ö. S., “Bor Kaplı Hafif Agregalı Betonların Fiziksel Ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması”, *Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 2013.
- [40] Demirel, B. and Nasıroğlu, S., “Bor Mineralleri ve Atıklarının Çimentoda Kullanılma Stratejileri”, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, (29) 1, 95-100, 2017.
- [41] Yıldırım, M. and Derun, E.D., “The Influence Of CuO Nanoparticles And Boron Wastes On The Properties Of Cement Mortar”, *Materiales de Construcción*, 68(331), 1-16, 2018.
- [42] Mutuk, T., Mesci, B., “Analysis Of Mechanical Properties Of Cement Containing Boron Waste And Rice Husk Ash Using Full Factorial Design”. *Journal of Cleaner Production* (69), 128-132, 2014.
- [43] Koumpouri, D. and Angelopoulos, G.N., “Effect of boron waste and boric acid addition on the production of low energy belite cement”, *Cement and Concrete Composites*, 68, 1-8, 2016.
- [44] Kunt, K., Dur, F., Ertınmaz, B., Yıldırım, M., Derun, E.M. and Pişkin, S., “Utilization of Boron Waste as an Additive for Cement Production”, *Celal Bayar University Journal of Science*, 11(3), 383-389, 2015.
- [45] Okucu, A., “Farklı Endüstriyel Katı Atıkların Çimento Harçlarının Dayanımına Etkisinin Araştırılması”, *Fırat University Journal of Engineering* 22 (2), 181-186, 2010.
- [46] Kurama, S., Kara, A. ve Kurama, H., “The Effect Of Boron Waste In Phase And Microstructural Development Of A Terracotta Body During Firing”, *Journal of the European Ceramic Society*, 26 (4-5), 755-760, 2006.
- [47] Mattarella, L.E., Riveros, A.N., Flores, H.R., Kwok, L.H., Valdez, S.K., “Use In Ceramics Of Effluent Muds From The Boric Acid Production”, *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 3(3), 173-180, 2012.
- [48] Şahin, M., “Borik Asit Katkılı Tuğla Üretiminin Araştırılması”, *Yüksek Lisans, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 2009.
- [49] Çelik, A.G., “Bor Katkılı Perlit Karışımlardan Hafif Tuğla Üretimi Ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 2010.
- [50] Görhan, G., “Bor Oksit Ve Borik Asit Katkısının Kil Tuğlası Özelliklerine Etkisi”, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 11 (3), 96-109, 2012.
- [51] Çimen, S., “Bor Atığı Ve Perlit Katkılı Üretilen Tuğlanın Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu, 2019.
- [52] Çağlar, A., “Geleneksel Kastamonu Evlerinde Kullanılan Harman Tuğlası Özelliklerinin Bor Atığı Katkısı İle İyileştirilmesi Üzerine Deneysel Araştırma”, *Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2018.
- [53] Evcin, A., Ersoy, B. and Çiftçi, H., “Utilization of Marble and Boron Waste in Brick Products”, *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 5(1), 19-22, 2019.



YAPAY PUZOLAN OLAN UÇUCU KÜLÜN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hakan Çağlar^{1*}, Celal Özdemir², Arzu Çağlar³

*1*Kastamonu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*

hcaglar@kastamonu.edu.tr

2Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

ozdemir.celal@gmail.com

3Kastamonu Üniversitesi, Abana Sabahat Mesut Yılmaz Meslek Yüksekokulu

arzuylmaz@kastamonu.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Kendiliğinden Yerleşen Beton (KYB), 33 yıl önce, Japonya’da bir gurup bilim insanı tarafından, betonun işlenebilirlik, durabilite ve kalitesinin arttırmak amacıyla keşfedilmiştir (Felekoğlu, 2003). KYB, sık donatılı, dar ve derin kesitlere iç ve dış vibrasyon gerektirmeden kendiliğinden yerleşen bir betondur. Kendiliğinden yerleşirken ayrışma ve terleme gibi problemler oluşturmadan kohezyonunu (stabilitesini) koruyabilmektedir. Ayrıca akıcı bir kıvama sahip özel bir beton çeşididir [1].

Bu çalışmada; KYB üretiminde yapay puzolan olan uçucu külün betonun mekanik özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç kapsamında yapılan çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, katkılı KYB’lerin karşılaştırılması için katkısı KYB (referans numunesi) üretilmiştir. İkinci aşamada, laboratuvar ortamında çimento içerisine farklı oranlarda (%15, %30, %45) uçucu kül ikame ederek KYB üretimi gerçekleştirilmiştir. Üçüncü ve son aşamada ise üretilen 28 günlük KYB basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Yapılan deney sonucunda; KYB üretiminde uçucu kül miktarının artmasıyla basınç dayanımında artış meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek oranda uçucu kül kullanımının beklenen basınç dayanım sonucunu verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Kendiliğinden Yerleşen Beton, Uçucu Kül, Puzolan, Basınç Dayanımı*

1. Giriş

Beton; agrega, bağlayıcı, su ve gerekli görüldüğü durumlarda belirli oranlarda katkı maddesi ilave edilerek elde edilen, başlangıçta plastik kıvamda olan ve sertleştikten sonra dayanım kazanan en önemli yapı malzemesidir [2]. Geleneksel betonun bazı şartlarda beklenen ve istenilen performansı gösterememesi farklı ve özel beton türlerinin üretilmesine neden olmuştur. Son otuz yıldır kullanımı giderek artan KYB bu özel beton çeşitlerinin başında yer almaktadır [3].

KYB, yüksek akışkanlığı sayesinde kendi ağırlığı ile sık donatılı dar ve derin kesitlere ayrışma ve terleme yapmadan titreşimsiz yerleşebilen, küçük kalıp kesişimlerini kolayca doldurabilecek iç veya dış vibrasyona ihtiyaç duyulmadan kendiliğinden sıkışabilen, kohezyonunu (stabilitesini) koruyabilen, yapı kalitesini arttıran çok akıcı kıvama sahip özel bir beton türüdür [4].

KYB’ler normal betonlara göre, akıcı bir yapıya sahip olması, minimum işçilik, ekonomiklik ve hızlı uygulanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı daha avantajlıdır [5]. KYB, dünyada ilk defa 1986 yılında Japonya’da deprem bölgelerinde bulunan yapıların sık donatılı betonarme elemanlarında vibrasyona ihtiyaç duyulmadan yerleşebilen beton ihtiyacından dolayı geliştirilmiştir [6].

KYB’nin bu özelliklerini sağlamak için kimyasal katkılar, kaba agrega içeriği ve su/çimento oranı önem arz etmektedir. KYB’ler taze karışımda daha büyük parçacıkların ayrışmasını önlemek amacıyla yüksek oranda uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve kireç tozu gibi ince parçacıklar içermektedirler [7,8].

Termik santrallerden açığa çıkan ve atık özelliği taşıyan uçucu kül, depolama konusunda yaşanan sorunlardan dolayı, su ve hava kirliliğine sebep olmakta ve çevreye büyük oranda zararlar vermektedir. Ülkemizde bulunan termik santrallerde yıllık 15 milyon tondan fazla uçucu kül açığa çıkmaktadır [9]. Bu kadar yüksek bir miktara rağmen uçucu küllerin çok az bir kısmı inşaat sektöründe değerlendirilmektedir. Çoğu ülkede herhangi bir sektörde kullanılmayan uçucu külün, beton sektöründe kullanılması atık bertarafı için önemli bir adım olacaktır [10].

Uçucu kül gibi endüstriyel atıkların kendiliğinden yerleşen betonlar kullanımı giderek artmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde;

Mukhlif (2013) yapmış olduğu çalışmada, volkanik pomza tozunun (VP) silis dumanı (SD) içeren ve içermeyen kendiliğinden yerleşen betonların taze ve sertleşmiş özelliklerini incelemiştir. İlk olarak VP’nun çimentoyla ağırlıkça %0, %5, %10 ve %20 oranlarında yer değiştirmeleriyle bir seri üretilmiştir. Ardından silis dumanının %8 oranında katılmasıyla ikinci bir seri üretimi yapılmıştır. KYB'lere



yapmış olduğu deneyler sonucunda; VP miktarının artması KYB'ların akışkanlığını artırmış, SD ilavesi ise viskoziteyi artırıcı etki göstermiştir. Ayrıca, SD ilavesinin, KYB'ların sertleşmiş özelliklerinde VP kullanımından kaynaklanan olumsuz etkiyi telafi ettiğini tespit etmiştir [11].

Dolgun (2010) yaptığı çalışmada, Nevşehir bölgesinden temin edilen öğütülmüş toz pomzanın kendiliğinden yerleşen beton üzerindeki etkilerini incelemiştir. Referans numuneye, normal portland çimentosu ile %10, 15, 20 ve 25 oranlarında pomza tozu ilave ederek KYB üretmiştir. Ürettiği beton numunelerini kaynar kür, sıcak kür, standart kür şartlarında deneylere tabi tutmuş, ultrasonik ses hız değerleri ve basınç dayanımlarını belirlemiştir. Sonuç olarak; kaynar kür şartlarında basınç dayanımlarının pomza ilavesi ile arttığını, sıcak kür şartlarında ise azaldığını gözlemlemiştir. Standart kür şartlarında bırakılan 28 günlük betonların ise pomza tozu ilavesinin artmasıyla basınç dayanımlarının referans numuneye yakın değerler olduğunu tespit etmiştir [12].

Çağlar vd. (2019) yaptıkları çalışmada, KYB üretiminde kullanılan borik asit betonun mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırmışlardır. İlk olarak KYB üretimi için kullanılan su miktarının %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranında borik asit çözeltisi oluşturmuşlardır. İkinci aşamada, laboratuvar ortamında KYB üretimi gerçekleştirmiş ve üçüncü aşamada ise ürettikleri KYB'nin 28 günlük basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanım değerlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; KYB üretiminde borik asit miktarının artmasıyla basınç dayanımında artış meydana geldiğini, eğilmede çekme dayanımında ise, borik asit miktarının artmasıyla azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir [13].

Matos vd. (2019) çalışmalarında, yüksek hacimli uçucu külün (YHUK) yüksek performanslı kendiliğinden yerleşen betonların (KYB) ekolojik verimi, taze hali ve uzun vadeli mekanik özelliklerini değerlendirmişlerdir. KYB'ler, % 40 - 60 arasında değişen üç farklı uçucu külün portland çimentosu ile yer değiştirmesi sonucu üretilmiştir. Üretilen numunelerin reolojik özelliklerini, betonun işlenebilirlik özelliklerini, basınç dayanımını, elastikiyet modülü ve bağlayıcı endeksini belirlemişlerdir. Ek olarak, uçucu küllerden yapılan çimento replasmanının beton üretiminin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini değerlendirmek için yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) analizi yapmışlardır. Sonuç olarak; uçucu kül ile çimento replasmanının KYB'lerin viskozitesini ve süper akışkanlaştırıcı içeriğini azalttığını, basınç dayanımlarını arttırdığını belirlemişlerdir [13].

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında materyal olarak çimento, agrega, uçucu kül ve katkı maddesi (süper akışkanlaştırıcı) kullanılmıştır.

2.1.1. Çimento

Çalışma kapsamında üretilen numunelerde bağlayıcı olarak TS EN 197-1 [15] standartlarına uygun üretilen CEM I 42.5 R türü çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun kimyasal analizi Tablo 1'de fiziksel ve mekanik özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun kimyasal analizi

Kimyasal Analizler %	
SiO ₂	18,73
Al ₂ O ₃	4,56
Fe ₂ O ₃	3,07
CaO	63,91
MgO	2,08
SO ₃	2,90
Kızdırma Kaybı	3,36
K ₂ O ₃	0,62
Na ₂ O	0,29
(Na ₂ O);Na ₂ +0,658*K ₂ O	0,70
Cl	0,0185
Ölçülemeyen	0,46
Toplam	100

Tablo 2. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Testler	
İncelik 45µm elek üstü %	8,98
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3,14
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3807
Piriz Başı (Saat-Dakika)	2 sa-21 dk
Piriz Sonu (Saat-Dakika)	2 sa-55 dk
Hacim Genleşmesi (mm)	1
Basınç Dayanımı 2 Gün (MPa)	27,7
Basınç Dayanımı 28 Gün (MPa)	57,2
Su İhtiyacı (%)	28,6



2.1.2. Agregası

Çalışmada üretilen kendiliğinden yerleşen beton numunelerinde 0-2 mm, 2-4 mm ve 4-8 mm ebatlarında Kastamonu ili dere agregası kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Agregası

2.1.3. Uçucu Kül

KYB üretiminde çimento ikame malzemesi olarak kullanılan uçucu kül Seyitömer Termik Santralinden (STS) elde edilmiştir. Kullanılan uçucu kül diğer uçucu küllere göre daha hafif bir yapı gösteren F tipi uçucu küldür. Çalışmada kullanılan uçucu külün kimyasal analizi Tablo 3’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan uçucu külün yüksek oranda SiO₂ içerdiği görülmektedir.

Tablo 3. Uçucu külünün kimyasal analizi

Bileşim	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Na ₂ O(eşd)	Serbest CaO
%	52,34	7,47	5,75	9,30	18,91	0,88	2,17	2,25	2,31	0,20

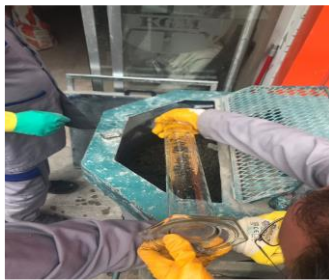
2.1.4. Katkı Maddesi (Süper Akışkanlaştırıcı)

Çalışma kapsamında üretilen KYB numunelerinde betonun su ihtiyacını önemli ölçüde düşüren, KYB’ler için üretilmiş Grace firmasının alınan ADVA Flow 450 marka süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Kendiliğinden yerleşen beton numunelerinin üretilmesi

İlk olarak kendiliğinden yerleşen betonu oluşturan kuru malzemeler olan agregası, çimento, uçucu kül mikserle karıştırılarak kuru karışım elde edilmiştir. Ardından su ve katkı maddesi ilave edilerek mikser yardımıyla homojen bir karışım oluşturana kadar karıştırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. KYB’yi oluşturan malzemelerin karıştırılması

Karıştırma işlemi tamamlandıktan sonra üretilen beton karışımı 150x150x150 mm ebatlarında küp numune kalıplarına kalıplarına dökülmüş ve prizini alması için 24 saat bekletilmiştir (Şekil 3).





Şekil 3. KYB karışımların kalıba dökülmesi

24 saat kalıplarda bekletilen KYB numuneleri kalıptan çıkarılarak kür havuzuna alınmıştır (Şekil 4). 28 gün boyunca kür havuzunda kür edilen numuneler havuzdan çıkarılmış ve mekanik özelliğinin belirlenmesi için basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur.



Şekil 4. KYB numunelerinin kür havuzuna alınması

2.2.2. Üretilen numuneler uygulanan mekanik deneyler

Mekanik özelliklerden biri olan basınç dayanımı deneyi TS EN 772-1 [16] standardına göre, bilgisayar kontrollü basınç presinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Kür havuzundan çıkarılan numuneler etüv fırınında 105 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan numunelerin basınç dayanımı değeri kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi sonucu hesaplanmıştır. Deney Kastamonu Karayolları Bölge Müdürlüğü Yapı Laboratuvarı'nda yapılmıştır (Şekil 5).



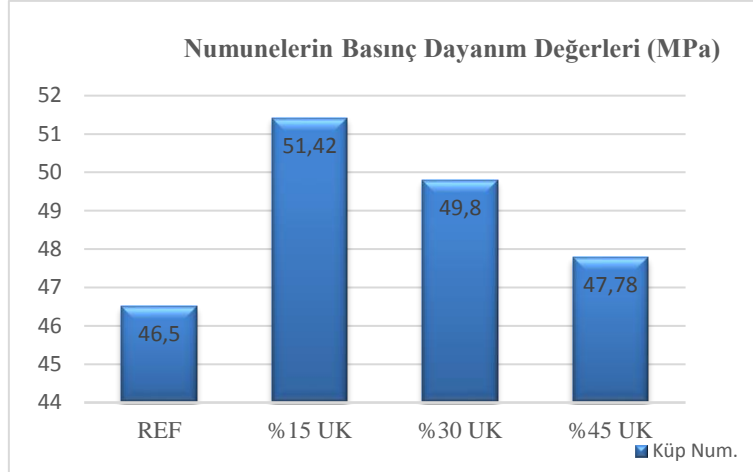
Şekil 5. Basınç dayanımı

3. Araştırma Sonuçları ve Değerlendirme

Küp numunelerin basınç dayanım değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Numuneler incelendiğinde; Referans numunesinin basınç dayanımının 46,5 MPa, % 15 oranında uçucu kül katkı numunenin 51,42 MPa, % 30 oranında uçucu kül katkı numunenin 49,8 MPa, % 45 oranında uçucu kül katkı numunenin 47,78 MPa, olduğu görülmektedir.

%15 oranına kadar uçucu kül miktarının artmasıyla basınç dayanımında artma meydana geldiği tespit edilmiştir. %15 katkı oranından sonra ise uçucu kül miktarının artmasıyla numunelerin basınç dayanımında azalma meydana geldiği görülmüştür. Bu azalmaya rağmen uçucu kül katkı numunelerin Referans numunesine göre daha iyi basınç dayanımına sahip olduğu gözlemlenmiştir. En iyi basınç dayanımı değeri %15 oranında uçucu kül kullanımıyla sağlanmıştır.





Şekil 6. KYB numunelerinin basınç dayanım değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada KYB üretiminde %15, %30 ve %45 oranında uçucu kül kullanılarak beton üretimi yapılmıştır. Küp numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi sonucunda;

- Küp numunelerde %15 oranında kullanılan borik asit 51,42 MPa ile en iyi sonucu vermiştir.
- %15 oranına kadar uçucu kül miktarının artmasıyla küp numune basınç dayanımı değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- %30 ve %45 oranlarında uçucu kül miktarının artmasıyla KYB'nin basınç dayanımında azalma meydana gelmiştir.
- Uçucu külün belli oranlarda kendiliğinden yerleşen beton üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.
- Uçucu kül, yüksek fırın cürufu vb endüstriyel atıkların beton endüstrisinde kullanımı ile atıkların bertaraf edilmesine katkı sağlanacaktır.

5. Kaynakça

- [1] Açıkgenç, M. Karataş, M., Ulucan, Z.Ç., “Elazığ Yöresine Ait Atık Tuğla Ve Kireç Taşı Tozunun Kendiliğinden Yerleşen Harcın Mühendislik Özelliklerine Etkisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(6), 249-255, 2013.
- [2] Kaya, T., Karakurt, C., Dumangöz, M., “Mineral Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Porozite Ve Basınç Dayanımlarına Yüksek Sıcaklığın Etkisi”, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 39-44, 2014.
- [3] Tohumcu, İ., Bingöl, A.F., “Silis Dumanı Ve Uçucu Kül Katkılı Kendiliğinden Yerleşen Betonların Taze Beton Özellikleri Ve Basınç Dayanımları”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (2), 31-44, 2013.
- [4] Boukendakdji, O., Kenai, S., Kadri, E.H., Rouis, F., “Effect Of Slag On The Rheology Of Fresh Self-Compacted Concrete”, *Construction and Building Materials*, 23, 2593-2598, 2009.
- [5] Pathak, N., ve Siddique, R., “Effects of Elevated Temperatures on Properties of Self-Compacting-Concrete Containing Fly Ash and Spent Foundry Sand”, *Construction and Building Materials*, 34, 512-521, 2012.
- [6] Okamura, H. ve Quchi, M., “Self-Compacting Concrete. Development Present Use And Future”, *Proceedings of the First International RILEM Symposium*, 3-14, 1999.
- [7] Khatib, J.M., “Performance of Self-Compacting Concrete Containing Fly Ash”, *Construction and Building Materials*, 22, 1963-1971, 2008.
- [8] Güneysi, E., Gesoğlu, M., Booya, E., “Fresh Properties of Self-Compacting Cold Bonded Fly Ash Lightweight Aggregate Concrete with Different Mineral Admixtures”, *Materials and Structures*, 45, 1849- 1859, 2012.
- [9] Bentli, I., Uyanık, A.O., Demir, U., Şahbaz, O., Çelik, M.S., “Seyitömer Termik Santrali Uçucu Küllerinin Tuğla Katkı Hammaddesi Olarak Kullanımı”, *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı*, İzmir, 2005.
- [10] Öz, H. Ö., “Soğuk Bağlama Yöntemi ile Üretilen Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu Hafif Agregalarının Özelliklerinin İncelenmesi”, *Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep*, 2014.
- [11] Mukhlif, S.A.R., “Effect Of Volcanic Pumice On Properties Of Plain And Silica Fume Based Self Compacting Concretes”, *Master Thesis, Gaziantep University Natural and Applied Sciences, Gaziantep*, 2013.
- [12] Dolğun O., “Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Öğütülmüş Pomza Kullanılabilirliğinin Araştırılması”. Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde*, 2010.



- [13] Çağlar, H., Palta, E., Çağlar, A., “Borik Asitin Kendiliğinden Yerleşen Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Araştırılması”, *3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, Ankara, 2019.
- [14] Matos, P.R., Foiato, M., Prudencio, L.R., “Ecological, Fresh State And Long-Term Mechanical Properties Of High-Volume Fly Ash High-Performance Self-Compacting Concrete”, *Construction and Building Materials* 203, 282–293, 2019.
- [15] TS EN 197-1, 2012, “Çimento- bölüm 1: genel çimentolar- bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri” Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] TS EN 772-1, 2012, “Kâgir birimler - deney yöntemleri - bölüm 1: basınç dayanımının tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.



DP600 VE DP1000 ÇİFT FAZLI ÇELİK MALZEMELERİN U-BÜKME İŞLEMİNDE GERİ ESNEMENİN AZALTILMASI

Selin Yıldırım¹, Hakan Gürün^{2*}, Hakan Dilipak³, Gökhan Küçüktürk⁴, Cem Ersöz⁵

1,2,3Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği, Ankara, Türkiye

selinyildirim@gmail.com, hgurun@gazi.edu.tr, hdilipak@gazi.edu.tr

4Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Ankara, Türkiye

gkucukturk@gazi.edu.tr

5Birikim Mühendislik ve Endüstriyel Yüklenim Ltd. Şti.

ersoz@birikimmuhendislik.com.tr

**Sorumlu Yazar*

Özet

Çift fazlı çelik malzemeler yüksek dayanım özellikleri nedeniyle, özellikle otomotiv endüstrisinde giderek artan kullanım oranına sahiptir. Bu malzemelerin geri esneme davranışlarının şekillendirme öncesinde belirlenmesi ürünlerin istenilen tolerans değerlerinde elde edilmesi açısından son derece önemlidir. Bilgisayar destekli deformasyon analizleri bu amaç için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada DP600 ve DP1000 malzemelerin U-bükme işlemlerinde geri esneme davranışlarını tahmin etmek için Deform 2D programı kullanılarak bilgisayar destekli deformasyon analizleri yapılmıştır. Analizlerde klasik U-bükme ve Çift-S bükme olmak üzere iki farklı model kullanılmıştır. Bükme analizleri farklı zımba kavisi değerlerinde ve farklı sac kalınlıkları için tekrarlanmıştır. Büküm parametrelerinin geri esneme üzerindeki etki oranlarını belirlemek için bir ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Çift-S köşe formundaki büküm işleminin geri esneme değerlerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Geri esneme, U-bükme, Çift-S köşe formu, ANOVA*

1. Giriş

Sac metal endüstrisinde bükme işlemleri yaygın olarak kullanılır. Beyaz eşya, havacılık ve en çok tercih eden alanlardan otomotiv endüstrisinde sacın istenilen ölçü değerlerinde bükülmesi son derece önemlidir. Son yıllarda artan hafif ve dayanıklı malzeme gereksiniminden dolayı çift fazlı çelikler endüstriyel uygulamalarda giderek artan oranlarda tercih edilmektedir. Malzeme dayanımlarının artması ve daha önce sac ürün tasarımlarının gerçekleştirilmesi geri esneme miktarlarının artma eğilimi göstermesine neden olmaktadır. Geri esneme miktarlarının deneme yanılma yoluyla yapılması üretimde hatalara ve maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemleri geri esneme miktarlarının tespiti ve telafisi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde bükme işlemi sonucu oluşan geri esnemelerin tespiti ve telafisine yönelik çok sayıda deneysel ve nümerik çalışma bulunmaktadır.

Choi ve diğerleri geliştirilmiş yüksek mukavemetli çeliklerin (GYMÇ) U- bükme işleminde geri esnemeyi azaltmak için çift kademeli bükme yöntemini uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlar klasik U-bükme ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. İlave olarak malzeme karakterizasyonunu belirlemek için çekme ve basma testleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ile test sonuçları karşılaştırılmıştır. Pekleşmenin geri esneme üzerindeki etkisi deneysel ve sonlu elemanlar simülasyonları karşılaştırılarak analiz edilmiştir [1]. Kaupper ve Merklein büküm açısı ve yer değiştirme miktarına bağlı olarak hata modellerini gösteren yeni bir yöntem üzerinde çalışmışlardır. Büküm limitlerinin belirlenebilmesi için optik olarak yer değiştirme miktarlarının ölçümüne dayalı yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bölgesel hataların dislokasyonlar üzerindeki etkileri optik mikroskoplar ile ölçülebilmıştır [2]. Bükme bölgesinin ısıtılması şekillendirilebilirliği artırmak, maliyetleri ve geri esneme miktarlarını düşürmek için kullanılan etkili bir yöntemdir [3,4]. Çavuşoğlu ve Gürün, ısı ve yüzey pürüzlülüğünün Alüminyum alaşımlarının şekillendirilebilirliği üzerindeki etkilerini sonlu elemanlar yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülük değerinin artmasının incelleme oranlarını azalttığı ve şekillendirme kuvveti ile geri esnemenin artmasına neden olduğu bulunmuştur [5]. Çavuşoğlu ve diğerleri, ısı ve deformasyon hızının DP1000 çift fazlı malzemelerin akma noktası ve geri esneme davranışları üzerindeki etkisine yönelik çalışmıştır. 25, 100 ve 200 °C sıcaklıklarda yapılan çekme testleri sonucunda, belirtilen sıcaklık değerlerinin akma noktası ve geri esneme değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Deformasyon hızındaki artış ise akma dayanımı ve geri esneme değerlerini artırmıştır [6]. Özdemir ve arkadaşları, aşınmaya dirençli Hardox 500 sac malzemenin şekillendirilebilirliğini incelemişlerdir. Farklı sıcaklıklarda önceden gerilim giderme tavlama yapılan malzemelere V-bükme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapısal olarak incelendiğinde çatlak oluşumunun engellendiği görülmüştür [7,8]. Fouda ve arkadaşları, malzemelerin mekanik özelliklerinin ve takım geometrilerinin U-bükme işlemi sonrasında oluşan geri esnemeye etkilerini deneysel ve analitik olarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, zımba kavisinin artan değerlerinde U formun duvarındaki geri esnemenin arttığını göstermiştir. Flanş profilindeki geri esneme miktarı ise artan zımba kavis değerleri ile düşmüştür [9]. Gürün ve diğerleri, AA 2024 Alüminyum alaşımının V bükme işleminde işlem parametrelerinin geri esneme davranışına etkisini deneysel ve analitik olarak araştırmıştır. Yapılan çalışmada büküm açısı ve zımba uç yarıçapı değişken olarak alınmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde, sac malzeme kalınlığı, büküm açısı ve zımba uç yarıçapının geri esnemeyi önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Sac

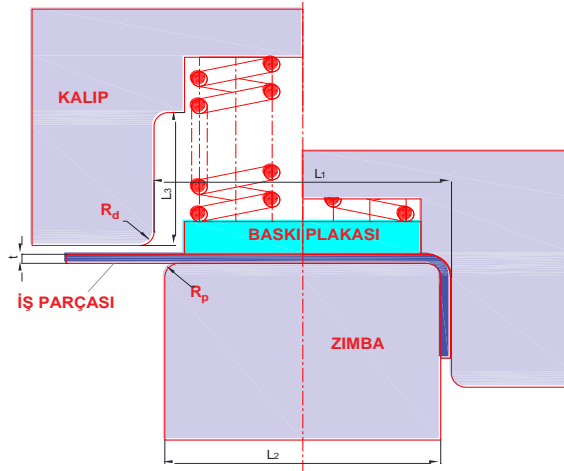


kalınlığının artması, geri esneme miktarını düşürmüştür. Malzemenin hadde yönünün geri esnemeyi etkilediği görülmüş, hadde yönüne dik yapılan bükme işleminde geri esnemenin daha az olduğu tespit edilmiştir [10]. Çavuşoğlu ve diğerleri, çekme gerilmesine bağlı olarak DP1000 çift fazlı çelik malzemelerin içyapısında oluşan gerilme ve deformasyon dağılımlarını modellemiştir. DP1000 çift fazlı malzemede gerilmelerin martenzit fazında biriktiği, ferrit fazında ise muhtemel çatlakların oluştuğu tespit edilmiştir [11]. Gürün ve diğerleri U-bükme işlemlerinde çift-S bükmenin geri esneme üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar klasik U bükme ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır [12]. Yıldırım ve diğerleri U bükme işleminde malzeme tipi, sac kalınlığı, büküm kavisinin geri esneme üzerindeki etkilerini incelemiştir. Geri esnemeyi tahmin etmek için bir regrasyon modeli geliştirilmiştir. Ayrıca farklı büküm kavisi değerleri ile yeniden bükme işleminin geri esnemeyi önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir [13,14].

Bu çalışmada çift fazlı çelik malzemelerin (DP1000 ve DP600) U- bükme işleminde çift-S büküm yönteminin geri esnemeye etkisi incelenmiştir. Çift-S formunda yer alan değişken üç farklı zımba kavisi değerinin geri esneme üzerindeki etkisi incelenmiş ve en uygun zımba kavisinin belirlenmesine çalışılmıştır. Sac malzeme kalınlığı, malzeme cinsi ve büküm kavisi değişken olarak alınmıştır. Elde edilen sonuçlar klasik U bükme analizlerinden elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır.

2. Bükme Analizleri

Bu çalışmada, iki farklı çift fazlı çelik malzeme (DP600 ve DP1000) kullanılarak U bükme analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için iki farklı model oluşturulmuştur. Hazırlanan ilk model klasik U-bükme işlemini, ikinci model ise çift-S köşe formu U-bükme işlemini göstermektedir. Oluşturulan ilk modelde zımba köşe kavisi (R_p) 10 mm olarak alınmıştır (Şekil 1).

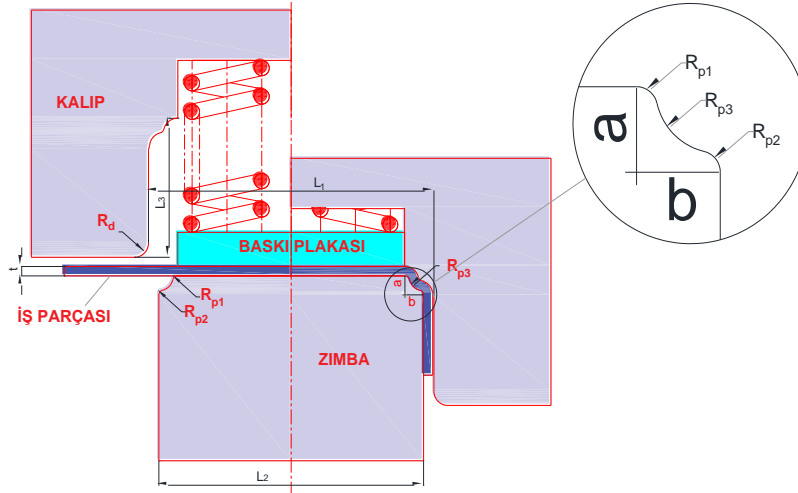


Şekil 11: Klasik U-bükme modeli [12, 13]

Analizlerde kalıp dikey eksen boyunca hareket ettirilerek sac malzemenin şekillendirilmesi sağlanmıştır. Kalıbın hareketi sırasında sac malzemenin üst kısmının sabit kalması amacıyla bir baskı plakası kullanılmıştır. Analiz çalışmaları 1, 1.5mm ve 2mm kalınlığındaki sac malzemeler için tekrarlanmıştır. Her bir sac malzeme kalınlığı için zımba ölçüleri (L_2) değiştirilerek farklı modeller hazırlanmıştır. Kalıp boşluğu (L_1), kalıp kavisi değeri (R_d) ve şekillendirme yüksekliği (L_3) sabit tutulmuştur. Sac malzeme üzerinde oluşan geri esneme değerlerinin tespiti için DEFORM 2D programında analizler yapılmıştır. Bu analizlerde birim şekil değişimi, gerilmeler, et kalınlığı değişimleri ve geri esnemeler ölçülmüştür.

Çift-S köşe formuna sahip zımbalarla şekillendirme işlemi için ise ayrı bir model oluşturulmuştur (Şekil 2). Oluşturulan modelde zımba köşe formu birbirine teğet üç farklı kavisi (R_{p1} , R_{p2} ve R_{p3}) değerine sahiptir. Çift-S büküm analizleri de 1, 1.5mm ve 2mm kalınlığındaki sac malzemeler için tekrarlanmış ve sac malzeme kalınlığına bağlı olarak zımba ölçüleri (L_2) değiştirilerek farklı modeller hazırlanmıştır.





Şekil 2: Çift-S köşe formu ile bükme modeli [12]

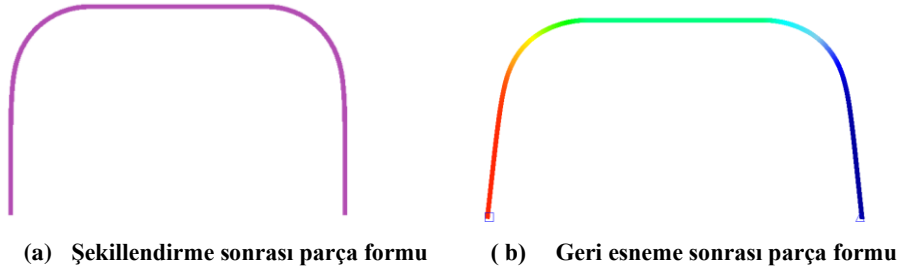
Oluşturulan her iki model için kullanılan ölçüler ve değişkenler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 3: Oluşturulan modellerde kullanılan ölçüler ve değişkenler

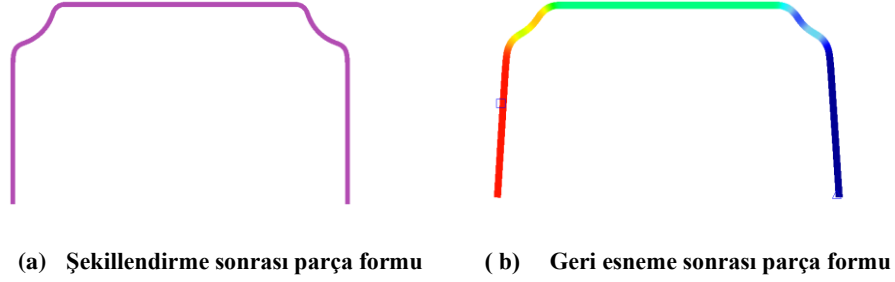
Parameters	Note	Value
Kalıp boşluğu	L_1	70 mm
Zımba genişliği	$L_2=L_1-(2*c)$	Değişken
Şekillendirme yüksekliği	L_3	50 mm
Tek taraflı kalıp boşluğu	c	$t+0,2$ mm
Kalıp köşe kavisleri	R_d	7,6 mm
Zımba köşe kavisleri	R_p	10 mm
Çift-S zımba köşe kavisleri	R_{p1}, R_{p2}, R_{p3}	Değişken
Köşe formu mesafeleri	a, b	10 mm
Baskı plakası kuvveti	P	5000 N
Kalıp ilerleme hızı	V	50 mm/sn
Sac malzeme	$DP600, DP1000$	Değişken
Sac malzeme kalınlığı	t	Değişken

Şekillendirme analizleri sonrasında sac malzemeye uygulanan kuvvetler kaldırılarak geri esneme analizleri yapılmıştır. Sac malzeme üzerinde oluşan birim şekil değişimi, gerilmeler, et kalınlığı değişimleri ve geri esnemeler DEFORM 2D programında ölçülmüştür. Klasik U-bükme işleminde şekillendirme sonrası ve geri esneme sonrası parça formlarının değişimi Şekil 3’te verilmiştir. Çift-S işleminde şekillendirme sonrası ve geri esneme sonrası parça formlarının değişimi ise Şekil 4’te görülmektedir.





Şekil 3: Klasik bükme işleminde geri esneme öncesi ve sonrası parça formu



Şekil 4: Çift-S bükme işleminde geri esneme öncesi ve sonrası parça formu

3. Varyans Analizi

Çift-S büküm işlemleri için yapılan analiz çalışmalarında R_{p1} ve R_{p3} değerleri eşit alınmıştır. Bu değerler 2 ve 4mm olarak belirlenmiştir. R_{p2} değeri ise 6, 8, 10 ve 12mm olarak değiştirilmiştir. İstatistiksel analizler R_{p1} ve R_{p3} değişkenlerinin aldığı 2 ve 4 mm değerleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışma kapsamında istatistiksel analizler, Minitab programıyla %95 güven seviyesinde gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler için malzeme cinsi (m), malzeme kalınlığı (t) ve R_{p2} kavis (r) simgeleri ile ifade edilmiştir. R_{p1} ve R_{p3} değerlerinin 2mm olduğu modellerle yapılan analizler sonucu oluşturulan ANOVA tablosu Tablo 2’de verilmiştir. Burada 2 farklı malzeme, 3 farklı sac kalınlığı ve 4 farklı orta kavis (R_{p2}) olmak üzere toplam 24 analiz gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2: 2mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için oluşturulan Anova tablosu

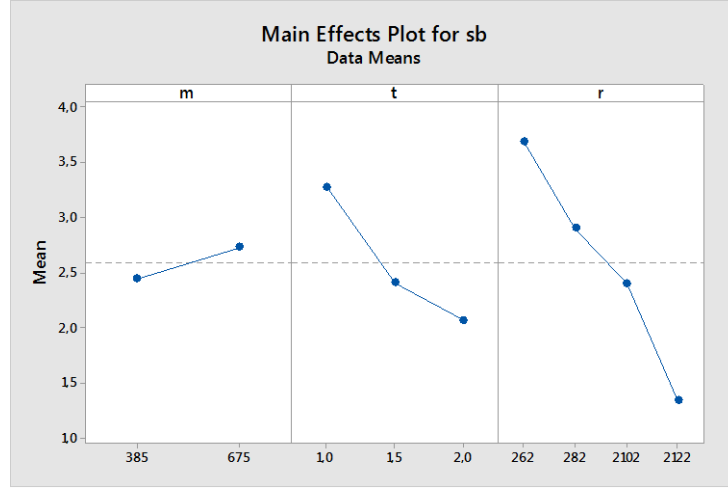
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Per
m	1	0,4902	0,4902	0,6	0,449	1,30%
t	2	6,1688	3,0844	3,79	0,044	16,31%
r	3	17,3209	5,7736	7,09	0,003	45,78%
Error	17	13,8519	0,8148			36,61%
Total	23	37,8319				100,00%

S = 0,902672 R-Sq = 63,39 R-Sq(adj) = 50,46% R-sq(pred)=27,02%
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, P: Anlamlılık < 0,05, Per: Yüzde dağılımı

Tablo 2’de gösterilen varyans analiz değerleri, başlangıç ve bitiş kavis değerleri 2 mm olan çift-S bükme için elde edilmiştir. Tablodaki P anlamlılık değerlerine bakıldığında, çift-S bükme için, malzemenin akma dayanımının geri esneme üzerinde etkisinin olmadığı, sac kalınlığının çok az da olsa etkili olduğu ve asıl etkinin kavis değerinde olduğu görülmektedir. Ancak, bu şartlarda gerçekleştirilen analizlerde, m, t ve r parametrelerinin geri esnemenin oluşmasındaki etkisinin ancak %50,46 olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra geri esneme üzerinde %45,78 ile en etkili parametre kavis olurken, sac kalınlığının etkisi ise %16,31 oranındadır. Malzemenin ise geri esneme üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

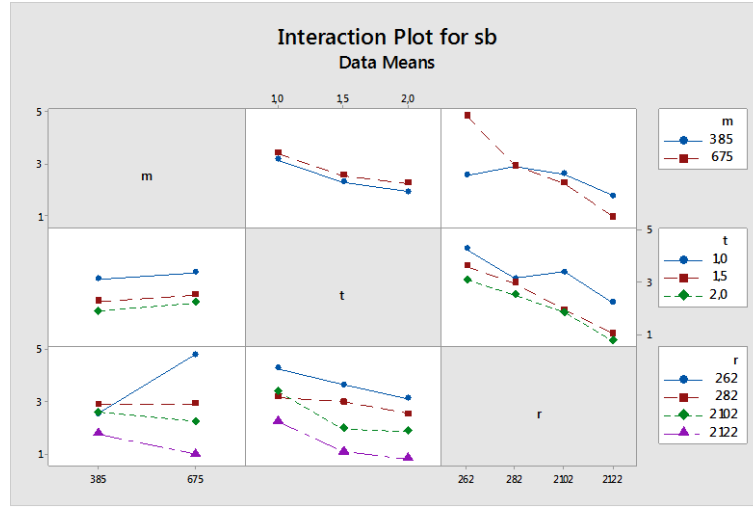
Bağımsız değişkenlerin geri esneme üzerindeki etkilerini daha iyi ifade edebilmek için ana etki grafiği oluşturulmuştur (Şekil 5). Deneylerde kullanılan DP600 malzemesinin akma gerilmesi 385 MPa ve DP1000 malzemesinin akma gerilmesi ise 675 MPa’dır. Grafiklerde malzemenin akma dayanımları gösterilmiştir.



Şekil 5: 2mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için ana etki grafiği

Şekil 5'te başlangıç ve bitiş kavis değerleri 2 mm için, bağımsız değişkenlerin geri esneme üzerindeki etkilerini gösteren ana etki grafiği görülmektedir. Burada en büyük değişimin "r" parametresinde olduğu net bir şekilde belirtilmektedir. Daha sonra sac kalınlığı geri esneme üzerinde etkili olmaktadır. Malzemenin akma dayanımının ise çok az etkili olduğu anlaşılmaktadır. Malzemenin etkisi az olmasına rağmen akma dayanımının artması geri esneme değerini artırmıştır. Sac kalınlığı ise 1 mm'den 1,5 mm'ye artırıldığında önemli bir oranda geri esneme de azalma olurken 1,5 mm'den 2 mm'ye artırıldığında az miktarda da olsa geri esneme değerinin azaldığı vurgulanmıştır. Geri esneme üzerinde en önemli etkiyi ise kavis göstermiştir. Kavis değerinin büyümesi geri esneme miktarının azalmasına sebep olmuştur.

Şekil 6'da ise bağımsız değişkenlerin geri esneme üzerindeki etkileşimli grafikleri görülmektedir.

Şekil 6: 2mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için interaktif etkileşim grafiği

Sac malzemenin kalınlığı, malzeme ve kavis parametrelerinin birbiri ile etkileşimli olarak geri esneme üzerindeki etkileri Şekil 6'da net bir şekilde görülmektedir. Burada düşük akma dayanımına sahip ve sac kalınlığı büyük olan malzemelerde daha az geri esneme değeri elde edildiği görülmektedir. Benzer olarak sac kalınlığı arttıkça ve kavis değeri büyüdükçe geri esneme değeri azalmaktadır. Akma dayanımı düşük ve kavis değeri büyük olan durumlarda geri esneme değeri azalmaktadır.

Aynı şartlarda analizler tekrar yapılmıştır. Ancak bu sefer, başlangıç ve bitiş kavis değerleri (R_{p1} ve R_{p3}) 4 mm olarak değiştirilmiştir. 4 mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için yapılan analizler sonucu oluşturulan ANOVA tablosu Tablo 2'de verilmiştir.



Tablo 3: 4mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için oluşturulan Anova tablosu

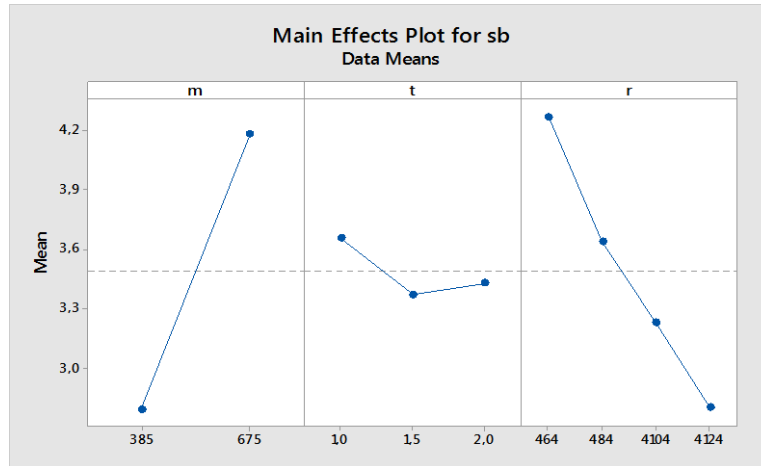
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Per
m	1	11,4817	11,4817	286,3	0	58,87%
t	2	0,359	0,1795	4,48	0,027	1,84%
r	3	6,9796	2,3265	58,01	0	35,79%
Error	17	0,6818	0,0401			3,50%
Total	23	19,502				100,00%

S = 0,200260 R-Sq = 96,50 R-Sq(adj) = 95,27% R-sq(pred)= 93,03%

SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, P: Anlamlılık < 0,05, Per: Yüzde dağılımı

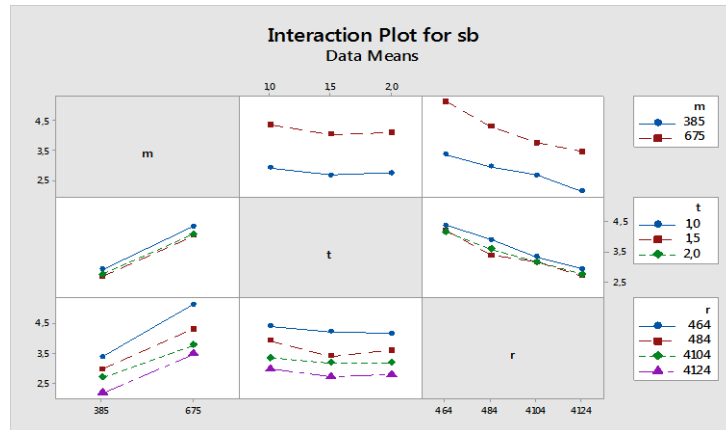
Tablo 3'deki Anova tablosu incelendiğinde bağımsız değişkenlerin geri esnemeyi %85,67 oranında açıklayabildiği görülmektedir. Bütün bağımsız değişkenlerin geri esneme üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Etki oranlarına bakıldığında %58,87 ile en etkili parametrenin malzeme olduğu, bunu %35,79 ile kavis değerinin izlediği ve %1,84 ile en az etkili parametrenin sac kalınlığı olduğu sonucuna varılmıştır.

Analiz parametrelerinin geri esneme üzerindeki etkisinin grafik olarak ifade edildiği ana etki grafiği Şekil 7'de verilmiştir.

**Şekil 7: 4mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için ana etki grafiği**

Şekil 7'deki R_{p1} ve R_{p3} değerleri 4 mm olan çift S bükme için en büyük değişimin malzemenin akma dayanımında olduğu görülmektedir. Daha sonra R_{p2} kavisinin geri esneme üzerinde etkili olduğu en az etkiye ise sac kalınlığının neden olduğu belirlenmiştir. Malzemenin akma dayanımının artması geri esneme değerini artırırken, kavis değerinin artması geri esneme değerinin azalmasına sebep olmuştur. Sac kalınlığına bakıldığında, sac kalınlığının 1 mm'den 1,5 mm'ye arttığında geri esneme değeri azalırken, sac kalınlığı 1,5 mm'den 2 mm'ye çıkarıldığında geri esneme değeri artmıştır.

Bağımsız değişkenlerin geri esneme üzerindeki etkilerinin gösterildiği Etkileşim grafiği Şekil 8'de verilmiştir.

**Şekil 8: 4mm R_{p1} ve R_{p3} değerleri için interaktif etkileşim grafiği**

Şekil 8’de, R_{p1} ve R_{p3} kavisleri 4 mm için malzeme, sac kalınlığı ve R_{p2} kavisinin birbiri ile etkileşimleri görülmektedir. Burada, en önemli değişimin malzemenin akma dayanımında olduğu, akma dayanımı daha düşük olan malzemelerde geri esneme değerlerinin az olduğu sonucuna varılmaktadır. Sac kalınlığının ise geri esneme üzerinde fazla bir değişime sebep olmadığı ancak çok az da olsa malzeme kalınlığının artmasının geri esneme değerlerini azalttığı görülmektedir. Kavisin ise yine geri esneme üzerinde önemli bir etken olduğu kavis arttıkça geri esneme değerlerinin azaldığı Şekil 8’deki grafiklerde net olarak ifade edilmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, DP600 ve DP1000 malzemeler kullanılarak yapılan şekillendirme analizleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- U-bükme işleminde çift-S köşe formunun büküm kavisinde oluşan gerilmeleri dengelediği ve bu sayede geri esneme oranlarını düşürdüğü tespit edilmiştir.
- Kullanılan her iki sac malzeme (DP1000 ve DP600) için tüm sac kalınlıklarında en uygun kavis değerleri $r1=2$, $r2=12$, $r3=2$ olarak belirlenmiştir.
- Malzemenin akma dayanımı arttıkça geri esneme değerleri de artmıştır.
- Sac kalınlığı arttıkça gerisnemenin azaldığı gözlemlenmiştir.
- Artan $r2$ kavis değerleri geri esnemeyi düşürmüştür.

5. Kaynakça

- [1] Choi, J., Lee, J., Bong, H.J., Lee M.G., Barlat, F., “Advanced constitutive modeling of advanced high strength steel sheets for springback prediction after double stage U-draw bending”, *International Journal of Solids and Structures*, 151, 152-164, 2018.
- [2] Kaupper, M., Merklein, M., “Bendability of advanced high strength steels—A new evaluation procedure”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 62, 247–250, 2013.
- [3] Löbbecke, C., Tekkaya, A.E., “Mechanisms for controlling springback and strength in heat-assisted sheet forming”, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 67, 273–276, 2018.
- [4] Zhao, Y., Peng, L., Lai, X., “Influence of the electric pulse on springback during stretch U-bending of Ti6Al4V titanium alloy sheets”, *Journal of Materials Processing Tech.*, 261, 12–23, 2018.
- [5] Çavuşoğlu, O., Gürün, H., “Statistical evaluation of the influence of temperature and surface roughness on aluminium sheet metal forming”, *Transactions of Famena*, 41, 57-64, 2017, Doi:10.21278/TOF.41305
- [6] Çavuşoğlu, O., Toros, S., Gürün, H., “The effects of temperature and strain rate on yielding and springback behaviour of DP1000 dual phase steel”, *Mater. Res. Express*, 6, 1-11, 2019, Doi:10.1088/2053-1591/aaea29
- [7] Özdemir, M., Gökmeşe, H., Dilipak, H., Yılmaz, V., Gürün, H., Effect On The Micro-Structural And The Behavior Against Formability Of Wear Resistant Sheet Material, IISS’15, 1-3 April 2015, 740-744, Karabük, Turkey
- [8] Özdemir, M., Gökmeşe, H., Dilipak, H., Yılmaz, V., Asınmaya Karşı Dirençli Sac Malzemenin Mikro Yapısal Karakterizasyonu ve Şekillendirilebilirliğinin incelenmesi, GU J SciPart:C, 2015, 3(1):385-393
- [9] Fouda, N., El-Bana, R., Samuel, M., “ Experimental and Numerical Prediction of Spring back in U-bending Process”, *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, 15(3), 28-38, 2015
- [10] Gürün, H., Çavuşoğlu, O., Çaydaş, U., Özek, C., Çelik, M., “AA2024 Alaşımının V-Bükme İşlemi Sonrasında Geri Esneme Davranışlarının İncelenmesi”, *Science and Eng. J of Fırat Univ.*, 30(1), 1-8, 2018
- [11] Çavuşoğlu, O., Toros, S., Gürün, H., “Microstructural deformation analysis of DP1000 dual phase steel”, 3rd international conference on material science and technology in cappadocia (IMSTEC’18), September, 17-19, 2018, 92-95, Nevşehir, Turkey.
- [12] Gürün, H., Infante, D.D., Altan, T., “Reducing springback in U and hat bending of AHSS”, *STAMPING JOURNAL*, 16-17, August 2017.
- [13] Yıldırım, S., Gürün, H., Dilipak, H., “Determination and modelling of the most suitable parameters that effect springback in U-bending operations”, *UDCS’19 Fourth international iron and steel symposium*, 315-318, 4-6 April, 2019, Karabük.
- [14] Yıldırım, S., Gürün, H., Dilipak, H., “Investigation of the effects of Re-bending with varied radii on springback in U-bending process”, 4th International conference on engineering technology and applied sciences (ICETAS), 273-276, April 24-28 2019, Kiev, Ukraine.



EFFECTS OF DBD PLASMA VORTEX GENERATORS ON LIFT AND DRAG COEFFICIENTS OF A NACA0012 AIRFOIL

Esra Türen¹, Hürrem Akbiyik², Hakan Yavuz^{3*}

^{1,2,3} Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği, Adana, Türkiye

esrkrbyk17@gmail.com, hakbiyik@cu.edu.tr, hyavuz@cu.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

In this study, active and passive flow control techniques are presented with the aim of reducing the drag coefficient and increasing the lift coefficient. The study is performed on a NACA0012 airfoil at Reynolds number of 55000. The presented passive flow control techniques are based on counter-rotating vane and wedge type of vortex generators. The active flow control techniques used in the study is dielectric barrier discharge plasma actuators type vortex generators. The experiments are performed in open-suction type wind tunnel. The passive and active vortex generators are mounted on the airfoil at the chord position of $x/C=0.2$. In the experimental study, dielectric barrier discharge vortex generators are activated at excitation frequency of 3 kHz and applied voltage of 6kV. In construction of dielectric barrier discharge vortex generators, kapton is used as the dielectric material. In the results section of the study, all studied cases are compared for their drag and lift coefficient effects. These results cover the active and passive techniques as well as the results for the base model. It is observed that the counter rotating vane type passive vortex generators are more effective than other models for reduction in drag coefficient. On the other hand, it is seen that the use of dielectric barrier discharge vortex generator plasma actuators have increased the lift coefficient more than that of the other models, however, they have not been observed to shift the stall angle placed at cord position of $x/C=0.2$.

Keywords: Plasma actuators, vortex generators, flow control, NACA 0012

1. Introduction

Passive control techniques are frequently used in the literature because they do not require energy input. Vortex generators (VGs) are small fins located on airplane wings. They are placed vertically on the airfoil used to smooth the flow over the wings. There are various vortex generators currently used in airplanes, such as Gothic, rectangular, parabolic, triangular and ogive VGs (Vidhyasri, 2017). VGs are used in both active and passive flow control applications. In such applications mainly their use aims at increasing lift, reducing drag and shifting of the stall angle. The increased lift and reduced drag allows aircrafts to use relatively shorter runways to take-off and to land. The vortex generators are currently used in aircraft wings to prevent turbulence by producing vortices.

Vortex generators are used as passive flow control methods in many areas such as airplanes, helicopters, wind turbines and compressors. The common form of vortex generators forms are rectangular, triangular, parabolic, ogive and gothic types. Both rectangular and triangular VG shapes were tested by Fouatih, Medale et al. (2016). In this study, many parameters such as thickness, location from the leading edge, yaw angle, height of vortex generators, position and direction are compared. As a result of these comparisons, triangular shape swirl generators are found to be most suitable for controlling boundary layer separation. Gopinathan and Ganesh (2015) reported a study on the NACA0012 flow separation control over airfoil performed in the wind tunnel tests. They have shown that the attack angle considered in this study is sufficient stall-delaying effect of vortex generators. Wang et al. (2017) reported that the counter rotating device appeared to be more effective than co-rotating actuators to increase skin friction. As a result of this study, it has been observed that the vortex generators can effectively improve the aerodynamic performance of the airfoil S809.

Unlike the passive flow control methods, the active control methods requires an external energy source. In active flow control methods, the structure of the flow field or the shape of the airfoil is altered by using an external energy. Plasma actuators and synthetic jets are such examples of active flow control methods. Moreau et al. (2013) reported a study on a plasma vortex generator where the relationship between the spanwise-directed body force and the approaching boundary layer related results are presented. In their experimental study, Akbiyik et al. (2016) investigated the effect of vertically placed plasma actuators on lift and drag force acting on NACA0015 airfoil. Five dimensionless electrode lengths are used as $L/C = 1.1, 1.05, 1.0, 0.95, \text{ and } 0.90$ for an active flow controller. The lift and drag coefficients are examined with different of attack angles. Choi et al. (2015) reviewed recent developments in plasma virtual actuators. Plasma virtual actuators have better aerodynamic performance that can replace traditional actuators for flow control. It is demonstrated that the design of these virtual plasma actuators does not require high jet speed. Therefore, they can be used in automobiles or in unmanned aerial vehicles.

In this study active and passive flow control methods are used for analysis. In the study, Reynolds number $Re= 55000$ is used. As a result of this study; the reduction of drag and increase of the lift coefficients are observed. One of the most important results of this study is to shift the stall angle from 10 to 12 degrees by use of the vortex generators.

2. Experimental Setup

The test system is used a wind tunnels with a length of 570 mm x 570 mm x 1000 mm. NACA0012 is selected for use in the experimental test system. The chord length is 150 mm and spanwise length 560 mm of the airfoil. The wing profile is manufactured using PLA



filament with the help of the 3D printer Zortrax m200. Also, passive flow control element placed on the wing profile is produced from PLA material as shown in Figure 1. Thus, counter rotating and wedge type elements are used in the flow control. The geometric parameters for both passive flow control elements are determined as $5 \times 50 \times 55$ and 6 pieces are placed on the wing. The positions of these vortex generators on the wing were determined as $x/C = 0.2$.

In the experiment, DBD plasma actuators were used as active flow control elements. The plasma is generated by using two electrodes. One of the electrodes is embedded and grounded while the other is applied a high voltage. The kapton material with a thickness of 0.005mm is laid as a dielectric material between these electrodes. As seen in Figure 2, the position of the DBD plasma actuators as in the passive flow control element are again $x/C = 0.2$. The active area of the plasma used in the flow control is laid to be the same as the counter rotating and the geometrical area in the wedge model. The plasma excitation frequency is set to 3 kHz and the applied voltage is arranged at 6 kV_{pp} value.

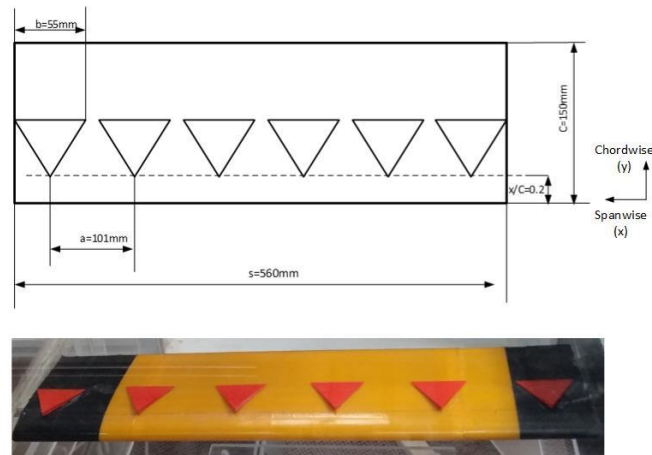


Figure 1: Placement of vortex generators

A hand-made power amplifier was used in the formation of the plasma. The TDS2012B model oscilloscope was used to observe excitation frequency and applied voltage measurements. In addition, P6015A high voltage probe was connected to the oscilloscope for the measurement of these values. The 80i110s model current probe connected to the oscilloscope was used to measure and adjust the current values.

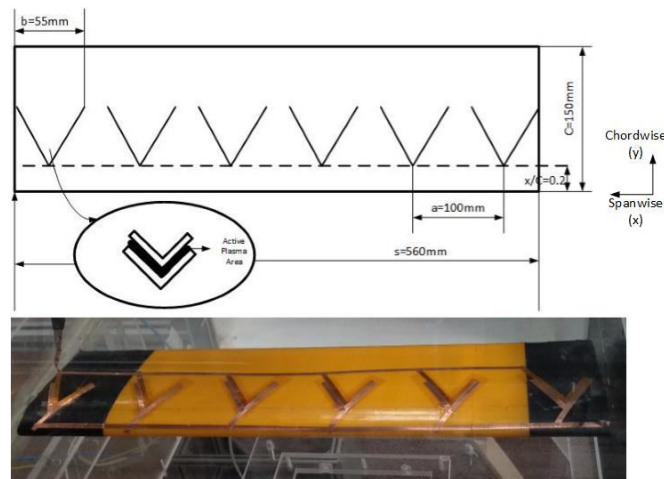


Figure 2: Placement of plasma actuators

In order to measure drag and lift forces, ATI Gamma model six axes load cell is used as it seen in Figure 3a. Test model mounted on a rotary unit to arrange attack angle of the model. As it seen in Figure 3b, ATI DAQ F/T software is used in order to get force measurements. The measurements are taken at 1000 Hz sampling frequency and $10\ 000$ values were averaged during a 10 second period. Therefore, 100 sampled values are taken for each measurement and it is repeated twice to make the measurements more reliable.



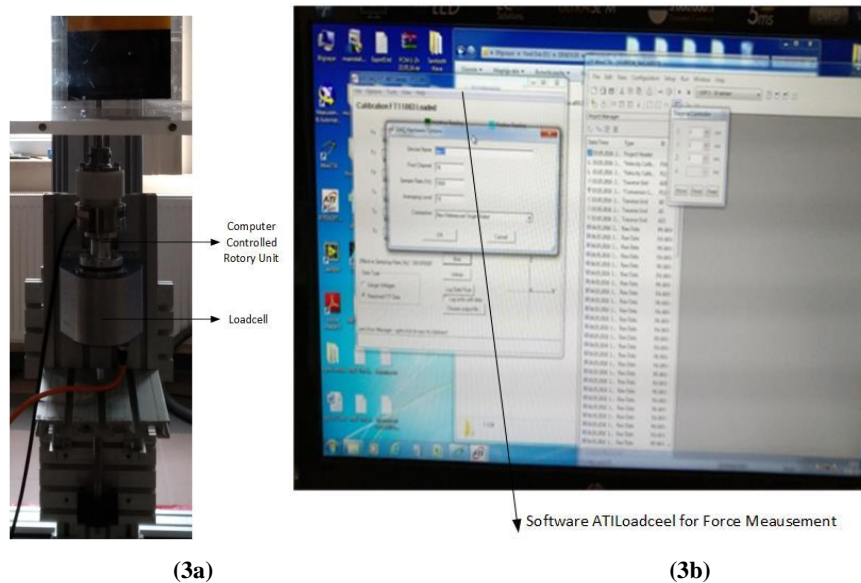


Figure (3a) Load cell and rotary unit (3b) Software of force measurement system

3. Result and Discussion

As a part of the study, an aircraft wing with passive vortex generators and DBD plasma actuator based active control actuators are investigated. The experimental results are compared for the C_D for Reynolds number $Re = 55000$. It is observed that there is a reduction in drag coefficient for all models. For all methods the stall angle stage, the lowest drag force is obtained in vane type passive vortex generator based passive method. For the vane type passive method, the best results were obtained in post stall region. It has been observed that the plasma actuator and vane type passive methods which are in the post-stall angles between 10° and 15° have better results than the flow control techniques for wedge type passive model. At these values, no improvement is obtained for the wedge type passive control technique.

As a result of passive vortex generators and DBD plasma actuators as active control elements were investigated for C_L chart at $x/C = 0.2$ position with Reynolds number of 55000. In the section up to the stall angle, the best lift increase occurred in the open position of the plasma actuator and there was no improvement in the lift increase in vane type and wedge type passive model. At post-stall-angles, a better increase is observed between the wing type and the wedge type passive flow control technique compared to the plasma actuator, and an improvement in the lift is observed while the lift is increased between $10^\circ - 12^\circ$ in the open position of the plasma actuator, while the lift decreases between $12^\circ - 15^\circ$. After the stall angles (15° and after) there has been an increase in the lift for all models. The stall angle is 10 degrees for the plasma and 12 degrees for the vortex generator. Stall angle is observed to be shifted by 2 degrees with vortex generator. Vortex generator is found to be less effective for attack angle while vane type passive model. But vane type passive model while the effect is observed to be long. The vortex generator is more effective for attack angle while wedge type passive model. However, the wedge type passive model effect is observed to be effective in the narrow range.

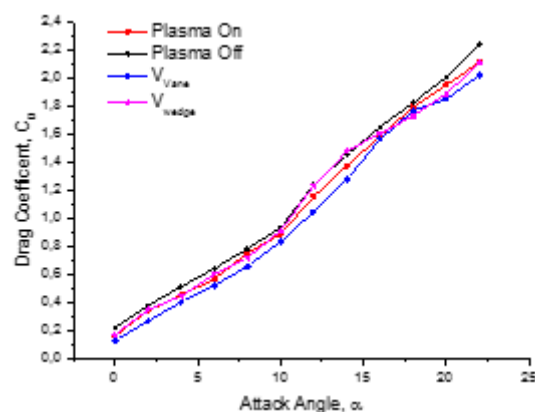


Figure 4: Drag Coefficient of the NACA0012 airfoil

In Figure 5, the lift coefficient results for base model, DBD-VGs, passive types of vane and wedge vortex generators are presented. The results indicate that the plasma improves the lift coefficient of the airfoil relative to the base model. Due to the position of the plasma actuators ($x/c = 0.2$), it does not seem to contribute to the stall shifting effect as flow starts to separate from the surface of the



airfoil at this point. As illustrated in Figure 5, the lift coefficient properties presented in the figure illustrate a different form for the passive techniques presented namely as vane and wedge VGs. In the results for wedge VG, the stall angle is shifted about 2° . As well as stall, the post stall regime is also shifted with a new form resembling post stall output form of the base model. On the other hand for the case of vane VG, a drop of lift coefficient is observed along with a unclear stall point.

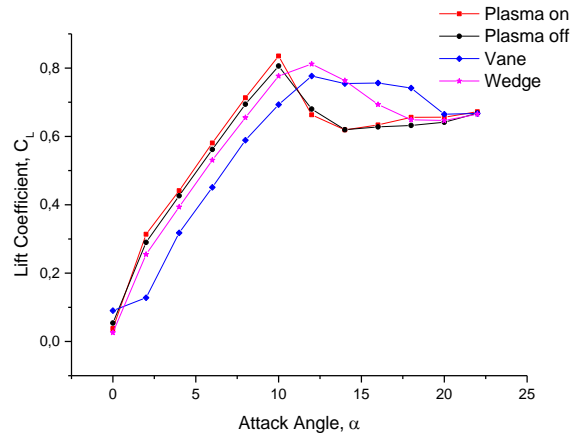


Figure 5: Lift coefficient results of the NACA0012

4. Conclusion

In this study, counter-rotating vane, wedge and DBD plasma actuators based vortex generators are placed on the NACA0012 airfoil at $Re = 55000$ intending to reduce the drag coefficient and to increase the lift coefficient. Passive control devices and DBD-VGs are used as active flow control devices. In addition, the counter-rotating vane and wedge type vortex generators are used in the experiments. Passive and active vortex generators are mounted in the chord position of the airfoil ($x / C = 0.2$) and experiments are performed in open-suction type wind tunnel. In addition, in experiments of DBD-VGs 3 kHz excitation frequency and 6 kV high voltage is applied.

As a result of the experimental study, a plain airfoil model and three cases are examined. The effects of the results are compared to the effects of drag coefficient and lift coefficient. Counter rotating vane type passive vortex generators have been observed to be more effective than other models for reduction of drag coefficient. In addition, it has been determined that the use of DBD-VGs plasma actuators has greater lift coefficient than other models. An improvement of 10° to 12° is observed in the stall angle. The vortex generator vane type passive is also less effective for the attack angle and wedge type passive is more effective for the attack angle. However, the effect of vane type passive is longer and the wedge type passive effect is more effective in narrower range.

5. References

- Akbiyık H., Yavuz H., Akansu Y. E., (2016), "Investigation of The Effect of The Plasma Actuators Vertically Placed on The Spanwise of NACA0015 Airfoil ", 8th International Exergy, Energy and Environment Symposium (IEEES-8), May 1-4, Antalya
- Choi, K.-S., Jukes, T.N., Whalley, R.D., Feng, L.H., Wang, J.J., Matsunuma, T. and Segawa, T., (2015), "Plasma Virtual Actuators for Flow Control. *Journal of Flow Control*", Measurement & Visualization, 3, 22-34
- Moreau E., Debien A., Benard N., Jukes T., Walley R., Choi K.-S., Berendt A., Podlinski J., Mizeraczyk J., (2013), "Surface Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators", ERCOFTAC Bulletin 94
- Jukes T. N., Choi K. S., (2011), "Dielectric Barrier Discharge Vortex Generations: Characterisation and Optimisation For Flow Separation Control"
- Jukes T. N., Segawa T., Furutani H., (2013), "Flow Control on a NACA 4418 Using Dielectric Barrier Discharge Vortex Generators", AIAA JOURNAL, Vol.51
- Gopinathan V. T., Ganesh M., (2015), "Passive Flow Control over NACA0012 Aerofil using Vortex Generators", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181 Vol. 4 Issue 09
- Fouatih O. M., Medale M., Imine O., Imine B., (2016), "Design Optimization of the Aerodynamic Passive Flow Control on NACA 4415 Airfoil Using Vortex Generators", European Journal of Mechanics B/Fluids ,56, 82-96,
- Wang H., Zhang B., Qiu Q., Xu X., (2017), "Control on the NREL S809 Wind Turbine Airfoil Using Vortex Generators", Energy 118, 1210 – 1221
- Vidhyasri E., Narentharan T.E., Naveenkumar M., Manohar M., (2017), "Design and Analysis of Vortex Generator To Reduce Drag Force In Sedan Vehicle", International Journal of Advanced Science and Engineering Research Volume:2, Issue: 1



REVIEW OF ACTIVE AND PASSIVE FLOW CONTROL TECHNIQUES FOR AVIATION APPLICATIONS

Esra Türen¹, Hürrem Akbiyik², Hakan Yavuz^{3*}

1,2,3 Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği, Adana, Türkiye

esrkrbyk17@gmail.com, hakbiyik@cu.edu.tr, hyavuz@cu.edu.tr

*Corresponding Author

Abstract

In this study, reviews of flow control techniques are presented. In the literature, there are mainly three flow control techniques namely as active, passive and hybrid flow control methods. In order to provide the details for the differences between active and passive control techniques, they are examined in detail with specific techniques that are presented in the study. In passive flow control methods no external power source is needed. These techniques are based on using additional elements that modifies the surface or geometry of the airfoil. There are a number of passive flow control methods such as geometric shaping, use of vortex generators, roughness, bump, groove and end flap types. In active flow control methods, there is a need for external power source or external energy. In simple terms, the active flow control methods are defined as methods by which the structure of the flow field or shape of the airfoil is modified by using external energy. Examples of active flow control techniques are plasma actuators and synthetic jets. As a part of synthetic jets, steady suction or blowing and unsteady suction or blowing types are reviewed. It has been seen that the presented methods in this study play an important role in improving the aerodynamic performance of systems by preventing the flow separation, reducing sound level, reducing the amount of vibration, shifting stall angle, increasing the lift coefficient and decreasing the drag coefficient

Keywords: Active flow control, passive flow control, aviation application

1. Introduction

Flow control applications have become a topic that has attracted the attention of researchers more and more with increasing usage areas. The onset of flow control applications dates back to the 19th century. In the 20th century, Prandtl (1994) began investigations with the finding that the boundary layer had a significant effect in flow control methods. Drag reduction, lift increase, lift to drag ratio increase, skin friction reduction, improvement of flow area distribution are the main parameters in improvement in flow control applications. Many researchers have been carried out studies on the classification and performance improvement of active and passive flow control methods that are important topics of today and the future. Moghaddam and Neishabouri (2017) examined the active passive flow separation control techniques in aircrafts. In this study, common methods used for active and passive flow control applications are classified. As a part of our study, we investigated the use of these methods in the active and passive methods, especially in aircraft wings.

2. Flow Control

The flow control techniques offer a great deal of advantages for aircraft engineering applications with a small configurationally changes. So it attracts the attention of many engineers. Flow control methods are classified as active and passive flow control methods. In the flow control, many parameter changes can be achieved, such as lift increase, drag reduction, separation delay, noise reduction and reduction of skin friction. These parameters may have positive or negative effects on the other parameters.

Flow Control Techniques	
Active Flow Control Methods	Passive Flow Control Methods
<ul style="list-style-type: none">• Plasma actuators• Piezoelectric actuators• Synthetic jet actuators• Moving surface• Macro fiber composite materials	<ul style="list-style-type: none">• Vortex generators• Roughness• Bump• Groove• End flap

Figure 1. Flow control methods

3. Active Flow Control

The active flow control methods mainly consist of two parts. One of them is predetermined methods and the other is reactive methods. Predetermined methods, regardless of the state of flow, are made of stable or unstable energy expenditure. Piezoelectric actuators and oscillator blowing are predetermined methods. Reactive methods include sensors at the input of the actuators for power consumption in flow control. Thanks to these sensors, energy can be regulated easily.



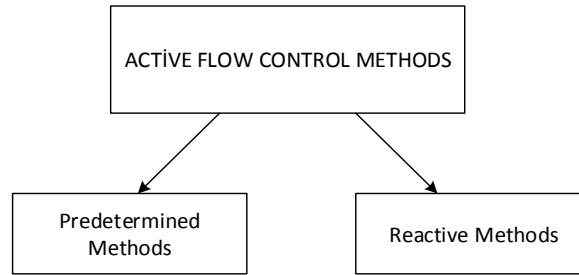


Figure 2: Active flow control methods

4. Actuators

An actuator is a converter in the active flow control system. The aim of the actuators is to achieve a high response time with low energy consumption to achieve cost and reliability. Plasma actuators, easy installation, low mass and fast response time due to the application area is expanding day by day. Wang et al. (2013) examined recent developments in DBD plasma actuators, one of the active flow controls. Moving of surface actuators are preferred because they are capable of producing streamwise and streamline vortices and are very suitable for feedback control applications. The synthetic jet actuators provide active flow control by moving the flow through a small gap to form vortex rings. Montezer et al. (2016) injected synthetic jet of active flow control methods on NACA 0015 aircraft wing. They have observed that synthetic jets are more effective for post-stall angles of attack and up to 60% of the lift and drag ratio. Blowing is the process of entering the boundary layer and separating the suction liquid from the boundary layer. Yousefi et al (2014) reported active flow control applications using suction and blowing, the jet width of the vertical blowing small jet width, horizontal blowing was determined to be in the optimum range for NACA 0012 airfoil.

5. Passive Flow Control

Passive control techniques do not require an additional power supply. Geometry change, vortex generators, roughness, bump, groove and end flap are passive control methods. Gapinathan and Ganesh (2015) investigated the effects of placing vortex generators on the NACA0012 aircraft wing. They examined the increase in lift coefficient and drag coefficient decrease by the addition of vortex generator. Fauatih et al. (2016) examined changes in the geometry of vortex generators from passive flow controls on NACA 4415 aircraft wing. They examined the changes in thickness, length, position and angle of vortex generators. The surface roughness of an object may increase the resistance coefficient of a spherical object depending on the Reynolds Number. Roughness was observed to determine performance due to earlier boundary-layer transition, increased boundary-layer gating and flow separation. Lee and Jang (2005) investigated the effects on friction by forming micro riblet troughs on NACA0012 aircraft wing. Micro-riblet grooves have reduced the friction coefficient by 6.6% compared to smooth surface wings.

6. Flow Separation

The boundary layer formed on the surface of an object is formed when the counter-pressure increases with the increase in the size of the surface. Delay flow separation is ensured by allowing the boundary layer to remain connected to the body for as long as possible. If the flow separation occurs early, it causes friction and decreases the lift.

6.1. Drag

The drag force is occurs in the opposite direction with respect to the direction of movement of the fluid. Drag, pressure and skin friction drag is divided into two parts. Drag occurs because the total kinetic energy of the fluid changes when the velocity of the body changes. Skin friction drag is the friction created by the liquid on the surface of the object. Gibertini et al. (2015) examined friction reduction by using vortex generators from passive control techniques on helicopter. They observed a significant reduction in friction of approximately 5% in an attack angle of 0°.

6.2. Lift

As seen in the figure, there are three components on a moving solid body. The first of them has a lifting component perpendicular to the direction of movement. Secondly, there is a drag force component in the parallel direction. Finally, it consists of side force component.



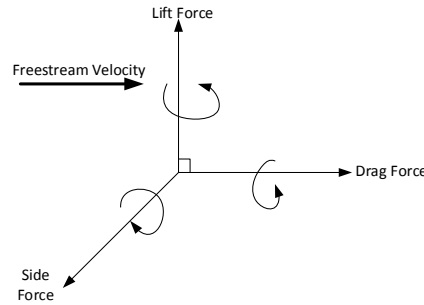


Figure 3. Force components

There are many parameters to improve flow control methods. One of these is the increase in lift. Lift increase is desirable. Many researchers have been carried out on this subject until today. Akbıyık et al. (2016), changing the L / C ratio on the wing profile of NACA0015 ($L / C = 1.1, 1.05, 1.095, 0.90$) and in the range of different attack angles (0, 5, 10, 15) in the increase of drag reduction and lift were examined. The attack angle was observed to have a maximum improvement in the lift coefficient of about 110% at 12. Svorcan et al. (2016) observed continuous blowing technique in NACA 0012 wing profile. In this study it was observed that the increase in lift coefficient and lift to drag increase.

6.3. Boundary Layer

Multi Lin and Pauley (1996) Eppler 387 airfoil unstable boundary layer separation different angle and Reynold Numbers were examined. It was observed that when the angle of attack increased, the separation point moved upwards and the main separation zone of the unstable boundary layer decreased with the increase of the Reynold Number. Im et al (2013) using dielectric barrier discharge vortex generator (DBD-VG) in the direction of flow, forced inducted vortices were examined in the boundary layer without a discharge slot. It has been observed that DBD VGs lead to a more dominant separation control of DBD with activated discharge volumes and negative pressure gradient configurations. James et al. (2017) examined the boundary layer separation control on the NACA 0012 airplane wing. Boundary layer separation control was found to be important for the flow area.

6.4. Leading Edge

Chandrasekhara et al. (2004) examined the dynamic pause control of the VR-12 wing with a variable sagging front edge air hook. The flow through the front edge was observed to reduce the reverse pressure gradient and compressible dynamic stop when the leading edge was lower than the critical value. Jahari et al. (2007) examined the drag, lifting and bending moments of an air wing with front edge projections on the NACA 63-021 aircraft wing. It has been found that these wavelengths have a significant effect on the performance of the wings when the wavelength is low.

6.5. Wake Region

Wake region is the continuous flow region immediately behind a moving or stationary blind body caused by viscosity due to flow separation and turbulence. Benard et al. (2009) examined the effects of friction and lift coefficients on stable and unstable motion by installing DBD (Dielectric barrier discharge) on the front edge of NACA 0015 aircraft wing. It has been observed that the coefficient of friction decreases and the stop can be delayed by $1-2^\circ$

6.6. Shifting Stall

It is formed by exceeding the critical attack angle to be stall. The critical attack angle is generally 15 degrees. This degree can vary with the difference in the Reynolds Number. In the case of a stall, a reduction in the removal coefficient will occur as an attack angle increases. A lot of work is being done to delay this situation. Amitay et al. (2001) investigated the separation of flow by using synthetic jet actuators over a symmetrical airfoil. When the actuator was placed closer to the separation point, it was seen that the momentum required for reattachment of the separated air was reduced.

7. Conclusion

Nowadays, flow control techniques are now increasingly available in many studies. therefore, it has become a remarkable topic from many researchers. In this study, we talked about flow control techniques and their importance. He was informed about the content of active and passive control methods in flow control techniques. Although plasma actuators and synthetic jets from active flow control techniques are a method of sharing today, they are used in many fields in other methods. Although effective flow control techniques have some limitations in terms of use, a more effective friction reduction occurs than passive methods. Passive flow control techniques are now preferred due to their ease of use. Vortex generators from passive control techniques are becoming more prominent today. It is highly preferred in the case of limitations in active methods by taking passive methods without the need for an external power.

8. References

Gibertini G., Boniface J. C., Zanotti A., Droandi G., Auteri F., Gaverieux R., (2015), "Helicopter Drag Reduction by Vortex Generators", Aerospace Science and Technology, 47 324-339



- Siauw W. L., Bonnet J. P., (2017), “*Transient Phenomena in Separation Control over a NACA 0015 Airfoil*”, International Journal of Heat and Fluid Flow, 67 23-29
- Gapinathan V. T. and Ganesh M., (2015), “*Passive Flow Control over NACA 0012 Aerofoil using Vortex Generators*”, International Journal of Engineering Research and Technology, 2278-0181 Vol:4, Issue 09
- Fauatih O. M., Medale M., İmine B., (2016), “*Design Optimization of the Aerodynamic Passive Flow Control ON naca 4415 Airofoil using Vortex Generators*”, European Journal of Mechanics B/Fluids, 56 82-96
- Benard N., Jolibois J., Moreau E., (2009), “*Lift and Dreag Performances of an Axisymmetric Airfo,l Controlled by Plasma Actuators*”, Journal of Electrostatic, 67 133-139
- Amitay M., Smith D. R., Kibens Y., Parekh D. E., Glezer A., (2001), “*Aerodynamic Flow Control over an Unconventional Airfoil Using Synthetic Jet Actuators*”, AIAA Journal, Vol.39, No.3,
- Im Seong-K., Bak Moon S., Mungal Godfrey M., Cappelli Mark A., (2013), “*Dielectric Barrier Discharge-Induced Vortex Generation With Discharge-Actuated Boundary Layer Bleed*” IEEE TRANSACTIONS ON PLASMA SCIENCE, VOL.41, NO. 12, 3245-3253
- Lee S. J., Jang Y. G., (2005), “*Control of Flow around a NACA 0012 Airfoil with a Micro-Riblet Film*” Journal of Fluids and Structure, 20 659-672
- Jahari H., Henach C., Custodio D., Levshin A., (2007), “*Effects of Leading Edge Protuberances on Airfoil Performance*”, AIAA Journal, Vol.45, No.11
- Prandtl L., (1904), “*Über Flussigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung*”, Proceeding of the Third International Mathematics Congress, 484-91
- Moghaddam T., Neishabouri N. B., (2017), “*On the Active and Passive Flow Separation Control Techniques over Airfoil*”, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 248 012009
- Akbiyık H., Yavuz H., Akarsu Y. E., (2016), “*Investigation of the Effect of the Plasma Actuators Vertically Placed on the Spanwise of NACA0015 Airfoil*”, 8th International Exergy, Energy and Environment Symposium
- Montazer E., Mirzaei M., Salami E., Ward T. A., Romli F. I., Kazi S. N., (2016), “*Optimization of a Synthetic Jet Actuator for Flow Control around an Airfoil*”, IOP Conference Series Matrial Science Engineering, 152 012023
- Yousefi K., Saleh R., Zahedi P., (2014), “*Numerical Study of Blowing and Suction Slot Geometry Optimization on NACA 0012 Airfoil*”, Journal Mechanical Science Technology, 28 1297-310
- Gopinathan V. T., Ganesh M.,(2015), “*Passive Flow Control over NACA0012 Aerofoil using Vortex Generators*”, International Journal of Engineering Research and Technology, Vol.4, Issue 09, 2278-0181
- Chandrasekhara M. S., Martin P. B., Tung C., (2004), “*Compressible Dynamic Stall Control Using a Variable Droop Leading Edge Airfoil*”, Journal of Aircraft, Vol.41, No.4
- Multi Lin J. C., Pauley L. L., (1996), “*Low Reynolds Number Separation on an Airfoil*”, AIAA Journal, Vol. 34 No.8
- James S. E., Suryan A., Sebastian J. J., Mohan A., Kim H. D., (2018), “*Comparative study of boundary layer control around an ordinary airfoil and a high lift airfoil with secondary blowing*”, Computers & Fluids, Vol. 164, 50-63



APPLICATION OF THE GREY FORECASTING MODEL ON FLOW STRUCTURES

Halis Bilgil^{1,*}, İbrahim Şafak²

¹ Department of Mathematics, Aksaray University, Aksaray 68100, Turkey

² Erciyes University / Department of Mechanical Engineering, Kayseri, Turkey

Abstract

The flow structures in the double symmetrical flow regions such as rectangular cavity strongly depends on the cavity aspect ratio, A (height to width). The aspect ratio of the rectangular cavity is a control parameter such that flow structures with the same aspect ratio are similar.

The definition of aspect ratio for sectorial cavities is more complex than rectangular. The flow is governed by three physical control parameters within a sectorial cavity: the cavity aspect ratio, $A = \frac{r_1}{r_2}$ (where r_1 and r_2 are the radii of the inner and outer curved side-walls, respectively); the ratio ($S = \frac{U_1}{U_2}$) of the upper to the lower lid speed and the cavity angle θ . If θ is fixed, the flow structures with the same aspect ratio, A , are similar.

If the cavity angle is fixed, the flow structures is the same as long as aspect ratio is kept constant. However, for two cavities, in which the cavity angles are different, it appears that the flow structures are not similar, even if the aspect ratios are the same value.

In this article, we used the grey modelling theory on flow structures in the sectorial cavity. Therefore, it was shown at which aspect ratios similar flow structures could be obtained in sectorial cavities with different angle.

Keywords:

1. Introduction

The lid-driven cavity flow always received considerable attention due to their wide variety of applications such as electronic equipments, lubrication technologies, glass production, coating systems, drying and geophysics phenomena [1-5]. The flow in a cavity with a single moving lid and varying aspect ratio, A , has been used extensively as a benchmark model for testing various numerical solution methods [6-7].

Most of the recent published literature on 2-D cavity flows deals with the eddy structure, bifurcations and streamline topologies.

There are more authors who have considered Stokes flow in rectangular cavity. They analyzed the flow structures in a rectangular cavity with different aspect ratios (A) and it is shown that if aspect ratio of cavities are fixed the flow structures and bifurcations do not change.

In the present study we consider Stokes flow in a sectorial cavity which was first examined by Khuri (1996) using biorthogonality conditions following the method of Liu and Joseph (1977). The flow structures and bifurcations in sectorial cavity were presented by Gurcan and Bilgil (2013) for the fixed cavity angle. The effect of cavity angle on flow bifurcations in the sectorial cavity was presented by Bilgil and Dölek (2015).

It is the aim of the present work to reveal the same flow structures for which values of aspect ratio for the sectorial cavities with different cavity angle by using the grey modeling theory. Thus, previous studies on specific sectorial cavities are generalized.

In addition, an application of the grey modeling theory on flow problems is given the first time in this study.

2. The Boundary Value Problem for Sectorial Cavity

A two-dimensional sectorial cavity $v = \{r, \theta: r_1 \leq r \leq r_2, -\alpha \leq \theta \leq \alpha\}$ is filled with incompressible fluid (Fig. 1). Here,

$$-\frac{\pi}{4} \leq \theta \leq \frac{\pi}{4}, \quad r_1 \leq r \leq r_2.$$

$\psi(r, \theta)$ is the stream function and the flow governed by the biharmonic equations,

$$\nabla^4 \psi(r, \theta) = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right)^2 \psi(r, \theta) = 0.$$

The two control parameters are the ratio of the radii of the cylinders and the speed ratio of the moving lids:

$$A = \frac{r_1}{r_2}, \quad S = \frac{U_2}{U_1}.$$

The boundary value problem is shown in Fig. 1.



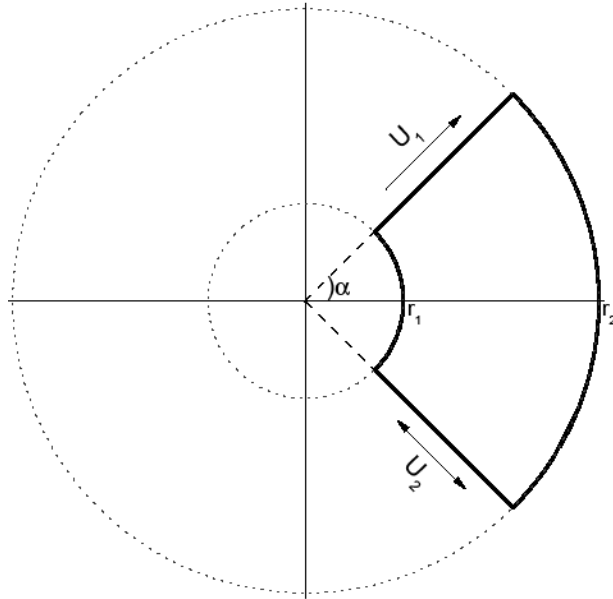


Figure 1: The geometry of a sectorial cavity.

$$\psi(r_1, \theta) = \psi(r_2, \theta) = 0, \quad \psi(r, \pm\alpha) = 0$$

$$-\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta}(r, \alpha) = U_1, \quad -\frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta}(r, -\alpha) = U_2$$

and on the side fixed walls,

$$\frac{\partial \psi}{\partial r}(r_1, \theta) = \frac{\partial \psi}{\partial r}(r_2, \theta) = 0.$$

Using the ideas of Joseph and Sturges (1978) and Khuri (1996) for a single lid driven sectorial cavity, the streamfunction with the separable solution of equation (2.2) for any value of S can be written as,

$$\psi(r, \theta) = \sum_{-\infty}^{\infty} [E_n \sin(\lambda_n \theta) + F_n \cos(\lambda_n \theta)] \phi_1^{(n)}(r).$$

The functions $\phi_1^{(n)}(r)$ are even Papkovitch-Fadle eigenfunctions of the form

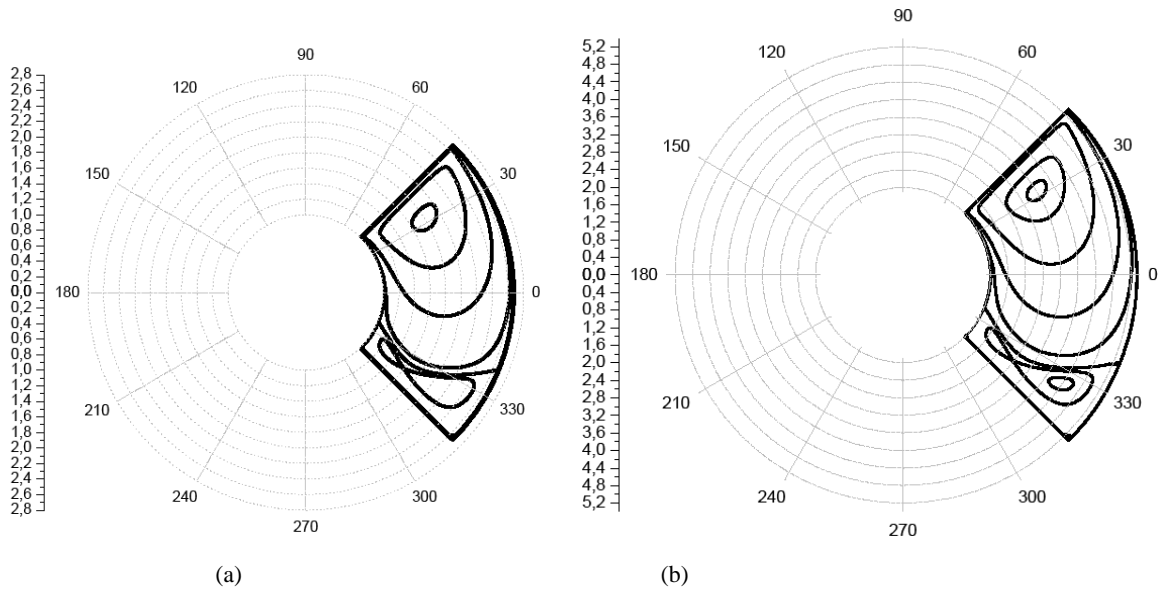
$$\phi_1^{(n)}(r) = a_n r^{\lambda_n} + b_n r^{-\lambda_n} + c_n r^{2-\lambda_n} + d_n r^{2+\lambda_n}$$

where λ_n are complex eigenvalues determined via a Newton iteration procedure. The coefficients a_n, b_n, c_n and d_n and corresponding eigenvalues λ_n are given in [11].

3. The Same Flow Structures

It is the aim of this section to track the same flow structures in the sectorial cavity for fixed A and S . the analytical solution of this problem was obtained by Khuri (1996) but the streamlines and bifurcations are given by Gurcan and Bilgil (2013).





**Figure 2: Flow structures in sectorial cavities with the same aspect ratio $A = r_2/r_1$ for $\alpha = \frac{\pi}{4}$ and $S = 0$. a) $r_1 = 1, r_2 = 2.67$
b) $r_1 = 2, r_2 = 5.34$**

It is seen that, if the cavity aspect ratio (A), cavity speed ratios (S) and cavity angle (α) are fixed, the flow structures are similar (see Fig.4 and Fig.5). By using the semi analytical solution it is seen that similar flow structures (see Fig.5) appears for as following cavity angle and aspect ratios:

Table 1: The properties of the cavity which have same flow structures

Cavity angle (α)	Aspect Ratio ($A = r_2/r_1$)	Speed Ratio (S)
$\pi/6$	1.936	$S = 0$
$\pi/4$	2.811	$S = 0$
$\pi/3$	4.3271	$S = 0$
$5\pi/12$	7.4144	$S = 0$
$\pi/2$	15.6501	$S = 0$



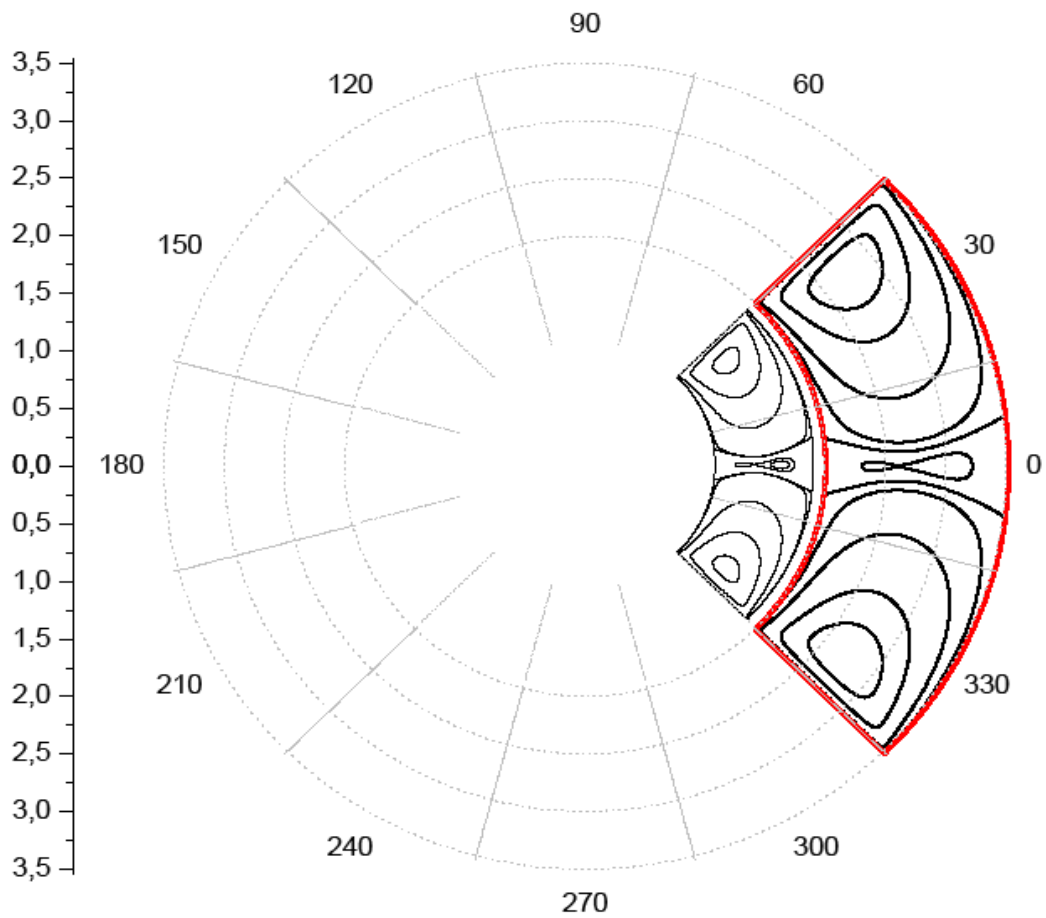


Figure 4: Symmetric flow structures in sectorial cavities with the same aspect ratio $A = r_2/r_1$ for $\alpha = \frac{\pi}{4}$ and $S = -1$. The left sectorial cavity $r_1 = 1, r_2 = 2.67$; the right (red framed) sectorial cavity $r_1 = 2, r_2 = 5.34$.

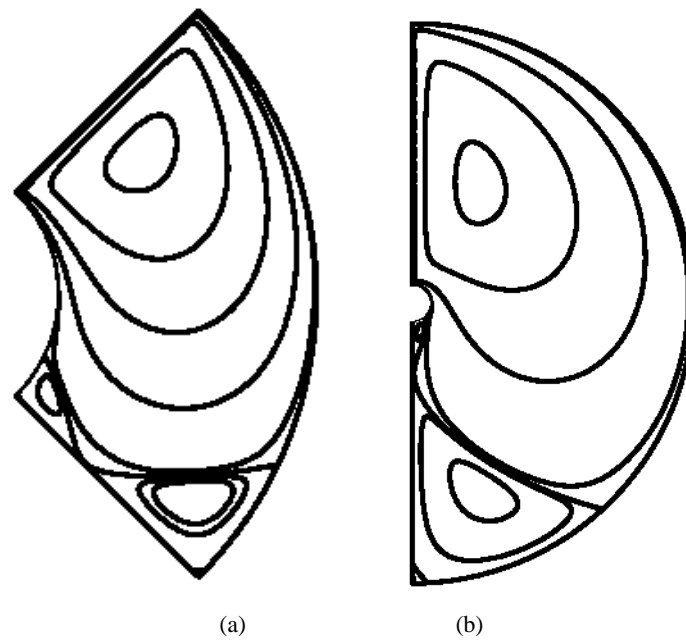


Figure 5: Sample flow structures for Table 1. a) $\alpha = \frac{\pi}{4}, A = 2.811$ b) $\alpha = \frac{\pi}{2}, A = 15.6501$



Flow structure for all parameters in Table 1 is given Figure 4. At this case, the flow consist of a single main eddy having its center in the cavity and two corner eddies near the bottom corners and these corner eddies meet each other at point $(\sqrt{r_1 r_2}, -\alpha)$. More details and the bifurcation diagrams about the flow structures can be seen in [1].

The main purpose of this study is to find out which aspect ratio the flow structures in the Table 1 will be obtained for other cavity angles. For example, If $\alpha = 2\pi / 3$ (or another), what should be the aspect ratio to obtain the flow structure in the Figure 5 ? The answer of this problem is theoretically unknown. Therefore, we applied the grey forecasting model to find an approximately aspect ratio.

4. Grey Modeling Theory

Grey modeling method plays an important role in grey systems theory and was first introduced by Deng (1982). This model is expressed in the form of GM(1,1) and is used to produce high precision estimates based on a small number of data [12].

The grey prediction modeling method has been used successfully in many fields such as industry, science and technology, economy, energy consumption [13-14]. Grey modeling methods provide effective results in estimating exponential number sequences.

Step 1: The initial data is created with an array of $X^{(0)}$ data.

$$X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)). \quad (5.1)$$

Step 2: $X^{(1)}$ accumulated generating sequence is created.

$$X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)) \quad (5.2)$$

where

$$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i).$$

Step 3: The first-order average value operator $Z^{(1)}$ is created.

$$Z^{(1)}(k) = \frac{x^{(1)}(k) + x^{(1)}(k-1)}{2}$$

where $k = 2, 3, \dots, n$

$$Z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n)) \quad (5.3)$$

Step 4:

The equation

$$x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b \quad (5.4)$$

is called the basic form of the GM (1,1) model.

a and b coefficients of equality are determined by the least squares method. Where k is the coefficient of development and progress of a time point a and b respectively [13]. The equation (5.4) can be expanded as,

$$Y = B\hat{a} \quad (5.6)$$

where,

$$B = \begin{pmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{pmatrix} \quad \hat{a} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}.$$

The goal is to determine a and b coefficients. The least squares are multiplied by B^T on both sides of the equation $Y = B\hat{a}$ according to the least squares method,

$$B^T Y = B^T B \hat{a}$$

and thence,



$$\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

can be found. The matrix multiplication algorithm and the least squares method are used to calculate the parameters of this model.

Step 5:

The Grey differential equation is defined follow as,

$$\frac{dx^{(1)}(k)}{dk} + ax^{(1)}(k) = b$$

where the grey developmental coefficient a and grey control parameter b are the model parameters to be estimated.

$$\hat{x}^{(1)}(k + 1) = \left(x^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right) e^{-ak} + \frac{b}{a} \tag{5.7}$$

is obtained in the form of ($k=1, 2, \dots, n-1$). The GM(1,1) model is a special modeling approach based on the exponential functions of the solution.

Therefore the prediction values can be generated by,

$$\hat{x}^{(0)}(k) = \hat{x}^{(1)}(k) - \hat{x}^{(1)}(k - 1), \quad k = 2, 3, \dots, n$$

It is clear that,

$$\hat{x}^{(0)}(1) = x^{(0)}(1).$$

5. Application and Conclusions

The results in the Table 1 were obtained by drawing. The data includes the cavity angle and aspect ratios of the cavity for the same flow structure. This section presents the other aspect ratio values for different cavity angles. The modelling values and predicted values by GM(1,1) are tabulated in Table 2.

Table 2: Numerical results obtained by the GM (1,1)

Cavity angle (α)	Aspect Ratio ($A = r_2/r_1$)	Speed Ratio (S)
$\pi/6$	1.936	$S = 0$
$\pi/4$	2.811	$S = 0$
$\pi/3$	4.3271	$S = 0$
$5\pi/12$	7.4144	$S = 0$
$\pi/2$	15.6501	$S = 0$
$7\pi/12$	46.1376	$S = 0$
$2\pi/3$	80.6980	$S = 0$
$3\pi/4$	150.13709	$S = 0$
$5\pi/6$	279.3271	$S = 0$
$11\pi/12$	519.6828	$S = 0$



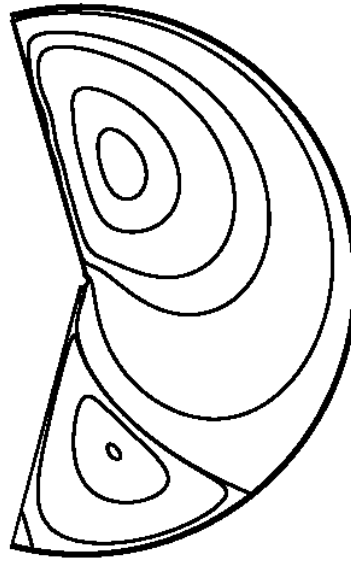


Figure 6: Flow structure for $\alpha = \frac{7\pi}{12}$, $A = 46.1376$.

Flow structure for $\alpha = 7\pi/12$ is given in Figure 6 to evaluate the results obtained. It is seen that the flow structure is very similar with Figure 5. Thus it is clear that the grey modeling theory successfully applied to flow problem in sectorial cavity. In addition, the all bifurcations diagram which is given in [10] can be extended for the other sectorial cavities with different cavity angle.

6. References

- [1] Gaskell, P.H., Savage, M.D., Summers, J.L. And Thompson, H.M., Modeling And Analysis Of Meniscus Roll Coating, *J. Fluid Mech.*, 113-137, 1995.
- [2] Thompson, H.M. Phd Thesis, University Of Leeds 1992
- [3] C. K. Aidun, N. G. Triantafillopoulos And J. D. Benson, Global Stability Of A Lid-Driven Cavity With Throughflow: Flow Visualization Studies. *Physics Of Fluids A* 3, 2081–2090, 1991.
- [4] Shankar, P.N., Deshpande, M.D., *Fluid Mechanics In The Driven Cavity*, *Ann. Rev. Fluid Mech.* 136, 2000, 93-136.
- [5] Oztop, H.F., Dagtekin, I., Mixed Convection In Two-Sided Lid-Driven Differentially Heated Square Cavity, *Int. J. Heat Mass Transfer* 47, 2004, 1761–1769.
- [6] Burggraf, O. Analytical And Numerical Studies Of The Structure Of Steady Separated Flows, *J. Fluid Mech.*, 1996, 113-151
- [7] Pan, F. And Acrivos, A. Steady Flows In Rectangular Cavities, *J. Fluid Mech.*, 28, 1967, 643-655.
- [8] Khuri, S.A., Biorthogonal Series Solution Of Stokes Flow Problems in Sectorial Regions, *Siam, J. Appl. Math.* 56, (1), 1996, 19-39
- [9] Liu, C.H. And Joseph, D.D. Stokes Flow In Wedge-Shaped Trenches, *J. Fluid Mech.*, 80, 1977, 443-463.
- [10] Gurcan, F. and Bilgil, H., Bifurcations and eddy genesis of Stokes flow within a sectorial cavity, *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, vol. 39, 2013, 42-51.
- [11] Bilgil Halis, Dölek Zarife, Effect of the Cavity Angle on Flow Structures in an Annular Wedge Cavity, "*Konuralp Journal of Mathematics*", 3, 2015, 1-16.
- [12] J.L. Deng, Control problem of grey system, *Syst. Control Lett.* 5, 1982, 288-294.
- [13] J. Cui, S.F. Liu, B. Zeng, N.M. Xie, A novel grey forecasting model and its optimization, *Applied Mathematical Modelling* 37, 2013, 4399–4406
- [14] X. Ma, Z. Liu, Y. Wang, Application of a novel nonlinear multivariate grey bernoulli model to predict the tourist income of china, *J. Comput. Appl. Math.* 347, 2019, 84-94.



KENT PARKLARINDA KULLANILAN DONATI ELEMANLARININ ERGONOMİK ÖZELLİKLERİNİN BİNGÖL PARKLARI ÖRNEĞİNDE İRDELENMESİ

Hüccet Vural^{1*}, Sülem Şenyiğit Doğan²

1,2 Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl, Türkiye

hvural@bingol.edu.tr

ssenyigit@bingol.edu.tr

* Sorumlu yazar

Özet

Kent parkları her yaşta insana serbest zamanlarında dinlenme, eğlenme, hoşça vakit geçirme, sanatsal, sportif ve sosyal aktivitelere katılma imkânı sunan kamusal alanlardır. Parklar aynı zamanda kentin fiziki gelişiminde, kent kimliğinin oluşmasında ve görsel cazibesinin artırılmasında önemli rol almaktadır. Kent parklarının bu amaçlara hizmet edebilecek nitelikte olması için peyzaj mimarlığı prensipleri doğrultusunda ve kullanıcıların ruhsal, fiziksel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte planlanması önem arz etmektedir. İyi bir tasarımın karakteristiğini ise kullanılacak malzeme ve donatılar yansıtmaktadır. Kullanılacak donatı elemanlarının seçiminde; malzemenin çeşidi, sayısı, dayanıklılığı, ergonomisi, antropometrik özelliği, çevreyle uyumu ve estetiği gibi çok yönlü kriterler göz önünde bulundurulmaktadır. Araştırmada Bingöl İl merkezinde bulunan parkların bu kriterler doğrultusunda incelenmesi amaçlanmış ve buna yönelik veri toplama-değerlendirme formu oluşturulmuştur. Arazide yapılan gözlem ve incelemelerde her bir park için veri toplama formu doldurulmuş ve görsellerle desteklenmiştir. Bingöl parklarında kullanılan donatı malzemeleri on iki başlıkta fonksiyon, sayı-ölçü ve görsellik bakımından yeterlilikleri 0-2 puan arasında değerlendirilmiştir. Puanlamada 0: hiç yok, 0,5: yetersiz, 1: orta derecede yeterli-yetersiz, 1,5: iyi ve 2: çok iyi olarak nitelendirilmiştir. 22 parkta yapılan incelemelerde her bir park için üç kriterde puanlama yapılmış ve elde edilen puan ortalamalarına göre yeterlilikleri belirlenmiştir. Buna göre 2018 yılında yapılan Kültür Parkı %68,75'lik puanlama ile en başarılı park olarak belirlenirken 3 park başarılı (%61-85), 8 park kısmen başarılı (%46-60), 10 park yetersiz (%31-45) bulunmuştur. Hiçbir parkın çok başarılı puan skalasına (%86-100) ulaşamadığı değerlendirilmiştir. Bir parkın ise çok yetersiz (başarısız) olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda kent parklarının tekrar gözden geçirilerek eksikliklerinin giderilmesinin kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanması bakımından gerekli olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bingöl parkları, ergonomi, park kriterleri, donatı elemanı, park yeterlilikleri*

1. Giriş

Kent parkları her yaşta insana serbest zamanlarında dinlenme, eğlenme, hoşça vakit geçirme, sanatsal, sportif ve sosyal aktivitelere katılma imkânı sunan kamusal alanlardır. Yapılaşmanın yoğun olduğu kentsel mekânlarda parklar insanlara stres atma ve kendini yenileme imkânı sunar (Polat ve Önder, 2004). Özellikle çocuklar için son derece önemli bir ihtiyaçtır. Bu bakımdan parkları kentin sosyal alanı olarak nitelendirilebilir. Rekreatif amaçların yanında iyi planlanmış parklarda eğitim, sosyal, kültürel ve sanatsal faaliyetlerin ve aktivitelerin gerçekleştirilmesi mümkündür. Ayrıca kentsel alanlarda yaşayan nüfus için aktif oksijen kaynağı ve kentin nefes veren alanlarıdır.

Kentin yeşil alt yapı sisteminin kurgulanmasında da önemli rol oynayan parklar açık ve yeşil alanlarının büyük bir kısmını oluşturur. Büyüklüklerine göre bölge parkı, kent parkı, mahalle parkı ve semt parkı gibi sınıflandırılmaya tabi tutulan parklar kentin fiziki gelişiminde, kent kimliğinin oluşmasında ve görsel cazibesinin artırılmasında önemli rol almaktadır. Kent parklarının yukarıda bahsedilen fonksiyonlarını sağlayabilmeleri için peyzaj mimarlığı prensipleri doğrultusunda ve kullanıcıların ruhsal, fiziksel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte planlanması önem arz etmektedir. Parkların tasarımında yer verilecek kullanım alanları kadar kullanılacak donatı elemanlarının niteliği de önemlidir. Genel olarak iyi bir tasarımın karakteristiğini ise kullanılacak malzeme ve donatılar yansıtmaktadır.

Herhangi bir peyzaj alanında yararlanıcıların konfor, bilgi, dolaşım, koruma, eğlenme gibi bir takım fiziksel gereksinimleri karşılayan elemanlar “Donatı Elemanı” veya “Kent Mobilyası” olarak tanımlanmaktadır. Donatı elemanları kent genelinde, açık-yeşil alanlarda, kullanıcıların sınırlanmadığı ve herkese açık alan olarak nitelendirilen kamusal alanlarda sabit veya hareketli birimlerdir. Hem kentsel alanlarda hem de kent parklarında kullanılan donatı elemanları alanın algılanabilirliğini ve yaşanabilirliğini artırmaktadır. Kullanıcıların parkla kurdukları görsel ve fiziksel bağlantı donatı elemanları ile sağlanmaktadır (Aksu ve ark., 2011; Erdoğan ve ark., 2011). Parkların kent estetiğine olan katkıları ile donatı elemanlarının parka kattığı görsellik paralellik taşımaktadır. Donatı elemanlarının estetik katkılarının yanında kullanıcıların gelişen ve değişen ihtiyaçlarını da karşılayacak nitelikte olması arzu edilir. Ayrıca donatı elemanlarının kullanıcılara rahat ve huzurlu bir ortamın sağlayabilmesi için kullanıcının fiziki ölçüleri ile uyumlu olması ve konforlu olması gerekmektedir.

Parklarda kullanılan donatıların seçilmesinde ergonomik ve antropometrik nitelik taşıması temel kriter olarak ele alınmaktadır. Kullanılan donatının insan vücudu ölçülerine uygunluğu “antropometri” kavramı ile, fiziksel çevrenin insanla uyumunu sağlama süreci ise “ergonomi” kavramıyla açıklanmaktadır (Bekci ve Taşkan, 2012). Ergonomi donatı elemanının insanla uyumunu ve etkileşimi anlayan ve tasarlamayı ele alan bir tekniktir (Bulut ve ark., 2008; Çelikiyay ve Karayılmazlar, 2016; Karayılmazlar, 2017). Her türlü



ürün ve yaşam alanlarının tasarımıyla uğraşan bir bilim dalı olarak ergonominin temel amacı; insanın sağlığını, güvenliğini, verimini ve yaşam kalitesini artırmaktır (Akın ve Önal, 2016; Akpınar Külekçi, 2018). Ergonomi bir taraftan kullanılan mekânın ya da donatının insan vücut ölçüleri ile uyumunu ele alırken diğer taraftan ses, iklimlendirme, aydınlatma ve insan psikolojisi ile uyumunu da ele almaktadır (Bekci ve Taşkan, 2012; Yeşil ve Beyli, 2018). Dolayısıyla ergonomi antropometriyi de içermektedir. Kent parklarında kullanılan donatıların belirlenmesinde temel prensip insan odaklı tasarım yaklaşımıdır. Ayrıca her bireyin genetik yapısı ve fiziki ölçüleri farklı olduğu göz önünde bulundurularak kullanılacak malzemeler belirlenmelidir. Parkların herkesin eşit bir şekilde yararlanma hakkı olduğu unutulmamalı ve özellikle engelli bireylerin de izole edilmeden parklardan yararlanmasına yönelik donatıların kullanılması sağlanmalıdır (Bekci, 2012; Akın ve Önal, 2016).

Donatı elemanlarının taşınması gereken tüm nitelikler ergonomi kavramı ile değerlendirilebilmektedir. Bununla beraber Başal ve ark. (1993)'e göre parklarda yer verilecek donatı elemanlarının belirlenmesinde;

- Tasarımlarında fonksiyonel ve estetik özellikler taşınması,
- Özgün tasarımlar içermesi,
- Bakımının kolay olması, bakım giderlerinin yüksek olmaması,
- Ergonomi ve çeşitli fiziksel özellikleri açısından belli standartlara uygun olması,
- Taşınabilirlik, monte edilebilirlik ve yedek parçaların bulunabilmesi açısından uygun olması,
- Çabuk bulunabilmesi, sağlam olması,
- Vandalizm'e dayanıklı olması gibi hususlarda da göz önünde bulundurulmalıdır (Yeşil ve Beyli, 2018).

Bu çalışmada Bingöl kentinde bulunan parklarda kullanılan donatı elemanlarının nitelik ve nicelik bakımından yeterliliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Donatı elemanları 12 başlıkta ve üç kriterde incelenmiştir. Bu kriterlerden fonksiyonellik kriterinde donatı elemanlarında kullanılan malzemenin çeşidi, dayanıklılığı, işlevini yerine getirme kabiliyeti, uygunluğu, güvenliği,... gibi kriterler göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Sayı kriterinde parkın büyüklüğü ve hizmet verdiği mahalle-sembol-kullanım yoğunluğu dikkate alınarak sayısal yeterlilikleri, ölçüleri, antropometrik özelliği... gibi niceliksel kriterler değerlendirilmiştir. Görsellik kriterinde donatı elemanının şekil, renk, biçim bakımından hem kendi içerisinde estetiği hem de çevreyle uyumu göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırmanın materyalini Bingöl kent merkezinde bulunan 22 park ve bu parklarda bulunan donatı elemanları oluşturmuştur. Parklarda incelenecek donatı elemanlarının belirlenmesinde öncelikle literatür taraması yapılmış ve veri toplama formu oluşturulmuştur. Donatı elemanlarının mevcut durumunun belirlenmesi amacıyla parklar gezilerek gözlem ve incelemelerde bulunulmuştur. Bazı durumlarda ölçümler yapılmış ve yer yer kullanıcılarla görüşülmüştür. Alan incelemelerinde parklar ve donatılar fotoğraflanmıştır. Araştırma materyalini oluşturan parklar, buldukları mahalleler ve alan büyüklükleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: İncelenen parklara ait bilgiler

Sıra No	Parkın Adı	Mahallesi	Alan Büyüklüğü (m ²)
1	Çır Şelalesi Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	7.950
2	Mevlana Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	6.900
3	Sülbüs Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	6.900
4	Farabi Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	6.900
5	Kent Parkı Millet Bahçesi	Selahaddin Eyyubi	41.882
6	Yüzenada Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	9.000
7	M.Fatih Safitürk Parkı	Recep Tayyip Erdoğan	6.288
8	Uzunsavat Parkı	Şehit Mustafa Gündoğdu	1.374
9	Sebze Hali Parkı	Şehit Mustafa Gündoğdu	4.200
10	15 Temmuz Şehitler Parkı	Saray Mahallesi	6.000
11	Sağlık Parkı	Saray Mahallesi	1.500
12	Karşıyaka Parkı	Karşıyaka Mahallesi	4.021
13	Mehmet Çibuk Parkı	Bahçelievler Mahallesi	6.615
14	Üçgen Parkı	Yeni Mahalle	4.300
15	Filistin Parkı	Yenişehir Mahallesi	3.000
16	Dört Yol Parkı	Genç Caddesi	7.000
17	Kültür Parkı	Eğitim Caddesi Yenişehir Mahallesi	35.000
18	B. S. Nursi Parkı	Kültür Mahallesi	7.740
19	İnalı Mahalle Parkı	İnalı Mahallesi	2.940
20	İnalı Yamaç Parkı	İnalı Mahallesi	6.000
21	Hulusi Bey Parkı	Saray Mahallesi	4.090
22	Simani Parkı	Simani Mahallesi	2.830

Araştırmada veri toplama, analiz ve senteze dayalı peyzaj araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Donatı elemanların değerlendirilmesinde Tanrıverdi (2001), Yücel (2006), Bulut ve ark. (2008), Akpınar Külekçi (2018) ve Yeşil ve Beyli (2018) tarafından belirlenen temel kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Puanlama ve nihai değerlendirmede ise Aksu ve ark. (2011), Erdoğan ve ark. (2011), Bekci ve Taşkan (2012), Çelikyay ve Karayılmazlar (2016), Akpınar Külekçi (2018), Yeşil ve Beyli (2018), tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır. Veri toplama formu alanda yapılan incelemeler esnasında doldurulmuştur. Veri



toplama formunda; donatı elemanlarının fonksiyon, sayı-ölçü ve görsellik bakımından yeterlilikleri 0-2 puan arasında puanlanmıştır. Puanlamada donatı elemanları ayrı ayrı 0: “hiç yok”, 0,5: “yetersiz”, 1: “orta derecede yeterli-yetersiz”, 1,5: “iyi” ve 2: “çok iyi” olarak nitelendirmek için kullanılmıştır. Puanlamalar sonucu her park için ortalama değer bulunmuş ve yüzdelik puana çevrilmiştir. Elde edilen puanların nihai değerlendirilmesinde; %0-30 başarısız, %31-45 yetersiz, %46-60 kısmen başarılı, %61-85 başarılı ve %86-100 çok başarılı olarak kabul edilmiştir.

3. Araştırma Bulguları

Araştırma bulguları parklarda yapılan gözlem ve inceleme sonuçları ile bu incelemeler sonucunda yapılan puanlama sonuçlarına dayanmaktadır. Alanda yapılan incelemelerde ortalama bir parkta bulunması gereken ve aşağıda açıklanan donatı elemanları ile ilgili tespitler şu şekildedir:

Zemin elemanları

Zemin elemanları park sirkülasyonunun sağlanması, oyun ve spor alanlarının oluşturulmasında önemli yer tutan donatı elemanlarından biridir. Zemin elemanlarının seçiminde güvenli yürümeyi sağlayacak malzemelerin tercih edilmesi gerekmektedir. Işığın yansıyan, kaygan ve takılma riski yaratan pürüzlü malzemelerin kullanılması güvenlik açısından sıkıntı meydana getirmektedir. Düşme ve yaralanma riski olan çocuk oyun alanlarında, bisiklet ve yürüme yollarında, spor alanlarında yumuşak malzemeler kullanılmalıdır. Zemin kaplamalarında malzeme seçimi kadar işçilikte önem arz etmektedir. Düze yakın zemin oluşturulmasının yanında yağmur durumunda su birikmelerini önleyecek kadar meyilli olmasına dikkat edilmelidir. Araştırma alanında bulunan parkların yol, oyun ve spor alanlarında zemin elemanı olarak genel olarak parke kilit taş döşemesi, beton ve kauçuk zemin kullanıldığı görülmüştür (Şekil 1). Çok az sayıda parkta bunun dışında andezit-granit taşının uygulandığı görülmüştür. Genel olarak düz veya düze yakın zeminler sağlanmaya çalışıldığı, renkli taşlarla yer yer zemine hareket kazandırıldığı görülmüştür. Birçok park yollarında engelli kullanımına yönelik uygulamaya rastlanılmamıştır. Çocuk oyun alanlarının tamamında kare kauçuk zemin elemanı kullanıldığı görülmüştür. Bazı çocuk oyun alanlarında kauçuk zeminlerin hatalı işçilik nedeniyle bozulduğu izlenmiştir. Beton ve asfalt zemine göre daha güvenilir (TS EN 1177) olmasına karşılık çocuk oyun alanları için ideal zemin elemanı olarak görülmemiştir. Bisiklet yollarında renklendirilmiş beton zemin, koşu yollarında ise kauçuk zemin kullanıldığı belirlenmiştir.



Şekil 1: Araştırma alanında parklarda kullanılan zemin elemanlarından görünüm örnekleri

Aydınlatma elemanları

Aydınlatma elemanı olarak standart aydınlatma ürünleri kullanıldığı görülmüştür (Şekil 2). Genel olarak iki tip aydınlatma ürünü kullanıldığı belirlenmiştir. Bunlardan biri 60-70 cm yerden yükseklikte çim aydınlatma birimi, diğeri ise 4-4,5 m yükseklikte led aydınlatma direkleri kullanıldığı görülmüştür. Aydınlatmada estetik uygulamalara (ağaç aydınlatma, renklendirme, vurdu,...) rastlanılmamıştır. Genel olarak parklarda aydınlatmanın yetersiz olduğu kullanıcılar tarafından vurgulanmıştır.



Şekil 2: Aydınlatma elemanlarından örnekler

Oturma birimleri

Parklarda oturma birimleri kapalı ve açık oturma birimleri olarak ele alınmış, diğer donatı elemanlarına göre oturma birimleri sayı bakımından daha yeterli bulunmuştur. Hemen hemen bütün parklarda açık ve kapalı oturma birimlerinin bulunduğu görülmüştür. Kapalı oturma birimi olarak demir-ağaç kamelya ve çatılı kompozit piknik masalarına, açık oturma birimi olarak ağaç altı oturma birimi, standart bank ve piknik masalarına rastlanılmıştır. Açık oturma birimlerinin birçoğunun konforlu oturmaya imkân sağlamadığı ve standart ölçüleri sağlamadığı görülmüştür. Ayrıca oturma birimlerinin vandalizme maruz kaldığı ve kullanılmaz hale geldiği belirlenmiştir. Millet parkı ve Kültür parkı dışında tüm parklarda kullanılan açık oturma birimlerinin ölçü ve ergonomi bakımından gözden geçirilmesi gerektiği belirlenmiştir. İncelenen parklarda aydınlatma birimlerinden örneklere Şekil 3’de yer verilmiştir.





Şekil 3: Oturma birimlerinden örnekler

Çöp kutuları

Çöp kutuları çevre kirlenmesini önleme amacıyla değişik malzeme ve biçimlerde yapılmış donatı elemanlarıdır (Çelikyay ve Karayılmazlar, 2016). Daha çok işlevselliği göz önünde bulundurularak parklarda kullanılan çöp kutuları uygun renk ve malzemeden yapıldığı zaman mekâna hareket kazandırmaktadır. Genellikle kolay ulaşılabilir alanlarda kullanılması gereken çöp kutuları kötü koku yayılmasını engellemek için kapaklı olmasına özen gösterilmelidir. Araştırma alanında ayaklı, hareketli ve sabit olmak üzere farklı renk ve malzemeden yapılan çöp kutuları sayı ve fonksiyon bakımından yeterliye yakın, estetik bakımdan ise orta derecede yeterli bulunmuştur.

Sınırlama elemanları

Sınırlama elemanları, kullanım amacı ve kullanıldığı yere göre mahremiyeti önleme, dış etmenlerden korunma ve sınırları belli etme amacıyla yapılan donatılardandır (Bulut ve ark., 2008). Araştırma alanında yapılan sınırlama elemanları korunma ve sınırları belli etme amacıyla yapılmıştır. Parkların büyük kısmında doğal taş-beton duvar ile demir parmaklık ve tel çit kombinasyonundan oluştuğu görülmüştür (Şekil 4). Duvar yükseklikleri göz hizasının altında yapıldığı ve fonksiyon-sayı bakımından yeterli durumda oldukları görülmüştür. Ancak Dört Yol Parkı dışında hiçbir parkta bitkisel çit veya ahşap çitlere yer verilmediği belirlenmiştir. Esasen parklar kamuya açık alanlar olduğu ve kullanım için zaman sınırlaması olmadığı düşünüldüğünde yer yer bitkisel çevreleme (çit) uygulanmasının hem ekolojik hem estetik açıdan daha olumlu sonuçlar vermektedir. Ayrıca parkların çevreyle bütünleşmesinin sağlanması ve topluma doğa bilinci kazandırması bakımından sınırlama elemanlarının zorunlu şartlar dışında yapılmamasının daha doğru olacağı öngörülmektedir. Bu açıdan araştırma alanında bulunan parkların gözden geçirilmesi gerekmektedir.



Şekil 4: Araştırma alanında sınırlama elemanları ve giriş kapılarından görünüm

Giriş kapıları

Giriş kapıları sınırlama elemanları ile birlikte yapılan donatılardandır. Araştırma alanında giriş kapılarının tamamına yakınının taş-beton duvarlarla uyumlu demir kapılardan oluştuğu görülmüştür. Parklarda giriş kapıları sayı bakımından yeterli olmasına karşılık estetik bakımdan oldukça yetersiz ve bakımsız oldukları görülmüştür.

Çeşmeler

Parklarda ve çocuk oyun alanlarında çeşmeler ihtiyaç duyulan donatılardandır. Yapılan incelemelerde sadece dört parkta çeşme bulunduğu tespit edilmiştir. Dört Yol ve Kent parkında bulunan çeşmeler yeterli, diğer iki parkta ise çeşmeler bakımsız ve yetersiz olduğu görülmüştür.

Çocuk oyun elemanları

Parkların en fazla çocuklar için ihtiyaç duyulduğu göz önünde bulundurulduğunda çocuk oyun elemanlarının parkların değişmez donatılarından birisi olduğu söylenebilir. Bunun yanında çocuk oyun alanları çocukların serbestçe koşup oynadığı, hoşça vakit geçirdiği



ve yaratıcılıklarının-yeteneklerinin farkına vardıkları önemli alanlardır. Tanrıverdi (2001)'e göre parkların en az %3'ünün çocuk oyun alanına tahsis edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yapılan incelemelerde parkların 22 sinde çocuk oyun alanlarına yer verildiği ve kapladığı alan bakımından bu orana ulaştığı görülmüştür (Şekil 5). Çocuk oyun alanı düzenlemesinde parkların tamamının bir birine benzer nitelikte olduğu, plastik ve bağlantılı oyun ekipmanlarından oluştuğu ve zeminlerinin kauçuk malzemeden oluştuğu belirlenmiştir. Mevcut çocuk oyun alanlarının fonksiyon, sayı ve estetik bakımdan iyi olduğu değerlendirilmesine karşılık özellikle çocukların sağlıklı gelişimleri düşünüldüğünde oyun elemanlarının seçiminde ahşap malzeme kullanılmasının ve zeminlerinde ise çim veya talaş-ağaç kabuğu gibi doğal malzemenin tercih edilmesinin daha doğru olacağı vurgulanmaktadır. Bunun yanında çocuk oyun elemanlarının çocukların gizli yeteneklerinin ortaya çıkarılması, oyun kurma becerisi kazandırma ve yaş grupları ile iletişim kurma gibi işlevlerini yerine getirme bakımından mevcut oyun elemanlarının yeterli olmadığı düşünülmektedir. Ayrıca çocuk oyun alanlarında yaş gruplarına göre ayırmanın çok az sayıda parkta yapıldığı belirlenmiştir. Bazı parklarda çocuk oyun alanları ile birlikte fitness aletlerine yer verildiği, bu aletlerin ise yaş grubuna göre ayrılmadığı belirlenmiştir.



Şekil 5: Çocuk oyun alanlarından görünüm

Bitkisel materyaller

Peyzaj çalışmalarının iskeletini oluşturan, devamlılık ve hareket veren canlı malzemeleri bitkisel materyallerdir. Bitkisel materyaller parkların en demirbaş donatılardan biridir. Parklarda bitkiler farklı fonksiyonları yerine getirmek ve estetik alanlar oluşturmak için kullanılmaktadır. Parklarda yapılan bitkilendirmenin en temel fonksiyonu özel amaçlı alanlar oluşturmak ve gölgelendirme sağlamaktır. Bunların dışında rüzgâr ve gürültüyü önleme, tozu süzme, istenmeyen görünümlerin kapatılması, biyolojik ıslah ve çevreleme yapma amacıyla bitkilerden yararlanılmaktadır. Estetik amaçlı kullanımda ise ölçü, biçim, renk ve tekstüre dayalı yapılan düzenlemeleri içerir. İster fonksiyonel isterse estetik amaçlı bir düzenleme olsun bitkilerin seçim ve kompozisyonlarında dendrolojik özellikleri (form, tekstür, renk,...) mutlaka iyi bilinmelidir. Bunun yanında bitkilerin ekolojik istekleri ile fenotip ve genotip özelliklerinin iyi bilinmesi gerekir. Örneğin dikenli, zehirli, alerjik bitkilerin kullanılması özellikle çocuklar için sakınca oluşturabilir.

Araştırma alanında yapılan incelemelerde gerek fonksiyonel kullanım gerekse de estetik kullanımlar açısından çok sayıda eksiklik ve hatalar belirlenmiştir. Çoğu parkta sabit oturma birimlerinin etrafında gölgeleme amaçlı düzenlemeler yapılmadığı, hiçbir parkta perdeleme amaçlı bitki kullanımına yer verilmediği görülmüştür. Bitkisel düzenlemeler bakımından Kültür Parkı ve 15 Temmuz Şehitler Parkı diğer parklara göre daha yeterli olduğu görülmüştür. Bazı çocuk oyun alanları etrafında dikenli bitki kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bitkisel materyal kullanımına ait görünümler Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6: Araştırma alanında yapılan bitkisel düzenlemelerden görünüm

Peyzaj objeleri-plastikler (heykel, çiçek kasaları, vazolar, kuş kafesleri,...)

Plastik objeler, görsel algı açısından estetik özellik taşıyan öğelerdir ve parklarda sanatın göstergeleridir. Plastik objeler, biçim, form, boyut, renk, doku gibi tasarım özelliklerinin yanı sıra taşıdıkları ya da simgeledikleri anlam değeri ile de kentsel mekân içerisinde landmark işlevi görürler (Çelikyay ve Karayılmazlar, 2016). Parklarda kullanılan heykeller çoğu zaman peyzaj kompozisyonunun tamamlayan elemanlar olarak ele alınmaktadır. Zaman zaman mekân içerisinde simgesel bir anlam taşımaktadır (Yücel, 2006). Bunun yanında parkta kullanılacak çiçek kasaları, büyük vazolar ile parkın renklenmesi ve çeşitlendirilmesi sağlanmaktadır. Parkta ağaçlarda



kullanılacak kafeslerle hem parkta fauna-flora bütünlüğü sağlanmış olur, hem de kullanıcılara hayvan sevgisi kazandırılabilir. Araştırma alanında yapılan incelemelerde hiçbir parkta peyzaj objeleri-plastiklerine yer verilmediği görülmüştür.

Tanıtım-yönlendirme levhaları

Tanıtım levhaları park hakkında genel bilgilerin verildiği tabelaları, yönlendirme levhaları ise yararlanıcılara park içerisinde olan kullanımların konumunu bildiren donatılardır. Yapılan incelemelerde parkların isimlerin olduğu tanıtım levhalarına sadece 5 parkta yer verildiği görülmüştür. Bilgilendirme levhalarının ise hemen hemen hiçbir parkta bulunmadığı belirlenmiştir.

Parkların puanlanması

Yukarıda yapılan gözlem ve inceleme doğrultusunda 22 parkın donatı elemanlarının fonksiyon (f), sayı-ölçü (s) ve görsellik (g) bakımından yeterliliği puanlanmış ve yapılan puanlama sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Puanlamada donatılar; 0: “hiç yok”, 0,5: “yetersiz”, 1: “orta derecede yeterli-yetersiz”, 1,5: “iyi” ve 2: “çok iyi” olarak nitelendirilmiş ve toplam puanlar hesaplanmıştır. Puanlama sonucuna göre donatı birimlerinin birçoğunun fonksiyon ve sayı-ölçü bakımından yetersiz ve hatalı yönleri bulunmasına karşı görsellik kriterine göre daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan incelemelerde donatı elemanları bakımından parkların birbirini tekrarlayan nitelikte olduğu ve farklı-cazip kullanımlara hemen hemen yer verilmediği görülmüştür. Donatı elemanları bazında yapılan puanlamada zemin elemanları, kapalı oturma birimleri, aydınlatma birimleri ve bitkisel materyaller ortanın üzerinde puan alarak daha olumlu bulunmuşken, çeşme, peyzaj objeleri ve tanıtım-yönlendirme levhaları 0-0,5 puan aralığında oldukça yetersiz bulunmuştur.

Park özelinde yapılan değerlendirmede ise sırayla Kent Parkı Millet Bahçesi, Kültür Parkı ve Dört Yol Parkı en yüksek puan alarak diğer parklara göre daha nitelikli bulunmuştur. Sağlık Parkı, Uzunsavat Parkı, Hulusi Bey Parkı ve İnali Mahalle Parkı sırayla en olumsuz ve niteliksiz park olarak görülmüştür.



Tablo 2: Donatı elemanlarının yeterlilik puanlama tablosu

S.N	Parkın Adı	Zemin elemanları			Aydınlatma elemanları			Açık oturma birimleri			Kapalı oturma birimleri			Çöp kutuları			Sınırlama elemanları			Giriş kapıları			Çeşmeler			Çocuk oyun elemanları			Bitkisel materyaller			Plastik malzemeler (çiçek kasaları..)			Tanıtım-yönlendirme levhaları			Toplam Puan	
		f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g	f	s	g		
1	Kent Parkı Millet Bahçesi	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,5	2	2	1,5	1	1	0,5	1	1	0,5	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0	0	0	0,5	0,5	0,5	49,5
2	Kültür Parkı	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1,5	1	0,5	0	0	0	1	1	1	2	2	2	0,5	0,5	0,5	1	1	1	48,5	
3	Dört Yol Parkı	2	2	1	2	2	1,5	2	1,5	1,5	0	0	0	2	1	1	1,5	1,5	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	2	1,5	1,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	45	
4	15 Temmuz Şehitler Parkı	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1	0,5	0	0	0	1,5	1,5	1	2	2	1,5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	41,5	
5	Karşıyaka Parkı	2	2	2	1	1	1	1,5	1	0,5	2	2	1	0,5	0,5	0,5	2	2	1	1,5	1,5	1	0	0	0	2	2	1	2	2	1,5	0	0	0	2	0,5	0,5	41	
6	B. S. Nursi Parkı	2	2	1	2	2	2	1,5	1,5	1	2	2	1	2	2	1,5	2	1,5	1	2	1,5	0,5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	40	
7	Filistin Parkı	2	2	1,5	2	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	38	
8	Sülbüs Parkı	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	36,5		
9	Sebze Hali Parkı	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0	0	0	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0	0	0	0	0	0	34,5	
10	Mehmet Çibuk Parkı	1,5	1,5	1	2	1,5	1	1	1	0,5	1,5	1	0,5	1	1	0,5	1,5	1,5	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1	0	0	0	0	0	0	33		
11	Çır Şalesi Parkı	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	1	1	1	0,5	0	0	0	1	1	1	1,5	1	1	0	0	0	0	0	0	32,5	
12	Üçgen Parkı	2	2	1,5	2	2	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	31,5		
13	Simani Parkı	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1,5	1,5	0,5	0	0	0	1,5	1,5	1,5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	30	
14	Yüzenada Parkı	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	1	1	1	0	0	0	1	1	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	29,5	
15	İnalı Yamaç Parkı	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	29	
16	M.Fatih Safitürk Parkı	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	1,5	1,5	0,5	1	1	0,5	0	0	0	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	28,5	
17	Farabi Parkı	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	1	1	0,5	0	0	0	1	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	28,5	
18	Mevlana Parkı	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0	0	1	1	1	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	28	
19	İnalı Mahalle Parkı	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	27,5	
20	Hulusi Bey Parkı	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	1	1	0,5	0	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	0	0	0	0	0	0	27	
21	Uzunsavat Parkı	1	1	1	1,5	1,5	1,5	0	0	0	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	26
22	Sağlık Parkı	0,5	0,5	0,5	1	1	1	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1,5	1	0,5	0	0	0	1	1	0,5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	20,5	
Ortalama		1,59	1,59	1,3	1,57	1,55	1,39	1,02	0,98	0,84	1,39	1,32	1,18	1,39	1,32	0,89	1,32	1,27	0,82	1,16	1,09	0,68	0,27	0,27	0,25	1,11	1,09	0,93	1,34	1,25	1,07	0,07	0,07	0,07	0,2	0,14	0,14		

f: fonksiyon, s: sayı-ölçü, g: görsellik



4. Sonuç ve Öneriler

Araştırma alanında incelenen ve yukarıda puanlaması yapılan parkların yeterlilik düzeyleri % lik değerlerle ifade edilmiş ve Tablo 3’de verilmiştir. Parkların aldığı puanların %’lik değerlendirmelerinde %0-30 “başarısız”, %31-45 “yetersiz”, %46-60 “kısmen başarılı”, %61-85 “başarılı” ve %86-100 “çok başarılı” olarak kabul edilmiştir. Buna göre incelenen parklardan Kent Parkı Millet Bahçesi, Kültür Parkı ve Dörtüyl Parkı başarılı, 8 park kısmen başarılı, 10 park yetersiz ve Sağlık Parkı başarısız bulunmuştur. Hiçbir park çok başarılı puan yüzdesine (%86-100) ulaşamamıştır.

Tablo 3: Parkların yeterlilik düzeyleri (%)

Sıra No	Parkın Adı	%’lik Puan	Değerlendirme
1	Kent Parkı Millet Bahçesi	68,75	Başarılı
2	Kültür Parkı	67,36	Başarılı
3	Dörtüyl Parkı	62,5	Başarılı
4	15 Temmuz Şehitler Parkı	57,64	Kısmen Başarılı
5	Karşıyaka Parkı	56,94	Kısmen Başarılı
6	B. S. Nursi Parkı	55,56	Kısmen Başarılı
7	Filistin Parkı	52,78	Kısmen Başarılı
8	Sülbüs Parkı	50,694	Kısmen Başarılı
9	Sebze Hali Parkı	47,91	Kısmen Başarılı
10	Mehmet Çibuk Parkı	45,833	Kısmen Başarılı
11	Çır Şelalesi Parkı	45,139	Kısmen Başarılı
12	Üçgen Parkı	43,75	Yetersiz
13	Simani Parkı	41,67	Yetersiz
14	Yüzenada Parkı	40,97	Yetersiz
15	İnalı Yamaç Parkı	40,28	Yetersiz
16	M.Fatih Safitürk Parkı	39,58	Yetersiz
17	Farabi Parkı	39,58	Yetersiz
18	Mevlana Parkı	38,89	Yetersiz
19	İnalı Mahalle Parkı	38,19	Yetersiz
20	Hulusi Bey Parkı	37,50	Yetersiz
21	Uzunsavat Parkı	36,11	Yetersiz
22	Sağlık Parkı	28,47	Başarısız

22 Parkta yapılan incelemeler ve yukarıda belirtilen sonuçlar doğrultusunda başarısız, yetersiz ve kısmen başarılı parklar başta olmak üzere yetersiz, bakımsız, fonksiyonları bakımından eksik ve estetik olmayan donatı elemanlarının aşağıda verilen öneriler doğrultusunda yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir:

1. Donatı elemanlarından kullanışsız olanlarının yenileriyle değiştirilmesi, onarılması daha uygun olabilir



2. Parklarda tek tip standart donatılar yerine, parkın içeriği, dokusu ve çevreyle uyumu dikkate alınarak donatı planlamasının yapılması ve parkların farklı donatılarla çeşitlendirilmesi,
3. Mevcut donatılardan ölçü bakımından uygun olmayanların değiştirilmesi,
4. Seçilecek donatı elemanının fonksiyonunun yanında çevreyle uyumu ve görselliğine de dikkat edilmesi,
5. Parkların tümünde eksik görülen tanıtım ve yönlendirme levhalarının parkların uygun görülen alanlarına işlevine uygun olarak konumlandırılması Özellikle çocuk oyun alanı bulunduran parklarda çeşme, lavabo, güvenlik birimi gibi eksikliklerin giderilmesi,
6. Bitkilendirme bakımından hem fonksiyonel hem de estetiksel iyileştirmelerin yapılması,
7. Çocuk oyun elemanlarının çocukların yeteneklerinin geliştirilmesine katkı sağlayacak ve sağlıklı kullanımına imkân verecek şekilde yeniden düzenlenmesi, iyileştirilmesi,
8. Yeni yapılacak parklarda da donatı elemanlarının fonksiyon, sayı-ölçü ve görsellik açısından ergonomik özelliklerinin göz önünde bulundurulması,
Gerekmemektedir.

5. Kaynaklar

Akın, G ve Önal, S., 2016. Kentsel Alanların Tasarımında Ergonomik Sorunlar. *AÜDTCF, Antropoloji Dergisi, Sayı:31 (Haziran 2016), s.51-60.*

Akpınar Külekçi, E., 2018. Erzurum'da Kentsel Mekânlarda Kullanılan Bazı Kent Donatı, Zemin ve Bitkisel Elemanlarının Ergonomik ve Antropometrik Yönden İncelenmesi. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, Cilt:2, Sayı:2.*

Aksu, Ö. V., Demirel, Ö., & Bektaş, N. (2011). Trabzon kenti ilköğretim okul bahçelerinde donatı elemanları üzerine bir araştırma. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 1(3).*

Bekci, B. (2012). Fiziksel Engelli Kullanıcılar İçin En Uygun Ulaşım Akslarının Erişebilirlik Açısından İrdelenmesi: Bartın Kenti Örneği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry, 14(1. Special Issue), 26-36.*

Bekci, B., & Taşkan, G. (2012). Açık yeşil alanlardaki kent donatılarının kişisel mekan uzaklığına etkisi: bartın kenti örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 14(22), 61-71.*

Bulut, Y., Atabeyoğlu, Ö., & Yeşil, P. (2008). Erzurum kent merkezi donatı elemanlarının ergonomik özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi, 14(2), 131-138.*

Çelikyay, S., & Karayılmazlar, A. S. (2016). Bartın Kent Merkezindeki Kamusal Alanların Kentsel Ergonomi ve Kent Kimliği Açısından İncelenmesi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry, 18(2), 224-238.*

Erdoğan, R., Oktay, H. E., & Yıldırım, C. (2011). Antalya-Konyaaltı parklarında kullanılan donatı elemanları tasarımlarının kullanıcı görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12 (1):1-8.*

Karayılmazlar, A. S. (2017). *Kamusal alanların kentsel ergonomi açısından irdelenmesi, Bartın örneği*, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Polat, A. T., & Önder, S. (2004). Kent Parkı Kavramı ve Konya Kenti İçin Bir Kent Parkı Örneği. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 18(34), 76-86.*

Tanrıverdi, F., 2001. Peyzaj Mimarlığı Bahçe Sanatının Temel İlkeleri ve Uygulama Metodları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:291, 309 s.

Yeşil, M., & Beyli, K. N., 2017. Ordu Kenti Kıyı Parkları Donatı Elemanlarının Ergonomi Açısından İncelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(2), 215-229.*

Yücel, G. F., 2006. Kamusal Açık Mekanlarda Donatı Elemanlarının Kullanımı. *Egeminarlık Dergisi, 2006/4-59.*

NOT: Bu araştırma, Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenen **“BAP-ZF.2018.00.011”** nolu proje kapsamında hazırlanmıştır.



A MULTI-PLATFORM BASED IMAGE PROCESSING TOOL

İlhan İlhan

Necmettin Erbakan University, Department of Mechatronic Engineering, Konya, Turkey

ilhan@erbakan.edu.tr

Abstract

Image processing is one of the current research topics widely used in different engineering fields. For this reason, it is taught as lecture under different names in various engineering departments. The applications in lecture are usually done through programs that are dependent on desktop platforms such as Windows, Linux or MacOS. Instant images are taken only with limited mobility by the fixed platforms or the platforms with fixed cameras. It is difficult to implement and compare image processing algorithms for instant images. In this study, a multi-platform based tool was developed for image processing. This tool can run on mobile platforms such as Android and IOS as well as desktop platforms such as Windows and MacOS. Instant images can be taken anytime and anywhere with mobile platform support. The operations such as conversion from color to grayscale, histogram creation, arithmetic, logic, geometric, point and digital filtering can be performed on recorded or instant images. The result images obtained from these operations can be saved. Thus, a test environment is provided for comparison of algorithms.

Keywords: *Image Processing, Multi-Platform, Mobile Device, Instant Image*

1. Introduction

Image processing deals with the conversion of an analog image into a digital image and then processing it using computers for various purposes (improvement, repair, classification, compression, understanding and interpretation, etc.). Its benefits vary according to usage techniques. Each of these techniques approaches the image from a different angle. At the core of the studies on image processing is the analysis of the image and therefore the digitization. Nowadays, image processing is used in many different fields such as design, manufacturing, security, medicine, electronics, machinery, architecture and geodesy and it is a general field of study [1]. Therefore, it is taught as lecture at undergraduate or graduate level under different names in different engineering departments. The applications in lecture are performed with the help of various programs.

The different programs are used today to perform applications related to image processing. These programs are usually commercial programs such as MATLAB [2], LabVIEW [3]. However, as an alternative to such commercial programs, the different programs have been developed at academic level for the applications in lecture. The first of those was developed by Ayala et al. and named ImageLAB [4]. ImageLAB only runs on Windows operating system. It includes basic image processing techniques such as color operations, geometric transformations, histogram techniques, thresholding, space filtering, frequency filtering and Fourier transforms. The second application was made by Skinner for mobile devices [5]. The application includes functions such as cropping, zooming, measuring, counting, brightness, drawing / labeling, transforming, and masking. It can only run on mobile devices with IOS operating system. Another application was developed by Golagani et al. [6]. The application is template-based. It contains arithmetic, geometric and transformation operations. It also includes filtering techniques and edge detectors. It can only run on mobile devices with Android operating system.

In this study, a multi-platform based tool was developed for image processing lectures given at undergraduate or graduate level. This tool can run on mobile platforms such as Android and IOS as well as desktop platforms such as Windows and MacOS. Instant images can be taken anytime and anywhere with mobile platform support. The operations such as conversion from color to grayscale, histogram creation, arithmetic, logic, geometric, point and digital filtering can be performed on recorded or instant images. The result images obtained from these operations can be saved. Thus, a test environment is provided for comparison of algorithms.

2. The Operations

The developed image processing tool can perform basic operations such as conversion from color to grayscale, histogram creation, arithmetic, logic, geometric, point and digital filtering.

2.1. The Conversion from Color to Grayscale

The process of converting a color numeric image into a grayscale image is essentially the scaling of grayscale images corresponding to each color component specified in the RGB color model. The methods such as simple averaging, weighted average, desaturation, decomposition and single color channel are used to convert a color image to a grayscale image [7, 8]. The developed tool includes all these methods. Table 1 lists the equations used by these methods.



Table 1: The equations used for conversion from color to grayscale

Methods	Equations
Simple Averaging	$\text{Gray} = (R + G + B) / 3$
Weighted Average	$\text{Gray} = 0.3R + 0.59G + 0.11B$
	$\text{Gray} = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$
	$\text{Gray} = 0.299R + 0.587G + 0.114B$
Desaturation	$\text{Gray} = (\text{Max}(R, G, B) + \text{Min}(R, G, B)) / 2$
Decomposition	$\text{Gray} = \text{Max}(R, G, B)$
	$\text{Gray} = \text{Min}(R, G, B)$
Single Color Channel	$\text{Gray} = R$
	$\text{Gray} = G$
	$\text{Gray} = B$

2.2. The Histogram Creation

A graph showing the number of pixels with different intensity values in an image is called a histogram [9]. There are 256 different possible densities for 8-bit grayscale images. Therefore, the histogram will graphically display 256 numbers representing the pixel distribution between grayscale values. Histogram graphics can also be plotted on color images. The histograms of each of red, green and blue components can be obtained [9].

The histograms are used in many fields. One of the most common is to decide which threshold value to use when converting a grayscale image to a binary image by thresholding. If the image is suitable for thresholding, the histogram will be duplex. In other words, the pixel density will be collected around two well-separated values. The appropriate threshold for separating these two groups will be found somewhere between the two peaks in the histogram. If the density distribution is not in this way, it will not be possible to make good segmentation with thresholding.

2.3. The Arithmetic and Logic Operations

2.3.1. The Arithmetic Operations

The arithmetic operators are applied pixel by pixel to the image. That is, the value of a pixel in the output image depends only on the value of the pixel corresponding to that pixel in the input image(s). Therefore, the input images must be the same length. Naturally, the output image is the same length as the input images. One of the input images can also be a constant. Therefore, the input images must be the same length. Naturally, the output image is the same length as the input images. One of the input images can also be a constant. In this case, all the pixels of the input image are subjected to arithmetic operation with the same constant. Although the image arithmetic is the simplest form of image processing, it has a wide range of applications [10].

In some applications, the processed images are taken from the same region at different times. For example, two similar images can be added to reduce random noise. If any, the motion detection can also be made in the image by subtracting images. The pixel-based arithmetic operations are performed using the equations in Table 2. In the table, P and Q represent input and output images, respectively. X is the blending ratio and C is a constant.

Table 2: The equations used for arithmetic operations

Arithmetic Operations	With Images	With Constant
Addition	$Q(i, j) = P_1(i, j) + P_2(i, j)$	$Q(i, j) = P_1(i, j) + C$
Subtraction	$Q(i, j) = P_1(i, j) - P_2(i, j)$	$Q(i, j) = P_1(i, j) - C$
Multiplication	$Q(i, j) = P_1(i, j) \times P_2(i, j)$	$Q(i, j) = P_1(i, j) \times C$
Division	$Q(i, j) = P_1(i, j) \div P_2(i, j)$	$Q(i, j) = P_1(i, j) \div C$
Blending	$Q(i, j) = X \times P_1(i, j) + (1 - X) \times P_2(i, j)$	-

2.3.2. The Logic Operations

The logic operators are often used for binary images. It can also be applied to both grayscale and color images [10]. The operations at color images are performed separately for the R, G, and B components. The resulting image is obtained by combining the calculated R, G and B values. The truth tables of the logic operators are given in Table 3.



Table 3: The truth tables of the logic operators

x	y	x AND y	x NAND y	x OR y	x NOR y	x XOR y	x XNOR y	NOT x
0	0	0	1	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	0	1	0

2.4. The Geometric Operations

The geometric operators are used to map the value of any pixel (x_1, y_1) in the input image to the pixel position (x_2, y_2) in the output image [10].

2.4.1. The Scaling

The scaling is used to reduce or enlarge the size of an image or part of it. This is done by converting the size of the matrix formed by a group of pixels to a smaller or larger matrix over the image. Thus, according to the size of the matrix to be obtained, the number of the pixels increase (zoom in) or decrease (zoom out).

The scaling process can be used to record in smaller memories by reducing oversized images. A small area of the image can be enlarged to draw attention to a certain area on the image.

2.4.2. The Rotation

The coordinate (x_1, y_1) in the input image is rotated at an angle (θ) around a point and moved to the coordinate (x_2, y_2) in the output image. In most rotation operations, the sections that go beyond the limits are ignored. The rotation is often used to improve the appearance of the image. The rotation operator performs the conversion given in the following equations.

$$x_2 = \cos(\theta) \cdot (x_1 - x_0) - \sin(\theta) \cdot (y_1 - y_0) + x_0 \quad (1)$$

$$y_2 = \sin(\theta) \cdot (x_1 - x_0) + \cos(\theta) \cdot (y_1 - y_0) + y_0 \quad (2)$$

Where (x_0, y_0) is the coordinates of the rotation center in the input image and θ is the rotation angle. (x_1, y_1) is the location of the pixel to be rotated in the input image and (x_2, y_2) is the new location of the pixel after the rotation operation is applied.

2.4.3. The Reflection

A pixel at the location (x_1, y_1) in the original image is projected around a specified axis or point. Then, it is placed in its new location (x_2, y_2) .

Assuming that (x_0, y_0) is the full midpoint of the image;

a) The reflection around the vertical axis passing through the point x_0 ,

$$\begin{aligned} x_2 &= -x_1 + (2x_0) \\ y_2 &= y_1 \end{aligned} \quad (3)$$

b) The reflection around the horizontal axis passing through the point y_0 ,

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 \\ y_2 &= -y_1 + (2y_0) \end{aligned} \quad (4)$$

c) The reflection around the vertical axis passing through the point x_0 and the horizontal axis passing through the point y_0 ,

$$\begin{aligned} x_2 &= -x_1 + (2x_0) \\ y_2 &= -y_1 + (2y_0) \end{aligned} \quad (5)$$

d) The reflection around an axis having any angle θ passing through the point (x_0, y_0) ,

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + 2 \cdot \Delta \cdot (-\sin(\theta)) \\ y_2 &= y_1 + 2 \cdot \Delta \cdot (\cos(\theta)) \\ \Delta &= (x_1 - x_0) \cdot \sin(\theta) - (y_1 - y_0) \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \quad (6)$$



2.4.4. The Translation

The translation operator moves each pixel in the input image to a new location in the output image. The pixel coordinate (x_1, y_1) in the original image is shifted along a certain offset distance (β_x, β_y) and placed in its new location (x_2, y_2) . The translation operator is performed using the following equations.

$$\begin{aligned} x_2 &= x_1 + \beta_x \\ y_2 &= y_1 + \beta_y \end{aligned} \quad (7)$$

2.5. The Point Operations

2.5.1. The Thresholding

In any image, the image regions corresponding to the objects of interest may need to be separated from the regions corresponding to the background of the image. The thresholding operation makes it easy to perform this segmentation based on different densities or colors in the foreground and background regions of the image [11]. Sometimes it is useful to see areas of an image that consist of pixels whose values are within a certain range or density band (or colors). The thresholding can also be used for this. The matching function M used for the threshold operation is given below.

$$s = M(r) = \begin{cases} 0 & \text{Eğer } r < T \text{ ise} \\ 1 & \text{Eğer } r \geq T \text{ ise} \end{cases} \quad (8)$$

Where s is the pixel value in the output image and r represents the value of the processed pixel in the input image. T is the threshold value.

2.5.2. The Adaptive Thresholding

In simple thresholding operation, a general threshold is applied to the image taking into account the values of all pixels. In the adaptive thresholding, the threshold value is applied to the image by determined according to the light conditions of the region to which it is applied. The threshold value is changed dynamically on the image [12].

The density values of the local neighbors of each pixel are statistically analyzed to find the local threshold. The most appropriate statistic depends largely on the input image. The functions that take the mean of the local density distribution, the median, or the mean of the minimum and maximum values are simple and fast functions.

$$T = \text{mean} \quad (9)$$

$$T = \text{median} \quad (10)$$

$$T = \frac{\min + \max}{2} \quad (11)$$

2.5.3. The Quantization

The quantization is the process of converting a continuous range of values into a limited range of values. The quantization of images is the process of that all pixels of the image are given new pixel values in accordance with their value range [13]. Thus, the value of 256 different pixels in a grayscale image is reduced to the desired number. One of the mapping functions used for this process is given in the following equation.

$$M(r) = \begin{cases} \frac{T_1}{2}, & 0 \leq r \leq T_1 \text{ ise} \\ \frac{T_1 + T_2}{2}, & T_1 \leq r \leq T_2 \text{ ise} \\ \frac{T_2 + T_3}{2}, & T_2 \leq r \leq T_3 \text{ ise} \\ \vdots & \vdots \\ \frac{T_{n-1} + T_n}{2}, & T_{n-1} \leq r \leq T_n \text{ ise} \end{cases} \quad (12)$$



2.5.4. The Normalization

The normalization is also called contrast stretching. It is a simple image enhancement technique. It tries to expand the contrast in the image to the desired value range by stretching the intensity value range contained in an image [14]. It differs from the more complex histogram equalization as it applies only linear scaling to the pixel values in the image.

The simplest method of normalization scans the image to find the lowest and highest pixel values available in the image. These values are called c and d , respectively. Then, each P pixel is scaled using the following function.

$$P_{out} = (P_{in} - c) \left(\frac{b - a}{d - c} \right) + a \quad (13)$$

2.5.5. The Histogram Equalization

The histogram equalization provides a complex method of regulating the dynamic range and contrast of the image so that the image density has the desired shape [14]. Unlike contrast stretching, the histogram equalization operators can use nonlinear and nonmonotonic transfer functions. The histogram equalization applies a nonmonotone and nonlinear mapping to the intensity values of the pixels in the input image to include a single intensity distribution in the output image. This technique is used in image comparison operations and in correcting nonlinear effects produced by a digitizer or imaging system. A numerical application of histogram equalization can generally be accomplished by defining a transfer function in the form of the equation given below.

$$f(D_A) = \max \left(0, \text{round} \left(\frac{n_k}{M \cdot N} \right) (D_m - 1) \right) \quad (14)$$

Where D_m is the maximum number of intensity levels in the input image. M and N are the number of horizontal and vertical pixels in the image, respectively. n_k is the number of pixels at the level of k or less.

2.5.6. The Logarithm Operator

The dynamic range of an image can be compressed by varying each pixel value with the logarithm of the respective pixel. This makes the effect of increasing low-density pixel values. Applying the logarithm operator to an image may be useful in applications where the dynamic range is too large to be displayed on the screen or to be recorded in a film [10]. The logarithm mapping function is given in Eq. 15. Since the logarithm is undefined for 0, the number 1 is usually added to the absolute value of the input pixel value before the logarithm is taken. Eq. 16 is then obtained. The scaling constant c is selected so that the maximum output value is 255. If R is the maximum magnitude pixel value in the input image, c is given as in Eq. 17.

$$Q(i, j) = c \log(|P(i, j)|) \quad (15)$$

$$Q(i, j) = c \log(1 + |P(i, j)|) \quad (16)$$

$$c = \frac{255}{\log(1 + |R|)} \quad (17)$$

2.5.7. The Convolution

The convolution is a simple mathematical process that is the basis for many common image processing operators. The convolution provides a way to multiply two arrays of numbers of different sizes, but of the same dimension, to produce a third array of numbers of the same dimension [10]. This is used in image processing to implement operators which are simple linear combinations of certain input pixel values. In the context of image processing, one of the input arrays is normally a grayscale image. The second array is usually smaller, also two-dimensional and known as the kernel (mask).

The convolution is performed by shifting the kernel over the image, usually starting at the upper left corner. This is done in cases where the kernel completely within the boundaries of the image. Each kernel location corresponds to a single output pixel. Each cell value in the kernel is multiplied by the base image pixel values corresponding to those cells. These numbers are then added.

If the image contains M rows and N columns and the kernel has m rows and n columns, the output image will consist of $M - m + 1$ rows and $N - n + 1$ columns. Mathematically, the convolution is expressed as follows.

$$Q(i, j) = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^n I(i + k - 1, j + l - 1) K(k, l) \quad (18)$$

2.6. The Digital Filters

In image processing, filters are often used to eliminate low or high frequencies in the image. This is done by detecting and sharpening edges in the image for low frequency areas and smoothing the image for high frequency areas.



2.6.1. The Mean Filter

The mean filter is also called smoothing or box filtering. It is an easy, simple and heuristic method to smooth images. It reduces the amount of intensity variation between one pixel and the other. It is often used to reduce noise in images [15].

The mean filtering is to replace each pixel value of an image with the average value including its neighbors and itself. This leads to the disappearance of unusual pixel values that do not represent those around them. The mean filter is a convolution filter.

2.6.2. The Median Filter

The median filter is also referred to as the rank filter. The median filter is used to reduce noise in an image, such as the mean filter [15]. However, it is much better than the mean filter, so that details on the image are not lost. The median filter looks at its nearby neighbors to calculate the value of each pixel, as the mean filter. In the median filter, the value of the corresponding pixel is not replaced by the mean of neighboring pixel values. Instead, the neighboring pixel values are sorted and the middle value is taken. If there is an even number of pixels in the region investigated, the mean of the two pixels in the middle is used as the median value.

2.6.3. The Conservative Smoothing Filter

The conservative smoothing is a noise reduction technique. This technique is a fast filtering algorithm designed to eliminate noise peaks [16]. Therefore, it is less effective to eliminate additive noise in an image.

As with most noise filters, the conservative smoothing is based on the assumption that noise has a high spatial frequency. Therefore, it reduces the intensity of each pixel with a local operation to be consistent with its nearest neighbors. The mean filter performs this process by taking the mean of the local densities. The median filter performs it by a nonlinear sort selection method. However, the conservative smoothing allows the density of each pixel to be limited within the intensity range defined by its neighbors.

This process is accomplished by a procedure that the minimum and maximum pixel density values of all pixels around specified pixel are found. If the center pixel value is in the density distribution region of the neighbors, this value is transferred to the output image exactly. However, if its value is greater than the maximum value, the value of that pixel is reflected in the output image as the maximum value. If its value is smaller than the minimum value, the value of that pixel is reflected in the output image as the minimum value.

2.6.4. The Crimmins Speckle Removal Filter

The Crimmins Speckle Removal filter reduces speckles in the image using the Crimmins Complementary Hulling Algorithm [17]. The algorithm is specially designed to reduce the intensity of salt and pepper noise in the image. The higher the number of iterations of the algorithm, the higher the noise reduction level. However, it also produces a significant amount of blurring in the high frequency details.

The Crimmins Speckle Removal filter increases the value of pixels that are darker than their neighbors or decreases the value of pixels that are brighter than their neighbors. The algorithm compares the intensity of each pixel in an image to that of its nearest 8 neighbors. Based on these values, it uses a nonlinear noise reduction technique that increases or decreases the value of the pixel. The procedure used by Crimmins is more complex than the sorting procedure used by the nonlinear median filter.

2.6.5. The Gaussian Smoothing Filter

The Gaussian Smoothing operator is a 2-dimensional convolution operator used to blur the image and eliminate detail and noise. In this sense, it is like the mean filter. However, it uses a different kernel template representing Gaussian' bell-shaped graph [18]. The degree of smoothing is determined by the Gaussian standard deviation value. Large standard deviation values make the graph wider (splayed). In order to represent such graphs correctly, the kernel matrices must be selected in larger dimensions.

The Gaussian operator determines the weighted mean of each pixel region. As the center pixel is approached, the weighting increases. This provides a finer correction as opposed to the mean filter (equal weighting). It protects edges in the image better than same size mean filter.

2.6.6. The Adaptive Local Noise Filter

The adaptive filter is performed on the degraded image that contains original image and noise [19]. The mean and variance are the two statistical measures that a local adaptive filter depends with a defined mxn window region.

2.6.7. The Unsharp Filter

The unsharp filter finds out the prominent edges by subtracting the non-sharp or softened image from the original image. Then, by combining the original image and the image containing the prominent edges, it obtains the sharpened image [20]. This process is shown in the following equation.

$$g(x, y) = f(x, y) - f_{smooth}(x, y) \quad (19)$$

Here, $g(x, y)$ is the output image, $f(x, y)$ is the input image and $f_{smooth}(x, y)$ is a softened version of the input image. The equation of unsharp filter is given below.

$$f_{sharp}(x, y) = f(x, y) + k.g(x, y) \quad (20)$$



Where k is a scaling constant. The suitable values of k range from 0.2 to 0.7. As k increases, the amount of sharpening increases.

3. The Developed Tool

The developed tool was coded by using Embarcadero Delphi XE10. This tool is designed for computers using Microsoft Windows and Apple OS X operating systems and smart mobile devices using (smartphone, tablet) Google Android and Apple IOS operating systems by using the features of the program development interface. It can therefore be used easily in desktop and notebook computers and most of the smart mobile devices [21].

Fig. 1 shows the main window of the developed tool for the Windows operating system. As you can see from the figure, the main window contains 7 different buttons: Color To Grayscale, Histogram, Arithmetic Operations, Logic Operations, Geometric Operations, Point Operations and Digital Filters. There are three different icons above these buttons. The camera icon is used to turn on the camera of the device and take a snapshot. The help icon provides information about the options available in that window and how to use them. The find icon is used to open a previously saved image.

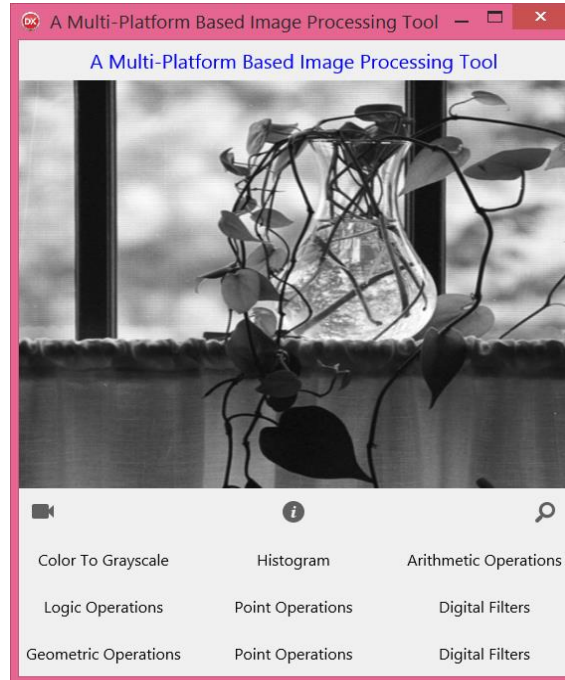
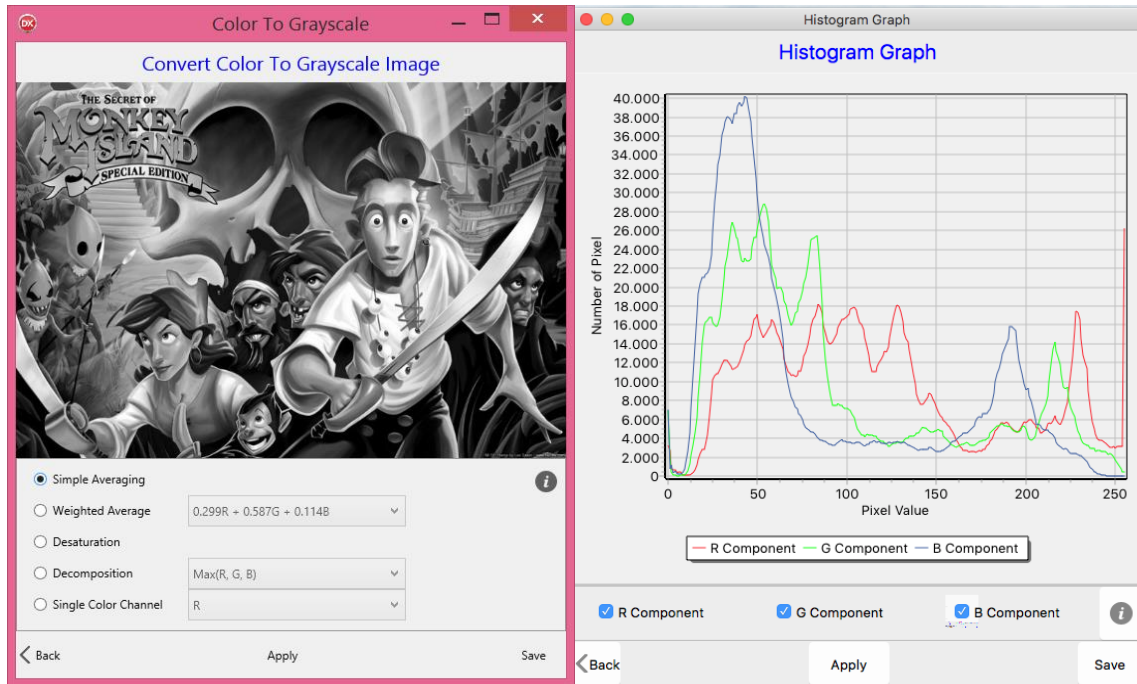


Fig. 12: The main window image of the developed tool for Windows operating system

The interface used to convert a color image to a grayscale image is given in Fig. 2a. The interface includes five different methods with sub options. Fig. 2b shows the interface used to plot the histogram graph of a color or grayscale image.



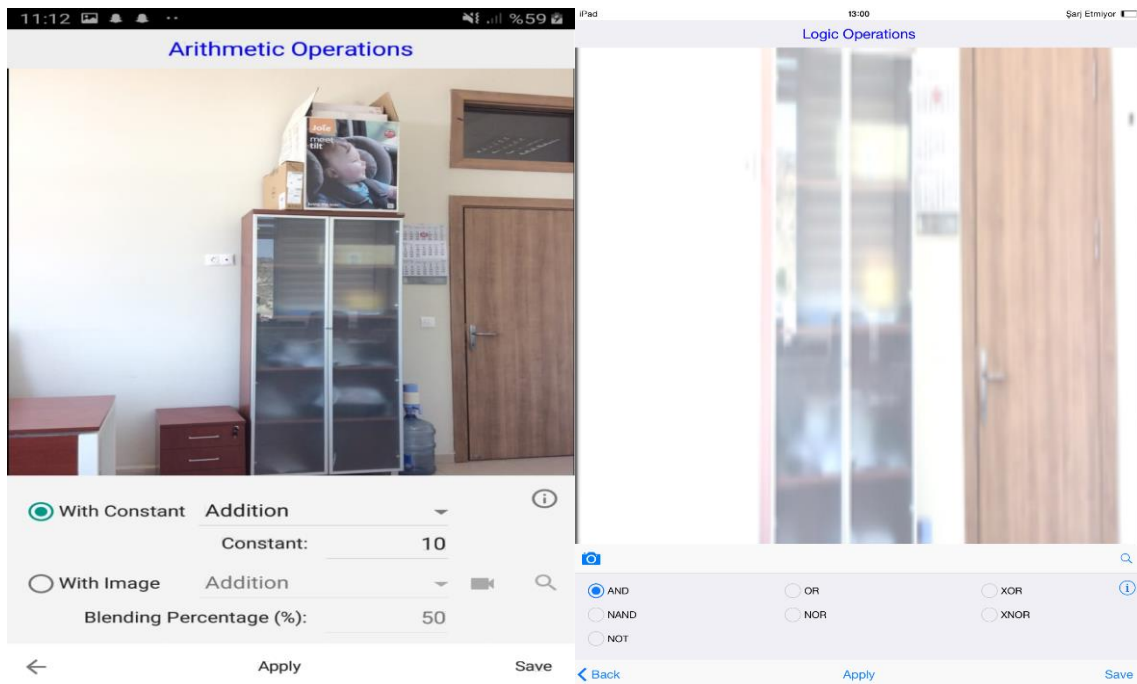


(a)

(b)

Fig. 2: a) The color to grayscale conversion window for Windows b) The histogram graph window for OS X

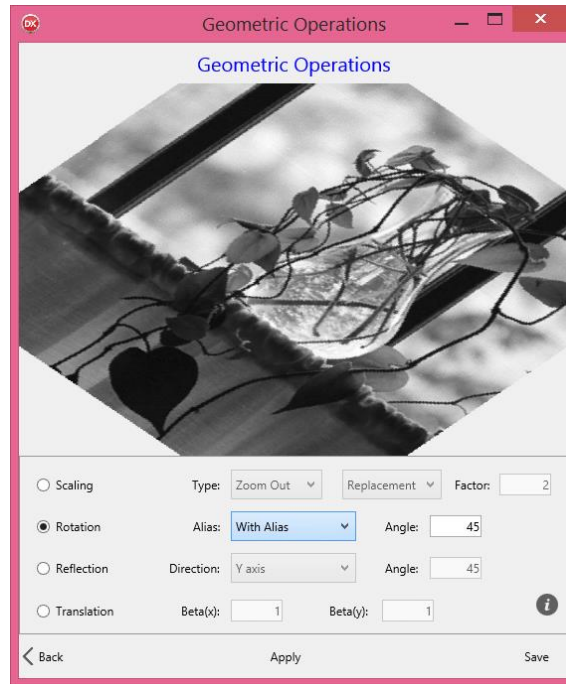
The windows used for the application of arithmetic, logic and geometric operations on color or grayscale image(s) are given in Fig. 3 for Android, IOS and Windows operating systems, respectively.



(a)

(b)

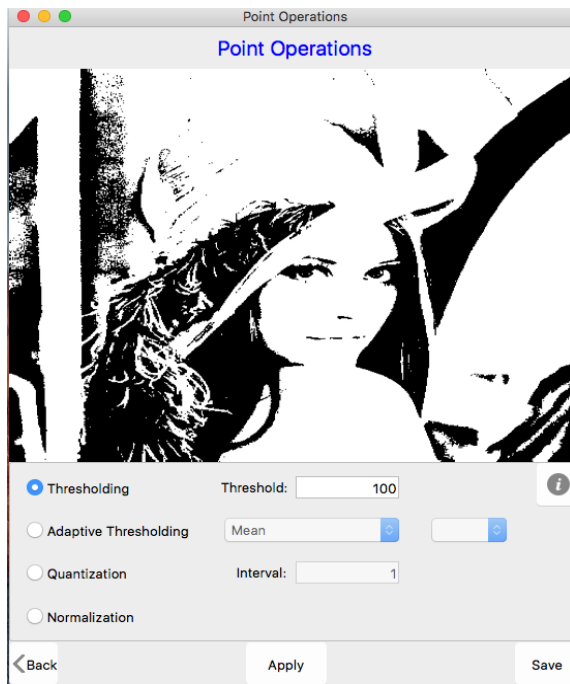




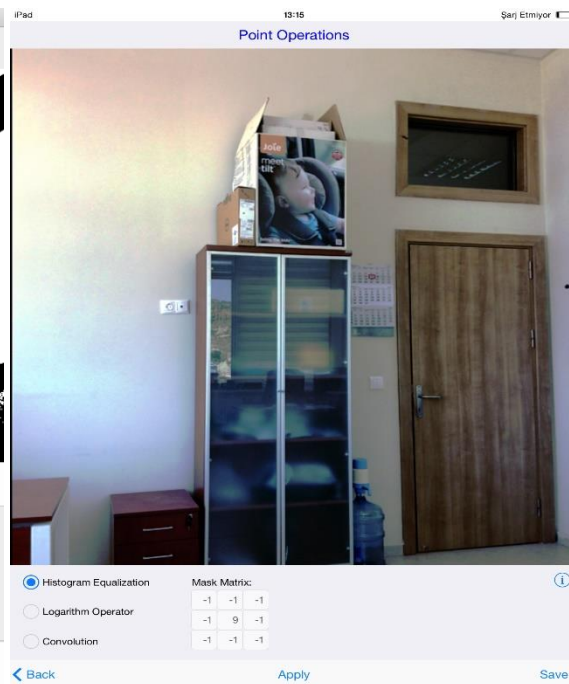
(c)

Fig. 3:) The arithmetic operations window for Android b) The logic operations window for OS X c) The geometric operations window for Windows

The windows used for point operations are shown in Fig. 4a and b. The windows contained various digital filters are given in Fig. 4c and d. Both point and digital filters can be applied on color or grayscale images.



(a)



(b)



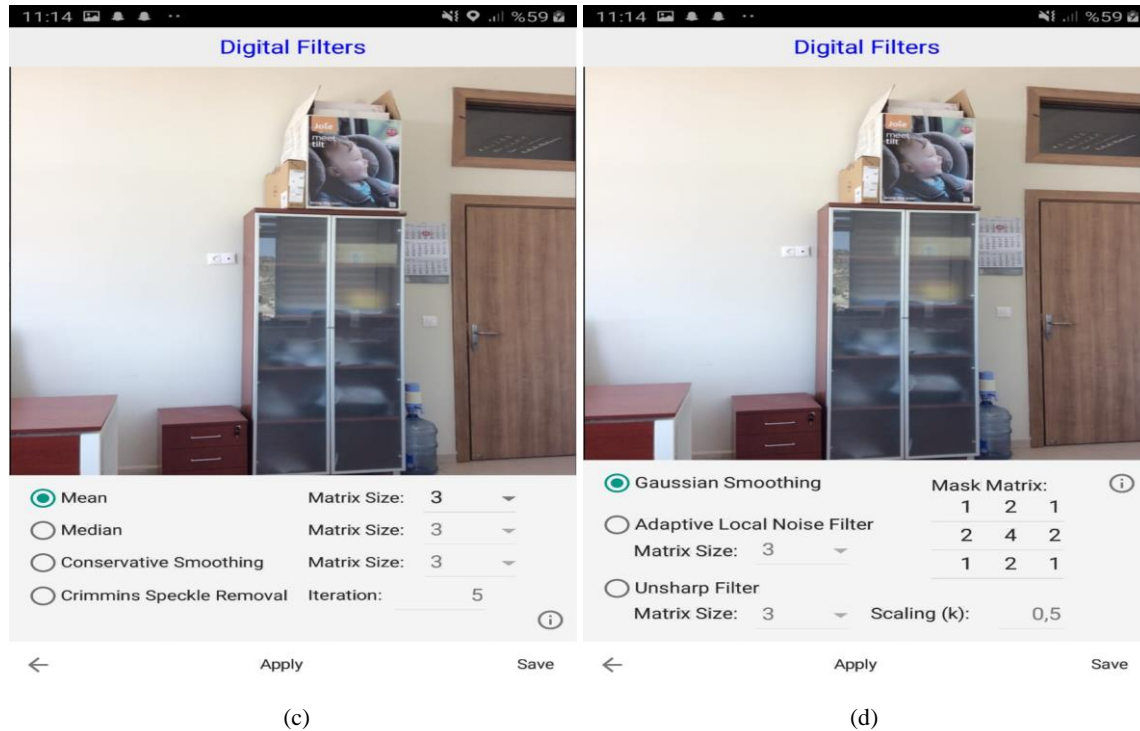


Fig. 4: a) and b) The point operations windows for OS X and iOS c) and d) The digital filters windows for Android

4. Conclusions

In this study, a multi-platform based tool was developed for image processing lectures given at undergraduate or graduate level. This tool can run on mobile platforms such as Android and IOS as well as desktop platforms such as Windows and MacOS. Instant images can be taken anytime and anywhere with mobile platform support. The operations such as conversion from color to grayscale, histogram creation, arithmetic, logic, geometric, point and digital filtering can be performed on recorded or instant images. The result images obtained from these operations can be saved. Thus, a test environment is provided for comparison of algorithms.

5. References

- [1] Russ, J. C. (2016). The image processing handbook. CRC press.
- [2] Image Processing Toolbox, <https://www.mathworks.com/products/image.html>.
- [3] Image Processing Toolkit, <https://www.ni.com/en-tr/innovations/white-papers/06/image-processing-with-ni-vision-development-module.html>
- [4] Ayala, M., Adjouadi, M., Cabrerizo, M., & Barreto, A. (2010). A Windows-based interface for teaching image processing. *Computer Applications in Engineering Education*, 18(2), 213-224.
- [5] Skinner, M. (2015). Image Processing and Analysis Application Developed on a Mobile Platform (Doctoral dissertation, UC San Diego).
- [6] Golagani, S. C., Esfahanian, M., Akopian, D., & Saygin, C. (2012). Template-based image processing toolkit for Android phones. In 119th ASEE Annual Conf. & Exposition, San Antonio, TX, AC2012-3546.
- [7] Çadık, M. (2008, October). Perceptual evaluation of color-to-grayscale image conversions. In *Computer Graphics Forum* (Vol. 27, No. 7, pp. 1745-1754). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- [8] Kuk, J. G., Ahn, J. H., & Cho, N. I. (2010, November). A color to grayscale conversion considering local and global contrast. In *Asian Conference on Computer Vision* (pp. 513-524). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] Gonzalez, R. C., & Wintz, P. (1977). *Digital image processing* (Book). Reading, Mass., Addison-Wesley Publishing Co., Inc. (Applied Mathematics and Computation, (13), 451.
- [10] Image Arithmetic, <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/arthops.htm>
- [11] Vala, H. J., & Baxi, A. (2013). A review on Otsu image segmentation algorithm. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 2(2), 387-389.
- [12] Su, B., Lu, S., & Tan, C. L. (2012). Robust document image binarization technique for degraded document images. *IEEE transactions on image processing*, 22(4), 1408-1417.



- [13] Perronnin, F., Liu, Y., Sánchez, J., & Poirier, H. (2010, June). Large-scale image retrieval with compressed fisher vectors. In 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 3384-3391). IEEE.
- [14] Maini, R., & Aggarwal, H. (2010). A comprehensive review of image enhancement techniques. arXiv preprint arXiv:1003.4053.
- [15] Gupta, G. (2011). Algorithm for image processing using improved median filter and comparison of mean, median and improved median filter. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 1(5), 304-311.
- [16] Uddin Khan, N., Arya, K. V., & Pattanaik, M. (2010, October). An efficient image noise removal and enhancement method. In 2010 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (pp. 3735-3740). IEEE.
- [17] Crimmins, T. R. (1985). Geometric filter for speckle reduction. *Applied optics*, 24(10), 1438-1443.
- [18] Shrivakshan, G. T., & Chandrasekar, C. (2012). A comparison of various edge detection techniques used in image processing. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 9(5), 269.
- [19] Kuan, D. T., Sawchuk, A. A., Strand, T. C., & Chavel, P. (1985). Adaptive noise smoothing filter for images with signal-dependent noise. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, (2), 165-177.
- [20] Badamchizadeh, M. A., & Aghagolzadeh, A. (2004, December). Comparative study of unsharp masking methods for image enhancement. In Third International Conference on Image and Graphics (ICIG'04) (pp. 27-30). IEEE.
- [21] İlhan, İ. (2016). Mobile device based test tool for optimization algorithms. *Computer Applications in Engineering Education*, 24(5), 744-754.



DEMİROKSİT KAPLI SEPIOLİT KATALİZÖR ÜZERİNDE CİBACRON RED P-4B AZO BOYASININ KATALİTİK ISLAK PEROKSİT OKSİDASYONU

İlker Kıpçak

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

ikipcak@ogu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada demiroksit kaplı sepiolit sentezlenerek, Cibacron Red P-4B azo boyasının katalitik ıslak peroksit oksidasyonunda katalizör olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Farklı sürelerde çalışılarak renk giderimi üzerine katalizör miktarının etkisi araştırılmıştır. Katalitik testler pH 3,7 ve 25°C'de 0,15 M H₂O₂ ile gerçekleştirilmiştir. En uygun katalizör miktarının 0,1 g olduğu belirlenmiştir. Bu koşullar altında 4 saatlik tepkime süresi sonunda %99,04 renk giderimi sağlanmıştır. Oksidasyon sürecinin kinetiği araştırılmış ve yalancı birinci derece kinetik modelin deneysel verilerle uyumlu olduğu saptanmıştır. 0,1 g katalizörle çalışıldığında yalancı birinci derece hız sabiti (k₁) 0,019 L/dk olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, demiroksit kaplı sepiolit katalitik ıslak peroksit oksidasyonu yoluyla azo boya gideriminde etkili bir katalizör olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Azo boya giderimi, Cibacron Red P-4B, Katalitik ıslak peroksit oksidasyonu, Sepiolit*

1. Giriş

Günümüzde hızla artan nüfus, kentleşme ve gelişen endüstrinin bir sonucu olarak üretim miktarları da sürekli artmakta, bu da bizi gün geçtikçe daha da fazla atık sorunuyla karşı karşıya bırakmaktadır. Ülkemizin bel kemiği konumundaki sektörlerden biri olan tekstil sektörü için de aynı durum söz konusudur. Bu sektörden kaynaklanan atıksular önemli miktarda boya içerikleri nedeniyle çevre açısından ciddi sorunlara yol açmaktadır. Tekstil atıksuları yüksek yoğunlukta renk içerikleri nedeniyle deşarj edildiği alanda ışığın geçişini engellemekte, çözülmüş oksijen miktarını düşürmekte ve o alandaki canlı yaşamını tehdit etmektedir.

Endüstride kullanılan boyaların büyük çoğunluğu yapılarında azo (-N=N-) kromofor grubu barındıran reaktif boyar maddelerdir. Kompleks kimyasal yapılarına ve sentetik kökenlerine bağlı olarak bu boyarmaddelerin giderimi oldukça zordur. Azo boyarmadde içeren atıksuların arıtımı için pek çok fiziksel (adsorpsiyon, membran filtrasyonu, iyon değişimi), kimyasal (oksidasyon, kimyasal çöktürme, flokülasyon) veya biyolojik arıtım süreci kullanılmaktadır [1]. Uygulanan bu yöntemler avantajlarının yanında pek çok dezavantajlarıyla da ön plana çıkmaktadır. Klasik biyolojik prosesler stabilitesi yüksek olan boyarmaddelerin gideriminde çok etkili olmazken, fiziksel ve kimyasal prosesler ise çamur oluşumu ve adsorban rejenarasyonu ihtiyacı gibi dezavantajlarından dolayı boyar madde gideriminde yetersiz kalmaktadır. Atıksulardaki sentetik kökenli ve kompleks kimyasal yapıdaki boyar maddelerin tam olarak parçalanması ileri oksidasyon prosesleri (İOP) ile gerçekleştirilebilmektedir. İleri oksidasyon proseslerinden biri olan katalitik ıslak peroksit oksidasyonu (CWPO), kararlı ve katalitik olarak aktif bir katalizör varlığında endüstriyel atıksulardaki organik kirleticilerin gideriminde oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

Sepiolit, sepiolit-paligorskite grubuna ait, magnezyum hidrosilikattan ibaret olan, Mg₈Si₁₂O₃₀(OH)₄(H₂O)₄.nH₂O kimyasal formülüne sahip doğal bir kil mineralidir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif boyunca devam eden kanal boşluklarına sahiptir [2]. Sepiolit, tabiatta iki değişik polimorf yapıda çökeltmektedir. Bunların birincisi; amorf, kompakt halde ve masif yumrular şeklinde olan ve dış görünüşü denizköpüğünü andırdığı için Almanca "meerschaum" adı ile, ülkemizde ise lületaşı olarak bilinen α-sepiolit, ikincisi ise; küçük, yassı ve yuvarlak partiküller veya amorf agregalar halinde oluşan β-sepiolittir [3]. Yüksek yüzey alanı, nano boyutlu kanalları ve lifsi yapısı ile ilaç, filtre, katalizör desteği ve adsorban gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Bu çalışmada demiroksit kaplı sepiolit sentezlenerek, Cibacron Red P-4B azo boyasının katalitik ıslak peroksit oksidasyonu ile arıtımında katalizör olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Farklı sürelerde çalışılarak renk giderimi üzerine katalizör miktarının etkisi araştırılmıştır. Ayrıca yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik modeller kullanılarak oksidasyon tepkimesinin kinetiği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kullanılan Malzemeler

Katalizör destek maddesi olarak bir lületaşı işleme atölyesinden temin edilen, Eskişehir Türkmentokat-Gökçeoğlu bölgesinden çıkarılmış sepiolit işleme artıkları kullanılmıştır. Temin edilen sepiolit öğütülüp elenmiş, deneylerde -75 µm boyutlu örnek kullanılmıştır. Kullanılan sepiolit ağırlıkça %30,73 MgO, %48,91 SiO₂, %2,38 CaO, %0,24 Fe₂O₃ ve %17,73 kızdırma kaybı bileşimine sahip olduğu ve yapısında az miktarda manyezit (MgCO₃) ve dolomit (MgCO₃.CaCO₃) bulunduğu saptanmıştır [4].

Oksidasyon deneylerinde kullanılan Cibacron Red P-4B bir tekstil fabrikasından toz halde temin edilmiş ve herhangi bir işlem yapılmadan doğrudan kullanılmıştır. Boyanın moleküler formülü C₃₁H₂₄ClN₇O₁₃S₄.4Na şeklindedir.



2.2. Katalizörün Hazırlanması

Katalizörün hazırlanması için bir beher içerisine 20 g sepiolit konulmuş, üzerine 200 mL taze hazırlanmış 0,5 M Fe(NO₃)₃·9H₂O dökme hızıyla eklenmiştir. Manyetik karıştırıcı üzerinde 4 saat boyunca karıştırıldıktan sonra üzerine 400 mL 1,0 M NaOH çözeltisi damla damla eklenmiştir. Daha sonra beherin üzeri kapatılmış ve 48 saat süreyle 60°C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı üzerinde karıştırılmıştır. Sonrasında beherin üzeri açılarak numunenin sıvı kısmı tamamen buharlaşana kadar karıştırma ve ısıtmaya devam edilmiştir. Beherden alınan topaklı katı numune öğütüldükten sonra distile su ile yıkama suyunun pH'ı 9'un altına düşünceye kadar birkaç kez yıkanmıştır. Sonrasında numune kurutulmuş ve 500°C sıcaklıkta 2 saat süreyle kalsine edilmiştir.

2.3. Katalitik Islak Peroksit Oksidasyonu Deneyleri

Katalitik ıslak peroksit oksidasyonu deneyleri 150 mL hacimli cam bir reaktör içerisinde gerçekleştirilmiştir. Reaktör sıcaklığı Lauda E200 model bir sirkülasyonlu su banyosu kullanılarak sabit tutulmuştur. Deneylerde reaktöre 100 mg/L derişiminde 100 mL hacminde boya çözeltisi eklenmiş ve Heidolph MR 3001 marka manyetik karıştırıcı kullanılarak 200 d/dk hızında karıştırma sağlanmıştır. Çözeltinin pH'ı Hanna HI 9124 marka pH-metre yardımıyla sürekli izlenmiş ve gerektiğinde seyreltik HNO₃ veya NaOH çözeltileri eklenerek sabit değerde kalması sağlanmıştır. Oksidasyon deneyleri pH 3,7'de ve 25°C sıcaklıkta, atmosfer basıncında yürütülmüştür. Belirlenen miktarda katalizör çözeltiye eklendikten sonra karışım 15 dk süreyle karıştırılmış ve pH'ı istenen değere ayarlanmıştır. 8,0 mL taze hazırlanmış 0,15 M H₂O₂ çözeltisi bir peristaltik pompa ile 2 mL/sa akış hızıyla sisteme ilave edilmeye başlandığında deney süresi de başlatılmış ve deney dört saat boyunca devam ettirilmiştir. Cibacron Red P-4B boyarmaddesinin hidrojen peroksitle verdiği bozunma tepkimesi Eşitlik 2.1'de verilmiştir.



Her 30 dakikada bir tepkime kabından 2 mL örnek alınarak santrifüjle katalizörden ayrılmış, gerekli oranda seyreltilip Hach DR4000 marka spektrofotometrede 544 nm dalga boyunda okuma yapılarak derişimi belirlenmiştir. Yüzde renk giderim verimleri başlangıçtaki ve deney sonrası çözeltilde kalan boya miktarları kullanılarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır:

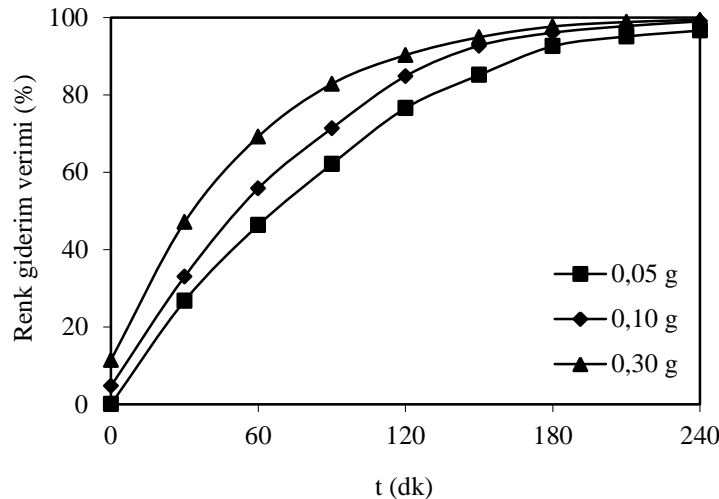
$$\text{Renk giderim verimi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \quad (2.2)$$

Denklemden C₀ başlangıçtaki boyarmadde derişimi (mg/L), C_t ise t (dk) süre sonunda çözeltilde kalan boyarmadde derişimidir (mg/L). Deneylerde katalizör miktarının farklı sürelerde boya giderim verimine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik modelleri kullanılarak tepkime kinetiği aydınlatılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Katalitik Islak Peroksit Oksidasyonu Çalışmaları

Katalizör miktarı ve zaman parametrelerinin boya madde renginin giderim verimine etkisi Şekil 1'de verilmiştir. Şekilden renk giderim veriminin katalizör miktarı ile arttığı görülmektedir. Ayrıca tepkime süresinin artmasıyla renk giderim verimlerinin artarak 4 saatlik deney süresi sonunda 0,05 g katalizör için %96,65; 0,10 g katalizör için %99,04 ve 0,30 g katalizör için %99,43 değerine ulaştığı görülmektedir. 0,10 ve 0,30 g katalizör miktarları için giderim verimleri %100'e ve birbirine çok yakın olmakla birlikte, daha az katalizör kullanılması nedeniyle 0,10 g katalizör miktarının daha uygun katalizör miktarı olduğu saptanmıştır.



Şekil 13: Katalizör miktarı ve zaman parametrelerinin renk giderim verimine etkisi

3.2. Kinetik Çalışmalar

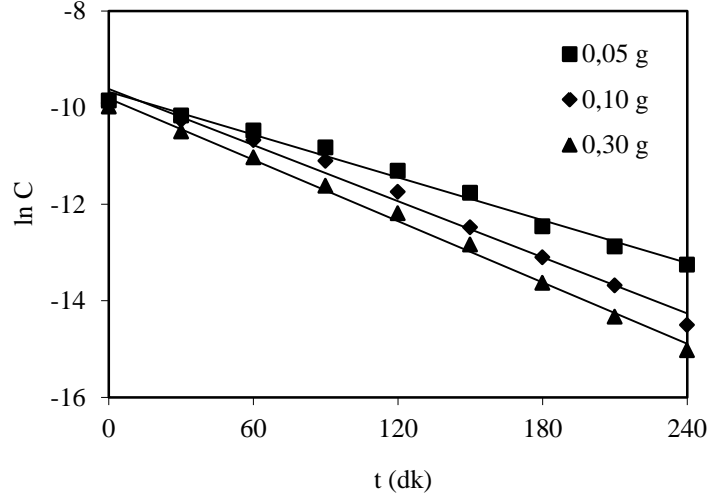
Katalitik ıslak peroksit oksidasyonu sürecinde Cibacron Red P-4B boyarmaddesinin hidrojen peroksitle vermiş olduğu tepkimenin tersinmez olduğu kabul edilmiştir. Tepkime kinetiğinin aydınlatılması için deneysel verilere yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik modeller uygulanmıştır. Bu modeller için denklemler sırasıyla aşağıdaki eşitliklerle verilmektedir [5]:



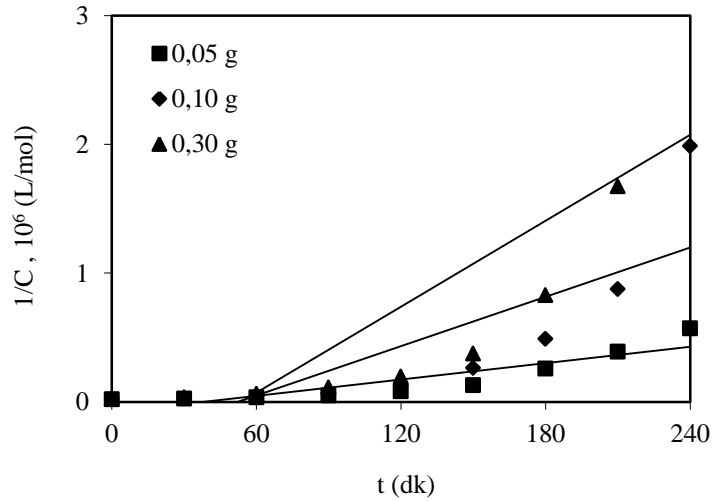
$$\ln C = \ln C_0 - k_1 t \quad (3.1)$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_0} + k_2 t \quad (3.2)$$

Eşitliklerde C : t anındaki tepken derişimi (mol/L), C_0 : başlangıçtaki tepken derişimi (mol/L); k_1 : yalancı birinci derece hız sabiti (1/dk) ve k_2 : yalancı ikinci derece hız sabiti (L/mol.dk)'dir. Gözlenen hız sabiti k_1 , $\ln C$ 'nin zamana karşı çizilen grafiğinin eğiminden hesaplanır (Şekil 2). k_2 ise $1/C$ 'nin zamana karşı grafiğinin eğiminden belirlenir (Şekil 3). Her iki model için hesaplanan hız sabitleri ve determinasyon katsayıları Tablo 1'de verilmiştir. Tablodan, yalancı birinci derece kinetik modeli için saptanan R^2 değerlerinin daha yüksek ve bire oldukça yakın olduğu, bu nedenle tepkime hızının bu model ile uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 2: Yalancı birinci derece kinetik model eğrileri



Şekil 3: Yalancı ikinci derece kinetik model eğrileri

Tablo 1: Yalancı birinci derece ve yalancı ikinci derece kinetik model parametreleri

Katalizör miktarı (g)	Yalancı birinci derece		Yalancı ikinci derece	
	k_1 (1/dk)	R^2	k_2 (L/mol.dk)	R^2
0,05	0,015	0,989	2121	0,806
0,10	0,019	0,987	6389	0,656
0,30	0,021	0,995	11122	0,670



4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada bir tekstil azo boyar maddesi olan Cibacron Red P-4B'nin katalitik ıslak peroksit oksidasyonu yoluyla giderimine katalizör miktarı ve zaman parametrelerinin etkileri araştırılmıştır. Ayrıca tepkime kinetiği incelenmiştir. Katalizör olarak 500°C'de kalsine edilmiş demir oksit kaplı sepiolit kullanılmıştır.

Deneylerde en uygun katalizör miktarının 0,1 g olduğu belirlenmiştir. Bu katalizör miktarıyla pH 3,7'de, 25°C sıcaklıkta ve 0,15 M H₂O₂ derişimiyle çalışıldığında 4 saat tepkime süresi sonunda %99,04 renk giderim verimi sağlanmıştır. Kinetik incelemeler tepkimenin yalancı birinci derece hız ifadesiyle modellenebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak kalsine edilmiş demir oksit kaplı sepiolit katalizörünün sulu çözeltiden katalitik ıslak peroksit oksidasyonu yöntemiyle tekstil azo boyası gideriminde etkili bir katalizör olarak kullanılabilceği belirlenmiştir.

5. Kaynakça

- [1] Socha, K., "Treatment of Textile Effluents", *Textile Month*, 12, 52-56, 1991.
- [2] Vicente Rodriguez, M.A., Lopez Gonzalez, J.D., Banares Munoz, M.A., "Acid Activation of a Spanish Sepiolite: Physicochemical Characterization, Free Silica Content and Surface Area of Products Obtained", *Clay Minerals*, 29, 361-367, 1994.
- [3] Sariiz, K., Nuhoglu, İ., *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1992.
- [4] Kurtaran Ersal, E., *Sepiolit ile Sulu Çözeltilerden Ni(II) İyonunun Giderilmesi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 2013.
- [5] Subbaramaiah, V., Srivastava, V.C., Mall, I.D., "Catalytic Wet Peroxidation of Pyridine Bearing Wastewater by Cerium Supported SBA-15", *Journal of Hazardous Materials*, 248-249, 355-363, 2013.



BATI KARADENİZ ORMAN ÜRÜNLERİ ENDÜSTRİSİNDE TERCİH EDİLEN HAMMADDE KAYNAKLARI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

İlker Kiraz¹, İbrahim Bektaş^{2*}

^{1,2}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

ilkerkiraz91@gmail.com

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi

ibtas@ksu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet.

Ülkemizde Batı Karadeniz Bölgesi, orman varlığı açısından zengin bir bölgedir. Bölgedeki orman varlığı ve ağaç çeşitliliğine bağlı olarak, orman endüstrisi ürünlerinin yapımında tercih edilen hammadde türü de farklılıklar gösterebilmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki orman ürünlerinin çeşitliliği de bu bağlamda tercih edilen hammadde kaynaklarının da çeşitli olabileceğini göstermektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, Batı Karadeniz orman ürünleri endüstrisinde tercih edilen hammadde kaynaklarını belirlemektir. Aynı zamanda işletmelerin, hammadde teminini sağladıkları yerler de belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada, Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu, Zonguldak illerindeki orman ürünleri işletmelerine hammadde ile ilgili olarak anket çalışması uygulanmıştır. Verilerin analizi için SPSS veri analiz programı kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kamu sektörünün tamamı ve özel sektörün bir kısmı hammadde teminini Orman Genel Müdürlüğü'nden karşılamaktadır. Bu bilgiler sonucunda Doğu Karadeniz yöresinde olduğu gibi, Batı Karadeniz Orman Ürünleri Endüstrisinde de hammadde kaynaklarına yakınlık ve hammaddenin yetiştirme ortamları işletmecilerin tercihlerini diğer faktörlerden daha az etkilediği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Ürünleri Endüstrisi, Hammadde Kaynakları, Batı Karadeniz Bölgesi

1. Giriş

Dünyada nüfusun hızlı bir şekilde artması ve sanayileşme, doğal kaynakların kullanımında artışa sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak orman kaynakları ve orman ürünlerine olan ihtiyaç da artış göstermektedir .

Orman endüstrisi üretim ,istihdam ,ithalat , ihracattaki payı gibi özellikle bakımından diğer endüstriler arasında çok önemli bir yere sahiptir . Orman endüstrisi işletmeleri kullandıkları hammaddelerin büyük bölümünü Orman İşletmelerinden sağlamaktadır. Buna bağlı olarak Orman İşletmeleri ile Orman Endüstrisi birbirinden kopmamaktadır[1].

Batı Karadeniz Bölgesi orman ürünleri endüstrisi işletmeleri, lojistik konumu sayesinde rekabet açısından çok önemli bir avantaja sahip olmaktadır. Coğrafi açıdan bölge çok yoğun orman varlığına sahiptir[2]. Bölgede bulunan Orman İşletme Şeflikleri aracılığıyla işletmelerin hammaddeye ulaşımı rahatlıkla gerçekleşmektedir.

Bölgedeki orman varlığı ve ağaç çeşitliliğine bağlı olarak, orman endüstrisi ürünlerinin yapımında tercih edilen hammadde türü de farklılıklar gösterebilmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki orman ürünlerinin çeşitliliği de bu bağlamda tercih edilen hammadde kaynaklarının da çeşitli olabileceğini göstermektedir. Bu tez çalışmasının amacı, Batı Karadeniz Bölgesi orman ürünleri endüstrisinde işletmelerin tercih ettiği hammadde kaynaklarını tespit etmek ve bu hammadde kaynaklarının temininin nerelerden sağlandığı hakkında bilgilerin toplanmasıdır.

1.1. Orman Ürünleri Endüstrisi Hakkında Genel Bilgiler

Orman alanları ülkemizin yaklaşık olarak %26'lık kısmını oluşturmaktadır. Orman ürünleri sanayi, imalat sanayinin alt sektörüdür. Orman ürünleri endüstrisi, doğal kaynağımız olan ormanlarımızı değerlendirerek ülke ekonomisine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Orman ürünleri sanayisini; ana mal üretmekte olan ağaç ve mantar ürünleri ile birlikte tüketim malı üretmekte olan mobilya sanayi oluşturmaktadır [3] .

Orman ürünleri sanayi; birincil ve ikincil imalat sanayi gruplarından oluşmakta olup; birincil imalat sanayi grubunu, hammaddesi direkt odun olan; kereste ve parke, kaplama ve kontrplak, yonga ve lif levha sanayi çeşitleridir. İkincil imalat sanayi grubunda bulunmakta olan sanayi çeşitleri ise; hammaddesi birincil imalat sanayinde elde edilen ürünler olan ; mobilya, doğrama, ahşap parke, prefabrik ev, palet, ambalaj vb. olarak sayılabilir

1.2. Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisi

Dünya üzerindeki pek çok ülkenin yüzölçümünden daha çok oranda orman alanına sahiplik yapan Türkiye'nin toplam ormanlık alanı % 26 oranındadır. 300.000 civarında kişiye iş imkânı sağlayan "Türkiye Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri Sektörü'nün değeri 19



milyar dolardır. Ülkemizde kereste üretimi 2010 ve 2011 yılları arasında 6,2 milyon m³ olarak gerçekleşmiştir. 166 üretici ülkeden 13. sırada olan Türkiye, dünyadaki kereste üretimindeki payı % 1,6 oranında karşımıza çıkmaktadır[4] .

Odun hammaddesinin kullanım değerini yükseltmek için çalışmakta olan sektör durumundaki orman ürünleri sanayi ülke ekonomimizdeki ağırlığını gitgide artırabilmektedir. Hem istihdam ettiği çalışanlar hem de üretime kattığı ürünler ile kalkınma sürecine ve ekonomik faaliyetlerin gelişimine katkı sağlamıştır [5].

1.2.1. Batı Karadeniz Orman Ürünleri Endüstrisi

Batı Karadeniz Bölgesi, hem geniş orman alanları hem de orman ürünleri sektöründe faaliyette bulunan firmaların yoğunluğu ile Türkiye'nin önemli ürün sağlayıcıları arasındadır. Orman alanlarının genişliği, ürünlerin kalitesi ve biyolojik çeşitlilik bölgedeki orman ürünü üreticilerine son yıllarda Türkiye'de ev ve yaşam trendleriyle birlikte değişim gösteren kalite ve estetik beklentilerini de karşılama imkanı vermektedir.

Bölgenin orman ürünleri sektörü incelendiğinde, işletmelerin genel olarak tomruk, kereste ve parke imalatı gerçekleştirdiği görülmektedir. Odun dışı orman ürünleri işletmelerine bakıldığında ise genellikle şahıs işletmeleri oldukları görülmektedir [2] .

1.2.2. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA)

Ülkemizdeki Kalkınma Ajansları kaynakların doğru yerde ve etkin kullanılması doğrultusunda çalışma hedefi ile, bölge içi ve bölgeler arası gelişmişliğin birbirine yakınlaşması, kamu kesimi, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki iş birliğinin geliştirilmesi, yerel yönetimlerin gücünün artırılması ve yerel potansiyellerin başlatılması hedefi doğrultusunda Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı kurulmuştur[6] .

Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA) da bu hedefle 2009'da kurulup, yetişmiş insan kaynaklarıyla Batı Karadeniz Bölgesinin sosyal ve ekonomik kalkınması için paydaşlar arasındaki işbirliği kültürünü geliştirerek kaynakların etkin kullanımını sağlama misyonu ile çalışmalar yürütmektedir [6] .

1.3. Hammadde Kelimesinin Tanımı

Hammadde kelimesinin anlamı ; bir ürünü ya da malı oluşturmak için gerekli olan maddelerin işlenmeden önceki doğal hali olarak karşımıza çıkmaktadır . Ekonomi sektöründe hammadde kelimesi; imalat sürecinde kullanılan işlenmemiş veya yarı işlenmiş malzeme, ara mallar, girdiler anlamındadır .

1.3.1. Orman Ürünleri Endüstrisinde Hammadde

Ormancılık sektörü, üretmiş olduğu odun kökenli olan orman ürünleri ile birden çok sanayi koluna hammadde temininde bulunmaktadır. Başka bir deyişle, ormancılık sektörü birden çok sanayi kolunu beslemekte olup, katma değer yaratılmasında ve istihdam artışında önemli bir etkisi vardır. Bahsedilen özellikleri sebebiyle ormancılık sektörü, endüstri ekonomisi biliminde “Ana Birinci Sektörler” kategorisinde yer almaktadır [7] .

2. Önceki Çalışmalar

Akyüz ve Ark. (2003). Yaptıkları çalışmada Doğu Karadeniz'in Orman Ürünleri İşletmelerini hammadde tercih ve sorunlarının belirlenmesi için 300 adet işletme anket çalışması uygulanmıştır. Bu anketler neticesinde yüksek fiyat ve uygunsuz hammadde boyutlarının en mühim problemler olduğu tespit edilmiştir[8] .

Doğu Karadeniz Bölgesindeki orman ürünleri sanayi firmalarının üretim faaliyetlerinde en fazla kullandıkları hammadde grubu tespit edilmeye çalışılmış ve tespiti gerçekleştirilen dağılım Tablo:1' de verilmiştir. Uygulanan anketler neticesinde, firmaların % 38,3'ünün yumuşak odun kerestesi, %30' unun MDF, % 18,3' ünün yonga levha, %10'unun sert odun kerestesi ve %3,4'ünün de farklı kullanım alanı için farklı levha (kontrplak, kaplama, v.s.) ürünleri tercih ettikleri belirlenmiştir [8] .

Tablo 1: İşletmelerde Kullanılan Hammaddeler(Akyüz ve ark., 2003)

Hammadde	Cevap Sayısı	%
Yumuşak odun kerestesi	115	38,3
MDF	90	30
Yonga Levha	55	18,3
Sert Odun Kerestesi	30	10
Diğer	10	3,4
Toplam	300	100

Orman ürünleri işletmelerinde kullanıldığı tespit edilen hammaddelerin niçin kullanıldıkları Tablo:2' de verilmiştir. Araştırmada daha çok MDF ve yonga levhanın mobilya imalatı için tercih edildiği belirlenmiş ve MDF tercih eden işletmelerin % 66,6'sının mutfak mobilyası, %33,4'ünün ise ev mobilyası üretimi faaliyetinde buldukları belirlenmiştir. Yonga levha kullanan işletmeler ise % 33,3 oranında ev mobilyası, % 33,3 oranında kabin tipi mobilya, % 16,6 oranında ofis mobilyası, % 16,6 oranında mutfak mobilyası üretim faaliyetinde bulunmaktadır. Tercihli sert odun olan işletmeler, karisör ve kereste üretimi ve tercihi yumuşak odun olan işletmelerin hepsi doğramacılık faaliyetinde bulunmaktadır [8] .



Tablo 2: : İşletmelerde hammadde kullanım amaçları [8]

Kullanım Amacı	Cevap Sayısı	%
Karisör, Doğrama, Kereste	150	50
Mutfak Mobilyası	80	26,6
Ev Mobilyası	40	13,3
Kabin Tipi Mobilya	20	6,6
Ofis Mobilyası	10	3,3
Toplam	300	100,0

Akyüz ve Ark. (2003), Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan bu çalışma sonucunda odun hammadde fiyatlarındaki yukarı yönlü dalgalanmalar ve istikrarsızlıklar , hammaddenin uygun olmayan ölçüleri temel sorunlar olarak nitelendirilmiştir. Bu sorunların çözümü önerisi olarak gerekli birimlerce fiyat istikrarının sağlanması, üreticinin istemiş olduğu hammadde boyutları üretim esnasında daha kullanışlı hale getirilmelidir [8] .

Orman ürünleri işletmelerinin üretim sırasında kullandıkları temel hammaddelerin tespit edilmesi amacı ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda ise mobilya üretimi faaliyetinde bulunan işletmelerin daha çok MDF kullandıkları tespit edilmiştir. MDF'nin tercih edilme sebebi ise çalışmasının az oluşu ve direncinin yüksek olması olarak belirlenmiştir [8] .

Karayılmazlar ve ark. (2008)'nin yaptığı çalışmada, Bartın'da yer almakta olan işletmelerde tercih edilen hammaddeler; işletmelerin %58,66'sında göknar, %56'sında çam, %45,33'ünde meşe, ardıç, gürgen, çınar, dişbudak, ıhlamur vb. gibi ağaçlar olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerin yapraklı ağaç türlerimize daha fazla tercih etmelerinin sebebi Bartın orman varlığındaki ağaç türlerinin büyük oranda yapraklı ağaç türlerini içermesi ve bu ağaç türlerini sektörün istemesidir[9] .

Gedik ve Çil (2015) tarafından yapılan çalışmada Batı Karadeniz Bölgesi illeri olan Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu ve Zonguldak illerinden toplamda 50 farklı işletmede uygulanan anket yöntemi ile işletmelerde sürdürülebilir üretim uygulamalarının belirlenmesi amaçlanmış ve anket sonuçlarında; işletmelerin üretimleri esnasında en yüksek üretim giderinin hammadde maliyetlerine olduğu tespit edilmiştir. Bu 50 adet işletme; %46 mobilya, %30 kereste, %12 levha, %10 kapı imalatı ve %2'si de kağıt üretimi yapmaktadır [10] .

3. Materyal ve Metod

3.1. Materyal

Bu çalışmada Batı Karadeniz bölgesinde faaliyette bulunmakta olan orman ürünleri sanayi işletmelerinin tercih ettikleri hammadde kaynaklarını belirlemek amaçlanmıştır. Aynı zamanda hammadde temininde karşılaştıkları problemler de tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma amaçlarına ulaşabilmek için Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu ve Zonguldak illerinde faaliyette bulunmakta olan orman ürünleri endüstri işletmeleri incelenmiştir. Bu amaç için, illerdeki Ticaret ve Sanayi Odasına bağlı işletme sayıları alınmıştır. Buna göre 71 adet işletme araştırma kapsamına alınmıştır.

3.1.1. Batı Karadeniz Bölgesi'ne Genel Bakış

Batı Karadeniz Bölgesi, gerek geniş ormanları gerekse orman ürünleri işletme sayısının çokluğundan dolayı orman ürünleri açısından Türkiye için [2] .

Bölge, orman ürünleri sektörü işletmelerinde genel olarak, tomruk, kereste ve parke imalatı yapmaktadırlar [2] .

Yüzdelik olarak bakıldığında Batı Karadeniz illerindeki orman alanlarının il genel alanına olan oranına bakıldığında ; Bartın'da %59,3 , Bolu'da %64,9 , Düzce'de %51,6 , Karabük'te %70,8 , Kastamonu'da %66,2 , Zonguldak'ta %56,1'lik alana denk gelmektedir [11]

Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılında Türkiye Orman Varlığı istatistiklerinin bir kısmı Tablo:3' de verilmiştir.

Tablo 3: Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılı Türkiye Orman Varlığı illere göre dağılımı [11]

SIRA NO	İL ADI	TOPLAM ORMANALANI ha	İL GENEL ALANI ha	ORMANLIK ALAN %
14	BOLU	531.802	819.169	64,9
37	KASTAMONU	873.651	1.320.561	66,2
67	ZONGULDAK	194.075	346.160	56,1
74	BARTIN	135.437	228.576	59,3
78	KARABÜK	275.755	389.553	70,8
81	DÜZCE	124.390	241.092	51,6

3.2. Metod

Araştırmanın ana konusunu, Batı Karadeniz illeri olan Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu ve Karabük illeri ve bu illerin ilçelerinde yer alan orman ürünleri endüstrisinde faaliyette bulunmakta olan 71 adet işletme ile yapılmış olan anket verileri oluşturmaktadır. Anket formu katılımı için 108 işletmeye ulaşılmış olup, 71 adedi geri dönüş gerçekleştirilmiştir Ayrıca araştırma konusu ile ilgili daha önce yapılmış olan tez, makale, gibi çalışmalardan da yararlanılmıştır.



Anketin hazırlanması aşamasında öncelikle konu ile benzer çalışmalarda kullanılan anket formları incelenip, doğru ve anlaşılır soruların hazırlanması için uğraşmıştır. 20 sorudan oluşmakta olan bir anket formu oluşturulmuştur. Araştırmada kullanılan anket formunun ilk bölümünde çalışanların demografik özelliklerini belirlemeye yönelik olan sorular yer almaktadır. Bu bölümde: işletmenin içinde bulunduğu sanayi kolu türü, işletmenin bulunduğu il, anketi cevaplayanların; cinsiyeti, öğrenim durumu, kadrosu, hizmet süresini belirlemek amacıyla toplamda 6 soruya yer verilmiştir. İşletmelerin en çok tercih ettiği hammaddelerin tespiti için hazırlanan sorulardan birisi çoklu yanıt bir diğeri ise açık uçlu soru tipidir. Hammadde temin yerlerine yönelik olan soru çoklu yanıt sorusudur. İşletmelerin Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki orman ürünleri sektöründe hammadde ihtiyacı hakkında olan düşüncelerini tespit edebilmek amacıyla 5'li likert tipi ölçek kullanılmıştır. Bu ölçekler şu şekildedir; 1-Kesinlikle Katılmıyorum, 2-Katılmıyorum, 3-Kararsızım, 4-Katılıyorum, 5-Kesinlikle Katılıyorum şeklindedir. İşletmeler bu 5 ölçekten 1 tanesini işaretleyerek 10 soruya yanıt vermişlerdir.

Yapılan anketlerin geçerliliğini tespit etmek için güvenilirlik testi yapılmış ve alfa = 0,723 olarak bulunmuştur. Alfa sayısının %60 üzerinde olması ölçeğin güvenilir olduğunu göstermektedir.

4. Bulgular

Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan orman ürünleri sanayi işletmelerine, yüz yüze görüşme yöntemi ve telefon aracılığı ile görüşme yöntemi ile uygulanmış olan anketler ile elde edilen bilgilerin istatistiksel analiz sonuçları sunulmaktadır.

4.1. İşletmelerin En Çok Tercih Ettikleri Ağaç Türleri

Bu bölümde işletmelerin orman ürünleri imalatında hammadde olarak en çok tercih ettikleri ağaç türleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca işletmelerin mensup oldukları sanayi koluna göre en çok tercih ettikleri ağaç türlerinin tespiti de amaçlanmıştır.

Tablo 4: İşletmelerde En Çok Tercih Edilen Ağaç Türleri

En Çok Tercih Edilen Ağaç Türleri	Cevaplar		Deneklerin Yüzdesi
	N (Birim Sayısı)	Yüzde	
Çam	59	29,2	84,3
Göknar	45	22,3	64,3
Ceviz	6	3	8,6
Ladin	5	2,5	7,1
Meşe	21	10,4	30
Kayın	51	25,2	72,9
Kavak	6	3	8,6
MDF	1	0,5	1,4
Gürgen	3	1,5	4,3
Kestane	1	0,5	1,4
Yonga Levha	2	1	2,9
Kızıl Ağaç	2	1	2,9
Toplam	202	100	288,6

Anket uygulanan işletmelerde orman ürünleri imalatı için en çok tercih ettikleri ağaç türleri Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre; çam ağacı %29,2 oran ile işletmelerde en çok tercih edilen ağaç olup çam ağacını, %25,2 oranla kayın, %22,3 oran ile göknar ağacı izlemektedir.

İşletmelerin içinde yer aldıkları sanayi koluna göre en fazla tercih ettikleri ağaç türlerine ait veriler çapraz tablo Tablo 5'de verilmiştir. Bu verilere bakıldığında; çam ve göknar ağacı sırasıyla en çok %66,1 ve %71,1 oran ile kereste firmalarında tercih edilmiştir. Ceviz ağacı en çok kereste ve kaplama işletmelerinde % 50 oran ile tercih edilmiştir. Ladin tercihi; kereste, mobilya ve parke işletmelerinde %60 oranda tercih edilmiştir. Meşe ağacı %52,4 oranında kereste işletmesinde, kavak ağacı %50 oranla yonga levha işletmelerinde tercih edilmiştir. MDF %100 oran ile mobilya işletmesinde tercih edilmiştir. Kereste, kaplama, mobilya ve yonga levha firmalarında %33,3 oran ile en çok tercih edilen ağaç türü gürgendir. Kestane ağacı %100 oranında en çok mobilya işletmesinde tercih edilmiştir. Sarıçam %100 oran ile en çok kereste firmasında tercih edilmiştir. Mobilya ve yonga levha firmalarında %50 oranlarla tercih edilen ağaç türü yonga levhadır. Parke ve kontrplak firmalarında kızıl ağaç %50'lik oranlarla tercih edilmiştir. Son olarak karaçam %100 oran ile en çok kereste firmalarının tercihi olmuştur.



Tablo 5 :Sanayi kollarına göre işletmelerin tercih ettikleri ağaç türleri

Sanayi Kolu	En Çok Tercih Edilen Ağaç Türleri												Toplam
	Çam	Gökknar	Ceviz	Ladin	Meşe	Kayın	Kavak	MDF	Gürgen	Kestane	Yonga levha	Kızıl Ağaç	
Kereste	39 66,1 %	32 71,1 %	3 50,0 %	3 60,0 %	11 52,4 %	31 60,8 %	2 33,3 %	0 0,0 %	1 33,3 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	4 3
Kaplama	5 8,5 %	4 8,9 %	3 50,0 %	2 40,0 %	4 19,0 %	9 17,6 %	0 0,0 %	0 0,0 %	1 33,3 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	9
Kontrplak	6 10,1 %	4 8,9 %	0 0,0 %	2 40,0 %	0 0,0 %	7 13,7 %	2 33,3 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	1 50,0 %	7
Mobilya	19 32,2 %	16 35,6 %	1 16,7 %	3 60,0 %	5 23,8 %	18 35,3 %	1 16,7 %	1 100 %	1 33,3 %	1 100, 0 %	1 50,0 %	0 0,0 %	2 3
Yonga Levha	14 23,7 %	8 17,8 %	2 33,3 %	2 40,0 %	4 19,0 %	12 23,5 %	3 50,0 %	0 0,0 %	1 33,3 %	0 0,0 %	1 50,0 %	0 0,0 %	1 5
Lif Levha	8 13,5 %	8 17,8 %	1 16,7 %	2 40,0 %	1 4,8 %	8 15,7 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	9
Parke	12 20,3 %	9 20,0 %	2 33,3 %	3 60,0 %	3 14,3 %	10 19,6 %	1 16,7 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	1 50,0 %	1 3
Toplam	59	45	6	5	21	51	6	1	3	1	2	2	7 0

4.2. İşletmelerin Hammaddede Temini Sağladığı Yerler

Bu bölümde, orman ürünleri işletmelerinin hangi kaynaklardan hammaddede teminini gerçekleştirdiğini tespit etmek amaçlanmıştır. Verilerin frekans tablosu Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre; OGM' den hammaddede temini sağlayan firmaların oranı %51,3 olup, özel sektörden sağlayan %38,5 , ithal olarak hammaddede ihtiyacını karşılayan firmaların oranı ise %10,5 olarak sonuçlanmıştır.

Tablo 6 : İşletmelerin Hammaddede Teminini Sağladığı Kaynaklar

Hammaddede Temin Kaynakları	Cevaplar		Denek Yüzdesi
	N (Birim Sayısı)	Yüzde	
OGM	40	51,3	57,1
Özel Sektör	30	38,5	42,9
İthal	8	10,3	11,4
Toplam	78	100,0	111,4

5. Sonuçlar

Bu araştırmada, Bartın, Bolu, Düzce, Karabük, Kastamonu, Zonguldak illerinde yer alan orman ürünleri sanayi işletmelerinin, ürünlerin imalatında tercih ettikleri hammaddelerin tespitleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Diğer hammaddede teminini sağladığı kaynakların %38,5'i özel sektör ve %10,3'ü ithal kaynaklardan oluştuğu bilgileri elde edilmiştir.

İşletmelerin en çok hammaddede teminini sağladığı sektör %51,3 oranında OGM'dir.

Anket soruları kısa ve anlaşılır olmasına rağmen bazı işletmelerde anketin uygulandığı kişilerde cevaplama konusunda ve soruların tam olarak anlamını anlamakta zorluk çekmişlerdir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında işletmelerin içinde buldukları sanayii koluna ve illere göre değerlendirmeler yapılmıştır.

İşletmelerin içinde buldukları sanayii koluna göre toplam yüzde değerlerine bakıldığında % 35,8 kereste işletmesi ve %20 oranında da mobilya işletmesi ankete katılmıştır. Yonga levha işletmelerinin katılımı %12,5 oranda gerçekleşmiştir. Parke işletmelerinin katılım oranı %10,8 , kaplama firmalarının katılımı ise %7,5 oranındadır. Kontrplak işletmeleri %5,8 oranında katılım gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan çalışma sonucu işletmelerin genel olarak tercih etmiş oldukları ağaçlara bakıldığında % 29,2 oranı ile çam ağacı en çok tercih edilen ağaç türü olmuştur. Ağaç tercihinde görülen 2. Yoğunluk ise %25,2 oranı ile kayın ağacıdır. 3. Olarak en çok tercih edilen



ağaç türü göknar olup %22,3 oranına sahiptir. Meşe ağacı %10,4 , Kavak ağacı %3 , ceviz ağacı %3 , gürgen ağacı %1,5 , yonga levha %1 , kızıl ağaç %1 , mdf %0,5 , kestane %0,5 oranında tercih edilen ağaç türleri olduğu bilgileri elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucu çam ağacı en çok tercih eden sanayii kolu % 66,1 oranında kereste firmaları olmuştur. Göknar ağacı % 71,1 oranında en çok kereste firmalarında tercih edilmiştir. Ceviz ağacı %50 kereste ve %50 kaplama firmalarında en çok tercih edilen ağaç türü olmuştur. Ladinin en çok tercih edildiği sanayii kollarına bakıldığında kereste %60 mobilya %60 ve parke %60 oranında tercih edilmiştir. Meşe en çok %52,4 ile kereste firmalarının tercihi olmuştur. Kynın %60,8 oran ile en çok kereste firmalarında tercih edildiği görülmektedir . Kavak ağacı % 50 ile en fazla yonga levha sektöründe tercih edilmiştir. Mdf %100 oranında en çok mobilya işletmelerinin tercihi olmuştur. Kereste %33,3 , kaplama %33,3 ve yonga levhadada %33,3 oranlarıyla gürgen ağacı daha çok tercih edilmiştir. Kestane ağacını en çok tercih eden firma mobilya firmasıdır ve oranı %100 olarak görülmektedir. Yonga levha hammaddesini en çok tercih eden firmalar mobilya %50 ve yonga levha %50 oranlarıyla karşımıza çıkmaktadır. Kızıl ağaç tercihi kontrplak %50 ve parke firmalarında %50 oranında en çok tercih edilen ağaç türü olmuştur.

Orman ürünleri sektöründe büyük sıkıntılardan biriside hammadde maliyetinin ucuz olmamasıdır. İşletmelere hammadde maliyeti ucuzdur cümlesi hakkında düşünceleri istendiğinde %52,1 oranında büyük bir çoğunluğu kesinlikle katılmıyorum cevabını vermişlerdir. %28,2 katılmıyorum , %9,9 katılıyorum , %5,6 sı kararsızım ve %4,2 si ise kesinlikle katılıyorum cevaplarını vermişlerdir. Hammadde maliyetinin ucuz olamaması işletmelerde üretimde istenen verimi alamamalarına sebep olabilmektedir. İşletmek karlarının düşük olmasına da sebep olmaktadır. Hammadde maliyetinin pahalılığı işletmelerin kendi çabalarıyla aşabilecekleri bir sorun değildir.

6. Kaynakça

- [1] Gültekin, Y.S., “Düzce İlinde Odun Hammaddesi Arz-Talep İlişkileri”, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi , 2009
- [2] Mutlu, O.A., Yılmaz, A. , Başer, B.C. , TR81 Düzey2 Bölgesi Mobilya ve Orman Ürünleri Sektör Analizi Raporu, Zonguldak, 2012
- [3] Özcan, B., “Orman Ürünleri Sanayisinin Önemi ve Ülke Ekonomisine Katkısı” , Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi, 61 (1991)
- [4] (Trademap, 2011)
- [5] Akyüz, K. C., 2000. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Küçük ve Orta Ölçekli Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Yapısal Analizi, KTÜ Yayınlanmamış Doktora Tezi, 33-41, Trabzon
- [6] <https://www.halkbankkobi.com.tr/NewsDetail/Bati-Karadeniz-Kalkinma-Ajansi--BAKKA--Genel-Sekreteri-Elif-Acar/10567>
- [7] Anonim, Ormançılık, DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 1995.
- [8] Akyüz, K., Serin, H., Akyüz, İ., Cındık, H., Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, , Doğu Karadeniz Bölgesindeki Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinin Hammadde Tercihleri Ve Tedarik Sorunları , Sayı:1-2, s:(68-75) , Trabzon, 2003
- [9] Karayılmazlar, S., Çabuk, Y., Aşkin, A., “Bartın İli Orman Endüstri İşletmelerinin Üretim ve Teknolojik Özellikleri, Sorunları ve Çözüm Önerileri” , SDÜ Orman Fakültesi Dergisi A(1),: 143-154, 2008
- [10] Gedik, T., Çil, M., Batı Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Orman Ürünleri Sanayi İşletmelerinde Sürdürülebilir Üretim Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma, Ormançılık Dergisi, 11 (2):1-12, 2015
- [11] <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1-2016-2017.pdf>



7. Ekler

7.1. EK-1 ANKET FORMU

ANKET FORMU

Bu anket formu Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülmekte olan **“Batı Karadeniz Bölgesinde Orman Ürünleri Endüstrisinde Tercih Edilen Hammadde Kaynakları Üzerine Araştırmalar”** başlıklı yüksek lisans tez çalışması için yapılmaktadır. Sizlerden edinilecek bilgiler tamamen bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Katkılarınız bizim için önemlidir. Şimdiden değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ

İlker KİRAZ

(Tez Danışmanı)

Orman Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi

İşletmenin Adı :

1- Lütfen size uygun cevabı işaretleyiniz.

KİŞİSEL BİLGİLER						
1	Cinsiyetiniz	Erkek ()	Kadın ()			
2	Öğrenim Durumunuz	Lise ()	Yüksekokul ()	Fakülte ()	Yük. Lisans ()	Doktora ()
3	İşletmenin Bulunduğu İl	Bartın ()	Bolu ()	Düzce ()	Karabük ()	Kastamonu ()
		Zonguldak ()				
4	Kadronuz	İşçi ()	Şef ()	Mühendis ()	Müdür Yardımcısı ()	Müdür ()
5	Hizmet Süreniz	1-3 ()	3-6 ()	7-10 ()	10-15 ()	15 ve Üstü ()
6	Sanayi Kolunuz	Kereste ()	Kaplama ()	Kontrplak ()	Mobilya ()	Yonga Levha ()
		Lif Levha ()	Kağıt ()	Parke ()		

3- İşletmenizde orman ürünleri endüstrisi ürünü için en çok tercih ettiğiniz ağaç türü nedir?

- () Gökmar () Çam () Meşe () Ardıç () Gürgen () Çınar
 () Dişbudak () İhlamur () MDF () Tomruk () Masif odun () Kavak
 () Kayın () Diğer (.....)

4-Hammadde temininin büyük kısmını hangi kaynaktan sağlamaktasınız?

- () OGM () Özel Sektör () İthal

5-İşletmenizde hammaddeden elde ettiğiniz ürünlerin satışını hangi sektörlere yapmaktasınız?

- () İnşaat () Mobilya () Demir-Çelik () Taşımacılık

6- Lütfen görev yapmakta olduğunuz kurumda, Orman Ürünleri Endüstrisindeki Hammadde kaynaklarını düşünerek, yargılara katılım düzeyinizi belirtiniz.



SORU NO	Bölgenizdeki Orman Ürünleri Sektöründe Hammadde İhtiyacı	(1) Kesinlikle Katılmıyorum	(2) Katılmıyorum	(3) Kararsızım	(4) Katılıyorum	(5) Kesinlikle Katılıyorum
1	İşletmemizde hammadde teminini rahatlıkla sağlamaktayız.	()	()	()	()	()
2	Hammaddenin eşit kalitelisi için herkes eşit şartlarda rekabete başlamaktadır.	()	()	()	()	()
3	Batı Karadeniz ihtiyacımız olan hammadde ihtiyacı için yeterli orman alanına sahiptir.	()	()	()	()	()
4	Bir orman endüstri sanayii ürünü için birden fazla ağaç türü tercih edebilmekteyiz.	()	()	()	()	()
5	Hammadde fiyatının tekel olarak belirlenmesi firmalara katma değer sağlamaktadır.	()	()	()	()	()
6	İlimizdeki orman varlığı, ilimizdeki orman endüstri sanayii için yeterlidir.	()	()	()	()	()
7	Hammadde maliyeti ucuzdur.	()	()	()	()	()
8	Hammaddeler Orman İşletme Müdürlüklerinden kolaylıkla temin edilebilmektedir.	()	()	()	()	()
9	Ormanlarımızdaki hammadde kaynağı olan ağaçlarımız çoğaltılmalıdır.	()	()	()	()	()
10	Batı Karadeniz bölgesindeki orman ürünlerinin çeşitliliği yeni ürün yelpazeleri oluşturabilir.	()	()	()	()	()

7- Lütfen görev yapmakta olduğunuz kurumda, Orman Ürünleri için kullandığımız hammadde kaynaklarını düşünerek, soruyu cevaplayınız.

İşletmemizde ürünleriniz için en çok tercih ettiğiniz 3 ağaç türü nedir?

.....



AMASYALI MERKEZ İLÇESİNDE BUĞDAY ÜRETİMİ VERİMİNİN BULANIK MANTIK İLE TAHMİN ANALİZİ

İsmail Pekgöz^{1*}, Bekir Emre Altun², Hasan Uzel³, İbrahim Yücedağ⁴

¹Elektronik ve Otomasyon, Teknik Bilimler MYO, Amasya Üniversitesi, Amasya, TÜRKİYE

ismail.pekgoz@amasya.edu.tr

² Elektrik ve Enerji Bölümü, Teknik Bilimler MYO, Amasya Üniversitesi, Amasya, TÜRKİYE

³ Elektrik ve Enerji Bölümü, Akdağmadeni MYO, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat, TÜRKİYE

⁴ Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada, Amasya ili Merkez ilçesinde buğday veriminin Bulanık mantık ile tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Buğday gibi temel ve stratejik bir ürünün verim tahminlerinin yapılması hem ilimiz Amasya hem de ülkemiz için büyük önem arz etmektedir. Çünkü buğday temel gıdaların en başında gelmektedir. Bu çalışmada, Bulanık Mantık kullanılarak buğday verimi tahmin Sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde, giriş parametreleri olarak Amasya Merkez ilçedeki buğday ekim alanları(dekar), buğday üretim miktarı(ton) ve yıllık yağış miktarı(mm) kullanılmıştır. Sistem çıkışında ise, üretilen buğday verimi(kg/dekar) tahmin edilmektedir. Bulanık Mantık temelli tahmin analizlerinde yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday Üretimi, Buğday Verimi, Bulanık Mantık

1. Giriş

Günümüzde dünya nüfusunda yaşanan büyük artış sonucunda, gıda alanında ortaya çıkan talep yoğunluğuna rağmen üretim bu talebitam olarak karşılayamamaktadır. Bu durumun sonucunda da dünyanın bazı bölgeleri açlık ve kuraklık ile yüz yüzedir[1]. İnsanların beslenmesinde gerek duydukları gıda ürünlerini sağlamada tarım önemli bir yere sahiptir. Ülkeler gerek duydukları besin maddelerini karşılayabilme çabası ve gayreti içindedir[2]. Bu yüzden ülkeler tarım ürünlerinde özellikle de gıda ürünleriyönünden kendi kendine yeterli olmak için büyük çaba göstermektedir. Ülkemizde bu konu da öncelikli hedefi insanlarımızın yeterli ve dengeli beslenebilmesi için tarım politikalarını geliştirmektir. Tarım ürünlerinden biri olan buğday gıda hammaddesi olarak en çok kullanılan üründür. Dünyada buğday üretimi yapan ülkeler göz önüne alındığında Türkiye önemli bir yere sahiptir[3].

Türkiye buğday ekim alanı 2018/2019 üretim sezonu itibarıyla dünya buğday ekim alanının %3,5'ini oluşturmaktadır[4]. Türkiye'de tarım yapılabılır alan içerisinde %41'lik payı tahıllar oluştururken toplam tahıl alanı içerisinde %49'luk payı buğday oluşturmaktadır[5]. İnsanların beslenmesinde buğday önemli bir yere sahiptir. Dünya genelinde buğday üretimi yapan geniş bir çiftçi kitlesi bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelere buğday tüketimi daha az olmasına rağmen ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde bu tüketim oldukça fazladır. Ülkemizde buğday üretimi genellikle suyun az olduğu kırsal alanlarda yapılmaktadır. Bu yüzden, ülkemizde bu şartlarda sadece yağışlara bağlı olarak yetiştirilen buğdayın verimi düşük olmaktadır. 1932 yılından itibaren ülkemizde buğday üretimi destekleme kapsamına alınmıştır. 1938 den sonrada bu destek devlet adına Toprak Mahsulleri Ofisi'nin(TMO), buğdayı çiftçilerden satın almasıyla devam etmiştir. Ayrıca buğday alımı TMO dışında buğday borsaları özellikle özel işletmeler ve tüccarlar tarafından gerçekleştirilmektedir[6].

Bu çalışma ile Türkiye tarımı açısından stratejik bir ürün olan buğday üretim verim analizi Amasya İli Merkez İlçesi ölçeğinde Yapay Zekânın alt dallarından olan Bulanık Mantık ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Son yılların popüler konusu olan Bulanık Mantık Sistemleri ile yaptığımız bu analizdeson 15 yıla ait veriler ve üç giriş değişkeni kullanılmıştır

2. Yöntem

Bu çalışma, Amasyalı Merkez İlçesi ölçeğinde buğday verim analizi yapmak için gerçekleştirilmiştir. Buğday ekim alanları(dekar), buğday üretim miktarları(ton) ve yıllık yağış miktarları(mm) giriş verileri olarak kullanılmıştır. Giriş verilerinin Bulanık Mantık Sistemleri ile analizi yapılarak buğday üretimindeki verim tahmini yapılmıştır. Buğday ile ilgili 2004-2018 yılları arası Amasya Merkez İlçe verileri Türkiye İstatistik Kurumundan(TUİK) alınmış olup Tablo1'de verilmiştir [5]. 2004-2018 yılları arasında buğday ekim alanlarında düzenli olmamakla birlikte ciddi bir azalış görülmektedir. Bu yıllar arasında buğday ekim alanları ile üretilen buğday miktarı arasında düzenli bir korelasyon ilişkisi görülmemiştir. 2006 yılındaki buğday ekim alanıyla 2007 yılındaki buğday ekim alanları yakın değerlerde olmasına rağmen üretilen buğday miktarları arasındaki fark göze çarpmaktadır.

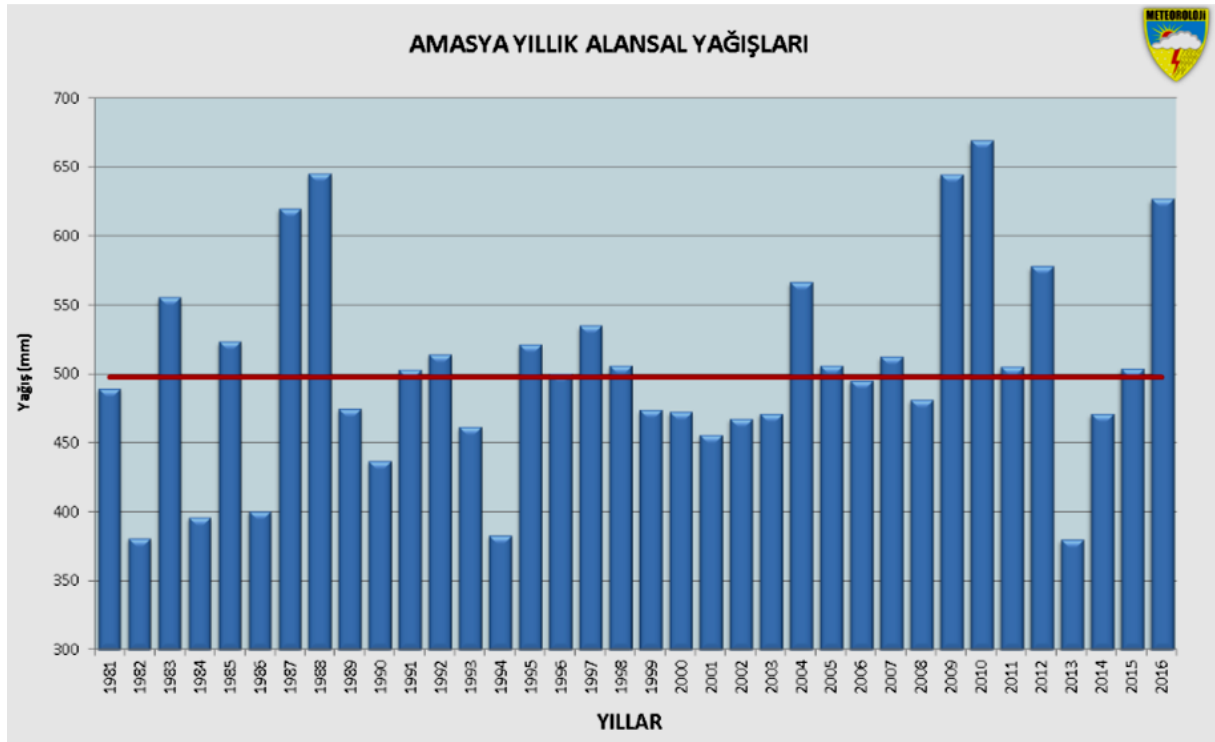
Şekil 1'de verilen 1981-2016 yılları arası yağış miktarı Amasya verileri ise Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir [7]. 1981-2016 yıllarında belirlenen yağış miktarları yıllara göre ciddi farklılıklar göstermiştir. 1982, 1994 ve 2013 yıllarında yağış miktarındaki azalış göze çarpmaktadır. Yağış miktarındaki en büyük artış 1986 ile 1987 yılları arasında görülmüştür. 1961-2016 yılları



arasında ortalama en çok yağış alan ayın Aralık ayı olduğu tespit edilmiştir. Bu yıllar arasında ortalama yıllık yağış miktarının 460.4 mm olduğu görülmektedir. Şekil 2’de 1961-2016 yılları arası Amasya merkez ilçe yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı verilmiştir [7].

Tablo 1. 2004-2018 yılları arasında Amasya Merkez İlçesinin Buğday Üretim Verimi [5]

2004-2018 yılları arası Amasya Merkez İlçe Buğday ile ilgili TÜİK Verileri			
Yıl	Buğday Ekim Alanları (dekar)	Üretilen Miktar (ton)	Verim (kg/dekar)
2004	38390	14443	376
2005	36560	8732	239
2006	31430	6468	206
2007	30706	3739	122
2008	30166	6717	223
2009	30219	6924	229
2010	37712	7991	212
2011	38602	12326	319
2012	39000	8970	230
2013	10773	2478	230
2014	9100	1530	168
2015	7839	1980	254
2016	7189	1815	261
2017	6702	1804	269
2018	6808	1793	263



Şekil 1. 1981-2016 yılları arasında Amasya merkez ilçesinin yıllık yağış miktarı [7]



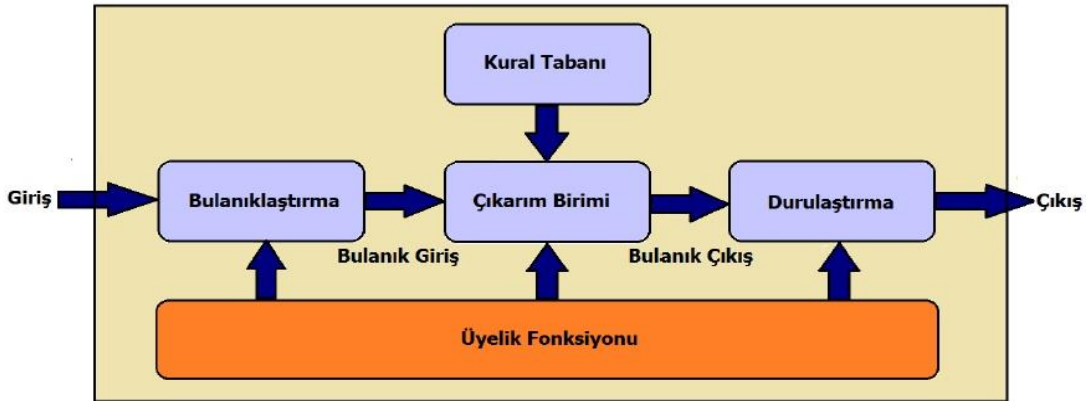
Resmi İstatistikler													
İllerimize Ait İstatistik Verileri	Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi	Deniz Suyu Sıcaklıkları	TUMAS	Haber Bülteni	İklim Metaveri	Yayınlarımız	Duyurular	Bakanlık Resmi İstatistik Portalı	Ulusal Veri Yayınlama Takvimi				
	AMASYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Son İklim Periyoduna (1961 - 2016)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.7	4.6	8.5	13.6	17.9	21.7	24.2	24.1	20.1	14.7	8.6	4.6	13.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.8	9.6	14.5	20.2	24.9	28.6	31.0	31.3	27.8	21.7	14.5	8.6	20.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.8	0.1	3.0	7.2	11.0	14.3	16.6	16.6	12.8	8.5	3.8	1.1	7.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.1	3.2	4.4	5.8	7.2	8.7	9.4	9.1	7.4	4.8	3.2	1.9	67.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.0	12.5	13.2	12.9	8.8	3.2	2.5	4.7	8.0	9.3	12.4	110.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	49.4	37.4	48.1	55.9	52.8	38.6	14.4	9.0	20.1	35.3	44.3	55.1	460.4
Son İklim Periyoduna (1961 - 2016)													

Şekil 2. 1961-2016 yılları arasında Amasya merkez ilçesinin yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarı [7]

3. Bulanık Mantık Sistemler

İlk olarak 1965 yılında ortaya atılan bulanık mantık kavramı sıcak/soğuk, evet/hayır, doğru/yanlış gibi geleneksel çıkarımlardan ziyade iki değerler arasında kalan ılık-çok soğuk-çok sıcak vb. gibi ara değerlere de yer vermektedir. Bir değişkenin klasik mantıkta bir kümeye üyelik durumu "0" yada "1" ile ifade edilirken, bulanık mantıkta bir kümeye üyelik durumu "0" ile "1" arasında sonsuz değerlerle gösterilebilir. Bulanık kümede değişkenin bir kümenin üyesi olmadığını "0" değeri gösterirken, "1" değeri ise kümenin tam üyesi olduğunu gösterir. Bu kümeye değişkenin kısmi üyeliğini gösteren değerler ise "0" ile "1" arasındadır. Doğrusal olmayan, verilerin yetersiz ve tam olmadığı, karmaşıklıklar içeren problemler Bulanık kümede kolayca modellenebilmektedir. Tahmin, kontrol ve karar verme gerektiren karmaşık problemlerin çözümünde bulanık mantık yaygın olarak kullanılmaktadır[8,9].

Bulanık mantıkla geliştirilmiş uzman sistemler bulanıklaştırma, çıkarım, kural tabanı, veri tabanı ve durulaştırma alt sistemlerini içerir. Klasik mantık sisteminde ise bu alt sistemler yoktur [10]. Şekil 3' te bulanık küme içeren uzman sistemin yapısı bulunmaktadır [11,12]. Yapılan çalışmanın mimari yapısı Şekil 3 dikkate alınarak geliştirilmiştir.



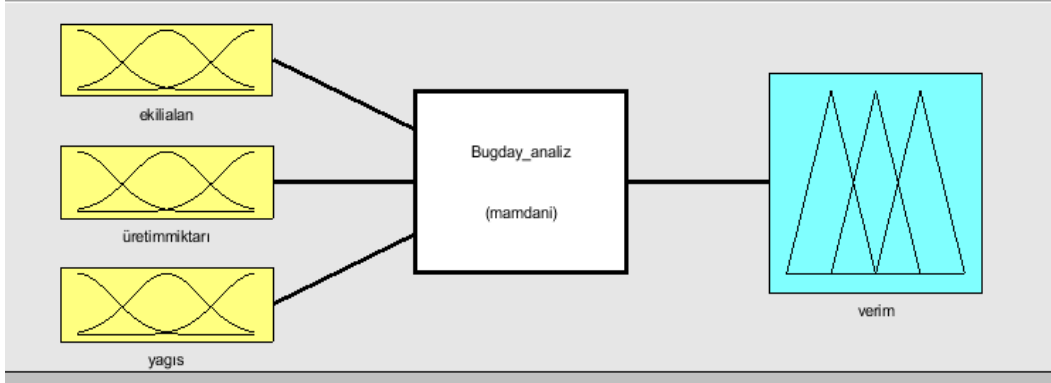
Şekil 3. Bulanık mantık sisteminin yapısı [12]

Giriş bilgilerini bulanıklaştırma sistemi, bulanık mantıkta sembolik değerlere dönüştürmektedir. Bulanık küme ya da kümeleri üyelik fonksiyonlarından faydalanarak, üyelik derecelerini de bularak girdiğimiz dijital değerlere sözel değişken değerler atar [13]. Farklı şekillerde bulanık kümeler; problemlerin özelliklerine ve tiplerine göre üçgen, çan eğrisi vb. şekilde seçilebilir [9]. Bilgi ve üyelik fonksiyonlarını kullanarak çıkarım mekanizması bulanık sonuçlar elde eder. Bilgi tabanı veri ve kural tabanı olarak iki kısma ayrılır. Bulanık işlemler için gerekli olan üyelik fonksiyonlarını ve kural tablosu bilgilerini elde etmek için bilgi ve kural tabanı kullanılır. Giriş ve çıkış bağlantıları kural tabanı kullanılarak elde edilmektedir [14-18].

4. Verilerin Analizi:

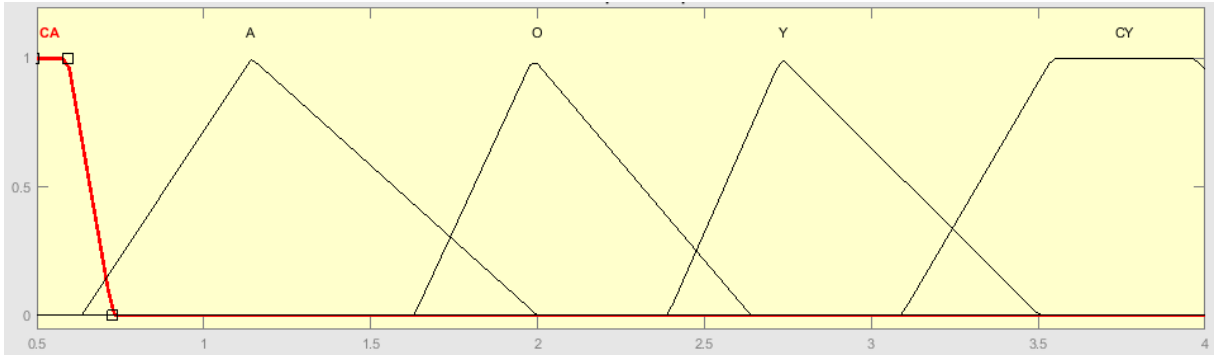
Çalışmanın bu aşamasında Amasya Merkez ilçeye ait son 15 yılın buğday ekim alanları(dekar), buğday üretim miktarı(ton) ve son 35 yılın yıllık yağış miktarı (mm) Matlab programıyla sağlanan bulanıklaştırılmış bulanık kurallar ile buğday üretimi verimi(kg/dekar) tahmin edilmiştir. Giriş değerleri olarak buğday ekim alanı, buğday üretim miktarı(ton) ve yıllık yağış miktarı(mm) kullanılmıştır.



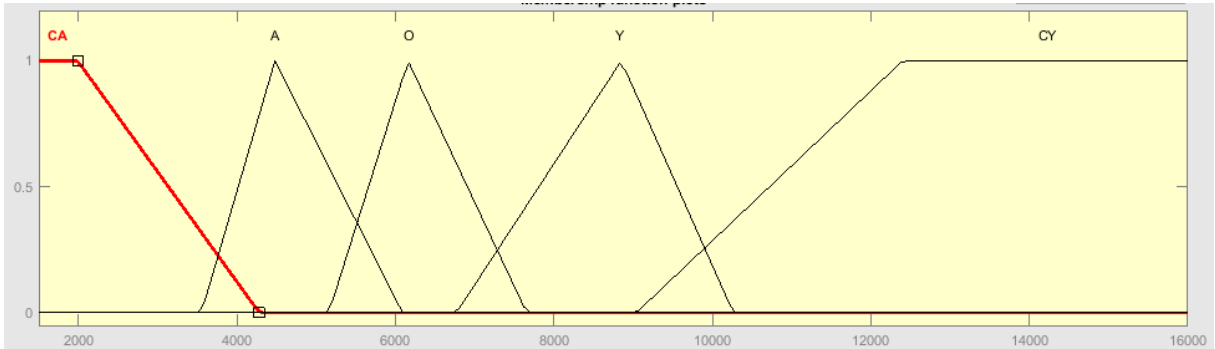


Şekil 4. Bulanık mantık sisteminin girişleri ve çıkışı

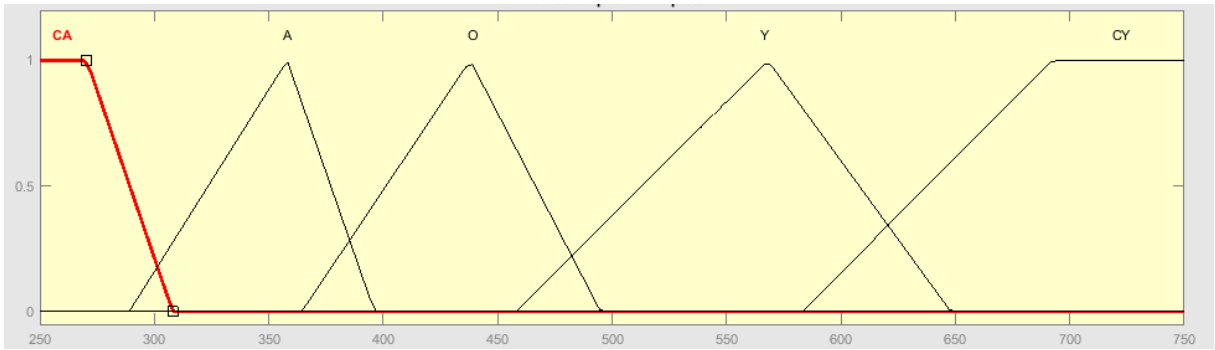
Şekil 4'te belirtilen modeldeki üç giriş değerine bağlı olarak, sistem çıkış olasılığının belirlendiği sistem görülmektedir. Giriş değerlerine ait bulanık kümeler ve üyelik derecelerinden ekili alan Şekil 5'te, üretim miktarı Şekil 6'da ve son olarak yağış miktarı Şekil 7'de verilmiştir. Giriş değerleri için; Çok Az (CA), Az(A), Orta(O), Yüksek(Y) ve Çok Yüksek(CY) olmak üzere 5 farklı giriş seviyesi belirlenmiştir.



Şekil 5. Ekili alan



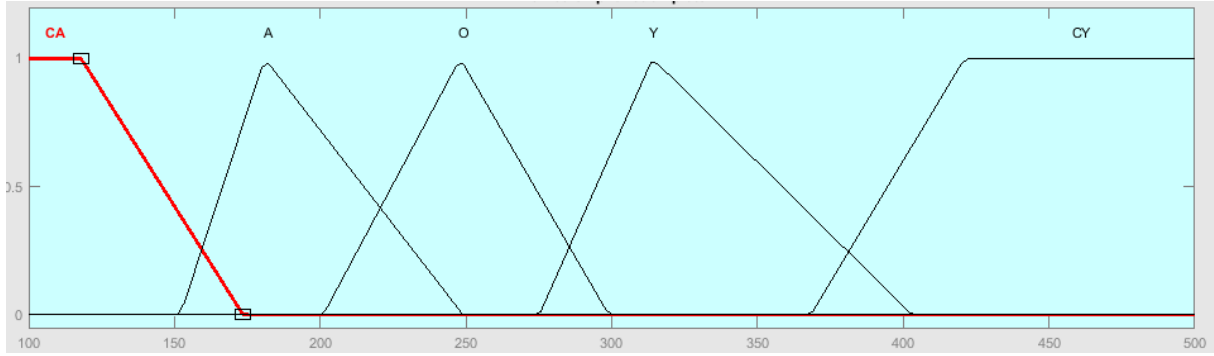
Şekil 6. Üretim miktarı



Şekil 7. Yağış miktarı



Tasarlanan sistemde ekili alan, üretim miktarı ve yağış miktarı oluşan 3 giriş verisine karşılık 1 çıkış verisi bulunmaktadır. Çıkış verisi buğday üretimindeki verimdir. Çıkış verisine ait bulanık kümeler ve üyelik dereceleri Şekil 8'de verilmiştir. Çıkış değerleri için; Çok Az(CA), Az(A), Orta(O), Yüksek(Y) ve Çok Yüksek(CY) olmak üzere 5 çıkış seviyesi belirlenmiştir.



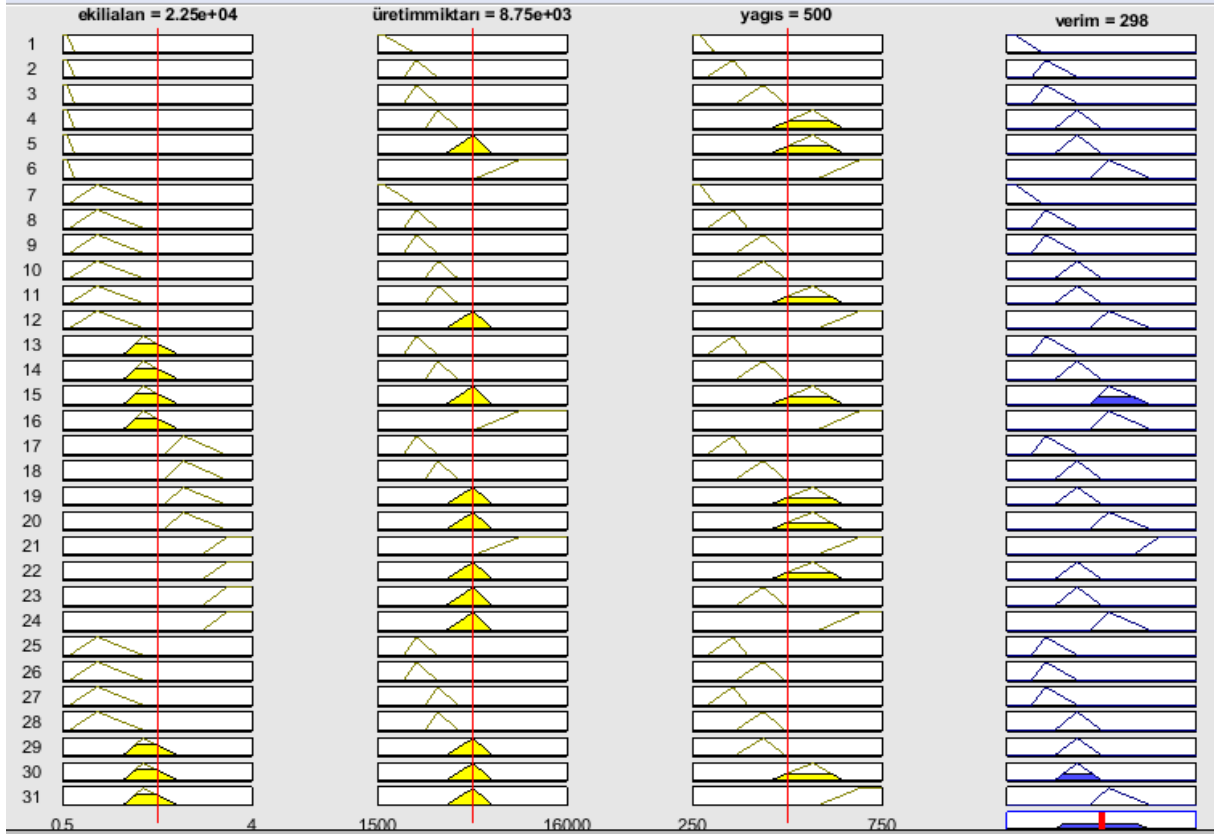
Şekil 8. Çıkış verileri (Verim)

Bu çalışmamız için oluşturduğumuz kural tablosu 21 adet kural içermektedir. Tablo 1'de oluşturulan kural tablosu verilmiştir. Aynı zamanda Şekil 9'da giriş ve çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları ve kural ilişkileri verilirken Şekil 10'da değişkenler arası çoklu ilişkinin 3D bulanık analizi verilmiştir.

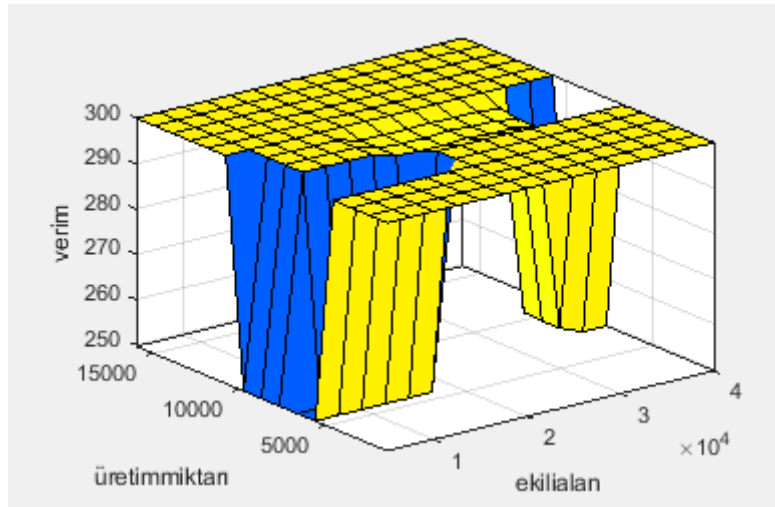
Tablo 1. Kural tablosu

1. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is CA) and (yağış is CA) then (verim is CA) (1)
2. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is A) and (yağış is A) then (verim is A) (1)
3. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is A) and (yağış is O) then (verim is A) (1)
4. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is O) and (yağış is Y) then (verim is O) (1)
5. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is Y) and (yağış is Y) then (verim is O) (1)
6. If (ekili alan is CA) and (üretim miktarı is CY) and (yağış is CY) then (verim is Y) (1)
7. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is CA) and (yağış is CA) then (verim is CA) (1)
8. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is A) and (yağış is A) then (verim is A) (1)
9. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is A) and (yağış is O) then (verim is A) (1)
10. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is O) and (yağış is O) then (verim is O) (1)
11. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is O) and (yağış is Y) then (verim is O) (1)
12. If (ekili alan is A) and (üretim miktarı is Y) and (yağış is CY) then (verim is Y) (1)
13. If (ekili alan is O) and (üretim miktarı is A) and (yağış is A) then (verim is A) (1)
14. If (ekili alan is O) and (üretim miktarı is O) and (yağış is O) then (verim is O) (1)
15. If (ekili alan is O) and (üretim miktarı is Y) and (yağış is Y) then (verim is Y) (1)
16. If (ekili alan is O) and (üretim miktarı is CY) and (yağış is CY) then (verim is Y) (1)
17. If (ekili alan is Y) and (üretim miktarı is A) and (yağış is A) then (verim is A) (1)





Şekil 9. Giriş ve çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları ve kural ilişkileri



Şekil 10. Değişkenler arası çoklu ilişkinin 3D bulanık analizi

5. Sonuç

Bu çalışmada Amasya Merkez İlçe ölçeğinde buğday üretimindeki verimi bulanık mantık temelli bir sistemle tahmin etmeye çalıştık. 15 yıllık buğday ekim alanı ortalaması yaklaşık 24000 dekar, buğday üretim miktarı ortalaması 5800 ton ve yağış ortalaması 460 mm olduğunda buğday üretimi verim ortalaması 240 kg/dekar olarak gerçekleşmiştir. Bulanık Mantık temelli tahmin analizlerinde ise yaklaşık %80 doğruluk oranı sağlanmıştır. Ancak bu çalışma ile sağlanan tahmin oranları yeterli değildir.

6. Kaynaklar

- [1]. BrauerRAUER, D. Foodforthebillions-beforetheworld food summit. *D+ C Development and Cooperation, DSE, Berlin*, 1996, 5.5.
- [2]. Eraktan, G. Tarımpolitikası temelleri ve Türkiye'de tarımsal destekleme politikası. *Uzel Yayınları İstanbul*, 2001, 1-182.
- [3]. FAO. 2004. www.faostat. Erişim: Ekim 2004.



- [4]. USDA, 2018. <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/>
- [5]. TÜİK, 2018. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- [6]. TZOB, 2004. http://www.tzob.org.tr/tzob/ürün_raporları/ buğday_çalışma_grubu_raporu. Erişim:2004.
- [7]. MGM,2019. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>
- [8]. Murat, Y. Sazi, and Ergun Gedizlioglu. "A fuzzylogicmulti-phasesignalcontrol model forisolatedjunctions." *TransportationResearchPart C: Emerging Technologies* 13.1 (2005): 19-36.
- [9]. Elmas, Çetin. *Yapay zeka uygulamaları:(yapay sinir ağı, bulanık mantık, genetik algoritma)*. Seçkin Yayıncılık, 2007.
- [10]. Liao, T. Warren. "Classification of weldingflaw typeswith fuzzy expert systems." *Expert System swith Applications* 25.1 (2003): 101-111.
- [11]. Llata, J. R.,Esther G. Sarabia, and J. P. Oria. "Fuzzy expert system with double knowledge base for ultrasonic classification." *ExpertSystemswith Applications* 20.4 (2001): 347-355.
- [12]. L. Sabah, İ. Yücedağ, C. Yalçın, EarthquakeHazard Analysis ForDistricts Of Düzce ViaAhpAndFuzzyLogicMethods, *CognitiveSystems* 2 (1) (2017):43-47
- [13].]Lee, Chuen-Chien. "Fuzzylogic in controlsystems: fuzzylogiccontroller. II." *IEEE Transactions on systems, man, andcybernetics* 20.2 (1990): 419-435.
- [14].Frantti, Tapio, andPetriMähönen. "Fuzzylogic-basedforecasting model." *Engineering Applications of ArtificialIntelligence* 14.2 (2001): 189-201.
- [15]. Bayrakdar, M. E.,Bayrakdar, S., Yücedağ, İ., Çalhan, A., Bilişsel Radyo Kullanıcıları için Bulanık Mantık Yardımıyla Kanal Kullanım Olasılığı Hesabında Farklı Bir Yaklaşım. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), (2015):88-99,
- [16]. Baran, Ahmet, Yavuz Kilağiz, andAdem Keleş. "Bulanık Uzman Sistem Yaklaşımı ile Yeşil Kart Başvuru Değerlendirme Sistemi." *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 24.1 (2010): 63-76.
- [17]. Gültekin, B., Biroğul, S., Yücedağ, İ. İşe Alım Süreci Aday Ön Tesbitinde Bulanık Mantık Tabanlı SQL Sorgulama Yönteminin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(1), (2015):198-209
- [18]. Biçen, M. Ş.,Çalhan, A., Yücedağ, İ. Kablosuz Heterojen Algılayıcı Ağlarda Bulanık Mantık Tabanlı Ağ Geçidi Seçimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), (2016):655-660



SİĞİL TEDAVİSİNDE KULLANILAN KRİYOTERAPİ YÖNTEMİNİN UYGUNLUĞUNUN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Murat Akdağ¹, Kemal Adem^{2*}

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

murat.akdag@gop.edu.tr

² Aksaray Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

kemaladem@aksaray.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Sığile neden olan HPV virüsleri, genelde el ve ayaklarda meydana gelebileceği gibi vücudun farklı bölümlerinde de oluşabilir. Ciddi bir tehlike oluşturmamasına rağmen, el, ayak vb. bölgelerde görülen sığiller ağrıya neden olabilmektedir. Oluşan bu sığilleri tedavi edebilecek birçok yöntem bulunmaktadır. Kriyoterapi ise bu tedavi yöntemleri içerisinde yaygın kullanılan bir yöntemdir. Ancak meydana getirdiği yan etkiler, tedavi sürecinin uzun ve ağırlı geçmesi gibi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Kişiler bu sürece maruz bırakılmadan, tedaviye uygun olup olmadığı uzman tarafından tespit edilebilir. Eğer uzmana bu tespitite, yardımcı bir sistem tasarlanırsa, olası hataları ve zaman kaybını da azaltacaktır. Bu amaç için, yapılan çalışmamızda, sığilli hastalardan alınan veriler Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı (ÇKASA), KStar ve Random Forest makine öğrenmesi yöntemlerine uygulanarak deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ışığında ÇKASA yönteminin %97.23 doğruluk oranı ile diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışma geliştirilerek uzmanlara ön tanı imkanı sağlayan karar destek sistemleri gerçekleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Kriyoterapi, Makine öğrenmesi, Çok katmanlı algılayıcı sinir ağı, KStar sınıflayıcı.

1. Giriş

Sığiller, HPV (human papillomavirus) virüsünün deri üstüne yerleşmesi sonucu ortaya çıkan kabarcıklardır. Pürüzlü, sert ve ten renginde olabilen sığiller, çoğunlukla el, ayak, yüz, genital organlarda, deri ve mukoza zarlarında meydana gelmektedir [1]. Kişiyi kesik ve yaralanma sonucu kolay bulaşabilmektedir. Ayrıca kişiden kişiye de geçebilmektedir. Ağrılara neden olarak insan yaşam kalitesini düşürmekle birlikte kötü bir görünüme de sebebiyet vermektedir. Sığil için birçok tedavi yöntemi geliştirilmiştir. Topikal kostik asit, kriyoterapi, elektrokoter, cerrahi çıkarılması, lazer ablasyonu, bleomisin intralezyonel enjeksiyonu, Candida albicans (C. albicans), saflaştırılmış protein türevleri (PPD) ve kabakulak, kızamık, kızamıkçık (MMR) antijenleri kullanılan yöntemlerden bazılarıdır [2]. Her tedavi herkes için uygun olmamakla birlikte sıvı nitrojen ile kriyoterapi, üç ya da dört seans sonra lezyonların % 50-70 arasında tedavi edilmesiyse sonuçlanan, birçok hastada uygun bir alternatif tedavi yöntemidir [3]. Ancak bu tedavi yöntemi hastalar için uzun ve ağırlı geçmekle birlikte yan etkileri de bulunmaktadır. Bu yüzden tedaviye başlamadan önce kişilerin tedavi için uygun olup olmadığının tespit edilmesi önemlidir. Bu tespit uzmanlar tarafından yapılabilmesine rağmen makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak uzmana karar vermesinde yardımcı olacak bir sistemin tasarlanması, uzmanın yapabileceği hataları ve zaman kaybını minimize edebilmektedir.

Makine öğrenmesi, insan öğrenme etkinliklerini modelleyerek bilgisayarlara yeni bilgi, beceriler kazandırma, mevcut bilgiyi belirleme, performansı ve başarıyı sürekli olarak iyileştirme amaçlı olarak kullanılan, köklerini istatistik, cebir, veri işleme, bilgi analitiği gibi unsurlardan alan çok yönlü bir disiplindir [4]. İnsan öğrenmesi ile karşılaştırıldığında, makine öğrenmesi daha hızlı öğrenebilmektedir. İnsan elinin yetişemediği birçok alanda makine öğrenmesi yöntemleri çözüm üretebilmektedir. Makine öğrenmesi çeşitli tıbbi alanlarda da teşhis ve problemleri çözmeye yardımcı olabilecek yöntemler, teknikler ve araçlar sağlamaktadır. Örneğin hastalığın ilerlemesinin tahmini, sonuç araştırması için tıbbi bilginin çıkartılması, tedavi planlaması ve tedavi yönteminin seçilmesi gibi çıkarımlar sunabilmektedir [5]. Bu hastalıkla ilgili geçmişte yapılan makine öğrenmesi çalışmaları incelenmiştir. İlk olarak 2017 yılında sığilli hastalardan toplamış oldukları verilerle oluşturmuş oldukları veri setini kullanan Khozeimeh ve ark., kişilerin kriyoterapi tedavisine uygun olup olmadığını, Fuzzy rule-based system yöntemiyle %80.7 doğrulukla tahmin edebilmişlerdir [6]. 2018 yılında Akben, aynı veri seti üzerinde Decision tree based fuzzy informative images yöntemi kullanarak %94.4 [7], Akyol ve ark. ise RF yöntemiyle %96.43 doğrulukla başarı elde etmişlerdir [8]. Aynı yıl Jain ve ark. tarafından BGSA + RF yöntemiyle %94.81 [9], Nugroho ve ark. C4.5 + RFFW yöntemiyle %93.33 [10], Tanyıldızı ve ark. KStar yöntemiyle %96.66 doğrulukla en iyi sonucu elde edebilmişlerdir [11].

Bu çalışmada ise sığil tedavisinde kriyoterapi tedavi yönteminin uygun olup olmadığının Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı, KStar, Random Forest makine öğrenmesi yöntemleri ile tespiti gerçekleştirilmektedir.



2. Metaryal ve Yöntem

2.1. Veri seti

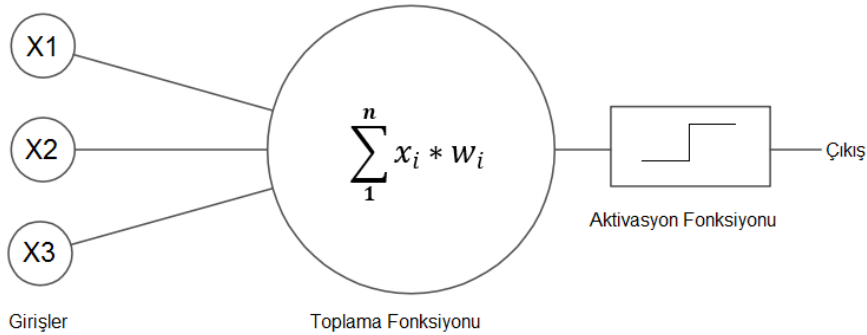
Bu çalışmada siğilli 90 hasta içeren 6 öznitelige sahip UCI veri tabanından alınan veri seti kullanılmıştır [6]. Veri seti, kliniğe başvuran yaygın ve plantar siğilli hastaların cinsiyet, yaş, siğilin türü, sayısı, yüzey alanı, tedavi öncesi geçen süre bilgilerinden oluşmaktadır. Bu öznitelikler makine öğrenmesi modellerine giriş olarak verilmiş olup, hastanın kriyoterapi tedavisine uygun olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu özellikler Tablo 1’ de gösterilmektedir.

Tablo 1: Kriyoterapi veri setlerinde bulunan öznitelikler ve değerler

Öznitelik Adı	Değer
Cinsiyet	47 Erkek 43 Bayan
Yaş (yıl)	15 – 67
Tedaviden önce geçen süre (ay)	0 – 12
Siğil Sayısı	1 – 12
Siğil türleri	1 - Yaygın (54), 2 - Plantar (9), 3 - Her ikisinde (27)
Siğilin Yüzey alanı (mm ²)	4 - 750
Tedaviye Cevap	Evet veya Hayır

2.2. Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı (ÇKASA)

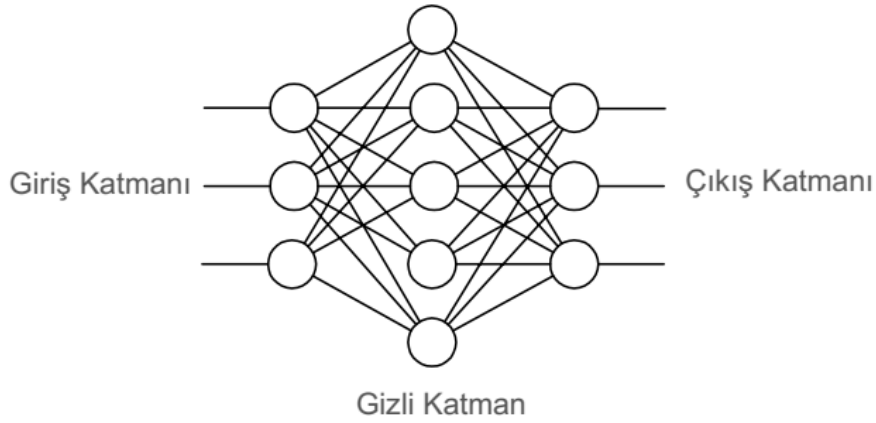
Yapay sinir ağları insan beyninin çalışma yapısından esinlenerek geliştirilmiş bir sistemdir. Yapay sinir ağlarının temeli sayılabilecek tek katmanlı algılayıcılar ilk olarak 1958 yılında Rosenblatt tarafından geliştirilmiştir [12]. Bu yapay sinir ağının birden çok girişi ve tek bir çıkışı vardır. Çıkış değeri 1 ve 0’dır ve genelde nesnelere iki ayrı sınıfa ayırmak için kullanılır [13]. Şekil 1’de tek katmanlı algılayıcı içeren sinir ağı yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1: Tek katmanlı algılayıcı yapısı

Tek katmanlı algılayıcılar XOR gibi doğrusal olmayan problemleri çözmede yetersiz kalmıştır [14]. Bunun üzerine çok katmanlı algılayıcı modeli geliştirilmiştir. Çok katmanlı bir algılayıcı (MLP), ileri beslemeli yapay sinir ağıdır. Bir MLP, giriş katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere en az üç katmandan oluşur. Girdi katmanı dış dünyadan gelen bilgileri ara katmana getirir. Ara katmanda gelen bilgiler işlenir ve çıkış katmanına iletilir. Şekil 2’de çok katmanlı bir algılayıcı yapısı gösterilmektedir.





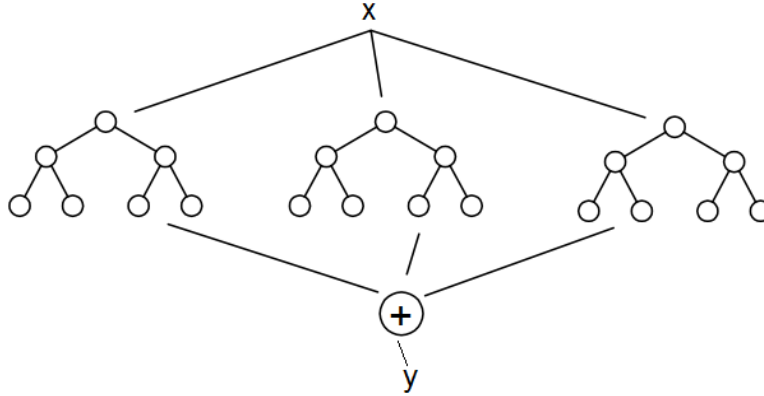
Şekil 2: Çok katmanlı algılayıcı yapısı

2.3. Kstar

KStar, 2009 yılında Husain Aljazzar tarafından geliştirildi [15]. Entropi tabanlı bir mesafe fonksiyonu kullanmasından dolayı diğer örnek tabanlı sınıflandırıcılardan ayrılır. K-star algoritması, tüm olası dönüşümler arasında rastgele seçim yaparak bir örneği diğerine dönüştürme olasılığına dayanan entropik ölçüm kullanmaktadır [16].

2.4. Random Forest

Random Forest(RF) 2001 yılında Leo breiman tarafından geliştirilmiştir [17]. RF hiperparametre ayarı yapmadan bile, çoğu zaman büyük bir sonuç üreten, esnek, kullanımı kolay, denetimli bir öğrenme algoritmasıdır. RF, birden fazla karar ağacı oluşturur ve daha doğru bir tahmin elde etmek için onları birleştirir. Buradaki karar ağaçları bağlı olduğu veri setinden rastgele seçilmiş birer alt kümedir. RF hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılabilir. Şekil 3’de RF yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3: Random Forest Yapısı

3. Bulgular Tartışma

DeneySEL çalışmalarda kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin değerlendirilmesi Weka yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Donanım olarak Intel Core i5 2450M işlemcili, 4GB DDR3 belleğe sahip bir bilgisayar kullanılmıştır. Yöntemlerin değerlendirilmesi için karışıklık matrisi, özgüllük, duyarlılık ve doğruluk değerleri kullanılmıştır.

3.1. Değerlendirme Ölçütleri

Farklı tahminleri ve test sonuçlarını özetleyen, onları gerçek dünya değerleri ile karşılaştırmak için karışıklık matrisi kullanılmaktadır. Kısaca, bir ikili sınıflandırma görevinin veya modelinin performansını özetlemek, tanımlamak veya değerlendirmek için kullanılır. Karışıklık matrisleri istatistik, veri madenciliği, makine öğrenim modelleri ve diğer yapay zeka uygulamalarında kullanılır. Karışıklık matrisleri istatistiksel verilerin daha derinlemesine analizini daha hızlı yapmak ve net veri görselleştirme yoluyla daha kolay okunması için kullanılır. Basit bir gösterimi Şekil 4’te gösterilmektedir.



		Tahmin	
		Negatif	Pozitif
Gerçek	Negatif	TN	FP
	Pozitif	FN	TP

Şekil 4: Karışıklık Matrisi

Özgüllük: Yanlış pozitif oranı olarak düşünülebilir. Sınıflandırıcının olumsuz durumları ne kadar iyi tanımladığının bir ölçüsüdür.

$$\text{Özgüllük} = \frac{TN}{TN + FP}$$

Duyarlılık: Pozitif sınıfa ait örneklerden kaç tanesinin doğru tahmin edildiği sorusuna cevap verir.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP + FN}$$

Doğruluk: Sınıflandırıcının doğru olarak bulduğunun, tüm örneklerle oranıdır. Sınıflandırıcının ne kadar sıklıkla doğru bulduğunun bir göstergesidir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Veri setinde çalışmada kullanılan 3 makine öğrenmesi modeline de objektif bir değerlendirme yapabilmek için 5 katlı çapraz geçerlilik yöntemi uygulanmıştır. Çok katmanlı algılayıcı sinir ağı 3 gizli katmandan oluşmaktadır ve her gizli katman 11 nöron içermektedir. Veri setine bu yöntemlerin uygulanması sonucu elde edilen karışıklık matrisleri Şekil 5’de gösterilmektedir.

Multilayer Perceptron		Tahmin		KStar		Tahmin		Random Forest		Tahmin	
		Negatif	Pozitif			Negatif	Pozitif			Negatif	Pozitif
Gerçek	Negatif	41	1	Gerçek	Negatif	41	1	Gerçek	Negatif	41	1
	Pozitif	2	46		Pozitif	2	46		Pozitif	4	44

Şekil 5: Makine öğrenmesi yöntemlerine ait karışıklık matrisleri

Şekil 5’deki karışıklık matrisleri incelendiğinde Çok Katmanlı Algılayıcı sinir ağı ve KStar modelleri tedaviye olumlu cevap veren 48 kişiden 46 tanesini doğru tahmin etmiş, 2 kişiyi ise tedaviye cevap verdiği halde, tedaviye cevap veremeyen olarak tahmin etmiştir. Random Forest modeli ise tedaviye cevap verenlerden 44 kişiyi doğru tahmin etmiştir, tedaviye cevap verebilen 4 kişiyi doğru tahmin edememiştir.

Tablo 2: Kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin doğruluk, duyarlılık, özgüllük değerleri

Yöntem	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük
ÇKASA	97.23	0,962	0,982
KStar	96.66	0.958	0,976
Random Forest	94.44	0.916	0,976



UCI'den alınan veri kümesi üzerinde ÇKASA, KStar ve Random Forest makine öğrenmesi yöntemlerinin çalıştırılması ile ilgili değerlendirme sonuçları Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'deki sonuçlara göre en iyi performansı %97.23 doğruluk oranı ile ÇKASA modeli göstermiştir.

Tablo 3: Literatürdeki çalışma sonuçlarının karşılaştırılması

Yazar	Yıl	Sınıflandırma Yöntemi	Başarı
Khozeimeh ve Ark.	2017	Fuzzy rule-based system	80.7
Selahaddin Batuhan Akben	2018	Decision tree based fuzzy informative images	94.4
Kemal Akyol ve Ark.	2018	RF	96.43
Roopal Jain ve Ark	2018	BGSA + RF	94.81
Handoyo Widi Nugroho ve Ark.	2018	C4.5+RFFW	93.33
Erkan Tanyıldızı ve Ark.	2018	KStar	96.66
Bu Çalışma	2019	ÇKASA	97.23

Bizim çalışmamızla birlikte yapılan benzer çalışmaların sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir. Aynı veri seti üzerinde uygulanan sonuçlara göre en iyi performansı çalışmada kullandığımız ÇKASA modeli göstermiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, siğil tedavisinde kullanılan kriyoterapi tedavi yönteminin uygun olup olmadığının, UCI den alınan örnek veri seti üzerinde makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Amaç doğrultusunda veri setine ÇKASA, KStar ve Random Forest makine öğrenmesi yöntemleri uygulanmış olup, ÇKASA yönteminin %97.23 doğruluk oranı ile diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca aynı veri seti üzerinde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılarak tablo halinde verilmiştir. Gelecek çalışmalarda özellik seçme algoritmalarının veri kümesine uygulanması ve farklı makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanılmasıyla ve başarı oranının artırılması düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Rowson, K. E., & Mahy, B. W. (1967). Human papova (wart) virus. *Bacteriological reviews*, 31(2), 110.
- [2] Gibbs, S., Harvey, I., Sterling, J. C., & Stark, R. (2003). Local treatments for cutaneous warts. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3).
- [3] Godley, M. J., Bradbeer, C. S., Gellan, M., & Thin, R. N. (1987). Cryotherapy compared with trichloroacetic acid in treating genital warts. *Sexually Transmitted Infections*, 63(6), 390-392.
- [4] Wang, H., Ma, C., & Zhou, L. (2009, December). A brief review of machine learning and its application. In *Information Engineering and Computer Science, 2009. ICIECS 2009. International Conference on* (pp. 1-4). IEEE.
- [5] Magoulas, G. D., & Prentza, A. (1999, July). Machine learning in medical applications. In *Advanced Course on Artificial Intelligence* (pp. 300-307). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [6] Khozeimeh, F., Alizadehsani, R., Roshanzamir, M., Khosravi, A., Layegh, P., & Nahavandi, S. (2017). An expert system for selecting wart treatment method. *Computers in biology and medicine*, 81, 167-175.
- [7] Akben, S. B. (2018). Predicting the success of wart treatment methods using decision tree based fuzzy informative images. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 38(4), 819-827.
- [8] Akyol, K., Karacı, A., & Gültepe, Y. A Study on Prediction Success of Machine Learning Algorithms for Wart Treatment.
- [9] Jain, R., Sawhney, R., & Mathur, P. (2018, March). Feature Selection for Cryotherapy and Immunotherapy Treatment Methods Based on Gravitational Search Algorithm. In *2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)* (pp. 1-7). IEEE.
- [10] Nugroho, H. W., Adji, T. B., & Setiawan, N. A. (2018). Random forest weighting based feature selection for c4.5 algorithm on wart treatment selection method. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(5), 1858-1863.
- [11] Tanyıldızı, E., Karabatak, M., Yıldırım, G., & Özpolat, Z. Siğil Tedavisinde Sınıflandırma Algoritmalarının Performans Analizi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(2), 249-256.



- [12] Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386.
- [13] Elmas, Ç. (2007). Yapay zeka uygulamaları:(yapay sinir ağı, bulanık mantık, genetik algoritma). Seçkin Yayıncılık.
- [14] Minsky, M. L., & Perceptrons, S. P. (1969). an Introduction to Computational Geometry Cambridge Ma.
- [15] Aljazzar, H., & Leue, S. (2011). K*: A heuristic search algorithm for finding the k shortest paths. *Artificial Intelligence*, 175(18), 2129-2154.
- [16] Thangaraju, P., & Mehala, R. (2015). Performance analysis of PSO-KStar classifier over liver diseases. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 4(7).
- [17] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.



SOSYAL MEDYA PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİ TAHMİN ETMEK İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

Murat Sam¹, Kemal Adem^{2*}

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

murat.sam@gop.edu.tr

² Aksaray Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü

kemaladem@aksaray.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Sosyal medya araçları insanların hayatlarında önemli yer edinmektedir. En çok tercih edilen sosyal medya sitelerinden olan Facebook sitesi üzerinde yapılan reklamcılığa duyulan ilgi her geçen yıl artmıştır. Bu nedenle şirketlerin Facebook hesaplarının etkileşimlerini tahmin edebilmek oldukça ilgi çekici hale gelmiştir. Literatürde tahminleme konusuyla ilgili çok sayıda makine öğrenmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada UCI'den alınan Facebook ölçütleri veri seti üzerinde firmaların paylaştıkları gönderilerin kişileri nasıl yönlendirdiğine dair makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak tahminleme yapılmıştır. 495 örnek ve 15 öznelikten oluşan bu veri kümesi ünlü bir kozmetik markasının 2014 yılı boyunca Facebook sayfasında yayınladığı gönderilerin etkileşim değerlerinden oluşmaktadır. Kişilerin ayrı ayrı beğenme, yorum ve paylaşım sayılarının tahmini için yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Gauss süreci regresyonu yönteminin diğer makine öğrenmesi yöntemlerine göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Bu çalışmanın geliştirilerek firma reklam veya pazarlama yöneticilerinin bir gönderi yayınlayıp yayınlamama konusundaki kararlarını desteklemek için kullanılması düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sosyal medya, Makine öğrenmesi, Tahminleme, Gauss süreci regresyonu.

1. Giriş

İnternetin yaygınlaşması ile birlikte sosyal medya kullanımı oldukça artmıştır. İlk olarak iletişim amaçlı çıkmasına rağmen zaman geçtikçe insanların hayatlarında çok önemli bir yer edinmiştir. İnsanlar sosyal medyayı artık günlük yaşamlarının önemli bir parçası olarak görmektedir (Boon ve Sinclair, 2009). Bu yüzden sosyal medya araçları insanların yaşam tarzlarının içerisinde bulunmaktadır. Bu konuda yapılmış bir araştırma, Türkiye’de insanların sosyal medya üzerinde günde ortalama 3 saat harcadığını göstermektedir (We are social, 2018). Şekil 1’de Türkiye’de medya ile harcadığımız zaman ve diğer bazı veriler S: Saat, D: Dakika olarak gösterilmektedir.



Şekil 1: Medya Kullanımı için Türkiye Çapında İstatistiksel Göstergeler (We are social, 2018)

En çok kullanılan siteler listesinde sosyal medya siteleri oldukça yukarıda yer almaktadır. En fazla erişime sahip sosyal medya sitesi Facebook olmuştur (Alexa, 2018). Popüleriği fazla olan sosyal medya siteleri insanların yanında ticari şirketlerin de ilgisini çekmektedir. Bu yüzden çoğu şirket kendilerine sosyal medya hesabı açıp müşterilerle daha yakın bir iletişime geçmektedir (Alalwan ve ark., 2017). Bu sosyal medya siteleri yıllar geçtikçe daha çok popülerleşmekte olup 2018 4. çeyrek raporuna göre 3,397 milyar sosyal medya kullanıcısı bulunmaktadır (Kemp, 2018). Şekil 2’de dünya ve Türkiye çapında dijitalleşme durumunun ayrıntıları gösterilmektedir.





Şekil 11: İnternet, Sosyal Medya ve Mobil Kullanım için Dünya ve Türkiye Çapında İstatistiksel Göstergeler (Kemp, 2018)

Şekil 2’de görüldüğü gibi, çok sayıda kişinin sosyal medyayı kullanması nedeniyle şirketler kullanıcıların ilgisini çekebilecek paylaşımlar yapıp sayfalarının etkileşim sayılarını artırmak için çaba göstermektedir. Çeşitli ilgi çekici reklamlar aracılığı ile ürünlerin tanıtımını yapıp daha fazla ürün satmak istenilmektedir. Bu yüzden reklam için daha fazla araca ihtiyaç duyulmaktadır. Sosyal medya siteleri ise bu amaç uğrunda en iyi seçeneklerden biri olmuştur. Bu sayede sosyal medya siteleri oldukça yüksek gelir elde etmiş ve bu gelirlerini sürekli olarak artırmışlardır. En fazla reklam gelirine sahip olan sosyal medya sitesi ise Facebook olmuştur (Aslan, 2017). Sosyal medya sitelerinin reklam sektöründe tercih edilme sebeplerinden birisi ise şirketin hedef kitlesine ulaşmak için reklamlarını sadece belirli bir yaş aralığına, belirli bir cinsiyete veya belirli bir konuma göstermek gibi seçeneklerin olması ve bunların da bir arada kullanılabilmesi açısından avantaj sağlamasıdır (Facebook, 2018). Sosyal medya sitelerinde reklam vermek kişiler içinde maddi anlamda kolaylık sağlamaktadır normalde bir televizyon veya gazetede reklam vermek çoğu zaman yüksek bütçeler istemektedir (Öztürk, 2015).

Bu sebepler bir araya gelince reklam sektöründe, gerçekleştirilen reklamların etkisini görebilmek için tahminleme yapmak önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde gelişen teknolojik aletler aracılığı ile tahminleme işlemleri çok daha hızlı ve kararlı sonuçlar verebilmektedir. Tahminleme işlemleri için makine öğrenmesi yöntemleri ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Seker, 2015). Bir çalışmada ise makine öğrenmesi yöntemlerini reklamlarda kullanabilmek için doğrudan pazarlama yöntemine uygun makine öğrenmesi yöntemleri önerilmiştir (Dolgun ve Ersel, 2014). Moro ve ark., (2016)’da destek vektör makinesi aracılığı ile çıkış özniteliklerinin tahminlemesi yapılmış, değerlendirme ölçütü olarak da ortalama mutlak yüzdesel hata değeri kullanılmıştır. Sonuç olarak önerilen model beğenme oranını %41.2, yorum oranını %63.9, paylaşım oranını ise %35.8 hata ile tahmin etmiştir (Moro ve ark., 2016). Ertam, (2017)’de aynı veri setini sınıflandırma için kullanmış ve Bayes ağı, ardışık minimal optimizasyon, çok katmanlı algılayıcı ağı ve Extreme makine öğrenmesi yöntemlerini uygulayarak sırasıyla %74.5, %89.5, %86 ve %94.5 doğru sınıflandırma oranları yakalanmıştır. Bu yüksek oranlar verinin sınıflandırma için çok uygun olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada Facebook ölçütleri veri setini kullanarak “Comment”, “Like” ve “share” özniteliklerinin tahminlemesinin yapılması için Destek vektör makineleri, M5P ağaç algoritması, lineer regresyon ve Gauss süreci regresyonu makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Bir sonraki bölümde veri seti tanıtılmaktadır. Veri setini değerlendirmek için kullanılacak metodlar anlatılmaktadır. Bulgular ve tartışma bölümünde ise gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ve elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Son bölümde ise elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılarak ve sonuçlar tartışılmaktadır.

2. Metaryal ve Yöntem

Bu çalışmada UCI Machine Learning Repository sitesinde paylaşılan “Facebook Ölçütleri Veri Seti” kullanılmıştır (Moro ve ark., 2016; Uci, 2018). Bu veri seti ünlü bir kozmetik markasının 2014 yılı boyunca Facebook sayfasında yayınladığı gönderilerin etkileşim değerlerinden oluşmaktadır. Bu veri seti çok değişkenli olup 500 örnekten oluşmaktadır. Normalde 790 olan örnek sayısı bazı gizlilik sebeplerinden dolayı 500’e düşürülmüştür. Bu veri setinde öznitelik değeri girilmeyen 5 adet örnek bulunmaktadır. Bu nedenle Tablo 1’de girilmeyen verilerin konumu öznitelik numarası ve örnek Numarası ile belirtilerek gösterilmiştir. İçinde kayıp veri olmayan ve ismi uzun olan 8-15 numaraları arasındaki öznitelikler gösterilmemiştir. Ayrıca Tablo 1 veri setinin yapısı hakkında örnek oluşturmaktadır. Tablo 1’de gösterilen bazı değerleri bilinmeyen örnekler silindikten sonra çalışmada 495 örnek incelenerek deneysel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu veri setini oluşturan kişi 19 özniteliği 7 giriş ve 12 çıkış olmak üzere ayırmış o şekilde kullanmayı tercih etmiştir. Bu çalışmada veri setinin çıkışı olarak “Comment”, “Like” ve “share” öznitelikleri kullanılmaktadır.

Tablo 5: Değeri bilinmeyen örnekler

Öznitelik No	1	2	3	4	5	6	7	16	17	18	19
Örnek No	Page total likes	Type	Category	Post Month	Post Weekday	Post Hour	Paid	comment	like	share	Total Interactions
112	136736	Photo	1	10	6	8	0	0			0
121	136393	Photo	1	10	7	9	0	0	2		2
125	136393	Photo	1	10	7	6	0	0	7		7
165	135428	Photo	1	9	5	10	0	0	18		18



Tablo 6: Öznitelikler ve Açıklamaları

Öznitelik	Açıklama	Değerler
Page total likes	Sayfanın toplam beğeni sayısı	81370-139441
Type	Gönderi türü	Link, Fotoğraf, Durum, Video
Category	Manuel içerik karakterizasyonu	1=Eylem (özel teklifler ve yarışmalar), 2=ürün (doğrudan reklam, açık marka içeriği), 3=ilham (açık olmayan marka ile ilgili içerik)
Post Month	Gönderi hangi ay yayınlandı	1=Ocak, 2=Şubat, 3=Mart,..., 12=Aralık
Post Weekday	Gönderi haftanın hangi günü yayınlandı	1=Pazar, 2=Pazartesi,..., 7=Cumartesi
Post Hour	Gönderi günün hangi saati yayınlandı	0, 1, 2, 3, 4,..., 23
Paid	Şirket reklam için Facebook'a ödeme yaptı mı?	1=evet, 0=hayır
Lifetime Post Total Reach	Gönderiyi gören kullanıcıların sayısı (benzersiz kullanıcılar)	238-180480
Lifetime Post Total Impressions	Tıklanma önemsenmeden gönderinin görüntülenme sayısıdır (Haber kaynağında veya arkadaş sayfasında tekrar görünürse tekrar sayılır)	570-1110282
Lifetime Engaged Users	Gönderide herhangi bir yeri tıklayan kişi sayısı (benzersiz kullanıcılar)	9-11452
Lifetime Post Consumers	Gönderide herhangi bir yere tıklayan kişi sayısı	9-11328
Lifetime Post Consumptions	Gönderinin herhangi bir yerindeki tıklama sayısı	9-19779
Lifetime Post Impressions by people who have liked your Page	Sayfayı beğenen kullanıcıların yalnızca toplam gösterim sayısı	567-1107833
Lifetime Post reach by people who like your Page	Bu sayfayı beğendikleri için bir sayfa gönderen kullanıcıların sayısı (benzersiz kullanıcılar)	236-51456
Lifetime People who have liked your Page and engaged with your post	Sayfayı beğenen ve bir gönderide herhangi bir yere tıklayan kişi sayısı (benzersiz)	9-4376
comment	Gönderiye yapılan yorum sayısı	0-372
like	Gönderinin beğenilme sayısı	0-5172
share	Gönderinin kullanıcılar tarafından paylaşılma sayısı	0-790
Total Interactions	Gönderinin "beğeni", "yorum" ve "paylaşım" toplamı	0-6334

Tablo 2’de veri setinde kullanılan özelliklerin her biri gösterilmektedir. “Type” hariç özniteliklerin hepsini tamsayılar oluşturmaktadır. Toplam 19 tane öznitelik bulunmaktadır. Bu özniteliklerden sonuncusu “Total Interaction”, “comment”, “like” ve “share” toplamından oluştuğu için giriş olarak kabul edilmemiştir. Kalan öznitelikler ayrı ayrı “comment”, “like” ve “share” için giriş olarak kabul edilmiştir. Bu veri setinin regresyon yöntemlerini uygulamaya müsait bir yapısı vardır. Bu çalışmada kullandığımız makine öğrenmesi yöntemleri aşağıda kısaca anlatılmıştır.

2.1. Destek Vektör Makineleri Regresyonu

Destek vektör makineleri ilk olarak sınıflandırma algoritması olarak ortaya çıkmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. (Cortes ve Vapnik, 1995). Daha sonraları alternatif bir kayıp fonksiyonunun başlatılmasıyla regresyon problemlerine de uygulanabilir hale gelmiştir (Trafalis ve Ince, 2000). Bu yöntem ufak farklar dışında sınıflandırma için normal destek vektör makineleri ile aynı prensipleri kullanmaktadır. Çıktı gerçek bir sayı olduğu için tahmin etmek genellikle daha zordur. Kayıp fonksiyonu bir mesafe ölçümü içerecek şekilde değiştirilmelidir. (Smola, 1996). Bir destek vektör makinesi, verileri en ideal olacak şekilde ikiye ayıran n boyutlu bir çoklu



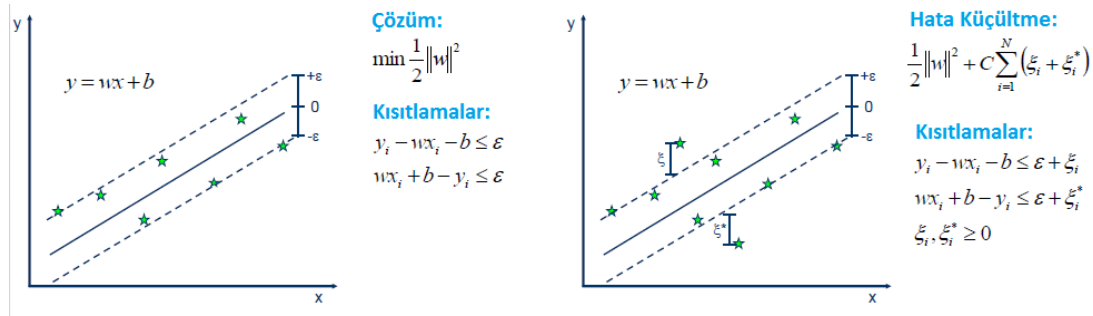
düzlem oluşturmaktadır. Veri setinin ortalama karesel hatasını düşürerek çalışır. Bağımsız ve benzer olarak dağılmış örnekler olursa daha iyi çalışır. Regresyon metodundaki temel amaç, eğitim verilerini mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir şekilde yansıtan doğrusal ayırıcı fonksiyonun bulunmasıdır. Doğrusal olmayan durumların işlenebilmesi için farklı çekirdek fonksiyonları kullanılmaktadır (Yakut ve ark., 2014)

$$E = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\} \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki gibi bir eğitim seti olsun burada x_i n -boyutlu girdi değişkenlerinin her biri, y_i ise çıktı değişkenidir;

$$f(x) = wx + b \quad (2)$$

Eşitlik 2 için en uygun w değeri bulunmak isteniyor. Amaç öyle bir $f(x)$ fonksiyonu bulmaktır ki, gerçek y_i çıktı değerleri en fazla \mathcal{E} kadar sapma miktarı ile tahmin edilmeli, tahmin edildikten sonra bulunan bu fonksiyona paralel olan fonksiyon bulunmalı, bu fonksiyon eğitim girdilerini kapsayan iki düzlem arasındaki mesafeyi minimum yapmalıdır. (Bilişik, 2011). Regresyon yapabilmek için bir tolerans sınırı, epsilon (\mathcal{E}) belirlenir.



Şekil 12: Destek Vektör Regresyon Yapısı (Sayad, 2018)

Şekil 3'te verilen kısıtlar göz önünde bulundurularak çözüm yapılır, hata küçültme yapılır ve son olarak tahminleme yapmaya hazır hale gelir.

$$y = \sum_{i=1}^N (a_i - a_i^*) \cdot (x_i, x) + b \quad (3)$$

2.2. M5P Ağaç algoritması

Sayısal tahmin için bir model ağacı kullanılmaktadır. Her yaprağa ulaşan örneklerin sınıf değerini tahmin etmeye çalışan doğrusal regresyon modeli oluşturulmaktadır. Belirli bir düğüme ulaşan eğitim verilerinin T bölümünü ayırmak için hangi özneliğin en iyi olduğunu belirlemek için ayırma kriteri kullanılır. T sınıfının standart sapması, bu düğümdeki hatanın bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Bu düğümdeki her bir özellik ise hatada beklenen azalmayı hesaplayarak test edilmektedir. Bölme için seçilen öznelik, bu düğümde beklenen hata azaltmayı en üst düzeye çıkarır. Eşitlik 4 ile hesaplanan standart sapma azaltması beklenen hata azalmasıdır.

$$SSA = sd(T) - \sum \frac{|T_i|}{|T|} * sd(T_i) \quad (4)$$

T_i 'nin $T_1, T_2, T_3 \dots$ 'e karşılık gelmesi, düğümün seçilen özneliğe göre bölünmesinden kaynaklanan ayarlardır. Yapraklardaki doğrusal regresyon modelleri sürekli sayısal özellikleri öngörür. Amaç, eğitim durumlarının hedef değerlerini girdi nitelikleri değerleriyle ilişkilendiren bir model oluşturmaktır (Onyari ve Ilunga, 2013).

2.3. Lineer Regresyon Analizi

Lineer regresyon değişkenlerin arasındaki ilişkiden yararlanarak verileri analiz etmemizi sağlayan bir makine öğrenmesi metodudur. Bu yöntem iki veya daha fazla değişken için uygulanabilir. Kaç değişkene göre analiz yapıldığına göre eğer tek değişkene sahipse tek değişkenli, daha çok değişkene sahip ise çok değişkenli regresyon olmaktadır. Bu analiz değişkenlerin aralarındaki doğrusal ilişkinin gücünü göstermektedir (Yılmaz ve ark., 2016). Bu yüzden bu makine öğrenmesi yöntemi verilerin doğrusal veya doğrusala yakın olarak dağıldığı durumlarda oldukça fazla tercih edilir. Eşitlik 5'de tek değişkenli lineer regresyon analizi denklemi, Eşitlik 6 ise çok değişkenli lineer regresyon analizi denklemidir. Eşitliklerde y : bağımlı değişken, X_i : bağımsız değişkenler, b_i : hesaplanan katsayı parametreleri \mathcal{E} : ise hata terimi olarak ifade edilmektedir (Subaşı ve ark., 2010).

$$y = b_0 + b_1X + \mathcal{E} \quad (5)$$



$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon \quad (6)$$

5 ve 6 numaralı eşitliklerden değişken türüne uygun olarak seçilen denklem yinelemeli olarak kullanılarak en küçük kareler yöntemi sayesinde regresyon modeli çıkartılır. Amaç oluşturulan doğrunun her gerçek değer ve tahmin arasındaki farkın karelerinin toplamının en küçük olması sağlanması gerekmektedir. Bu en küçük kareler hatasını en düşük şekilde bulduktan sonra bu denklem kullanılarak eğitime dahil edilmeyen test veri seti tahmin edilir (Dirican ve ark., 2017).

2.4. Gauss Süreci Regresyonu

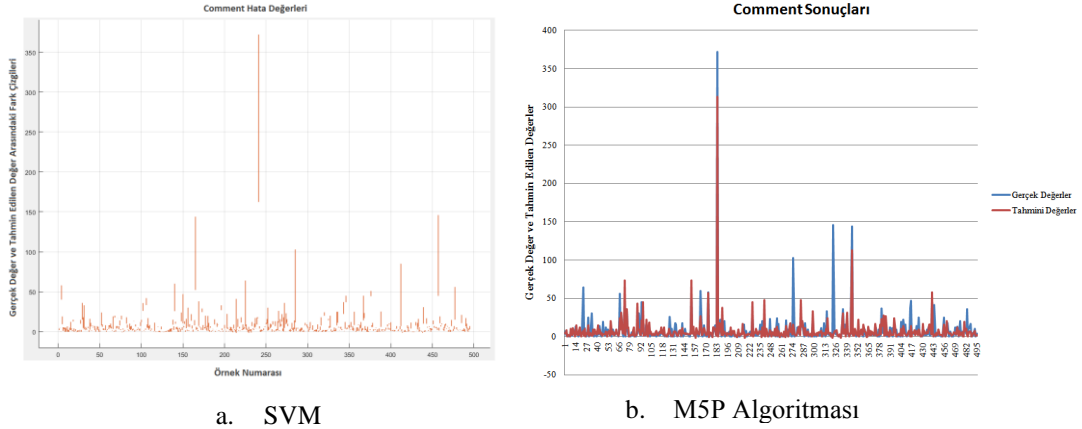
Bu makine öğrenmesi yönteminde değerlerin ve yanıt değerlerinin yakın olması beklenir. Gauss süreçlerinde bu benzerlik ilişkili bir kovaryans fonksiyonu tarafından belirlenir. Gauss süreci regresyonu bir fonksiyonun değerini tahmin etme problemi ile ilgilidir. Genellikle Gauss süreci ile bozulmuş fonksiyon değerleri olduğu varsayılır. Gauss modellerinin kaba kuvvet uygulamasındaki temel problem, veri noktalarının sayısı bakımından, hesaplama karmaşıklığı ve bellek gereksinimlerinin fazla olmasıdır (Hartikainen ve Särkkä, 2010). Gauss süreci regresyonunda farklı kovaryans fonksiyonları bulunmaktadır. Bunlardan birisi MATLAB üzerinde kullanımı açık olan Matern 5/2 GPR kovaryansıdır. Matern kovaryans fonksiyonu ailesi yaygın olarak kullanılan bir fonksiyon sınıfıdır. Gauss kovaryans fonksiyonu sonsuz farklılaşabilir, yani bu kovaryans fonksiyonuna sahip Gauss süreçlerinin tüm emirlerin ortalama kare türevleri vardır ve bu nedenle çok pürüzsüzdür. Bununla birlikte, bu gibi güçlü bir pürüzsüzlük varsayımı, bazı fiziksel süreçleri modellemek için gerçekçi değildir. Gauss süreci kovaryans fonksiyonları çok benzerdir. Bu nedenle, faydalı olan, yani $\nu = 3/2$ veya $\nu = 5/2$ olmak üzere, ν iki değeri vardır. $\nu = 3/2$ için gerekli formül Eşitlik 7'de aşağıdaki verilmiştir (Gu ve Hu, 2012).

$$k(x_{i,t}, x_{j,t}) = a_t e^{-\frac{\sqrt{3}r_t}{l_t}} \left(\frac{\sqrt{3}r_t}{l_t} + 1 \right) \quad (7)$$

Bu kovaryans fonksiyonlarının kovaryans matrisinin tersinin hesaplanması talebi nedeniyle hesaplama karmaşıklığına yol açmaktadır. Ama günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisi ile bu işlemler saniyeler içinde MATLAB tarzı programlar tarafından yapılabilmektedir.

3. Bulgular Tartışma

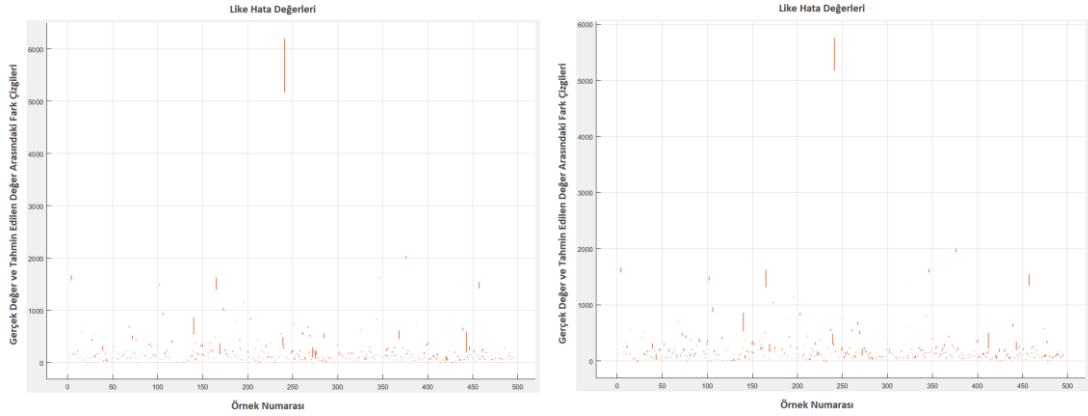
Bu deneysel çalışmalar için kullandığımız makine öğrenmesi yöntemlerinin değerlendirilmesi Windows 7 Home Premium işletim sistemi üzerine kurulu MATLAB ve WEKA yazılımları aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Donanım olarak ise Intel® Core™ i7-2600 model 3,40 GHz hızında işlemci ve 8 GB DDR3 1333 MHz hızında bir Ram içeren bir bilgisayar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan makine öğrenmesi yöntemlerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesi için 5 katlı çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Sonuçları değerlendirmek için ise ölçüt olarak bu veri setiyle daha önceki yapılan çalışmayla daha kolay karşılaştırma yapabilmek için ortalama mutlak yüzdesel hata kullanılmıştır. Şekil 4'te "comment" için yapılan deneysel çalışma sonuçları görülmektedir.



Şekil 13: "comment" için yapılan deneysel çalışma sonuçları

Şekil 4a'da görüldüğü gibi, "Comment" için yaptığımız denemelerin en iyisinde MATLAB üzerinde "Linear SVM" yöntemiyle Kernel fonksiyonu: Linear, Kernel Scale: 3, Box constraint: 3.4, Epsilon: 0.35, Standardize data: true olarak ayarları yaptığımızda 5 kere denedikten sonra ortalama sonuç olarak MAE: 4.5, %MAE: %65.78 değerleri saniyede yaklaşık 29 000 değer işlenerek yaklaşık 0.34 saniyede bulunmuştur. Yine Şekil 4b'de görüldüğü gibi, yine "comment" için ikinci en iyi sonuç ise bu sefer Weka üzerinde bulunan "trees.M5P" algoritması ile sonuç olarak MAE: 5.22, %MAE: %69.02 değerleri yaklaşık 0.06 saniyede bulunmuştur.



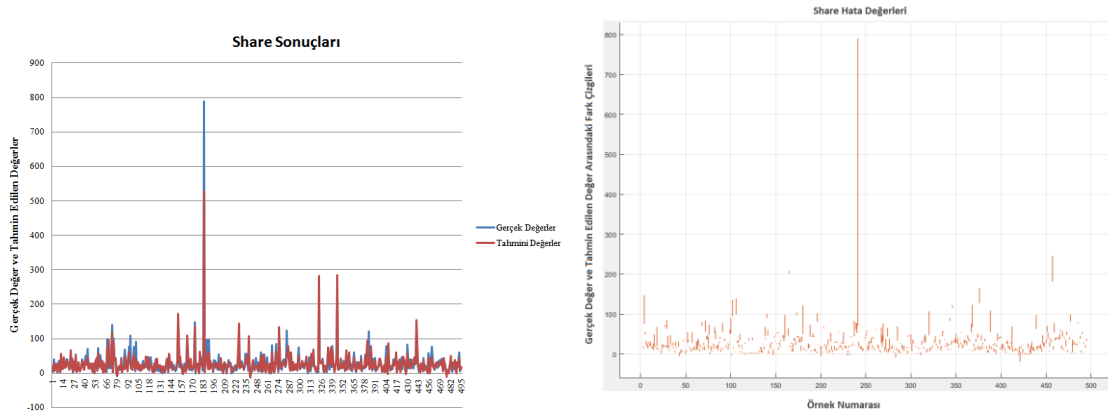


a. Gauss Süreci Regresyonu

b. Doğrusal Regresyon

Şekil 14: "like" için yapılan deneysel çalışma sonuçları

Şekil 5a'da görüldüğü gibi, "like" için MATLAB üzerinde aldığımız en iyi sonuç "Gaussian Process Regression Matern 5/2 GPR" algoritması ile Kernel function: Matern 3/2 seçerek 5 kere denedikten sonra ortalama sonuç olarak MAE: 19.71, %MAE: %11 değerleri saniyede yaklaşık 22 000 değer işlenerek yaklaşık 6.35 saniyede bulunmuştur. Yine Şekil 5b'de görüldüğü gibi, "like" için ikinci en iyi sonuç ise MATLAB üzerinde "Linear Regression" yöntemi oldu. 5 kere denedikten sonra ortalama sonuç olarak MAE: 19.85, %MAE: %11.08 olarak saniyede yaklaşık 13 000 değer işlenerek 0.42 saniyede bulunmuştur.



a. M5P Algoritması

b. Gauss Süreci Regresyonu

Şekil 15: "share" için yapılan deneysel çalışma sonuçları

Şekil 6a'da görüldüğü gibi, "share" için alınan en iyi sonuç Weka üzerinde "trees.M5P" yöntemiyle sonuç olarak MAE: 9.28, %MAE: %34.04 olarak yaklaşık 0.06 saniyede bulunmuştur. Şekil 6b'de görüldüğü gibi, "share" için alınan en iyi ikinci sonuç ise MATLAB üzerinde bulunan "Gaussian Process Regression Matern 5/2 GPR" algoritması ile Kernel function: Matern 3/2 yöntemiyle sonuç olarak MAE: 9.56, %MAE: %35.06 değerleri saniyede yaklaşık 24 000 değer işlenerek yaklaşık 2.39 saniyede bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde en çok göze batan unsur uç değerlerin çok fazla yanlış tahmin edilmesi olmuştur. "like" için aynı yöntemde bu tarz bir hata dağılımı oluşmamıştır. Grafikler genel olarak değerlendirildiğinde "like" dışında sonuçların iyi olmadığı görülmektedir. "comment" tahmini yapıldığında genel manada her tahminde hata oluşurken, "share" tahmininde uç değerlerde oldukça yüksek hatalar oluşmaktadır.

Tablo 7: Sonuçların karşılaştırılması

Yazar	Yıl	Regresyon Yöntemi	Hata			Ort. Süre
			comment	like	share	
Moro, S.	2016	Destek Vektör Makineleri	63.9	41.2	35.8	-
Bu çalışma: (2019)		Destek Vektör Makineleri (Lineer)	65.78	27.80	35.84	0.39
		M5P Karar Ağacı	69.02	36.71	35.06	0.06
		Gauss Süreci Regresyonu	83.23	11	34.04	3.66
		Doğrusal Regresyon	80.47	11.08	34.95	0.44



Tablo 3'te verilen sonuçlar incelendiğinde “Comment” için destek vektör makineleri regresyon yönteminin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. “Share” için ise farklı yöntemler denenmesine rağmen hata azalmamıştır. “Like” için destek vektör makineleri regresyon dışındaki yöntemler ile hata oranında kayda değer bir azalış söz konusu olmuştur. Yöntemlerin zaman performansları incelendiğinde Linear Regresyon yöntemi “like” için ortalama 0.08 fazla hata yaparak 15 kat hızlı hesaplama yapabilmektedir.

4. Sonuç

Sosyal medya araçları insanların hayatlarında önemli yer edinmektedir. Facebook tarzı siteler şirketler için potansiyel müşteri kaynağıdır. Literatürde bu konuda regresyon ile ilgili çok sayıda makine öğrenmesi çalışmaları görülmüştür. Bu çalışmada Uci'den alınan veri seti ile firmaların paylaştıkları gönderilerin insanları nasıl yönlendirdiğine dair bir bazı yöntemler kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Bu yöntemlerden en iyi tahminlemenin “like” için “Gaussian Process Regression Matern 5/2 GPR” olduğu ve %MAE: %11 olarak hata oranı bulunmuştur. “Linear Regression” yöntemi içinde %MAE: %11.08 olarak hata oranı 15 kat hızlı olarak bulunmuştur. Ve bu yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha iyi performans sergilediği görülmüştür. Gelecek çalışmalarda “comment” ve “share” için çok yüksek olan hata oranlarını indirebilmek için farklı yöntemlerin denenmesi düşünülmektedir.

5. Kaynakça

- Alalwan, A. A., Rana, N. P., Dwivedi, Y. K. ve Algharabat, R. (2017). Social media in marketing: A review and analysis of the existing literature. *Telematics and Informatics*, 34(7), 1177-1190. doi:10.1016/j.tele.2017.05.008
- Alexa. (2018). Alexa Top 500 Global Sites. 6 Kasım 2018 tarihinde <https://www.alexa.com/topsites> adresinden erişildi.
- Aslan, A. (2017). Sosyal ağlar ve online (çevrimiçi) reklam üzerine bir değerlendirme. <http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/handle/11467/1617> adresinden erişildi.
- Bilişik, M. T. (2011). Destek Vektör Makinesi, Çoklu Regresyon Ve Doğrusal Olmayan Programlama İle Perakendecilik Sektöründe Gelir Yönetimi İçin Dinamik Fiyatlandırma.
- Boon, S. ve Sinclair, C. (2009). A world I don't inhabit: disquiet and identity in Second Life and Facebook. *Educational Media International*, 46(2), 99-110. doi:10.1080/09523980902933565
- Cortes, C. ve Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine learning*, 20(3), 273-297.
- Dirican, E., Çolak, C. ve Akkuş, Z. (2017). Toplam Kolesterol, Ldl, Hdl ve Trigliserit Seviyelerinin Yaşa Göre Değişiminin Farklı Regresyon Modelleriyle İncelenmesi. *Dicle Tıp Dergisi*, 44(1), 81-90. doi:10.5798/dicletip.298613
- Dolgun, M. Ö. ve Ersel, D. (2014). Doğrudan Pazarlama Stratejilerinin Belirlenmesinde Veri Madenciliği Yöntemlerinin Kullanımı. *İstatistikçiler Dergisi: İstatistik&Aktüerya*, 7, 1-13.
- Ertam, F. (2017). Sosyal Medya Verileri için Etkili Bir Sınıflandırma Yaklaşımı. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29(2), 67-73.
- Facebook. (2018). Facebook Reklamları Hedefleme Seçenekleri | Facebook Business. 7 Kasım 2018 tarihinde <https://www.facebook.com/business/products/ads/ad-targeting> adresinden erişildi.
- Gu, D. ve Hu, H. (2012). Spatial Gaussian process regression with mobile sensor networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 23(8), 1279-1290.
- Hartikainen, J. ve Särkkä, S. (2010). Kalman filtering and smoothing solutions to temporal Gaussian process regression models. *Machine Learning for Signal Processing (MLSP), 2010 IEEE International Workshop on* içinde (ss. 379-384). IEEE.
- Kemp, S. (2018, 17 Ekim). Q4 2018 internet report: Almost 4.2 billion humans are online. *The Next Web*. 12 Aralık 2018 tarihinde https://thenextweb.com/contributors/2018/10/17/q4-2018-internet-report-almost-4-2-billion-humans-are-online/?utm_campaign=OGshare adresinden erişildi.
- Moro, S., Rita, P. ve Vala, B. (2016). Predicting social media performance metrics and evaluation of the impact on brand building: A data mining approach. *Journal of Business Research*, 69(9), 3341-3351. doi:10.1016/j.jbusres.2016.02.010
- Onyari, E. K. ve Ilunga, F. M. (2013). Application of MLP neural network and MSP model tree in predicting streamflow: A case study of Luvuvhu catchment, South Africa. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 4(1), 11.
- Öztürk, Ş. (2015). Sosyal Medyada Etik Sorunlar. *Selçuk Üniversitesi İletişim Fakültesi Akademik Dergisi*, 9(1), 287-311-311. doi:10.18094/si.57598
- Sayad, S. (2018). Support Vector Regression. 7 Aralık 2018 tarihinde http://www.saedsayad.com/support_vector_machine_reg.htm adresinden erişildi.
- Seker, S. E. (2015). Sosyal ağlarda veri madenciliği (data mining on social networks). *Ybs Ansiklopedi*, 2(2), 30-39.
- Smola, A. J. (1996). *Regression estimation with support vector learning machines*. (Yayımlanmamış phd thesis). Master's thesis, Technische Universität München.



Subaşı, S., Beycioğlu, A. ve Çullu, M. (2010). Bulanık Mantık Ve İstatistiksel Analiz Yöntemleri İle Revibrasyon Uygulanmış Betonlarda Basınç Dayanımı Tahmini. *SDU International Journal of Technological Science*, 2(3).

Trafalis, T. B. ve Ince, H. (2000). Support vector machine for regression and applications to financial forecasting. *Neural Networks, 2000. IJCNN 2000, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on* içinde (C. 6, ss. 348–353). IEEE.

Uci. (2018). UCI Machine Learning Repository: Facebook metrics Data Set. 13 Kasım 2018 tarihinde <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Facebook+metrics> adresinden erişildi.

We are social. (2018). *Digital in 2018 in Western Asia Part 1 - North-West*. İnternet. <https://www.slideshare.net/wearesocial/digital-in-2018-in-western-asia-part-1-northwest-86865983> adresinden erişildi.

Yakut, E., Elmas, B. ve Yavuz, S. (2014). Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1).

Yılmaz, M., Kanıt, R., Erdal, M., Yıldız, S. ve Bakış, A. (2016). Bina Bakım Onarım Ödeneklerinin Etkin Kullanımı Maksadıyla İhale Bedelini Etkileyen Faktörlerin Yapay Sinir Ağları ve Lineer Regresyon Yöntemleri ile Belirlenmesi, sayfa: 461-470. *Politeknik Dergisi*, 19(4).



AKILLI ÇÖP KUTULARI VE TASARRUF

Mehmet Burak Pektekin¹, Asım Kaygusuz²

^{1,2}İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

mehmetburakpektekin@gmail.com, asim.kaygusuz@inonu.edu.tr

Özet

Kalkınma; bir ülkenin, toplumsal ve ekonomik yapısını geliştirme, gelişmiş çağdaş ülkelere yetişme durumu şeklinde tanımlanmaktadır. Günümüzde kalkınmanın sağlanması ve hızlanması için birçok farklı organizasyon yapılmakta ve desteklenmektedir. Kalkınmanın en önemli ve en az maliyetli yollarından biri de tasarruf etmektir. Bu çalışma içeriğinde akıllı şehirlerin kalkınma için neler sağlayabileceği, akıllı çöp kutuları örneği üzerinden maliyet hesabı yapılarak incelenecektir. Akıllı şehirlerin katkıları sadece akıllı çöp kutuları ile kısıtlı değildir. Bu çalışmada sadece bir örnek üzerinden yapılabilecek tasarruf miktarını görmekteyiz. Bu çalışmanın içerisinde mevcut sistem ve akıllı çöp kutuları ile oluşturulacak sistemler Malatya örneği üzerinden araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda maliyet hesapları da yapılarak gerçek tasarruf değerlerine yer verilmiştir. Kullanılan sistemler çok spesifik sistemler olmadığı için aynı çalışma ülkemiz genelinde de yapılabilir ve tasarruf düzeyi çöp kutuları ile ilgili maksimum düzeye çıkarılabilir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı şehirler; Yapay Zeka; Kalkınma

1. Giriş

Akıllı şehirler teknolojik kolaylıklar ve gelişmeler sunmanın yanı sıra yaşanabilirlik, erişim, trafik, kalkınmayı sağlamak ve çevresel sorunlarından kurtulmak için kullanılacak en geniş kapsamlı sistemlerden biridir. Akıllı şehir sistemleri yüksek yatırım maliyeti gerektirmesine rağmen kısa vadede kendisini amorti edecek ve kullanıcılarını hem çevresel hem ekonomik olarak refaha kavuşturacaktır. Bu çalışmada, bir akıllı sadece çöp kutuları akıllılaştırılarak elde edilen faydalar ve bu faydaların ekonomik etkileri görülecektir. Bu çalışma ışığında şehirlerimize akıllı bir çehre katarken aynı zamanda bu çalışma sayesinde teknolojiye açık ve ekonomik bir kent için ilk adım atılmış olacaktır. Bu ekipmanlar ile yakıt sarfiyatı azaltılırken aynı zamanda zararlı gaz salınımı da azaltılacaktır.

2. Akıllı Çöp Kutuları

Bu başlık altında içerisinde şehirdeki çöp kutularını akıllı bir hale getirirsek ne kadar ve nasıl tasarruf sağlayabilirdik sorusunun üstünde duracağız. Kullanacağımız sistemde çöp kutularının kendi içerisinde sıkıştırma özelliğine sahip olacaktır. Aynı zamanda içerisindeki sensörler ve haberleşme protokolü sayesinde temizlik ekipleri merkezine sinyal verecek ve alınması gerektiğini bildirecektir. Çöp dolmaya yakın sıkıştırma yapacak ve son olarak çöp kutusu sıkıştırılmayacak hale geldiği zaman merkeze sinyal göndererek alınması gerektiğini bildirecektir. Bu sistem içerisindeki yapay zeka ve protokoller ile alınması gereken çöpler için en kısa güzergahı ayarlayacak ve harita üzerinde araç şoförüne bu rotayı gösterecektir. Bu şekilde temizlik işleri için kullanılan yakıt insan gücü ve araç bakım masrafları azaltılarak tasarruf sağlanacaktır. Aynı zamanda bu sistem şehrimizin akıllı bir şehir olarak adlandırılabilmesi için de bir adım olarak görülebilecektir.



Şekil 1: Normal çöp kutuları





Şekil 2: Çöp sıkıştırma sistemine sahip akıllı çöp kutusu

Çöp toplama sistemi ile ilgili Yeşilyurt Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü ekipleri göz önünde bulundurulacaktır. Bu ekibin içinde toplam 38 adet çöp toplama aracı bulunmaktadır. Çöp toplama araçları 3 vardiya halinde çalışmaktadır. Ekipler merkez mahallelerdeki çöp kutularını her gün kırsaldaki kutuları ise 2 günde bir toplamaktadır. Her araç bir seferlerinde yaklaşık 100 ila 150 kilometre arasında mesafe kat etmektedir. 24 saatte toplanan toplam çöp miktarı yaklaşık 320 ton olarak hesaplanmıştır. Bu da bir kişinin günde 1 kg çöp ürettiği anlamına gelmektedir.

Yeşilyurt Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü ekiplerince harcanan yakıtın günlük ortalama 7000 litre seviyesinde olduğu da çizelgelerden görülmüştür. Bir adet çöp toplama aracının bir günlük yakıt sarfiyatını hesaplayacak olursak;

$$7000 \text{ l} / 38 = 184,2 \text{ l olacaktır.}$$

Bu verilerin üzerine Battalgazi Belediyesine ait 34 çöp toplama aracını da eklersek toplam 62 adet çöp toplama aracı olmaktadır.

62 adet çöp toplama aracı için bir günlük yakıt sarfiyatını hesaplayacak olursak;

$$62 \times 184,2 \text{ l} = 11.420,4 \text{ l olacaktır.}$$

Bir günlük maliyet hesaplanırken dizel yakıtın fiyatı 30.05.2019 tarihindeki fiyat baz alınacak olursa;

$$11.420,4 \text{ l} \times 6,60" / \text{l} = 75.374,64" \text{ olarak hesaplanmaktadır.}$$

Bir aylık yakıt maliyeti ise;

$$30 \times 75.374,64" = 2.261.239,2" \text{ olmaktadır.}$$

Bu sistem ve araçların akıllı çöp kutuları ile birlikte kullanıldığını düşünerek bir senaryo oluşturuyoruz. Bu senaryoda şehrimizdeki çöp kutularından %40'lık bir miktarının presleme sayesinde 3 günde bir dolduğunu hesaplırsak.

Buradan yola çıkarak hesap yapacak olursak;

Preslenme ile dolması engellenemeyen çöp kutularına yani toplam miktarın % 60'ına denk gelen kısma ait maliyet;

$$2.261.239,2" \times 0,6 = 1.356.743,52" \text{ maliyetle olmaktadır.}$$

Preslenme ile dolması engellenen ve 3 günde bir dolan çöp kutularına yani toplam miktarın % 40'ına denk gelen kısma ait maliyet;

$2.261.239,2" \times 0,4 = 904.495,68" \text{ olmaktadır. Fakat bu çöp kutuları 3 günde bir toplanacağı için bu maliyeti de 3'e bölmek gerekmektedir.}$

$$904.495,68" / 3 = 301.498,56"$$

Buradan bu sisteme ait toplam yakıt maliyetini hesaplayacak olursak;

$$1.356.743,52" + 301.498,56" = 1.658.242,08"$$

Bu sisteme ait bir aylık tasarrufu hesaplayacak olursak;

$$2.261.239,2" - 1.658.242,08" = 602.997,12" \text{ olacaktır.}$$





Şekil 3: Yeşilyurt Belediyesi'ne ait bir çöp toplama aracı

3. Kaynakça

- [1] Forrester, J. W., (1974), Systems Dynamics as a Tool for Urban Planning, chap. 2, Readings in Urban Dynamics, vol. 1, Wright-Allen Press, Cambridge, MA
- [2] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and Vlissides, J., (1994), Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley, Cambridge, MA
- [3] Alexander, C., Ishikawa, S., and Silverstein, Murray, (1977), A Pattern Language, Oxford University Press, Oxford
- [4] Ersoy M. (2006). İmar Mevzuatımızda Planlama Kademeleri ve Üst Ölçek Planlama Sorunu.
- [5] Şerefhanoglu S. M, Geçioğlu E, Kent Aydınlatmasının Kullanıcılar Tarafından Değerlendirilmesi, 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 2006.
- [6] [https://www.sehirsizin.com/profil/selin-b-42965/\(03.08.2017\)](https://www.sehirsizin.com/profil/selin-b-42965/(03.08.2017)).
- [7] <https://www.hunkeler-systems.com/systems2016/en/products/press+container+i+compactor.html>(09.08.2018)
- [8] <https://www.malatyatime.com/haber/temizlik-kalitesi-artacak-56424.html>(05.06.2016).
- [9] <http://www.yesilyurt.bel.tr/haberler/yesilyurt-belediyesi-yer-alti-ve-yer-ustu-cop-konteynirlarina-arac-takviyesi-yapti>(05.06.2016).



ÇEKİRGE OPTİMİZASYON ALGORİTMASI KULLANILARAK GEZGİN SATICI PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

Mehmet Fatih Tefek

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

mftfek@gmail.com

Özet

Gezgin satıcı problemi (GSP), bir satıcı ve bir dizi şehirden oluşmaktadır. GSP’de, bir satıcı bulunduğu noktadan başlayarak rotasında mevcut olan tüm şehirleri en kısa mesafe ile dolaşması ve başlangıç noktasına geri dönmesini hedefleyen bir optimizasyon problemidir. Satıcının en kısa mesafede tüm şehirleri dolaşması ve bir kez geçtiği noktadan bir daha geçmemesi hedeflenmektedir. GSP çözümü için geliştirilen geleneksel yöntemler şehir sayısının az olduğunda çözüm vermektedir. Fakat şehir sayısının artmasına bağlı olarak çözüm geleneksel yöntemlerle elde edilmesi zorlaşmaktadır. GSP’nin karmaşıklığı şehir sayısının artmasına bağlı olarak NP-zor bir optimizasyon problemidir. Bu çalışmada GSP çözümü için güncel bir sezgisel algoritma olan Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA) kullanılmıştır. GSP için ilk önce 20 şehirden oluşan (C20 problemi) bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Türkiye haritası üzerinde 81 il merkezinin olduğu en kısa mesafe ÇOA algoritması ile optimize edilmiştir. Sonuçlar karınca koloni algoritması ve tabu arama algoritması ile kıyaslanmıştır. GSP çözümü için ÇOA algoritması sonuçlarının diğer sezgisel yöntemlerden daha kısa mesafede hesapladığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Gezgin Satıcı Problemi, Çekirge Optimizasyon Algoritması, Türkiye İl Merkezleri*

1. Giriş

Gezgin satıcı problemi (GSP), bir satıcı ve bir dizi şehirden oluşmaktadır. GSP’de, bir satıcı bulunduğu noktadan başlayarak rotasında mevcut olan tüm şehirleri en kısa mesafe ile dolaşması ve başlangıç noktasına geri dönmesini hedefleyen bir optimizasyon problemidir [1, 2]. Satıcının en kısa mesafede tüm şehirleri dolaşması ve bir kez geçtiği noktadan bir daha geçmemesi hedeflenmektedir [3].

GSP çözümü için kullanılan geleneksel yöntemler Lineer Programlama [4] ve dinamik programlama [5] yöntemleridir. GSP çözümü için geliştirilen geleneksel yöntemler şehir sayısının az olduğunda çözüm vermektedir. Fakat şehir sayısının artmasına bağlı kombinasyonlu olarak problem zorlaşmakta ve çözüm geleneksel yöntemlerle elde edilememektedir [6]. GSP, Np-zor (Non-Polimonal Hard) optimizasyon problemleri sınıfında yer almaktadır [7]. Bundan dolayı büyük boyutlu GSP çözümünü kesin olarak bulabilen algoritmalar bulunmamaktadır. Bu yüzden GSP çözümü için optimuma yakın sonuçlar veren evrimsel ve sürü tabanlı sezgisel optimizasyon algoritmaları geliştirilmiştir [8, 9]. Sezgisel optimizasyon algoritmalarına: Tabu arama algoritması (TAA) [10], genetik algoritmalar [11-15], karınca koloni algoritması (KKA) [16-19], parçacık sürü optimizasyonu [20-22], yapay arı koloni algoritması [23-25], öğretim-öğrenme temelli optimizasyon algoritması [26, 27] örnek olarak verilebilir. Son zamanlarda doğadan esinlenerek geliştirilen optimizasyon algoritmaları da GSP çözümü için uygulanmıştır. Güncel sezgisel yöntemlerle çözülen GSP yöntemlerine: Kör fare algoritması [28] ve yarası esinlenmeli algoritma [29] gibi örnekler verilebilir.

Bu çalışmada yeni bir sezgisel optimizasyon yöntemi olan Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA) [30] kullanılarak GSP çözümü yapılmıştır. GSP çözümü için ilk olarak standart C20 test sistemine ÇOA uygulanmış daha sonra Türkiye 81 il merkezi için ÇOA uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar KKA ve TAA ile karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde GSP matematiksel modeli, üçüncü bölümde ÇOA yöntemi, dördüncü bölümde deneysel çalışmalar ve beşinci bölümünde çalışma sonuçları ele alınmıştır.

2. Gezgin Satıcı Problemi (GSP) Matematiksel Modeli

GSP’nin matematiksel modeli için amaç fonksiyonu Denklem 1’de verilmiştir. Denklem 1’deki amaç fonksiyonunu minimum yapacak olan kısıtlamalar ise Denklem 2-4 ile verilmiştir.

$$\text{Minimum} \quad \sum_{i=0}^n \sum_{j \neq i, j=0}^n c_{ij} x_{ij} \quad x_{ij} \in [0,1] \quad i, j = 0, 1, \dots, n \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=0, i \neq j}^n x_{ij} = 1 \quad j = 0, 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=0, j \neq i}^n x_{ij} = 1 \quad i = 0, 1, \dots, n \quad (3)$$

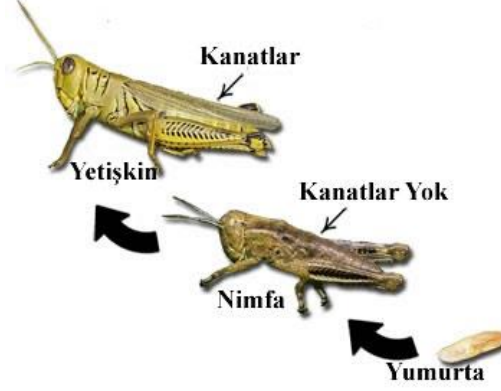
$$u_i - u_j + n x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j = 2, \dots, n \quad (4)$$

Denklem 1’de c_{ij} , i. şehirden j. şehre olan mesafeyi; x_{ij} , i. şehirden j. şehre gidilmesi mümkün olduğunda 1 değerini aksi durumda 0 değerini alan bir parametredir. Denklem 1-4’teki n, değerleri toplam şehir sayısıdır. x_{ij} , parametresi değişimi Denklem 2 ve Denklem 3’teki gibi verilmiştir. Denklem 4’te ise u, parametresi ise uygun çözümleri tek tur ile sınırlandırmak için eklenen bir parametredir.



3. Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA)

Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA) Saremi ve ark. (2017) tarafından geliştirilen yeni bir sürü zekası algoritmasıdır [30]. ÇOA, popülasyon tabanlı, çekirge sürülerinin davranışlarını ve sosyal etkileşimlerini taklit eden sezgisel optimizasyon algoritmasıdır. Çekirgeler tarıma verdikleri zararlara göre yıkıcı böceklerdir. Yaşamlarının nimfa (Nymph) ve yetişkinlik olmak üzere iki aşaması vardır. Nimfanın çekirge kanatları yoktur, bu yüzden yavaş hareket ederler ve yollarındaki tüm bitkileri yerler. Bir süre sonra büyürler ve havada bir sürü oluşturmak ve hızlı bir şekilde geniş ölçekli bölgelere doğru hareket etmek için kanatlarla yetişkin olurlar. Çekirge genellikle doğada tek tek görünse de bütün canlıların en büyük sürülerinden birini oluştururlar. Sürü büyüklüğü kıta ölçeği büyüklüğünde olabilir. Bu durum tarım ürünleri için zararlı olabilir [30]. Şekil 1’de çekirgenin yaşam döngüsü verilmiştir.



Şekil 1: Çekirge yaşam döngüsü

ÇOA’da her çekirge popülasyondaki bir çözümü temsil eder. Sürüdeki her çekirgenin konumu üç kuvvete dayanmaktadır. Bu üç kuvvet sırasıyla: S_i : i . çekirge ile diğer çekirgeler arasındaki sosyal etkileşim kuvvetini, G_i : i . çekirge üzerindeki yer çekimi kuvvetini, A_i : i . çekirgeye etki eden hava akımı kuvvetini belirtmektedir. Her bir çekirge üzerine etki eden üç kuvvetin toplamı Denklem 5’te verilmiştir. Denklem 5’te X_i : i . çekirgenin konumunu vermektedir.

$$X_i = S_i + G_i + A_i \quad (5)$$

Her çekirge ve diğer çekirge arasındaki sosyal etkileşim kuvveti (S_i) Denklem 6’daki gibi tanımlanabilir:

$$S_i = \sum_{j=1, j \neq i}^N s(d_{ij}) \widehat{d}_{ij} \quad (6)$$

$$d_{ij} = |x_j - x_i| \quad (7)$$

$$\widehat{d}_{ij} = \frac{x_j - x_i}{d_{ij}} \quad (8)$$

$$S(r) = f e^{\frac{-r}{l}} - e^{-r} \quad (9)$$

Denklem 7’deki d_{ij} : i . çekirge ile j . çekirge arasındaki mesafedir. Denklem 8’deki \widehat{d}_{ij} : i . çekirge ile j . çekirge arasındaki birim vektördür. Denklem 9’deki s : sosyal kuvvet olarak tanımlanır ve f çekim yoğunluğunu gösterir ve l çekici uzunluk ölçөгüdür. Yerçekimi kuvveti (G_i) Denklem 10’deki hesaplanır.

$$G_i = -g \widehat{e}_g \quad (10)$$

Burada g yerçekimi katsayısı, \widehat{e}_g dünyanın merkezine doğru birim vektördür. Hava akım kuvveti (A_i) Denklem 11’deki gibi hesaplanır.

$$A_i = u \widehat{e}_w \quad (11)$$

Burada u sabit bir kayma olduğu ve \widehat{e}_w ise bir rüzgâr yönü vektörüdür. Denklem 12’de bir çekirgenin bir sonraki pozisyonunun şu anki konumuna, hedefin konumuna ve diğer tüm çekirgelerin konumuna göre tanımlandığını göstermektedir.

$$X_i^d = C \left(\sum_{i=1, j \neq i}^N C \frac{ub_d - lb_d}{2} s(|x_j^d - x_i^d|) \frac{x_j - x_i}{d_{ij}} \right) + \widehat{T}_d \quad (12)$$

Denklem 12’de ub_d : üst sınır değeri, lb_d : alt sınır değeridir. \widehat{T}_d : hedefte D. boyutunun değeridir (şimdiye kadar bulunan en iyi çözüm) ve C: konfor bölgesini, itme bölgesini ve çekim bölgesini daraltmak için azalan bir katsayıdır. Denklem 13’te C katsayısı hesabı verilmiştir.

$$C = c_{max} - l \frac{c_{max} - c_{min}}{L} \quad (13)$$

Burada $c_{max} = 1.0$ ve $c_{min} = 1E - 5$, l : mevcut iterasyon sayısını, L : maksimum iterasyon sayısı olarak alınmaktadır.

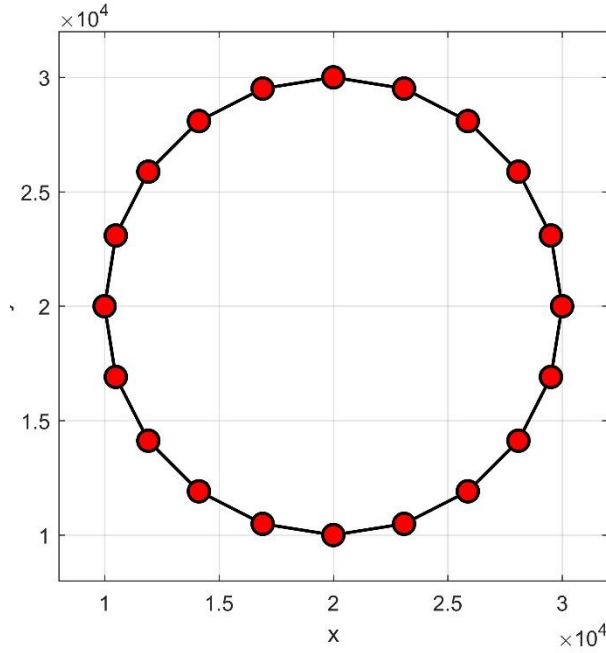


4. Deneysel Çalışmalar

GSP için ilk önce 20 şehirden oluşan (C20 problemi) bir simülasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Türkiye haritası üzerinde 81 il merkezinin olduğu en kısa mesafe ÇOA algoritması ile optimize edilmiştir. Sonuçlar KKA ve TAA ile kıyaslanmıştır.

4.1. Standart C20 Test Problemi Çözümü

Bu problemde 20 adet şehirden (düğüm) oluşan GSP çözülmeye çalışılmıştır. Bu şehirler birbirine dairesel olarak bağlanmıştır. C20 problemi için veri girişleri Özsağlam [31]'in çalışmasından alınmıştır. Şekil 2'de ÇOA'nın C20 problemine uygulanması sonucunda elde edilmiştir.



Şekil 2: ÇOA ile C20 problemi çözümü

ÇOA, KKA ve TAA yöntemleri aynı makinada, aynı parametreler ile 30 kez çalıştırılmış ve ortalama mesafe değerine göre aşağıdaki Tablo 1'deki sonuçlar verilmiştir.

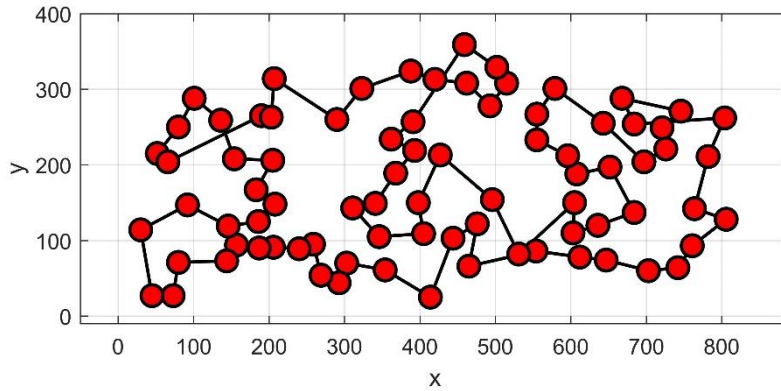
Tablo 1. C20 standart test problemi GSP çözümü ve hata analizi

Problem	Ortalama Yol Mesafesi (m)			Hata (RMSE)		
	ÇOA	KKA	TAA	ÇOA	KKA	TAA
C20	62574.56	62575.84	62574.98	1E-108	1E-25	1E-85

4.2. Türkiye 81 il merkezi GSP çözümü

Türkiye haritasında 81 il merkezinin konumları Özsağlam [31]'in çalışmasından alınarak Şekil 3'teki grafik ÇOA'nın GSP çözümü ile elde edilmiştir. Tüm algoritmalar aynı makinada, aynı parametreler ile 30 kez çalıştırılmış ve ortalama mesafe değerine göre Tablo 2 oluşturulmuştur.





Şekil 3: ÇOA ile Türkiye 81 il merkezi GSP çözümü

Tablo 2. Türkiye 81 il merkezi GSP çözümü ve hata analizi

Problem	Ortalama Yol Mesafesi (km)			Hata (RMSE)		
	ÇOA	KKA	TAA	ÇOA	KKA	TAA
Türkiye 81 İl Merkezi	4103.229	4164.122	4146.034	14.235	25.027	18.472

5. Sonuç

Bu çalışmada yeni bir optimizasyon yöntemi olan Çekirge Optimizasyon Algoritması (ÇOA) ile gezgin satıcı problemi (GSP) problemi çözülmüştür. Bunun için ilk olarak C20 standart test GSP problemi için ÇOA uygulanmış ve çözümler verilmiştir. Tablo 1'e göre algoritmalar her ne kadar birbirlerine yakın sonuçlar vermiş olsa da ÇOA algoritmasının sonuçlarının diğerlerine (KKA ve TAA) göre nispeten iyi olduğu görülmektedir. Tablo 2.'ye göre ÇOA, Türkiye GSP çözümü için diğerlerinden ortalama yol mesafesi ve hata (RMSE) değeri bakımından daha iyi bulduğu görülmektedir. ÇOA'nın GSP çözümü için uygulanabilir olduğu bu çalışmada gösterilmiştir.

6. Kaynakça

- [1] G. Reinelt, *The traveling salesman: computational solutions for TSP applications*. Springer-Verlag, 1994, p. 221.
- [2] Y. Marinakis, M. Marinaki, and G. Dounias, "Honey bees mating optimization algorithm for the Euclidean traveling salesman problem," *Information Sciences*, vol. 181, no. 20, pp. 4684-4698, 2011/10/15/ 2011.
- [3] C. Rego, D. Gamboa, F. Glover, and C. Osterman, "Traveling salesman problem heuristics: Leading methods, implementations and latest advances," *European Journal of Operational Research*, vol. 211, no. 3, pp. 427-441, 2011/06/16/ 2011.
- [4] M. Diaby, "The traveling salesman problem: A Linear programming formulation of," *CoRR*, vol. abs/cs/0609005, 01/01 2006.
- [5] C. Malandraki and R. B. Dial, "A restricted dynamic programming heuristic algorithm for the time dependent traveling salesman problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 90, no. 1, pp. 45-55, 1996/04/05/ 1996.
- [6] G. Laporte, "The traveling salesman problem: An overview of exact and approximate algorithms," *European Journal of Operational Research*, vol. 59, no. 2, pp. 231-247, 1992/06/10/ 1992.
- [7] E.L. Lawer, J.K. Lenstra, A.H.D. Rinnoy Kan, and D. B. Shmoys, "The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 37, no. 5, pp. 535-536, 1986/05/01 1986.
- [8] M. Dorigo and G. D. Caro, "Ant colony optimization: a new meta-heuristic," in *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation-CEC99 (Cat. No. 99TH8406)*, 1999, vol. 2, pp. 1470-1477 Vol. 2.
- [9] S. Kuzu, O. Önay, U. Şen, M. Tunçer, B. Yıldırım, and T. Keskinürk, "Gezgin Satıcı Problemlerinin Metasezgiseller ile Çözümü," *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, vol. 43, no. 1, pp. 1-27, 2014.
- [10] M. Zachariassen and M. Dam, "Tabu Search on the Geometric Traveling Salesman Problem," in *Meta-Heuristics: Theory and Applications*, I. H. Osman and J. P. Kelly, Eds. Boston, MA: Springer US, 1996, pp. 571-587.
- [11] P. Larrañaga, C. M. H. Kuijpers, R. H. Murga, I. Inza, and S. Dizdarevic, "Genetic Algorithms for the Travelling Salesman Problem: A Review of Representations and Operators," *Artificial Intelligence Review*, journal article vol. 13, no. 2, pp. 129-170, April 01 1999.
- [12] Y.-H. Liu, "Different initial solution generators in genetic algorithms for solving the probabilistic traveling salesman problem," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 216, no. 1, pp. 125-137, 2010/03/01/ 2010.
- [13] A. Hussain, Y. S. Muhammad, M. Nauman Sajid, I. Hussain, A. Mohamd Shoukry, and S. Gani, "Genetic Algorithm for Traveling Salesman Problem with Modified Cycle Crossover Operator," *Computational Intelligence and Neuroscience*, vol. 2017, p. 7, 2017, Art. no. 7430125.



- [14] S. Chatterjee, C. Carrera, and L. A. Lynch, "Genetic algorithms and traveling salesman problems," *European Journal of Operational Research*, vol. 93, no. 3, pp. 490-510, 1996/09/20/ 1996.
- [15] W. Jyh-Da and D. T. Lee, "A new approach to the traveling salesman problem using genetic algorithms with priority encoding," in *Proceedings of the 2004 Congress on Evolutionary Computation (IEEE Cat. No.04TH8753)*, 2004, vol. 2, pp. 1457-1464 Vol.2.
- [16] B. Li, L. Wang, and W. Song, "Ant Colony Optimization for the Traveling Salesman Problem Based on Ants with Memory," in *2008 Fourth International Conference on Natural Computation*, 2008, vol. 7, pp. 496-501.
- [17] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colonies for the travelling salesman problem," *Biosystems*, vol. 43, no. 2, pp. 73-81, 1997/07/01/ 1997.
- [18] E. Lizárraga, O. Castillo, and J. Soria, "A Method to Solve the Traveling Salesman Problem Using Ant Colony Optimization Variants with Ant Set Partitioning," in *Recent Advances on Hybrid Intelligent Systems*, O. Castillo, P. Melin, and J. Kacprzyk, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013, pp. 237-246.
- [19] S. Kefi, N. Rokbani, and A. M. Alimi, "Solving the Traveling Salesman Problem Using Ant Colony Metaheuristic, A Review," (Proceedings of the 16th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2016), Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 421-430.
- [20] W. Kang-Ping, H. Lan, Z. Chun-Guang, and P. Wei, "Particle swarm optimization for traveling salesman problem," in *Proceedings of the 2003 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (IEEE Cat. No.03EX693)*, 2003, vol. 3, pp. 1583-1585 Vol.3.
- [21] E. F. G. Goldberg, G. R. de Souza, and M. C. Goldberg, "Particle Swarm for the Traveling Salesman Problem," Berlin, Heidelberg, 2006, pp. 99-110: Springer Berlin Heidelberg.
- [22] X. H. Shi, Y. C. Liang, H. P. Lee, C. Lu, and Q. X. Wang, "Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP," *Information Processing Letters*, vol. 103, no. 5, pp. 169-176, 2007/08/31/ 2007.
- [23] D. Karaboga and B. Gorkemli, "A combinatorial Artificial Bee Colony algorithm for traveling salesman problem," in *2011 International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications*, 2011, pp. 50-53.
- [24] Z. Li, Z. Zhou, X. Sun, and D. Guo, "Comparative Study of Artificial Bee Colony Algorithms with Heuristic Swap Operators for Traveling Salesman Problem," Berlin, Heidelberg, 2013, pp. 224-233: Springer Berlin Heidelberg.
- [25] L. Li, Y. Cheng, L. Tan, and B. Niu, "A Discrete Artificial Bee Colony Algorithm for TSP Problem," Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 566-573: Springer Berlin Heidelberg.
- [26] L. Wu, F. Zoua, and D. Chen, "Discrete Teaching-learning-based optimization Algorithm for Traveling Salesman Problems," *MATEC Web Conf.*, vol. 128, p. 02022, 2017.
- [27] S. Saharan, J. S. Lather, and R. Radhakrishnan, "Combinatorial problem optimization using TLBO," in *2017 4th International Conference on Signal Processing, Computing and Control (ISPCC)*, 2017, pp. 559-563.
- [28] T. Yıldırım, C. B. Kalaycı, and Ö. Mutlu, "A novel metaheuristic for traveling salesman problem: blind mole-rat algorithm," *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg.* vol. 22, no. 1, pp. 64-70, 2016.
- [29] Y. Saji, M. E. Riffi, and B. Ahiod, "Discrete bat-inspired algorithm for travelling salesman problem," in *2014 Second World Conference on Complex Systems (WCCS)*, 2014, pp. 28-31.
- [30] S. Saremi, S. Mirjalili, and A. Lewis, "Grasshopper Optimisation Algorithm: Theory and application," *Advances in Engineering Software*, vol. 105, pp. 30-47, 2017/03/01/ 2017.
- [31] M. Y. Özsağlam, "Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritmasının Gezgin Satıcı Problemine Uygulanması ve Performansının İncelenmesi," Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2009.



BULANIK MANTIK TABANLI TEK BÖLGE Lİ YÜK FREKANS KONTROLÜ

Mehmet Karayel^{1*}, Emre Çelik², İbrahim Yücedağ³

1Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,

mkarayel@karatekin.edu.tr

2Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği,

emrecelik@duzce.edu.tr

3Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

yucedagi@gmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Bu çalışmada, tek bölge li enterkonnekte şebeke güç sisteminin yük-frekans kontrolü için klasik PI kontrol modeli ile bulanık mantık tabanlı (Fuzzy-PI) kontrol modeli karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan her iki model için aynı parametrelere ve çalışma koşullarına sahip türbin, jeneratör, yük ve güç sisteminden oluşan kapalı döngü bir modelleme oluşturulmuştur. Sisteme farklı zamanlarda ve farklı oranlarda yük değişimleri uygulanmıştır. Her iki modele uygulanan eş zamanlı yük değişimine bağlı olarak şebeke frekansında meydana gelen değişimleri, klasik PI ile önerilen Fuzzy-PI modelleri için yük-zaman ve frekans-zaman grafikleri per-unit (pu) olarak elde edilmiştir. Tüm modelleme ve simülasyon MATLAB / Simulink programı ile gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *PI Kontrol, Yük Frekans Kontrolü, Bulanık Mantık*

1. Giriş

Dünyada hızla artan nüfus ve sanayileşme süreci ile birlikte enerjiye olan talep de giderek artmaktadır. Ancak mevcut fosil enerji kaynaklarının giderek azalması, yenilenebilir enerji kaynaklarının sınırlı olması ve elektrik enerjisinin depolama problemleri gibi durumlar sebebiyle anlık tüketilen elektriğin karşılanması için üretilen elektriğin daha verimli elde edilmesi önemi ortaya çıkmıştır.

Yük frekans kontrolü (YFK), enerji sisteminin tasarımı ve/veya çalışması ile ilgili en önemli konulardan biridir. Birbirine bağlı bir güç sisteminde, jeneratörün herhangi bir zamanda çıktısının yük talebine uygun olması istenir. Pratik olarak, sistem frekansı sabit değildir ve yüklerle birlikte sürekli değişmektedir. Genel olarak, bu varyasyon küçüktür ve sistem kararlılığı üzerinde önemsiz bir etkiye sahiptir. Bununla birlikte, eğer mevcut toplam üretim yük talebini karşılayamazsa, frekans nominal seviyesinden düşecektir. Frekans düşmesi 1 Hz'yi aşarsa, güç sistemindeki türbin, Jeneratör gibi cihazların da hızları düşecektir. Bu, çıkış güç değerinin azalmasına neden olabilir. Ciddi frekans saptması tüm sistemin dengesinin bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle, bu durumu hafifletmek ve güç kalitesini sağlamak için, üretilen ve talep edilen güçteki gerekli değişiklikleri izleyen ve frekansın içindeki düşüşü tutan, yük frekans kontrolü şeması oluşturmak son derece önemlidir[1].

Enterkonnekte güç sistemlerinin dengeli bir şekilde çalışabilmesi için uluslararası antlaşmalar çerçevesinde önceden belirlenmiş frekans limitlerinin aşılması ve üretilen-tüketilen güç dengesinin sağlanması gerekmektedir [2]. Güç sistemlerinde etkin bir şekilde kullanılan YFK için üretilen gücün artırılması veya azaltılması işlemi, uygun şekilde tasarlanan kontrolörler tarafından denetlenen hız regülatörleri vasıtasıyla gerçekleştirilir [3].

Literatür araştırmalarında, şebeke güç sistemlerinin yük-frekans kontrolü ile ilgili normal ve kararsız durumlarda güç sisteminin daha iyi performans göstermesini sağlamak için kontrol yöntemleri sayılabilir. Bunlara örnek olarak, klasik kontrol [4], modern kontrol [5], sinir ağına dayalı akıllı kontrol [6,7], bulanık mantık [8], ANFIS [9] ve dayanıklı kontrol [10], vb. Bu çalışmaların yanı sıra yapısının basitliği ve parametreleri kolay bir şekilde ayarlanmasından dolayı PID kontrolörler sıkça tercih edilmektedir. YFK'de ikinci önemli konu ise kontrolör parametrelerinin seçimidir, YFK'nün optimum bir şekilde analiz edilmesi tasarımcı için zorlu görevlerden biridir, çünkü yanlış seçim yapmak kararsızlığa neden olabilir. Türev ve gradyanlardan yararlanan klasik optimizasyon teknikleri, objektif fonksiyon sürekli ve farklı olduğunda optimum bir çözüm sunar. Ancak, güç sisteminin karmaşık, doğrusal olmayan ve zamana göre değişen doğası nedeniyle, YFK'nün küresel olarak en uygun çözümünü bulmak ve güç sisteminde uygulamak zordur[11]. Sorunu azaltmak için araştırmacılar, en uygun LFC parametrelerini arama ile ilgili farklı akıllı optimizasyon teknikleri önermektedir. Bu teknikler, parçacık sürüsü optimizasyonunu [12], diferansiyel evrimi [13], genetik algoritma[14], diferansiyel arama algoritması[15], yapay arı kolonisi[16], tabu arama algoritması[17]. Bu çalışmada, Klasik PI kontrolü parametreleri belirlemek için ziegler-nichols yöntemi kullanılmıştır.



2. Yük Frekans Kontrolü

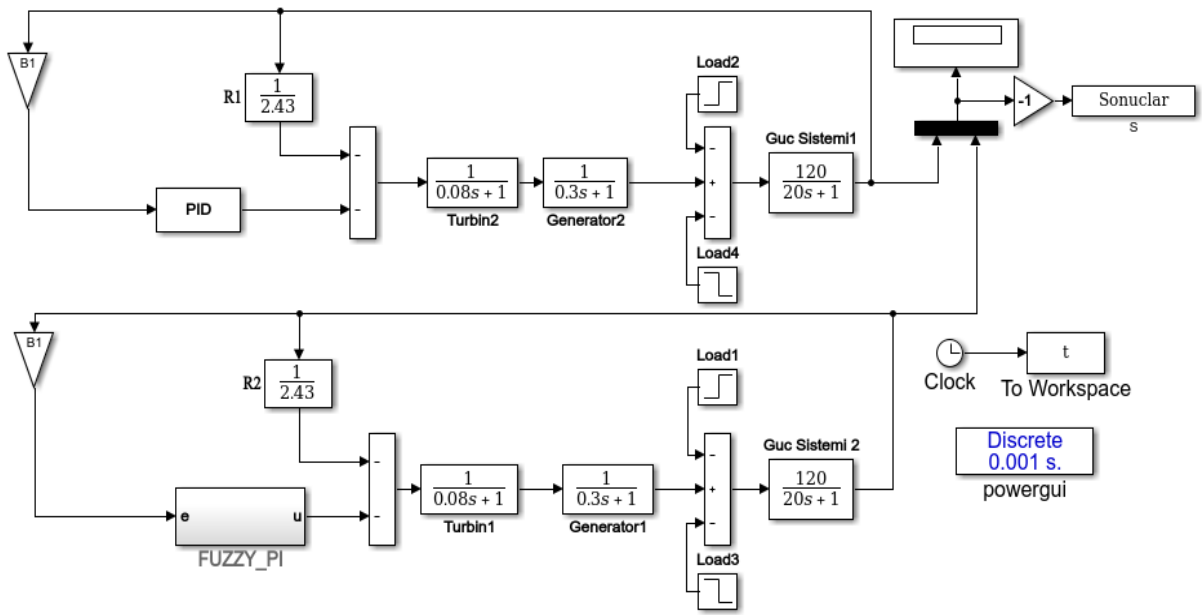
2.1. Güç Sistemi Modeli

Bir güç sisteminde üretim-tüketim dengesinde meydana gelen değişimlere karşı frekansın nominal değerinde kontrol edilmesi gerekir. Sistemin frekans ve yük dengesi kontrolü regülatörlere bağlı olduğundan YFK gerçekleştirilirken türbinleri ve jeneratörleri de içeren sistemin tümü hesaba katılmalıdır. Sistemdeki tüm devinimler küçük ölçekli olduğundan türbin-regülatör için frekans-güç ilişkisi lineer blok diyagram üzerinden incelenebilir [18]. Bu çalışmada şebeke güç sistemi modeli farklı bölümlerden meydana gelmektedir. Model; kontrolör, türbin, jeneratör, yük ve güç sistemleri olarak modellenmiştir. Kontrolör olarak klasik PI kontrolör ve önerilen bulanık (fuzzy) PI kontrolör kullanılmıştır. Modelleme işlemi yapılırken kullanılacak olan türbin ve jeneratörlerin transfer fonksiyonları Denklem (1) ve Denklem (2) de gösterilmektedir.

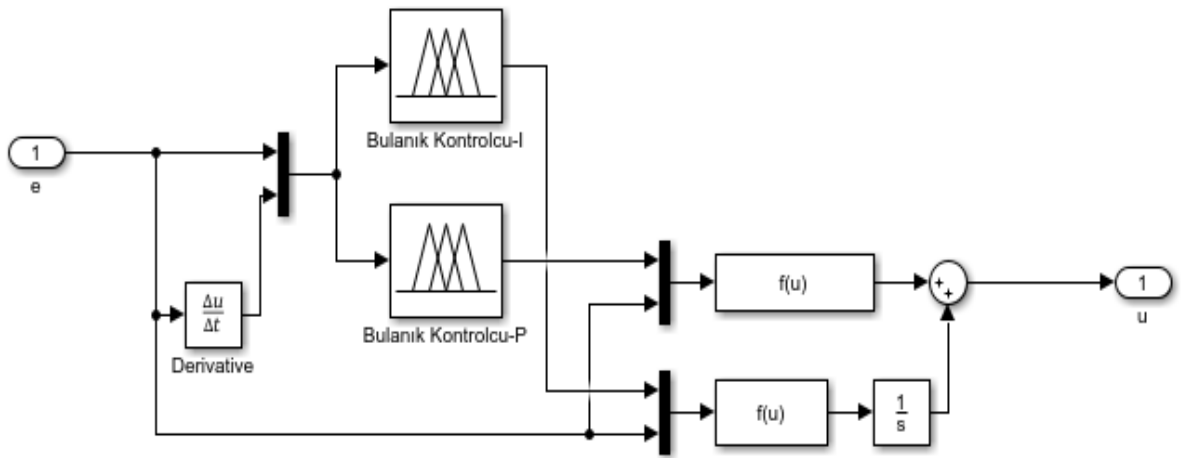
$$G_G(S) = 1/(T_G(S)+1) \quad (1)$$

$$G_T(S) = 1/(T_G(S)+1) \quad (2)$$

Şekil 1’de MATLAB/Simulink ortamında oluşturulmuş modelleme görülmektedir. Şekil 2’de ise Bulanık kontrol modelinde bulunan FUZZY_PI blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 1: MATLAB/SIMULINK ortamında modellenen Tek Bölge Güç sisteminin Yük Frekans Kontrolü blok diyagramı.



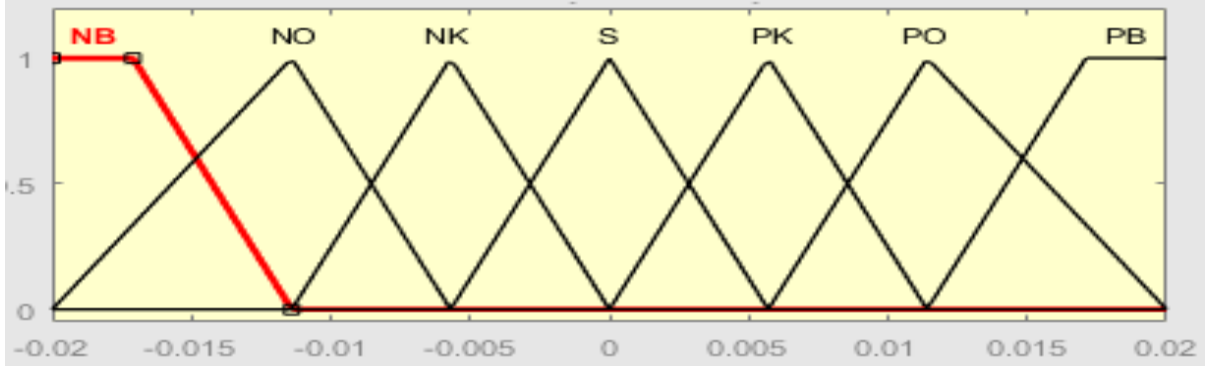
Şekil 2: FUZZY PI blok diyagramı.



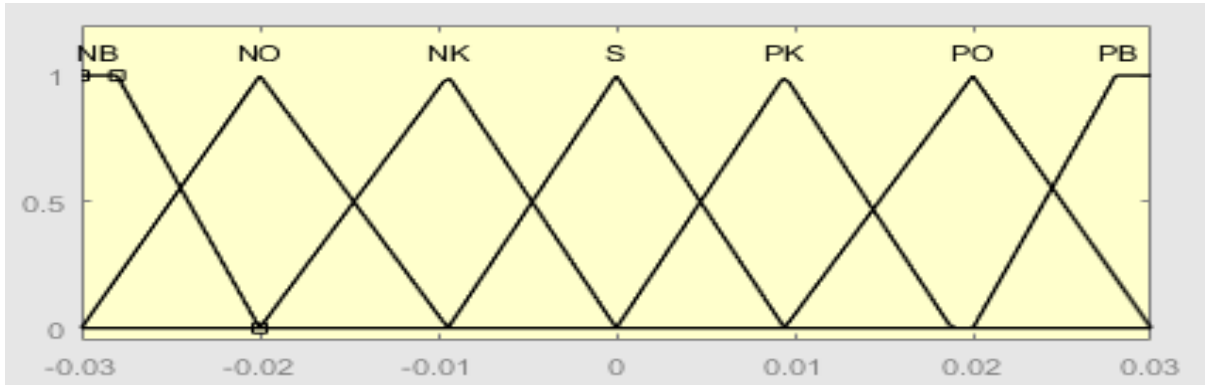
2.2. Bulanık Mantık Kontrol

Temeli insanın herhangi bir sistemi denetlemedeki düşünce ve sezgilerine bağlı davranışının, benzetimine dayanmaktadır. Dolayısıyla bir insan bir sistemin bulunduğu gerçek durumdan, istenilen duruma götürmek için sezgilerine ve deneyimlerine bağlı olarak bir denetim stratejisi uygulayarak amaca ulaşmaktadır. İşte bulanık denetim bu tür mantık ilişkileri üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık için matematiğin gerçek dünyaya uygulanması denebilir[19-22].

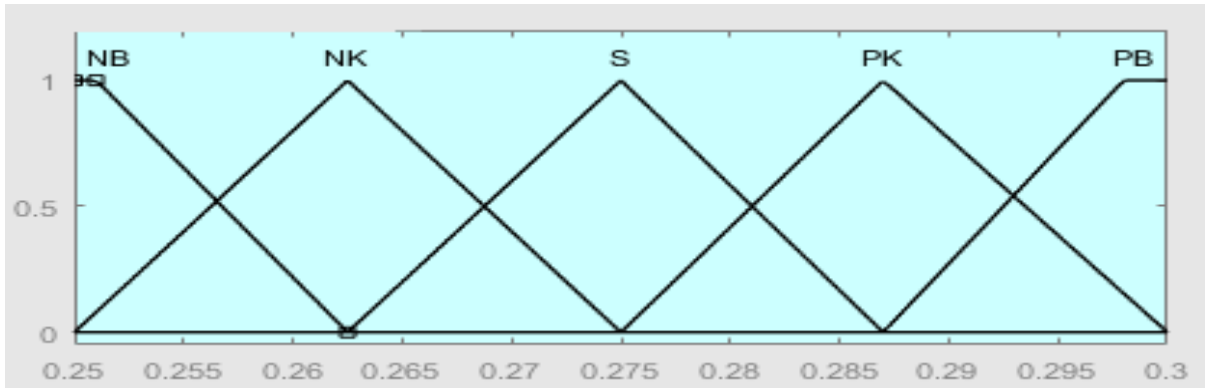
Bu çalışmada, Yük Frekans Kontrolünün bulanık mantık tabanlı gerçekleştirilmesinde giriş sinyali olarak hata ve hatanın değişimi değerlerinin bulandırılacağı bulanık üyelik fonksiyonları Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 3: Hatanın üyelik fonksiyonu.



Şekil 4: Hatanın değişimi üyelik fonksiyonu.



Şekil 5: Çıkış üyelik fonksiyonu.

Üyelik fonksiyonları oluşturulurken üçgen ve yamuk fonksiyonları kullanılmıştır. Oluşturulan bulanık üyelik fonksiyonlarında üçgen ve yamuk fonksiyonlar yedi farklı sembolik değerle gösterilmiştir. Bunlar NB (Negatif Büyük), NO (Negatif Orta), NK (Negatif Küçük), S (Sıfır), PK (Pozitif Küçük), PO (Pozitif Orta), PB (Pozitif Büyük) dir.

Bulanık üyelik fonksiyonlarında bulandırılan hata ve hatanın değişimi verilerinin tanımlanan kurallara bağlı olarak Şekil 5’deki beş değişken durumlu çıkış üyelik fonksiyonundan uygun kontrol çıkışı elde edilmiştir. Çıkış üyelik fonksiyonu için oluşturulan kural tablosu Tablo 1’de verilmiştir.

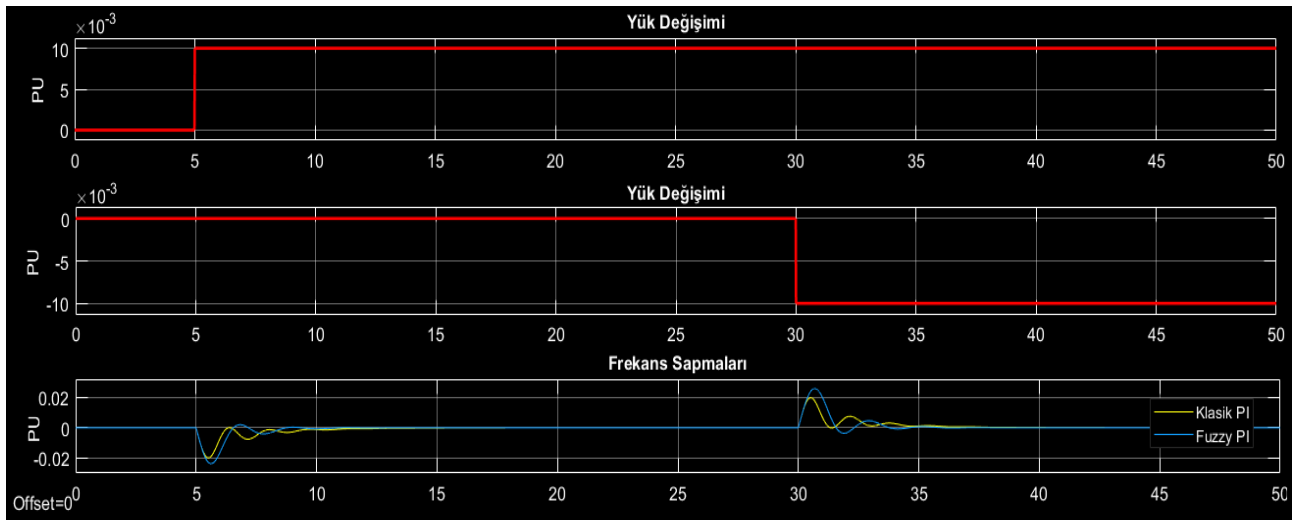


Tablo 1: Kural Tablosu

e/de	NB	NO	NK	S	PK	PO	PB
NB	NB	NB	NK	NK	NK	NK	S
NO	NB	NB	NK	NK	NK	S	S
NK	NK	NK	NK	NK	S	NK	PB
S	NK	NK	NK	S	PK	PB	PB
PK	NK	NK	S	PK	PK	PB	PB
PO	NK	S	NK	PK	PK	PB	PB
PB	S	PK	PK	PB	PB	PB	PB

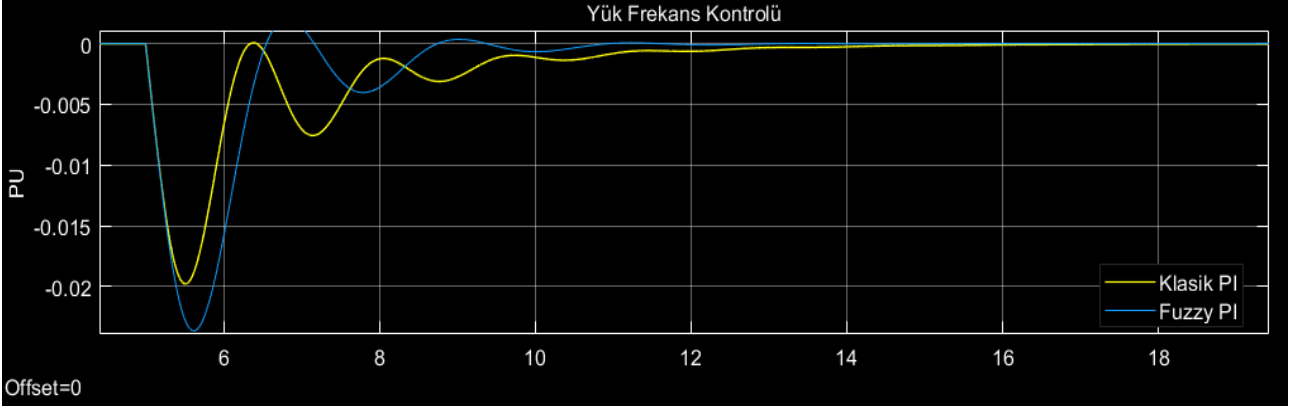
3. Simülasyon Sonuçları

Bütün simülasyon süresi boyunca, her iki sisteme eş talep edilen gücün per-unit değerinde değişik oranlarda artma ve azalmalar gerçekleştirilmiştir. Bu değişiklikler karşısında klasik PI ile önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrolör'ler sistemin frekansının dengede kalması sağlanmıştır. Her iki kontrol sistemine ait yük değişim grafikleri ve kontrol sistemlerinin frekans sapmaları Şekil 6'da gösterilmektedir.

**Şekil 6: Yük değişimi ve Frekans Sapmaları.**

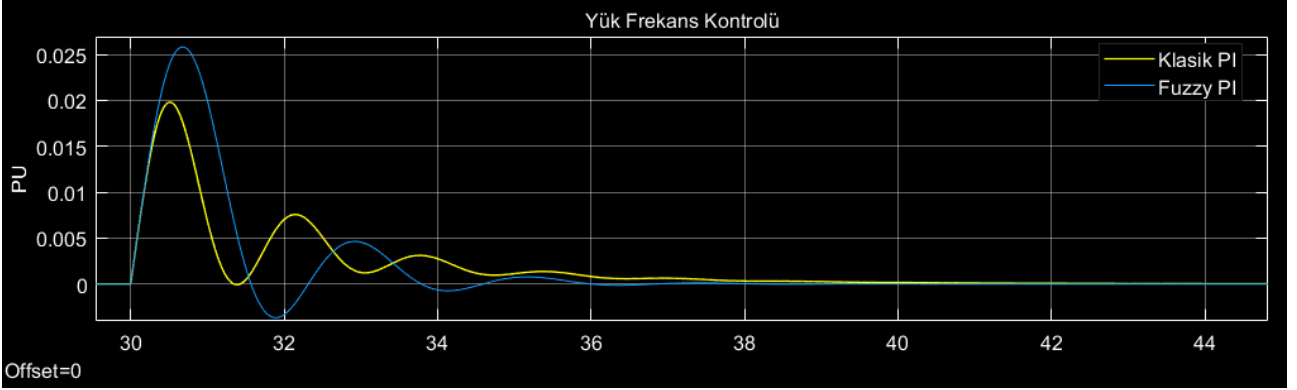
Sisteme $t= 5s$ anında 0.01 pu yük değişimi uygulandığında Sistemlerin Şekil 7'de büyütülmüş hali gösterilen Frekans sapma değerlerinin, Maksimum salınım değeri önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrol sistemi için 0.0198 pu iken klasik PI kontrol sisteminde 0.0229 pu olarak ölçülmüştür. Ayrıca önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrol sistemi için frekans salınımının $t= 11s$ anında tam olarak bastırılırken, klasik PI kontrol sistemi için bu değer $t= 16s$ 'dir.





Şekil 7: 0.01 pu'lik Yük değişimi için Frekans Sapmaları.

Sisteme $t = 30$ s anında -0.01 pu yük değişimi uygulandığında Sistemlerin Şekil 8'de büyütülmüş hali gösterilen Frekans sapma değerlerinin, Maksimum salınım değeri önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrol sistemi için 0.0197 pu iken klasik PI kontrol sisteminde 0.0279 pu olarak ölçülmüştür. Ayrıca önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrol sistemi için frekans salınımlarının $t = 36$ s anında tam olarak bastırılırken, klasik PI kontrol sistemi için bu değer $t = 42$ s'dir.



Şekil 8: -0.01 pu'lik Yük değişimi için Frekans Sapmaları.

4. Sonuç

Bu çalışmada, tek bölgesel enterkonnekte şebeke güç sisteminin yük-frekans kontrolü için klasik PI kontrol modeli ile bulanık mantık tabanlı (Fuzzy-PI) kontrol modeli karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan her iki model için aynı parametrelere ve çalışma koşullarına sahip türbin, jeneratör, yük ve güç sisteminden oluşan kapalı döngü bir modelleme oluşturulmuştur. Sisteme farklı zamanlarda ve farklı oranlarda yük değişimleri uygulanmıştır. Her iki modele uygulanan eş zamanlı yük değişimine bağlı olarak şebeke frekansında meydana gelen değişimleri, klasik PI ile önerilen Fuzzy-PI modelleri için yük-zaman ve frekans-zaman grafikleri per-unit (pu) olarak elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları incelendiğinde önerilen Bulanık (Fuzzy) PI kontrolör klasik PI kontrolöre göre frekans sapma etkisini daha kısa sürede söndürdüğü, ancak frekans salınımlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Hassan, M.F., Abouelsoud, A.A., Soliman, H.M. "Constrained load frequency control." *Electr. Power Compon. Syst.*, 36(3), 266–279, 2008.
- [2] Yalçın, E., Çam, E., Vardar, T., Tüy, M., "PID Kontrolör ile İki Bölge Güç Sistemlerinde Yük Frekans Kontrolünün İncelenmesi.", *Int. J. of Engineering Research and Development*, 5(2), 2013.
- [3] Padhan, D.G., Majhi, S., "A New Control Scheme for PID Load Frequency Controller of Single-Area and Multi-Area Power Systems," *ISA Transactions*, 52, 242-251, 2013.
- [4] Sahu, R.K., Panda, S., Sekher, G.T.C., "A novel hybrid PSO-PS optimized fuzzy PI controller for AGC in multi area interconnected power system." *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 64, 880–893, 2015.
- [5] Shoultz, R.R., Jativa Ibarra, J.A., "Multi area adaptive LFC developed for a comprehensive AGC simulation.", *IEEE Trans. Power Syst.* 8(2), 541–547, 1993.
- [6] Demirören, A., Zeynelgil, H.L., Sengor, N.S., "The application of NN technique to automatic generation control for the power system with three areas including SMES units." *Eur. Trans. Electr. Power* 13(4), 227–238, 2003.



- [7] Demiroren, A., “Automatic generation control using ANN technique for multi-area power system with SMES units.”, *Electr Power Compon. Syst.* 32(2), 193–213, 2004.
- [8] Çam, E., Kocaarslan, İ., “A fuzzy gain scheduling PI controller application for an interconnected electrical power system.”, *Electric Power Systems Research*, vol. 73(3). 267- 274, 2005.
- [9] Khuntia, S.R., Panda, S. “Simulation study for automatic generation control of a multi-area power system by ANFIS approach.”, *Appl. Soft Comput.* 12(1), 333–341, 2012.
- [10] Tan, W., Xu, Z., “Robust analysis and design of load frequency controller for power systems,” *Elect. Power Syst. Res.*, 79(5), 846–853, 2009.
- [11] Guha, D., Roy, P.K., Banerjee, S., “Symbiotic organism search algorithm applied to load frequency control of multi-area power system”, *Energy Syst* 9:439–468, 2018.
- [12] Shayeghi, H., Jalili, A., Shayanfar, H.A. “Multi-agent fuzzy load frequency control using PSO.”, *Energy Convers. Manag.* 49(10), 2570–2580, 2008.
- [13] Konar, G., Mandal, K.K., Chakraborty, N., “Two Area Load Frequency Control of Hybrid Power System Using Genetic Algorithm and Differential Evolution Tuned PID Controller in Deregulated Environment.” *Trans. Eng. Technol. Springer* 263–278, 2014.
- [14] Panda, S., Yegireddy, N.K., “Automatic generation control of multi-area power system using multi- objective non-dominated sorting genetic algorithm-II.”, *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 53, 54–63, 2013.
- [15] Guha, D., Roy, P.K., Banerjee, S., “Study of differential search algorithm based automatic generation control of an interconnected thermal-thermal system with governor dead-band.”, *Appl. Soft Comput.* 52, 160–175, 2017.
- [16] Naidu, K., Mokhlis, H., Bakar, A.H.A., “Multi-objective optimization using weighted sum artificial bee colony algorithm for load frequency control.”, *Int. J. Electr. Power Energy Syst.* 55, 657–667, 2014.
- [17] Pothiya, S., Ngamroo, I., “Optimal fuzzy logic based PID controller for load frequency control including superconducting magnetic energy storage units.”, *Energy Convers. Manag.* 49, 2833–2838, 2008.
- [18] P. Kundur, “Power system stability and control,” McGraw- Hill, 1994.
- [19] Bayrakdar, M. E., Bayrakdar, S., Yücedağ, İ., Çalhan, A. “Bilişsel radyo kullanıcıları için bulanık mantık yardımıyla kanal kullanım olasılığı hesabında farklı bir yaklaşım.”, *Düzce üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi*, 3(1), 88-99 2015.
- [20] Bültekin, B., Biroğul, S., Yücedağ, İ., “İşe alım süreci aday ön tespitinde bulanık mantık tabanlı SQL sorgulama yönteminin incelenmesi.”, *Düzce üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi*, 3(1), 198-209, 2015.
- [21] Biçen, Ş. Ş., Çalhan, A., Yücedağ, İ., “Kablosuz heterojen algılayıcı ağlarda bulanık mantık tabanlı ağ geçidi seçimi.”, *Düzce üniversitesi bilim ve teknoloji dergisi*, 4(2), 655-660, 2016.
- [22] Güler, O., Yücedağ, İ., “Fuzzy Logic Based Approach to Site Selection Problem of Vocational Secondary School Students”, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H.U. Journal of Education)*, 32(1): 111-122, 2017.



GENETİK ALGORİTMA TABANLI İKİ NOKTA ARASINDA EN KISA YOL BULMA

Mehmet Karayel^{1*}, Emre Çelik², İbrahim Yücedağ³

1Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü,

mkarayel@karatekin.edu.tr

2Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği,

emrecelik@duzce.edu.tr

3Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

yucedagi@gmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

En kısa yol problemlerinin çözümü ile ilgili birçok araştırma yapılmakta ve farklı algoritmalar kullanılarak elde edilen çözümler farklı alanlarda uygulanmaktadır. Bu çalışma, Türkiye haritasından bir bölge referans alınmış gerçek bir yol haritası üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yol haritası üzerinde bulunan kavşaklar üzerine numaralandırılmış 47 nokta arasında seçilen iki nokta arasında en uygun rotayı genetik algoritma kullanılarak belirlemektedir. En uygun rota belirlemede uygunluk kriteri hem mesafe hem de zaman olarak seçilebilmektedir. Günümüzde karayolları ulaşım problemlerinden en önemlisi trafik yoğunluğudur. Trafik yoğunluğu; çevre kirliliği, gürültü kirliliği, yakıt maliyetinin artması, zaman kaybı ve insan sağlığına hem psikolojik hem de fizyolojik zararları gibi birçok olumsuz etkileri bulunmaktadır. Çalışmada, harita üzerinde başlangıç ve bitiş noktası seçilmiş en kısa rotayı, hem en kısa mesafe olarak hem de en kısa süre olarak belirlenmektedir. Çalışmada trafik yoğunluğu veya trafik kazası gibi durumlara bağlı gecikmeleri simüle etmek amacıyla yollar üzerine butonlar yerleştirilerek, yol üzerinde harcanan süreyi artırıp azaltılabilmektedir. Çalışmanın gerçekleştirilmesi ve deneysel sonuçların gözlemlenmesi için Visual Studio programı ile C# tabanlı bir arayüz tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rota Belirleme, Genetik Algoritma, En Kısa Yol, Navigasyon

1. Giriş

Yerleşim yerleri arasındaki ulaşım ağının gelişmesi, bir yerleşim yerinden diğerine gidilebilecek yol alternatiflerini artırmıştır. Bir noktadan diğer bir noktaya giderken ya da değişik noktalar arasında taşımacılık gibi bir faaliyette bulunurken hedeflenen şey sadece varılacak noktaya herhangi bir şekilde ulaşmak olmaktan çıkmış ve en kısa yoldan, en kısa zamanda, en az maliyetle nasıl gidileceği olmuştur. Noktalar arasındaki mesafe, zaman ve maliyet önem kazanmıştır. Yerleşim yerleri arasındaki ulaşım ağının genişliği, bu noktalar arasındaki ulaşımın takip edilecek rotanın belirlenmesi gibi birtakım problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur[1]. Rota belirleme problemi bir diğer ifade ile en uygun yol problemi; yol bilimleri uygulaması, ulaşım, iletişim kanallarında yönlendirme ve zamanlama problemleri gibi çeşitli bilim ve mühendislik alanlarında ortaya çıkan en temel ve en iyi bilinen problemlerinden biridir. Bu problemin çözümü; yol tıkanıklığı sorunları, çevresel kaygılar, maliyet, trafik güvenliği vb. gibi çok kriterli objektif fonksiyonlar ve çeşitli kısıtlamalar nedeniyle karmaşıktır[2,3]. Geleneksel en kısa yol probleminde, Uygun çözümün belirlenmesinde farklı noktalar arasındaki parametrelerin (mesafe, zaman, maliyet vb.) belirli olduğu varsayılır. Ancak gerçek hayatta, farklı noktalar arasındaki parametreler hakkında her zaman belirsizlik vardır. Bu amaçla, bulanık küme, sezgisel bulanık kümeler, belirsiz kümeler dahil olmak üzere farklı girdi verileri altında en kısa yolu bulmak için birçok algoritma geliştirilmiştir[3-8].

Bu çalışmada, bir yerleşim yerine ait yol haritasında kavşaklara yerleştirilmiş noktalar arasında her hangi seçilen nokta arasında en uygun rota bulma problemini genetik algoritma tabanlı çözümü incelenmiştir. Problemin çözümü için geliştirilen arayüz ile en uygun rotanın belirlenmesi mesafe ve zaman parametrelerine olarak gerçekleştirilmiştir.

En kısa yol problemi ve rota belirleme problemi çözümü ve modellenmesi ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Bellman [9], Dijkstra [10], Dreyfus [11] bu alanda etkili algoritmalar geliştirilmiştir. Gen ve Lin [12] çalışmalarında, en kısa yol problemi çözümü ile ilgili rastgele anahtar tabanlı şifreleme ile yeni yol üretme kullanan bir genetik algoritma yaklaşımı önermiştir. Liu ve Wang [13] çalışmalarında, sinirsel ağların gelişiminde kullanılan en kısa yol problemi için bir algoritma önerilmiştir. Heidari ve Delavar[14] tarafından yapılan çalışmada, belirsiz ağlarda bulanık en kısa yolu bulmak için değiştirilmiş genetik algoritma önerilmiştir. Wook ve Ramakrishna [15] bu problemin çözümü için genetik algoritma önermiştir. Wook'a göre popülasyon sayısının fazla olması iyidir fakat; bununla birlikte arama zamanı artmaktadır. Popülasyon sayısı az olunca ise etkili bir çözüm bulunamamaktadır. Bundan dolayı Wook'un algoritmasında başlangıç popülasyonunu oluşturmak için rastgele başlama yöntemi kullanılmıştır. Çaprazlama yaparken kromozomların belirlenmesinde turnuva seçimi yöntemi kullanılmıştır. Turnuva seçiminde rastgele seçilen iki bireyden uygunluk derecesi yüksek olan bir sonraki popülasyona aktarılmaktadır. Bu işlem popülasyondaki kromozom sayısı kadar tekrarlanmaktadır. Fakat; seçim işleminde elitizm uygulanmadığından en iyi bireyin bir sonraki jenerasyonda olmama ihtimali de bulunmaktadır. Farklı iki kromozom arasında mutasyon işlemi de yapılmıştır. Fakat kromozomların yapısı ve



büyüklüğü farklı olabileceğinden yanlış rota çıkmaması için düzeltme fonksiyonu eklenmiştir. Bu durum işlem zamanını artırmaktadır[16].

2. Genetik Algoritma

Genetik algoritma(GA)'lar, 1970'li yıllarda John Holland tarafından geliştirilmiş, biyolojik süreci modelleyerek fonksiyonları optimize eden evrim popülasyon tabanlı algoritmalarıdır. GA parametreleri, biyolojideki genleri temsil ederken, parametrelerin toplum kümesi de kromozomu oluşturmaktadır. GA'ların her bir ferdi kromozomlar (bireyler) şeklinde temsil edilen popülasyonlardan oluşur. Popülasyonun uygunluğu, belirli kurallar dâhilinde maksimize veya minimize edilir. Her yeni nesil, rasgele bilgi değişimi ile oluşturulan diziler içinde hayatta kalanların birleştirilmesi ile elde edilmektedir [17]. Temel olarak, bir fonksiyonun global minimum yada maksimum değerlerine en yakın sonuçlar bulma yöntemidir. Evrimsel süreçlerin kullanılarak, rastgele seçilen ebeveyn bireylerden yeni nesiller meydana gelmesi ve bu yeni nesillerin en iyilerinin ebeveyn olarak kalıp en kötülerinin elenmesi esasına dayanır. Yeni nesil oluşturma sürecinin tekrarlanması, belirli bir eşik değeri miktarınca ya da bir koşula bağlı olarak gerçekleştirilir[18].

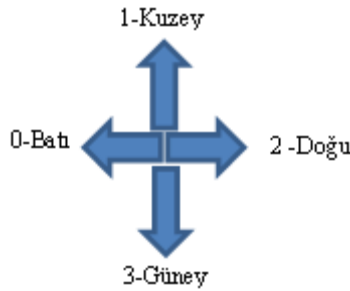
2.1. GA Parametreleri

Evrimsel popülasyon tabanlı algoritma topluluğunda bulunan, Problemin çözümüne bağlı olarak bir çok Genetik Algoritma tanımı ve parametreleri olmasına rağmen, Genetik Algoritma temeli olduğu kabul edilen parametreler şöyle sıralanabilir;

2.1.1. Gen

Gen, genetik biliminde organizmanın bireysel özelliklerine ilişkin yönergeleri içeren DNA dizilimleri anlamına gelirken, genetik algoritmada ise problemin olası çözümün temelini oluşturan birey içindeki en anlamlı bilgidir. Bir problemin çözümünde GA'lar kullanılacaksa en uygun çözümün bulunabilmesi için genlerin nasıl oluşturulacağına doğal olarak bireylerin kodlama yapısına karar vermektir. Kodlama yapısı, problemin yapısı ve özelliğine bağlı farklılık gösterirken, olası çözümün başarısına doğrudan etki etmektedir.

Bu çalışmada, Her gen yönleri temsil etmesi amacıyla 0 ile 3 arasında rasgele belirtilmiştir. Şekil 1'de yön dağılımı verilmektedir. Genlerin yönlerle temsil edilmesindeki amaç noktalar arasındaki hareketin mevcut yollarla sınırlı olması, dolayısıyla bir noktadan diğer tüm noktalara direkt ulaşılabilmesidir. Her bir birey 50 gen'den oluşmaktadır.



Şekil 1: Genlerin yön dağılımları.

2.1.2. Kromozom (Birey)

Kromozom, bir dizi genin bir araya gelmesi ile oluşan ve problemin olası çözümleri temsil eden yapıya denir. Bu çalışmada her bir birey 0-3 arası rasgele belirlenmiş 50 gen'den meydana gelmektedir. Örnek olarak Şekil 2'de beş bireyli topluluğa ait birey-gen dizilimi verilmektedir.

Popülasyon	
Birey	Genler
1	031323312210331322230010203200100101333021132110211221001102
2	01121131333222122210323332131332210003211313123032233021222
3	300331012122302310113132103122221311313011220332120200210123
4	133320102103010231210033201003023022223013002013002330213312
5	213211302230120133012133102311231110323111021121011320302300

Şekil 2: Beş bireyli topluluğa ait birey-gen dizilimi.



Bireyler meydana geldikten sonra başlangıç noktasından başlayarak her bir gen değerine yani, yön dağılımlarına bağlı olarak sonraki noktalar belirlenmektedir. Bu şekilde ilk rota oluşturulmaktadır. Noktalar arasında rota belirlenirken mevcut yollar kullanılabilceği için Tablo 1'deki gösterilen Noktalar arasındaki komşuluk ilişkisi oluşturulmuştur.

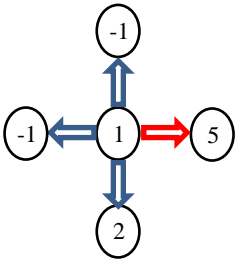
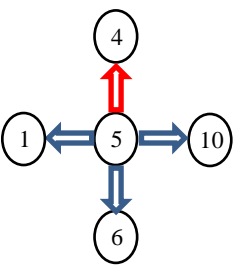
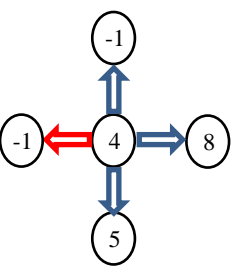
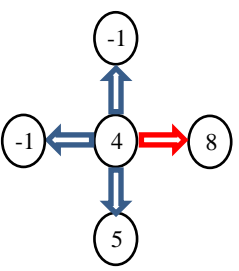
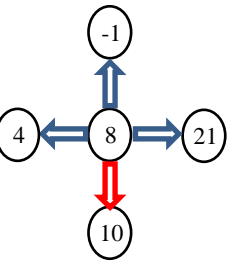
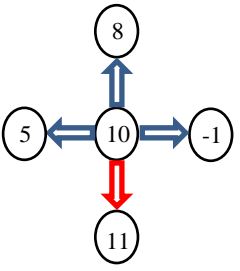
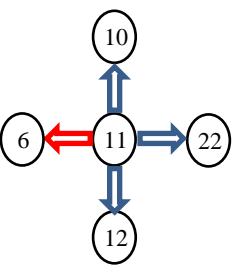
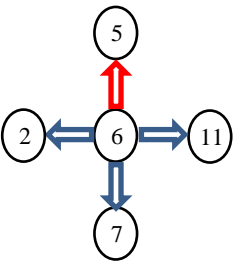
Tablo 1 incelendiğinde, her bir noktanın Batı-0, Kuzey-1, Doğu-2, Güney-3 yönlerine bağlı olarak hangi noktalara hareket edebileceği gösterilmektedir. Tablo 1'de verilen "-1" değeri ilgili noktanın ilgili yönünde herhangi bir komşu bulunmadığını belirtmektedir. Örnek olarak, gen dizilimi:2 1 0 2 0 3 3 0 1 ve başlangıç noktası "1" olan bir bireye ait rota oluşturma aşaması Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2.a'da başlangıç noktasından başlayarak birinci gen değeri=2 ve Tablo 1'deki komşuluk ilişkisi kullanılarak bir sonraki nokta "5" olarak belirlenir. İkinci aşamada Tablo 2.b'de, en son belirlenen nokta "5" ile ikinci gen değeri=1 kullanılarak bir sonraki nokta "4" olarak belirlenir. Üçüncü aşamada Tablo 2.c'de, en son belirlenen nokta "4" ile üçüncü gen değeri=0 kullanılarak bir sonraki noktada her hangi bir nokta bulunmadığı için bir sonraki nokta yine "4" olarak belirlenir. Bu işlem süreci Tablo 2.d – Tablo 2.h arasındaki gibi devam eder. Sonuç olarak gen dizilimi:2 1 0 2 0 3 3 0 1 Bireyin rotası 1 – 5 – 4 – 8 – 10 – 11 – 6 – 5 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Noktalar arasındaki komşuluk ilişkisi.

Noktalar	Yönler				Noktalar	Yönler			
	Batı-0	Kuzey-1	Doğu-2	Güney-3		Batı-0	Kuzey-1	Doğu-2	Güney-3
1	-1	-1	5	2	26	20	25	32	27
2	-1	1	6	3	27	-1	26	33	28
3	-1	2	7	-1	28	17	27	33	29
4	-1	-1	8	5	29	18	28	34	-1
5	1	4	10	6	30	23	-1	35	31
6	2	5	11	7	31	25	30	36	32
7	3	6	12	-1	32	26	31	37	33
8	4	-1	21	10	33	28	32	46	34
9	-1	-1	-1	-1	34	29	33	47	-1
10	5	8	-1	11	35	30	-1	38	36
11	6	10	22	12	36	31	35	39	37
12	7	11	15	13	37	32	36	40	46
13	-1	12	16	14	38	35	-1	42	39
14	-1	13	18	-1	39	36	38	43	40
15	12	-1	19	16	40	37	39	44	41
16	13	15	17	-1	41	47	40	45	-1
17	16	20	28	18	42	38	-1	-1	43
18	14	17	29	-1	43	39	42	-1	44
19	15	22	20	-1	44	40	43	-1	45
20	19	24	26	17	45	41	44	-1	-1
21	8	-1	23	22	46	33	37	-1	47
22	11	21	24	-1	47	34	46	41	-1
23	21	-1	30	24					
24	22	23	25	20					
25	24	-1	31	26					



Tablo 2: Bireye ait rota oluşturma aşaması.

Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1
			
(a)	(b)	(c)	(d)
Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1	Birey: 2 1 0 2 0 3 3 0 1
			
(e)	(f)	(g)	(h)

2.1.3. Popülasyon (Topluluk)

Topluluk (popülasyon), kromozomlardan (bireylerden) oluşan olası çözüm kümesidir. GA ile Problemin çözümü için topluluk büyüklüğünün belirlenmesi önemli hususlardan biridir. Çünkü topluluk büyüklüğü aşırı yüksek seçilirse gelişim arama süresi artarken, aşırı küçük seçilirse ise araştırma uzayı yetersiz olabilir ve dolayısıyla çözüm olmayabilir. Bu çalışmada, en uygun topluluk büyüklüğü 150 birey olarak seçilmiştir.

2.1.4. Uygunluk Fonksiyonu

Topluluk içindeki tüm bireylere ait rotalar oluşturulduktan sonra denklem (1) kullanılarak noktalar arası mesafe hesaplanır ve mesafelerin tamamı toplanarak rotaya ait toplam mesafe hesaplanır.

$$Mesafe = \sqrt{(X1 - x2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (1)$$

Burada X1 birinci noktanın x koordinatı, X2 ikinci noktanın x koordinatı, Y1 birinci noktanın y koordinatı ve Y2 ikinci noktanın y koordinatı'dır.

Bu çalışmada, uygunluk kriteri hem mesafe hem de süre olarak belirlenebilmektedir. İki nokta arasındaki en kısa yol bulma çözümü ister süreye bakmaksızın mesafeye göre belirlenir, ister se iki nokta arasındaki en kısa süreye göre belirlenir. Uygunluk kriteri süre olarak belirlenmiş ise, süre denklem (2)'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$Sure = YolSure * \sqrt{(X1 - x2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (2)$$

Denklem (2)'deki YolSure değeri, yollardaki trafik yoğunluğunu simüle etmek amacıyla, eklenen butonların sayısal değeridir. Yol üzerine eklenmiş olan butonlara sayısal değerleri bir dizi içerisinde saklanmakta ve her basıldığında sayısal değeri bir artmaktadır. Günümüzde kullanılan navigasyon uygulamalarında yoğunluk 5 seviyede olarak ifade edilmektedir. Bunlar; 1: Yollar boş, 2: Trafik akıcı, 3: Trafik yoğun, 4: Trafik çok yoğun, 5: Trafik kilitlendi. Bu nedenle butonların değeri 1 ile 5 arasında değişmekte ve her bir değerinde butonların arka planları navigasyon uygulamalarındaki yoğunluk seviyesini gösteren sırayla: Gri, Yeşil, Turuncu, Kırmızı ve Bordo renkleri olmaktadır. Şekil 3'de Bir topluluğa ait belirlenen rota örneği gösterilmektedir.



Mesafe	İzlenecek Rota
6233	4-8-4-5-6-11-10-5-4-8-4-5-4-5-10-11-10-5-4-8-10-5-1-5-4-8-4-8-4-8-21-22-21-22-11-
6416	4-5-1-5-10-11-12-15-19-22-11-10-11-10-8-21-22-21-8-21-8-4-5-4-5-1-5-1-5-6-5-10-5-
3361	4-8-21-23-30-35-30-23-21-23-24-23-24-23-30-23-30-35-38-39-43-42-43-42-38-42-3-
7389	4-8-10-8-10-11-22-11-22-11-22-24-25-24-20-24-23-24-22-21-22-11-12-13-12-7-12-

Şekil 3: Bir topluluğa ait belirlenen rota örneği.

2.1.5. Çaprazlama

Elit birey seçiminde ikili turnuva seleksiyonu kullanılmıştır. İkili turnuva seçiminde topluluk içinden rastgele iki birey’li iki grup seçilir. Her iki grubun içinden ayrı ayrı iyi olan bireyler alınır ve çaprazlanarak yeni topluluğa aktarılır. Çaprazlama işlemi yapılırken rastgele bir lopus(gen’in bulunduğu yer) seçilir ve iki kromozom o lopustan değiştirilir. Örneğin, 50 genli bireylere sahip bir topluluktan ikili turnuva işleminden sonra iyi olan birey 4 ve 9 nolu bireyler olsun. Rasgele lopus seçimi sonucu da 16 olsun. Şekil 4’de gösterildiği gibi 9 nolu bireyin ilk 16 geni ile 4 nolu bireyin son 34 geni kullanılarak yeni bir nesil ve 4 nolu bireyin ilk 16 geni ile 9 nolu bireyin son 34 geni kullanılarak ikinci yeni bir nesil oluşturulmaktadır.

9 nolu Birey:	0 3 3 1 2 3 0 0 2 3 1 1 0 3 2 3 3 0 0 2 0 3 3 1 2 3 0 0 2 3 1 1 0 3 2 3 3 0 0 2 0 3 3 1 2 3 0 0
4 nolu Birey:	1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 2 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 2 2 3 0 1 0 2 3 0 1 1
Yeni Nesil 1:	0 3 3 1 2 3 0 0 2 3 1 1 0 3 2 3 2 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 2 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1
Yeni Nesil 2:	1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 3 0 0 2 0 3 3 1 2 3 0 0 2 3 1 1 0 3 2 3 3 0 0 2 0 3 3 1 2 3 0 0

Şekil 4: Çaprazlama Örneği.

2.1.6. Mutasyon

Mutasyon, GA’da kromozomdaki bitlerin küçük yüzdesini değiştirme işlemidir. Mutasyonda değiştirme yüzdesi Mutasyon oranı olarak ifade edilir. Bu çalışmada Mutasyon işlemi, çaprazlama işlemi yapılırken kullanılan ikili turnuva seleksiyonu sonucunda elde edilen bireylerden rasgele biri alınır, rasgele bir geni seçilerek yine rasgele bir değer ile değiştirilir. Örnek bir mutasyon işlemi Şekil 5’de verilmektedir.

4 nolu Birey:	1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 2 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 2 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1
Yeni Nesil:	1 0 2 3 2 0 1 1 1 3 2 3 3 2 2 1 3 2 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1 0 3 2 3 3 2 2 1 2 1 3 0 1 0 2 3 0 0 1 1

Şekil 5: Mutasyon Örneği.

2.1.7. Yeni topluluk oluşturma

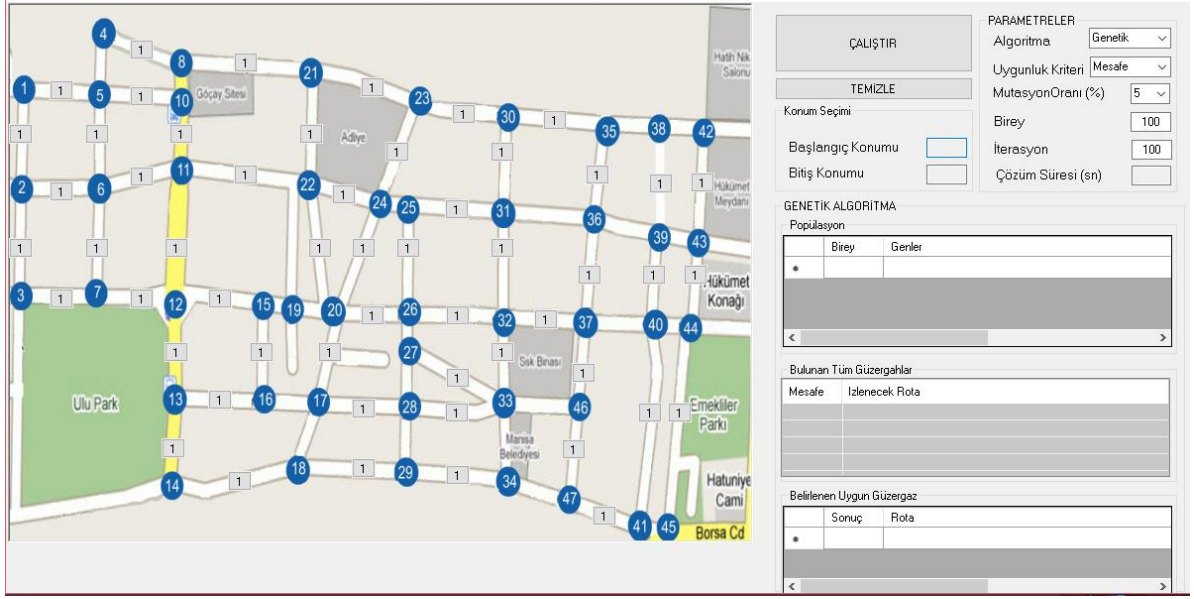
Yeni topluluklar aşağıda belirtilen bireyler kullanılarak oluşturulmaktadır.

- Mevcut topluluk içerisindeki birey sayısının %10’u kadar en iyi sonuç veren bireyler
- İkili turnuva seleksiyonu sonucunda elde edilen bireyler
- Çaprazlama sonucu elde edilen yeni bireyler
- Mutasyon sonucu elde edilen yeni birey

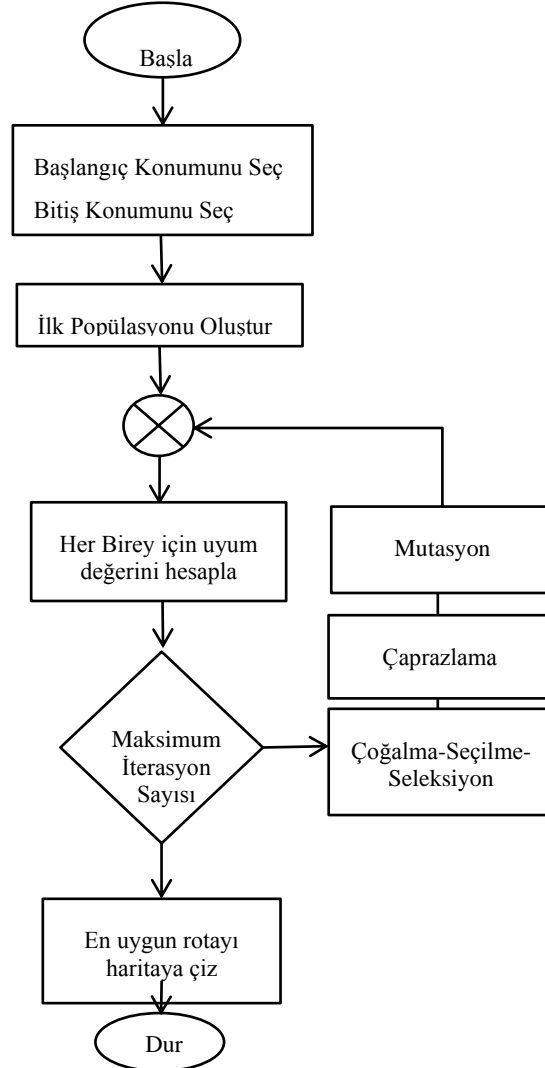
3. Simülasyon sonuçları

Çalışmanın simülasyonu gerçekleştirilmesi ve deneysel sonuçların gözlemlenmesi için Visual Studio programı ile C# tabanlı tasarlanan arayüz Şekil 5’de verilmektedir. Arayüz üzerinde picturebox içerisinde referans olarak kullanılan yol haritası bulunmaktadır. Haritada belirlenen noktalar üzerinde herhangi iki nokta fare(Mouse) ile dokunularak seçilmekte ve bu noktalar başlangıç- bitiş noktaları olarak kaydedilmektedir. Arayüz üzerinden “Uygulama kriteri”, “Mutasyon Oranı”, “Birey Sayısı” ve İterasyon (Nesil Sayısı) sayıları değiştirilebilmektedir.





Şekil 5: Geliştirilen Simülasyon Yazılımının Ekran Görüntüsü.



Şekil 6: Çalışmaya ait Genetik algoritmanın akış diyagramı.



Şekil 6'da Çalışmaya ait Genetik algoritmanın akış diyagramı gösterilmektedir. Akış diyagramında gösterildiği gibi tasarlanan simülasyon programı harita üzerindeki herhangi iki nokta ve uygunluk kriteri seçildikten sonra çalıştır butonu ile başlatılır. Başlangıçta, Programda belirtilen birey sayısı kadar 50 gene sahip bireyler oluşturulur. Sonrasında her bireye ait rota belirlenir ve uygunluk değerleri hesaplanır. Bireylerin uygunluk değerleri hesaplandıktan sonra Birey sayısının % 10'unu kadar en uygun değere sahip bireyler yeni nesile aktarılır. Yeni nesil için diğer bireyler ise çaprazlama ve mutasyon işlemi ile elde edilmektedir. Bu işlem maksimum iterasyon (Yeni Nesil) sayısı kadar tekrar etmektedir. Maksimum iterasyon sayısına ulaşıldıktan sonra hesaplanan en uygun rota harita üzerinde çizilmektedir.

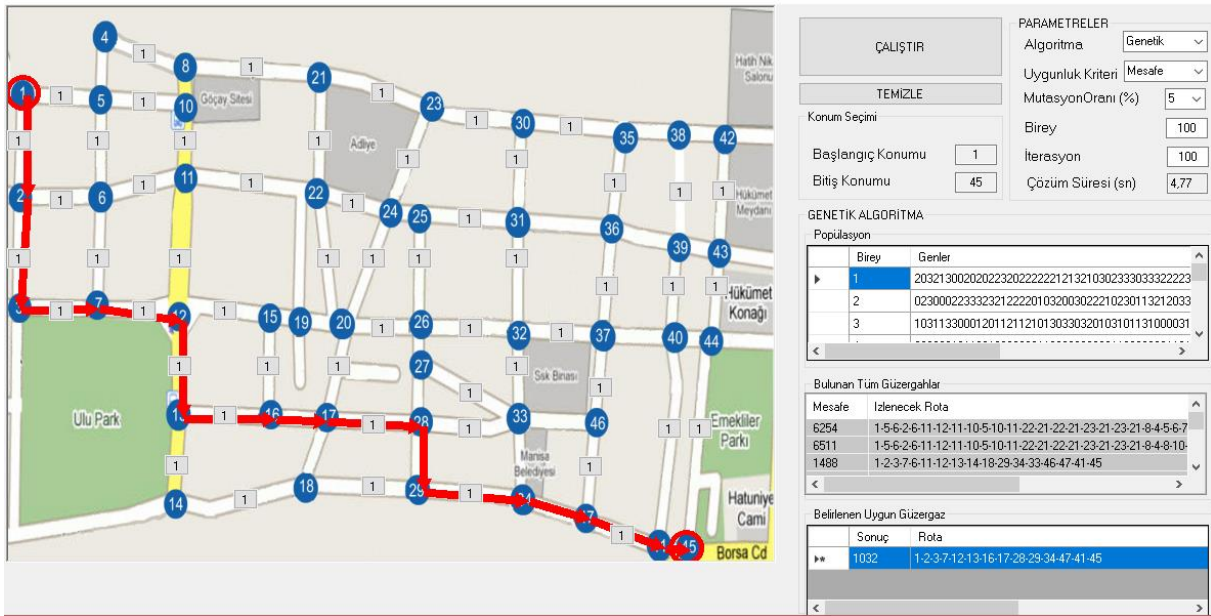
Bu çalışmada, tasarlanan arayüz üzerinde gerçekleştirilen simülasyonda, en kısa yol problemi çözümüne ait en uygun rotanın belirlenmesi ve en uygun rotanın belirlenmesinde GA parametrelerinin etkileri gözlenmiştir.

Tablo 3'de mutasyon oranları %1 ile %5 arasında elde edilen 5 testin sonuçları verilmektedir. Testler gerçekleştirilirken karşılaştırmanın daha anlaşılır olması amacıyla, her bir test için sadece mutasyon oranı değiştirilmiş, diğer parametreler (Birey sayısı, İterasyon Sayısı, Uygunluk Kriteri ve Başlangıç bitiş noktaları) sabit tutulmuştur. Simülasyonda karşılaştırma yaparken zorluk derecesinin en yüksek olması amacıyla haritanın en uzak noktaları olan başlangıç için 1 numaralı nokta ve bitiş için 45 numaralı nokta seçilmiştir. Ayrıca, simülasyonda her bir testin en uygun rotayı belirleme süresi Toplam çözüm süresi olarak tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3: Mutasyon oranları %1 ile %5 arasında elde edilen 5 testin sonuçları.

Test No	Birey Sayısı	İterasyon Sayısı	Mutasyon Oranı	Toplam Çözüm Süresi	Uygunluk Kriteri (Mesafe)	En Uygun Rota
Test 1	100	100	1%	6 sn	1226	1-2-3-7-12-7-12-13-14-18-29-34-47-41-45
Test 2	100	100	2%	5,67 sn	1168	1-5-10-11-22-24-23-30-31-32-33-34-47-41-45
Test 3	100	100	3%	5,99 sn	1180	1-2-6-7-12-13-14-18-29-34-47-34-47-41-45
Test 4	100	100	4%	4,75 sn	1132	1-2-3-7-12-13-16-17-16-17-28-29-34-47-41-45
Test 5	100	100	5%	4,77 sn	1032	1-2-3-7-12-13-16-17-28-29-34-47-41-45

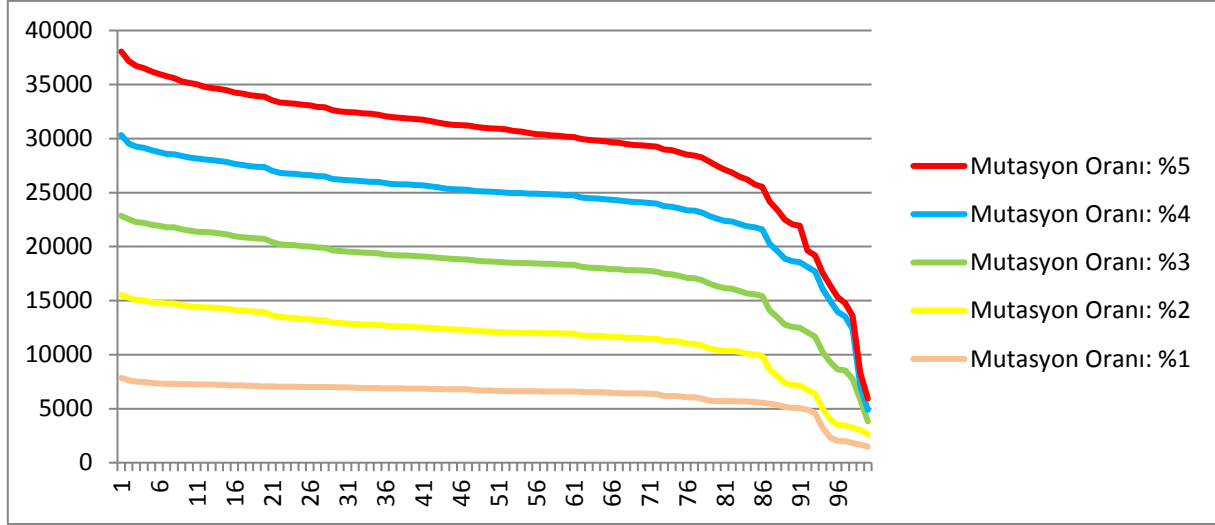
Tablo 3'de gösterildiği gibi, mutasyon oranı %1 olarak seçildiğinde, toplam çözüm süresi ve uygunluk kriteri diğerlerine göre daha yüksek çıkmaktadır. Mutasyon oranı her artırıldığında genel olarak toplam çözüm süresi ile uygunluk kriteri daha iyi sonuç vermektedir. Sonuç olarak mutasyon oranı %5 olarak seçildiğinde hem daha az sürede çözüme ulaşmakta, hem de daha kısa rota belirlemektedir. Şekil 7'de Mutasyon Oranına bağlı oluşturulan en uygun rota örneği bulunmaktadır.



Şekil 7: Mutasyon Oranına bağlı oluşturulan en uygun rota örneği.

Şekil 8'de ise Mutasyon oranına bağlı yapılan 5 teste ait her bir iterasyonda hesaplanan en uygun değerleri grafik olarak verilmektedir. Şekilde gösterildiği gibi her bir iterasyon sonucunda hesaplanan uygunluk değeri bir öncekine göre daha iyi sonuç vermektedir.





Şekil 8: Mutasyon oranına bağlı her bir iterasyonda hesaplanan en uygun değerler grafiği.

Tablo 4'de sadece birey sayısındaki değişimlere bağlı olarak verilen testlerde birey sayısına bağlı olarak test sonuçları elde edilmektedir. Tablo 3'de bahsedildiği gibi Birey sayısı hariç diğer parametreler sabit tutulmuştur. Başlangıç ve bitiş noktaları için 1 ve 45 numaralı noktalar seçilmiştir. Mutasyon oranı ise önceki yapılan testlerde en iyi sonucu veren %5 değeri seçilmiştir.

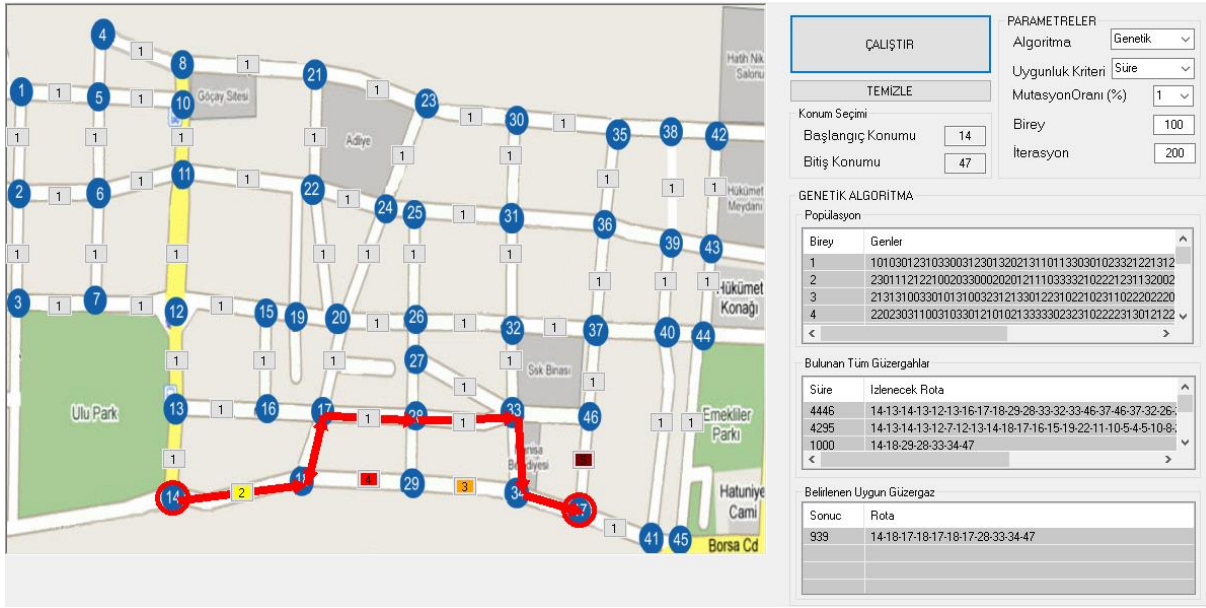
Tablo 4: Topluluktaki birey sayılarına bağlı test sonuçları.

Test No	Birey Sayısı	İterasyon Sayısı	Mutasyon Oranı	Toplam Çözüm Süresi	Uygunluk Kriteri (Mesafe)	Rota
Test 1	40	100	5%	1,98 sn	1748	1-5-1-2-3-7-12-7-12-13-16-17-20-26-32-33-32-37-40-44-45
Test 2	50	100	5%	2,41 sn	2457	1-2-3-2-6-7-3-7-12-13-14-18-17-28-27-33-34-33-32-33-46-33-34-33-46-37-40-41-45
Test 3	60	100	5%	2,91 sn	1690	1-5-4-5-10-8-4-8-10-8-21-22-24-23-30-31-36-39-40-44-45
Test 4	70	100	5%	3,41 sn	1706	1-5-4-8-4-5-4-5-10-8-21-23-30-35-38-39-43-44-40-44-40-44-45
Test 5	80	100	5%	3,91 sn	1666	1-2-3-7-12-11-22-24-23-30-31-25-26-32-37-46-47-41-45
Test 6	90	100	5%	4,7 sn	1226	1-2-3-7-12-7-12-13-14-18-29-34-47-41-45
Test 7	100	100	5%	4,75 sn	1060	1-2-3-7-12-13-14-18-29-34-47-41-45
Test 8	110	100	5%	5,14 sn	1135	1-5-4-8-21-23-30-35-38-39-40-41-45
Test 9	120	100	5%	6,12 sn	1137	1-5-10-11-22-24-25-26-27-33-46-47-41-47-41-45
Test 10	130	100	5%	6 sn	1138	1-5-10-8-21-23-30-35-38-42-43-44-45
Test 11	140	100	5%	6,48 sn	1138	1-5-10-8-21-23-30-35-38-42-43-44-45
Test 12	150	100	5%	6,97 sn	1099	1-5-10-8-21-23-30-31-32-33-46-47-41-45
Test 13	160	100	5%	9,58 sn	1073	1-5-6-11-22-24-25-31-36-39-43-44-45
Test 14	170	100	5%	10,03 sn	1032	1-2-3-7-12-13-16-17-28-29-34-47-41-45
Test 15	180	100	5%	10,66 sn	1130	1-2-6-7-12-15-16-17-16-17-28-29-34-47-41-45
Test 16	190	100	5%	11,26 sn	1135	1-5-4-8-21-23-30-35-36-39-40-41-45
Test 17	200	100	5%	11,84 sn	1053	1-2-6-7-12-15-16-17-18-29-34-47-41-45



Tablo 4’de gösterildiği gibi, Topluluğu oluşturan birey sayısı, toplam çözüm süresi bakımından çok düşük çıkmasına rağmen arama uzayı yetersiz olduğundan hesaplanan en uygun rota oldukça yüksek değere sahiptir. Birey sayısı her artırıldığında genel olarak çözüme ulaşma süresi olan Toplam Çözüm Süresi artarken uygunluk kriteri daha iyi sonuç vermektedir

Şekil 9’da Uygunluk kriteri süre ile belirlenen en uygun rota örneği gösterilmektedir. Rota üzerinde tüm yolların trafik yoğunluğu 1. Seviyede (Yoğunluk normal) olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, böyle bir durumda iki nokta arasında hesaplanan uygunluk değeri en kısa mesafe için oluşturulan rota ile en kısa süre için oluşturulan rota aynı güzergahta olmaktadır. Simülasyonda yollar üzerindeki trafik yoğunluk artırıldığında ve uygunluk kriteri süre olarak seçildiğinde, simülasyon en kısa süreli rotayı belirlemektedir. Şekil 9’da en uygun rotanın süre kriterine göre hesaplandığını vurgulamak amacıyla başlangıç-bitiş noktaları birbirine yakın düz yol üzerinde seçilmiştir. Noktalar arasındaki en kısa mesafeli yollar üzerinde butonlar kullanılarak yoğunluklar verilmiştir. Bu testin sonucunda simülasyonun yollar üzerindeki yoğunluğu dikkate alarak en uygun rotayı belirlediği Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 9: Trafik yoğunluğu olan yollara bağlı uygunluk kriteri süre ile oluşturulan en uygun rota.

4. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye haritasından bir bölge referans alınmış gerçek bir yol haritası üzerinde numaralandırılmış 47 nokta arasında seçilen herhangi iki noktası arasında en uygun rotayı bulma probleminin çözümü genetik algoritma kullanılarak yapılmıştır. Simülasyon c# tabanlı arayüz tasarlanmıştır. Çalışmada uygunluk kriteri hem mesafe hem de süre olarak seçilebilmektedir. Her bir birey 50 genden oluşturulmuştur. Topluluğu oluşturan birey sayısı arayüz üzerinden değiştirilebilmektedir. Simülasyon sonucunda mutasyon oranının %5 değerinde en uygun sonuçlar verdiği gözlenmektedir. Ayrıca, her bir iterasyonda çözümün daha iyileştiği görülmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Bayzan, Ş., “Araç Rotalarının En Kısa Yol Algoritmaları Kullanılarak Belirlenmesi ve .Net Ortamında Simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, 2005.
- [2] Shi, N., Zhou, S., Wang, F., Tao, Y., Liu, L., “The multi-criteria constrained shortest path problem.”, Transp. Res. Part E, pp. 13-29, 101, 2017.
- [3] Broumi, S., Bakali, A., Talea, M., Smarandache, F., Vladareanu, L., “Computation of shortest path problem in a network with SV-trapezoidal neutrosophic numbers.”, In: Proceedings of the 2016 international conference on advanced mechatronic systems, Melbourne, pp 417-422, 2016.
- [4] Jayagowri, P., Geetha Ramani, G., “Using Trapezoidal Intuitionistic Fuzzy Number to Find Optimized Path in a Network.”, Vol. 2014, pp 6, Advances in Fuzzy Systems, 2014.
- [5] Kumar, A. Kaur, M., “A New Algorithm for Solving Shortest Path Problem on a Network with Imprecise Edge Weight.” Applications and Applied Mathematics, Vol. 6, Issue 2, pp. 602-619, 2011.
- [6] Kumar, A. Kaur, M., “Solution of fuzzy maximal flow problems using fuzzy linear programming.” World Academy of Science and Technology. pp. 28-31, 87, 2011.
- [7] Majumder, S., Pal, A., “Shortest Path Problem on Intuitionistic Fuzzy Network,” Annals of Pure and Applied Mathematics, Vol. 5, No. 1, pp. 26-36, November 2013.



- [8] Broumi S, Bakali A, Talea M, Smarandache F, Vladareanu L., “Applying Dijkstra algorithm for solving neutrosophic shortest path problem.”, In: Proceedings of the 2016 international conference on advanced mechatronic systems, Melbourne, pp 412–416, 2016.
- [9] Bellman, E., “On a Routing Problem”, Appl. Math., Vol 16, 87–90, 1958.
- [10] Dijkstra, E.W., “A Note on Two Problems in Connection with Graphs”, Numer. Math. 1, Vol 1, 269–271, 1959.
- [11] Dreyfus, S., “An Appraisal of Some Shortest Path Algorithms”, Oper. Res., Vol 17, No 3, 395–412, 1969.
- [12] Gen, M., Lin, L., “A New Approach for Shortest Path Routing Problem by Random Key-Based GA”, Gecco 2006: Genetic and Evolutionary Computation Conference, Vol 1 and 2 , 1411–1412, 2006.
- [13] Liu, W., Wang, L.P., “Solving the Shortest Path Routing Problem Using Noisy Hopfield Neural Networks”, WRI International Conference on Communications and Mobile Computing: CMC 2009, Vol 2, 299-302, 2009.
- [14] Heidari, A.A., Delavar, M.R., “A modified genetic algorithm for finding fuzzy shortest paths in uncertain networks.” ISPRS – Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., XLI-B2, pp. 299-304, 2016.
- [15] Wook, C., Ramakrishna, R.S., “A Genetic Algorithm for Shortest Path Routing Problem and the Sizing of Populations”, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol 6, No 6, 2002.
- [16] M. Dener, M. A. Akcayol, S. Toklu ve Ö. Bay, Zamana Bağlı Dinamik En Kısa Yol Problemi İçin Genetik Algoritma Tabanlı Yeni Bir Algoritma, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, vol: 26, no. 4, 2013.
- [17] Angeline, P.J., “Evolution revolution: An introduction to the special track on genetic and evolutionary programming,” IEEE Expert Intelligent Systems and their Applications 10, June pp.6-10, 1995
- [18] Cevre U., Özkan B., Uğur A.,” Gezgin Satıcı Probleminin Genetik Algoritmalarla Eniyilemesi ve Etkileşimli Olarak İnternet Üzerinde Görselleştirilmesi”. XII. Türkiye’de İnternet Konferansı, Ankara, 2007.



KİREÇ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KİLLİ BİR ZEMİNİN, RİJİT VE ESNEK ÜSTYAPILARIN KALINLIKLARINA VE MALİYETLERİNE ETKİSİ

Tacettin Geçkil¹, Mehmet Mahmut Tanyıldızı*², Ekrem Serdar Yıldırım³

^{1,3}İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

tacettin.geckil@inonu.edu.tr, serdaryildiran44@gmail.com

²22'nci Ordu Komutanlığı, Malatya

mmtanyildizi@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Bu çalışmada killi bir zemine kireç katılmasının, kil zemininin dayanımını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda katkı malzemesi olarak kullanılan kireç, kil zemininin içine ağırlıkça farklı yüzdelerde eklenmiştir. Hazırlanan karışımlarda, kil içine kilin ağırlığının %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında kireç eklenmiştir. Farklı oranlarda hazırlanan numuneler homojen olarak karıştırıldıktan sonra kompaksiyon, serbest basınç ve Kaliforniya taşıma gücü oranı (CBR) deneyleri uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar sonunda kil zemininin dayanımının kireç katkısı ile arttığı, en yüksek dayanıma ise %5 kireç katkısı ile ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca, esnek ve rijit yol üst yapısının projelendirilmesinde kullanılan AASHTO (1986) (American Association of State Highway and Transportation Officials) metodu ile kireç katkılı kil zeminin 'Taban Zemini Esneklik Modülü M_R (psi)' ile 'Yatak Katsayısı k (pci)' parametreleri, esnek ve rijit üst yapılar hem maliyet hem de tabaka kalınlıkları açısından araştırılmış, esnek üst yapılar, Taban Zemini Esneklik Modülü ' M_R ' değerinin 100.000 (%5 kireç katkılı kil zemin) yerine 48.000 (kil zemin) alınması durumunda çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 100 km. uzunluğundaki esnek bir üst yapıda yaklaşık 2.906.000 TL maliyet artışına sebep olduğu, rijit üst yapılar, Yatak Katsayısı ' k ' değerinin 10,811 inç (%5 kireç katkılı kil zemin) yerine 12,215 inç (kil zemin) alınması durumunda üst yapı kalınlığında çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m) 100 km uzunluğundaki rijit bir üst yapıda yaklaşık 428.000 TL maliyetin artmasına sebep olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kil zemin, zemin stabilizasyonu, rijit üst yapı, esnek üst yapı, AASHTO metodu.

1. Giriş

Zeminin stabilize edilmesi, dayanımı az olan zemin yapısının, mekanik, fiziksel ve kimyasal iyileştirme yöntemleri ile dayanımının yükseltilerek dışardan gelecek kuvvetlere maruz kalmasına rağmen dayanıklılığını koruması ve sürdürmesi durumu olarak tanımlanabilir. Bu işlem, zeminde bulunan suyun zeminden uzaklaştırılması, zemindeki boşluk oranının azaltılması veya zemine donatılar yerleştirilmesi ile yapılır [1].

Zemin stabilizasyonunda farklı birçok yöntem bulunmasına rağmen, bunlardan en kolay ve en pratik olanı zemine katkı maddesi katarak zeminde iyileştirme sağlamaktır. Çimento, kireç, bitüm, uçucu kül vs. zemin stabilizasyonun da kullanılan katkı maddelerinden bazılarıdır [2].

Katkı maddesi ilavesiyle yapılacak olan iyileştirmede, zeminin mekanik özelliklerindeki iyileştirmenin güvenilir, ekonomik ve elde etmesi kolay yani doğal bir malzemeye yapılması ilke edinilmelidir. Yapı temellerinde, su yapılarında ve ulaştırma yapılarında uygulanan bu işlemde kullanılan katkıların başlıcaları çimento, kireç, uçucu kül, bitüm, klorit, lignin, melas ve özel kimyasal bileşikler sayılabilir [3, 4, 5].

Zemin stabilizasyonunda asıl hedefler, zeminin plastisitesini azaltmak, geçirgenlik seviyesini ve sıkışabilirliğini en uygun hale getirmek ve mukavemetini maksimum seviyeye çıkarmaktır. Bu sayede zemin danelerinin arasındaki bağlar güçlendirilmektedir. Kireç katılarak stabilize edilen zeminin, likit limit değerine bağlı olarak plastisite indisinde artış veya azalma olduğu, çimento katılarak stabilize edilen zeminin, iri danelerinin arasındaki boşlukların dolmasına bağlı olarak, zeminin dayanımında artış sağlandığı, uçucu kül katılan zeminin, plastisite indeksinin düşmesine bağlı olarak yine zemin dayanımında artış meydana geldiği bilinmektedir [6, 7, 8]

Kireç stabilizasyonu; zemindeki düşük dayanımı artırmak, oluşabilecek şişmeyi en düşük seviyeye indirmek ve zeminin işlenebilirliğini artırmak amacıyla özellikle karayolu projelerinde yaygın olarak uygulanmaktadır. Kireç ile iyileştirmede oluşan mekanizmalar katyon değişimi, kilin folokülasyonu ve puzolanik reaksiyonları içerir. İlk iki reaksiyon hızlı olur ve kürsüz dayanım ve yük deformasyon özelliklerine ilaveten plastisite, işlenebilirlik ve şişme özelliklerinde ani değişimlere neden olur [9]. Oluşan diğer reaksiyon ise puzolonik veya bağlayıcı reaksiyon olup zamanla gerçekleşir. Aglomerasyon sonucunda yapı bütünlüğü artarak zeminin ilave su tutma potansiyelinde düşüşe sebep olmaktadır [10].

Genellikle, tüm ince taneli zeminler; kireç kullanımı ile daha düşük plastisiteye sahip olmaktadır. Kireçle ile karıştırılmış zeminde dayanım karakteristikleri (veya zemin-kireç reaksiyonu) esas itibarıyla zemin cinsine, kullanılan kirecin tipine, kireç yüzdesine, kür süresine ve kür koşullarına bağlıdır [11].



Stabilizasyonla zeminin; mukavemet, rijitlik, basınç dayanımı, geçirgenlik, drenaj ve donma hassasiyeti gibi özellikleri iyileştirilebilir. Yol altyapısını stabil bir duruma getirmek için birçok stabilizasyon metotları mevcuttur. Ülkemizde genellikle mekanik stabilizasyon metodu uygulanmaktadır. Kireç ve çimentonun çok miktarda bulunması nedeniyle zemin-kireç ve zemin-çimento stabilizasyonu da karayollarımızda kullanılmaktadır. Zemin-asfalt stabilizasyonu ile zeminin su tutması azaltılarak geçirimsizliği sağlanır, zemin daneleri birbirine bağlanarak zeminin kohezyonu ve stabilitesi artırılıp üstü yapı kalınlığı azaltılabilir [12].

Ayrıca, kaplama tabakasında kullanılan bitümlü sıcak karışımların mühendislik özelliklerini iyileştirmek için iki temel yoldan birisi gradasyonu ve dolayısıyla asfalt çimentosu oranlarını değiştirmektir. Diğer bir yol ise ya bitüme ya da doğrudan karışıma ilave edilen katkı maddeleriyle bitümlü sıcak karışım özelliklerini iyileştirmektir. Temel ve alttemel tabakalarında ise kalitesi yüksek malzeme kullanımı ve uygun gradasyon seçimi ile iyileştirmeler yapılmaktadır. Bu üç tabaka yüksek kalitede imal edilmiş olsalar da üzerine oturdukları zemin yeterli taşıma gücüne sahip değil ise yollarda altyapı kusurundan kaynaklanan tekerlek izi, oturmalar ve çatlamlar gibi bozulmalar meydana gelmektedir. Bu gibi kusurları önlemek ya zemin taşıma gücünü artırmakla ya da yüksek maliyetlere neden olan tabaka kalınlıklarının artırılmasıyla mümkündür [13].

2. Materyal ve Metot

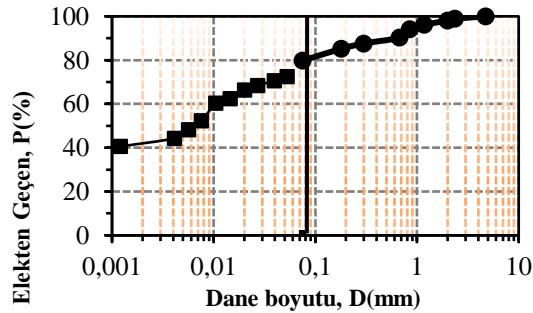
2.1. Killi bir zeminin dayanımının kireç kullanılarak iyileştirilmesi

DeneySEL çalışmalar İnönü Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarındaki mevcut deney düzeneğinde gerçekleştirilmiştir.

Kil zeminin özellikleri Tablo 1’de, elek analizi deneylerinden elde edilen granülometri eğrisi Şekil 1’de gösterilmiştir. Kil numunesi araziden getirilmiş, kurutulmuş, parçalanmış ve istenilen su içeriğinde karıştırılarak deneye hazır hale getirilmiştir.

Tablo 1: Kil zemininin özellikleri

Parametre Adı	Simge	Birim	Değeri
Dane birim hacim ağırlığı	γ_s	kN/m ³	26.80
Maksimum kuru birim hacim ağırlığı	g_{kmax}	kN/m ³	14.50
Optimum su içeriği	W_{opt}	%	27
Likit limit	-	%	61
Plastik limit	-	%	29
Plastisite indeksi	PI	-	32
Sınıflandırma	-	-	CH



Şekil 1: Kil zeminine ait gradasyon eğrisi

DeneySEL çalışmalar için laboratuvarında önceden belirlenmiş oranlarda karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlar hazırlanmadan önceden kil zemini ve kireç, 24 saat boyunca 105±5oC’lik etüve kurutulmuştur. Kurutulmuş malzemeler hassas terazide ağırlıkça yüzdelerinde tartılmıştır. Öncelikle katkısız saf kil hazırlanmış, daha sonra kil zemini içerisine ağırlıkça %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında kireç katkıları katılarak stabilize karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar üzerinde likit limit ve plastik limit deneyleri gerçekleştirilmiştir. Tüm oranlarda hazırlanan karışımlar 7 günlük kür süresinin ardından likit limit ve plastik limit deneylerine tabi tutulmuşlardır. Ayrıca, standart proktor ve CBR deneyleri yapılmıştır.



Zeminlerin taşıma gücünü artırmak, geçirimsizliği ve çeşitli yükler altında meydana gelebilecek oturmaları azaltmak için, zeminlerin tabakalar halinde serilerek herhangi bir sıkıştırma yöntemiyle su ve tane hacmi sabit iken havanın dışarı çıkartılıp zemin tanelerinin yakınlaştırılması olayına kompaksiyon denir. Sıkıştırılmış bir zeminde, kompaksiyon derecesi o zemine ait kuru yoğunluk (ρ_k) ile ölçülür. ρ_k ne kadar büyükse, zemin o kadar iyi sıkıştırılmış demektir. ρ_k 'nın maksimum olduğu durumdaki su içeriğine optimum su içeriği (w_{opt}) denir [14]. Kompaksiyon (standart proktor) deneyinde her bir karışım için numuneler hazırlanmış ve belli ölçülerde su ilave edilmiştir. Daha sonra TS 1900-1'e uygun olarak katkısız saf zemin ve tüm karışımlar üzerinde standart proktor deneyleri gerçekleştirilmiştir. Standart proktor deneylerinden elde edilen ρ_{kmax} ve w_{opt} değerleri kullanılarak tek eksenli serbest basınç ve CBR deneylerine ait numuneler hazırlanmıştır.

TS 1900-2'e göre [15] CBR deneyi, alanı 1935 mm² olan pistonun belirlenmiş bir hızda (1.2 mm/dk) zemine itilmesiyle elde edilen yük - penetrasyon bağıntısını kullanarak taşıma oranının bulunmasıyla ilgilidir. Belirli bir penetrasyonu sağlayan yükün, aynı penetrasyonu standard eğri üzerinde sağlayan yüke oranı, o penetrasyondaki taşıma oranı değeri olarak tanımlanır. Taşıma oranı değeri, 2.5 mm'lik ve 5.0 mm'lik penetrasyonlarda hesaplanır ve elde edilen iki değerden, yüksek olanı zeminin taşıma oranı değeri olarak kabul edilir. Standard yük penetrasyon eğrisi 2.5 mm'de 13.2 kN iken 5.0 mm'de ise 20 kN'dur. Katkısız saf ve optimum karışım için 7 günlük ve 28 günlük küre bırakılmış numuneler hazırlanmış ve CBR deneyi yapılarak taşıma oranı değerleri belirlenmiştir.

2.2. Zemin taşıma gücünün rijit ve esnek üstyapıların kalınlıklarına ve maliyetlerine etkisi

2.2.1. AASHTO metodu ile esnek ve rijit üstyapı tasarımında zemin yatak katsayısının analitik incelenmesi

Esnek kaplamalar için üstyapı sayısı (SN) eşitlik 1'de verilen formüle göre hesaplanmıştır [16].

$$\text{Log}T_{80} = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \text{log}_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\text{log}_{10}[\Delta\text{PSI}/(4,2-1,5)]}{0,40 + [1094/(SN+1)^{5,19}]} + 2,32 \times \text{Log}_{10}(0,145 \times M_R) - 8,07 \quad (1)$$

Burada;

T_{80} : Projelendirilecek yolun hizmete açılmasından, hizmet kabiliyeti indeksinin seçilen değere düşeceği değere kadar hesap şeridinin taşıyacağı tahmin edilen toplam trafiktir. (Eşdeğer standart dingil sayısı olarak)

M_R : Taban zemini esneklik modülü (psi)

S_0 : Standart sapma

Z_R : Normal standart sapma

SN : Üstyapı sayısı

ΔPSI : Servis kabiliyeti indeksi

Beton kaplama kalınlığı (D) eşitlik 2'de verilen formüle göre hesaplanmıştır [16].

$$\text{Log}_{10}W_{8,2} = Z_R \times S_0 + 7,35 \times \text{log}_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\text{log}_{10}[\Delta\text{PSI}/(4,5-1,5)]}{1 + [1,624 \times 10^7 / (D+1)^{8,46}]} + (4,22 - 0,32 \times P_t) \times \text{Log}_{10} \frac{S'_c \times C_d \times [D^{0,75} - 1,132]}{215,63 \times J \times [D^{0,75} - [18,42 / (E_c/k^{0,25})]]} \quad (2)$$

Burada;

$W_{8,2}$: 8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekrerrür sayısı

Z_R : Standart normal sapma

S_0 : Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası

D : Rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı (inç)

ΔPSI : $P_0 - P_t$ (Servis kabiliyetinde azalma miktarı)

P_0 : Başlangıç servis kabiliyeti indeksi

P_t : Nihai servis kabiliyeti indeksi

S'_c : Betonun kopma modülü (Eğilmede çekme mukavemeti) (psi)

J : Yük transfer katsayısı

C_d : Drenaj katsayısı

E_c : Betonun elastisite modülü (psi)

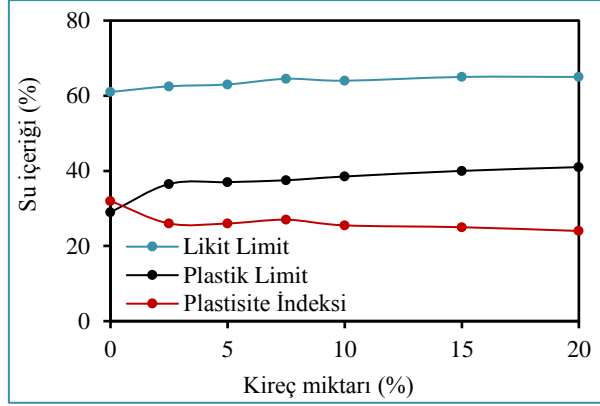
k : Yatak katsayısı (pci)'ni göstermektedir.



3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Killi bir zeminin dayanımının kireç kullanılarak iyileştirilmesi

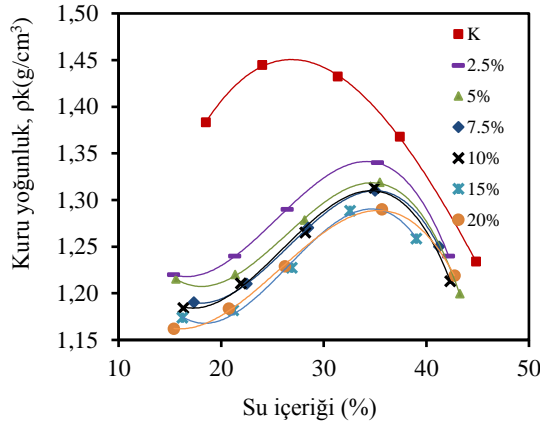
Katkısız saf kil ve tüm oranlarda hazırlanan karışımlar (%2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20), 7 günlük kür süresinin ardından likit limit ve plastik limit deneylerine tabi tutulmuşlardır. 7 günlük kür süresinin ardından yapılan bu deneylerin sonuçları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2: 7 Günlük kür ardından farklı karışımlar için yapılan kıvam limitleri deneyleri

Şekil 2’de görüldüğü gibi, likit limitte az olmakla birlikte bir artış görülmektedir. Plastik limitteki artış daha fazla olduğu için bu değişimlerin sonucu olarak plastisite indeksi azalmıştır. Plastisite indeksini azalması zeminin suya karşı hassasiyetinin azaldığını gösteren bir parametre olarak kabul edilir. Ayrıca plastisite indeksindeki düşüşe bağlı olarak zeminin işlenebilirliğinin artacağı düşünülmektedir.

TS 1900-1’e uygun olarak katkısız saf zemin ve tüm karışımlar üzerinde standart proktor deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen standart proktor deneylerine ait kuru yoğunluk-su içeriği grafiği Şekil 3’de görüldüğü gibidir. K, katkısız saf kili; %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 ise ağırlıkça katılan sönmüş kireç miktarını göstermektedir.

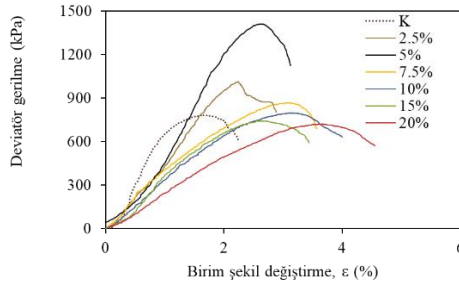


Şekil 3: Tüm numuneler için kuru yoğunluk-su içeriği grafikleri

Şekil 3’de de görüldüğü gibi kireç miktarı arttıkça, optimum su içeriği artmakta, maksimum kuru yoğunluk ise azalmaktadır.

Şekil 4’de, 7 günlük kür süresi sonunda katkısız saf kil ve tüm karışımlar için yapılmış serbest basınç deneylerine ait gerilme şekil değiştirme grafikleri görülmektedir. Her bir karışım için 3’er adet numune hazırlanıp deneye tabi tutulmuş ve 3’ünün ortalama değeri grafik olarak sunulmuştur.

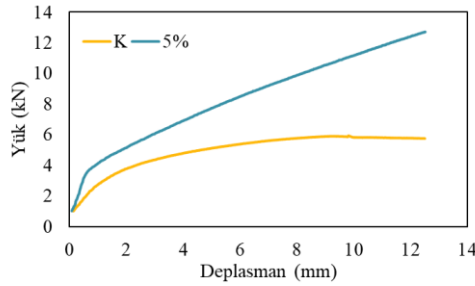




Şekil 4: 7 Günlük kür süresi sonunda tüm numuneler için serbest basınç deneyi sonuçları

Şekil 4’de görüldüğü üzere %5 kireç katkısı ile hazırlanmış kil en yüksek serbest basınç mukavemetine (q_u) sahiptir. 7 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin serbest basınç mukavemetini 1.81 kat artırmıştır. Ancak, %15 ve %20 oranlarındaki karışımların serbest basınç mukavemeti değerleri, katkısız saf kilden daha düşük elde edilmiştir.

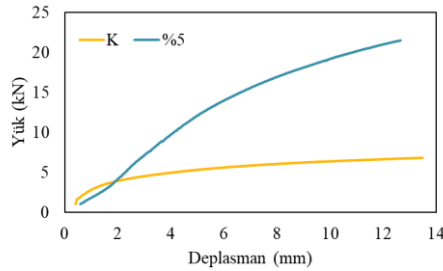
Serbest basınç deneylerinden optimum katkı oranı %5 olarak belirlendikten sonra katkısız saf kil ve %5 kireç katkılı kil üzerinde CBR deneyleri yapılmıştır. Hem katkısız saf kil hem de %5 kireç katkılı kil için 2’şer adet CBR deney numunesi hazırlanmıştır. Daha sonra bu deney numuneleri 7 gün kür edilerek deneye tabi tutulmuştur.



Şekil 5: 7 Günlük kür süresi sonunda CBR deneyi sırasında elde edilen yük-deplasman davranışı

Şekil 5’de, 7 günlük kür süresi sonunda katkısız saf kil ve %5 kireç katkılı kil için yapılmış CBR deneylerine ait yük-deplasman grafikleri görülmektedir. Şekil 6’da açıkça görüldüğü üzere %5 kireç katkısı ile hazırlanmış kilin taşıma gücü oranı daha yüksektir. 7 günlük kür sonunda kil zemininin 2.5 ve 5 mm’lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %31.2 ve %25.6’dır. 7 günlük kür sonunda %5 kireç katkılı kil zemininin 2.5 ve 5 mm’lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %42.7 ve %38.7’dir. 7 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin CBR değerini 1.37 kat artırmıştır.

Şekil 6’da, 28 günlük kür süresi sonunda katkısız saf kil ve %5 kireç katkılı kil için yapılmış CBR deneylerine ait yük-deplasman grafikleri görülmektedir.



Şekil 6: 28 Günlük kür süresi sonunda CBR deneyi sırasında elde edilen yük-deplasman davranışı

Şekil 6’da görüldüğü gibi, %5 kireç katkısı ile hazırlanmış kilin taşıma gücü oranı daha yüksektir. 28 günlük kür sonunda kil zemininin 2.5 ve 5 mm’lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %32.0 ve %26.4’dir. 28 günlük kür sonunda %5 kireç katkılı kil zemininin 2.5 ve 5 mm’lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %57.1 ve %66.7’dir. 28 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin CBR değerini 2.08 kat artırmıştır.

3.2. AASHTO metodu ile esnek üstyapıda killi zeminin ve kireç katkılı kil zeminin taban zemini taşıma gücünün analitik incelenmesi

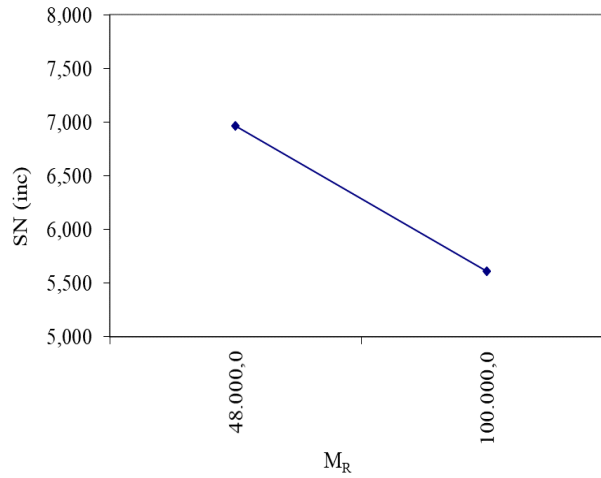
28 günlük kür sonunda kil zemininin CBR değeri %32.0 ve 28 günlük kür sonunda %5 kireç katkılı kil zemininin CBR %66.7 olarak bulunmuştur. Üst yapısı hesaplanacak yolun oturacağı taban zemininin AASHTO ile M_R değeri tespit edilmektedir. Zeminin CBR değeri ile M_R değeri arasında Psi cinsinden $M_R=1500 \times CBR$ gibi bir ilişki mevcut olduğundan dolayı taban zemininin CBR değeri bilinmesi halinde M_R değeri yaklaşık olarak tayin edilebilmektedir.



Kil zemin için $M_R=1500 \times CBR=1500 \times 32=48.000$ ve %5 kireç katkılı kil zemin için $M_R=1500 \times 66.7=100.000$ bulunur. Eşdeğer standart dingil yükü tekrerrür sayısı $T_{80}=10$ milyon, standart sapma $S_0=0.60$, Servis kabiliyeti indeksi $\Delta PSI=2.2$, $R_E=0,999$ ve $Z_R=-3,090$ olarak alınırsa eşitlik (1) ile SN değerleri bulunur.

Tablo 2: M_R İle SN arasındaki ilişki

T_{80}	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔPSI	SN (inc)	SN (cm)
10.000.000	48.000,00	0,60	0,999	-3,090	2,20	6,970	17,704
	100.000,00					5,614	14,260



Şekil 7: SN'nin M_R ile değişimi

Tablo 2'de Esnek üstyapılarda M_R 'nin üstyapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 7'de ise M_R 'nin üstyapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 7'den görüldüğü üzere, kil zemin için $SN=6,970$ inç iken %5 kireç katkılı kil zemin için $SN=5,614$ inç olup ' M_R ' değerinin 100.000 (%5 kireç katkılı kil zemin) yerine 48.000 (kil zemin) alınması durumunda üstyapı sayısında $((6,97-5,614) \times 100) / 5,614 = \%24,15$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmaktadır.

3.3. AASHTO metodu ile rijit üstyapıda killi zeminin ve kireç katkılı kil zeminin taban zemini taşıma gücünün analitik incelenmesi

Esnek kaplamalarda zemin taşıma gücü efektif esneklik modülü (M_R) ile tanımlanırken beton kaplamalarda ise zeminin taşıma gücü efektif yatak katsayısı (zemin reaksiyon modülü ile) tanımlanmaktadır. Zemin yatak katsayısı (k) ile esneklik modülü (M_R) arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır. Efektif zemin yatak katsayısı aşağıda verilen formüle göre hesaplanacaktır.

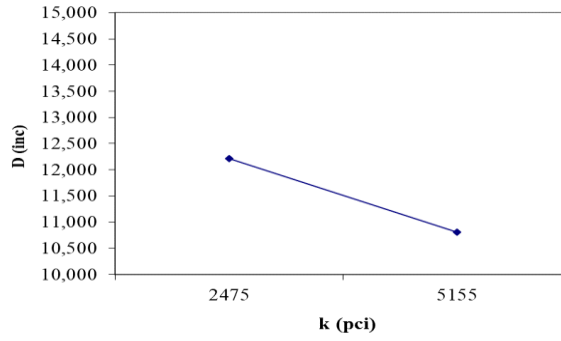
$$k = M_R / 19,4$$

Kil zemin için $k=48.000/19,4=2.475$ ve %5 kireç katkılı kil zemin için $k=100.000/19,4=5.155$ bulunur. 8.2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekrerrür sayısı $W_{8,2}=45$ milyon, yük transfer katsayısı $J=3,2$, drenaj katsayısı $C_d=1,0$, Betonun elastisite modülü $E_c=5$ milyon ve servis yeteneği kaybı $\Delta PSI=2$ olarak alınıp eşitlik (2) ile ' d ' değerleri hesaplanır.

Tablo 3: k İle d arasındaki ilişki

$W_{8,2}$	k (pci)	S_0	Z_R	E_c	d (inc)	d (cm)
45.000.000	2475	0,35	-1,645	5.000.000	12,215	31,026
	5155				10,811	27,460





Şekil 8: D'nin k ile değişimi

Tablo 3'de k'nın üstyapı kaplama kalınlığına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 8'de ise k'nın üstyapı kaplama kalınlığına etkisi verilmiştir. Şekil 8'den görüldüğü üzere, kil zemin için D=12,215 inç iken %5 kireç katkılı kil zemin için D=10,811 inç olup 'k' değerinin 10,811 inç yerine (%5 kireç katkılı kil zemin), 12,215 inç alınması (kil zemin) durumunda üstyapı sayısında $\frac{((12,215-10,811) \times 100)}{10,811} = \%12,98$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmaktadır.

3.4. Killi zeminin ve kireç katkılı kil zeminin ekonomik analizi

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) birim fiyatlarında, aşınma, binder ve bitümlü temel tabakaları için farklı kalınlıklardaki 1m² maliyetleri, temel ve alttemel tabakaları için ise m³ ve ton maliyetleri verilmiştir. Bu çalışmada, tabaka kalınlıklarına göre verilen maliyet değerleri, tabaka kalınlıklarına bölünerek m²/cm miktarının maliyeti bulunmuş ve bu değerlerin de ortalaması alınmıştır. AASHTO (1986) metodunda taban zemini taşıma gücünün ekonomik analizi için 2018 yılı KGM birim fiyatları esas alınmıştır. Tablo 4'de analizde kullanılacak birim maliyetler verilmiştir [17].

Tabaka cinslerine göre birim maliyet tespitinde, aşınma tabakası (asfalt betonu) 5 cm, binder tabakası (asfalt betonu) 8 cm, bitümlü temel tabakası 12 cm, granüler temel tabakası 20 cm ve alttemel tabakası 20 cm alınmıştır.

Tablo 4: Tabaka cinslerine göre birim maliyetler

Poz No	Tanım	Birimi	Birim Fiyat (TL)	m ² /cm Maliyeti (TL)
KGM/6405/S	5 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	m ²	9.27	1.85
KGM/6308	8 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	m ²	13.11	1.64
KGM/6212-A	12 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m ² asfalt betonu bitümlü sıcak temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile)	m ²	18.21	1.52
KGM/6100/3	Plentmix temel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) Not: Kaplama yoğunluğu 2.4 gr/cm ³	ton	37.63	0.90
KGM/6010	Elenmiş çakıllı malzeme ile alttemel yapılması (kum-çakıl alttemel)	m ³	11.32	0.11

Tablo 4'de verilen bilgiler ışığında, aşınma tabakası maliyeti (m²/cm)=1.85 TL, binder tabakası maliyeti (m²/cm)=1.64 TL, bitümlü sıcak temel tabakası maliyeti (m²/cm)=1.52 TL, plentmix temel tabakası maliyeti (m²/cm)=0,90 TL, alttemel tabakası maliyeti (m²/cm)=0.11 TL ve toplam maliyet (m²/cm)=6.02 TL olarak bulunmuştur.

Esnek üstyapılarda kil zemin için SN=6,970 inç iken %5 kireç katkılı kil zemin için SN=5,614 inç olup 'M_R' değerinin 100.000 yerine (%5 kireç katkılı kil zemin) 48.000 alınması (kil zemin) durumunda üstyapı sayısında $\frac{((6,97-5,614) \times 100)}{5,614} = \%24,15$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini 6.02×24.15/100=1.453 TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 100 km. uzunluğundaki esnek bir üstyapıda 20×100.000×1.453=2.906.000 TL maliyet artışına sebep olmaktadır.



Tablo 5: C25 Betonun birim maliyeti

Poz No	Tanım	Birimi	Birim Fiyat (TL)	m ² /cm Maliyeti (TL)
Y.16.050/05	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³	165.03	1.65

Benzer şekilde alttemel ve temel tabakası mevcut bir rijit üstyapıda, kil zemin için $D=12,215$ inç iken %5 kireç katkılı kil zemin için $D=10,811$ inç olup 'k' değerinin 10,811 inç yerine (%5 kireç katkılı kil zemin), 12,215 inç alınması (kil zemin) durumunda üstyapı kalınlığında $((12,215-10,811) \times 100) / 10,811 = \%12,98$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini $1.65 \times 12.98 / 100 = 0.214$ TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 100 km. uzunluğundaki rijit bir üstyapıda $20 \times 100.000 \times 0.214 = 428.000$ TL maliyetin artmasına sebep olmaktadır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada killi bir zemine kireç katılmasının, kil zemininin dayanımını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda katkı malzemesi olarak kullanılan kireç, kil zemininin içine ağırlıkça farklı yüzdelerde eklenmiştir. Hazırlanan karışımlarda, kil içine kilin ağırlığının %2.5, %5, %7.5, %10, %15 ve %20 oranlarında kireç eklenmiştir. Farklı oranlarda hazırlanan numuneler homojen olarak karıştırıldıktan sonra kompaksiyon, serbest basınç ve Kaliforniya taşıma gücü oranı (CBR) deneyleri uygulanmış, deneysel çalışmalar sonunda kil zemininin dayanımının kireç katkısı ile arttığı, en yüksek dayanıma ise %5 kireç katkısı ile ulaşıldığı görülmüştür. Ayrıca, esnek ve rijit yol üstyapısının projelendirilmesinde kullanılan AASHTO (1986) (American Association of State Highway and Transportation Officials) metodu ile kireç katkılı kil zeminin 'Taban Zemini Esneklik Modülü M_R (psi)' ile 'Yatak Katsayısı k (pci)' parametreleri, esnek ve rijit üstyapılarda hem maliyet hem de tabaka kalınlıkları açısından araştırılmıştır.

1. Kil zemin içindeki kireç miktarı arttıkça likit limitte, az olmakla birlikte bir artış görülmektedir. Plastik limitteki artış daha fazla olduğu için bu değişimlerin sonucu olarak plastisite indeksi azalmıştır. Bu azalma zeminin suya hassasiyetinin azaldığını göstermektedir. Ayrıca, plastisite indeksindeki düşüşe bağlı olarak zeminin işlenebilirliğinin artacağı düşünülmektedir.

2. Kil zemin içindeki kireç miktarı arttıkça, optimum su içeriği artmakta, maksimum kuru yoğunluk ise azalmaktadır.

3. 7 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin serbest basınç mukavemetini 1.81 kat arttırdığı, 28 günlük kür sonunda ise %5 kireç katkısı kilin serbest basınç mukavemetini 3.02 kat arttırdığı görülmüştür.

4. 7 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin CBR değerini 1.37 kat artırmıştır. 28 günlük kür sonunda kil zemininin 2.5 ve 5 mm'lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %32.0 ve %26.4'dir. 28 günlük kür sonunda %5 kireç katkılı kil zemininin 2.5 ve 5 mm'lik deplasmanlara karşılık gelen düzeltilmiş CBR değerleri sırasıyla %57.1 ve %66.7'dir. 28 günlük kür sonunda %5 kireç katkısı kilin CBR değerini 2.08 kat artırmıştır.

5. Esnek üstyapılarda, ' M_R ' değerinin 100.000 (%5 kireç katkılı kil zemin) yerine 48.000 alınması (kil zemin) durumunda üstyapı sayısında $((6,97-5,614) \times 100) / 5,614 = \%24.15$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini $6.02 \times 24.15 / 100 = 1.453$ TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 100 km. uzunluğundaki esnek bir üstyapıda $20 \times 100.000 \times 1.453 = 2.906.000$ TL maliyet artışına sebep olmaktadır. Bu nedenle esnek üstyapılarda M_R 'nin, stabilize edilmemiş zemin değerinin hesaplamalarda kullanılması durumunda yatırım giderleri gereksiz yere artırılmış ve bu durumun ekonomik zararlara yol açabileceği tespit edilmiştir.

6. Rijit üstyapılarda, kil zemin için $D=12,215$ inç iken %5 kireç katkılı kil zemin için $D=10,811$ inç olup 'k' değerinin 10,811 inç (%5 kireç katkılı kil zemin) yerine 12,215 inç (kil zemin) alınması durumunda üstyapı kalınlığında $((12,215-10,811) \times 100) / 10,811 = \%12,98$ 'lik fazla değer elde edilmiş olmakta ve bu durum 1 m² üstyapı maliyetini $1.65 \times 12.98 / 100 = 0.214$ TL artırmaktadır. Çift şeritli bölünmüş (platform genişliği 20 m.) 100 km. uzunluğundaki rijit bir üstyapıda $20 \times 100.000 \times 0.214 = 428.000$ TL maliyetin artmasına sebep olmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1] Çakılcıoğlu, İ., 2007. Yüksek Plastisiteli Killerin Stabilizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [2] Kılıç, G., 2008. Çimento İle Zemin Stabilizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Hausman MR., 1990. Engineering Principles of Ground Modification International Edition, 321-335, New York: McGraw-Hill.
- [4] Mitchell, J. K., 1981. Soil improvement-state of the art report. In Proc., 11th Int. Conf. on SMFE, 4, p. 509-565.
- [5] Van Impe, W. F., 1989. Soil improvement techniques and their evolution. Aa Balkema Rotterdam 124 s.



- [6] Kavak A., 1996. The Behavior Of Lime Stabilized Clays Under Cyclic Loading Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi 167 S., İstanbul.
- [7] Erşan, H., 1996. Uçucu Küllerin Siltli Zeminlerin Kayma Mukavemeti Üzerine Etkisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ,Yüksek Lisans Tezi,75 s.,İstanbul,
- [8] Savran K.Z., 1988: Stabilization Of Cohesive Soils With Fly Ash, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, 62 S.,Ankara.
- [9] Bell F.G., 1988. Stabilization and treatment of clayey soils with lime, Part 1- Basic Principles, Ground Engineering, 21(1), pp.10-15.
- [10] Nelson J.D., Miller J.D., 1992. Expansive Soils-Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering, J.Willey and Sons, New York.
- [11] Lambe T.W., 1962. Soil Stabilization, Chapter Four of Foundation Engineering, G.A. Leonards (ed), McGraw-Hill, New York.
- [12] Cilason N. Toprak Stabilizasyonu, K.G.M., Yayın No:122, Ankara. 1964.
- [13] Kök B.V, Yılmaz M, Geçkil A. Çimento Stabilizasyonlu Zeminin Esnek Üstyapı Maliyetine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt 18, Sayı 3, 2012, Sayfa 165-172.
- [14] Bilge, T., 2011. Yüksek firm cürufu katkısının kil zeminlerin stabilizasyonuna etkisinin araştırılması, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi,107 s., Balıkesir.
- [15] TS 1900-2, 2006. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri-Bölüm 2:Mekanik Özelliklerin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.: 1986.
- [17] <http://www.birimfiyat.net>, 2018.



DOCOL 1400 SAC MALZEMESİNİN ŞEKİLLENDİRİLEBİLİRLİK VE GERİ ESNEME DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Mehmet Tahta^{1*}, Gökhan Küçüktürk², Hakan Gürün³, İbrahim Karaağaç³

1 Gazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Ankara, Türkiye

m-tahta1@hotmail.com

2 Gazi Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Ankara, Türkiye

gkucukturk@gazi.edu.tr

3 Gazi Üniversitesi, İmalat Mühendisliği, Ankara, Türkiye

hgurun@gazi.edu.tr

ibrahimkaraagac@gazi.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Bu çalışmada Docol 1400 sac malzemesinin V bükme işlemi sonrası oluşan geri esneme davranışına sac malzeme kalınlığı, zımba ucu yarıçapı, kalıp açısı parametrelerinin etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deney parametreleri; kalıp açısı (30°, 60°, 90° ve 120°), zımba ucu yarıçapı (0 mm, 2mm ve 4 mm), sac kalınlıkları (1,2 mm, 1,5 mm) olarak belirlenmiştir. Deneysel çalışma esnasında şekillendirme hızı 10mm/s şekillendirme kuvveti ise 3000 N olarak belirlenmiştir. Oda sıcaklığında kalıp açısındaki her 30°'lik artışın geri esneme miktarında zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğunda ortalama 0,12°'lik, zımba ucu yarıçapı 2 mm olduğunda ortalama 2,74°'lik, zımba ucu yarıçapı 4 mm olduğunda da ortalama 3,36°'lik bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sac kalınlığındaki %25'lik bir artışın geri esneme miktarında zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğunda ortalama 0,11°'lik, zımba ucu yarıçapı 2 mm olduğunda ortalama 1,12°'lik, zımba ucu yarıçapı 4 mm olduğunda ortalama 1,52°'lik bir azalışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Geri esneme, V-bükme, Docol 1400*

1. Giriş

Docol çeliği; soğuk haddelenmiş, ileri düzeyde yüksek dayanımlı çelik malzemelerdendir. Yan darbe kırımları, tamponlar ve yapısal bileşenler gibi otomotiv uygulamaları için sıklıkla tercih edilen malzemelerdendir. Docol 1400 ise çift fazlı bir çelik olup, çarpma dayanımı yüksektir ve otomotiv sektörü için çok hafif bir tasarım ve etkin maliyetli üretim yöntemleri sağlamaktadır [1]. Sac metallerin günümüzdeki kullanım alanları çok kapsamlı olmakla birlikte her geçen gün bu tarz şekillendirilmiş levhalarının kullanımı artmaktadır. Sac metallerin şekillendirilmesi işlemi için birçok farklı yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerden biri de bükme işlemidir. En çok kullanılan bükme çeşitleri V-bükme, U- bükme, kenar bükme ve serbest bükmedir [2]. Uygulanan şekil verme yöntemi ile parçaya istenilen şekil verilirken parçada elastik ve plastik deformasyonlar oluşmaktadır. Bu deformasyonlar esnasında malzemeye uygulanan kuvvet kaldırıldığında, malzeme eski haline dönmeye çalışır ve bir miktar geri esneyerek geriye doğru açılır. Bu davranışa geri esneme adı verilmektedir [3,4]. Sac malzeme türü, malzeme kalınlığı, zımba ucu yarıçapı, ütüleme süresi, kalıp açısı ve bükme bölgesi sıcaklığı geri esnemeyi etkileyen faktörlerdendir [4].

Geri esneme davranışı, sac metal şekillendirmede gözlemlenen en yaygın olaylardan biridir. Literatürde sac malzemelerdeki geri esneme davranışı hakkında birçok deneysel ve sayısal yöntemlerin kullanıldığı çalışma mevcuttur. Mori ve arkadaşları (2007) CNC servo preslerin kalınlık kontrollü bükme için elverişli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca şekillendirme hızının ve alt ölü merkezdeki ütüleme süresinin geri esneme üzerindeki etkilerinin çok küçük olduğunu belirlemişlerdir [5]. Lim ve arkadaşları (2012) zamana bağlı geri esneme davranışını incelemişlerdir. Test edilen tüm yüksek mukavemetli çeliklerin tamamında ve alüminyum alaşımlarının yaklaşık 1/3'ünde geri esneme gözlemlenmiştir [6]. Yanagimoto ve arkadaşları (2007) çalışmalarında yüksek mukavemetli çeliklerin sıcak şekillendirme koşulları altında geri esneme mekanizmalarını araştırmışlardır. Geri esnemenin 477 °C 'yi aştıkça önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır [7]. Öztürk ve arkadaşları (2009) çalışmalarında yüksek mukavemetli çeliklerden DP600 sac malzemesinin ılık şekillendirme esnasında geri esneme davranışını incelemişlerdir. 200 °C ye kadar artan geri esneme miktarının bu değerden sonra azaldığı tespit edilmiştir. Malzemenin geri esneme miktarı ve şekillendirilebilirliğinin sıcaklık ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Malzemenin farklı yönlerde ve farklı sıcaklıklarda karmaşık davranışlar gösterdiği tespit edilmiştir [8]. Karaağaç ve arkadaşları (2019) çalışmalarında bölgesel ısıtma sıcaklığının ve bükme parametrelerinin galvanizli DP600 sac malzemenin V bükülmesinde şekillendirilebilirlik ve geri esneme üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Geri esneme açısının ısıtma sıcaklığı oda sıcaklığından 200 °C'ye yükseldiğinde arttığı, ısıtma sıcaklığı 200 °C'den 400 °C'ye yükseldiğinde azaldığı ve ısıtma sıcaklığı 400 °C'den 500 °C'ye yükseldiğinde tekrar arttığını belirtmişlerdir [9].



Yapılan literatür araştırmaları sonucunda Docol 1400 çeliğinin oda sıcaklığında V bükme işlemi sonucunda geri esneme davranışı ile ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada Docol 1400 çeliğinin 1,2 mm ve 1,5 mm kalınlıkları için oda sıcaklığında zımba ucu yarıçapının 0 mm, 2 mm ve 4 mm olduğu durumlar için, 30, 60, 90 ve 120°'lik bükme kalıplarında V-bükme işlemine tabi tutulması ile geri esneme davranışının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneyel çalışmalar Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği laboratuvarlarında bulunan elektronik kontrollü deney cihazında yapılmıştır. Deney cihazının zımba hızını, bükme kuvvetini, ütüleme süresini ayarlayıp kontrol edebilen bir elektronik kontrol yazılımı mevcuttur. Deney numuneleri 40*20 mm boyutlarında giyotin makas tezgahında kesilerek hazırlanmıştır. Deney cihazında şekillendirme zımbasının üzerinde hidrolik bir yük ünitesi bulunmaktadır. Programa girilen kuvvet değeri ile yük ünitesinin sahip olduğu kuvvet değeri aynı seviyeye ulaştığı zaman ütüleme süresi miktarınca zımba iş parçasına kuvvet uygulamaktadır. Ancak bu çalışmada ütüleme süresi dikkate alınmamıştır. Oda sıcaklığında soğuk şekillendirme şartlarında 30,60,90 ve 120°'lik kalıplarda 1,2 mm ve 1,5 mm kalınlıklarındaki sac parçaları, zımba ucu yarıçapı 0 mm, 2mm ve 4 mm olacak şekilde V bükme işlemine tabi tutulmuştur. Her işlem iki kez tekrar edilmiş olup yapılan tüm deneyler sonucunda numunelerin tamamının geri esneme açıları bilgisayarlı koordinat ölçme cihazı (CMM) yardımıyla ölçülmüştür.

Deney düzeneği; mekanik ünite, elektrik ünitesi, elektronik kontrol ve veri alma ünitesi, hidrolik ünite ve kalıp grubundan oluşmaktadır. Deney düzeneğinin genel görüntüsü Şekil 2.1'de, deney malzemeleri Şekil 2.2'de, deneysel çalışmalarda kullanılan kalıp ve zımbalarda Şekil 2.3'de verilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılan deney parametreleri de Tablo 1'de belirtilmiştir.



Şekil 2.1 Deney Düzeneğinin Genel Görünüşü

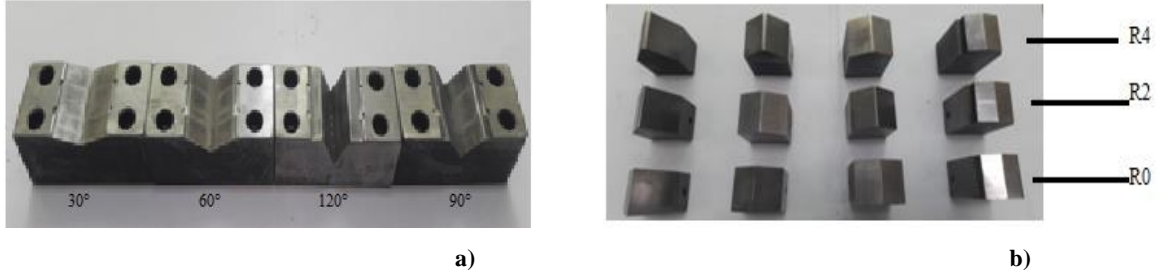


Şekil 2.2 Deneysel Çalışma Malzemeleri a) Bükme İşlemi Öncesi b) Bükme İşlemi Sonrası

Tablo 1: Deney Parametreleri

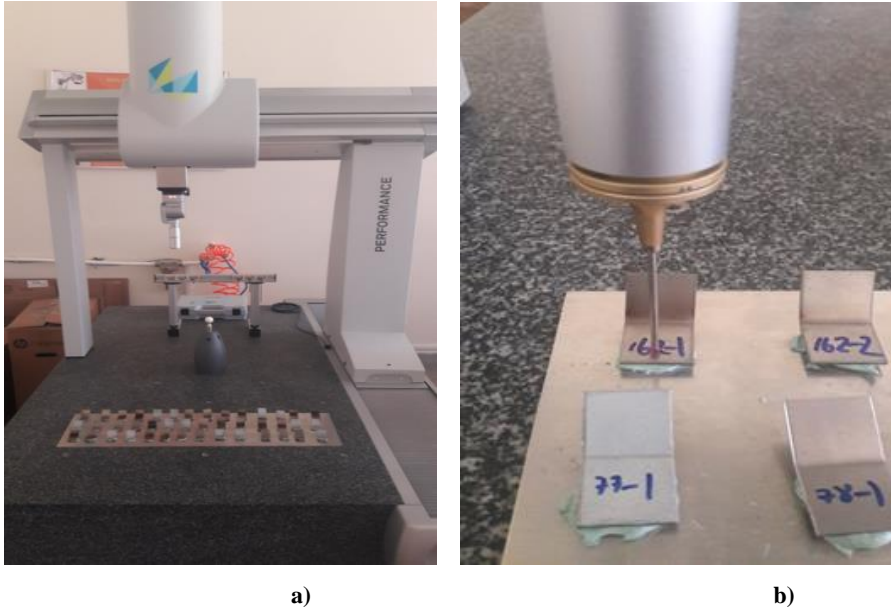
Deney Parametreleri	Parametre Değerleri
Malzeme	Docol 1400
Kalıp Açısı	30°,60°,90°,120°
Zımba Ucu Yarıçapı	0 mm- 2mm - 4 mm
Sac Kalınlığı	1,2 mm - 1,5 mm





Şekil 2.3 Deneysel Çalışma Kalıpları a)Dişi Kalıp b)Zımbalar

Geri esneme ölçümü bilgisayar koordinat ölçme cihazı (CMM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm işleminde öncelikle deney numuneleri bir sac levhanın üzerine yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi esnasında büküm açısının bozulmamasına dikkat edilmiştir. Ölçüm cihazı probu büküm yüzeyindeki üç farklı noktaya değiştirilerek bir düzlem oluşturulmuştur. Akabinde diğer yüzeyden üç farklı nokta seçilerek bir düzlem daha oluşturulmuştur. İki düzlem arasındaki açı hesaplanarak bükme açısına göre geri esneme değeri elde edilmiştir. CMM ile ölçüm ortamına ait görüntüler Şekil 2.4’ de verilmiştir.

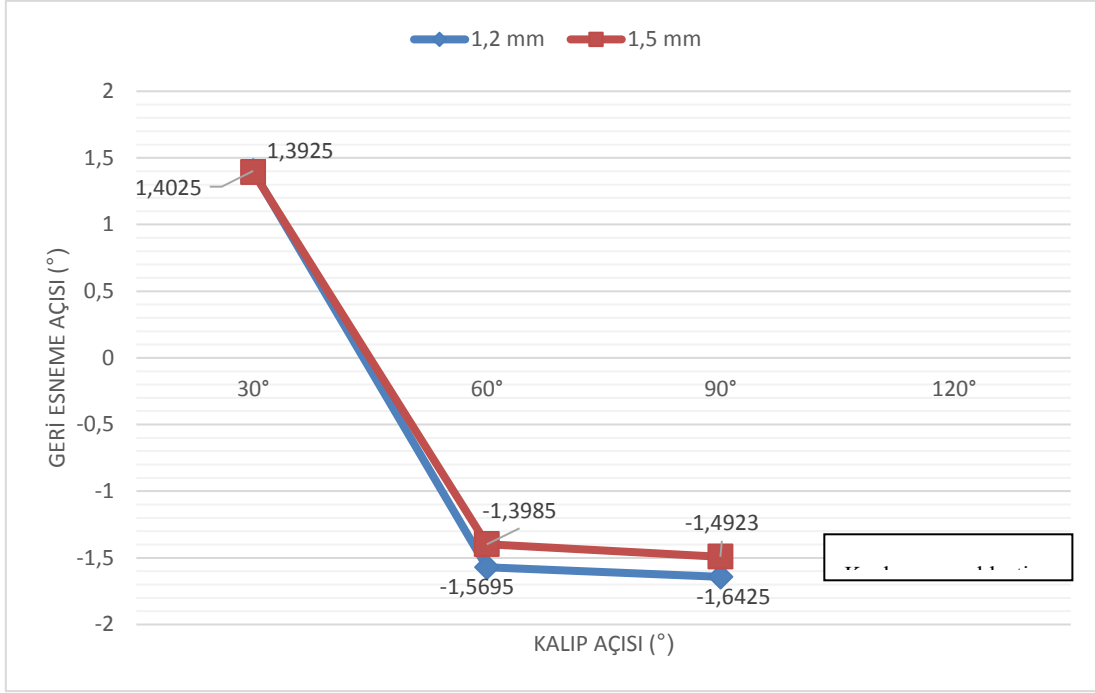


Şekil 2.4 Geri Esnemenin CMM cihazında ölçümü a) CMM Cihazı b) CMM’de düzlem oluşturma

3. Sonuç ve Tartışma

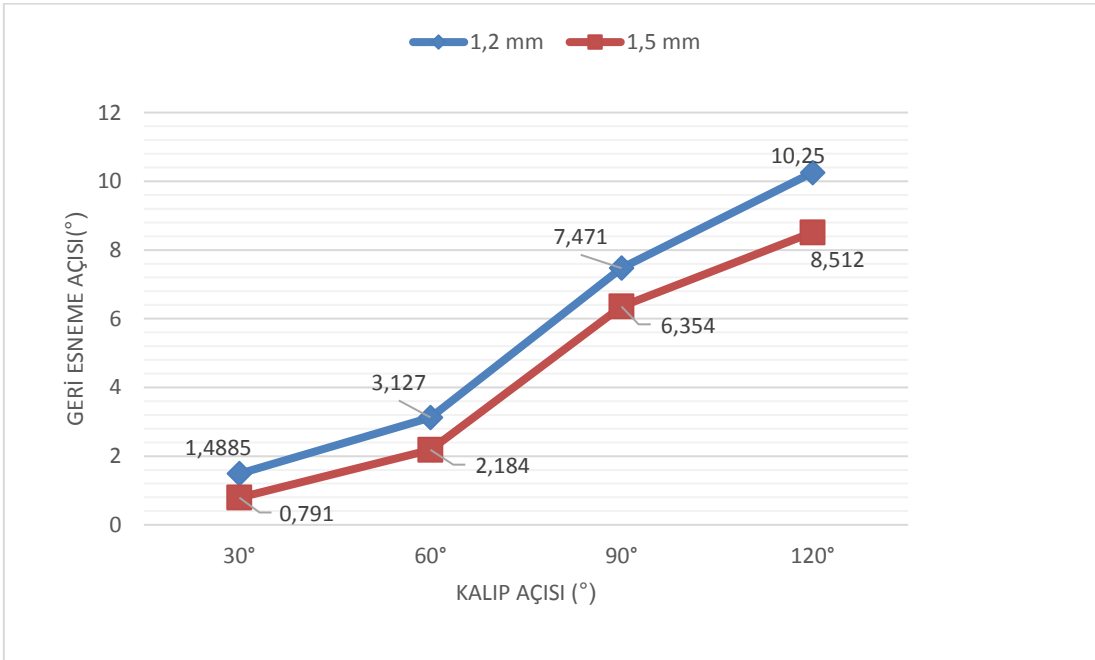
Zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğu durum için kalıp açısı ve geri esneme ilişkisi Şekil 3.1’de verilmiştir. 30°’lik kalıp açısında geri esneme, 60 ve 90°’lik kalıp açılarında ise ileri esneme gözlemlenmiştir. 120°’lik kalıp açısında ise kırılma gerçekleşmiştir. Sac kalınlığının %25 oranında artmasıyla ileri esneme miktarında 0,0834°’lik bir artış meydana gelmiştir.





Şekil 3.1 Kalıp Açısı-Geri Esneme İlişkisi Zımba Ucu Yarıçapı 0 mm

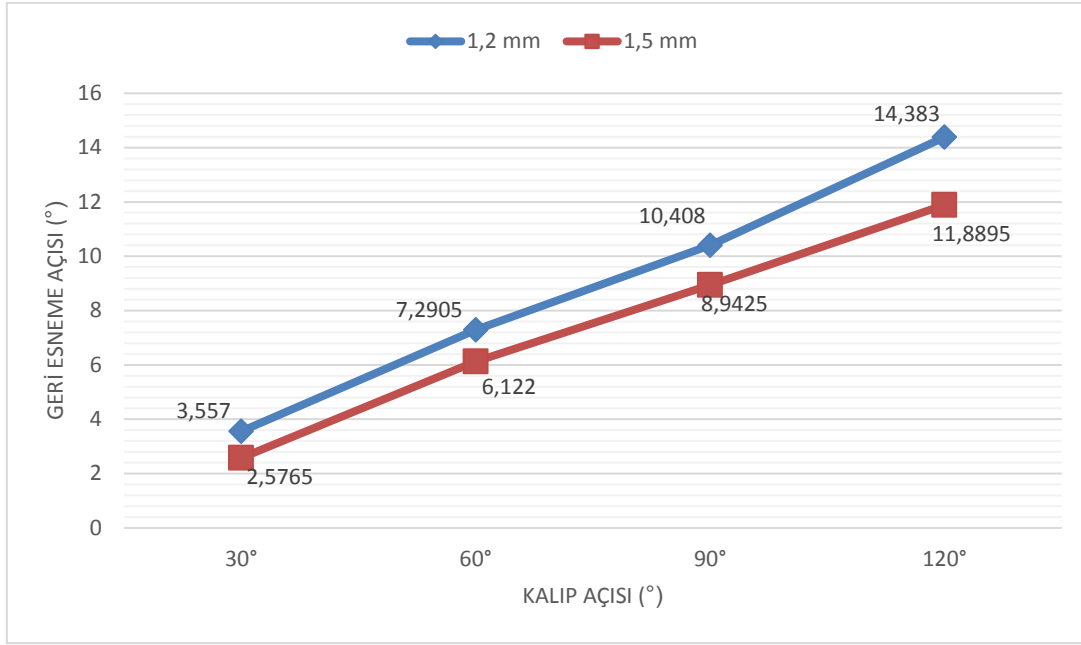
Zımba ucu yarıçapı 2 mm olduğu durum için kalıp açısı ve geri esneme ilişkisi Şekil 3.2'de verilmiştir. Kalıp açısının artmasıyla geri esneme miktarının arttığı tespit edilmiştir. Kalıp açısındaki her 30°'lik artışın geri esneme miktarında ortalama 2,74°'lik artış meydana getirmiştir. Bu durumun temel nedeni büküm bölgesinin alt ve üst kısmında çekme ve basma gerilmelerinin artmasıdır.



Şekil 3.2 Kalıp Açısı-Geri Esneme İlişkisi Zımba Ucu Yarıçapı 2 mm

Zımba ucu yarıçapı 4 mm olduğu durum için kalıp açısı ve geri esneme ilişkisi Şekil 3.3'de verilmiştir. Sac kalınlığındaki %25'lik bir artışın geri esneme miktarında 1,527°'lik azalışa sebep olduğu ve kalıp açısındaki her 30°'lik artışın geri esneme miktarında 3,36°'lik artışa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.





Şekil 3.3 Kalıp Açısı-Geri Esneme İlişkisi Zımba Ucu Yarıçapı 4 mm

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Docol 1400 sac malzemesinin bükme işlemi sonrası geri esneme adı verilen bir şekillendirme kusurunu etkileyen parametreler deneysel olarak araştırılmıştır. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen bulgular aşağıda derlenmiştir.

1)Deney numuneleri zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğunda her iki sac kalınlığı için 120°'lik bükme işlemi esnasında kırılma gerçekleşmiştir. 30°'lik bükme işlemi sonucunda geri esneme, 60 ve 90°'lik bükme işleminde ise ileri yönde esneme gözlemlenmiştir.

2)Genel olarak ise zımba ucu yarıçapının artmasıyla geri esneme miktarının arttığı tespit edilmiştir. Zımba ucu ile sac metalin temas yüzeyi arttıkça geri esnemenin etki alanı genişlemesi bu durumun temel sebebi olduğu gözlemlenmiştir.

3)Kalıp açısındaki her 30°'lik artışın geri esneme miktarında; zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğunda ortalama 0,1252°'lik, zımba ucu yarıçapı 2 mm olduğunda ortalama 2,74°'lik, zımba ucu yarıçapı 4 mm olduğunda ortalama 3,36°'lik bir artışa sebep olduğu belirlenmiştir. Bu durumun temel nedeni büküm bölgesinin alt ve üst kısmında çekme ve basma gerilmelerinin artmasıdır. Çift fazlı saclar ile yapılan diğer çalışmalarda da kalıp açısı ile geri esneme miktarının doğru orantılı olarak değiştiği gözlemlenmektedir.

4)Sac kalınlığındaki %25'lik bir artışın geri esneme miktarında; zımba ucu yarıçapı 0 mm olduğunda ortalama 0,11°'lik, zımba ucu yarıçapı 2 mm olduğunda ortalama 1,12°'lik, zımba ucu yarıçapı 4 mm olduğunda ortalama 1,527°'lik bir azalışa sebep olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara ek olarak ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından; sac metallerin geri esneme probleminin telafisine yönelik çok fazla ilerleme kaydedilmesine rağmen, endüstriyel fayda için önemli olan bu sorunları çözmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu, bükme yönü ile hadde yönü paralel olacak şekilde çalışmalar yapılarak hadde yönünün Docol 1400 saclarında geri esneme ile olan ilişkisinin incelenmesi gerektiği, ve ütleme süresinin Docol 1400 sacları için geri esneme üzerindeki etkileri araştırılmasının gerektiği değerlendirilmektedir.

5. Kaynaklar

1. SSAB. Docol 1400. <https://www.ssab.com.tr/products/brands/docol/products/docol-1400m> (Erişim: 12.05.2019).
2. Tekaslan, Ö., Gerger, N., Seker, U.(2008). V-Bükme Kalıplarında Bakır Sac Malzemelerin Geri Esneme Miktarlarının Tespiti, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi,23, 231-238.
3. Kalpakjian, S. (2000).Manufacturing Engineering and Technology, Prentice Hall.
4. Tan, Z.,Persson, B., Magnusson, C. (1992). “Empiric Model for Controlling Springback in V-Die Bending of Sheet Metals”, Journal of Materials Processing Technology, Cilt 34, No 1-4, 449455.
5. Mori, K.,Akita, K., Abe, Y. (2007). Springback Behaviour in Bending of Ultra-High-Strength Steel Sheets Using CNC Servo Press, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47, 321–325, 2007.
6. Lim, H., Lee, M.G., Sung, J.H., Kim, J.H. Wagoner, R.H. (2012). Time-Dependent Springback of Advanced High Strength Steels, International Journal of Plasticity, 29, 42–59.
7. Yanagimoto, J. AndOyamada, K. (2007). Mechanism of Springback - Free Bending of High-Strength Steel Sheets under Warm Forming Conditions, Institute of Industrial Science, 56, 265-268, 2007.
8. Ozturk, F., Toros, S., Kilic, S., (2009). Tensile and Springback Behavior of DP600 Advanced High Strength Steel at Warm Temperatures. Journal of Ironand Steel Research, International, 16(6), 41-46.



9. Karaağaç, İ., Önel, T., Uluer, O. (2019). The Effects Of Local Heating On Springback Behaviour İn V Bending Of Galvanized DP600 Sheet. *Ironmaking & Steelmaking*, DOI: 10.1080/03019233.2019.1615308.
10. Aslan, Y., Karaağaç, İ. (2014). V Bükmede Geri Esneme Davranışları, *GU J SciPart:C*, 2(3):255-263.
11. Wang, L., Huang, G., Zhang, H., Wang, Y. Yin, L. (2013). Evolution of Springback and Neutral Layer of AZ31B Magnesium Alloy V Bending Under Warm Forming Conditions, *Journal of Materials Processing Technology*, 213, 844– 850, 2013.
12. Sarıkaya, O. T. (2008). Analysis of Heat Treatment Effect on Springback in V Bending, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
13. Lee, E., Hwang, J., Lee, C., Yang, D., Yang, W. (2014). A Local Heating Method by Near Infrared Rays for Forming of Nonquenchable Advanced High Strength Steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(4), 784-793.
14. Shu, J.S., Hung, C. (1996). Finite Element Analysis and Optimization of Springback Reduction: The “Double-Bend” Technique, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 36(4), 423-434.
15. Schuler. (1998). *Metal Forming Handbook*, Germany: Springer.
16. Groover, M.P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing 4th*, Lehigh University,
17. Çapan, L. (1999). *Metallere Plastik Şekil Verme, Çağlayan Kitabevi*, İstanbul,
18. Marciniak, Z., Duncan, J. L., and Hu, S. J. (2002). “*Mechanics of Sheet Metal Forming*”, Butterworth-Heinemann, Oxford, 82-107.
19. Suchy, I. (2006). “*Handbook of Die Design*”, 2nd Ed., Inc, McGraw-Hill Book Company, 86-88.
20. Gupta, T.R., Sidhub, S.S., Payal, H.S. (2018). Effect of Die Width on Springback of Electro Galvanized CR4 Steel During Air Bending, *Materials Today: Proceedings*, 5, 18416–18425.
21. Phantit Wong, W., Thipprakmas, S. (2016). Development of a New Springback Factor for a Wiping Die Bending Process, *Materials & Design*, 89, 749-758.
22. Leu, D.K., Hsieh, C.M. (2008). The Influence of Coining Force on Springback Reduction in V-Die Bending Process, *Journal of Materials Processing Technology*, 196;1–3, 230-235.
23. Ragai, I., Lazim, D., Nemes, J.A. (2005). Anisotropy and Springback in Draw-Bending of Stainless Steel 410: Experimental and Numerical Study, *Journal of Materials Processing Technology*, 166; 116-127.



HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BIOŠTICA RIVER BASIN IN THE ZONE OF THE CERUSSITE MINE IN OLOVO (BOSNIA AND HERZEGOVINA)

M. Operta, M¹, S. Pamuk², L. Žunić³

^{1,3} University of Sarajevo Faculty of Science, Zmaja od Bosne 33-35, 71000 Sarajevo Bosnia and Herzegovina

e-mail: mevlidaoperta@gmail.com

² Energoinženjering, Sarajevo

Abstract

The Bioštica river basin belongs to the Bosna river basin. The total area of the basin is 482 km². The Bioštica originates about 6-7 km northwest of Sokolac. The total length of the Bioštica's course from its source to Olovo, where it connects with the Stupčanica and makes the Krivaja river, amounts 31 km. The source of the river Bioštica is composed of a strong karst spring called Dubljani.

As a result of intensive underground drainage, a number of permanent and occasional springs occur in the lower parts of the basin, mainly along the Bioštica riverbed. Some springs have maximum capacities, and the most important ones are Zeleni vir (springs), Kruševačka vrela (springs) and vrela (spring) Boljača. In addition to the springs that occur along the Bioštica, part of the water from the area of karst aquifer of the left backshore drains to the north, towards the Krivaja riverbed.

In the lower course of the Bioštica River as well in Zeleni vir, in the exploitation field zone, investigation works are performed for the needs of the lead mine. These are conducted investigation boreholes and horizons (profiles). They are located both on the left and right side of the Bioštica River, on the localities of Slavanj, Prgoševo, i.e. they are located towards the hill Očekalj, on the right.

The Zeleni vir is particularly important for the area of lead mineralization because its underground and surface basin takes the area of stretching of the cerussite ore veins. The Zeleni vir are represented by the two occurrences of concentrated groundwater discharges, at a distance of 60 m, which make a unique hydrogeological unit. The insignificant part of the underground water discharges also along this distance. Across the Zeleni vir, the underground karst reservoir is drained with a total area of about 39 km². The springs occur along the tectonic contact of Triassic limestone and diabase-chert formation as a complex hydrogeological barrier. The presence of diabase-chert formation as a complex hydrogeological barrier and their complex relationship with Triassic limestone conditioned also the occurrence of groundwater discharges in this part of the terrain.

The paper presents hydrographic, geomorphological characteristics, geological-tectonic and hydrogeological characteristics of the terrain in the zone of the cerussite mine in Olovo. The springs area of Zeleni vir is elaborated, which is especially important for the mining zones.

Keywords: hydrographic, geomorphological characteristics, geological-tectonic, hydrogeological characteristics, river basin, springs, mine, ore zone, ore veins, cerussite, lead.

1. Introduction

The Bioštica river originates on Romanija, southeast of Knežina settlement. In its course, on the right side, the river receives several larger and smaller streams, of which Kruševica, Dobrača, Suha česma and Rakitnica stand out, and on the left side Brešnjica and Kaljina. From its source, the Bioštica flows in the direction of the northwest, and retaining the general direction, it comes to Olovo, where at the altitude of about 530 m it connects with the Stupčanica and creates a stream of the Krivaja river (fig. 1). The town of Olovo is located 50 km northeast of Sarajevo on the main road Sarajevo-Tuzla. The total length of this course is 31 km. As a result of intensive underground drainage, a number of permanent and occasional springs occur in the lower parts of the basin, mainly along the Bioštica riverbed. The most important among them are: Zeleni vir (springs), Kruševačka vrela (springs) and Boljača spring.





Figure 1. Geographical position.

The Zeleni vir (springs) are represented by the two occurrences of concentrated groundwater discharges, at a distance of 60 m, which make a unique hydrogeological unit. Across the Zeleni vir, the underground karst reservoir is drained with a total area of about 39 km². The spring occurs along the tectonic contact of Triassic limestone and diabase-chert formation as a complex hydrogeological barrier. The Zeleni vir is a modern resort that has been the most visited place in Olovo for years. In addition to sinkholes, there are various geomorphologic forms in the Zeleni vir basin area. The Bioštica river basin has also been covered within the regional hydrogeological surveys of the terrain of central Bosnia. During these works, by dye tracing of the Leava (Luburić polje) watercourse, it was determined that the water from this sinkhole goes to the Bioštica source. Within the same research, by dye tracing of the Bugojevac stream near Kruščan, B. Đerković determined that the water flows to the Zeleni vir. The same author performed a dyeing experiment in the sinkhole near Bijambare cave and found that it was in a hydrogeological connection with the Orlje spring.

Since the Middle Ages, lead ore deposits have been known in Olovo, after which Olovo (lead) was named. The main carrier of the ore mineralization is lead carbonate, cerussite, which is found in ore veins in decomposition crust and in the ruins of old mining works. The ore veins are grouped into two ore fields: the Očekalj field, east of the Bioštica canyon, and Prgoševo field, west of the Bioštica. Investigative adits so far derived in Middle and Upper Triassic limestones are situated above the maximum levels of groundwater, but groundwater inflows into these works can be expected at higher water levels

2. Basic Characteristics Of The Bioštica River Basin

The Bioštica river basin belongs to the Bosna river basin. The Bioštica river meets the Stupčanica at the town of Olovo, where they make the course of the Krivaja river.

The Bioštica source is composed of a strong karst spring called Dubljani, with minimum yield (of about 0.3 m³/s) and average flow (of about 0.9 m³/s), and of several permanent springs as well as several occasional springs. The riverbed is mostly cut into the canyons, partly deep up to few hundred meters (fig. 2).





Figure 2. The Bioštica River canyon.

The Bioštica river basin is surrounded by central Bosnian mountains, which, by orographic and underground watershed, they separate it from the Stupčanica river basin in the north and northeast, the Prača in the southeast, the Miljacka in the southwest, and the Ljubina in the west.

Numerous sources and springs (permanent and occasional) are situated on both valleys of the river Bioštica, all the way to the source zone.

In geomorphological view, this river basin is made of mountain part and karst area inside which are developed karst shapes like ravines, caves and zones with sinkholes.

The Bioštica river valley is geomorphologically different, concerning the geological conditions in the areas the river was cut into. It is mostly a canyon with very sharp and steep sides in the central and lower parts of the terrain.

The Bioštica river basin was made mainly from carbonate deposits of Mesozoic, then clastic sediments of Mesozoic, as well as Quaternary sediments. The relatively high presence of carbonate sediments in the material caused the karst characteristics of this area. If we analyze the presence of rocks according to geological formations, the most widespread in this area are Triassic sediments, followed by the presence of clastic sediments of the Jurassic distributed in the upper, central and northeastern part of the river basin, and clastic and clastic-carbonate sediments of the Jurassic and the outflows of magmatite.

In the Bioštica river basin, the following structural-facial units are identified:

Structural-facial unit of the mount Romanija was built of clastites and carbonates of Triassic and clastites of Jurassic. Within this structural-facile unit, a tectonic unit of Romanija was also set up.

It takes the largest part of this unit and towards west it can be traced through Olovo to Vareš.

Central ophiolitic zone is the most frequent in this part of the basin. Within this zone, the complex of volcanogenic-sedimentary formations stands out. Ultrabasic magmatic rocks by the tectonic pathway were brought to this complex followed by intrusions and effusions of basic magma.

The Drina-Ivanjica Paleozoic is formed by the Middle Carbon and Triassic formations. Within this structural-facial unit, the Han Pijesak-Devetak-Knežina unit stands out here. In this unit, Triassic limestones lie tectonically across the central ophiolitic zone.

3. The Zeleni Vir Orographic, Hydrographic and Geomorphological Characteristics of The Terrain

The area of the Zeleni vir and Šišnjak is characterized by an extremely karst type of relief, where the Bioštica River was deeply cut in the canyon. Canyon sides are craggy with sharp and steep sides. The formation of the canyon is predisposed by geological structure and tectonic structure.

On the left side of the canyon stands karst plateau from which stands Šišnjak peak, elevation of 794 m, with numerous sinkholes and caves. The right side of higher parts of the canyon is also found in flattened karst plateau Stupni do, elevation up to 721 m, and Krščan vrh peak (794 m).

Hydrographic network of this area is very scarce. There is almost no surface flow, which means that this terrain is heavily karstified. Surface waters flow through privileged directions and sinks located on both sides of the river. The movement of groundwater has been established and proven by dye tracing of sinkholes and exploratory works that are in the immediate vicinity. This indicates that this part of the basin has a branched underground hydrographic network. This is indicated by a strong karst spring called Zeleni vir, located in the downstream part of the partition profile. The river was deeply cut in this part of the terrain, thus forming a stream type river flow.



On a drainage area of 440,85 km², a mean flow of $Q_{sr} = 6,241$ m³/s was obtained.

4. Geological and Tectonic Characteristics

The wider space is built basically by the formations of Mesozoic and Quaternary age.

Mesozoic formations are built by sediments of the Upper Triassic (T3) represented by Megalodon limestones (fig. 3). These limestones are commonly layered thickness of 10-40 cm, then banked with banks length over 1 m. They are massive sporadic. The color of limestone is light gray, gray, yellowish and rarely rosy. These limestones build the whole observed area and estimated thickness exceeds 500 m.

In tectonic terms, these limestones belong to the structural-facial unit of Romanija, in which the tectonic unit Romanija stands out. They are divided by numerous faults found in the field transversely and upright on the flow of the river.

Quaternary formations have been developed mainly in the area of the river valley, in the riverbed, in the slopes and coves. They have different genetic type, so they are distinguished as eluvial, deluvial, and alluvial formations.

Eluvial formations appear in the form of blankets caused by decomposition of the basic rock mass. They cover slopes and flattened parts of the terrain. They are mostly of clay-sandy-debris composition which thickness ranges from 0.5 to 1 m.

Deluvial formations

These formations are of the identical composition as the eluvial ones, so it is difficult to distinguish them. They are mostly concentrated on mild slopes, coves, valleys, and lateral valley sides. They vary in thickness and range from 1 to 5 m.

Alluvial deposits

River deposits such as gravel, sand, were formed in riverbeds, and in the terraces there are predominantly sediments of small fractions of sandy-dusty and clayish deposits. They vary in thickness and power and are conditioned by different decline gradient.

Within the tectonical map of the Olovo mine surrounding area 1:50 000, the year 1987, the authors Moičević M., Tokić S. and Čičić S. singled out the following structural-tectonic units:

- Structural-facial unit of Nišići
- Structural-facial unit of Olovo-Kaljina
- Central ophiolitic zone: Olovo-Sokolac with a unit of Jurassic-Cretaceous deposits of the Olovske luke-Žeravica-Sokolina and
- Drina paleozoic with rim



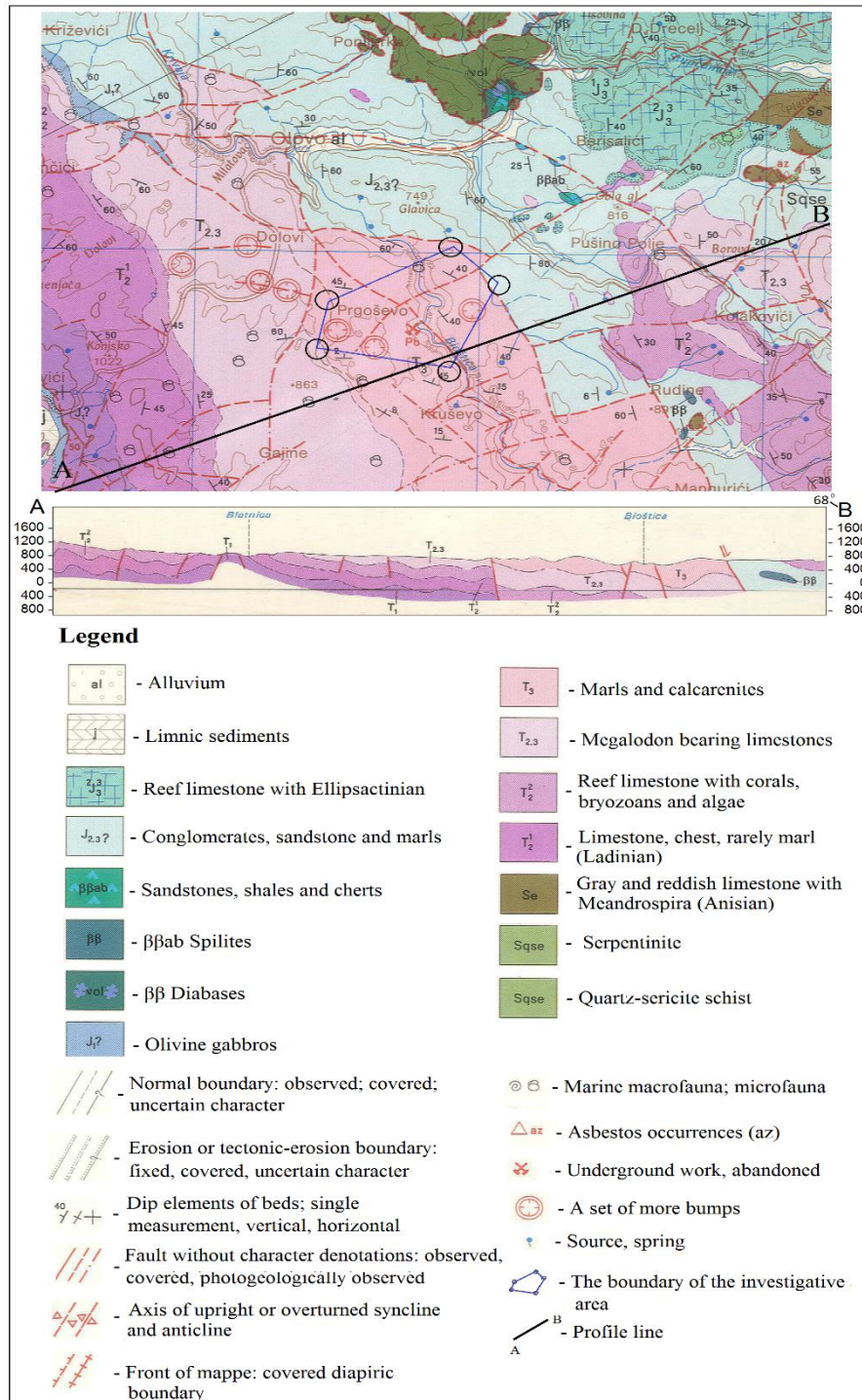


Figure 3. Geological map with geological profile.

The observed terrain within this division mostly belongs to the structural-facial unit of Olovo-Kaljina and the central ophiolitic zone. The southwestern part of the terrain belongs to the structural-facial unit of Nišići. It is situated in a tectonic relation with the Jurassic-Cretaceous flysch zone Sarajevo-Banja Luka, over which it is onlaid. The southeast and eastern part belongs to the Drina paleozoic. Sediments of this tectonic unit are found in tectonic and onlay relation towards the sediments of diabase-chert formation and Mesozoic sediments.

Downstream on the right and left side of the Bioštica, there are strong karst springs and thermal source Zeleni vir. These sources are permanent, and they are fed by karst backshore (determined by dyeing). All the sinkhole waters from the backshore pass through already privileged directions and tectonically faulted zones and below the erosion basis of the Bioštica river.



The deposit of cerussite ore belongs to the structural-facial unit of Olovo-Kaljina, which, in a structural view, it has a shape of laid down anticlinale, drawn over the structural-facial unit of Olovo-Nišići. The forehead of the anticlinale was destroyed during the pulling phase, and only the northeast wing was preserved, which has a complex structure with larger number of smaller folds, directions NE-SW.

Contacts with diabase-chert formation are melange, and in some cases also tectonic-melange. With its greatest part and afterward movements, it is disturbed by the faults of Dinaric directions NW-SE. In addition to these structures, in the area of the "Olovo" deposit, there are large number of faults directed to this direction.

Along them, certain blocks have been vertically lifted and lowered. The third system of faults has north-south direction, which is less presented.

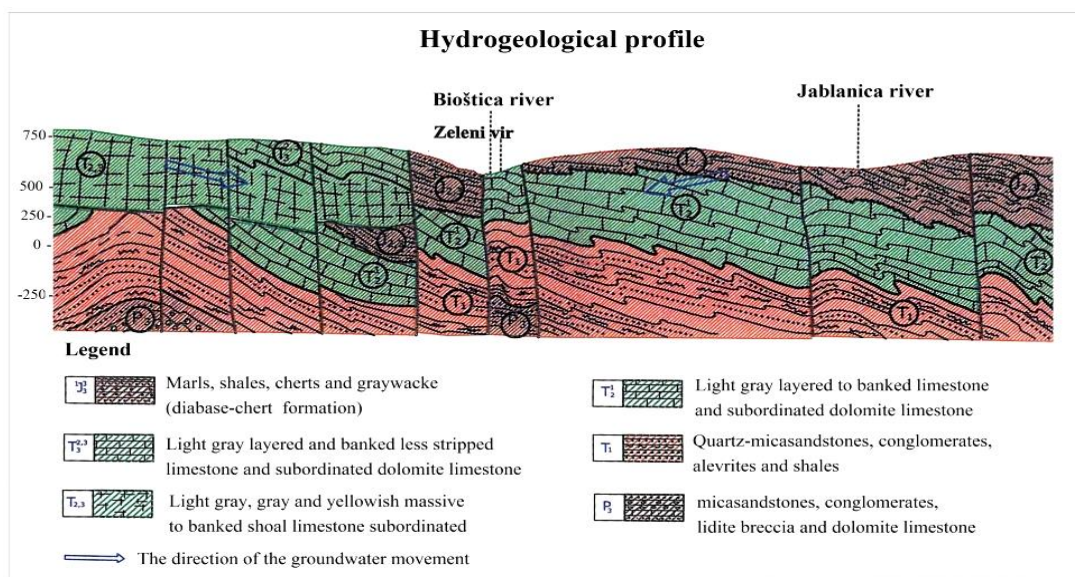
The processes in wider surroundings of the deposit had a direct impact on the formation of fault structure in the Olovo deposit area. There are two faulting stages: pre-ore and post-ore phases. The first phase ended after the end of sedimentation in Triassic, most likely between the Lias and Dogger, when it came to compression, narrowing of sedimentation space, lifting of the terrain and overthrusting. The other phase occurred after ore mineralization in limestone.

5. Hydrogeological Characteristics of the Terrain

The "Zeleni vir" is located in the gorge of the river Bioštica, on its left side approximately 2-3 km southeast of Olovo. It occurs at the beginning of an ophiolitic coating by which, in this part of the terrain, formations of diabase-chert Jurassic formation are drawn on Triassic carbonates and clastites, and which is disturbed by the Krivaja fault (fig.4).

Not far from the thermal water source are karst springs of ordinary water with the same name. According to the available data, the thermal springs yield is 1l/s; water temperature 33 0C and mineralization 415 mg/l. This source is at the height spot of 541.08 m.

The estimated yield of the Zeleni vir is upstream from 0.082 m3/s up to 3.96 m3/s, and the estimated yield of the downstream source ranges from 0.115 m3/s to 6.64 m3/s.



Hydrogeological profile.

Oscillations in yield indicate a fairly good water permeabilty of the karst collector. The temperature of this source varies from 9 0C to 11 0C. Roiling of the spring is very common and it is the strongest in a period of heavy rains, and therefore complicates its use for water supply.

Discharge of groundwater from this basin is carried out in a smaller part both through the source of Boljača and through sources that are located approximately 700 m upstream from the Zeleni vir, and in the period of higher and high water levels through occasional springs and successively along the Bioštica riverbed.

In the basin of the river Bioštica there are a number of hydrogeological phenomena of karst character, of which large number of sinkholes stand out. Thus, on the karst plateau in the area of Ajdinovići-Vladojevići there are several sinkholes that permanently empty. These are the sinks between the Konjsko brdo and Gradina, the sinks of the Malinovica stream, the sink of the Hup source and the Petnjika sink. These sinks are formed on the fault lines that run in the direction of NE-SW, and their capacities are up to several hundred liters per second.

In the right backshore of the Bioštica, there is a Bugojevac sinkhole, which has a capacity of about 600 l/s. In addition to constant sinks, there are also a number of phenomena occurring in this area with occasional water sinking, which capacities reach hundreds of liters per second and even more.



As a result of intensive underground drainage, in the lower parts of the basin, mainly along the Bioštica riverbed, there are more permanent and occasional springs. The most important among them are: Zeleni vir, Kruševačka vrela and Boljača spring. Some of them are partially captured (Zeleni vir) and are used for water supply.

Across the Zeleni vir, underground karst accumulation with total area of 39 km² is carried out. The spring occurs along the tectonic contact of Triassic limestone and diabase-chert formation as complex hydrogeological barrier.

The Zeleni vir are represented by the two occurrences of concentrated groundwater discharge, at a distance of 60 m which make a unique hydrogeological unit. The insignificant part of the underground water discharges also along this distance. The occurrence of water discharge which is non-captured is located 20 m from the river bank and at a 2 m higher height spot. The second occurrence of water discharge is hypsometrically slightly higher, partially captured for the needs of Olovo and is found below the first occurrence along the river flow.

The Zeleni vir represents a modern arranged excursion site which is 2-3 km from the town of Olovo. For years, this place has been the most visited in Olovo, as an ideal place for gathering, organizing of excursions and socializing in nature (fig.5).



Figure 5. Zeleni vir.

There is no reliable data on the amount of water that is being taken for the needs of water supply of Olovo, but based on the needs and incomplete data on their consumption, an average value of 50 l/s can be adopted.

In addition to sinkholes, there are various geomorphologic forms in the Zeleni vir drainage area, like other sinkholes with constant and occasional water downwelling, which occur after the contact of the Lower Triassic clastites and Anisian limestone, and a dry valley of straight-parallel type. The distribution of groundwater within the Zeleni vir basin area is very complex and most likely differs at higher and lower water levels. In a period of higher and high water levels from this area, it flows underground, and partially surface into the river Krivaja basin area.

Within this basin, cracks and poorly developed karstic channels of smaller dimensions, relatively well filled with sandy-clay material have the main accumulative abilities. Relatively long, especially transversal, faults play the role of collectors, groundwater conductors. It should be noted in particular the fault which stretches from the source of the Malinovac stream to Bjelica and the fault which stretches from the hill of Čauševo brdo through the sinkholes between Konjsko brdo hill and Gradina, all until Dolovi.

Going from the southwest to the northeastern area of the Zeleni vir basin, the role of leading water conductors is taken by longitudinal faults of which the fault, stretching from Zabran to the Štoinski Dol, stands out. There is significant fault, stretching from G. Kruševo, through D. Kruševo, Prgoševo, to the contact of limestone and diabase-chert formation and ending in the immediate vicinity of the Zeleni vir, and a fault that stretches from Banja Lučica, through the Kruševačka vrela.

Based on the analysis of all the collected data during the research, it was concluded that the central privileged flow has been probably formed within the fault, which stretches from G. Kruševo, through D. Kruševo and Prgoševo, to the Zeleni vir. Groundwaters of all transverse faults from this basin inflow inflow to this direction. Behind that, the groundwater flows sifonally under the basins of the Bioštica and appears on the Zeleni vir.

In addition to the Zeleni vir, which is the main point of discharge, the groundwaters partially outflow over the constant source of Boljača and the source, which is about 700 m upstream from the Zeleni vir.

In conditions of lower water level, when large underground systems are emptied significantly, and given the depth of karstification and hydraulic connection between the waters of the river Bioštica and groundwater, it comes to significant underwater storage at the expense of infiltration along the river flow. This relationship between the underground and surface water has been proven on the basis of hydrological measurements performed on the profiles along the stream of the river Bioštica.

Within the Bioštica river basin, the Kruševačka vrela basin is also separated.



Of karst hydrology forms, areas with constant water downwelling that is located southeast of the village of Vladojevići are especially emphasized, and less often dry valleys. This is in fact a sinkhole zone formed along the fault that has predisposed a narrow and relatively deep valley, in which the long surface flow from the western part of the terrain sinks. The highest sinkhole is located at the intersection of two mutually directed faults, and downstream of it there are four sinks on the length of approximately 200 m. All sinks are located on the left side of the valley. The lowest one has a sinkhole-shape with 3-4 m in diameter. In these sinkholes on June 27, 1984 a total of about 20-25 l/s of water downwelled. At higher water levels, in the sink area 500 l/s downwells.

The movement of groundwater is carried out along subvertical faults with direction from the southwest towards the northeast, i.e. towards the Kruševačka vrela. In period of higher water levels, part of the underground water is likely to be lost towards the Zeleni vir basin area, as well as towards the Kalinja basin.

Groundwater discharge is mostly done through the Kruševačka vrela, and partly at higher and high water levels, over an occasional hot spring 500 m from the Kruševačka vrela, and over a cave located between these springs and in the immediate vicinity of the Bioštica riverbed.

In the immediate Bioštica river basin, as well as in basin that belongs to the Zeleni vir, exploratory works are performed on the horizons (adits) located on the left and right side of the Bioštica canyon (the Boljača site), that is, towards Prgoševo and the Očekalj hill.

In geological terms, the exploration area of the mine is located in middle Triassic and upper Triassic limestone ($T_{2,3}$, T_3^{2-3} , T_3). In these limestone ore veins occur. Within this zone of ore mineralization, exploratory adits were made, carried out towards ore vein direction. Investigative adits are at a maximum of 200 m in depth. They were carried out by horizons and as such they were marked as well. There is a horizon in the Očekalj area, made from the Bioštica canyon.

It has a general stretching direction along the ore vein and is directed towards the sink of the Bugojevac stream.

The lowest adit at the Prgoševo area is the horizon 583 that also goes along the ore vein.

These height spots of the lowest investigative works, as well as the entire area of ore mineralization, pretty shallow enter the underground.

On the basis of the Zeleni vir hydrogram, and on the basis of defined basin of the exploitation adit, as well as on the basis of a short-term observation of the oscillations of the groundwater levels on the piezometers, with somewhat more safety, one can talk about possible inflows of groundwater into these works at higher water levels. In conditions of higher and high water levels, the groundwater level will be significantly above the adit's height spots, which will require that the adit in changeable conditions, given the direction of groundwater movements, represent their main drainage base. Therefore, the largest part of the underground waters formed within the basin of the future adit will be discharged into future exploitation works.

During the exploitation first phase, for a designed adit 500 m long, it can be assumed, on the base of previous knowledge, that the maximum inflows will not be greater than cca 100 l/s, only under condition that collapsing area does not involve a fault that was marked, in the previous discussion, as supposed leading water collector. The average flow for the above conditions is estimated at around 20-30 l/s. In a case of lowering the exploitation of adit at a lower height spot, and especially at a height spot lower than the level in the Bioštica River, bearing in mind the presence of well-karstified limestone beneath the river bed and its good hydraulic connection with groundwater, minimum inflows can be expected even over 500 l/s of water. More significant increase of inflows, and especially the maximum ones, can be expected by the spread of depression in the direction of the Krivaja river basin.

A more comprehensive prognosis of the groundwater inflow into future exploration works, both above and those below the Bioštica riverbed, can be given on the basis of future detailed research, i.e. more complete knowledge on the hydrogeological characteristics of the area of ore mineralization and more complete perception of the interactions between surface and underground waters.

A bit downstream from the Kruševačka vrela, the occurrence of thermal waters was noticed. The outflow of water is carried out on the cross-section of two cracks, and in the very bottom of the river Bioštica, under the steep hillside, 5 m high. The water temperature of 19 °C was measured and the flow rate was estimated at about 0.2-0.3 l/s.

The source of Boljača is located on the left bank of the river Bioštica, and in the immediate vicinity of the entrance to the exploration adit 583-Prgoševo. The water discharge is carried out in the riverbed itself at about 0.5 m higher height spot than the water level in the river, as well as in the river course itself. The yield varies from 2 l/s to 30 l/s, and the temperature is from 8.6 to 9.4 °C. At higher and high water levels, the source is being roiled.

It is important to note that in the area of the investigation adit 583-Prgoševo there is a sinkhole on which at high water level, a water outflow is carried out. This sink is presented as estavel. Downwelling of water is done along the fault with stretching direction of the NW-SE, i.e. the fault, along which the Bioštica partially incised its riverbed and which, with its deposit, fairly disguised. During the dyeing experiment, about 7 l/s of water downwelled at the sinkhole. In other observation spots the color has not been established that indicates that all the water appears at the source of the Boljača, and that the water that outflows from it originates mainly from the sinking waters upstream along the river Bioštica course. Taking into account that the ostensibly distance between the sinks and the source is quite close to the actual path that the underground water has undergone, it can be concluded that the calculated color speed of 0.022 m/s is very close to the actual speed of movement.

6. Conclusion

The river Bioštica basin is located within the Bosna river basin in the central part of the Bosnian mountains. Bioštica springs on Romanija, southeast of the settlement Knežina. The area of this basin is 482 km². According to the lithological composition, the largest



proportion of them are carbonate deposits, followed by clastic sediments and far less other rocks. The tectonic relations of this terrain are very complex and complicated. In engineering-geological terms, the terrain parts built from bonded well-petrified carbonate rocks are generally stable and they make a favorable working environment. From hydrogeological aspect, in carbonate rocks, anti-filtration works are needed. In the hydrogeological view, the rocks of cavernous-cracking porosity are generally built and therefore have the function of the collector. As a result of intensive underground drainage, in the lower parts of the basin, mainly along the Bioštica riverbed itself, there are more permanent and occasional springs.

The most important among them are: Zeleni vir, Kruševačka vrela and Boljača spring. Some of them are partially captured (Zeleni vir) and are used for water supply. Zeleni vir are represented by the two phenomena of concentrated discharge of groundwater, which form a unique hydrogeological unit. Based on the analysis of all the collected data during the research, it was concluded that the central privileged flow is probably formed within the fault, which stretches from G. Kruševo, through D. Kruševo and Prgoševo, to the Zeleni vir. Groundwater from all the transverse faults from this basin inflow to this direction. Behind that, groundwater flows below the Bioštica riverbed and appears on the Zeleni vir, which represents the main site of discharge, but the underground waters partially outflow also through the constant source of the Boljača and the source located upstream from the Zeleni vir.

Investigative adits so far derived in middle and upper Triassic limestone are located above the maximum groundwater levels. Hydrogeological mapping has identified fewer occurrences of sources or concentrated outflow of underground waters, which do not indicate that due to cave works, some of the main directions of underground streams have been cut across. On the basis of the Zeleni vir hydrogram, and on the basis of the defined basin area of the exploitation adit, as well as on the basis of a short-term observation of the oscillations of the groundwater levels on the piezometers with somewhat more safety, one can talk about the possible inflows of groundwater into these works at higher water levels.

7. References

- [1] Ahmić, A. (1988). Rudarski aspekti otvaranja i eksploatacije ležišta ceruzita kod Olova. FSD Rudnika Olovo-Olovo.
- [2] Bublik, P. & Reljić, D. (1983). Elaborat o rudnim rezervama rudnika olovo u Olovu sa stanjem 31.12. 1982.
- [3] Čičić, S. (1988). Program geoloških istraživanja u metalogenetskom rejonu Olovo, za 1988. Godinu. FSD Rudnika Olovo-Olovo.
- [4] Dangić, A. (1988). Geološke, geohemijske i hidrohemijske karakteristike metalogenetskog reiona Olovo. Studija FSD Rudnika olova-Olovo.
- [5] Janković, S. & Milovanović, S. (1985). Ekonomska geologije i ekonomika mineralnih sirovina Rudarsko-geološki fakultet Beograd.
- [6] Jevremović, D. (2003). Inženjerska geologija, Niš.
- [7] Komatina, M. & Kovačević, N. (1980). Opšti hidrogeološki uslovi rudnog područja Olovo.
- [8] Kubat, I. (1988). Geneza rude ceruzita u rudnom rejonu „Olovo“ i mogućnost koegzistencije rudnika i vodotoka kao resursa za vodosnadbjevanje s geohemijskog aspekta. FSD Rudnika olova-Olovo.
- [9] Merdan, A. (1988). Analiza tržišta olova u svijetu i Jugoslaviji. FSD Rudnika olova-Olovo.
- [10] Milutinović, V. (1971). Kompleksna metodologija ekonomske ocjene ležišta mineralnih sirovina, Rudarski institut Beograd.
- [11] Milutinović, V. (1974). Kompleksna metodologija ekonomske ocjene mineralnog bogastva Jugoslavije, Ekonomski fakultet Beograd.
- [12] Mišćević, P. (2004). Uvod u inženjersku mehaniku stijena stijena, Split.
- [13] Stranjin, V., Mojićević, M., Pamić, J., Sunarić-Pamić, O., Olujić, J., Veljković, D., Đorđević, Đ., and Kubat, I. Osnovna geološka karta list Vlasenica, Institut za geološka istraživanja Sarajevo, 1965.-1975. Sarajevo.
- [14] Vujnović, L., Marić, J. Osnovna geološka karta list Prača, „Geoinženjering“-OOUR Institut za geologiju, Sarajevo, 1973.-1981. god. Sarajevo.
- [15] Veljković, D. & Tomić, D. (1977). Izvještaj o geološkom kartiranju područja Slavnja i Očekalj u razmjeri 1: 1000.
- [16] Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi cerusita u ležištu Olovo, sa stanjem 31.12.1987. god., Tuzla, 1989. g
- [17] Studija površinskih i podzemnih voda za investicioni program izgradnje rudnika olovo „Olovo“-Zavod za vodoprivredu, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju, Zavod za hidrotehniku građevinskog fakultete, Knjiga 1-Sarajevo, 1985.
- [18] Seizmološka karta SFRJ, 1: 1 000 000, Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd, 1987. god.



FONKSİYONEL OLARAK TASARLANMIŞ BİR KOLTUĞUN MTM METODU (ÖNCEDEN SAPTANMIŞ ZAMANLAR) İLE İŞLEVSELLİK AÇIDAN ANALİZİ

Mihriban Kalkancı^{1*}, Müge Yılmaz²

1,2 Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Sınırların kalktığı küresel rekabet ortamında, tüketicinin tercihlerinde marka, kalite, fiyat gibi unsurların yanı sıra ürünlerin işlevselliği de oldukça etkilidir. Bu nedenle, yeni, sürekli değişim gösteren insan ihtiyaçlarına cevap verebilen, ergonomik ve estetik niteliğe sahip tasarımlar ortaya çıkarmak, ürünün albenisini artırmaktadır. Üretilen tasarımların doğrulanması ve fonksiyonelliği çeşitli yöntemlerle iş sürecinde test edilmektedir. İş süreçlerinde; üretim metodunun tasarımı, her zaman kişi performansından daha etkilidir. Bunu savunan araştırmacılar MTM metodunun temellerini atarak ergonomi, tasarım ve performans ilişkisini tanımlamışlardır. MTM'de sürece bu perspektiften yaklaşmaktadır. Bu çalışmada yeni tasarlanmış fonksiyonel bir koltuğun işlevsellik açısından analizi MTM Metodu ile yapılmıştır. İçinde televizyon, bilgisayar, kitaplık, sehpa, koltuk bulunan bir genç odasında yapılan hareketler analiz edilmiştir. Tasarımdan önce odada aynı işlerin yapılması ile yeni tasarlanan koltuk, MTM'e göre karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Sonuçta elde edilen kazanç TMU olarak belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: MTM, İş Etüdü, Fonksiyonellik, Tasarım.

1. Giriş

Proses zamanını doğru belirlemek ve yönetebilmek başarının vazgeçilmez bir anahtarıdır. Proses zamanının tespitinde önceden tespit edilmiş zamanlar kategorisinde değerlendirilebilecek yöntemlerden birisi de MTM metodudur. MTM İngilizce Methods-Time-Measurement sözcüklerinin baş harflerinden oluşur ve metod zamanı ölçümü olarak Türkçe'ye çevrilebilir [1,2]. Almanca'da "Methoden-zeit-Messung" olarak kullanılmaktadır [3]. Bu adlandırmadan çıkan anlam, ölçülen zamanın belirli bir iş için kullanılan çalışma metoduna bağlı olduğudur. Başka bir deyişle MTM' de metotlar çalışma zamanları için ölçü niteliğindedir [1,4].

MTM metodunu şöyle de tanımlayabiliriz; MTM manüel hareket öğelerine ayırma tekniğidir. Her temel hareket için standart bir zaman değeri belirlenmiştir, bunun büyüklüğünü faktörlerin saptanan sayısal değerleri ve sınıfları belirler [1, 5, 6].

İşlem sürelerinin defalarca ölçümü sonucu bulunan bu standart süreler, temel hareketlerin her birine etki eden faktörler göz önüne alınarak saptanmaktadır. Bu yöntemin uygulanabilmesi için işlem basamakları ve çevrim zamanının sınırlarının (başlangıç ve bitiş ölçüm noktası) çok iyi tanımlanmış olması gerekmektedir [5, 6].

Hareket etüdünün bulucusu F.B. Gilbert çalışan insanların fiziksel hareketlerinin 17 temel hareketten oluştuğunu saptamıştır. Onun iş arkadaşı A.B. Segur ise 1920 yıllarında "önceden saptanmış zamanlar sistemi"ni geliştirmiştir. Gilbert'in bulduğu 17 temel hareketten salt bir kısmının iş seyri analizlerindeki hareket elemanlarının belirlenmesine yeterli olduğu araştırmacılar tarafından saptanmıştır[7].

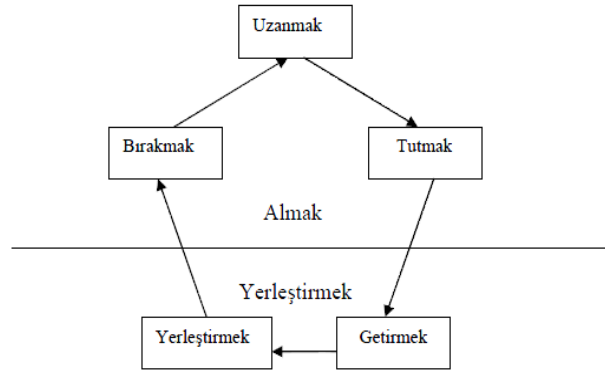
Türkçe'de Sentetik Zamanlar Yöntemi veya Metod-Zaman ölçümü diye adlandırılan yöntemde el ve parmaklar ile yapılan 8 temel hareket, 2 göz hareketi, 14 vücut, ayak ve bacak hareketi fonksiyonları bulunmakta ve bu hareketlere ait süreler 10 adet önceden belirlenmiş hareket-zaman tablosunda kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır[8].

Bu sistemde önemli olan sürenin tesbiti değil, işlemin hareketlerinin belirlenmesidir. Hareketlerin belirlenmiş olması halinde, süre, harekete ilişkin tabloda değerinin okunması ile elde edilebilir. İşlemin hareketlerinin tesbiti, ancak bu konuda eğitilmiş iş etüdüleri tarafından yapılmalıdır.

1.1. MTM - Metodunda temel hareketler:

Yapılan araştırmalardan tespit edildiğine göre, iş akışlarının % 85'i aşağıdaki 5 temel hareketten oluşmaktadır (Şekil 1) :





Şekil 1. MTM metodunun temel hareketleri [9].

Uzanmak R (Reach):

Uzanmak, elin bir parça veya yere doğru hareket ettirilmesidir.

Kavramak G (Grasp):

Kavrama elin yada parmakların bir veya birden fazla nesneyi temel hareketi yapabilmek için kontrol altına alma hareketidir.

Taşımak M (Move):

Taşıma bir veya birden çok nesneyi parmaklarla veya elle belirli bir yere taşımak için yapılan harekettir.

Yerleştirmek P (Position):

Bir nesneyi başka bir nesnenin içine koymak veya nesnelere birbirine bitişirmek için yapılan temel harekettir.

Bırakmak RL (Release):

Bırakmak; parmakların açılmasıyla, nesne üzerindeki kontrolün kaldırılması için yapılan temel harekettir.

MTM analiz çalışmaları kapsamında tanımlanan diğer hareketler kısaca Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Diğer MTM hareketleri [9].

Hareket Grubu	Hareket Adı
El ve kol hareketleri	Bastırma –AP
	Ayırmak –D
	Döndürmek -T
Zihinsel Fonksiyonlar	Göz Kaydırmak –ET
	Kontrol Etmek - EF
Vücut Hareketleri	Ayak Hareketi – FM
	Bacak Hareketi – LM
	Yan Adım – SS
	Vücutu Döndürmek- TB
	Yürümek-W
	Eğilmek /Doğrulmak –B/AB
	Çömelmek /Doğrulmak –S/AS
	Diz Çökmek /Doğrulmak – KOK/AKOK
	İki Diz Üzerinde Çömelmek /Doğrulmak –KBK/AKBK
	Oturmak /Kalkmak-SIT/STD

1.2. MTM - Metodunun yararları:

- 1- MTM Metodunun zaman ölçümü, karşılaştırma ve tahmin etme gibi diğer zaman belirleme metodlarına kıyasla üstünlüğü, uygulamaya başlamadan önce çalışma metodunu tanımlayabilmesi ve verilecek zamanı belirleyebilmesidir. Bu sayede daha planlama safhasında değişik çalışma metodları arasında zaman açısından karşılaştırma yapılabilir ve iş akışları planlanabilir.
- 2- MTM Metodu iş akışını kritik olarak incelemeye zorlar ve bunun sonucunda optimal metodun tespiti sağlanabilir.
- 3- Hareket öğelerinin kodlanmasında enternasyonal ortak bir dil kullanılmaktadır. Bu da özellikle standart plan zamanlarının düzenlenmesi için önemlidir.
- 4- Verilen zamanı bulmak için performansa bağlı ücretlendirmede MTM - Metodunun kullanımı sorunlu durumlarda objektif olarak konu ve probleme dayalı tartışmalara yol açar.
- 5- Plan zamanlarının belirlenmesinde, kronometre ile zaman ölçümü yardımıyla yapılan zaman tespitine karşılık etkenlerle olan ilişkisini belirlemeye gerek yoktur. Çünkü MTM - Standart zamanları etkenleri göz önünde tutmaktadır.



6- Çalışanlara, yönergeler daha baştan planlanan MTM - Analizine göre verilebilir.

Böylelikle beceri kazanma zamanları en küçük değere düşürülür [3,10].

Yöntemin esası, sürekli araştırmalar sonucu uzman kişiler tarafından hesaplanan işleri oluşturan öge sürelerinin, ele aldığımız işi oluşturan öğelere göre seçilerek bir araya getirilmesi ve böylece tüm işin süresinin saptamasıdır. Süreler özellikle mikrofilm çalışmaları ile belirlenmiştir ve standart tablolar halinde yayınlanmıştır. MTM tablolarında bulunan zaman değerleri TMU (Time Measurement Unit) adı verilen birim ile gösterilir. TMU kullanımının nedeni, işin temel hareketlerinin çok küçük zaman birimlerinde yapılabilme özelliğidir.

1 TMU = 0,00001 saat = 0,0006 dakika = 0,036 saniye

1 saat= 100 000 TMU

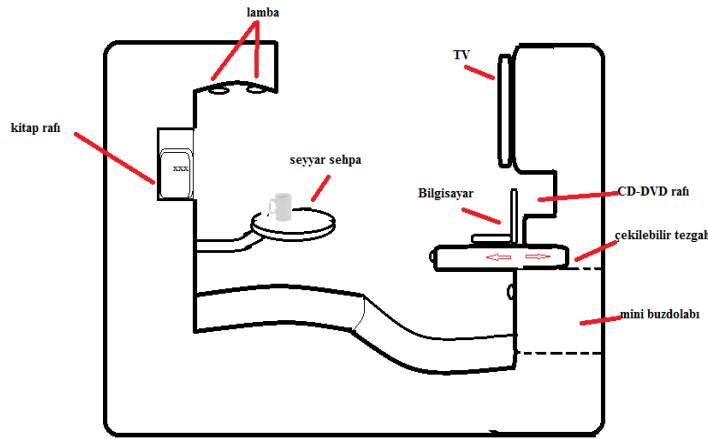
1 dakika = 1667 TMU

1 saniye = 27,8 TMU olarak hesaplanmaktadır.

Bu çalışmada tasarlanan bir koltuğun MTM metodu ile zaman ölçümleri belirlenmiş ve önceki durumla kıyaslanmıştır.

2. Materyal- Yöntem

Bu çalışmaya materyal olarak yeni tasarlanmış fonksiyonel bir koltuk seçilmiştir. İçinde televizyon, bilgisayar, kitaplık, sehpa, koltuk bulunan bir genç odasında yapılan hareketler analiz edilmiştir. Hem gereksiz, fazla uzun hareketleri, süreçleri elemek hem de eşya yerleşiminde odada yer tasarrufu sağlamak amacıyla yeni fonksiyonel bir koltuk tasarlanmış (Şekil 2) ve tüm faaliyetlerin ayrı ayrı yerlerde gerçekleştirildiği önceki hareketler MTM'e göre kıyaslanmıştır. Yeni bir ürün geliştirmeye yönelik yapılan bu çalışmada beş nokta belirlenmiş ve detaylı olarak incelenmiştir.



Şekil 2. Yeni tasarlanan koltuk

3. Bulgular

3.1. Yeni Tasarlanan Koltuğun MTM ile Analizi

3.1.1. Kitaplıktan Kitap Alma

Önceki oda planına göre kişi okuyacağı kitabı almak için, oturduğu yerden kalkıyor, yürüyor ve kitaplıktan kitabı alıp geri dönerek koltuğuna oturuyordu. Tablo 2'de bu temel hareketler incelenmiştir.

Tablo 2. Odada bulunan eski kitaplıktan kitap alma hareketi

SEMBOL	TMU	Açıklama
STD	43.4	Ayağa kalkma
W6P	90	Engelsiz veya 23 kg'dan az yük ile 6 adım yürüme
R20C	11.4	Raftaki kitaplar arasından 20 cm uzaklıktaki bir kitaba uzanma
G4A	7.3	Raftan diğerleri arasından bir kitabın seçilmesi ve kavranması
TBC2	37.2	M20B hareketi TBC2 süreci içinde ihmal edilmektedir. Kişi dönerken, aynı zamanda kitabı taşımaktadır.
W6P	90	Kitabı aldıktan sonra engelsiz veya 23 kg'dan az yük ile 6 adım yürüme
TBC2	37.2	Oturmak için vücudu döndürme
SIT	34.7	Oturma
TOPLAM	351.2	Tüm hareketler



Yeni tasarlanan koltukta oturan kişinin kitabı okumak için kalkıp kitabı almasına gerek yoktur. Yalnızca 90 °'ye yakın dönmesi ve kitaba uzanması yeterlidir. 45 dereceden daha az olan vücut dönüşleri vücut yardımı olarak değerlendirilir.

Tablo 3. Tasarlanan koltukta bulunan kitaplıktan kitap alma hareketi

SEMBOL	TMU	Açıklama
R10C	8.4	Raftaki kitaplar arasından 10 cm uzaklıktaki bir kitaba uzanma
G4A	7.3	Raftan diğerleri arasından bir kitabın seçilmesi ve kavranması
M10B	6.8	Kitabın 10 cm uzaklıktaki az belirli veya belirsiz bir yere götürülmesidir.
TOPLAM	22.5	Tüm hareketler

3.1.2. Bilgisayar Masası Tasarımı

Bilgisayarda çalışma yapmak amacıyla kişi masasına gidip, çalışma sandalyesini çevirerek oturmakta ve tekrar masaya doğru dönmektedir.

Tablo 4. Odada önceden bulunan bilgisayar masasına oturma

SEMBOL	TMU	Açıklama
W5P	75	Engelsiz veya 23 kg'dan az yük ile 5 adım yürüme
T90M	8.5	Döner çalışma sandalyesinin dairesel bir şekilde ve yarım daireyi geçmek suretiyle 90 derece hareket ettirilmesidir.
SIT	34.7	Oturma
TBC2	37.2	Bilgisayara yönelmek için (sandalyede) vücudu döndürme
TOPLAM	155.4	Tüm hareketler

Tasarlanan koltukta bilgisayar masası küçültülerek daha kullanışlı duruma getirilmiştir. Bilgisayarda çalışmak için, oturan kişinin bilgisayarın bulunduğu tezgahı kendine doğru çekmesi yeterlidir.

Tablo 5. Yeni tasarlanan koltuktaki bilgisayar tezgahını çalışmak için konumlandırma

SEMBOL	TMU	Açıklama
R26A	8.8	26 cm uzaklıktaki bilgisayar tezgahının kulpuna uzanma
G1A	2.0	Bilgisayar tezgahının kulpunu kavrama
M26B	12.3	Tezgahın 10 cm uzaklıktaki az belirli veya belirsiz bir yere çekilmesi
RL1	2.0	Elin parmaklarını açarak bırakmak
TOPLAM	25.1	Tüm hareketler

3.1.3. Lambanın Açılması (Işığın Açılması)

Özellikle kitap okurken gerekli ışığın temini için kişinin kalkıp lamba düğmesine basması gerekmektedir.

Tablo 6. Odanın tavanındaki lambayı açmak için kalkıp düğmeye basma hareketi

SEMBOL	TMU	Açıklama
STD	43.4	Ayağa kalkma
W6P	90	Engelsiz veya 23 kg'dan az yük ile ışığı açmaya lamba düğmesine doğru 6 adım yürüme
R20A	7,8	Lamba düğmesine uzanmak
G5	0	Lamba düğmesine dokunarak ışığı yakma
R20E	9.2	Işığı açtıktan sonra elin belirli olmayan bir duruma geri hareketi
TBC2 (2 kez)	2x 37.2	Işığı açtıktan sonra dönme
W6P	90	Işığı açtıktan sonra oturulacak yere doğru yürüme
TBC2	37.2	Yürüdükten sonra oturmak için vücudun döndürülmesi
SIT	34.7	Oturma
TOPLAM	386.7	Tüm hareketler

Ancak, yeni tasarımda lamba için bir elektrik devresi oluşturulmuştur. Koltuğun yan kısmında bulunan lamba düğmesine dokunarak koltukta bulunan lamba yanmaktadır.



Tablo 7. Tasarlanan koltuktaki lambayı açma hareketi

SEMBOL	TMU	Açıklama
R20A	7.8	Koltuğun yan bölümündeki 20 cm uzaklıkta bulunan lamba düğmesine uzanma
G5	0	Lamba düğmesine dokunarak ışığı yakma
R20E	9.2	Işığı açtıktan sonra elin belirli olmayan bir duruma geri hareketi
TOPLAM	17	Tüm hareketler

3.1.4. Mini Buzdolabı Kullanımı

Odada oturan kişinin yiyecek, içecek almak için mutfaktaki buzdolabına gitmesine gerek kalmayarak, koltuğun karşısına bilgisayar tezgahının altına bir mini buzdolabı yerleştirilmiştir. Bu yeni tasarımda kişi oturduğu yerden sadece eğilip mini buzdolabı kapağını açmaktadır. Koltuktaki buzdolabı kullanımında, mutfaktaki buzdolabının kullanılmasındaki gereksiz olan hareketler ve bunlardan edinilen süreç kazanımları tablo 8’de görülmektedir.

Tablo 8. Mutfaktaki ve tasarlanan koltuktaki buzdolaplarının kullanımındaki süreç kazanımı

SEMBOL	TMU	Açıklama
STD	43.4	Ayağa kalkma
W20P	300.0	Mutfağa doğru 20 adım yürüme
TBC2	37.2	Mutfaktaki buzdolabına dönme
W5P	75.0	Buzdolabına doğru 5 adım yürüme
TOPLAM KAZANÇ	455.6	Tüm fazla hareketler

3.1.5. Seyyar Sehpa Tasarımı

Önceki oda planına göre kişi sehpayı kendi oturduğu yere göre konumlandırabilmek için yanına taşıyordu. Tasarlanan koltukta yan tarafta sehpa görevi yapabilecek bir düzlem bulunmaktadır. Bu düzleme bağlı bir kol, oturan kişiye göre sağa sola hareket ettirilebilmekte ve sehpa görevi gören düzlem basit bir hareketle konumlandırılabilir. Tablo 9 ve 10’da yapılan hareketler ve süreleri görülmektedir.

Tablo 9. Odadaki herhangi bir sehpayı alıp kullanılacak bölgeye getirme

SEMBOL	TMU	Açıklama
STD	43.4	Ayağa kalkma
W6P	90	Oda içindeki sehpayı doğru 6 adım yürüme
B	29.0	Sehpayı eğilme 20 cm uzaklıktaki sehpayı iki elle uzanma ($R20A/2=3.9$ TMU ve sehpayı doğru eğilme $B=29$ TMU ’dur. İki elle uzanma hareketi, eğilme hareket süresi içinde kaldığı için ihmal edilmektedir.
G1A/2	$2.0/2= 1.0$	Sehpayı iki elle kavrama
AB	31.9	Doğrulma hareketinin süresi $AB=31.9$ TMU’dur. Aynı anda yapılan sehpayı iki elle kaldırma hareketi $M14A/2= 3.85$ TMU’dur. O nedenle uzun süren doğrulma hareketi esas alınır.
W6P	90	Oda içindeki sehpayı doğru 6 adım yürüme (Aynı anda sehpayı taşıma işi yapılmaktadır ancak süre olarak yürüme hareketinden daha kısa sürmektedir.
B	29.0	Sehpanın konulacağı noktada eğilme
RL1	2.0	Sehpanın bırakılması
AB	31,9	Doğrulma hareketi
TBC2	37.2	Oturmak için vücudun dönmesi
SIT	34.7	Oturma
TOPLAM	420.1	Tüm hareketler

Tablo 10. Tasarlanan koltuktaki sehpa düzlemini kullanma

SEMBOL	TMU	Açıklama
R10A	6.1	10 cm uzaklıktaki düzlemin koluna tek elle uzanma
G1A	2.0	10 cm uzaklıktaki düzlemin kolunu tek elle kavrama
M10A	6.0	10 cm uzaklıktaki düzlemin kolunu tek elle kendine doğru çekme (taşıma)
RL1	2.0	Parmakların açılmasıyla düzlemin kolunu bırakma
TOPLAM	16.1	Tüm hareketler



4. Sonuç ve Değerlendirme

Üretimde akış sürelerinin tespit edilmesinde kullanılan çeşitli sistemler vardır. Bunlardan başlıca üç sistem aşağıdaki gibidir.

- REFA “İş ve Zaman Etüdü Sistemi”
- MTM “Methods Time Measurement”
- GSD “ General Sewing Data”

REFA, MTM ve GSD sistemlerini kullanarak elde edilen verilerin değerleri birbirine yakın olmakla beraber, bu sistemlerden firma için en uygun olanının seçimi söz konusu olduğunda, verilerin elde edilme aşamasındaki pratiklik ve hızı büyük önem kazanmaktadır. İş akış sürelerinin zamanları ne kadar hızlı olarak elde edilir ve bu sonuçlar doğrultusunda planlama yapılırsa, rekabet avantajı da o doğrultuda artar. Üretim öncesinden zaman verilerinin hızlı bir şekilde elde edilmesinin yanında elde edilen bu verilerin doğruluk ve geçerlilikleri de önemlidir. Ancak doğru ve geçerli olan sürelerin kullanılmasıyla, firmanın üretim süreçleri maksimum kapasitede çalışmaya olanak sağlayacak şekilde düzenlenebilir [1].

Bu çalışmada eski oda düzenlemesinde ve yeni tasarlanan koltukta eşyaların kullanımı MTM metoduna göre analiz edilmiş ve kıyaslanmıştır. Yeni tasarım koltuğun kullanımında çeşitli değerlerde süreç kazanımları elde edilmiştir. Kazanılan bu süreçler; farklı beş nokta bazında hareketler 1 kez gerçekleştirilmek üzere Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Hareketin 1 kez gerçekleştirilmesi ile eski ve yeni durumun karşılaştırması ve süreç kazanımı tablosu

Yapılan Geliştirme	Eski TMU	Yeni TMU	Kazanç
1. Kitaptan Kitap Alma	351.2	22.5	328.7
2. Bilgisayar Masası Tasarımı	155.4	25.1	130.3
3. Lambanın Açılması (Işığın Açılması)	386.7	17	369.7
4. Mini Buzdolabı Kullanımı			455.6
5. Seyyar Sehpa Tasarımı	420.1	16.1	404
TOPLAM KAZANÇ			1688.3TMU

Yeni koltuk tasarımının kullanımı 1688.3 TMU’ luk bir süre kazancı sağlamıştır. Bu örnekte de görüldüğü gibi MTM uygulaması iş yöntemlerinin, iş sistemlerinin ve ürünlerin tasarımı, iş yöntemlerinin planlanması, iş yöntemlerinin iyileştirilmesi ve iş malzemelerinin, araç gerecin, malzeme akışının, ürünlerin tasarım esaslarının oluşturulmasında kullanılabilirliktedir.

5. Kaynaklar

- [1] Dal, V., REFA, MTM ve GSD İş Akış Süresi Belirleme Sistemlerinin Örnek Bir Uygulama ile Karşılaştırılmalı Olarak İncelenmesi, TÜBAV Bilim 3 (3) 224-237, (2008)
- [2] <http://arsiv.mmo.org.tr/pdf/11066.pdf>, Öztürk, H., Konfeksiyonda MTM Yöntemiyle Zaman ve Metot Etüdü Çalışmaları (1991), (Erişim tarihi: Nisan, 14, 2018)
- [3] Işık, S., Hazır Giyim Sanayiinde Klasik Erkek Gömleği Üretiminin Standart Sürelerinin MTM Yöntemi İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi Tekstil Anabilim Dalı Uludağ Üniversitesi, Bursa, (2005).
- [4] İllez, A. S., Konfeksiyon Sektöründe Süreç Planlamasında Kullanılabilecek Matematiksel Yöntemler, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), İzmir, (2006).
- [5] Kurumer, G., Lülecı, C., MTM Uygulamaları İle Eczane Ortamında Çalışma Koşullarının İncelenmesi ve Geliştirilmesi, Ergonomi 11. Ulusal Kongresi, İstanbul, (2005).
- [6] Kurumer, G., Konfeksiyonda Uygulamalı İş Etüdü Teknikleri Ders Notları (2011).
- [7] Ercan, M.N., Tekstilde İş Zaman Etüdü, Ege Üniversitesi Basımevi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:24, Bornova, İzmir, (1991).
- [8] Tanyaş, M. Endüstri Mühendisliğine Giriş, Cilt 1, Bölüm 3: İş Etüdü ve Ergonomi, 47-98, İrfan Yayınları, (1995).
- [9] İşler, M., Küçük, M., Güner, M., Konfeksiyon Üretiminde Bir Operasyon İçin İki Farklı Yöntem ile İş Ölçümü Uygulaması, Akademik Platform, 1754-1763, ISITES, Karabük, (2014).
- [10] <http://www.tmtmderneği.org/tr/mtm-hakk-nda/mtm-nedir> (Erişim tarihi: Nisan, 14, 2018).



5 S METODU İLE BİR KONFEKSİYON İŞLETMESİNDE KESİMHANENİN İŞYERİ DÜZENLEMESİ ÖRNEĞİ

Mihriban Kalkancı

Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

Özet

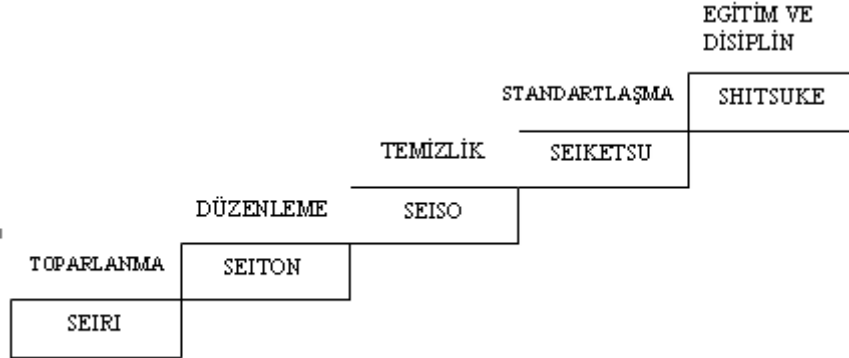
Konfeksiyon işletmelerinde müşterilerin artan istek ve ihtiyaçlarına hızlı cevap verilebilmesi için yeni üretim yaklaşımları geliştirmesi gerekmektedir. Yalın üretim sistemlerinin temel prensibi, üretimin değer yaratmayan tüm israflardan arındırılması, israf kaynaklarının yok edilmesi ya da en aza indirgenmesidir. Yalın üretimin bir tekniği olan “5S” uygulaması, çalışma alanının daha düzenli ve kullanılabilir olması için standartlaştırılmış uygulamalara dayanmaktadır. “5S” uygulamaları konfeksiyon işletmeleri için önem arz etmektedir. Konfeksiyon işletmelerinde kesimhane bölümleri üretim sürecinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Kesimhanelerde israf kaynaklarının en önemli sebeplerinden birisi, düzensiz yerleşim, karışıklık, aranan kumaşların ve malzemelerin bulunamaması gibi nedenlerden dolayı zaman ve emek kaybıdır. Bu çalışmada 5S tekniği ile yapılan çalışmanın örneklenmesi amacıyla, bir konfeksiyon işletmesinin kesimhane bölümünde yapılan düzenlemeler ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: 5S Uygulaması, Yalın üretim, Konfeksiyon, Kesimhane, İş Yeri Düzenlemesi

1. Giriş

“5S”; temel olarak gereksiz malzeme ve ekipmanların azaltılıp uzaklaştırılmasına, bunlara ulaşmada yaşanan aksaklıkların en aza indirilmesine ve çalışma alanının düzenlenmesine odaklanan bir yalın üretim tekniğidir. “5S” çalışmaları yalın dönüşümün temelini oluşturmaktadır[1]. Gereksiz malzemelerin belirlenmesini ve ortadan uzaklaştırılmasını, kullanılmayacak veya daha sonra kullanılacak olanların ayıklanmasını, arşivlemenin mevcut ve düzenli olmasını, belgeye ulaşmada yaşanan sıkıntıları ortadan kaldırarak zaman israfının engellenmesini sağlamak amacıyla geliştirilen sistematik 5S olarak bilinmektedir. Çalışma alanının temiz, düzenli ve amaca uygun biçime sokulması için uygulanan bir toplam kalite tekniğidir. Uygulama sırasında, çalışanlar tarafından zaman içinde çalışma körlüğü olarak nitelendirilebilecek iş süreçleri ve çalışan güvenliğini olumsuz yönde etkileyebilecek tüm unsurlar, çalışanların aktif katılımı ile gözden geçirilerek yeniden düzenlenmektedir [2].

“S” ile başlayan ve 5 Japonca kelimenin baş harflerinden oluşan “5S”, “Sınıflandırma (Seiri)”, “Düzenle (Seiton)”, “Sil (Seiso)”, “Standartlaştır (Seiketsu)” ve “Sürdür (Shitsuke)” olarak sınıflandırılmaktadır. Şekil 1’de 5 S’in adımları tanımlanmıştır.



Şekil 1. 5S Adımları

Seiri (Sınıflandırma): Öncelikli anda ihtiyaç duyulan ve duyulmayan malzemelerin, çalışma alanından uzaklaştırılması demektir. Başka bir deyişle, üretim içinde gerekli malzemelerin gruplandırılarak ayrıştırılması anlamına gelir. Böylece üretimdeki israf önlenerek, fazla stok ortadan kalkar. Sınıflandırma yapılırken, ‘ Hangi sıklıkla kullanılıyor ?, Kim kullanıyor ?, Kullanım yeri neresi ?’ gibi sorular ile neyin gerekli olduğu belirtilir. Sınıflandırma işlemine çalışan veya grup karar verebilir Sınıflama işleminde; süreç içi malzemeler, stoklar, ekipmanlar, dokümanlar olmak üzere dört temel olgunun sınıflaması yapılır[3]. Gerekli ve devamlı kullanılan malzemeler mümkün olan en yakın yere, sık kullanılan malzemeler biraz daha uzağa, bazen kullanılan malzemeler ise ayrı ve belirli bir yerde sınıflandırılır. Gereksiz malzemeler ise farklı alanlarda ya da depolarda kullanım ihtimaline göre üretim alanı dışında ya da farklı bir alanda depolanır ya da atılır.

Seiton (Düzenleme): Bir işyerinde, boşa zaman harcanan işlerden birisi de gelişigüzel ve nereye bırakıldığı bilinmeyen malzemeyi aramaktır. Arama işleminde yitirilen zaman strese yol açar ve bunun sonucunda da çalışma verimi önemli ölçüde düşer. Aynı zamanda koridorlara, geçiş yerlerine ve çalışma sahalarına, uygunsuz şekilde malzeme ve ekipman bırakılması ya da stoklanması, önemli oranda verimlilik kaybına neden olur. Tüm bu problemlerin ortadan kaldırılmasına ve zaman kayıplarını ortadan kaldırarak işletme verimine



en iyi destek olabilecek ikinci 5S kuralı ise düzenlemedir. Her zaman, gereksinim duyulan şeye kısa zamanda ulaşabilme fırsatı sağlayan bir yerleşim planı oluşturulur. Düzgün görünümlü bir iş yeri oluşturma, verimli planlama ve yerleşim sağlama, malzeme arayarak kaybedilen zamanı kazanarak verimliliği artırma avantajları sağlar. Her şeyin belirlenmiş yeri vardır ve otuz saniyede aranılan malzeme ya da bilginin yerine koyma ve alma kolaylığı oluşur. Dosyalama standartları sağlanır. Her türlü ve yerleşim işaretlenerek tanımlanır. Sınıflandırmada temel felsefe ilk giren ilk çıkar mantığıdır. Uyarı levhaları kolaylıkla anlaşılacak şekilde hazırlanarak ilgili bölgelere yerleştirilir.

Seiso (Temizlik): Temizliğin tam anlamı içeride ve dışardaki herşeyi temizlemek, temizlik aracılığı ile muayene etmek ve bulaşan kirlerden, toz, pislik vs. den korumak amacıyla temizlik yapılır. Temizlik uygulama aşamaları; konunun ana noktalarına karar vermek, hedefleri ve görevleri tespit etmek, temizlik metoduna karar vermek, temizlik için yönetim izninin doğrulanması, her şeyin ilk temizliğini yapmak, sınıflama ve düzenlemeye devam etmektir.

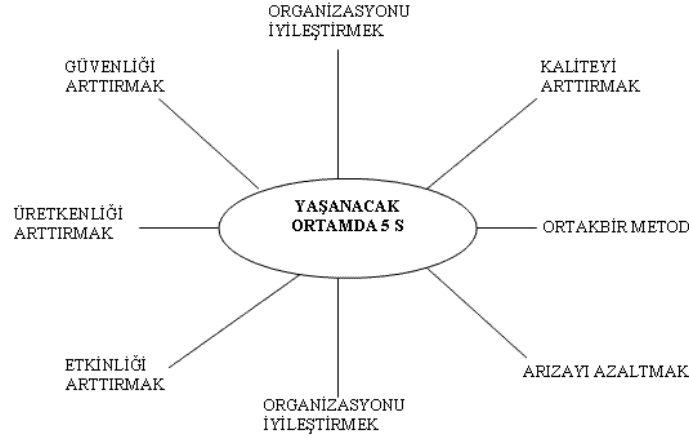
Seiketsu (Standartlaştırma): İlk üç S'in şirket içerisinde zaman içerisinde yok olmasını engellemek amacıyla yapılan çalışmaların yöntemini içermektedir. Standartlaştırmada amaç, sınıflandırma, düzenleme ve temizlik aşamalarında elde edilen kazanımların muhafaza edilmesidir. Standartlaştırma aşamasında sınıflandırma, düzenleme ve temizlikten sonra varılan çizginin sürdürülmesi için gerekli sistemler oluşturulur. Bu sistemler, belirli kural ve şartlara bağlanarak tekdüze hâle getirilir. Bu kurallar ve şartlar ise, şekil, tablo, grafik gibi uyarı ve bilgilendirme işaretleriyle desteklenerek işletme içinde en uygun yerlere asılır. Sonucunda ise ilk 3S' i korumaya yönelik konulmuş kurallar, tüm çalışanlara aktarılarak, bu kurallara uygun davranışlar alışkanlık haline gelir[3].

Shitsuke (Disiplin): İşletmede sınıflandırma, düzenleme, temizlik ve standartlaştırmadan sonra gelen disiplin, ilk 4S adımı konulmuş işletme kurallarına uymak ve bu kuralları alışkanlık haline getirene kadar takip etmektir. Başka bir deyişle işçilerin motive edildiği basamak da denilebilir[3].

5S metodolojisine ilave olarak, 6S, 7S kavramları da günümüzde ön plana çıkmıştır. İngilizce Safety (Emniyet) ve Security (Güvenlik) adımları birçok işletmede sosyal sorumluluk projeleri kapsamında yürütülmektedir. İlgili standartlar dikkate alınarak 6S ve 7S kapsamında denetimler yürütülmektedir.

1.1. 5 S'in Yararları

5S, çalışanlar, müşteriler ve üreticiler açısından farklı faydalar sağlar. 5S sisteminin işletmelerde uygulanmasının çalışma ortamında güvenlik, geliştirilmiş üretim akışı, verim ve kalite artışı, iş yerine hakim olma gibi pek çok avantajı vardır (Şekil 2).



Şekil 2. 5S Uygulamalarının Yararları

Bu tekniğin, etkin bir çalışma ortamının oluşturulmasına imkân sağlaması, özellikle kurumsal şirketlerde sıklıkla uygulanmasının önünü açmıştır. Çalışma ortamlarının fiziksel özelliklerine ek olarak; ergonomi, etkin kullanım gibi açılardan da uygun olması ve çalışanların kendilerini güvende hissetmeleri, çalışan beklentileri ve işyeri düzeni açısından önemlidir. Diğer bir ifadeyle çalışanların çevrelerine kayıtsız kalmalarını, israfi görmelerini sağlamak bu disiplinin en önemli amaçlarından biridir[1].

1.2. 5 S Uygulamaları Kapsamında Literatür İncelemesi

Çalışma verimliliğinin artırılması amacıyla "Hücreleşim İmalat Sistemi", "İş Örneklemesi Metodu ve Yakınlık Derecesi Prosedürü", "Yalın Üretim Sistemi", "Modüler Üretim Sistemi", "Metod Mühendisliği", "Çevik Üretim" "Esnek İmalat Sistemleri" ve "İş Zaman Etüdü-MTM, REFA Uygulamaları" gibi pek çok sistem aracılığı ile çeşitli sektörlerde yerleşim düzeni sağlama, verimlilik artırma gibi amaçlarla uygulanmaktadır [4,5,6,7,8]. Bunlardan birisi olan 5S uygulaması kolayca yürütülebilen, çalışanların katılımını ve memnuniyetini sağlayan; bunların yanı sıra iş verimliliğini artırma gibi üstünlüklere sahip bir uygulamadır. 5S uygulamaları yalın üretim kapsamında tekstil vb. sektöründe de başarı ile uygulanmaktadır[9,10].

Laboratuvar güvenliğinde (Doğan, 2014), "5S" yönteminin uygulaması ve çalışan memnuniyeti üzerine etkisi araştırılmıştır. 5S öncesi ve sonrası dönemde saptanan uygunsuzluk sayısı ve uygunsuzlukların ortadan kaldırılması için gerçekleştirilen düzenlemelerin gelişim



oranı yüzde (%) olarak değerlendirilmiştir. Uygulamaların sonunda laboratuvar güvenlik sisteminin oluşturulmasına ve sürdürülmesine önemli bir katkı sağladığı kanısına varılmıştır[2].

Ankara OSTİM Organize sanayi bölgesinde (Özyörük, 2014), yapılan çalışmada iş yerlerindeki çalışma ortamını 5S kuralları doğrultusunda yeniden düzenlemenin iş verimliliği ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmede işletmede bulunan depolarda uygun olmayan çalışma koşulları nedeniyle iş verimliliğinin azaldığı tespit edilmiştir. 5S yöntemi uygulaması ile işyeri düzenlemesinden sonra ise çalışanın sağlığını tehlikeye atmayan kaliteli çalışma ortamı yaratılmış ve iş verimliliği artırıldığı vurgulanmıştır[11].

5S sistematığının uygulama aşamalarının incelenmesi ve örneklenmesi amacıyla İskenderun Demir ve Çelik AŞ’de uygulanan 5S Sistematığı ele alınmıştır. Çalışma sonucunda 5S’in ilgili işletmedeki uygulanma aşamaları göz önünde bulundurularak, işyerinde düzenli iş ortamı oluşturulmasında bu sistematığın kullanılmasının faydaları ortaya konmuştur [12].

Sağlık hizmetlerinde yalın yönetim “5S” yaklaşımının uygulanması amacıyla yapılan çalışmada, sağlık hizmeti sağlayan organizasyonlarda uygulanması için gerekli metodoloji tanımlanmıştır [13].

Maraşlı (2016), tarafından yapılan çalışmada bir dondurma imalat işletmesinde şirket yöneticileri ile görüşülüp mevcut üretim süreci incelenmiş, problemin kalıp değişim sürelerinin fazla oluşu ve stoklardaki aşırı fazlalık tespit edilmiştir. Ortaya çıkan kalıp değişim sürelerini ve stokları azaltmak için yalın üretimin tekniklerinden biri olan değer akış haritalama uygulanmıştır. Uygulama sonucunda kalıp değişim süreleri ve stoklar en aza indirilmiş ve bu sayede maliyetlerden ve zamandan tasarruf edilmiştir. Ortaya çıkan yeni kalıp değişim süreleri gelecek durum değer akışı haritalamasında gösterilmiştir [14].

Tekstil ve hazır giyim alanında 5S çalışmaları yalın üretimin bir metodolojisi olarak uygulaması giderek yaygınlaşmaktadır. Güzel (2011), hazır giyim işletmesinde yalın üretime geçiş kapsamında değer akışı haritalandırma, hat tasarımı ve dengeleme çalışmaları yürütmüştür. Yalın üretimin diğer uygulamaları yanında 5S çalışmalarını da uygulamış, işletmenin mevcut üretim hattı ile çok daha fazla üretimi gerçekleştirebileceği, üretim sayısına bağlı olarak dengelenmiş montaj hatlarını kullanması durumunda işçilik maliyetinde düşüşler sağlanacağı sonucuna varılmıştır[15].

Terli (2014) çalışmasında, yalın üretime geçişin ilk adımını oluşturan 5S sisteminin sınıflama, düzenleme, temizlik, standartlaştırma ve disiplin basamaklarının hazır giyim işletmelerinde ne ölçüde uygulandığını belirleyerek, 5S sistemiyle, küçük, orta ve büyük ölçekli işletmeler arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı amaçlamıştır. Ankara, Bursa, Eskişehir, Tekirdağ ve Konya illerinde faaliyet gösteren TOBB’ a bağlı hazır giyim işletmelerde anket uygulamıştır. Ankete katılan küçük ve orta ölçekli işletmelerin 5S sistemini uygulama konusunda oldukça yetersiz kaldıklarını, büyük ölçekli işletmelerde bu sistemi uygulamada bazı eksiklikleri olmasına rağmen, fiziksel çalışma ortamı açısından, yapılarının sisteme daha uygun olduğunu belirlemiştir[16].

Terbiye işletmesinden gelmiş mamul kumaşların giriş kontrolünün yapıldığı mamul kumaş depo bölümü ve kesimhaneler genellikle direk bağlantılı ya da aynı alanda olacak şekilde planlanmıştır. Depo ve kesimhane bölümlerinde günde onlarca kez değişik bölüm ve alanlara kumaş sevkiyatının gerçekleştirilmektedir. Zaman zaman kullanılan alanın tertip ve düzensizliği, istenilen kumaşların bulunmasında vakit kaybı yaşanması, depoda uygun görülen yere kumaş bırakılmasından alan israfı ile çalışma alanlarının ve serim masalarının üzerinin kirli olması gibi uygun olmayan çalışma koşulları nedeniyle iş verimliliğinin azaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada, bir konfeksiyon işletmesinin kesimhane bölümü işletmede pilot bölge olarak seçilmiş ve 5S yöntemi uygulaması ile kesimhanede işyeri düzenlemesinden sonra, iş verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Hazır giyim sektöründe yalın üretim çalışmaları oldukça azdır. Bu nedenle, işletmenin mevcut durumu analiz edilerek seçilen bölüm için yeniden yerleşim ve dengeleme çalışmaları diğer konfeksiyon ve hazır giyim işletmeleri için ışık tutacaktır.

2. Materyal- Metot

ISO 9000 Kalite Yönetimi Sistemi belgesini almış bir tekstil işletmesinin kesimhane bölümünde 5S metoduna göre bir işyeri şekillendirmesi yapılmıştır. Tablo 1’de 5S kapsamında çalışma adımları ve amaçları verilmiştir. Projenin amaçları ve hedefleri öncelikle üst yönetime anlatılmış ve çalışmanın önemi vurgulanmıştır. Çalışmaların takibini yürütmek üzere 5S yöneticisi, 5S sorumlusu ve çalışmaları kesimhane personelinden 5 kişiden oluşan sahip toplam yedi kişiden oluşan “5S ekibi” kurulmuştur. Ekip üyelerine proje aşamaları, 5S sistematığı, faaliyet adımları anlatılarak sorumluluklar ve görev dağılımları yapılmıştır. Çalışma adımları ve süreleri belirlenerek, yaklaşık 2 ay içerisinde tamamlanması planlanmıştır. 5S ekibi uygulamalardan önce, eski ve yeni durumun kıyaslanması amacıyla mevcut durumu fotoğraflar ve kroki çizimler ile belgelemiştir. Ancak firma tarafından fotoğrafların paylaşılması uygun görülmemiştir. Şekil 1’de uygulama öncesi mevcut durum, Şekil 2’de ise uygulama sonrası yeni durumun çizimi yapılmıştır.



Tablo I. Kesimhanede 5S Yöntemi Uygulama Adımları.

Adım	Uygulama	Açıklama
1	Sınıflandırma (Seiri)	Kesim bölümünde durum tespiti, kumaş stoklarının ve sirkülasyonu fazla olan kumaşların ve parçaların, gerekli-gereksiz malzemelerin ayrılması, kumaşların sevk durumuna ve kullanım sıklıklarına göre sınıflandırılması, atılacak veya mamul kumaş deposuna kaldırılacak kumaşların ve malzemelerin belirlenmesi, çalışma ortamında iş verimini azaltan düzensizliklerin ortadan kaldırılması, risk oranı yüksek kesim alanlarında riski en aza indirmek için düzenleme yapılması
2	Düzenleme (Seiton)	Kesim bölümünde öncelikle mevcut yerleşim planının çıkarılması, yeni bir genel bir düzen oluşturulması, mamul kumaşların işleme alınması sürecinin en az süre ve en kısa yoldan ilgili birime sevk edilmesinin sağlanması, serim ve kesim masalarının işlem akışına göre yeniden yerleşimi, kumaş ve malzemelere hızlı ve kolay ulaşabilmenin sağlanması, yeni yerleşim planının hazırlanarak gerekli tüm alanların tanımlanması
3	Temizlik (Seiso)	Standart temizlik adımlarının geliştirilmesi, güncel ve sürekli şekilde temizlik faaliyetlerin sürdürülmesi
4	Standardizasyon (Seiketsu)	Önceki üç adımda yapılan çalışmaların sürekliliğinin ve ilk uygulandıkları şekilde korunmasının sağlanması
5	Disiplin (Shitsuke)	Yapılan çalışmaların alışkanlık haline getirilmesi ve eğitimlerle çalışanlara benimsetilmesi, denetlenmesi

2.1. Mevcut Üretim Hattı :

Terbiye işletmesinden gelen mamul kumaşlar Şekil 1'e (eski iş akışı) göre işlem görmektedir. Şekil 1'deki *kesiksiz kırmızı çizgiler* terbiye işlemlerinden geçmiş kumaş topunun kesim bölümüne girdiği andan itibaren izlediği yolu göstermektedir. "Kumaş kontrol ve depo" bölümünden kesimhaneye gelen kumaş topları boyalı kumaş istif alanına, oradan kesim hazırlık bölgesine taşınmakta ve kesim işleminin ardından kumaş parçaları tasnif alanına getirilmektedir. Kumaşın "Tasnif Alanı" bölgesinden çıkışı karar sürecine göre, *kesikli kırmızı çizgi* ile Şekil 1'de gösterilmiştir. Tasnif alanı bölgesinde oluşan karar gereği kumaş parçaları 3 ayrı bölgeye gidebilmektedir.

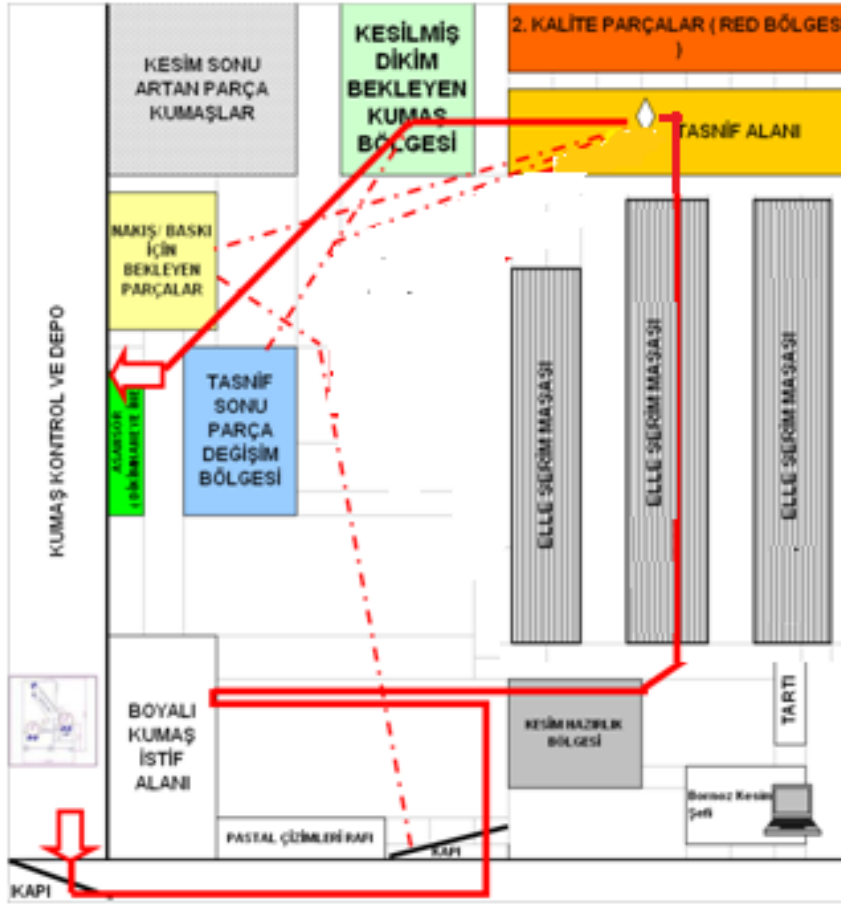
a. nakış / baskı için ayrılabilir,

b. bulunan hatalı parçaların değişimi için "Tasnif Sonu Parça -Değişim Bölgesi"ne ayrılabilir

c. etiketlenmiş şekilde "Kesilmiş Dikim Bekleyen Kumaş Rafları" bölümü gidebilmektedir (Şekil 1'de *kesikli kırmızı çizgi* ile gösterilmiştir).

Son olarak da, kesilmiş dikim bekleyen kumaş parçaları alt katta bulunan dikimhaneye asansör (yeşil renkle gösterilen) vasıtasıyla aktarılmaktadır.



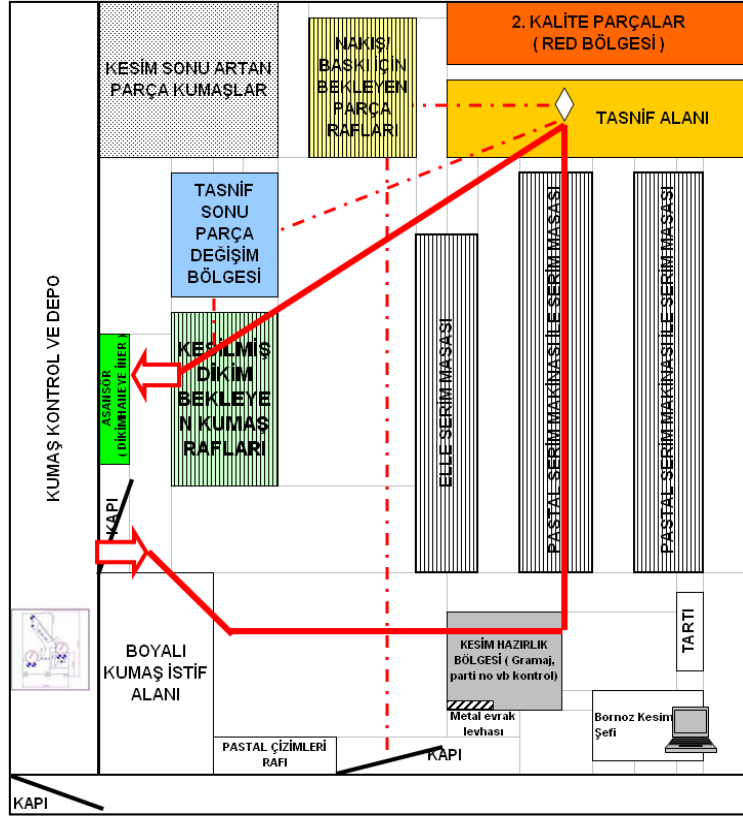


Şekil 1. Kesimhanenin eski iş akışı

3. Bulgular

Bir tekstil işletmesinin kesimhane bölümünde 5S metoduna göre bir işyeri şekillendirmesi yapılmıştır. Buna göre Şekil 1’de kesimhanedeki eski iş akışı, Şekil 2’de ise 5S sistematığı ile yapılmış iyileştirmeler sonucu kesimhanenin yeni görünümü görülmektedir.





Şekil 2. 5S sistematığı ile yapılmış iyileştirmeler sonucu kesimhanenin yeni görünümü

Yapılan çalışma sonucunda, kesimhanede yapılan iyileştirmeler ile ilgili aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

3.1. Yapılan Sınıflandırma ve Düzenlemeler

3.1.1. Kumaş Deposundan Kesimhaneye Açılan Kapının Yerinin Değiştirilmesi:

Kumaş topları “Kumaş kontrol-depo” bölümünden kesimhaneye ancak iki ayrı kapının kullanılması ile (kesimhane-depo haricinde bir istikametten geçerek) taşınabilmekteydi. Kumaş kontrol ve depo” bölümünden kesimhaneye açılan kapı, kumaş toplarının kumaş deposunun kapısından çıkarılıp kesim bölümünün işletme dışına açılan kapıdan içeri alınmakta idi. Bu iki kapı yerine iki bölüm arasında tek bir kapı açılmıştır. Sadece yeni açılan kapının kullanılması, yürüme mesafesinin azalmasından dolayı kumaş toplarını taşıma süresi azaltmıştır.

Önceki duruma göre işçi 50 adım daha az yürümektedir. Günlük üretim adedi ortalama 2000 adet/gün olan işletmede kesim operatörünün gün içerisinde ortalama 20 kez bu işlemi yaptığı düşünüldüğünde operatör için ciddi zaman ve emek tasarrufu sağlanmıştır. Açılan kapı şeklindeki gibi önce yaklaşık 30 kg. olan kumaş toplarını, depodan arabaya yükleme, arabayı getirme ve kumaş toplarını boyalı kumaş istif alanına alma işleminde yük ile yürüme mesafesini azaltmış ve önemli zaman ve emek kazancı sağlamıştır.

3.1.2. Elle Serim Masalarının Yerine Otomatik Serim Makinelerinin Kullanılması

Kesimhanede otomasyon da yenilenmiş ve elle serim yerine alınan otomatik serim masaları da 5S çalışmaları kapsamında düzenleme boyutunda ele alınmıştır. Otomatik serim makinelerinde, kumaş serimi sırasında topun makineye yerleştirilmesi, kenar kontrolü, hız ayarları, serime başlama ve bitiş noktalarının ayarı, serim bittiğinde makinenin durması gibi özellikler makinede bulunan bilgisayar tarafından ayarlanır. Makinenin masa üzerindeki hareketi makine tarafından gerçekleşir. Makine üzerine yerleştirilen operatör taşıyıcı sayesinde makine masa üzerinde hareket ederken kullanıcıyla birlikte hareket eder. Kullanıcının görevi kumaşı takip etmek, herhangi bir müdahale gereksiniminde makinenin kumanda paneli vasıtasıyla düzgün serim yapılmasını sağlamaktır.

25 metre uzunluğundaki 2 adet serim makinesi ile kullanılan serim masası işletme içerisinde boyuna şekilde yeniden yerleştirilmiştir. İlk durumda operatörün kumaş topu ile hareketi yine yürüme mesafesi olarak azalmış, Şekil 1’de görüldüğü gibi kırmızı çizgi ile gösterilen kumaş hareketinin zigzag çizmeden daha kolay aktığı görülmüştür. Operatörün 30 kg ağırlığındaki bir topu “Kesim Hazırlık Bölgesi”nden alıp makine ile serim yapılacak orta masaya getirdiği düşünüldüğünde yük ile 35 adım yürümektedir. Günlük ortalama 20 adet top taşıdığını düşünüldüğünde ciddi bir süre kazancı sağlanmıştır.



3.1.3. Alan Tanımlamaları ve Düzenlemeleri : “Kesilmiş Dikim Bekleyen Kumaş Bölgesi”, “Nakış/ Baskı İçin Bekleyen Parçalar Bölgesi ” ve “Tasnif Sonu Parça Değişim Bölgesi” yerlerinin değiştirilmesi

Tasnif alanında verilen karara göre kumaşların gidebileceği 3 ana alan kendi aralarında akışa göre yer değiştirilmiştir. Şekil 2’den de görüldüğü gibi iş akışı gereği kesilmiş parçaların kat ettiği yol azalmıştır. Geri dönüşler elimine edilmiş, yapılan işlem sonrası kesilmiş parçalar “Kesilmiş Dikim Bekleyen Kumaş Bölgesi” ne ulaşarak asansörle dikimhaneye taşınmaktadır. Ayrıca nakış için ayrılan parçaların işletmeden çıkışı da doğrusal bir güzergahta olacak direk arabaya yüklenen parçalar kesimhanenin dış kapısından çıkarılabilecektir. Masalar arasında araba yerleştirmeye çalışma gibi bir zorluğun ortadan kalkmıştır.

3.1.4. Raf, levha montajı ve düzenlemesi

Kesim Hazırlık Bölgesindeki masaya operatörün gramaj ve parti kontrollerini kaydederken kullanacağı formu koyacağı bir metal levha eklenmiştir. Eski durumda gramaj sonuçlarını ve parti numarası kontrollerini yapıp aklında tutmak suretiyle masaya geri gelip yazıp formu da şefin masasına bırakmaktadır. Karmaşık halde bulunan farklı sipariş formların arasından seçip ilgili forma yazmaktadır. Levha uygulaması ile gelip gitme faaliyeti ve arama faaliyeti elimine edilmiştir.

Eski durumda “Kesilmiş Dikim Bekleyen Kumaş Bölgesi” ve “Nakış/ Baskı İçin Bekleyen Parçalar Bölgesi”nde parçalar bağlı vaziyette üst üste tahta paletlerin üzerinde durmaktadır. Operatör dikişe ya da nakışa parçaları karışık halde duran bağların arasında aramaktadır. Bu da parçaların unutulmasına neden olabilmektedir.

Yeni düzenleme ile bu iki bölgeye ön ve arka taraftan kullanılacak raflar yapılmıştır. Tüm kumaş ve parçalar, etiketlenmiştir. Parçaların arama seçme durumu azaltılmıştır. Direk parçaya uzanıp alabilmektedir. Aylardır bekleyen ve kullanılmayan parçalar satılmak üzere mamul kumaş deposuna gönderilmiştir.

Kesimhanede ihtiyaç duyulmayan her türlü kumaş ve malzemenin uzaklaştırılması amacıyla etiketleme uygulaması yapılmıştır. Beyaz etiket, sarı etiket ve kırmızı etiketler ile ayıklama yapılmıştır. Beyaz Etiket; çalışma alanında kullanıma uygun malzeme ve ekipmanlar içerisinde her gün düzenli olarak kullanılanların sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Kırmızı Etiket; genel olarak bir yıl ve üzerinde gerek duyulan malzeme ve ekipmanlar için kullanılmaktadır. Sarı Etiket; genel olarak ayda bir kez ihtiyaç duyulan malzeme ve ekipmanlar için kullanılmaktadır.

3.1.5. Dokümantasyon düzenlemesi

Kesim şefinin masasında bulunan tüm dosyalar analiz edilmiş tek tek siparişe göre güncel sıralama ile yeniden düzenlenmiştir. Kalite kayıtları listesine göre bölümde kalması gereken siparişlere ait bilgiler kalmış, gerekli olmayan tüm dosyalar arşive tanımlanarak kaldırılmıştır.

3.2. Temizlik

Temizlik çalışmalarının bir program dahilinde gerçekleştirilmesi için; kesimhane temizlik formu oluşturulmuştur. Serim masalarının üstünün temizliği, raflar, malzemeler vb. genel temizlik formunda belirtilen yerlerde ve sıklıkla yapılmaktadır.

3.3. Standardizasyon ve Disiplin

Beşinci “S” i sürdürmek diğerlerine göre çok daha zordur. İşçileri faaliyet sürecini ve işyeri ortamını gerektiği gibi korumaya ve sürekli iyileştirmeye teşvik etmek için ödül dağıtımı, eğitim programları vb. uygulamalar diğer dört aşamayı ayakta tutmaktadır. Bunun sağlanabilmesi için kendini adanmış bir yönetime ve iyileştirmeyi sürdürmeyi atölyeden tepe yönetimine kadar her düzeyde alışkanlığa dönüştüren bir kültüre ihtiyaç duyulmaktadır [17]. Bu aşamada amaç; düzenin sürdürülmesi için verilen taahhütlerin yerine getirilmesi ve bir yaşam biçimi olarak “5S” in uygulanmasıdır. Bu aynı zamanda çalışanların olumlu ilgi göstermelerini ve değişime karşı direncin aşılmasını gerektirir. “5S” uygulamaları konusunda farkındalık oluşturulmak ve sistemin tanıtımı yapmak için “5S” eğitimleri yıllık plana alınmıştır. “5S Haberleri” ve “5S Afişleri” ile oluşturulan sloganlar ve kazanımlar, tüm işletme tarafından görülebilecek panolara asılmıştır (Şekil 3). Elde edilen kazanımlar pilot bölge seçilen bölümün aylık performans parametreleri gerçekleşen raporlarında tüm işletme ile paylaşılmıştır.



Şekil 3. Örnek bir 5S sloganı



4. Sonuç ve Değerlendirme

5S sistemi, gereksiz tüm eşyanın ayrıştırılması, kullanım önceliklerinin standardize edilmesi, stoklamanın doğru yapılması, belgeye ulaşmada kolaylığın sağlanması ve son olarak çalışan verimliliği ve motivasyonunu arttırmaya yönelik katkıları nedeniyle iş süreçlerinin yönetilmesi açısından işletme yönetimine ve çalışanlara büyük kolaylıklar sağlayacak ve etkinlik ve verimliliği artıracak bir disiplindir[1].

Yapılan çalışmada ISO 9000 belgesi olmasına rağmen sistemde yaşanan sorunlar ve bazı aksaklıklar nedeniyle işletmede 5S uygulaması planlanmış ve uygulamaya konmuştur. 5S yöntemi uygulaması ile kesimhanede düzenlenmesinden iş verimliliği ve çalışma alanındaki boş alan artırılmıştır. Kesimhanede özellikle kumaş taşınması ve sevkiyatı sırasında gözlenen olumlu değişiklikler ve bir operasyon için ulaşılan kazanımlar, işletme geneli ve tüm bölümlere yayıldığında daha büyük ekonomik kazançların elde edileceği düşünülmektedir. Tüm çalışmalar sonunda kesimhanedeki çalışma getirme götürme alanı önemli ölçüde artmıştır.

İşletmelerde tüm yönetsel süreçler birbirinden bağımsız düşünülmemeli, yönetimin desteğinden başlamak üzere bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Ayrıca 6S ve 7S kavramlarının da öneminin oldukça arttığı günümüzde 5S sistemi, Safety (Emniyet) ve Security (Güvenlik) konularında da kapsamlı olarak uygulamanın bir devamı gibi görülmelidir.

5. Kaynaklar

- [1] Çakırkaya, M., Acar, Ö., (2016), 5S Tekniği Aşamaları ve Makarna Sektöründe Bir Uygulama, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt: 30 Sayı: 4, 845-868.
- [2] Doğan, Y., Özkütük, A., Doğan, Ö., (2014), Laboratuvar Güvenliğinde “5S” Yönteminin Uygulanması ve Çalışan Memnuniyeti Üzerine Etkisi, Mikrobiyol Bul; 48(2): 300-310.
- [3] Sarıçoban, E. (2006). Toplam Verimli Bakım Çalışmalarında 5S’in Önemi ve Uygulanması, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler ve Yönetim Bilimi Programı, Tezsiz Yüksek Lisans Projesi.
- [4] Güner, M., Ünal, C., Arkan, C., (2010), Konfeksiyonda İş Örnekleme Metodu ve Yakınlık Derecesi Prosedürü ile Yerleşim Planlaması, Tekstil ve Konfeksiyon, (2): 172-177.
- [5] Çoruh, E., Hazır Giyim Endüstrisi İçin Üretim Sistem Yaklaşımları, Tekstil ve Mühendis 2010, 17: 80, 11-19.
- [6] Ertuğrul, İ., Özveri, O., Gündoğan, A., (2013), Yalın Üretim Sisteminin Tekstil Sanayinde Uygulanabilirliği, KAU IIBF Dergisi, 4(6), 15-32.
- [7] Güner, M., Yaşatan, İ., İllez, A., (2007), Tekstil Ve Konfeksiyon Sektöründe Metot Mühendisliği Çalışmaları, Tekstil ve Mühendis, 14:(68): 28-38.
- [8] Küçük, M., Güner, M., 2014, Konfeksiyon Ürünü İçin Çevik Üretim, XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu Bildiri Kitabı, 255-263.
- [9] A., Koska, N., Göksu, M.B., Sünbül, (2016), Yalın Stratejinin Faaliyet Performansına Etkisi: Kahramanmaraş Tekstil İşletmelerinde Bir Uygulama, Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı:13, 285-296.
- [10] Kara, C., M., Peker, A., (2004), Bir Hazır Giyim Üretim Hattında Yalın Üretim Uygulamasının Hat Performansı Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, YA/EM/2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi, 15-18 Haziran 2004, Gaziantep – Adana.
- [11] Özyörük, B., Küçük, D., (2014), İş Ortamını Yeniden Düzenlemenin İş Verimliliğine Etkileri, Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi, 2(2), 73-81
- [12] Keleş, E., Gürsoy, G., Çelik, G., 2013, 5s Sistematiği Aşamaları ve Örnek Bir Uygulama, Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 28(2), 51-60.
- [13] Akgün, S., (2015), Sağlık hizmetlerinde yalın yönetim “5S” yaklaşımının uygulanması, Sağlık Akademisyenleri Dergisi; 2(1):1-7.
- [14] Maraşlı, H; Akça, C. & Kama, A. (2016), “Yalın Düşünce ve Değer Akış Haritalamasının Dondurma Üretim İşletmesinde Uygulanması”, International Journal of Academic Value Studies, 2 (4) : 106-120. (ISSN:2149-8598).
- [15] Güzel, S., (2011), Hazır Giyim İşletmesinde Yalın Üretime Geçiş: Değer Akışı Haritalandırma, Hat Tasarımı ve Dengeleme, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [16] Terli, A., (2009), Yalın Üretime Geçiş Sürecinde “5S ” Sisteminin Hazır Giyim İşletmelerinde Uygulanma Düzeyleri, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [17] Aydın, H. (2009). “Yalın Üretim Sistemi, Değer Akış Haritalama Yöntemi Ve Yalın Üretim Sisteminin Çalışanlara Etkileri”, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü



KONFEKSİYON VE HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNDEKİ SON TEKNOLOJİK YENİLİKLER

Mihriban Kalkancı

Pamukkale Üniversitesi, Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Denizli, Türkiye.

mkalkanci@pau.edu.tr

Özet

Günümüzde hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler konfeksiyon makinaları ve hazır giyim sektöründe de yaşanmaktadır. Son teknolojik gelişmeler, sektörde hem ürün çeşitliliğini sağlamakta hem de hızlı üretim, ekonomiklik ve verimlilik gibi avantajlarla üreticilere katkı sağlamaktadır. “Nesnelerin interneti”, “son teknolojik robotlar”, “yapay zekanın kullanımı”, “üç boyutlu yazıcılar” bu yeniliklerden bazılarıdır. Bu çalışmada hazır giyim ve tekstil teknolojilerindeki son gelişmeler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Teknoloji, Konfeksiyon Üretimi, Yenilik.*

1. Giriş

Tekstil ve konfeksiyon üreticileri, bugün kumaşlarına ve kıyafetlerine değer katmak için çok çeşitli yaratıcı ve ustaca dekoratif teknikleri kullanmaktadırlar. Bu yeni dekoratif tekniklerin geliştirilmesi, giysi teknolojisindeki son yeniliklerle kolaylaştırılmıştır. Böylece, tasarımcılar ve üreticiler için ekonomik tasarım seçenekleri genişlemiştir. Bu yenilikler doğrudan dijital baskıya, nakışa, konvansiyonel dikişe, süsleme tekniklerine, ısı transferine ve lazer dekorasyona yönelik makinelere odaklanmıştır. Ayrıca, elektronik tekstiller ve akıllı giysilerdeki gelişmeler, giysilerin kullanıcıları için işlevselliğini artırarak, estetik alanın ötesinde giysi dekorasyonunu da sağlamıştır.

Mobil cihazlar, uygulamalar, sosyal medya ve bağlantı teknolojilerinin birbirine bağlı biçimde yükselişi geçtiğimiz yıllarda hız kesmemiştir ve önümüzdeki yıllarda etkileri görülecektir. Sürücüsüz otomobiller, drone'lar, asistan robotlar, yapay zeka, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik ile sanal gerçeklik geleceğimizde de dünyayı değiştirmeye devam edecektir. Akıllı saat ve akıllı bileklik ürünleriyle hayatımızda yer edinmeye başlayan giyilebilir teknolojilerin önemi giderek artmaktadır. Giyilebilir teknolojiler önümüzdeki yıllarda hayatımızı değiştirecek 10 teknolojik yenilikten birisi olarak sayılmaktadır. Giyilebilir teknoloji cihazlarının temel görevlerinden biri, sensörler aracılığıyla topladığı verileri doğrudan telefona ve internet üzerinden buluta aktararak sağlık, eğlence, iş ve benzeri gündelik alanlarda hayatı kolaylaştırmaktır. Bu bilgiler adım sayar, kilo ölçer, sosyal medya takibi, mesaj alıp gönderme, uzaktan konuşma, ajanda kontrolü, müzik yayını, fotoğraf çekimi gibi pek çok seçeneği kapsamaktadır. Giyilebilir teknoloji ürünleri saat ve bilekliğin yanı sıra kolye, bilezik, yüzük gibi aksesuarları da kapsıyor ve yakın dönemde akıllı lenslerin üretilmesi de gündemdedir. Giyilebilir teknolojiler alternatif tanıtım, pazarlama ve satış yöntemlerini de beraberinde getirecektir. (<http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/2017de-dunyayi-degistirecek-10-teknoloji-trendi-40334937>).

“Nesnelerin interneti”, “son teknolojik robotlar”, “yapay zekanın kullanımı”, “üç boyutlu yazıcılar bu yeniliklerin bazılarıdır. Bu çalışmada konfeksiyon ve hazır giyim teknolojilerindeki son gelişmeler ve bu teknolojilerle üretilen giysiler araştırılmıştır.

2. Teknolojik Gelişmeler

Üretim sistemlerinde yaşanan teknolojik gelişmeler olarak; giysiye doğrudan dijital baskı, son teknolojik nakış makinaları, lazerli ve plazma teknolojisi ile kesim sistemleri, ultrasonik kesim sistemleri ve üç boyutlu baskı makinaları vb. sistemler incelenecektir.

2.1. Nesnelerin İnterneti

Yapılan çalışmalar ile bağımlılık boyutunda teknolojiyi takip eden kişiler için ürünler tasarlanmaya başlamıştır. Bu ürünlerin üretilmesi ile ortaya çıkan kavram ise “nesnelerin interneti” olmuştur. Nesnelerin interneti günlük hayatımızda sıklıkla karşılaştığımız bir kavram olmaya başlamıştır. Nesnelerin interneti, internet aracılığı ile veri gönderip veri alabilen cihazlara verilen genel bir addır (Şekil 1). Bu kavram bir ürünün internet kullanarak bilgi gönderebilen ve bilgi alabilen cihazlara verilen isimdir (Çakır vd., 2018).

Günümüzde uzmanlar, tüm mevcut nesnelere bilgisayarlara veri aktarabilecek konuma getirebilirler, bunların sürekli çalışmalarını sağlayabilirler ise hem nesnelere takip etmek hem miktarlarını bilmek, maliyet kayıplarını ve israfı azaltabilir aynı zamanda nesnenin yıpranma durumu, tazeliği, sağlığı, güncellemeleri vs. zamanında yapılabilir (Köroğlu, 2015). Nesnelerin interneti nesnelerin birbirleri ile bilgi paylaşımı yaparak birbirlerini görme, duyma, düşünme ve konuşma imkanı sağlamakta, gömülü cihazlar, algılayıcı ağlar, haberleşme protokolleri vb. temel teknolojilerin geleneksel olan bir sistemden akıllı bir sisteme dönüşümü demektir (Aktaş vd., 2016).



Literatürde üretim yöntemlerine, kullanılan hammaddeye göre farklı sınıflandırmalar yapılsa da, temel olarak moda ve tekstil tasarımında bu yazıcıların kullanımı iki amaçla/şekilde olmaktadır. İlk olarak giysi bütün olarak bu yöntemle üretilebilmekte (Şekil 3), ikinci olarak da tekstil yüzeyinde temel teşkil eden dokuma veya örme ile oluşturulmuş yüzeylere alternatif olabilecek, farklı bağlantı şekilleriyle bilinen dokuma ve örme kumaşlara alternatif yüzeyler elde edilebilmektedir (Yıldıran, 2017). Şekil 3’de üç boyutlu yazıcılarla üretilmiş ve farklı defilelerde sergilenmiş bütün giysi modelleri görülmektedir.



Şekil 3: Sol: İlkbahar / Yaz 2014 Koleksiyonu (New York Moda Haftası); Merkez: Sonbahar / Kış 2016 Koleksiyonu (New York Moda Haftası); Sağ: İlkbahar / Yaz 2017 Koleksiyonu (New York Moda Haftası)

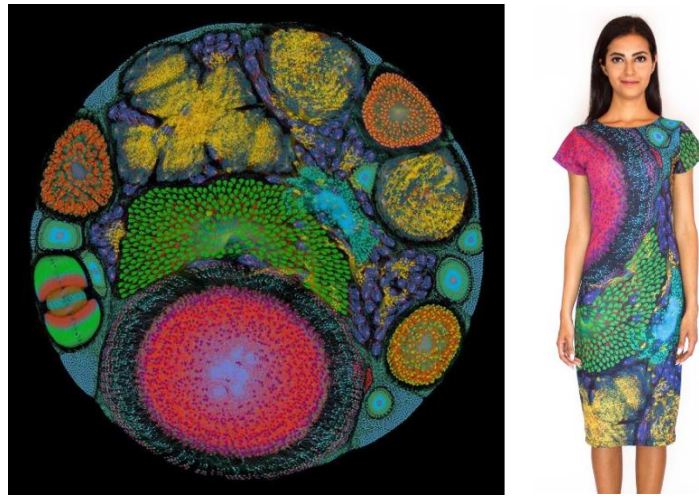
(<https://www.bluedge.com/blog/miscellaneous/12-fashion-designers-whove-embraced-3d-printing>).

Üç boyutlu yazıcılar, moda ve tekstil tasarımında, giysi üretimi ve tekstil yüzeyinde dokuma ya da örme ile oluşturulmuş yüzeylere alternatif olabilecek, farklı işleme modelleriyle ürünler elde etmek için kullanılabilir.

Geleneksel olarak üç boyutlu baskı ile bir araya getirilen modeller katı bir davranış sergilemektedir, ancak yeni projeler nesnelerin şekline ve hareketine uyum sağlayan esnek yapılar yaratmayı amaçlamaktadır. Sonuçlar, gevşek zincir benzeri yapılar veya katı tekstil görünümüne sahiptirler (Melnikova ve ark., 2014). Son zamanlarda yapılan bir araştırma, bir lazer sinterleme (SLS) ile üç boyutlu yazıcıda esnek atkı örme yapıları oluşturmanın mümkün olduğunu bildirmiştir (Timmermans ve ark., 2015).

2.4. Makinalardaki Teknolojik Öğrenme

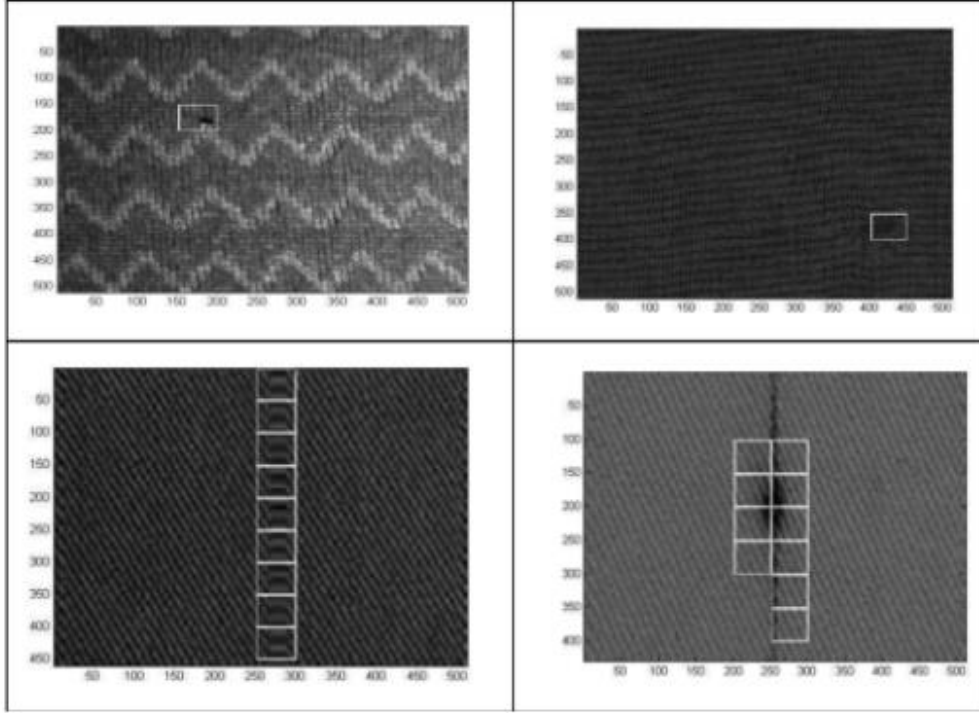
Bir makinenin akıllı insan davranışını öğrenme ve benimseme yeteneği yeni değildir. Günümüzde, bu gelişmiş algoritmalar imalat sanayiinin bilgi toplama, vasıflı işgücü gerçekleştirme ve tüketici davranışını öngörme şeklini değiştiriyor. Hatta bazıları trend modelleri, silüetler, renkler ve stillerde temaları tahmin eder ve ürünler ve pist görüntüleri etrafında müşteri duyarlılığı sağlar. Bazıları bir markanın ideal müşterisi için doğru zaman ve ürünün ne zaman olduğunu tespit etmek için insanların yerini alabilmektedir. Yapay Zeka, Yapay Sinir Ağları, Görüntü İşleme Teknikleri ve Algoritmalarla öğrenen makineler bir çok konuda tahminleme yaparak kararlar almakta ve kumaş kalite kontrolü, renk eşleştirme gibi çalışanların vermek zorunda oldukları kritik kararlarda önemli görevleri üstlenmektedir. Şekil 4’te bir makine öğrenmesi ile elde edilmiş baskılı bir elbise örneği görülmektedir. Bu renkli elbise kolayca en yeni makine öğrenme teknolojisi tarafından yaratılmış bir yapay zeka ürünü elbisedir. Elbisedeki baskı, LIGO yerçekimi dalga dedektöründen üretilen veri analizini hızlandırmayı öğrenmenin bir sonucudur.



Şekil 4: Yapay zeka ile üretilmiş bir baskı deseni ve elbise örneği (<https://shenovafashion.com/products/artificial-intelligence-dress>).



Şekil 5'te kumaş kalite kontrolünün görüntü işleme teknikleri ile tespiti görülmektedir. Kumaş üretiminin son noktası olan kalite kontrol aşamasında, operatör kalite kontrol aşamasında her hatayı manuel olarak işaretler ve tanımlama sonuçlarını bilgisayara girer. Görüntü işleme teknikleri sayesinde bilgisayar, işaretleme, tanımlama, kayıt ve raporlama sistemini yapabilmekte, hataları algılayabilmekte, hatanın türünü tanımlayabilmekte, konumlarını bir aygıtla işaretleyebilmekte ve rapor edebilmektedir.



Şekil 5: Görüntü işleme tekniği ile kumaş kalitesinin tespit edilmesi (<https://medium.com/deep-learning-turkiye/teksti%CC%87lde-yapay-zeka-kullanimi-7f97f23c571d>).

Örneğin Tommy Hilfiger, kısa süre önce, üretimi, satışları optimize etmek ve ayrıca maliyeti ve israfı azaltmak için bu tür verileri belirlemek üzere bir Yapay Zeka Sistemi geliştirmek üzere IBM ve Fashion Institute of Technology ile bir ortaklık yaptığını açıklamıştır. FIT'deki öğrenciler, gerçek zamanlı moda endüstrisi trendleri, şirketin yeni ürün geliştirme için bilinçli kararlar almak üzere geri gönderdiği her Tommy Hilfiger çevresinde müşteri duyarlılığı gibi şirketin verilerine bakmak için bilgisayar vizyonu dahil olmak üzere IBM Research'in Yapay Zeka yeteneklerine sahip olacaktır.

San Francisco merkezli, Stitch Fix gibi başka bir şirket de müşterilere çevrimiçi stilistler yardımı ile kıyafet temin ediyor, Yapay Zeka ile çalışıyor. Şimdi Stitch Fix envanterinde eksik olan trendleri ve stilleri tanımlayan algoritmalar tarafından oluşturulan giysileri tasarlıyorlar. Bunlar, tüketicilerin Yapay Zeka sistemi tarafından seçilen ve daha sonra yeni bir tasarım öneren favori renk, desen ve tekstil seçimlerinin kombinasyonuna dayanır. Daha sonra bu yeni tasarımlar bir (insan) tasarım ekibi tarafından gözden geçirilir.

Yapay Zeka'yı hazır giyim sektöründe kullanmanın ilginç bir örneği, Google ve Zalando tarafından geliştirilen bir proje olan Project Muze'dir. Proje, Google'ın Moda Trendleri Raporundan elde edilen renkleri, dokuları, stil tercihlerini ve diğer estetik parametreleri ve ayrıca Zalando tarafından sağlanan tasarım ve trend verilerini anlamak için sinir ağını eğitti. Proje, kullanıcıların ilgi alanlarına göre, ağ tarafından tanınan stil tercihlerine göre tasarımlar oluşturmak için bir algoritma kullandı. Sonuçta, Muze Projesi ile yaratılan moda parçaları tamamen başarılı değildi, ancak hazır giyim endüstrisinde Yapay Zeka kullanma olasılıkları hala gelişme aşamasındadır ve umut verici ilerleme göstermektedir. Ürün geliştirme teknolojisinin sağlayabileceği örneklerden bazıları arasında dijital showroomlar ve sanal tasarım yer almaktadır. (<https://www.cbi.eu/market-information/apparel/how-apply-new-technologies-apparel>).

Yeni üretim teknolojileri, hazır giyim endüstrisinin emek yoğun üretimden sermaye yoğun üretime geçmesini sağlamaktadır. Yeni üretim teknolojisinin diğer sonuçları arasında daha hızlı üretim, daha az atık, yeniden pazarlama ve pazara yakın üretimin yerleştirilmesi ve daha düşük karbon ayak izleri sayılabilmektedir. Yeni üretim teknolojisi çözümleri şunları içermektedir.

- lazerle kesme makineleri, eritme makineleri, düğme deliği makineleri ve dikiş yapıştırma makineleri gibi dikiş makinelerinde yenilikler;
- dikiş robotları;
- dikişsiz giysiler;
- şirketlere ve tüketicilere, belirli tüketicilerin tasarımlarını ve fikirlerini hızlı ve nispeten ucuz bir şekilde özelleştirebilme ve üretebilme yeteneği sağlayan dijital tekstil baskısı.



2.5. Blok Zincir (Blockchain) Teknolojisi

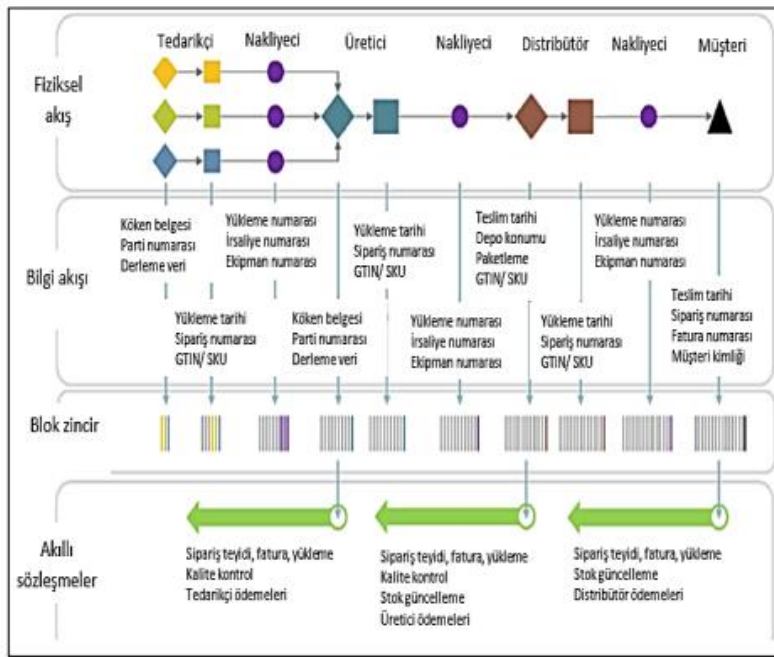
Blockchain teknolojisi, ürünler ve bir blockchain üzerindeki dijital kimlikleri arasında fiziksel-dijital bir bağlantı oluşturma özelliğine sahiptir. Bu tür bir bağlantı daha şeffaf bir tedarik zinciri için fırsatlar açar. Blockchain ile her bir ürün için zaman damgalı dijital bir bilgi geçmişi veya toplam değer zincirinin denetim zincirini oluşturabilirsiniz. Bu veriler değişmez olduğu için tek taraflı olarak değiştirilemediği için blockchain, şirketlerin ürünleri ve süreçleri hakkında sağladıkları bilgileri doğrulamak için ekstra bir güvenlik katmanı yerleştirir.

Blockchain teknolojisinin kullanımı hazır giyim endüstrisini değiştirmiş ve tedarik zincirinde şeffaflığı uygulamak için yeni yollar sunmaktadır. Blockchain kullanarak, bir ürüne eklenen bir çip veya bir etiket, aşağıdakiler dahil olmak üzere, o ürünle ilgili tüm ilgili verileri depolamak için kullanılabilir:

- pamuğun sağlandığı çiftlik;
- ipliği kim yaptı;
- boyamak için kullanılan şey;
- ürünü kim üretti;
- nasıl sevk edildiğini;
- her adımda geçmişteki maliyetler;

Tüm bu “blok” verileri bu ürünün etiketinde depolanabilir ve daha sonra bu zincire katılan herhangi bir sayıda bilgisayar kullanıcısı tarafından erişilebilir ve doğrulanabilir.

Örneğin, kullanım sırasında veritabanına belirli bir materyalin kaynağı eklendiğinde, bu veriler o anda blockchain teknolojisi ile güvence altına alınır. Veriler daha sonra örneğin hızlı yanıt (QR) kodları kullanılarak çips, etiketler ve tarama kullanılarak saklanabilir ve okunabilir. Ürünün ömrünün ilerleyen saatlerinde, üretim, dağıtım, satış ve hatta elden çıkarılması sırasında, hiç kimse bilgileri kurcalandığını görünür yapmadan değiştiremez. Şekil 6’da blok zincirinin nasıl kullanıldığı gösterilmektedir.



Şekil 6: Blok zincirinin kullanımı (Bakan, Şekkeli, 2019- Rodrigue, 2018)

Hazır giyim sektöründe blok zincir teknolojisinin gelecekteki uygulamaları aşağıdaki şekildedir:

- sahte ürünlerin satışının önlenmesi;
- örneğin organik pamuktan alınan sertifikaların ‘çift harcamasını’ önlemek;
- akreditiflerin değiştirilmesi;
- küçük işletmeler için alternatif finansman ve ödeme yöntemleri sunabilecek kripto para birimlerinin kullanılması;
- anında izlenebilirlik, gelişmiş envanter yönetimi ve otomatik geri dönüşüm için giysiler ve envanterdeki radyo frekansı tanımlama (RFID) etiketleri.

3. Sonuçlar

2005 yılından itibaren Türk tekstil ve hazır giyim sektörleri rekabet alanını değiştirmiş, geleneksel ve basit ürünlerle rekabet etmek yerine, yüksek katma değerli tekstil ürünleriyle ve hazır giyimde markalaşma yolunda daha güçlü bir yapıya dönüşme çabası içerisine girmiştir. 2023 yılında dünya tekstil ticaretinin 550 milyar Dolar’a, hazır giyim ticaretinin ise 740 milyar Dolar’a ulaşacağı



öngörülmektedir. Ülkemizin 2023 yılı için 500 milyar Dolarlık ihracat hedefine ulaşabilmesi için ihracatçı birlikleri tarafından hazır giyimde 52 milyar Dolar, hazır giyim dahil tekstil sektörü için toplam 100 milyar dolar ihracat hedefi belirlenmiştir. Bununla birlikte dünya tekstil ve hazır giyim ticareti içindeki %3,6'lık payımızı korumak için 2023'te en az 26 milyar Doları hazır giyimde olmak üzere tekstil ve hazır giyimde toplam yaklaşık 50 milyar Dolar ihracat hedefine ulaşmamız şarttır. Sektörlerin 2023 hedeflerini en iyi şekilde gerçekleştirebilmeleri için mevcut avantajlarının yanında Dokuzuncu Kalkınma Planı çerçevesinde hedeflenen “tedarikçi ülkeden piyasaya yapıcı ülkeye dönüşüm” ve “bilgi bazlı ürünlerin üretimine yönelme” yolunda kamu-özel sektör işbirliği ile çalışmalar hızla yürütülmelidir (<http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/hazir-giyim-sektorundeki-gelismeler/>).

Tekstil ürünlerinde teknik özelliklerin ön plana çıkması ve teknolojik özelliklerin daha da geliştirilmesi ile yaratılacak olan tekstil ürünleri önümüzdeki yıllarda daha da yaygınlaşacaktır.

Böylece teknik tekstil materyalleri, malzeme bilimi, tekstil teknolojisi ve elektronik bilimi alanlarını kapsayan disiplinler arası çalışmalar daha da artacaktır.

Bu çalışmalar tekstil sektörü ile bilişim sektörünü bir araya getirmeyi ve üretimde teknolojiyi kullanmayı hedefleyen Endüstri 4.0 ile giyilebilir teknolojiye sahip ürünleri modanın geleceği için daha da önemli bir noktaya getirecektir.

Gelecekte, giyilebilir teknoloji ile fonksiyonel moda ürünleri tasarlayacak, ileri teknoloji içeren malzemeleri giysilerde kullanacak vizyon sahibi tekstil ve moda tasarımcıları gündemde olacaklardır.

4. Kaynakça

<http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/2017de-dunyayi-degistirecek-10-teknoloji-trendi-40334937>.

Çakır, F. S., Aytekin, A., Tüminçin, F., Nesnelerin İnterneti ve Giyilebilir Teknolojiler, Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi, 2018, Cilt 4, Sayı 5, s. 84-95.

Köroğlu, O. (2015). Nesnelerin İnterneti, Algılayıcı Ağları ve Medya. İçinde Akademik Bilişim Konferansı. Eskişehir.

Aktaş, F., Çeken, C., & Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(1).

<https://www.monnit.com/internet-of-things>.

<http://www.sanayinindijitaldonusumu.com/tekstil-sektorunde-dijital-donusum-ve-yeni-nesil-urunler/>.

Yıldıran, M., Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım ve Üretim, Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Hakemli Dergisi ART-E Mayıs-Haziran'16 Sayı:17, ISSN 1308-2698.

<https://www.bluedge.com/blog/miscellaneous/12-fashion-designers-whove-embraced-3d-printing>.

Melnikova, R. & Ehrmann A. & Finsterbusch K.: 3D Printing of Textile-based Structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with Different Polymer Materials, (2014) Global Conference on Polymer and Composite Materials (PCM 2014) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 62 (2014) 012018 doi:10.1088/1757-899X/62/1/012018

Timmermans, M., Grevinga, Th.; Brinks, G. J.: Towards 3D Printed Textiles, Proceedings of 15th Autex World Textile Conference, Bucharest Romania, June 2015

<https://shenovafashion.com/products/artificial-intelligence-dress>.

<https://medium.com/deep-learning-turkiye/tekstil-871de-yapay-zeka-kullanimi-7f97f23c571d>.

<https://www.cbi.eu/market-information/apparel/how-apply-new-technologies-apparel>.

Bakan, İ. Şekeli, Z., 2019, Blok Zincir Teknolojisi ve Tedarik Zinciri Yönetimindeki Uygulamaları, Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 11(18), DOI: 10.26466/opus.563240.

Rodrigue, J.-P. (2018). Efficiency and sustainability in multimodal supply chains, International Transport Forum Discussion Paper, No. 2018-17, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Transport Forum, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/12f93f71-en>.

<http://www.konfeksiyonteknik.com.tr/hazir-giyim-sektorundeki-gelismeler/>.



RAINFALL- RUNOFF MODELING USING CROSS WAVELET TRANSFORM

Fatemeh Mohammadi^{1*}, Ahmad FakheriFard¹, Umud Saray², Mohammad Ali Ghorbani¹

¹Department of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, Email:

²Department of computer science, Gaziosmanpasa University, Tokat, Turkey

Abstract:

Rainfall-runoff modeling in watersheds includes complex non-linear relationships resulting from the interaction a set of various hydrological processes. In addition to conventional methods in this process modeling, the use of levels of analysis, precipitation and runoff signal processing have been considered recently. In this method, without relying on the predetermined structure, linear and nonlinear characteristics and relationship between input and output variables of system, is derived only from the nature of recorded information. The system used in this study is the combination of Kalman filtering, linear programming and cross-wavelet model(KF-LP-CW).To perform this study 9 events of the Sufichay basin (includes 7 compound and 2 singular events) were used. For the first time, the phase difference resulting from the intersection of rainfall and runoff signals as the time of minimizing errors was obtained analytically through cross-wavelet. To evaluate the model's performance, the results of its simulation, were compared with Kalman filter and linear programming model (KF-LP). This model (KF-LP-CW) simulates the compound events in the calibration and verification phases, with a root mean squared error of 2.44 and 2.33, respectively. This indicates the high ability of the model to simulate the rainfall-runoff process in the Sufi Chai basin for the analysis of compound events. It should be noted that other evaluation criteria are presented and analyzed in the results section.

Keywords: *Sofi chay, simulation, rainfall runoff, cross wavelet*

1. Introduction

Human dependence on reliable water resources and the need to protect these resources against threats and problems such as floods, droughts, pollution, consequences of climate change, etc. are undeniable. One of the major issues are faced today's human society exposed to risk of the quantity and quality of these valuable resources. Therefore, comprehensive studies it is essential on watershed modeling (Nayak, 2013).

Generally, mathematical functions are used to obtain hidden information in the signal. One of these mathematical transformations is Fourier Transform (FT).The signal Fourier transforms $x(t)$ is a mathematical operator that results different displays of a signal. Fourier transforms with multiple capabilities, there are limitations such as spectral analysis of signals, inability to display the signal in the frequency domain and time, especially in variable signals (Nakan, 1999).Therefore, wavelet transformation is a very efficient tool for encountering time series (signals) that have nonsingular properties.

Continuous Wavelet Transform (CWT) provides a time scale of the signal and has recently been used to analyze the climate and data related to oceanography. For example, in studies by Wang et al (1996), Lau and Weng (1995), Gu and Philander (1995) and Meyers et al (1998).

Nayak et al. (2013) introduced rainfall-runoff modeling using Conceptual data derivation and wavelet method.The purpose of this study was to investigate the potential of wavelet and artificial neural network (WNN) for modeling river flow to develop a rainfall runoff model for Malaprabha basin in India.In this study, spatial variations of nonlinear hydrological models with maximum soil moisture storage capacity (NAM) in rainfall-runoff modeling have been investigated.Daily rainfall, evapotranspiration and evaporation data for 21 years (1980-2000) were used for modeling. The results showed that in all scenarios linear regimen gene expression (LGP) has a better performance than the neural network and wavelet integration (WANN) method.

Shoaib (2014) investigated the comparison of wavelet-based neural network models for rainfall-runoff modeling.In this study, 23 mother wavelet functions based on performance of hybrid artificial neural network and wavelet for rainfall modeling was used. Modeling was carried out using neural network hybrid (MLPN N) and radial-based neural network (RBFNN) and continuous and discrete wavelet transforms. The performance of 92 wavelet models based on neural network and 23 wavelet mother functions was measured and compared with the results of artificial neural network. The results showed that among all types of developed models, the discrete hybrid wavelet transform with a multi-layer perceptron artificial neural network (DWTMLPNN) with 9 Level of decomposition in db8 wavelet, had the best performance.

One way to reduce uncertainty is to use the combination of data to regularly update the model using the available data set. Research on the application of Kalman filtering in predicting the rainfall-runoff process shows that the use of this filter and its integration with other methods, such as wavelet transform, can greatly reduce the uncertainty (Vrugt et al. 2006, Moradkhani and Sorooshian, 2008).

Kalman filter is a linear dynamic system that imitates the behavior of a natural observed process. Kalman filter performs this by estimating the optimal current state of the observed process at any moment.

Since the wavelet effectively extracts time and frequency as variable-time signal information, the combination of the wavelet transform and the Kalman filter can analyze the unpredictable events of rainfall and runoff (Hong et al., 1998, and Chou and Wang, 2004).



Guasti Lima et al. (2011) in their study pointing out that one of the limitations in using EnkF is the basic assumption of Gaussian errors and observations, and in order to counteract this limitation, Used nonparametric filters such as a partial filter. He used this method to combine runoff events with conceptual models of rainfall and combination of water level events in hydraulic models.

Douglas et al. (2013) In order to analyze the improvement in the performance of the particle filter by including a resample-move step or by using a modified Gaussian particle filter. Specifically, the standard particle filter structure is altered by the inclusion of the Markov chain Monte Carlo move step. The results indicate that the inclusion of the resample-move steps in the standard particle filter and the uses of an optimal importance density function in the Gaussian particle filter improve the effectiveness of particle filters. Moreover, an optimization of the forecast ensemble used in this study allowed for a better performance of the modified Gaussian particle filter compared to the particle filter with resample-move step.

In this section, what can be briefly propounded as the purpose of this study is described. Due to the high ability of wavelet transforms in signal analysis on a scale and different degrees, all components of the signal that are not visible in the time-frequency domain are revealed. Therefore, the use of events wavelet transform was decomposed at different levels and scales, and the noise in the runoff signals was separated. Kalman filtering capabilities in prediction and simulation are also indisputable due to the review of other studies. It should be noted that the noise generated by wavelet transform in the simulation was used by Kalman filter. The unit hydrograph obtained from the linear programming optimization model was also used as a measurement model Kalman filter system.

In this study, due to Investigation of rainfall-runoff phenomena in compound events, the result of the occurrence of several pulses of precipitation in different time Positions, Since as usual effective rainfall is calculated using the mean index ϕ , Many errors in the simulation of this process may be occur. Therefore, in order to minimize the error, phase analysis, or, in other words, delays in effective rainfall pulses, cross-wavelet method were used. Finally, the main purpose of this study is to combine the above mentioned methods to create a dynamic error control model. Therefore, using cross-wavelet transform and its relation with other parameters related to rainfall-runoff phenomenon, the analysis of flow events from the basin was carried out. Combination of these decomposition levels with Kalman filter was used for modeling and predicting rainfall-runoff events in the watershed.

2. Theory

2.1. Linear programming method for optimizing unit hydrograph

In this method, the objective function of minimizing the sum of squares is the difference observed between surface runoff hydrographs observed and calculated per unit area of the catchment area. This method defines the main constraints by:

Being unit of the surface under unit hydrograph curve and positive components of the unit hydrograph, we can formulate above based on formulas (1) to (4)

$$\text{Minimize } \sum_{n=1}^N e_n^2 \quad \text{or} \quad \text{Minimize } \sum_{n=1}^N (\theta_n + \beta_n) \quad (1)$$

s. t.

$$\left(1 - \Delta t \sum_{r=1}^{N-M+1} U_r \right) = 0 \quad (2)$$

$$U_r \geq 0 \quad \text{Where } r = 1, 2, 3, \dots, N - M + 1 \quad (3)$$

$$\text{Where } e_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} p_m U_{n-m+1} - Q_n \quad \text{or} \quad e_n = Q_n - \hat{Q}_n \quad (4)$$

Where

p_m : m, th Component of the effective rainfall, M: The number of excess precipitation components, N: The number of flood hydrograph components, U_{n-m+1} : n - m + 1 Component of unit hydrograph, e_n : Difference of n component Hydrograph of direct observational and computational runoff, Q_n : component of n hydrograph observation runoff and \hat{Q}_n : component n is the hydrograph of computational runoff (Chow, 1988)

2.2. Continuous Wavelet Transform (CWT)

The continuous wavelet transform (CWT) is defined as the sum of all the times when the actual signal s(t) is multiplied on a scale (drawn and compressed) and transmitted to versions of the wavelet function ψ (Nakan, 1999).

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad , \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \quad (5)$$

$$\text{CWT}(\text{scale}, \text{position}) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^*(\text{scale}, \text{position}, t) dt \quad (6)$$



$$CWT_x^\psi(s, b) = \frac{1}{\sqrt{|S|}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{s} \right) dt \quad (7)$$

Where $\psi(t)$: the main wavelet (mother wavelet) with effective length (t), which is usually much shorter than the target time series x (t)

The symbol * represents the complex conjugate

CWT: are wavelet coefficients derived from continuous wavelet signal transformation x (t)

S: is the scale or stretch parameter that scales a function by compressing it or dragging it.

Parameter b is the transfer time So that the changes represent the wavelet Slide over the function x (t).

2.3. Discrete wavelet transforms (DWT)

The discrete form of the wavelet function (DWT) is as follows (Chen et al., 1999)

$$DWT_x^\psi(S, b) = \frac{1}{\sqrt{|S_0^j|}} \sum_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi \left(\frac{t - n b_0 S_0^j}{S_0^j} \right) \quad (8)$$

Discrete wavelet function by selection $S = S_0^j$ and $b = n b_0 S_0^j$ in equation (13), j and n are integers number that control expansion and shifts (displacement), respectively.

Always $b_0 > 0$ and $S_0 > 1$. In this method, the main signal X (n) passes through two complementary filters (low pass and high pass filter) and appears as two signals with approximation titles (A) and details (D).

2.4. Cross wavelet

An analysis of the cross wavelet was presented by Hudgins in 1993 .For the first time, Labat et al. (2000) used this method in the rainfall-runoff process (Jury et al., 2002). The spectral analysis of the cross wavelet is defined in two time series x (t) and y (t) as Eq. (9).

$$W_{xy}(s, b) = W_x(s, b) W_y^*(s, b) \quad (9)$$

Where $W_x(s, b)$ and $W_y^*(s, b)$ are the coefficients of the continuous wavelet transform of the two time series x (t) and y (t) respectively. As already mentioned, s and b respectively represent the scale and time delay of the time series, and the symbol * denotes the conjugate shape of a complex number .Also, $W_{xy}(s, b)$ is the coefficients of the transform of a cross wavelet, which are themselves complex numbers, have real and imaginary parts, or can be described as modulus and phase difference. The phase difference $\Delta\Phi(b, s)$ between two series x (t) and y (t) for the delay time and a certain scale is simplified in equation (11) by Torrence and Compo in 1998 has been defined in the form of equation (12).

$$\Delta\Phi(b, s) = \tan^{-1} \left(\frac{\int_{s_1}^{s_2} \text{Im}[W_{xy}(S, b)] ds}{\int_{s_1}^{s_2} \text{Re}[W_{xy}(S, b)] ds} \right) \quad (11)$$

$$\Delta\Phi(b) = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}[W_{xy}(s, b)]}{\text{Re}[W_{xy}(s, b)]} \right) \quad (12)$$

Where $\text{Re}[W_{xy}(s, b)]$ and $\text{Im}[W_{xy}(s, b)]$ are real and imaginary parts of the coefficient $W_{xy}(s, b)$ respectively. Also, s_1 and s_2 are integral limits, respectively, indicating the lower and upper bounds of the scale, and $s_1 < s_2$.

By applying these phases at the time of precipitation signals, Or in other word, Correction of the position of rainfall time all errors caused by basin losses such as Rating Curve, rainfall measurements, basin Infiltration and other factors causing error were minimized. In this research, the "Minimum Time Situation Error" or, in other words, pseudo lag time (PLT) was introduced. Therefore, the time of the least error was applied to the phase position resulting from the intersection of rainfall and runoff signals in the rainfall signal.

2.5. Kalman filter

The Kalman filter, proposed by Kalman for linear systems in 1960, is a return filter that optimized by minimizing the mean squared error. This method, based on taken measurements, provides an accurate estimation of the system states. In this filter, is used to the first torque (mean) and Second torque (covariance) probability distribution. The Kalman filter algorithm is constituted by three components: (1) the System model; (2) the measurement model; and (3) Kalman filtering. (See more Guasti Lima and Assaf Neto, 2012).

2.6. Evaluation criterion

In this section, a number of evaluation criteria such as determination coefficient (R2), Root mean square error (RMSE), Modified Nash-Sutcliffe (Ej) And Theil's Inequality Coefficient (TIC) has been introduced and the results of this study are analyzed using these criteria.



3. Materials and methods

3.1. The study area and data used

The Sufi Chai River is one of the great rivers in the Urmia Lake Basin and it is located at an altitude of 1450 meters above sea level. Sufi Chai River with a length of 20 km, is located in order 4 with Strahler's method. The Alavian dam was built on this river. The nearest synoptic and hydrometric stations of Sufi Chai basin, are Tazekand station, Alavian dam and synoptic of Maragheh, respectively. The average annual discharge of the Sufi Chai River in the hydrometric station is 110 m³/s. In Figure (1), the position of the basin is shown. In this study, nine rainfall and runoff events in the Sufi Chai basin were used for modeling process.

After an initial review used events were selected. After deducting the base flow and calculating effective rainfall using the ϕ index of events after being divided into calibration and verification steps, were prepared for modeling process. In Table (1) a summary of physiographic characteristics of the Sufi Chai watershed is presented. Also, in Table 2, the characteristics of used compound events, briefly presented.

Table 1- Sufi Chai basin physiographic characteristics

parameter	Value
Basin Area (km ²)	250.65
Perimeter (km)	9.113
Slope(percent)	16.69
Max height (meter)	3408
Min height (meter)	1582
Average height (meter)	2428.5
Basin Length (km)	17.79
Streams length (km)	591.9
Main stream Length (km)	39.98
Main stream Average slope (percent)	Value



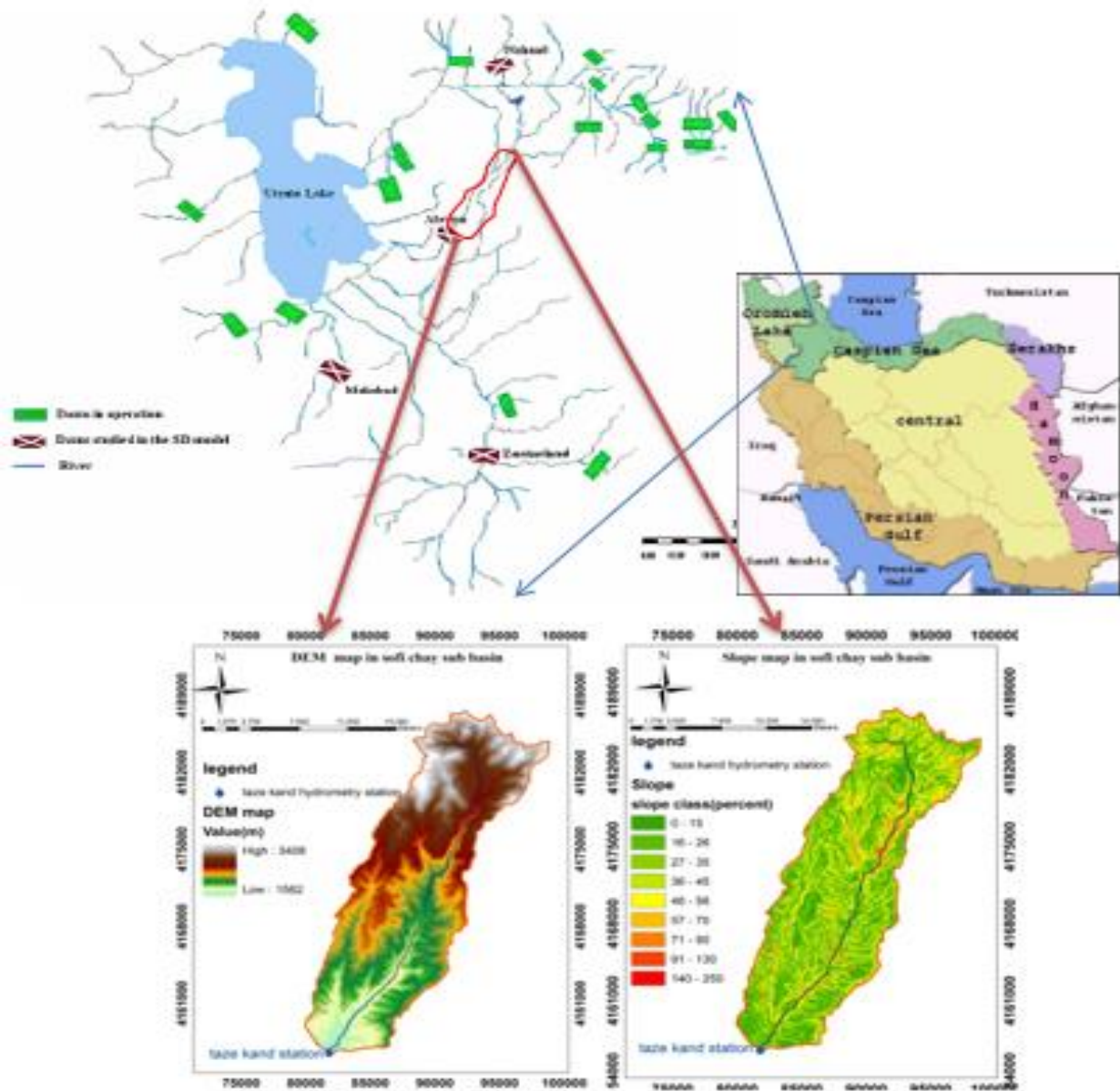


Figure 1- Position of the Sufi Chai basin with a slope and DEM map

3.2. Kalman Filter - Linear Programming (KF-LP)

In this study, after the separation of the base flow and the average ϕ index of total precipitation, the Primary effective rainfall hyetograph was obtained. Using reverse of convolution integral and optimization with linear programming, the unit hydrograph widths were obtained for 5 training events. The unit hydrographs calculated for 5 calibration steps are presented In Figure (2).



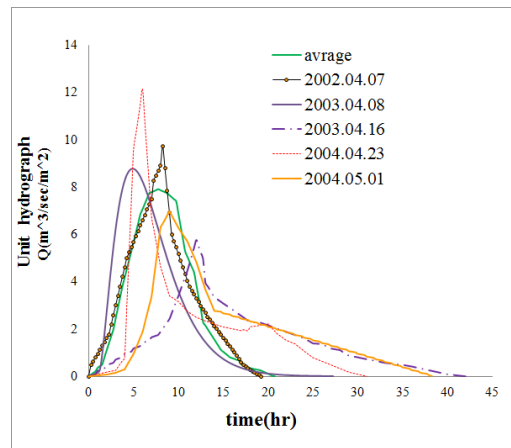


Fig2- Calculated unit hydrograph for 5 calibration events (training) using linear programming method

Then, using the Kalman filter and determining the state of space, the Kalman filter output was considered as the observation hydrograph.

3.3. (KF-LP) and cross Wavelet method (KF-LP-CW)

Step 1: Flood Hydrograph Base Flow separate

Stage 2: The mean ϕ loss index was deducted from the total mean precipitation occurring in the basin (average rainfall in the basin was calculated using thiessen's averaging)

Step 3: Apply the discrete wavelet transform to eliminate the noise in the events and select the appropriate wavelet for decomposition (Figure 3)

Step 4: Application of cross-wavelet for phase detection and time delay between rainfall and runoff signal

Step 5: Apply the calculated time delays for the transfer of effective rainfall components.

Step 6: Applying the inverse convolution integral and calculating unit hydrograph of each event using the linear programming method.

Step 7: Calculate Flood Hydrograph and Evaluate Error Criteria

Table 2- General characteristics of rainfall - runoff events, signal decomposition and state space

Verification events				calibration events					step
2010/05/02	2009/03/14	2007/05/21	2005/04/16	2004/05/01	2004/04/23	2003/04/16	2003/04/08	2002/04/07	Event date
2.3	9.5	5.53	7.5	8.84	6.27	5.61	0.362	11.16	Φ Index(mm/hr)
11.1	4.5	11.4	7.83	14.6	13	13.6	9.07	8.58	Base flow(m³/s)
26.5	34	47.7	35.37	65.4	34.9	31.6	39.48	50.22	Q pic (m³/s)
9.5	17	6	12.75	15	9	34	32.75	4	T pic(hr)
65	28	31.25	42	35	27	30	90	18	T base(hr)
				16.25	6	5.25	16.5	5.75	Tc(hr)
Sym3	Sym3	Sym3	Sym3	sym3	Sym4	Sym4	sym3	*sym3	Wavelet transform
2	2	2	2	2	2	2	2	2	Decomposition degree
0.215	0.111	0.312	0.43	0.436	0.69	0.385	0.119	0.375	Decomposition RSME
5	6	4	7	6	11	9	4	10	State variable number
6	6	6	6	6	6	6	6	6	Optimum state variable

*:Symlets wavelet (sym)

3.4. Kalman Filter - Linear Programming - Cross Wavelet (KF-LP-CW)

The unit hydrograph was calculated using linear programming method to continue the process of controlling modeling of the Kalman filter-cross wavelet as the input state of the system. Figure (4) represents a simulation model that is dynamically designed.



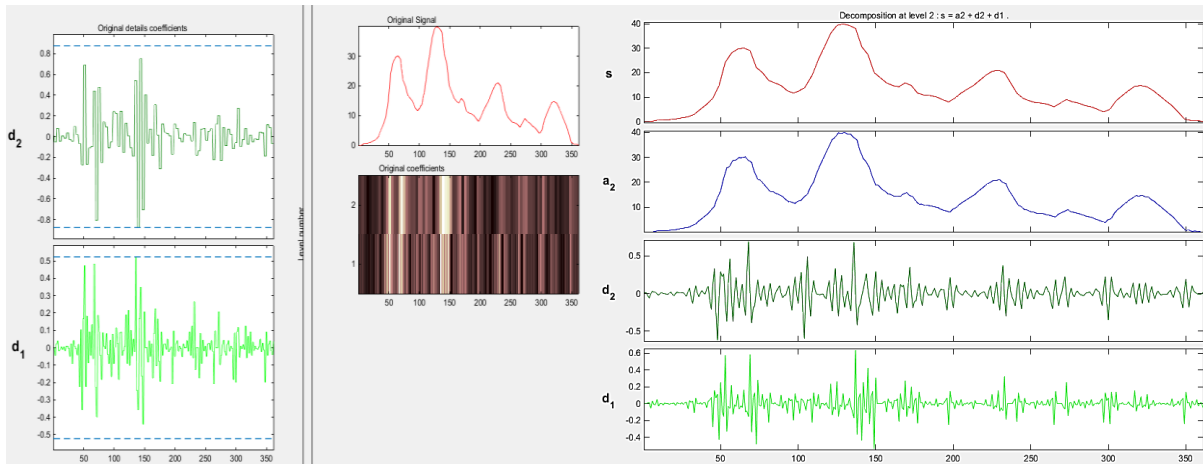


Figure3- this picture shows the removal noise from run off signal using discrete symlets wavelet in tow level (for example: event 2003.04.08)

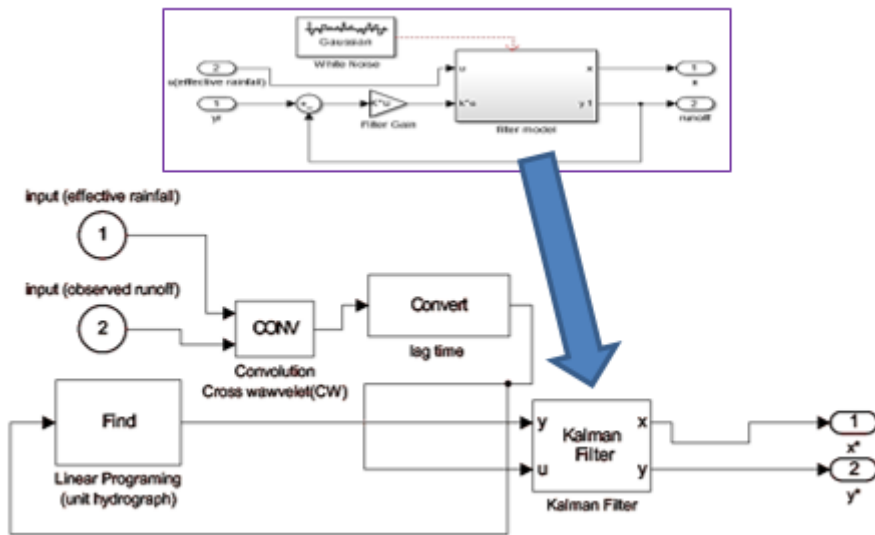


Figure4- Rainfall-runoff control model by using (KF- LP-CW) model

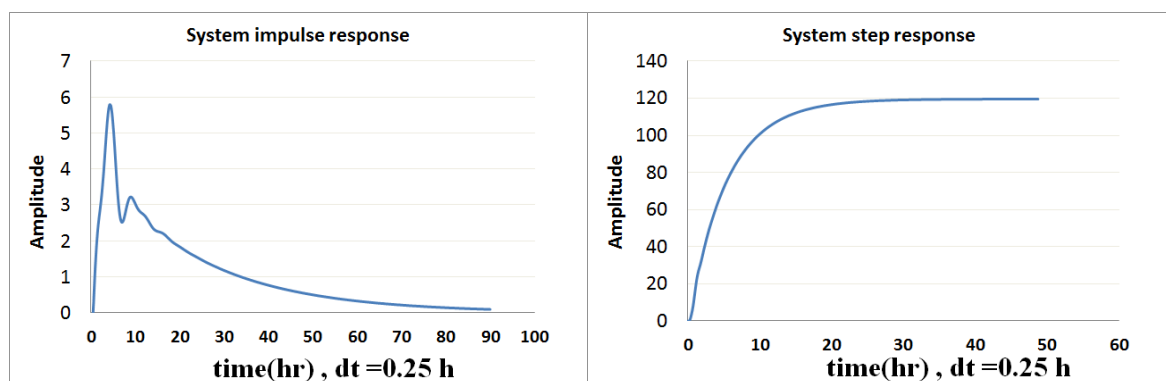


Figure 5- plot a,b shows the step and impulse response of the optimum kalman filter respectively

4. Results and discussion

4.1. Determination of system phase in rainfall - Runoff events

Time distribution of the primary effective rainfall pulses was corrected by applying the phase that occurred between rainfall and runoff signals by a cross-wavelet. The results of this analysis are presented in Fig (6) for the calibration and in Fig (7) for the verification step.



An interesting result that seen from the visual examination of the phase difference curves, it will be the overall similar form for similar compound events (for example, the occurrence of the 2003/04/16 during the calibration phase and the occurrence of 2005/04/16 at the verification step) and single-peak events. This represents the almost same reaction in the face of these events in basin.

According to this, using the 5 phase curves obtained for 5 events, including one single event and 4 compound events at the calibration step, the phase curve was used for 4 events of the verification step. Then the results were compared with the actual phase of observation of these events.

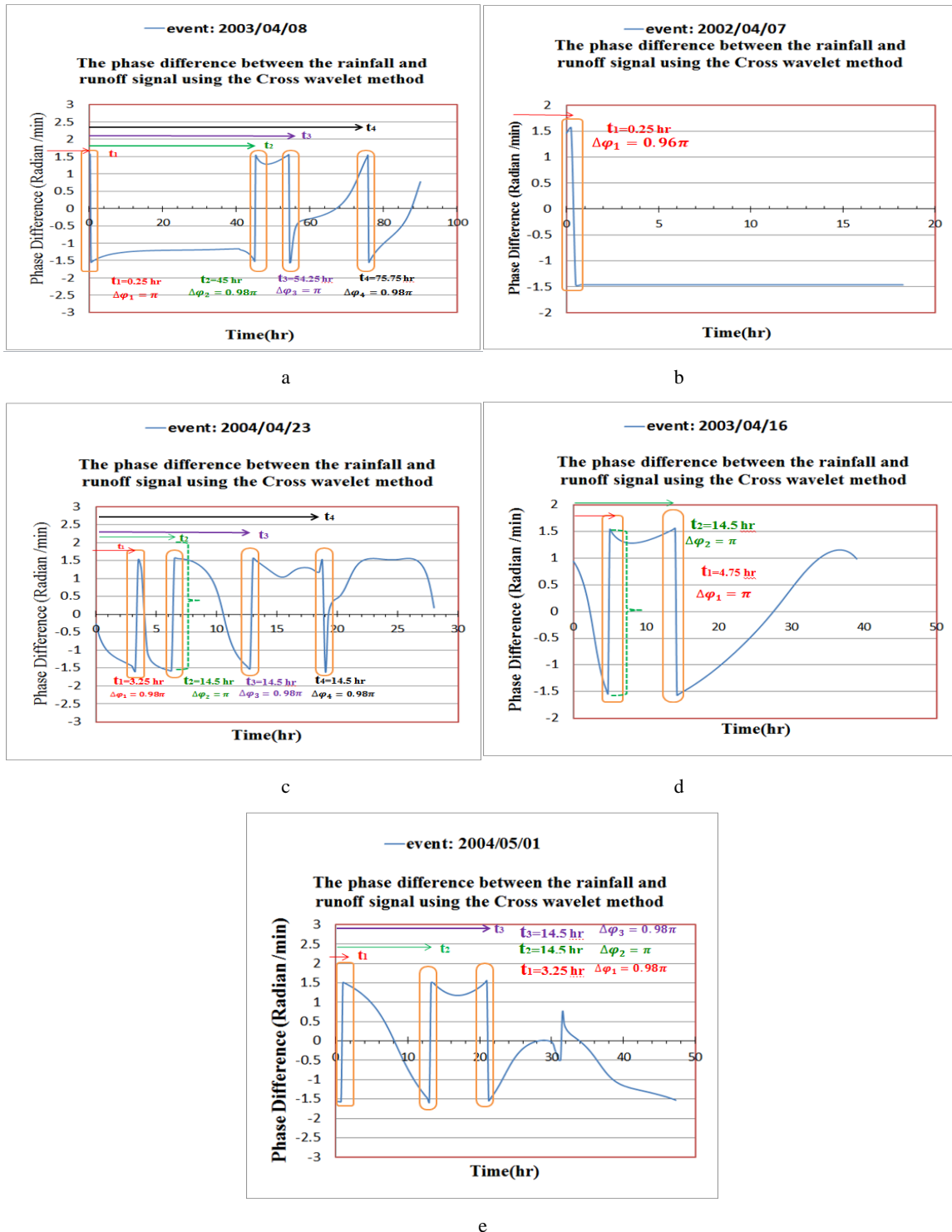


Figure6- (a, b, c, d, e) Phase difference curves for calibration step events



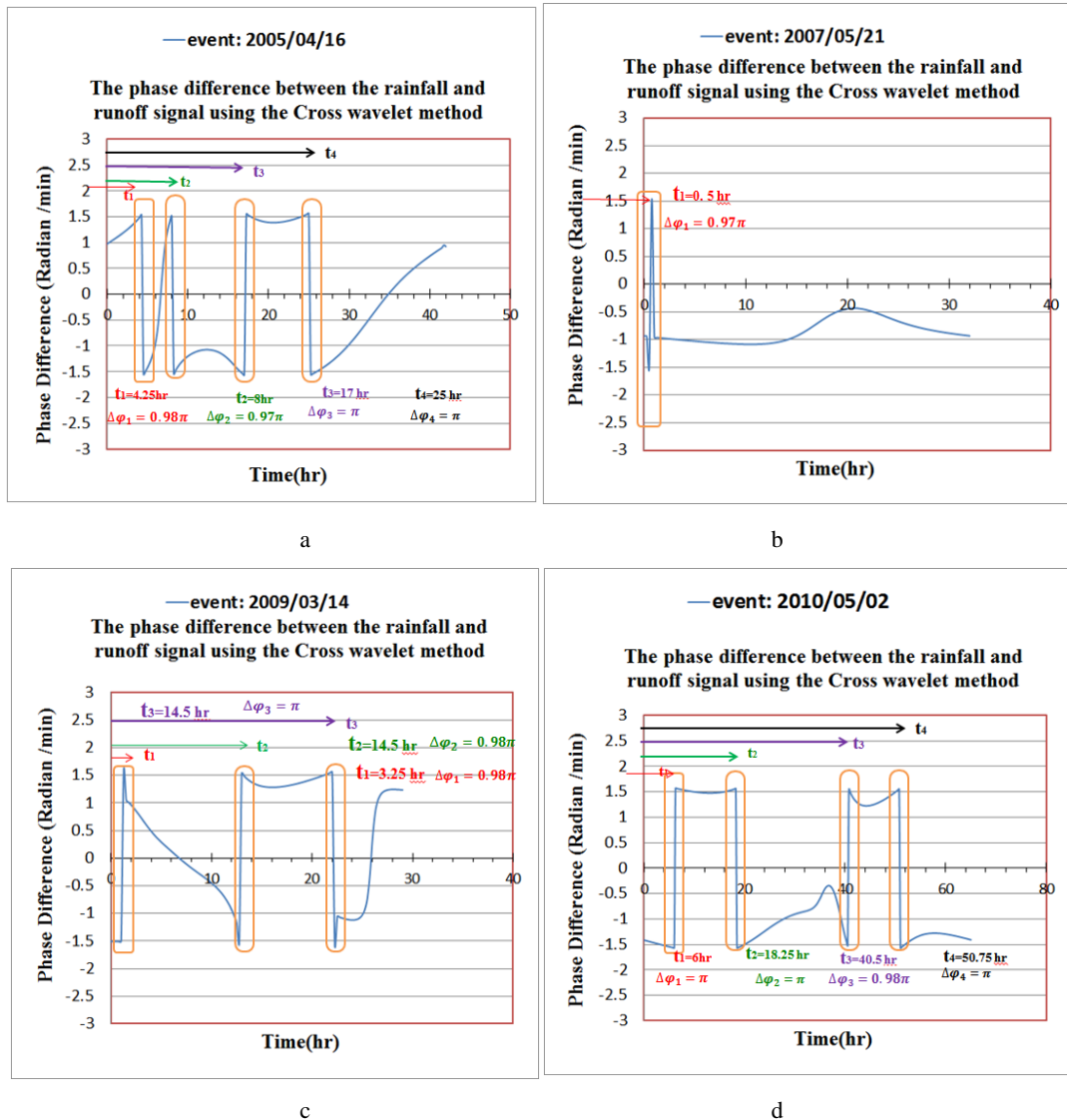


Figure 7- (a, b, c, d) Phase difference curve for verification events step

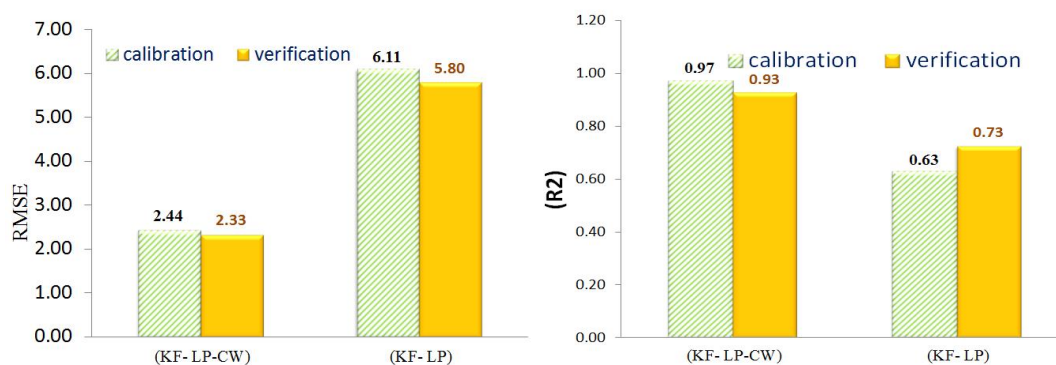
4.2. Results of simulation of rainfall - runoff control model of studied methods

According to the application of the two methods in simulating a rainfall-runoff control model in the Sufi Chai basin, the results are presented in Table 4. Then, using the four evaluation criteria, the efficiency of the methods was analyzed. The results showed that the method (KF-LP-CW) compared with the (KF-LP) in both calibration steps (2.44) and verification (2.33) from the perspective of the root mean square error evaluation criterion It has better performance (Figure 8 ,9).

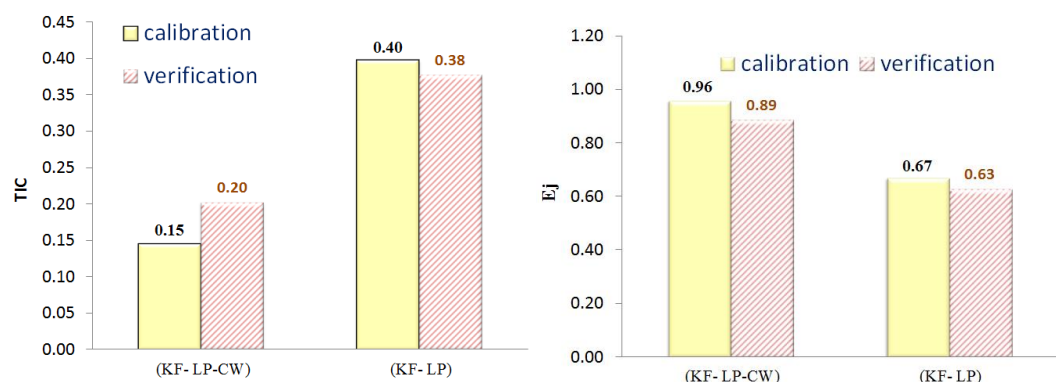


Table 4 – the Results of Application evaluation Criteria in selected events in Calibration and verification step

Verification			Calibration(train)						Compound event in part		event
2010-05-02	2009-03-14	2007-05-21	2005-04-16	2004-05-01	2004-04-23	2003-04-16	2003-04-08	2002-04-07	method	criteria	
2.82	2.97	1.08	2.45	4.22	2.15	1.48	1.96	2.4	(KF- LP-CW)	RMSE	
11.6	4.12	1.08	6.37	8	5.73	5.4	9	2.4	(KF- LP)		
0.91	0.91	0.99	0.92	0.97	0.95	0.97	0.99	0.97	(KF- LP-CW)	R²	
0.19	0.89	0.99	0.73	0.85	0.59	0.52	0.22	0.97	(KF- LP)		
0.28	0.25	0.08	0.18	0.16	0.12	0.17	0.13	0.14	(KF- LP-CW)	TIC	
0.82	0.26	0.08	0.35	0.36	0.37	0.49	0.63	0.14	(KF- LP)		
0.77	0.9	0.98	0.9	0.94	0.98	0.94	0.96	0.97	(KF- LP-CW)	E_j	
0.1	0.83	0.98	0.6	0.81	0.88	0.46	0.22	0.97	(KF- LP)		



Figures (8) - Average RMSE and R2 coefficient for calibration and verification step



Figures (9) - Average E_j and TIC coefficient for calibration and verification step

In the case of the E_j criterion, which is conceptually similar to the coefficient of determination, with a mean of 0.96 and 0.89, calibration and verification steps confirm the better performance of the method in comparison to the other three methods. Tile inequality analysis with average values of 0.46 and 0.52 in the calibration and verification steps, respectively, indicates that this method is better than the other two methods.



The prediction of the 2007/2/2 event in verification step had the least error out of 9 events. In Tile Inequality Coefficient analysis, all three methods have an average value below 0.5, which indicates the good performance of these methods for the mentioned events. In Table (4) the values of each criterion for each event are presented in each method.

5. Conclusion

In this study, simulation of rainfall-runoff Compound events in the Sufi chay basin in East Azarbaijan province in Iran was studied. This was accomplished by combination of linear programming, Cross wavelet Transform and Kalman filtering. In general, it can be admitted that, due to the Kalman filter return process, the accuracy of the cross-wavelet method for phase separation and time delay, and the use of the linear programming optimization method. This resulted in satisfactory results. One of the main advantages of this control system is the ability of the system to be generalized to other rainfall-runoff events in the studied catchment area and same basins

6. References

- [1] Chen, B.H., Wang, X.Z., Yang, S.H. & McGreavy, C. (1999). Application of wavelets and neural Networks to diagnostic System development. 1, feature extraction, Compute and Chem. Elsevier Sciences Ltd, 23(7), 899-906.
- [2] Chou, C.M. & Wang, R.Y. (2004). Application of wavelet-based multi model Kalman filters to real-time flood forecasting. Hydrology Process, 18, 987–1008.
- [3] Chow V.T., Maidment, D.R. & Mays L.W. (1988). Applied Hydrology. McGraw- Hill book company, New York.
- [4] Douglas, A., Plaza, G., De Keyser, R., Gabrielle J. M., Laura Giustarini, D. L, Patrick Matgen, P., & Valentijn R. N. (2013). Improving particle filters in rainfall-runoff models: Application of the resample-move step and the ensemble Gaussian particle filter. Water Resources Research, VOL. 49, 1–17.
- [5] Ferguson, j. c. (1964). Multi variable curve interpolation. ACM, 11(2), 221-228
- [6] GU, D., Philander, S.G.H. 1995. Secular changes of annual and interannual variability in the tropics during the past century. J. Clim 8, 864–876.
- [7] Guasti Lima, F. & Assaf Neto, A. (2012). Combining wavelet and kalman filters for financial time series forecasting. Journal of International Finance & Economics, 12 (3), p47.
- [8] Hong, L., Chen, G. & Chui, C.K. (1998). A filter-bank-based Kalman filtering technique for wavelet estimation and decomposition of random signals. IEEE Trans. Circuits Systems-II: Analog Digit Signal Processing 45 (2), 237–241.
- [9] Jury, M.R., Enfield, D.B. & Melice, J.L. (2002). Tropical monsoons around Africa: stability of El Nino-southern oscillation associations and links with continental climate. Journal of Geophysical Research. 107.
- [10] Labat, D. Ababou, R. & Mangin, A. (2000). Wavelet analysis in Karstic hydrology. 2nd Part: Rainfall–runoff cross–wavelet analysis. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Series IIA Earth and Planetary Science, 329, 881-887
- [11] Lau, K. M. & Weng, H. (1995). Climate signal detection using wavelet transform: how to make a time series sing. Bull. Am. Meteorol. Soc. 76 (12), 2391–2402.
- [12] Lee, Y. H. & Singh, V. P. (1999). Tank model using kalman filter. Journal of hydrologic engineering, 4, 344-349.
- [13] Meyers, S.D., Kelly, B.G. & O'Brien, J.J. 1993. An introduction to wavelet analysis in oceanography and meteorology: with application to the dispersion of yanai waves. Mon Weather Rev, 121, 2858–2866.
- [14] Mizumura, K. (1984). Application of kalman filter to oceanic data. J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng, 110,334-343.
- [15] Moradkhani, H. & S. Sorooshian .(2008). General Review of Rainfall-Runoff Modeling: Model Calibration, Data Assimilation, and Uncertainty Analysis, in Hydrological Modeling and Water Cycle, Coupling of the Atmospheric and Hydrological Models. Springer, Water Science and Technology Library, Volume 63, 1-23.
- [16] Nakken, m. (1999). Wavelet analysis of rainfall–runoff variability isolating climatic from anthropogenic patterns. Environmental Modelling and Software, 14, 283–295.
- [17] Nakken, m. (1999). Wavelet analysis of rainfall–runoff variability isolating climatic from anthropogenic patterns, Environmental Modelling and Software, 14, 283–295.
- [18] Nayak, P.C., Venkatesh, B., Krishna, B., & Jain, Sharad. K. (2013). Rainfall-runoff modeling using conceptual, data driven, and wavelet based computing approach. Journal of Hydrology, 493, 57–67.
- [19] Shoaib, M., Y. Shamseldin, A. & W. Melville, B. (2014). Comparative study of different wavelet based neural network models for rainfall–runoff modeling. Journal of Hydrology, 515, 47–58.
- [20] Szollosi-Nagi, A., & Mekis, E. (1988). Comparative analysis of three recursive real-time river flow forecasting models Deterministic. Stochastic and coupled deterministic stochastic, Stochastic Hydro, 2, 17–33.
- [21] Todini, E. (1978). Mutually interactive state parameter (MISP) estimation. Application of Kalman Filter, Proc., AGU Chapman Conf, University of Pittsburgh, Pittsburgh, 135–151.
- [22] Torrence, C. & Compo, G.P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. Bulletin of the American eeteorological Society. Bulletin of the American Meteorological Society, 79(1), 61-78.
- [23] Vrugt, J., Gupta, H., & B. Nuallain. (2006). Real time data assimilation for operational ensemble streamflow forecasting, Journal of Hydrometeorology, 7(3), 548–565.
- [24] Wang, B., Wang, Y. (1996). Temporal structure of the southern oscillation as revealed by wave form and wavelet analysis. Journal of climatology, 9: 1586–1598.
- [25] Wu, C. M., & Huang, W. C. (1990). Effect of observability in Kalman filtering on rainfall-runoff modeling. Taiwan Water Conservancy Quarterly, Taiwan, 38, 37–47.



ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ YAKLAŞIMLARI KULLANILARAK TARİHİ ESER RESTORASYONU İÇİN MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRME

Murat Eren Sarı^{1*}, Metin Toz²

1 Düzce Üniversitesi, FBE Bilgisayar Mühendisliği A.B.D, Düzce, Türkiye

muraterensari@hotmail.com

2 Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Düzce, Türkiye

metintoz@duzce.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

Artırılmış Gerçeklik (AG, Augmented Reality) teknolojinin ilerlemesi ile birlikte günümüzde oyundan sanata, ulaşımdan bilime kadar hayatımızın her alanında kullanılmaktadır. İlerleyen günlerde daha da çok hayatımızda yer alacak, potansiyeli yüksek bir teknoloji olarak gelişimine devam edecektir. AG, sanal dünya ile gerçek dünyanın birleşmesi sonucu ortaya çıkan bir yapıdır. Bu teknolojiyi kullanan kişiler gerçek dünyadan kopmamakla birlikte sanal dünyayı gerçek yaşam üzerinde deneyimleyebilmektedirler. Bu çalışmada AG teknolojisi ve coğrafi bilgi sistemleri yaklaşımları birleştirilerek tarihi eser restorasyonlarında gerçekleşen geri dönüşü olmayan hataların minimize edilmesi amacıyla bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışmada örnek model olarak Galata Kulesi seçilmiştir. Çalışma içerisinde yıllar esas alınarak Galata Kulesi'ne yapılan restorasyonlar gösterilmiştir. Modelleme adına doğru veriye ulaşmak için 1 Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan gerekli dokümanlar ve izinler alınmıştır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) sayesinde ulaşım ve verimlilik konularında çalışma desteklenmiştir. Bu çalışmada birden fazla uzmanlık alanı bir araya getirildiği için sadece AG kullanan çalışmalardan daha verimli uygulamalar oluşturulabileceği gösterilmiştir. Ayrıca örnek olarak seçilen Galata Kulesi'nin zaman içerisindeki değişimleri geliştirilen uygulama ile net bir biçimde gösterilmiştir. Bu açıdan bakıldığında geliştirilen uygulamanın hem restorasyon çalışmalarında hem de turistik amaçlı olarak kullanılmasının ve bu açıdan hem Ülkemiz tarihine hem de turizmimize katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Artırılmış Gerçeklik, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Tarihi Eser, Restorasyon*

1. Giriş

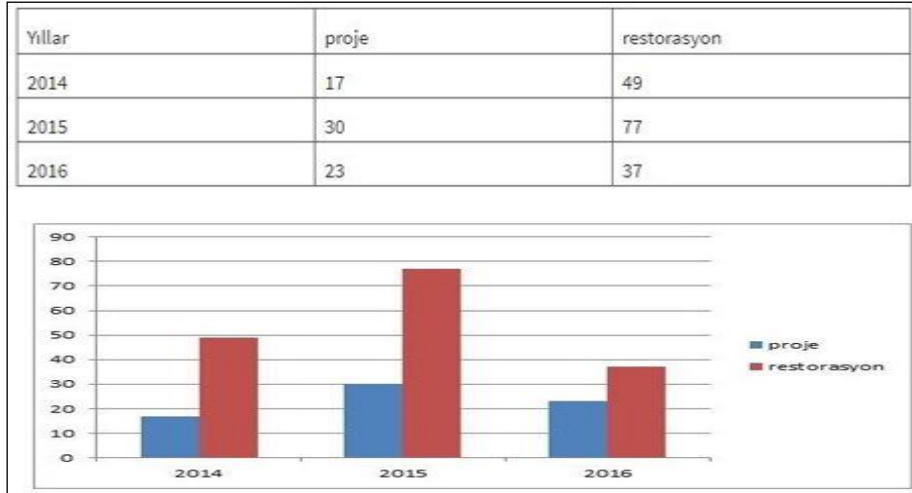
Artırılmış gerçeklik (AG) teknolojisi, birçok bilimsel alanda kullanılmaktadır. Bu teknoloji kullanıcının duyularına hitap ettiği için algıda pozitif artış sağlamaktadır. Bu teknoloji sayesinde kullanıcının yaptığı işi anlamasında ve ne sonuçlar doğuracağını geniş bir perspektiften görüntülemesine imkân sunduğu için olası hataları en aza indirme olanakları artmaktadır. AG teknolojisi kullanılarak öğrenciler üzerinde yapılan bir çalışmada bu teknolojinin konunun algılanma sürecini kısalttığını ve daha verimli bir öğrenme gerçekleştirilmesini sağladığı sonucuna ulaşılmıştır [1]. Yapılan başka bir çalışma da ise klasik yöntemler ile AG teknolojisi arasındaki algı farkı ortaya koyulmuştur. Öğrenciler üzerinde yapılan bu çalışma ile öğrencilerin AG teknolojisi ile anlatımın içinde olup, nesnelere bir bire bir etkileşimde oldukları için standart yöntemlere göre algılarının arttığı gözlemlenmiştir [2].

Türkiye'nin coğrafi yapısı incelendiğinde coğrafi konum olarak Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının kesiştiği bir noktada yer aldığı görülmektedir. Türkiye'nin hem Asya Kıtası'nda hem de Avrupa Kıtası'nda toprakları vardır. Aynı zamanda Kafkasya, Balkanlar ve Ortadoğu bölgelerinin de tam ortasındadır. Ayrıca üç tarafı denizlerle çevrilidir ve iki tane önemli deniz geçidine sahiptir.

Dolayısıyla, tarihi olarak baktığımızda Osmanlı ve Bizans imparatorluklarına ev sahipliği yapmış ve birçok ulusun bir arada yaşamış olduğu kültürel ve tarihi anlamda oldukça zengin bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu zenginlikten dolayı Türkiye toprakları üzerinde önemli tarihi eserler ve yapılar bulunmaktadır [3].

Zaman ve çevresel faktörler nedeniyle tarihi eserlerde ve yapılarda deformasyon meydana gelmektedir. Yapıların ana hatlarını koruma adına restorasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda 2014-2015-2016 yıllarında ülkemizde 70 proje, 163 restorasyon işlemi yapılmıştır [4]. Şekil 1 de 2014-2015-2016 yıllarında Restorasyon Daire Başkanlığı tarafından tamamlanan restorasyon çalışmalarını grafiksel olarak sunulmuştur.





Şekil 1: 2014-2015-2016 yıllarında Restorasyon Daire Başkanlığı tarafından tamamlanan restorasyon çalışmaları [4]

Şekilde mavi sütunlar proje sayısını kırmızı sütunlar ise o projelerde yapılan restorasyon sayılarını göstermektedir. Buna göre ülkemizde her yıl önemli sayıda restorasyon çalışmaları yapıldığı söylenebilir. Yapılan her bir restorasyon mümkün olduğunca söz konusu tarihi eserin aslına sadık kalınarak yapılmalıdır. Ancak yapılan restorasyon çalışmalarına bakıldığında bu çalışmalarda ciddi hatalar yapılabildiği görülecektir. Örneğin Şekil 2 de sunulan ve 2000 yıllık tarihe sahip Cenevizlilerden kalma Ocaklı Ada Kalesinin restorasyonu incelendiği zaman yenilenmiş hali ile eski dokusundan uzaklaştığı açıkça görülebilmektedir [5].



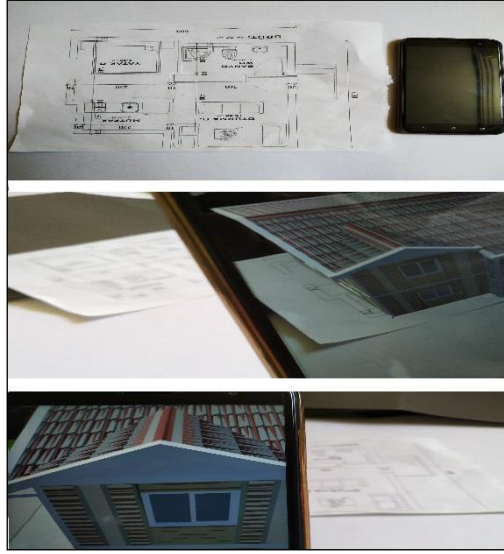
Şekil 2: Ocaklı Ada Kalesi ve restorasyonu [6]

Tarihi eser restorasyonuna bu açıdan bakıldığında sunulan bildiri çalışmasının amacı AG teknolojisini kullanarak ve çalışmayı coğrafi bilgi sistemler ile destekleyerek tarihi eser restorasyonların da ortaya çıkabilecek hataları en düşük seviyeye indirmek ve bu amaçla bir mobil uygulama geliştirmektir. Çalışmada örnek model olarak Galata Kulesi seçilmiştir. Çalışmayı doğru ilerletmek adına Galata Kulesi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmış ve modelleme adına da doğru veriye ulaşmak için ilgili kurum olan 1 Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan gerekli dokümanlar ve izinler alınmıştır. Bildirinin ikinci ve üçüncü bölümlerinde sırasıyla AG ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojileri kısaca tanıtılmış, dördüncü bölümde ise Galata Kulesi örneği üzerinden geliştirilen mobil uygulama tanıtılmıştır. Son bölümde ise çalışma sonuçlandırılmıştır.

2. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik, 1960 yılında Harvard Üniversitesinden Ivan Sutherland ve Utah Üniversitesindeki öğrencisi tarafından "gerçeklik-sanallık düzlemi" adı ile ortaya çıkmıştır [7]. 1968 yılından beri gelişmekte ivme kazanmış olan AG teknolojisi ses, video, grafik gibi bilgisayar ortamında üretilmiş olan verileri gerçek dünya ortamına taşıyarak kullanıcıya gerçek dünyada sanal nesnelere etkileşime geçme imkânı sağlamaktadır. Bilgisayar ortamında oluşturulan materyaller tetiklenme işlemi ile gerçek dünyadaki nesnelere etkileşime geçerler. Bir başka deyişle AG, gerçek dünyadaki herhangi bir durumu etkilemeden, oluşturulmuş olan sanal materyallerin kullanıcıya gerçek dünya üzerinde deneyimleme şansı veren bir sanal gerçeklik uygulamasıdır [8]. Şekil 3'te örnek bir artırılmış gerçeklik uygulaması sunulmuştur.

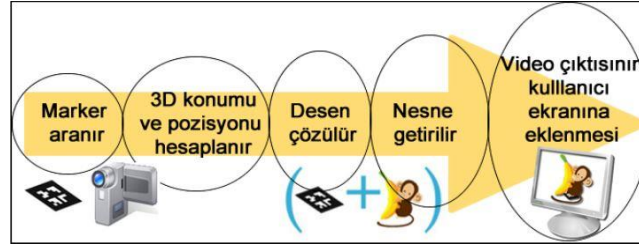




Şekil 3: Örnek bir AG teknolojisi uygulaması

AG günümüzde oyundan eğitime, sanattan bilime, ulaşımdan tarihe kadar birçok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu alanların en başında eğitim sektörü gelmektedir. AG kullanan sistemler, klasik yöntem kullanan sistemlere göre daha verimli olduğu gözlemlenmiştir [9]. AG teknolojisi eğitim sektöründe günden güne genişleyen bir kullanım alanı oluşmaktadır.

AG teknolojinin çalışma algoritması incelendiğinde üç adımla açıklanabilir. Tanıma, kamera aracılığı ile görüntünün yakalanmasıdır. Takip, tetikleyicinin bulunması ve izlenmesidir. Birleştirme, bilgisayar ortamında oluşturulmuş nesnenin tetikleyici ile önceden belirtilmiş noktada işlenmesidir [10]. Şekil 4'te AG teknolojinin çalışma algoritması sunulmuştur.



Şekil 4: AG teknolojinin çalışma algoritması [9]

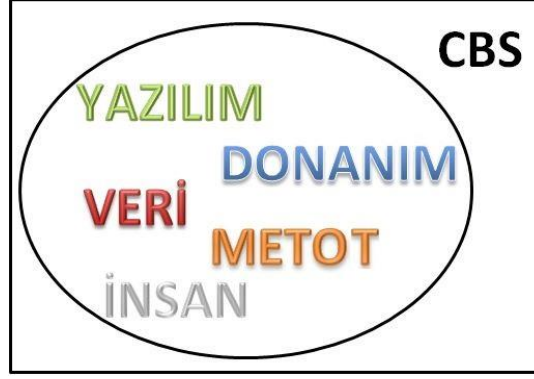
Sonuç olarak AG teknolojisi gelecekte gündelik olarak her alanda kullanılan, kullanıcıları yönlendiren, duyularını artıran, öğrenme süreçlerini geliştirmiş, tıbbi alanları desteklemiş ve avantajlarından dolayı daha pek çok alanda kullanılacağı öngörülmektedir [11].

3. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi bilgi sistemleri verileri elde etmek, saklamak, kontrol etmek, analiz etmek ve kullanıcıya sunma adımlarından oluşur. CBS, temel bilimlerden, beşerî bilimlere, mühendislikten finans ve yönetim bilimlerine kadar tüm alanlarda kullanılabilen bir teknolojidir. Aktif olarak hayatımızın hemen hemen her noktasında kullandığımız harita sistemlerinin temellerini de CBS oluşturmaktadır. Bu yapıda elde edilen veriyi kullanıcının isteği doğrultusunda veri yönetimi ve çözümleme yöntemlerini kullanarak kullanıcıya aktarır.

CBS'nin ana bileşenleri yazılımlar, donanımlar, veriler, metotlar ve insan faktörüdür [12] (Şekil 5).



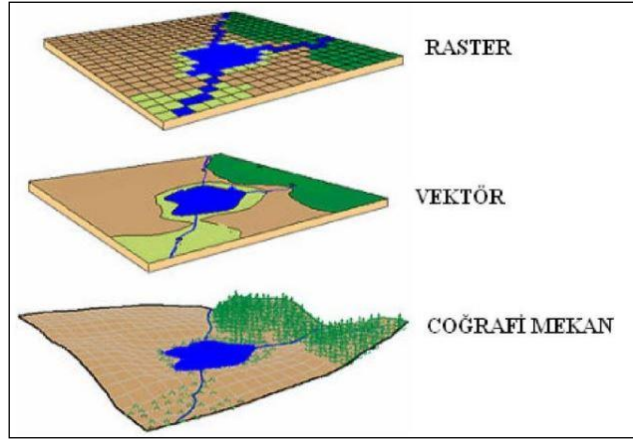


Şekil 5: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ana bileşenleri

CBS’de veriler genel hatları ile konusal, zamansal ve mekânsal olarak üçe ayrılmaktadır [13]. Kullanıcıya verilerin gösteriminde ise resim, çizgi, alan, nokta, grid gibi formatlar kullanılmaktadır. Kullanıcının istediği doğrultusunda birden fazla format aynı anda kullanılabilir.

CBS, coğrafi kodlama sistemi ve koordinat sisteminden yararlanarak mekânsal veriyi kullanıcıya aktarabilmektedir.

Coğrafi kodlama için vektör ve raster modelleri kullanılmaktadır. Koordinat sistemi ile birlikte nokta, çizgi ve poligon sembolleriyle gösterilen coğrafi bilgilerin kodlanmasıyla vektör modeli oluşmaktadır. Verinin ızgara sistemine göre parçalanmasıyla ızgaraların içerişi belirli bir coğrafi alanı temsil eder ve ilgili coğrafi alanın niteliklerini taşıması ile raster modeli ortaya çıkmaktadır (Şekil 6).



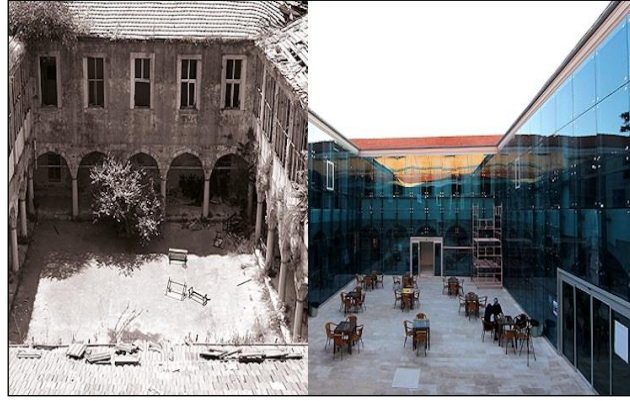
Şekil 6: Raster ve vektör yapıları [14]

4. Tarihi Eser Restorasyonu İçin Geliştirilen Mobil Uygulama

Restorasyon çalışmalarında klasik yöntemle yapılan işlemler sırasında insani duyu faktörünün yetersiz kalmasından dolayı çeşitli hatalar meydana gelebilmektedir. Artırılmış gerçeklik algıyı artırıp, desteklediği için izlenecek adımlarda hataların azaltılabileceği ön görülmektedir. Bu kapsamda incelenen restorasyon çalışmaları, yenilikçi bir yöntemin ihtiyacını göstermektedir. Bu açıdan birkaç restorasyon çalışması ve yapılan hatalar şu şekilde özetlenebilir.

Atık Valide Külliyesinin restorasyon çalışmasını bakıldığında 1500’lü yıllardan kalma olan eserin yapısındaki yeniliklerin yapının tarihi dokusunu zedelediği görülmektedir [15] (Şekil 7).





Şekil 7: Atik Valide Külliyesi ve restorasyonu [6]

1844 yılından kalmakta olan Mesnevihane Camii restorasyonunu bakıldığında restorasyon sonucu camiiin tarihi dokusunun neredeyse kaybolduğu görülmektedir (Şekil 8) [16].



Şekil 8: Mesnevihane Camii ve restorasyonu [6]

Benzer şekilde Bizanslılar tarafından yapılmış olan 12. yüzyıldan kalma Tekfur Sarayı'nın restorasyon çalışmasını bakıldığında da modern malzemeler kullanılmış olması nedeniyle yapının tarihi dokusundan uzaklaştığı görülmektedir (Şekil 9) [17].



Şekil 9: Tekfur Sarayı ve restorasyonu [6]

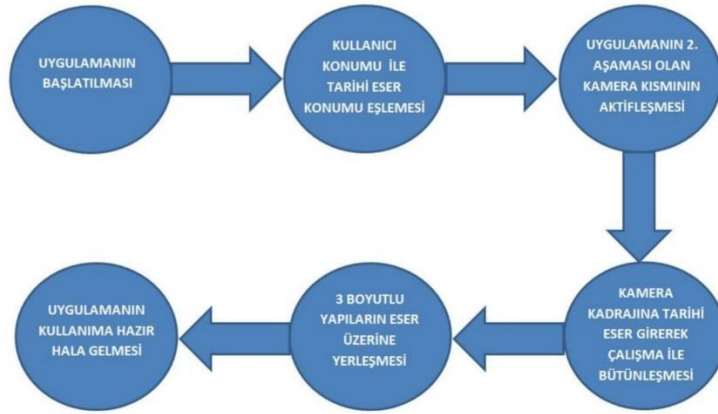
Son olarak Mimar Sinan tarafından 1591 yılında yapılmış olan Süheyl Bey Camii restorasyonuna bakıldığında ise yapının eski halinden çok farklı bir yapı olarak ortaya çıktığı görülmektedir. (Şekil 10) [18].





Şekil 10: Süheyl Bey Camii ve restorasyonu [6]

Sunulan örneklerde görüldüğü gibi restorasyon çalışmaları eğer dikkatli yapılması tarihi eserlere büyük zararlar verebilmektedir. Bu çalışmada bunun önüne geçebilmek ve kullanıcılara ve ilgililere tarihi eserlerin restorasyon süreçlerini ve bu süreçlerden önceki ve sonraki hallerini AG teknolojisi ile sunmak için bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın nasıl çalıştığına dair akış şeması Şekil 11 de sunulmuştur.



Şekil 11: Uygulama Akışı Şeması

Bu çalışmada örnek olarak Galata Kulesi seçilmiştir. Bu uygulamada AG teknolojisi kullanılarak Galata Kulesi restorasyon süreçleri gösterilmiş ve olası restorasyon çalışmalarında izlenecek yol için doğru bir kaynak olması adına bu uygulama geliştirilmiştir. Uygulamanın kullanımı oldukça basit ve işlevseldir. Uygulamanın nasıl kullanıldığını göstermek amacıyla Şekil 12 de yer alan Galata Kulesi modeli kullanılmıştır.



Şekil 12: Galata Kulesi Modeli

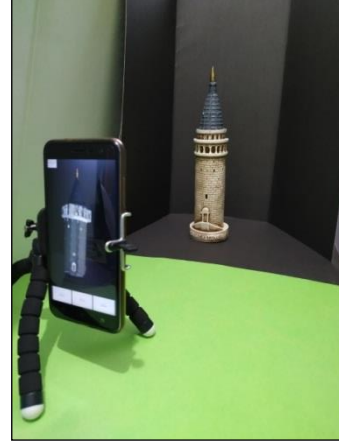


Seçilen kule modeline geliştirilen uygulama aracılığı ile bakıldığında Galata Kulesi'nin geçirmiş olduğu tüm restorasyon süreçleri kulenin önceki ve sonraki hallerini gösterecek şekilde görülebilmektedir. Ayrıca uygulama içerisinde sol üstte bulunan buton aracılığı ile ilgili yılda yapılmış restorasyon çalışması hakkında bilgilendirme yer almaktadır. Bu sayede restorasyon çalışmasının neden ve hangi yöntemlerle yapıldığını daha net bir şekilde görmek mümkündür.

Uygulama ekranının en altında yer alan butonlar ile yapının ilk haline ve gerçekleşen restorasyon çalışmalarına ulaşarak yapının tarihi değişimlerini gerçek dünya üzerinde görüntüleme imkanını sunmaktadır. Bu çalışmanın gerçek dünya üzerinde kullanılması ile olası restorasyon işlemlerinin sonucunun daha net bir şekilde görüntülenebilmesi ve yapının tarihin akışı içerisindeki durumu görüntülenebilmektedir. Şekiller 13-14 de uygulamanın nasıl kullanıldığı görülmektedir. Bunun için Galata Kulesi'nin gerçek resmini veya modelini (bu çalışmada modeli kullanılmıştır) uygulamanın yüklü olduğu mobil cihaza göstermek yeterlidir.



Şekil 13: Uygulamanın kullanımı - 1



Şekil 14: Uygulamanın kullanımı - 2

Ardından uygulama aracılığı ile Galata Kulesi ile ilgili restorasyon çalışmalarına, bu çalışmalar ile ilgili bilgilere ve kulenin önceki ve sonraki durumlarına erişilmesi mümkün olmaktadır. Örneğin Şekil 15 te Galata Kulesi'nin 1909 yılındaki haline, Şekil 16 da ise 1875 yılındaki haline son olarak Şekil 17 de ise 1348 yılındaki hali görülebilmektedir.



Şekil 15: Uygulama Üzerinde 1909 Yılı Galata Kulesi



Şekil 16: Uygulama Üzerinde 1875 Yılı Galata Kulesi



Şekil 17: Uygulama Üzerinde 1348 Yılı Galata Kulesi

Yapılacak restorasyon sonucunda yapının gerçek hayatta nasıl olacağını görebilme imkanına, yapmış olduğumuz çalışma ile sahip olduğumuz için önceden öngörülemeyen hataların önüne geçilebilme imkanı olacaktır. Bu doğrultuda çalışmanın diğer restorasyon işlemlerinde kullanılması ile daha doğru adımlar izleneceği ön görülmektedir. Ayrıca Galata Kulesi'nin zaman içerisindeki değişimleri net bir biçimde gösterilebilirliği sonucu, bildiri çalışması turistik anlamda da dikkat çeken bir konum olduğu gözlemlenmiştir.



5. Sonuç

Bu çalışmada tarihi eserlerin restorasyon çalışmalarının daha doğru yapılabilmesini sağlayacak ayrıca turistik amaçla kullanılabilecek ve tarihi eserleri ziyaret eden turistlere ilgili eserin geçirdiği restorasyon süreçlerini, bu süreçler öncesindeki ve sonrasındaki hallerini ve ilgili yapı ile ilgili bilgiler sunacak bir mobil uygulama AG ve CBS teknolojileri birlikte kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışma için örnek olarak Galata Kulesi seçilmiştir. Galata Kulesi için gerekli izinler ve dokümanlar 1 Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'ndan alınmıştır. Uygulama örnek resimlerle anlatılmıştır.

6. Kaynakça

- [1] Pérez-López, D. and Contero, M., “Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: A case study on its impact on knowledge acquisition and retention”, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12 (4), 19-28, 2013.
- [2] DiSerio, A., Ibáñez, M. B. and Kloos, C. D., “Impact of an Augmented Reality System on Students Motivation for a Visual Art Course”, *Computers & Education*, 1 (11), ,2012.
- [3] Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi, http://www.tasam.org/Files/Icerik/File/turkiye_kopru_mu_kanat_mi_merkez_mi_b4156f55-1433-4a8b-b420-0ec349a42fef.pdf, Erişim: 9 Haziran 2019
- [4] Kültür ve Turizm Bakanlığı, <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR-180795/son-3-yilda-restorasyon-daire-baskanligi-gorev-ve-sorum-html>, Erişim: 7 Haziran 2019
- [5] <http://www.radikal.com.tr/yenisoz/sile-ocakli-ada-kalesinin-restorasyonu-ve-dusundurdukleri-1424259>, Erişim: 18 Haziran
- [6] <https://www.tatilana.com/2017/09/ulkemizdeki-restorasyon-rezillikleri.html>, Erişim: 18 Haziran 2019
- [7] Poelman, R.E. and Krevelen, D.W.F., “A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations”, *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20, 2010
- [8] Zhu, W., Owen, C., Li, H. and Lee, J.-H. “Personalized In-Store E-Commerce With Promopad: An Augmented Reality Shopping Assistant”, *Electronic Journal for E-commerce Tools and Applications*, 1(3), 1-19, 2004.
- [9] Şahin, D., “Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İncelenmesi ve Eğitimsel Açından Değerlendirilmesi ", *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(3), 802-813, 2017
- [10] İçten, T. and Güngör, B., “Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi”, *Gazi University Journal of Science*, 5(2), 111-136, 2017.
- [11] Altınpulluk, H., “Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi”, *Artırılmış gerçekliği anlamak: kavramlar ve uygulamalar*, 1(4), 123-131, 2015
- [12] Kapluhan, E., “Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi ve Gerekliliği”, *Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 29*, , 34-59, 2014
- [13] Heywood, I., Cornelius, S. and Carver, S., *An Introduction to Geographical Information Systems*, Addison Wesley Longman, New York, 1998
- [14] Yumrutaş, H., “Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Kentsel Altyapı Yönetim Sistemi (KAYSİS) Yazılımı Tasarımı”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 38-46, 2014
- [15] <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/atik-valide-kulliyesi-taninmaz-hale-geldi-27877371>, Erişim: 18 Haziran
- [16] <https://www.haberler.com/mesnevi-hane-camii-nde-restorasyon-tartismasi-7498969-haberi>, Erişim: 18 Haziran
- [17] <http://www.milliyet.com.tr/gundem/tefur-sarayi-na-bizans-oyunu-1922531>, Erişim: 18 Haziran
- [18] <https://www.haberturk.com/gundem/haber/858005-yok-boyle-restorasyon>, Erişim: 18 Haziran



GÜNEŞ ENERJİSİ SİMÜLASYON PROGRAMLARININ GERÇEK VERİLERLE DOĞRULUK ANALİZİ

Mücahit Yasir Kınalı^{1*}, Ahmet Afşin Kulaksız²

1 Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği / Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı, Konya, Türkiye

mucahit.kinali@mevka.org.tr

2 Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü / Elektrik Makinaları Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

aakulaksiz@ktun.edu.tr

** Sorumlu Yazar*

Özet

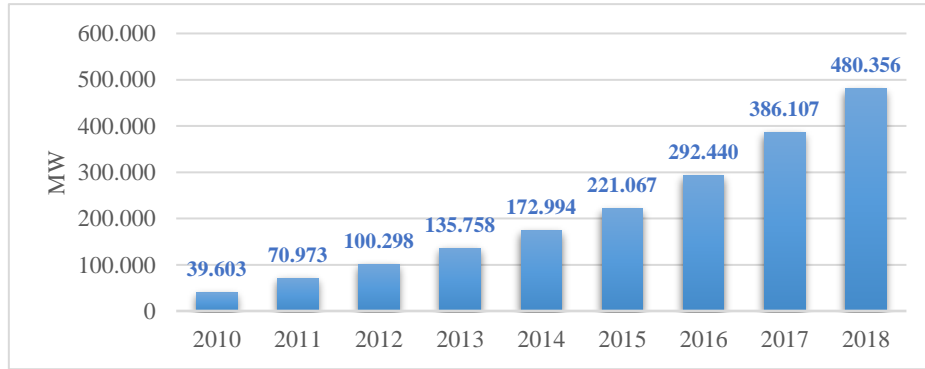
Enerji Bakanlığı tarafından yayımlanan strateji belgelerinde 2023 yılı için yenilenebilir enerji kullanım oranının %30'lara yükseltilmesi hedeflenmiş, bu hedef doğrultusunda da çeşitli mekanizmalarla yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılması istenmektedir. Enerji yatırımlarının artması ile yatırımların fizibilitesi daha önemli hale gelmiştir. Yatırımcılar, yatırımlarını yapmadan önce simülasyon programları ile tahmini yıllık enerji üretimlerini, sistemdeki kayıplarını ve nakit akışlarını görmek istemektedir.

Bu çalışmada, Konya'da Mevlana Kalkınma Ajansı tarafından desteklenen Güneş Enerjisi Üretim Tesisin gerçek tasarım modelleri ve üretim verileri, piyasada kullanılan simülasyon programları ile karşılaştırılarak yazılımların bölgemizdeki performansı değerlendirilmiştir. Güneş Enerjisi Santralleri yatırımlarının fizibilite ve proje finansmanı aşamalarında yoğunlukla kullanılan PvSyst, PVSOL ve PVGIS simülasyon programlarının simülasyon değerleri ile Konya ilinde 500 kW kurulu güce sahip arazi tipli Güneş Enerjisi Santralinin ölçülen değerleri kıyaslanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Fotovoltaik, Güneş Enerjisi, Performans Analizi, PVGIS, PVSyst*

1. Giriş

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) internet sitesindeki güncel verilerine göre, dünya Fotovoltaik (PV) panel ile elektrik üretim kapasitesinin üssel olarak arttığı görülmektedir (Şekil:1). 2018 yılında PV panel kurulu güç kapasitesi yıl içinde 94,7 GW ilave ile toplamda 480,3 GW kapasiteye ulaşmıştır (IRENA, 2019).



Şekil 1 : Dünyada PV Kurulu Gücü Değişimi, (IRENA, 2019)

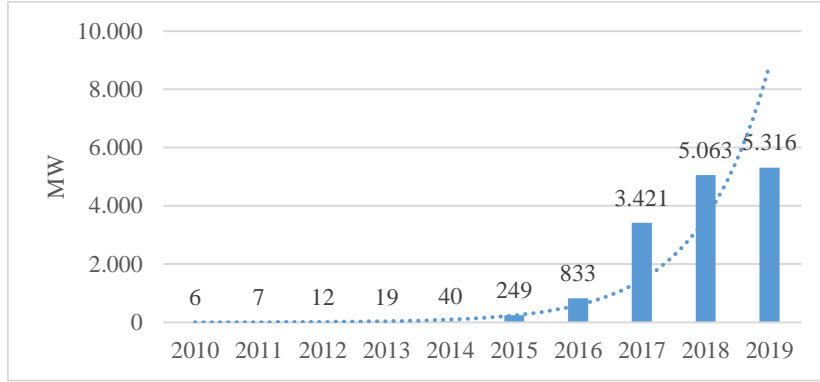
2018 yılı sonu itibari ile 16 ülkede PV kurulu gücündeki artış yıllık 1 GW'ın üzerinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan 2018 yılı sonu itibari ile 31 ülkede de kurulu güç kapasitesi toplam 1 GW'ın üstüne çıkmıştır. Avrupa, 2003'ten beri sürdürdüğü yıllık PV kurulu güç artışındaki birinciliğini kaybetmiş ve yıllık kurulu güç birinciliğini Asya'ya kaptırmıştır. Asya pazarını büyüten ülke ise Çin'dir. Çin daha önceleri ürettiği hücre ve panelleri dış pazarda satarken artık iç piyasada da kullanmaya başlamış ve yıllık kurulu gücü üssel olarak artmıştır. Çin, 2018 yılında PV kurulu gücünü 44,2 GW arttırarak dünyadaki PV toplam kurulu gücün %36'sını oluşturmuştur.

Solarpower Europe'un 2018 yılında yayımladığı raporda 2022 yılında dünyada en fazla PV kurulu güce sahip olması beklenen 20 ülkenin kurulu güç tahminleri yer almıştır. Bu tahminlere göre 2022 yılında en fazla kurulu güce sahip olan Çin'in iyimser senaryoya göre kurulu gücü 283,1 GW oldu. Aynı raporda Türkiye'nin kurulu güç tahminleri iyimser senaryoya göre 13,2 GW, kötümser senaryoya göre ise 7,6 GW olmuştur (Europe, 2018).



Ülkemizde Güneş Enerjisi yatırımları, ilk olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan mevzuat çalışmaları ile başlamıştır. Bu kapsamda yapılan ilk birincil mevzuat düzenlemesi 2005 yılında yayımlanan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'dur. (YEK) Bu kanun ile Türkiye'de ilk kez Tarife Garantisi teşvik politikası (Feed-In-Tariff) uygulanmaya başlamıştır. Tarife garantisi teşvik mekanizması, piyasanın gelişim sürecine bağlı olarak sonradan birçok değişikliğe uğramıştır. Buna rağmen yatırımcılar, kanun kapsamındaki teşvik mekanizması, yatırımları için yeterli düzeye erişene kadar yatırımlarını bekletmişlerdir.

6446 sayılı Enerji Piyasası Kanununda yapılan değişiklikler ve lisanslı Güneş Enerjisi Santralleri (GES) için yapılan yarışmalardaki rekabet lisanssız GES başvurularında hızlı bir yükselişe neden olmuştur.



Şekil 2 : Türkiye'nin Güneş Enerjisi Kurulu Gücü Değişimi, (TEİAŞ, 2019)

Ülkemizde elektrik şebekesine bağlı (ON-GRID) GES'lerde kurulu güç verileri Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından kayıt altına alınmaktadır. Bu verilere göre, GES yatırımlarının 2015 yılından itibaren ivme kazandığı görülmektedir (Şekil 2). 2017 yılı, ülkemizdeki GES yatırımlarındaki en büyük artışın olduğu yıl olmuştur. Ülkemizde yapılan tüm GES yatırımlarının yaklaşık olarak yarısı (%48,7) bu yılda yapılmıştır. 2017 yılında yapılan yatırımların bu seviyede olmasının en büyük sebebi, 29 Aralık 2016 tarih ve 29933 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 26.12.2016 tarih ve 6808 sayılı Kurul Kararı ile Dağıtım Lisansı sahibi Tüzel Kişiler ve Görevli Tedarik Şirketlerinin, Tarife Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslarda yapılan değişiklik olmuştur. Söz konusu değişiklik ile 31.12.2017 yılından sonra geçici kabul alacak GES'ler için tarife değişiklikleri yapılmış ve dağıtım bedelleri arttırılmıştır. Tarife değişiklikleri GES yatırımlarındaki artışı yavaşlatsa da yatırımlardaki artış devam etmiştir. Ülkemizdeki işletmede olan GES'lerin 2019 Mart sonundaki kurulu gücü 5.316 MW'a ulaşmıştır. Mevcut kurulu gücün %98,5'ünü lisanssız GES'ler oluşturmaktadır (TEİAŞ, 2019).

Ülkemizdeki GES yatırımlarının yıllık artış oranı dünya ortalamasının üzerindedir. Dünyada 2010 yılından itibaren yıllık kurulu güç artış oranının ortalaması %37,5 iken ülkemizde bu oran %153 olmuştur. Solarpower Europe'un 2018 yılında yayımladığı raporda ülkemiz, PV sektörünün gelişeceği ilk yirmi ülke arasında yer almaktadır. Raporda ülkemizin 2022 yılında toplam kurulu gücünün ortalama senaryo ile 14.320 MW'a ulaşacağı ve 2017 yılından itibaren sisteme 10.900 MW yeni kapasite ekleneceği tahmin edilmektedir. Raporda ayrıca 2018-2022 yılları arasında yıllık kurulu gücün %33 oranında artacağı da tahmin edilmektedir (Europe, 2018).

Son on yıllık periyotta GES yatırımları maliyetlerin azalması ile de birlikte artarak devam etmektedir. GES yatırımcıları, yatırım öncesi yapacakları yatırımın ne kadar enerji üreteceğini ve yatırımlarının ne kadar sürede geri ödeneceğini simülasyon yazılımları ile hesaplamaktadırlar. Bu hesaplar ve enerji üretim tahminleri banka ve diğer finans kurumları için önemli bir referans özelliği taşımaktadır. Bu nedenle yapılan simülasyonların gerçeği ne kadar yansıttığı hep merak edilmiş ve birçok akademik makale, tez ve raporda araştırılmıştır.

Clavadetscher ve Nordmann, İsviçrede 100 kW büyüklüğündeki N13 güneş enerjisi santralının 1990 ve 1991 yıllarındaki üretim değerleri ile Metenorm yazılımının meteorolojik verileri ve modeli ile hesaplanan üretim değerleri ile kıyasladılar. Yapılan karşılaştırmalarda; 1990 yılında gerçek değerlerin tahmin edilen değerlerden %6 daha az olduğu, 1991 yılında gerçek değerlerin tahmin edilen değerlerden ise %8 daha fazla olduğu tespit edildi (Clavadetscher & Nordmann, 1993). Pietruszko ve Gradzki, 2000 yılı boyunca 1 kW şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemin performans değerlerini IEC 61724 standartlarına göre izlediler. Pietruszko ve arkadaşı, bir yıl sonunda sistemin 830 kWh enerji ürettiğini, tahmin edilen ve simüle edilen verilerin üstünde enerji üretildiğini, performans katsayısının 0,8'lere kadar çıktığını ve sistem verimliliğinin %4-5 seviyelerinde olduğunu gözlemlidiler (Pietruszko & Gradzki, 2003). Eicker ve arkadaşları, yalnızca planlama aşamasında değil, aynı zamanda internet üzerinde anlık izleme yapılabilecek bir simülasyon programı olan INSEL yazılımının anlık verilerini sahadaki gerçek verilerle karşılaştırmıştır. Bu çalışmada anlık izleme yapabilen INSEL yazılımının 1 dakika aralıklar ile aktardığı verilerin gerçek verilerle sadece %2 aralığında hata oranı olduğunu tespit etmiştir (Eicker et al., 2005).

Ransome ve Funtan 2005 yılında yaptıkları çalışmada, simülasyon programlarının tahmin modellemelerinde kullandıkları hava sıcaklıkları ve sıcaklık istatistiklerinin saatlik ya da dakikalık değerlerini toplayarak oluşturdukları yöntemin aksine 15 saniyelik periyotlar ile değerleri topladılar ve simülasyon algoritmalarında kullandılar. Geliştirdikleri model ile hava durumları sıklıkla değişen Avrupa ülkelerinde daha doğru tahminlerin oluştuğunu gözlemlidiler (Ransome & Funtan, 2005). Huld ve arkadaşları, Avrupa Birliği tarafından geliştirilen internet tabanlı veri tabanı (PVGIS) Coğrafik Fotovoltaik Bilgi Sistemi'nin performans tahmini için kullandığı



mevcut veri tabanının ile yeni versiyonuyla kullanmaya başladığı Uydu İklim İzleme ve Uygulama Tesisi (CM-SAF) veri tabanını, tahmin değerlerini karşılaştırdılar. Avrupa'da 23 bölgede yapılan karşılaştırmalarda PVGIS3 olarak lanse edilen ve yeni veri tabanını kullanan sürümün global radyasyon değerlerini tahmin etmede daha başarılı olduğu, eski sürümün tahminlerine nazaran %2 ve %5 oranında iyileştirme sağlandığı tespit edildi (Huld, Müller, & Gambardella, 2012). Çubukcu ve Çolak yaptıkları çalışmada, Gökçeada'da yerleşik ve şebeke bağlantısı olmayan 2 kWp gücündeki fotovoltaik sisteminin gerçek ölçüm değerleri ile PVGIS tarafından yapılan simülasyonun tahmin değerleri karşılaştırıldı. Çalışmalarında 8 aylık bir dönemin performans değerleri kıyaslandı. Karşılaştırmalarda, sistemin ölçülen değerlerinde sistem verimi %4, tahmin değerleri ise %5 olarak bulundu. Sistemin 8 aylık sürede ürettiği enerji 2098,5 kWh olurken, PVGIS ile yapılan tahmin değeri %20 daha fazlası olan 2520,7 kWh olarak bulundu (Çubukcu & Colak, 2013).

Thomas ve arkadaşları, gölgelenmenin ve bulutlu havanın güneş panelleri üzerindeki etkisini I-V karakteristiğinin bu koşullar altında değişimini PVSyst simülasyon programı ile simüle edip gerçek verilerle karşılaştıran bir çalışma yaptılar. Söz konusu çalışmada simülasyon programlarının kayıp modellerinin, değişken hava koşullarında ve değişkenlik arz eden gölgelenme durumlarında belirsizlikler içerdiğini tespit ettiler (Suresh, Thomas, & Engineering, 2014). 2015 yılında Gültuna, Gürsu Bursa Bölgesinde bulunan fotovoltaik güç santralinin teknolojik ve çevresel optimizasyonuna yönelik teknik, ekonomik ve çevresel açıdan matematiksel bir model oluşturmuş ve geliştirdiği simülasyon programıyla eğik düzleme gelen ışınım, PV panel verimi, santralin elektrik üretim değeri, yıllık kazancı, salımı önlenen karbon miktarı ve amortisman süresini hesaplamıştır. Geliştirdiği simülasyon programında elde edilen sonuçları, piyasada ticari olarak yaygın biçimde kullanılan RetScreen simülasyon yazılımından elde edilen sonuçlarla karşılaştırarak doğrulamıştır (Gültuna, 2015). Okumuş 2016 yılında, fotovoltaik sistemler için, maksimum güç takibi sistemi, batarya sistemi, DA-DA artıran, DA-DA azaltan çevirici ve fotovoltaik panelden oluşan MATLAB/Simulink ortamında modelleme yapmış, fotovoltaik panel ve yükten oluşan kurulu düzenekten gerçek-zamanlı ölçümler ile elde edilen sonuçların simülasyon sonuçları ile uyumluluk gösterdiğini tespit etmiştir (Okumuş, 2016).

2017 yılında Haydaroglu yaptığı çalışmada, Dicle Üniversitesinde kurulu olan 250 kWp'lik GES'in simülasyonunu PVSyst simülasyon programı ile IEC 61724 standardında belirtilen performans kriterlerine uygun olarak yaparak gerçek ölçüm değerleri ile karşılaştırmıştır. Çalışmasında bir yıllık ölçüm değerleri ile simülasyon değerlerini karşılaştırmıştır. Yaptığı simülasyon ile güneşten elektrik enerjisi üretiminde etkili olan gölgelenme, kurulum açısı, panel verimliliği gibi parametrelerin üretilen enerji miktarına etkisi de belirlenmiştir. Çalışmada sistemin bir yıllık ürettiği enerji 385,86 MWh iken PVSyst simülasyon ile sistemden 380,6 MWh enerji üretebileceği tahmin edilmiştir (Haydaroglu, 2017). 2018 yılında Şimşek çalışmasında, Torbalıda bulunan 593 kWp gücündeki GES ile Gölbaşında bulunan 200 kWp gücündeki GES'in yıllık enerji üretim değerlerini PVSyst simülasyon verileriyle karşılaştırmıştır. Gerçek verilerle simülasyon sonuçlarının karşılaştırıldığı çalışmada sistem performans oranlarında gerçek verilerle tahmin edilen veriler arasında %1 fark olduğu tespit edilmiştir (Şimşek, 2018).

Bu çalışmada, GES yatırımlarının ülkemizde artarak devam edeceği beklentisinden yola çıkılarak, yapılacak yatırımlara yol gösterici olabilmek adına yatırımların öncesinde kullanılan simülasyon programlarının gerçek verilerle karşılaştırılması için Konya ili örneği incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Simülasyon Programları

Simülasyon programları, PV tesislerin yatırım aşamasında planlamasında ve simülasyonunda, uygulama aşamasında mühendislik ve optimizasyonunda, finansman aşamasında geri dönüş hesaplarında kullanılabilir. Simülasyon programları ile sistemlerin sınır değerleri ve çalışma durumları kontrol edilebilir ve proje birçok farklı şekillerde simüle edilebilir. Finansman sürecinde doğru verim tahminleri ve tahmin raporları için simülasyon programlarının kullanılması gerekir. Simülasyon programları aynı zamanda araştırma ve geliştirme alanında da kullanılmaktadır. Bileşen üreticileri, yeni geliştirdikleri, iyileştirdikleri veya optimum hale getirdikleri bileşenlerini simülasyon programlarını kullanmaktadırlar. Böylece hatalı geliştirmelerin ve kısmen de olsa denemelerin kapsamı azaltılır. Simülasyon programları, bu uygulama seçeneklerinin yanında eğitim amacıyla da kullanılmaktadır.

Uzun bir süre boyunca belirli PV modülleriyle ve evirici tipleriyle çalışan mühendisler planlama ve verimle ilgili tecrübeye dayanan değerlere sahip olsa da tesislerin gölgelenmesinde genelde simülasyon programları bu konuda onların en yakın kaynağıdır. Şebeke bağlantılı PV sistemlerinin planlaması görüldüğü kadar kolay değildir. Her eviricinin DA tarafında kendine özgü bir maksimum güç noktası (MPP) aralığı vardır. Aynı zamanda her evirici belirli akım ve gerilim sınır değerlerine sahiptir ki bu da cihazların çalışma aralığını kesin olarak belirler. PV modül ve evirici gibi bileşenlerin çalışma aralıklarının birbirine uyması gerekmektedir. Her evirici PV modülüne göre çeşitli devre bağlantısı seçeneklerine sahiptir. Her olası devre bağlantısı için hava profilini ve PV modüllerin hizalanmasını ve eğimini ölçmek ve planlamak gerekmektedir. Simülasyon programları bu planlama için devreye girerek mühendislere yardımcı olabilmektedir. En yüksek verime sahip bileşeni veya ekonomik bakımdan en yararlı çözümü ararken veya karmaşık PV tesislerin ayrıntılı planlaması yapılırken ana kurallar ve tecrübeye dayanan bilgilerin yanında simülasyon programları bu tasarımın daha kısa sürede yapılabilmesini sağlamaktadır.

2.2. IEC 61724 Performans Analiz Standartı

1906'da kurulan IEC (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu), tüm elektrik, elektronik ve ilgili teknolojiler için Uluslararası Standartların hazırlanması ve yayınlanmasında dünyanın önde gelen kuruluşudur. IEC, ihtiyaç duydukları Uluslararası Standartları karşılamak, tartışmak ve geliştirmek için şirketlere, endüstrilere ve hükümetlere bir platform sağlar (IEC, 2019).

Fotovoltaik sistem performans takibi - ölçüm, veri değişimi ve analiz kuralları adındaki IEC 61724 standardı güneş enerji santrallerinin performansını incelemek için kullanılan bir standarttır. Bu standart, PV sistemlerin elektriksel performansının izlenmesi ve analizi için



genel kuralları tanımlar (Tablo 1). Standart, PV bileşenlerinin teker teker performansını değil bir dizinin performansını bir PV sisteminin parçası olarak değerlendirmeye odaklanır. Veri analizinin amacı, farklı boyutlardaki PV tesisatlarını karşılaştırmak, farklı iklimlerde çalışan ve farklı kullanımlar için enerji sağlamak için farklı tasarımların veya işletme prosedürlerinin göreceli değerlerinin ortaya çıkacağı şekilde bir performans özeti sunmaktır. Ayrıca, standartta kuruluşlar arasında izleme verisi alışverişi için kullanılacak bir dosya formatını tanımlayan kılavuzlar da eklenmiştir (IEC61724, 1998).

Tablo 1 : IEC 61724 Standardı Türetilen ve Hesaplanan Parametreler

<i>Parametre</i>	<i>Sembol</i>	<i>Birim</i>
Meteoroloji		
Dizinin düzlemindeki günlük global veya direk radyasyon	$H_{l,d}$	$kWh \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$
Enerji Miktarları		
Diziden Elde Edilen Net Enerji	$E_{A, \tau}$	kWh
Yüke Aktarılan Net Enerji	$E_{L, \tau}$	kWh
Şebekeye Verilen Net Enerji	$E_{TUN, \tau}$	kWh
Şebekeden Alınan Net Enerji	$E_{FUN, \tau}$	kWh
Toplam Sistem Giriş Enerjisi	$E_{in, \tau}$	kWh
Toplam Sistem Çıkış Enerjisi	$E_{use, \tau}$	kWh
Sistem performans endeksleri		
Dizi Verimi	Y_A	$h \cdot d^{-1}$
Nihai PV Sistem Verimi	Y_f	$h \cdot d^{-1}$
Referans Verim	Y_r	$h \cdot d^{-1}$
Dizi Yakalama Kayıpları	L_c	$h \cdot d^{-1}$
BOS kayıpları	L_{BOS}	$h \cdot d^{-1}$
Performans Oranı	R_p	Boyutsuz
Ortalama Dizi Verimliliği	$\eta_{Amean, \tau}$	Boyutsuz
Genel PV Santral Verimliliği	$\eta_{tot, \tau}$	Boyutsuz

2.3. Konya OSB 500 kW Güneş Enerji Santrali

Konya Organize Sanayi Bölgesi 500 kW Güneş Enerjisi Santrali, Konya İlinin Karatay ilçesinde Zivecik Mevkiisinde ve 37°57'37.3" Kuzey 32°37'37.7" Doğu koordinatlarında yer almaktadır. Tesisin DC kurulu gücü (kWp) 572 kW, AC kurulu gücü (kWe, kWA) ise 500 kW'dır.

Tablo 2'de de görüldüğü üzere Konya OSB 500 kW Güneş Enerjisi Santralinde 260 W gücünde 2.200 adet panel kullanılmış, 572 kWp DC kurulu güce sahip olan tesis 500 kWe AC gücüyle şebekeye bağlanmıştır.

Santralde 25 kWAC gücünde 20 adet evirici kullanılmıştır. Bu eviricilerin herbirine 5 dizi bağlanmıştır. 20 eviriciye bağlanan 100 dizinin herbirinde 22'şer adet 260 Wp gücünde PV panel mevcuttur (100x22=2.200 Adet Panel). 20 adet eviriciye 28.600 kWp'lik PV panel bağlantısı yapılmıştır (20x28.600 = 572.000 kWp).



Tablo 2 : Konya OSB 500 kW GES Teknik Bilgiler Tablosu

PARAMETRE	AÇIKLAMA
İli	Konya
İlçesi	Karatay
Mevki	Zivecik Mevkii
Teknoloji Türü	Optimum açıda sabitlenmiş fotovoltaik sistemler
Uygulama Yeri	Arazi
Fotovoltaik Sistemlerde Kullanılacak Hücre Türü	Çok Kristalli yapı
Kullanılan Modül Marka ve Modeli	ENDÜSTRİYEL 60P-260
Ünite Modül Gücü (Wp)	260 Wp
Ünite Modül Sayısı (Adet)	2200
Kullanılan Evirici Marka ve Modeli	SMA SOLAR STP25000TL-30
Evirici Gücü (We)	25000 We
Evirici Sayısı (Adet)	20
Tesis toplam kurulu gücü DC (kWp)	572 kWp
Tesis toplam kurulu gücü AC (kWe, kVA)	500 kWe

Tablo 3’de Konya OSB 500 kW GES’ine ait üretim değerleri verilmiştir. Buna göre tesisin yirmi ayda ürettiği enerji ortalaması aylık 67.333.30 kWh/ay olmuştur. Bu değerlere göre tesisin yıllık ürettiği ortalama enerji miktarı ise 807.999,6 kWh/yıl olmuştur. Tesiste üretilen enerji miktarına göre 1 kW kurulu güç ile yıllık 1.616 kWh/kWp/Yıl enerji üretimi gerçekleşmiştir.

Tablo 3 : Konya OSB 500 kW GES'ine ait 2017-2019 Yılları Enerji Üretim Değerleri (kWh)

	2017	2018	2019
Ocak		37.285,00	39.535,00
Şubat		55.009,00	52.795,00
Mart		60.730,00	68.595,00
Nisan		83.092,00	
Mayıs		83.510,00	
Haziran		89.724,00	
Temmuz		93.372,00	
Ağustos	90.567,00	101.907,00	
Eylül	81.928,00	83.351,00	
Ekim	68.600,00	74.588,00	
Kasım	55.561,00	48.168,00	
Aralık	43.865,00	34.484,00	
Yıllık	342.538,00	847.238,00	162.944,00

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Tablo 4’de simülasyonlarda kullanılan programların adları, versiyonları, programlarda kullanılan meteorolojik veri tabanları ve simülasyonlarda elde edilen karşılaştırma değerleri özet olarak verilmiştir.



Tablo 4 : Konya OSB GES Tesisi İçin Yapılan Simülasyonlarda Karşılaştırılan Değerler

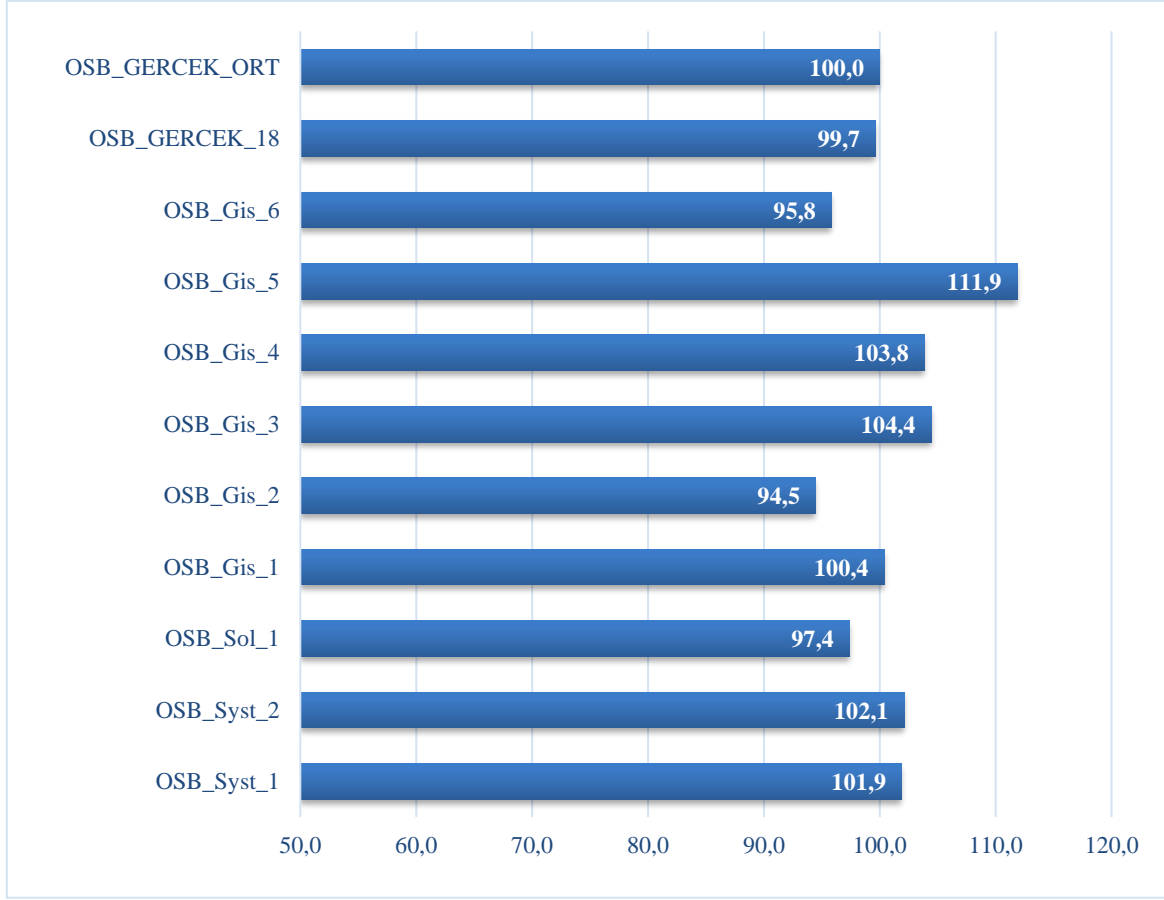
Simülasyon Numarası	Yazılım Versiyonu	Veritabanı	Karşılaştırılan Değerler				
OSB_Syst_1	PVSyst 6,4,3	Meteororm 7.1	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Syst_2	PVSyst 6,4,3	PVGIS-CMSAF	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Sol_1	PVSOL 7.5	Meteororm 7.1	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_1	PVGIS 4	PVGIS-CMSAF	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_2	PVGIS 4	PVGIS-Classic	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_3	PVGIS 5	PVGIS-CMSAF	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_4	PVGIS 5	PVGIS-SARAH	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_5	PVGIS 5	PVGIS-ERA5	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_Gis_6	PVGIS 5	PVGIS-COSMO	E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_GERCEK_18	2017 YILI SAYAÇ VERİLERİ		E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P
OSB_GERCEK_ORT	2017-2018-2019 YILLARI SAYAÇ VERİLERİ ORTALAMASI		E _{T,AY}	E _{T,YIL}	Y _f	CF	R _P

Konya Organize Sanayi Müdürlüğüne ait GES tesisine ait yapılan dokuz simülasyon sonucunda elde edilen aylık enerji üretim değerleri ve yıllık enerji değerleri, tesisin 2018 yılında ürettiği aylık ve yıllık enerji üretim değerleri ve tesisin 2017-2018-2019 yıllarında ürettiği aylık ortalama enerji değerleri Tablo 5’de gösterilmiştir. Tesiste bazı aylara ait iki yıllık enerji üretim değeri olduğu için karşılaştırma bu iki değer ortalamasına göre yapılmıştır.

Tablo 5 : Konya OSB GES Tesisi İçin Aylık Enerji Üretim Değerleri ve Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılması

		<i>PVSyst Meteororm</i>	<i>PVSyst PVGIS CMSAF</i>	<i>PVSOL Meteororm</i>	<i>PVGIS4 CMSAF</i>	<i>PVGIS4 Classic</i>	<i>PVGIS5 CMSAF</i>	<i>PVGIS5 SARAH</i>	<i>PVGIS5 ERA5</i>	<i>PVGIS5 COSMO</i>	<i>GERÇEK VERİLER 2018</i>	<i>GERÇEK VERİLER ORT.</i>
		Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB	Konya OSB Gerçek_Ort
		PVSyst_1	PVSyst_2	PVSOL_1	PVGIS_1	PVGIS_2	PVGIS_3	PVGIS_4	PVGIS_5	PVGIS_6	Gerçek_18	
Aylık Üretilen Enerji E _{T,AY} MWh	Ocak	46,7	40,7	43,6	40,2	45,2	43,5	39	56,6	44,3	37,3	38,4
	Şubat	56,4	51,9	52,0	48,8	48,4	52,7	45,8	65,4	53,8	55,0	53,9
	Mart	73,3	78,3	69,6	74,1	72,7	74,9	74,1	83,9	73,4	60,7	64,7
	Nisan	75,0	76,0	71,1	73,9	71,6	81,1	82	87,1	77,2	83,1	83,1
	Mayıs	85,4	84,0	83,7	83,1	80,9	86,3	88,4	91,1	82,5	83,5	83,5
	Haziran	88,5	90,2	85,5	89,9	82,7	90,9	93,6	90,4	82,6	89,7	89,7
	Temmuz	93,1	97,0	91,5	98	84,2	101	102	99,2	90,1	93,4	93,4
	Ağustos	92,9	96,2	89,8	96,7	81,1	100	100	96,5	87,6	101,9	96,2
	Eylül	83,4	85,7	80,9	84,5	78,3	86,9	87,5	86,9	73,6	83,4	82,6
	Ekim	68,9	72,6	64,5	70,4	67	71,5	70,9	74,5	60,8	74,6	71,6
	Kasım	56,4	54,4	51,9	53,6	48,3	56,5	56,2	62,7	47,8	48,2	51,9
	Aralık	44,3	39,0	41,9	38,2	40,9	40,5	41,3	54,4	39,2	34,5	39,2
Yıllık Üretilen Enerji E _{T,YIL} MWh	Toplam	864,3	866,1	826,0	851,4	801,3	885,8	880,8	948,7	812,9	845,2	848,2



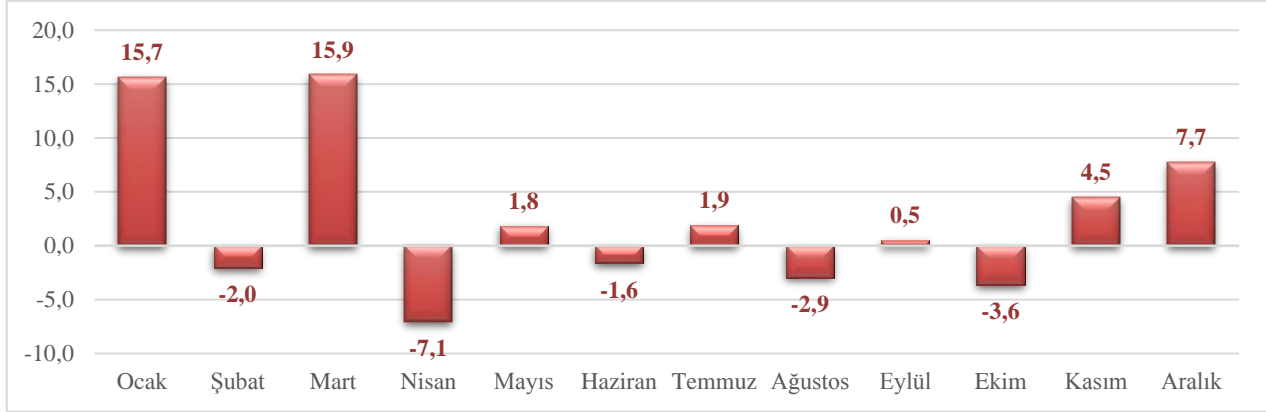


Şekil 3 : Konya OSB GES Tesisi İçin Yıllık Enerji Üretimi Endeks Değerleri

Konya OSB'ye ait GES tesisinin yıllık enerji üretim değerleri ve simülasyon sonuçlarının değerlendirilebilmesi için 2017, 2018 ve 2019 yıllarında üretilen enerjinin ortalaması referans alınmıştır. Şekil 3'de görüldüğü üzere gerçekleşen yıllık enerji üretim değerlerinin ortalaması referans alınarak diğer sonuçlar buna göre endekslenmiştir (Şekil 3). Tesise ait simülasyon sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- Yapılan simülasyonların gerçek verilere çok yakın tahminler yaptığı görülmektedir. Yapılan simülasyonların %45'inde hata payı %3'ün altında, %78'inde ise hata payı %5'in altındadır. En büyük hata payının değeri ise %11,9'dur.
- Bu tesis için en başarılı tahmin değeri, PVGIS yazılımının dördüncü versiyonu tarafından ve CMSAF meteorolojik veri tabanları kullanıldığında oluşmuştur. PVGIS4-CMSAF simülasyonun hata sapması sadece %0,4 olurken PVSyst yazılımının Meteororm veri tabanı kullandığı simülasyonun hata sapması ise %1,9 olmuştur.
- PVSyst yazılımının Meteororm meteorolojik veri tabanı ile yaptığı simülasyon tahmininin PVGIS-CMSAF veri tabanı ile yaptığı simülasyondan tahmininden daha başarılı olduğu görülmektedir. PVSyst yazılımında Meteororm veri tabanı ile yapılan tahminde %1,9 hata payı oluşurken PVGIS-CMSAF ile yapılan tahminde %2,1 hata payı oluşmuştur.
- PVSOL yazılımının Meteororm veri tabanı ile yaptığı simülasyonda hata payı %2,6 olmuştur. PVSyst yazılımı, PVSOL yazılımına göre aynı veri tabanı ile daha doğru bir tahmin sonucu ortaya çıkarmıştır.
- PVGIS yazılımının PVGIS-CMSAF veri tabanı kullanan dördüncü ve beşinci versiyonundaki tahmin değerleri birbirinden farklı çıkmıştır. Yazılımın dördüncü versiyonunda kullanılan algoritma ile kullandığı CMSAF meteorolojik veri tabanı simülasyonlar da çok başarılı olmuştur.
- Bu tesis için PVSyst ve PVSOL yazılımları daha başarılı tahminler üretmiştir.





Şekil 4 : Konya OSB GES Tesisi İçin Aylık Enerji Üretim Farkları

Tesisin aylık ürettiği enerji değerleri incelendiğinde (Şekil 4) aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- Aylık enerji üretimleri simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırıldığında hata payı ortalamasının %2,6 olduğu tespit edilmektedir. Bu sonuç, simülasyonlar ile hem yıllık hem de aylık enerji üretimlerinin gerçeğe çok yakın bir biçimde tahmin edebildiği anlamına gelmektedir.
- Yapılan dokuz simülasyonun aylık enerji üretim değerleri ortalamasına göre, Şubat, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında %5'in altında doğru bir tahmin elde edildiği görülmektedir.
- Simülasyon tahminleri Şubat, Nisan, Haziran, Ağustos ve Ekim aylarında daha az enerji üretileceğini tahmin etmiştir. Bu aylarda gerçekte daha fazla enerji üretilmiştir. Simülasyonlar tahminleri ile gerçek üretimdeki en fazla fark Nisan ayında gerçekleşmiştir.
- Simülasyonların Kasım, Aralık, Ocak ve Mart aylarında gerçek üretimden daha fazla enerji üretilebileceği tahmininde bulunduğu gözlemlenmektedir. Bu aylarda tahminler ile gerçek değerler arasındaki fark olağan farkın çok üzerinde kalmıştır. Bu farkın tesiste kar kayıplarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Tesisin performans analizi yapılabilmesi için öncelikle referans veriminin bilinmesi gerekir. Performans parametrelerinden ilki olan referans verim (Yr) belli bir düzleme gelen toplam güneş ışınımının (Ht) referans ışınımına G (1 kW/m²) oranıdır. Tesisin gerçek referans verimi piranometre ile ölçülebilir. Simülasyon yapılan tesislerde modül üzerine düşen ışınımı ölçen piranometrenin olmaması nedeniyle yıllık enerji üretiminde en yakın tahmini veren PVGIS4-CMSAF veri tabanı ile gerçekleştirilen OSB_Gis_1 simülasyonunda hesaplanan modül üzerine düşen ışınım değeri referans alınacaktır. Bu simülasyonda hesaplanan modül üzerine düşen ışınım değeri 2.000 kWh/m²'dir. Karşılaştırmalarda bu değer gerçek değer olarak varsayılacaktır.

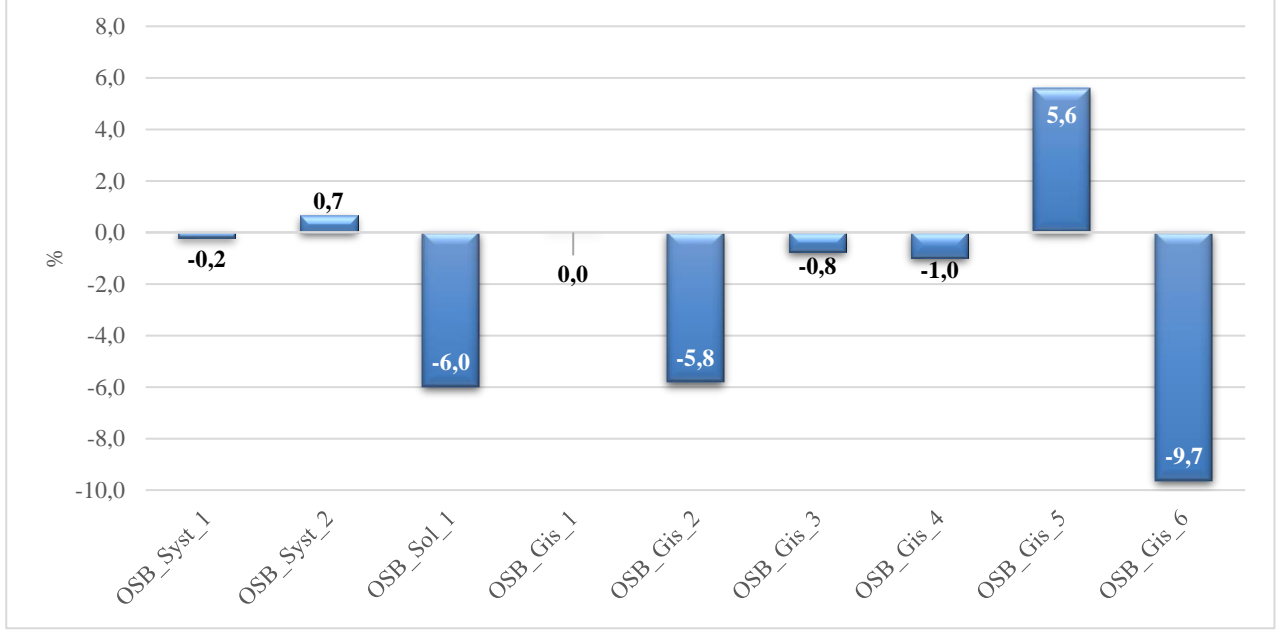
Tesisin gerçek performans analizi parametreleri ile simülasyonlarda bulunan performans parametreleri Tablo 6'da görülmektedir. Simülasyonlarda bulunan değerlerin hata payları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 6 : Konya OSB GES Tesisi Performans Parametreleri Karşılaştırması

	Referans Verim (kWh/m ²)	Final Verim (kWh/kWp/Yıl)	Performans Oranı (%)	Kapasite Faktörü (%)
OSB_Syst_1	1996	1511	75,7%	17,2%
OSB_Syst_2	2013	1514	75,2%	17,3%
OSB_Sol_1	1880	1444	76,8%	16,5%
OSB_Gis_1	2000	1488	74,4%	17,0%
OSB_Gis_2	1883	1401	74,4%	16,0%
OSB_Gis_3	1985	1549	78,0%	17,7%
OSB_Gis_4	1980	1540	77,8%	17,6%
OSB_Gis_5	2112	1659	78,5%	18,9%
OSB_Gis_6	1807	1421	78,6%	16,2%
OSB_GERCEK_ORT	2000	1483	74,1%	16,9%

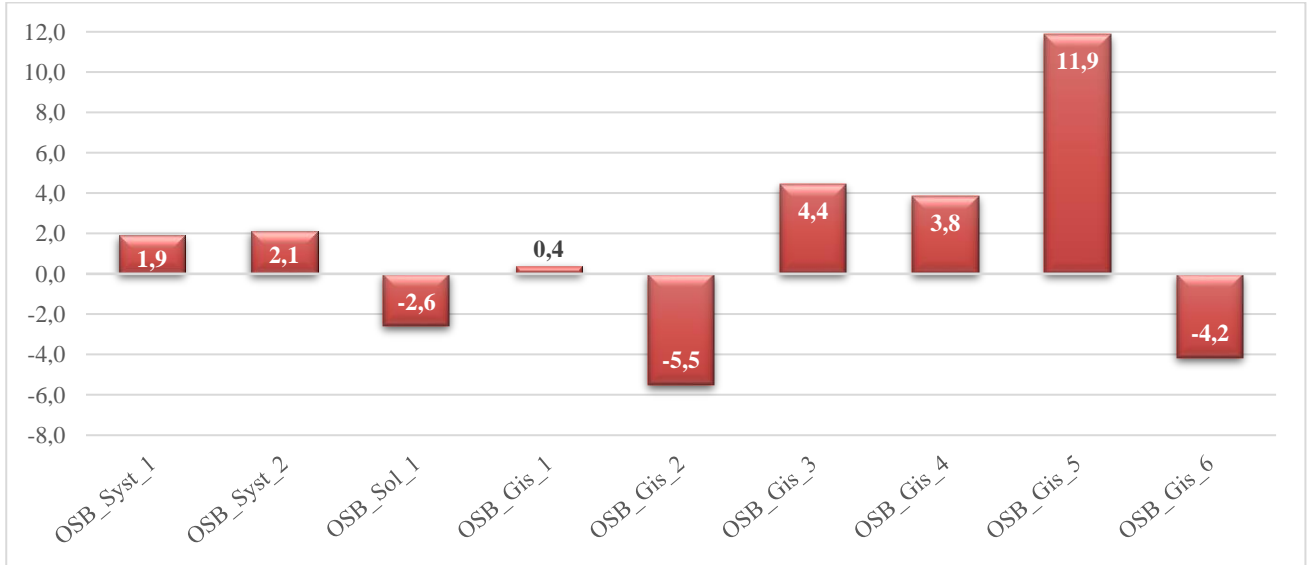


Şekil 5’de PVGIS4-CMSAF veri tabanı ile gerçekleştirilen OSB_Gis_1 simülasyonunda hesaplanan modül üzerine düşen ışınım değeri referans alınarak bulunan referans veriminin (kWh/m²) simülasyonlarda bulunan referans verimlerine farkı görülmektedir. Buna göre en fazla farkın %9,7 ile PVGIS yazılımının beşinci versiyon PVGIS-COSMO veri tabanı simülasyonu olduğu görülmektedir. Bu farkı, %6,0 ile PVSOL yazılımının Meteonorm veri tabanı simülasyonu izlemektedir. Referans verimin bulunmasında simülasyonların hata farkı ortalaması %1,9 olmuştur.



Şekil 5 : Konya OSB GES Tesisi İçin Referans Verim Farkları

Şekil 6’da tesiste üretilen enerjinin kurulu güce oranı olarak ifade edilen final veriminin (kWh/kWp/Yıl) simülasyonlarda bulunan final verimlerine farkı görülmektedir. Buna göre en fazla farkın %11,9 ile PVGIS yazılımının beşinci versiyon PVGIS-ERA5 veri tabanı simülasyonu olduğu görülmektedir. Bu farkı, %5,5 ile aynı yazılımın dördüncü versiyonunun PVGIS-Classic veri tabanı simülasyonu izlemektedir. Final verimin bulunmasında simülasyonların hata farkı ortalaması %1,4 olmuştur. Gerçek final verim ile simülasyonlarda tahmin edilen final verimler arasındaki fark yüzdeleri ile gerçek ortalama yıllık üretilen enerji miktarı ile simülasyonlarda tahmin edilen yıllık üretilen enerji arasındaki fark yüzdeleri birbiriyile aynıdır.

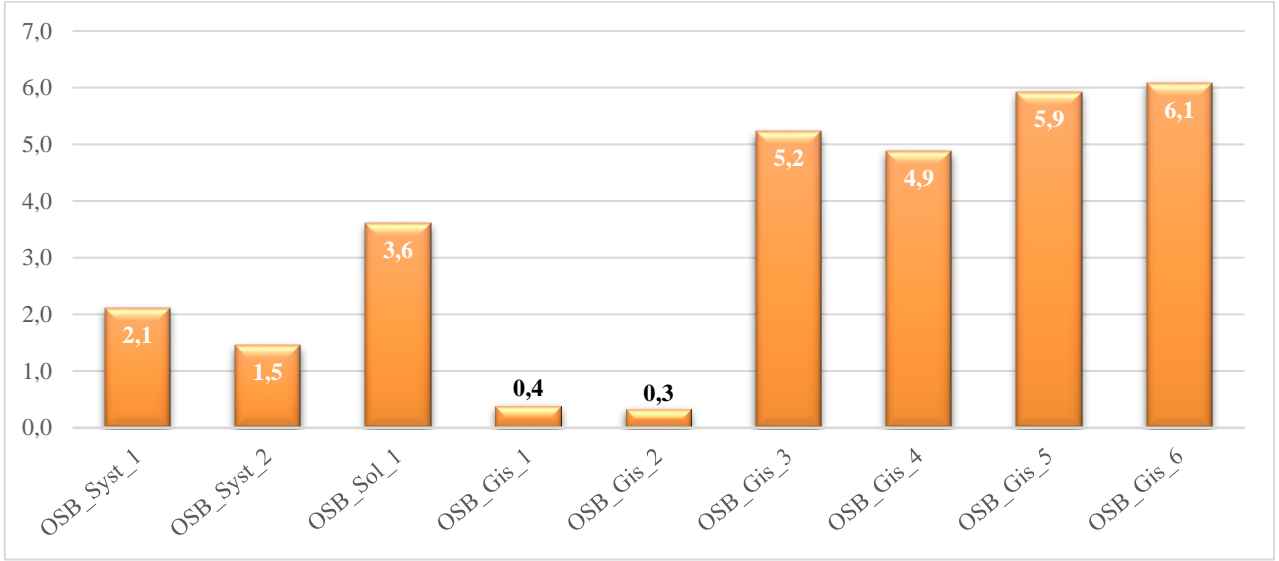


Şekil 6 : Konya OSB GES Tesisi İçin Final Verim Farkları

Şekil 7’de tesisin final verimle referans verimi oranı olan performans oranının (%) simülasyonlarda bulunan performans oranları ile farkı görülmektedir. Performans oranı tahminlerinde en iyi sonucu %0,3 hata payı ile PVGIS yazılımının dördüncü versiyonunda Classic veri tabanı ile yapılan simülasyon vermiştir. PVGIS yazılımının dördüncü versiyonu ile yapılan ve CMSAF veri tabanı kullanılan simülasyonda performans oranı %0,4 hata payı ile tahmin edilerek ikinci en az hata payı tahmini yapan simülasyon olmuştur.

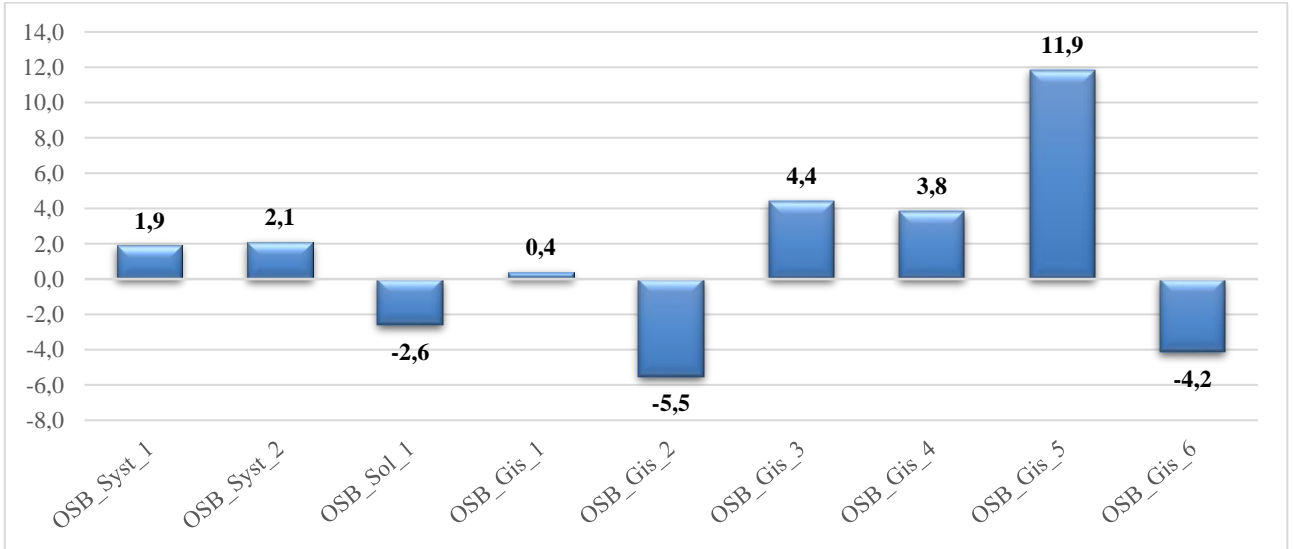


Bu tesis için yapılan performans oranı tahminlerinde simülasyonlar hep daha fazla tahminlerde bulunmuştur. Saha ile ilgili yapılan tüm tahmin parametreleri içinde en fazla hata payının performans oranında çıkmıştır. Performans oranı tahminlerinde hata payı ortalaması %3,3 olmuştur.



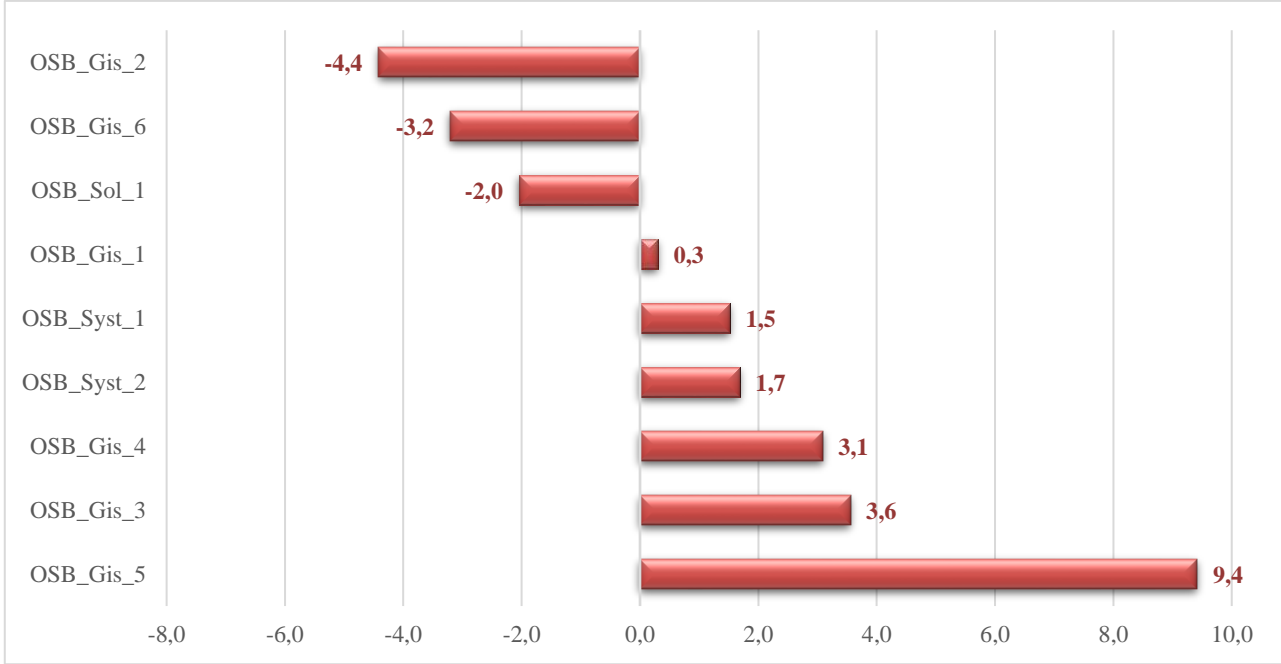
Şekil 7 : Konya OSB GES Tesisi İçin Performans Oranı Farkları

Şekil 8'de tesisin yıllık ürettiği enerjinin teorik olarak üretebileceği maksim enerji miktarına oranı olan kapasite faktörünün (%) simülasyonlarda bulunan kapasite faktörleri ile farkı görülmektedir. Kapasite faktörü tahminlerinde en iyi sonucu %0,4 hata payı ile PVGIS yazılımının dördüncü versiyonunda CMSAF veri tabanı ile yapılan simülasyon vermiştir. PVSyst yazılımının Meteororm veri tabanı kullanılan simülasyonda kapasite faktörü %1,9 hata payı ile tahmin edilerek ikinci en az hata payı tahmini yapan simülasyon olmuştur.



Şekil 8 : Konya OSB GES Tesisi İçin Kapasite Faktörü Farkları





Şekil 9: Konya OSB GES Tesisi İçin Tüm Parametrelerdeki Hata Payları

Şekil 9’da performans analizi için kullanılan tüm parametreler ile üretilen yıllık enerji değerleri için simülasyon tahminlerinin gerçek değerlere olan hata payları ortalaması görülmektedir. Buna göre yıllık üretilen enerji dahil performans parametrelerinde en yakın tahmini %0,3 ile PVGIS yazılımının dördüncü versiyonu ve PVGIS-CMSAF veri tabanı vermiştir. En hatalı sonucu ise yine aynı yazılımın aynı beşinci versiyonunun PVGIS-ERA5 veri tabanı vermiştir. PVSyst ve PVSOL yazılımları tüm parametrelerde %2’nin altında hata payı vererek başarılı bir tahmin sonucu ortaya koymuştur.

4. Kaynakça

- Clavadetscher, L., & Nordmann, T. J. S. e. (1993). Prediction and effective yield of a 100 kW grid-connected PV-installation. 51(2), 101-107.
- Cubukcu, M., & Colak, M. (2013). Simulation and Comparative Practical Performance Analysis Of A Stand-Alone PV Power System in Gökçeada. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 19(5), 201-208. doi:10.5505/pajes.2013.08108.
- Eicker, U., Pietruschka, D., Schumacher, J., Fernandes, J., Feldmann, T., & Bollin, E. (2005). Improving the energy yield of PV power plants through internet based simulation, monitoring and visualisation. Paper presented at the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona.
- Europe, S. P. J. S. P. E. B., Belgium. (2018). Global market outlook for solar power 2018-2020. 32..
- Gültuna, K. M. (2015). Gürsu-Bursa fotovolatik güç santralının simülasyonu; teknoekonomik ve çevresel optimizasyon. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Haydaroğlu, C. (2017). Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının Performans Analizi. (Yüksek Lisans Tezi Master), Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Huld, T., Müller, R., & Gambardella, A. (2012). A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. Solar Energy, 86(6), 1803-1815. doi:10.1016/j.solener.2012.03.006.
- IRENA. (2019). Data and Statistics. [Ziyaret Tarihi] 01.04.2019, IRENA <https://www.irena.org/Statistics>
- IEC61724. (1998). Photovoltaic system performance monitoring — Guidelines for measurement, data exchange and analysis. In (Vol. 61724). IEC: IEC.
- IEC. (2019). About The IEC. <https://www.iec.ch/about/> [Ziyaret Tarihi] 08.04.20109.
- Okumuş, H. (2016). Fotovoltaik Sistemlerin Elektrik Enerjisi Üretim Modeli, Yüksek Lisans Tezi. (Yüksek Lisans Master), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Pietruszko, S. M., & Gradzki, M. (2003). Performance of a grid connected small PV system in Poland. Applied Energy, 74(1-2), 177-184. doi:10.1016/s0306-2619(02)00144-7.
- Ransome, S., & Funtan, P. (2005). Why hourly averaged measurement data is insufficient to model PV system performance accurately. Paper presented at the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona.



Suresh, P., Thomas, J. J. A. R. i. E., & Engineering, E. (2014). Performance Analysis of Stand-alone PV Systems Under Non-Uniform Operating Conditions Using PVsyst. 1(4), 19-25.

Şimşek, S. (2018). Fotovoltaik Sistemlerde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

TEİAŞ. (2019). Aylık Kurulu Güç Raporları. [Ziyaret Tarihi] 01.04.2019, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı http://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2019-05/kurulu_guc_nisan_2019.pdf.



SİALON-TiN KESİCİ UÇLARIN AL₂O₃-SiC_w UÇLARA KARŞI SÜPER ALAŞIMLARIN İŞLENMESİNDE KESME PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Nurcan Çalış Açıkbaş¹, Ferhat Kara^{2,3}

1 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr

2 Eskişehir Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye

fkara@anadolu.edu.tr

3 MDA İleri Teknoloji Seramikleri San. Tic. Ltd. Şti. Eskişehir, Türkiye

** Sorumlu yazar*

Özet

Bu çalışmada SiAlON-TiN kesici uçların pilot ölçekte üretimi yapılmıştır. Tasarlanan kompozisyon 75β¹:25α¹ faz oranında, 0,7 z değerinde ve ağı. %17 TiN takviye fazı içermektedir. Kesici uçlar, azot gaz akışlı atmosfer kontrollü sinterleme fırınında 1620°C’de, 5 bar azot gaz akışı altında, 1 saat süre ile ön-sinterleme işlemi yapıldıktan sonra 1650°C’de, 70 bar azot gazı atmosferinde, 1 saat süre ile gaz basınçlı sinterleme fırınında sinterlenmiştir. Kesici uçların performans testi öncesinde tane sınır fazı kristalizasyonunu ve topaklanma davranışını iyileştirmek için 1700°C’de, 5 bar azot gaz basıncında, 2 saat süre ile ısıtılma işlemi uygulanmıştır. Fiziko-mekanik özellikler Arşimed prensibi ve Vickers indantasyon metodu ile belirlenmiştir. Mikroyapı ve faz analizi, sırasıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışını difraksiyonu yöntemi (XRD) ile yapılmıştır. Geliştirilen kesici uçların performans testleri süper alaşımların işlenmesinde, farklı test koşullarında TUSAŞ’ta gerçekleştirilmiştir. Kesici uçların aşınma profilleri optik mikroskopta incelenmiştir. Sonuç olarak, geliştirilen SiAlON-TiN kesici uçların, düşük kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde ticari Al₂O₃-SiC_w kesici uçlardan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Ancak, yüksek kesme hızlarında SiAlON-TiN kesici uçların, Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi performans göstermediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesici Uçlar, SiAlON-TiN, Aşınma, Süper alaşım işleme

1. Giriş

Süper alaşımların işlenmesi zor olan malzeme grubuna girmektedirler. Süper alaşımların düşük özgül ısıları ve düşük ısı iletkenlikleri, sert karbür ve intermetalik fazların abraziv etkisi kesme işlemi esnasında yüksek mekanik ve termal gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle işleme esnasında yüksek sıcaklıklara ulaşmaktadır [1-7].

Al₂O₃-SiC_w uçlar, süper alaşımların işlenmesinde mevcut halde en iyi performans gösteren malzemelerdir. Ancak, seri üretime uygun olmayan sıcak presleme tekniği ile üretildikleri ve iğnesel şekillerinden dolayı kanserojen oldukları için seri üretime uygun ve toksin olmayan SiAlON seramiklerine göre daha pahalıdır [8]. Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar, günümüzde Greanleaf (Amerika) ve NTK (Japonya) firmaları tarafından havacılık sektörüne sunulmaktadır. SiAlON esaslı seramik kesici uçlar, Al₂O₃-SiC_w kompozit malzemesinin 1984 yılında keşfinden önce süper alaşım işlemede kullanılmışlardır. Ancak, o zamanki SiAlON bilimi ve teknolojisi çok gelişmediği için Al₂O₃-SiC_w performanslarından zayıf performans gösterdikleri için piyasada tutunamamışlardır. SiAlON bilimi ve teknolojisindeki son dönemlerde yaşanan gelişmeler sonrasında Sandvik (İsveç), TaeguTec (Kore) ve Kennametal (Amerika) firmaları süper alaşım işlemede kullanılmak üzere SiAlON seramiklerini piyasaya sürmüşlerdir. Ancak bu mevcut SiAlON kesici uçların süper alaşım işleme performansları hala Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi değildir.

SiAlON seramiklerin kesici uç uygulamalarında kullanımı üzerine Eskişehir Anadolu Üniversitesi’nde de 1996 yılından bu yana çalışmalar yapılmaktadır. Öncelikle dökme demir işleme üzerine yoğunlaşan çalışmalar çok başarılı olmuş ve geliştirilen malzemeler US7064095B2 ve EP1414580B1 patentleriyle koruma altına alınmıştır. Özellikle Eskişehir bölgesinde yoğunlaşan havacılık şirketlerinde Al₂O₃-SiC_w uç kullanımının yüksek olması nedeniyle, SiAlON seramiklerinin süper alaşım işlemede kullanımı için de çalışmalar yapılmıştır. Mandal ve ark. tarafından ilk yapılan çalışmalarda SiAlON’un z değerinin kesme performansına etkisi araştırılmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmektedir [9]. Tablo 1’den görüldüğü üzere z değerinin kesme performansı üzerine etkisi yüksektir. Düşük z değerli (~0.25) malzemelerin tokluk gibi mekanik özellikleri yüksek olmasına rağmen, Inconel 718 malzemesiyle reaksiyona girdikleri için kimyasal aşınmadan dolayı ömürleri çok kısadır. Bu nedenle z değeri yüksek malzeme seçilmelidir. Ancak z değeri arttıkça da SiAlON kırılma hale gelmekte, bu durum hem aşınma hem de kırılma direncini olumsuz yönde etkilemektedir. *Bu nedenle z değeri yüksek (1.1) olan SiAlON düşük kesme hızlarında çok iyi performans gösterirken, yüksek kesme hızlarında Al₂O₃-SiC_w’in ancak % 60’ı kadar performans göstermektedir.*

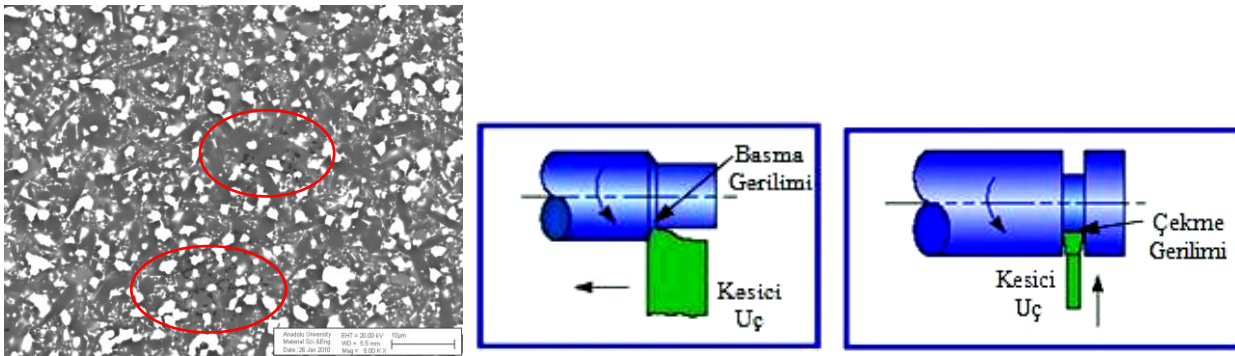


Tablo 1: Farklı koşullarda kesici uçların Inconel 718 işleme performansları [9]

Kesici uç dayanımı (dakika)						
Hız (m/min)	Besleme oranı (mm/devir)	Kesme derinliği (mm)	WG300	MDA1 (z:1.1)	MDA3 (z:0.25)	
150	0.125	1.5-3	8.97	8.98	3.18	
230	0.125	1.5-3	6.28	3.65	1.70	
250	0.125	1.5-3	3.30	2.73	0.72	
270	0.125	1.5-3	3.75	2.36	0.43	
150	0.150	1.5-3	7.45	7.60	3.03	
230	0.150	1.5-3	5.17	3.08	1.15	
250	0.150	1.5-3	3.36	2.48	0.68	
270	0.100	1.5-3	3.45	2.23	0.67	

Bu verilerden yola çıkılarak grubumuz tarafından hem kimyasal hem de mekanik dayanım açısından z değeri optimizasyonuna gidilmiş ve en son gelinen nokta kimyasal dayanım açısından z değeri 0.6 olan, %75 β -SiAlON-%25 α -SiAlON fazlarını içeren malzemenin süper alaşım işlemede tornalama uygulamalarında aşınma özelliklerinin Al_2O_3 -SiC_w'e yakın olduğu ancak kanal açma operasyonlarında kırıldıkları Eskişehir'de yerleşik değişik havacılık firmalarında yapılan testlerde görülmüştür. Bu malzemenin kırılma dayanımını arttırmak, termal iletkenliğini arttırmak ve aynı zamanda kimyasal direncini arttırmak için TiN ilavesi yapılmış ve iyi mekanik özelliklere (K_{1c}: ≥ 5.5 MPam^{1/2} ve HV10: ≥ 15 GPa) sahip HZN-TiN kodlu %75 β -SiAlON-%25 α -SiAlON matrisi içinde %17 TiN içeren kompozit malzeme geliştirilmiştir. Bu malzeme ile yapılan süper alaşım işleme denemelerinde torna ve kanal açma uygulamalarında Al_2O_3 -SiC_w ile aynı performansı gösterdiği ancak kanal açma uygulamalarında kısmen uç kırılmalarının olduğu görülmüştür. İşlenen süper alaşım parçaların yüksek maliyetlerinden (>25.000 Dolar) dolayı işleme sırasında kısmen de olsa uç kırılmaları işlenen parçaya zarar verdiğinden dolayı istenen bir durum değildir. Dolayısıyla, geliştirilen SiAlON seramiklerinin havacılık sektöründe kullanılabilmesi için kanal açma uygulamalarındaki kırılma sorunlarının giderilmesi gerekmektedir. Havacılık sektöründe kullanılan kesici uçların %70'i kanal açma %30'u torna uygulamalarında kullanılmaktadır.

Kırılma nedenlerine yönelik yapılan araştırmalarda HZN-TiN'in mikroyapısında 100-300 nm boyutunda gruplanmış gözeneklerin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 1a). Bu nedenle yapılan ilk çalışmalarda gözeneklerin giderilmesi çalışılmıştır [10]. Torna uygulamalarında kesici uç basma gerilmesi altında olduğundan dolayı bu hatalar kırılmalara neden olmazken, kanal açma uygulamalarında uç eğme gerilmesi (yani çekme gerilmesi) altında olduğundan kırılmalar görülmektedir (Şekil 1b,c). 100-300 nm boyutunda gözeneklerin mukavemeti çok etkilemediği düşünülebilir ancak bu gözeneklerin Şekil 1'de görüldüğü gibi yakın bölgelerle ağ (network) oluşturması sonucu kendi boyutlarından çok daha büyük kritik hata boyutuna ulaştıkları düşünülmektedir.



Şekil 1: (a) HZN-TiN malzemelerinin mikroyapısı, (b) Torna ve (c) kanal açma operasyonlarında kesici ucun maruz kaldığı gerilmeler

Diğer taraftan bu kompozit malzemenin performansını daha da arttırmak mümkündür. Bilindiği üzere SiAlON seramikler kovalent bağlı malzemeler olduklarından sıvı faz yardımıyla sinterlenmekte ve bu sıvı faz sinterleme sonrasında taneler arasında kalarak ergime sıcaklığı matris faza göre düşük tane sınır fazı içeren bölgeler oluşmaktadır [11]. İşleme esnasında, kesici ucun yüksek sıcaklık sertliği aşınma için önemli olduğundan, tane sınır fazının kristalleştirilmesi yoluyla yüksek sıcaklık sertliğinin artırılması aşınma direncini artırabilir. Ayrıca, tane sınır fazının uygun ısı işlemleriyle topaklanması sağlanarak yüzey alanını da azaltmak mümkündür. Tane sınır fazının kristalleşmesinin ve topaklanmasının aşınma performansı üzerinde olumlu etki yarattığı dökme demir üzerine tarafımızdan düşük z değerli SiAlON üzerine yapılan çalışmalarda görülmüştür [7]. Bu konuda yapılan çalışmalarda tarafımızdan literatüre SiAlON seramiklerinde z değerine bağlı olarak tane sınır fazının kristalleşmesi ve topaklanması üzerine yeni bilgi de kazandırılmıştır [12].



Gerçekleştirilen çalışmada, z değeri ~0.7 olan, 25 α :75 β faz oranlarında tasarlanmış SiAlON-TiN kompozitleri pilot ölçekte üretilerek kesici uç şeklinde şekillendirilerek daha önceden tespit edilen sinterleme koşullarında nano-boyutlu gözenek içermeyecek şekilde üretilmiş ve sinterleme sonrası tane sınır fazının kristalizasyonunu ve topaklanma eğilimini iyileştirmek için ısıtma işlemi uygulanmıştır. Üretilen kesici uçlar, ticari Al₂O₃-SiC_w kesici uçlarla birlikte aynı anda TUSAŞ’da farklı parametrelerde süper alaşımların işlenmesinde test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kesici Ucun Pilot Ölçekte Üretimi

Yapılan çalışmada reaktivitesi yüksek diimide metoduyla üretilen UBE α -Si₃N₄ tozu (UBE-SN E-10, UBE Industries Ltd., Tokyo, Japonya, d₅₀: 0,55±0,1 μ m) kullanılmıştır. SiAlON fazını geliştirmek ve mikroyapıyı modifiye etmek için Al₂O₃ (Alcoa, A16SG Pittsburgh, Amerika), AlN (H Type, Tokuyama Corp., Japonya), Sm₂O₃ (Stanford Materials Corp., Amerika), Y₂O₃ (H.C. Starck Berlin, Almanya), CaCO₃ (Reidel-de Haen, Almanya) başlangıç tozları kullanılmıştır. SiAlON seramiklerinin kimyasal dayanımları süper alaşımların işlenmesinde yetersiz kaldığı için TiN (d₅₀: 3 μ m, H.C. Starck Berlin, Almanya) ikincil takviye elemanı olarak kullanılmıştır.

Y₂O₃-Sm₂O₃-CaO katyon sisteminde, %75 β -SiAlON - %25 α -SiAlON fazlarını içeren, %17 TiN ilaveli, 0.7 z değerinde, kompozisyon tasarlanmıştır. Tane sınır fazı miktarı kesici ucun yüksek sıcaklık özelliğini etkilediğinden kompozisyon tasarımında tane sınır fazı miktarı % 1.5 mol olacak şekilde seçilmiştir.

Pilot ölçekli toz üretimi MDA İleri Teknoloji Seramikleri San. Tic. ve Ltd. Şirketi’nde yapılmıştır. Pilot ölçekte üretime dair detaylar diğer makalemizde detaylıca açıklanmıştır [10]. Performans testleri yapılmak üzere kesici uçlar otomatik presle ISO standartlarındaki geometrisini ifade eden RNGN formunda şekillendirilmişlerdir. Preslenen granülden üretilmiş kesici uçlar azot/argon atmosferinde bağlayıcı giderme işlemine tabi tutulmuştur. Başlangıçta SiAlON-TiN kompozit kesici uçların üretiminde daha önceden bahsettiğim üzere gözeneklilik problemi yaşanmaktaydı. Gözeneklilik problemini gidermek amacıyla farklı yöntemler uygulanmış ve sonuçta gözenek giderimi ve çatlama konusunda %100 başarıya ulaşılmıştır [10]. Çalışmalar neticesinde gözeneklerin sebebinin SiAlON-TiN kompozisyonunun hızlı sinterleşme davranışından kaynaklandığı tespit edilmiştir. TiN tozunun çamur hazırlama esnasında son aşamada katılması ve ön sinterleme işleminin 1620°C, 5 bar, 1 saat, sinterleme işleminin 1650°C, 70 bar, 1 saat (GPS) süre ile yapılmasıyla çatlama ve gözeneklilik problemi tamamen giderilmiştir. TiN’ün dış yüzeyinde TiO₂ tabakası mevcuttur. TiO₂ fazının literatürde de sinterleşmeyi kolaylaştırdığı bildirilmiştir. Hızlı sinterleşme davranışı nedeniyle sinterlenen kesici ucun dış kısımda kabuk oluşumu gerçekleşip, kalın olan iç kısmın sinterlenmesi daha uzun zaman aldığı için TiO₂ ve SiO gazlarının ortamdan çıkması zorlaşmaktadır. Bu nedenle gazlar iç kısımda gözenek oluşumuna neden olmaktadır. Bu durumu önlemek için sürekli gaz akışı olan fırın atmosferinde yavaş ısıtma hızlarıyla ön sinterleme işlemi yapılmış ve böylece hem dış yüzeyde kabuk oluşumu engellenip hem de iç kısımdaki gazların ortamdan kolayca uzaklaşması sağlanmıştır. Sinterleme sonrasında tane sınır fazı topaklanma davranışını iyileştirmek ve tane sınır fazı kristalizasyonunu arttırmak amacıyla kesici uçlara 1700°C’de 2 saat 5 bar azot gaz basıncı altında ısıtma işlemi uygulanmıştır. Kesici uçların taşlama işlemi Eskişehir’de yerleşik ve havacılık sektörüne hizmet veren TEI Tusaş Motor Sanayii A.Ş firmasında yapılmıştır. Sinterleme işleminden sonra elde edilen kesici uçların süper alaşımların işlenmesinde en yaygın kullanılan geometride yüzey işlemleri yapılmıştır. Şekil 2’de endüstriyel standartlara göre üretilmiş test edilen kesici uçlar verilmektedir.



Şekil 2: (a) RNGN formundaki süper alaşımların işlenmesinde kullanılan SiAlON-TiN kesici uçlar

2.2. Karakterizasyon

2.2.1. Yoğunluk Ölçümü

Sinterlenen numunelerin yığınsal yoğunluk ölçümü Arşimet, su ile yer değiştirme prensibine göre yapılmıştır. Bu prensibe göre, bir maddenin sıvı içindeki ağırlığı, o maddenin kuru ağırlığı ile batmaya karşı gösterdiği direnç kuvvetinin farkına eşittir. Arşimet prensibiyle yoğunluk ölçümü için, sinterlenen numunelerin kuru ağırlıkları (W_1) alınıp, gözeneklerin içinde kalan havanın uzaklaştırılması için yaklaşık 4 saat kaynatıldıktan sonra, askıdaki ağırlıkları (W_2) ölçülmüş, sonrasında sıvı sızdırılmış haldeki ağırlıkları (W_3) ölçülerek aşağıdaki denkleme göre yığınsal yoğunluk hesaplamaları yapılmıştır (ρ_{su} : suyun özkütlesi).

$$\text{Yığınsal Yoğunluk} = \frac{W_1}{W_3 - W_2} \times \rho_{su} \quad (2.1)$$



2.2.2. Faz Analizi

Panalytical Empryrean model X-ışınları cihazı yardımıyla CuK_{α} ışınması kullanılarak sinterlenmiş ve ısıl işlem görmüş malzemelerin faz analizi yapılmıştır. Ortalama $\alpha:\beta$ miktarları, α -SiAlON için (102) ve (210) düzlemlerinden elde edilen yansıma pik şiddetleri ve β -SiAlON için (101) ve (210) düzlemlerinden elde edilen şiddetler kullanılarak Eşitlik 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\frac{I_{\beta}}{I_{\beta} + I_{\alpha}} = \frac{1}{1 + K[(1/w_{\beta}) - 1]} \quad (2.2)$$

β -Si_{6-z}Al₂O_zN_{8-z}'ün z (katı çözünürlük) değeri z_a ve z_c değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde a ve c, β -SiAlON'un hesaplanan birim hücre boyutlarını ifade eder. Hesaplamalarda β -Si₃N₄'ün a ve c boyutları (a=7.6044 ve c=2.9075) referans olarak alınmıştır.

$$z_a = \frac{a - 7.6044}{0.031} \quad (2.3)$$

$$z_c = \frac{c - 2.9075}{0.026} \quad (2.4)$$

2.2.3. Mikroyapı Karakterizasyonu

Sinterlenmiş numuneler, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile mikroyapısal analiz için arakesitleri parlatılmıştır. Parlatma işleminde ilk aşama numunelerin sıcak kalıplama tekniği kullanılarak bakalit malzeme ile kalıba alınmasıdır. Asıl parlatma işlemi Struers marka otomatik parlatma cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Yüzeyi parlatılmış numuneler için analiz öncesinde iletken olmayan seramik malzemenin yüzeyi iletkenliği sağlamak ve dolayısıyla elektronların yüzeye şarj olmasını engellemek için iletkenliği yüksek olan altın-paladyum alaşımı ile vakum ortamında kaplanmıştır. Mikroyapısal analizler Zeiss Supra 40 VP marka taramalı elektron mikroskobu ile geri yansıyan elektron görüntüleri alınmıştır.

2.2.4. Sertlik ve Kırılma Tokluğu Ölçümü

Kesit yüzeyleri parlatılmış olan numunelerin sertlikleri Vikers indentasyon sertlik ölçme yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemde göre numune yüzeyine 10 kg yük 10 sn süreyle uygulanarak kırılma tokluğu değerlerine ulaşılmıştır. Her bir numuneden 5'er adet ölçüm alınmıştır. Ölçümler sonucunda elde edilen izlerin ve oluşan çatlakların boyutları 2.5 ve 2.6 formülleri kullanılarak malzemelerin Vickers sertlik değeri ile Palmqvist eşitliği kullanılarak kırılma tokluğu değerleri hesaplanmıştır.

$$HV = \frac{0.47 \times F}{a^2} \quad (2.5)$$

$$K_{IC} = 0.018 * HV * a^{0.5} * (E/HV)^{0.4} * (c/a - 1)^{-0.5} \quad (c/a < 3.5 \text{ ve } l/a < 2.5 \text{ için}) \quad (2.6)$$

Yukarıdaki eşitliklerde F : uygulanan yük (kg), E: elastiklik modülü (GPa), a : izin köşegen uzunluğunun yarısı (μ m), c : çatlak uzunluğunu (μ m) ifade etmektedir.

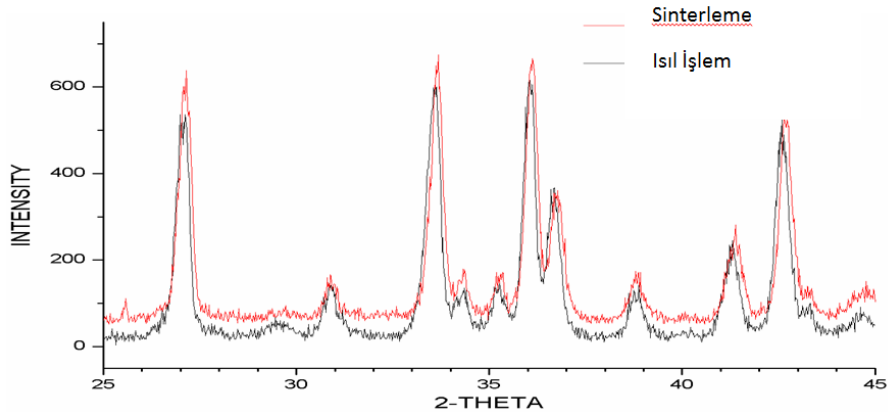
2.2.5. Süper Alaşım İşleme Testleri

Yeni geliştirilen kesici uçların performans testleri TEI Tusaş Motor Sanayii A.Ş firmasında en yaygın kullanılan nikel esaslı Inconel 718 alaşımından üretilen bir uçak motoru parçasının endüstriyel koşullarda Al₂O₃- SiCw malzemesi ile dönüşümlü olarak CNC (computer numerical control) işleme cihazında işlenmesiyle yapılmıştır. Kesme işlemi sonrasında kesici uçlarda meydana gelen aşınmalar optik mikroskop ile karakterize edilmiş ve aşınma derinlikleri hesaplanmıştır.

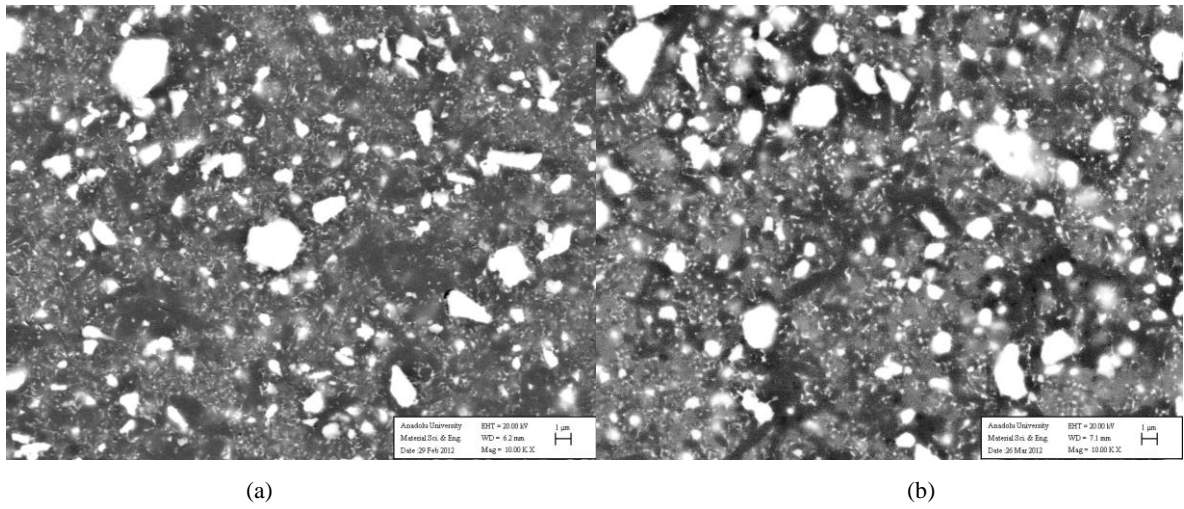
3. Bulgular ve Tartışma

TiN tozunun çamur hazırlama esnasında son aşamada katılması ve ön sinterleme işleminin 1620°C, 5 bar, 1 saat, sinterleme işleminin 1650°C, 70 bar, 1 saat (GPS) süre ile yapılmasıyla çatlama ve gözeneklilik problemi tamamen giderilmiştir. Arşimed prensibiyle yoğunluk ölçümü sonucunda kesici uçların 3.48 g/cm³ bulk yoğunluğunda, %0.1 açık porozitede olduğu bulunmuştur. Faz analizleri neticesinde başlangıçta hedeflenen faz oranlarına neredeyse ulaşılmış ve numunelerin 22 α :78 β faz oranlarında olduğu ve 0.68 katı çözünürlük değeri tespit edilmiştir. Kesici uç olarak kullanılmak üzere standartlara uygun yeterli sertlik 16.01 \pm 0.07 GPa ve kırılma tokluğu 5.75 \pm 0.48 MPam^{1/2} değerlerine sahip malzemeler üretilmiştir. Numunelere ait (sinterlenmiş ve ısıl işlem görmüş) sonrasında faz analizi grafiği Şekil 3'de verilmektedir. Sinterleme ve ısıl işlem sonrasında az miktarda melilit kristalizasyonu gözlenmiştir. Isıl işlem ile birlikte tane sınır fazı topaklanma davranışının bir miktar iyileştiği gözlenmiştir (Şekil 4). Başlangıçta tasarlanan kompozisyonda tane sınır fazı miktarı az (1.5 mol) seçildiği için, tane sınır fazı kristalizasyonu ve topaklanma derecesi fazla değildir [13,14].





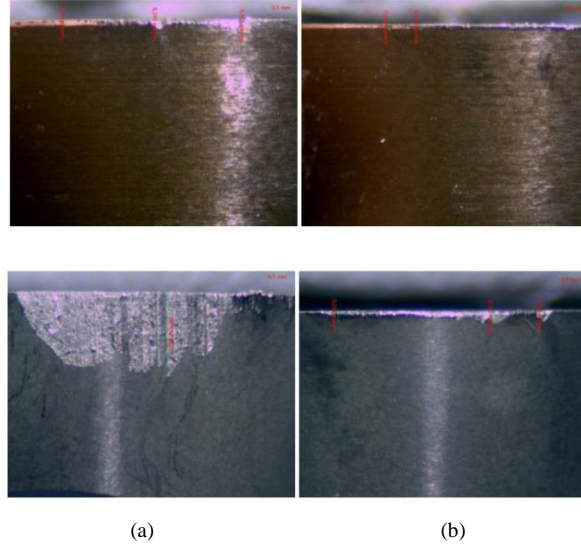
Şekil 3: Sinterlenmiş ve ısı işlem görmüş malzemelerin XRD spektrumu



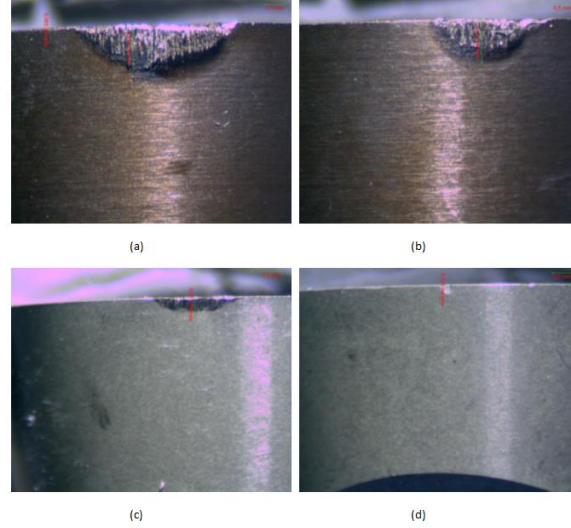
Şekil 4: (a) Sinterlenmiş , (b) Isıl işlem görmüş YZ7 kodlu malzemenin temsili mikroyapı görüntüleri

Şişme problemi giderilmiş RNGN şeklindeki kesici uçlar Inconel 718 süper alaşımının işlenmesinde farklı koşullarda TEI’da test edilmiş ve ticari WG300 kodlu $Al_2O_3-SiC_w$ kesici uçlar ile performansları karşılaştırılmış, aşınmış yüzeyler incelenmiştir. Test için her iki malzemeden 2’şer adet kesici uç kullanılmıştır. Kesme hızı: 198 m/dk, ilerleme hızı: 0.125 mm/devir, kesme derinliği: 0.375 mm, parçanın çapı: 889-914 mm koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha az aşınmıştır (Şekil 5). Test koşulları değiştirilip kesme hızı: 230 m/dk, ilerleme hızı: 0.275 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm, parçanın çapı: 152-167 mm koşullarında yani daha şiddetli kesme koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha fazla aşınmıştır (Şekil 6). Kesme hızı daha da artırıldığında kesme hızı: 244 m/dk, ilerleme hızı: 0.15 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm koşullarında yani daha şiddetli kesme koşullarında YZ7 malzemesi ticari kesici uca göre daha fazla aşınmıştır (Şekil 7). Farklı koşullarında yapılan aşınma testleri sonrası kesici uçların yan kenar aşınma profilleri incelenmiş ve aşınma derinlikleri Tablo 2’de verilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen malzemenin düşük kesme hızı, ilerleme (besleme) hızı ve kesme derinliğinde ticari uçtan daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Kesme koşullarının zorlaşması/hızlanmasıyla ticari ucun aşınma oranı YZ7 malzemesine göre daha azdır.

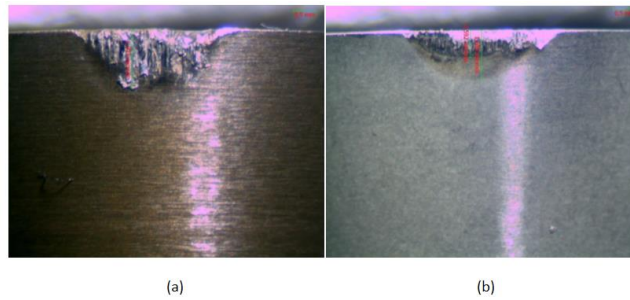




Şekil 5: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (Kesme hızı: 198 m/dk, ilerleme hızı: 0.125 mm/devir, kesme derinliği: 0.375 mm, parçanın çapı: 889-914 mm koşullarında)



Şekil 6: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (Kesme hızı: 230 m/dk, ilerleme hızı: 0.275 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm, parçanın çapı: 152-167 mm)



Şekil 7: Kesme işlemi sonrasında aşınmış yüzeylerin görüntüleri (a,b) YZ7, (c,d) WG300 (kesme hızı: 244 m/dk, ilerleme hızı: 0.15 mm/devir, kesme derinliği: 1.25 mm)



Tablo 2: Farklı koşullarda ticari WG300 ve YZ7 kesici uçlarının Inconel 718 işleme performansları

Hız (m/min)	Besleme oranı (mm/devir)	Kesme derinliği (mm)	Kesici uç aşınma derinliği (mikron)	
			WG300	YZ7
198	0.125	0.375	0.72	0.20
230	0.275	1.250	0.30	1.15
244	0.150	1.250	0.84	1.30

4. Sonuçlar

Yapılan çalışmada ülkemizde henüz ticari olarak üretimi yapılmayan gözenekleri tamamen giderilmiş YZ7 kodlu RNGN formunda SiAlON-TiN kompozit kesici uçlar tarafımızdan pilot ölçekte üretilmiş ve çalışmada hedeflenen α : β -SiAlON faz oranlarına ve z değerine ulaşılmıştır. Endüstri standartlarına uygun yeterli sertlik (15-17 GPa) ve kırılma tokluğu (6-8 MPam^{1/2}) değerlerine sahip kesici uç malzemesi elde edilmiştir. YZ7 malzemesi sinterleme ve ısıl işlem sonrasında kristal tane sınır fazı miktarı az olan ve zayıf tane sınır fazı topraklanma davranışı gösteren bir malzemedir. Geliştirilen SiAlON-TiN kesici uçlar, süper alaşımların işlenmesinde kullanılmış ve düşük kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinde ticari Al₂O₃-SiC_w kesici uçlardan daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. Ancak, yüksek kesme hızlarında SiAlON-TiN kesici uçların, Al₂O₃-SiC_w kesici uçlar kadar iyi performans göstermediği tespit edilmiştir.

Teşekkür: Bu çalışma TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu tarafından 110M727 nolu proje ile desteklenmiştir (Yürütücü. : Nurcan Çalış Açıkbaz). Endüstriyel üretimde destek veren MDA İleri Teknoloji Seramikleri firması çalışanlarına ve süper alaşım işleme performans testlerinin gerçekleştirildiği TUSAŞ'a teşekkür ederiz.

5. Kaynakça

1. Ezugwu, E. O., Wang, Z. M., & Machado, A. R. (1999). The machinability of nickel-based alloys: a review. Journal of Materials Processing Technology, 86(1-3), 1-16.
2. Ross, E., & Sims, W. (1987). Superalloys II John Wiley & Sons. Sims, Stoloff and Hagel Eds, 111.
3. Ezugwu, E. O. (2005). Key improvements in the machining of difficult-to-cut aerospace superalloys. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45(12-13), 1353-1367.
4. Donachie, M. J., & Donachie, S. J. (2002). Superalloys: a technical guide. ASM international.
5. Choudhury, I. A., & El-Baradie, M. A. (1998). Machinability of nickel-base super alloys: a general review. Journal of Materials Processing Technology, 77(1-3), 278-284.
6. Zhu, D., Zhang, X., & Ding, H. (2013). Tool wear characteristics in machining of nickel-based superalloys. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 64, 60-77.
7. Kara, F., Mandal, H., Turan, S., Kara, A., & Acikbas, C. N. (2008). Development strategies for SiAlON ceramics. In 2nd International Congress on Ceramics.
8. Whitney, E. D. (2012). Ceramic cutting tools: materials, development and performance. William Andrew.
9. Mandal, H., Kara, F., Turan, S., & Kara, A. (2003). Novel SiAlON ceramics for cutting tool applications. In Key Engineering Materials (Vol. 237, pp. 193-202). Trans Tech Publications.
10. AÇIKBAŞ, N. Ç., & Ferhat, K. A. R. A. (2018). ENDÜSTRİYEL SiALON-TiN KESİCİ UÇ ÜRETİMİNDE PROSES KOŞULLARININ ETKİSİ. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(4), 716-724.
11. Açıkbaz, N. Ç. SiAlON SERAMİKLERİNİN SİNTERLEME DAVRANIŞI VE MİKROYAPI GELİŞİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (039), 31-42.
12. Acikbas, N. C., & Kara, F. (2017). The effect of z value on intergranular phase crystallization of α / β -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 37(3), 923-930.
13. Acikbas, N. C., Kumar, R., Kara, F., Mandal, H., & Basu, B. (2011). Influence of β -Si₃N₄ particle size and heat treatment on microstructural evolution of α : β -SiAlON ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 31(4), 629-635.
14. Acikbas, N. C., Yurdakul, H., Mandal, H., Kara, F., Turan, S., Kara, A., & Bitterlich, B. (2012). Effect of sintering conditions and heat treatment on the properties, microstructure and machining performance of α - β -SiAlON ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 32(7), 1321-1327.



SPARK PLAZMA SİNERLEME İLE SİALON-GRAFİT KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ

Nurcan Çalış Açıkbaz^{1*}, Alican Ataman^{1,2}, Gökhan Açıkbaz³

1 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye

nurcan.acikbas@bilecik.edu.tr

2 Eskişehir Teknik Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği ABD, Eskişehir, Türkiye

alican.ataman@bilecik.edu.tr

3 Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Metalurji Programı, Bilecik, Türkiye

gokhan.acikbas@bilecik.edu.tr

** Sorumlu yazar*

Özet

SiAlON seramikleri iyi mekanik ve yüksek sıcaklık özellikleri nedeniyle yapısal parçaların üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak SiAlON seramiklerinin yüksek sıcaklıklarda tribolojik davranışları ve termal şok dayanımları yeterince iyi değildir. Grafitin termal şok dayanımı SiAlON seramiklerinden daha iyidir ve bağlarından kaynaklanan kendinden yağlayıcı özellik sağlamaktadır. Grafitin ergime sıcaklığı çok yüksek olduğu için SiAlON-grafit kompozitlerin geleneksel sinterleme teknikleriyle üretimde gözeneklilik problemini aşmak oldukça zordur. Spark plazma sinterleme, toz partikülleri arasındaki boşluğu, yüksek sinterleme basıncı (~50 MPa) ve elektrik enerjisi ile sinterleme sonucu, hızlı ısıtma ve soğutma hızlarının uygulanabildiği (~6000C/dak.) oldukça kısa bir zaman aralığında (10-15 dak.) gözenekliliği düşük malzeme üretimini sağlayan bir sinterleme tekniğidir. SiAlON-grafit kompozitler üzerine yapılan çalışmalar çok çok sınırlıdır.

Bu nedenle yapılan çalışmada farklı oranlarda (hacimce %10, 20 ve 30) grafit katkılı α : β -SiAlON seramikleri CaF_2 : CeO_2 sinterleme ilaveleri kullanılarak hazırlanmış, SPS tekniği ile 1600°C'de, 10 dakika, 50 MPa basınç altında sinterlenmiş ve sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz ve mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan grafit partikül boyutunun (~100 mikron) ~%100 yoğun kompozit malzeme eldesi için kaba olduğu tespit edilmiştir. Grafit katkı miktarı arttıkça bulk yoğunluk azalmış ve açık gözeneklilik miktarı artmış, sertlik ve kırılma tokluğu değerleri azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Spark Plazma Sinterleme, Kompozit, SiAlON, Grafit, Karakterizasyon*

1. Giriş

SiAlON seramikleri Si_3N_4 ve Al_2O_3 'dan oluşan katı çözelti olup mekanik özellikleri bakımından Si_3N_4 'e ve kimyasal özellikleri bakımından Al_2O_3 'ya benzeyen yüksek sıcaklık malzemeleridir [1]. SiAlON seramikleri, yüksek sıcaklıklarda yüksek sertlik, mukavemet, kimyasal kararlılık, düşük yoğunluk, yüksek elastik modülü gibi benzersiz özelliklerinden dolayı endüstriyel uygulamalarda büyük öneme sahiptirler [2]. Triboloji uygulamalarında bu tür seramiklerin tercih edilmesinin nedeni hafif, sert ve kimyasal dayanıklılıklarının iyi oluşudur. Ancak kırılma özelliklerinden dolayı zamansız katastrofik hasar gözlenmesi, başlangıç tozlarının ve üretim metodlarının pahalı olması nedeniyle dezavantajlara sahiptirler [3]. Ayrıca termal şok dayanımları ve yüksek sıcaklıklarda aşınma direncinin iyileştirilmesi gereklidir.

İleri teknoloji seramikleri şiddetli koşullar altında şuan ki ve gelecekteki triboloji problemlerini çözebilecek potansiyele sahiptir. Ancak seramiklerin aşınma direnci her zaman tatmin edici olmamakla birlikte sürtünme katsayıları genelde yüksektir. Bu nedenle aşınma ve sürtünmeyi azaltmak için yeni teknikler geliştirilmesine gereksinim vardır. Özellikle mikrokırılma problemi çözümlenmelidir [4].

Şiddetli tribokimyasal uygulamalarda (yüksek sıcaklık, korozif ortam, vakum, ağır yük, yüksek hız vb.) düşük sürtünme katsayısına sahip katı yağlayıcıların kullanımı tribolojik davranışın iyileştirilmesi için en pratik ve güvenilir yöntemdir. Grafit ve MoSi_2 , en çok bilinen katı yağlayıcılardır. Her iki malzeme de anizotropiktir ve taban (basal) düzlemde kayma gerilmesine karşı direnç diğer yönlere kıyasla daha azdır. Düşük sürtünme katsayıları lamelli yapılarından ve zayıf bağlanmadan kaynaklanmaktadır. Bu durum bu tür yapıda olan malzemelerin hepsinin aynı özellik göstereceği anlamına gelmemektedir. Erdemir ve ark. [5] borik asidin (H_3BO_3) yağlayıcı etkisi olduğunu bulmuşlardır ve düşük sürtünme katsayısını lamellar yapıdan kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. Ancak H_3BO_3 seramiklerin yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanımı için önerilen bir yağlayıcı değildir. Çünkü 170°C üzerinde H_3BO_3 ayrışır ve B_2O_3 'e dönüşür. ~450°C üzerinde B_2O_3 viskozlaşır, tabakalı yapısını ve dolayısıyla yağlayıcı özelliğini kaybeder. Bazı lamelli katı yağlayıcılara ait sürtünme katsayıları Tablo 1'de gösterilmektedir [6].



Tablo 1: Yağlayıcı özellikteki bazı katı malzemelerin sürtünme katsayıları [6]

Malzeme	Sürtünme katsayısı aralığı
MoSi ₂	0.002-0.25
WS ₂	0.01-0.2
h-BN	0.15-0.7
Grafit	0.07-0.5
H ₃ BO ₃	0.02-0.2
GaS, SnSe	0.15-0.25

Grafit, karbon atomları arasındaki kuvvetli kovalent bağ nedeniyle çok yüksek ergime sıcaklığına sahip (~3500°C), düşük ısıl genişleme katsayısı ($1^a - 27^{b*} 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) nedeniyle mükemmel termal şok dayanımı göstermekte ve tabakalı yapısı nedeniyle çok iyi bir yüksek sıcaklık katı yağlayıcısı olarak kullanılmaktadır. Grafitin yapısındaki hegzagonal düzlemler arasındaki bağ enerjisini, taban malzeme ile grafit arasındaki adezyon enerjisinden düşük hale getirmesi için su buharı gereklidir. Su buharı gereksiniminden dolayı grafit vakum ortamında etkili değildir. Grafitin yüksek sıcaklıklarda açık havada katı yağlayıcı olarak uygulanması, 482°C ile sınırlıdır. Daha yüksek sıcaklıklar grafitin oksidasyonuna ve sürtünme katsayısının artmasına neden olur. Bu mükemmel özellikleri yanında grafit tozu diğer ileri teknoloji başlangıç tozlarıyla karşılaştırıldığında oldukça ekonomiktir. SiAlON seramiklerinin termal şok dayanımı ve yüksek sıcaklık tribolojik davranışını iyileştirmek için grafit takviye elemanı ile kompozit yaklaşımı uygun bir yöntemdir. Ancak grafitin ergime sıcaklığı çok yüksek olduğundan tamamen yoğun malzeme eldesi için ekstra itici güce/güçlere ihtiyaç vardır. Spark plazma sinterleme tekniği, nispeten yeni geliştirilen, basınç ve elektrik akımıyla hızlı sinterleşmeye imkan veren bir tekniktir. İlk endüstriyel SPS ekipmanı üreticisi Japonya'daki Sumitomo Heavy Industries'dir (1990) [7]. Spark plazma sinterleme yönteminde, başlangıç tozları grafit kalıba doldurulur ve proses boyunca tek eksenli basınç uygulanır. Bu esnada elektrik akımı tozlardan ve grafit kalıptan geçer. Bu esnada kalıp da ısınarak, numunenin hem içerden hem dışardan ısınması sağlanır. Mekanik basınç ve güçlü ısı transferi nedeniyle difüzyon hızı artar ve tamamen yoğun malzeme üretimine imkan tanır [8].

Gerçekleştirilen çalışmada, SKC karbon firmasının grafit atıkları kullanılarak, SiAlON-grafit kompozitleri SPS tekniği ile üretilmiştir. Sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz ve mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanarak sonuçlar tartışılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

UBE-SN-E10 grade ultra saf α -Si₃N₄ tozu SiAlON kompozisyonunu oluşturmada temel bileşen olarak kullanılmıştır. Çalışmada tasarlanan 75β:25α-SiAlON faz oranlarına ulaşmak için yüksek saflıkta Al₂O₃ ve AlN tozları kullanılmıştır. Mikroyapıyı modifiye etmek ve geçici sıvı faz sinterlemesi sağlamak için CeO₂ ve CaF₂ tozları kullanılmıştır. SiAlON-grafit kompozitleri aksel değirmende hacimce %10, 20 ve 30 grafit tozu içerecek şekilde izopropil alkol ortamında, 300 rpm'de, 90 dakika karıştırma işlemi yapılmıştır. Kompozit karışım çamuru döner kurutucuda kurutulmuş ve 250 µm'lik elekten elenmiştir. Spark plazma sinterleme işlemi 1600°C'de 10 dakika süre ile 50 MPa basınç altında gerçekleştirilmiştir. Sinterleme işlemi sonrasında üretilen numunelerin Arşimed prensibi ile bulk yoğunluk, % açık gözeneklilik miktarları tespit edilmiş, taramalı elektron mikroskobu ile mikroyapı incelemeleri yapılmıştır. Vikers indentasyon tekniği ile 10 kg yük 10 sn süre ile uyulanarak kompozitlerin sertlikleri ölçülmüştür [9]. İndentasyon sonrasında oluşan çatlakların boyları ölçülerek Palmqvist denklemi yardımıyla kırılma tokluğu değerleri hesaplanmıştır [10].

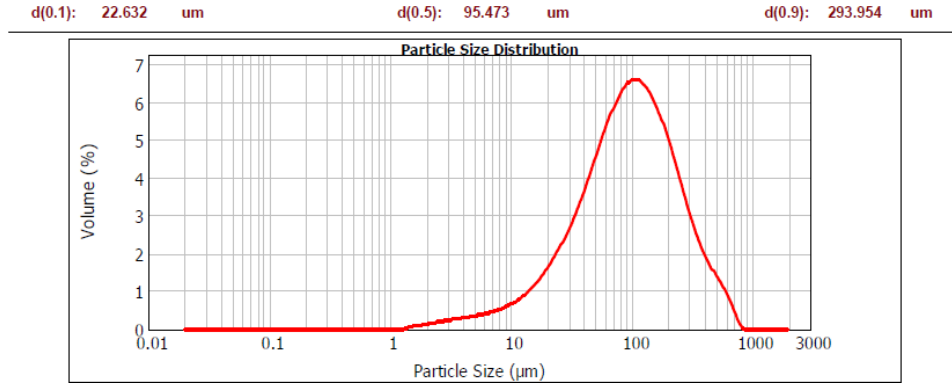
3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen numuneler grafit miktarına bağlı olarak kodlanmıştır. Örneğin, hacimce %20 grafit içeren kompozitin kodu S20G'dir. SPS işlemi yapılmış kompozitlerin Arşimed prensibiyle bulk yoğunluk ve % açık gözeneklilik miktarı hesaplanmıştır (Tablo 2). Grafit içermeyen SiAlON numunenin bulk yoğunluk değeri 3.225 g/cm³ ve açık gözeneklilik miktarı %0.4 olarak hesaplanmıştır. Hacimce %10 grafit fazın ilavesiyle bulk yoğunluk azalarak, gözeneklilik miktarı ~10 kat artarak %4'e ulaşmıştır. İlave edilen grafit tozun partikül boyutu kaba olması nedeniyle (~d50:100 mikron) tamamen yoğun malzeme elde edilememiştir (Şekil 1). Başlangıç grafit tozunun ikincil elektron dedektörü ile alınmış mikroyapı görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. Mikroyapı incelemelerinde grafitin ~20 – 250 mikron arasında değişen partikül boyutunda ve tabakalı yapıda olduğu görülmektedir. Hacimce %20 ve 30 grafit faz ilavesiyle açık gözeneklilik miktarı daha da artarak %13 ve %20 seviyelerine ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin teorik yoğunluk değerleri kompozit karışım kuralına göre hesaplanmıştır [11]. SiAlON numunenin %teorik yoğunluk değeri 99.84 iken grafit faz ilavesiyle %teorik yoğunluk değeri azalmıştır. Grafit faz miktarının artışıyla da %teorik yoğunluk değeri azalmıştır.

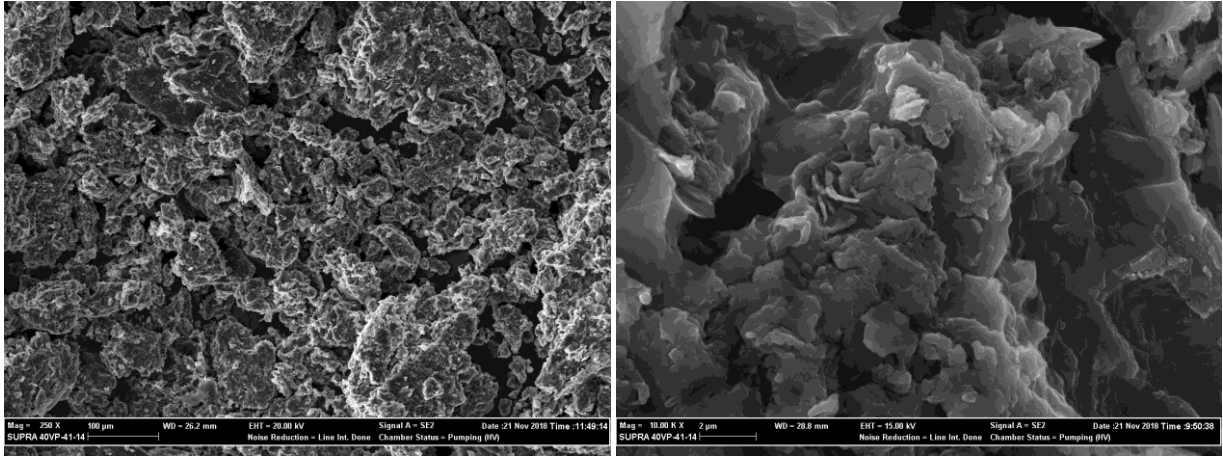
Tablo 2: SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin fiziko-mekanik özellikleri

Numune kodu	Bulk Yoğunluk (g/cm ³)	%Açık gözeneklilik	Teorik Yoğunluk	%Teorik Yoğunluk	HV10 (GPa)	Kıc (MPam ^{1/2})
S00G	3.225	0.40	3.23	99.84	17.59	6.80
S10G	2.800	4.05	2.89	96.88	9.29	5.93
S20G	2.610	13.11	2.82	92.70	-	-
S30G	2.326	19.45	2.72	80.44	-	-





Şekil 1: Çalışmada kullanılan grafit tozunun partikül boyut dağılımı

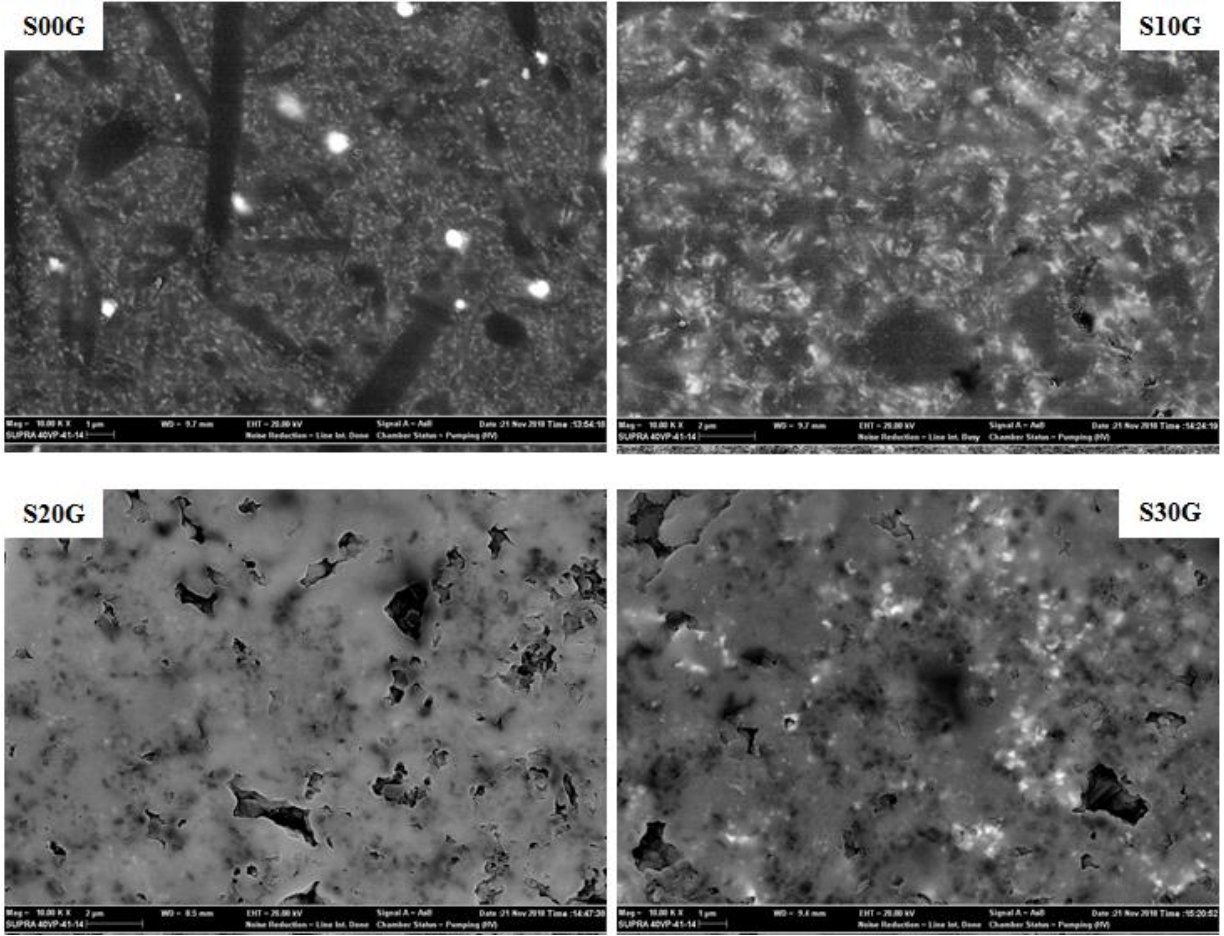


Şekil 2: Grafit tozunun farklı büyütmelerdeki temsili SEM-SE görüntüleri

SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin geri yansıyan elektron dedektörü ile alınmış mikroyapı görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir. SiAlON numunede gözeneklilik çok düşük seviyededir. İğnemsî β -SiAlON tanelerinin aspekt oranı 7-10 arasında olup oldukça yüksektir. Bu durum mikroyapı tasarımında kullanılan CeO_2 - CaF_2 katyon sisteminin çalışmada beklendiği üzere iğnemsî tane gelişimini sağlamasından kaynaklanmaktadır. Genelde SPS tekniğinde düşük sıcaklıklar ve kısa sürede sinterleme yapıldığı için ince taneli mikroyapılar elde edilmektedir. Ancak yapılan kompozisyon tasarımında molce az miktarda sinterleme ilavesi kullanılmasına rağmen iğnemsî mikroyapı gelişimi başarılıdır. S10G numunesinde, hac. %10 grafit ilavesiyle gözeneklilik seviyesi artmıştır. İğnemsî β -SiAlON tanelerinin çapları bir hayli azalmış ve aspekt oranı da azalmıştır. Grafit ilavesinin iğnemsî tane gelişimine olumsuz etkisi olduğu gözlenmiştir. %20 ve 30 grafit ilavesiyle birlikte mikroyapıda yoğun şekilde gözenek oluşumu mevcuttur.

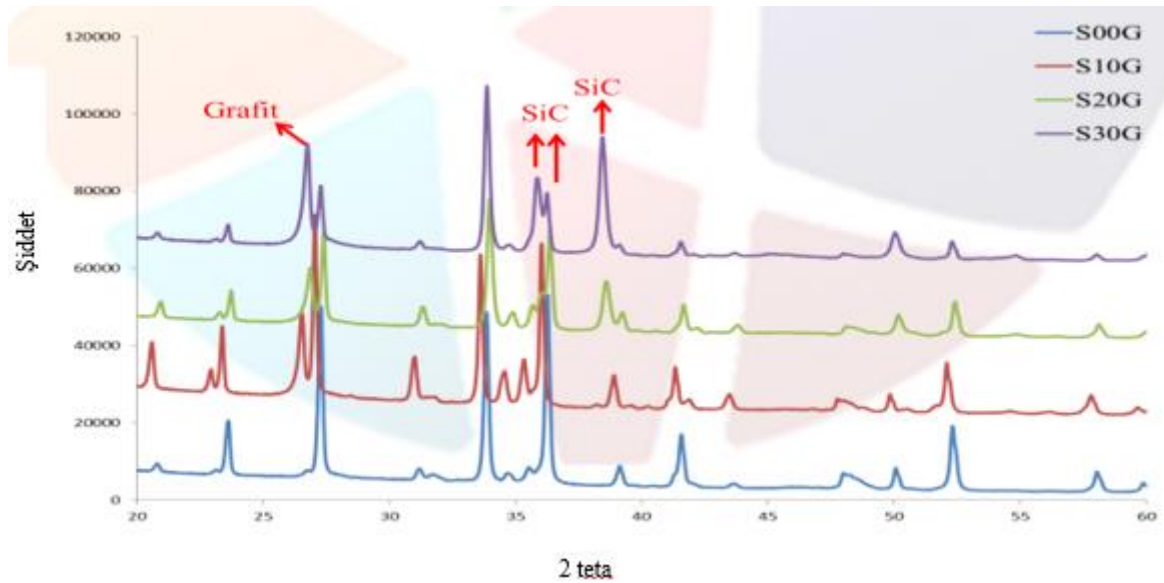
Malzemelerin sertlik ve tokluk değerleri Tablo 3’de verilmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde yüksek miktarda gözenek olduğu için güvenilir sonuçlar elde edilemediğinden tabloda verilmemiştir. SiAlON numunesinin sertlik değeri 17.59 GPa iken, %10 grafit ilavesiyle sertlik değeri önemli ölçüde azalarak 9.29 GPa değerine gelmiştir. Grafitin sertliği zayıf vanderwaals bağları nedeniyle düşük olduğu için %10 grafit ilavesi bile sertliği önemli miktarda etkilemiştir. SiAlON numunenin kırılma tokluğu iğnemsî tane gelişimi nedeniyle 6.8 MPam^{1/2} olarak ölçülmüştür. Grafit ilavesinin iğnemsî β -SiAlON tanelerinin gelişimine olumsuz etkisi olmasına rağmen yapıdaki ince interlock taneler toklaştırmaya katkı sağladığı için kırılma tokluğu değeri az miktarda azalmıştır (5.93 MPam^{1/2}).





Şekil 3: SiAlON ve SiAlON-Grafit kompozitlerin geri yansıyan elektron dedektörü görüntüleri

SiAlON ve SiAlON-grafit kompozitlerin faz analizi XRD spektrumu Şekil 4’de verilmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde SiC faz gelişimi gözlenmiştir. Silisyum atomu karbon atomları ile reaksiyona girerek SiC fazı oluşmuştur. %10 grafit ilavesiyle α -SiAlON faz miktarında artış gözlenmiştir.



Şekil 4: SiAlON ve SiAlON-Grafit kompozitlerin faz gelişimini gösterir XRD spektrumu



3. Sonuçlar

Yapılan çalışmada farklı oranlarda grafit katkılı α/β -SiAlON seramikleri $\text{CaF}_2:\text{CeO}_2$ sinterleme ilaveleri kullanılarak hazırlanmış, SPS tekniği ile 1600°C 'de, 10 dakika, 50 MPa basınç altında sinterlenmiş ve sinterleme sonrası yoğunluk ölçümü, faz, mikroyapı analizi, sertlik ve kırılma tokluğu testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak kullanılan grafit partikül boyutunun (~ 100 mikron) $\sim 100\%$ yoğun kompozit malzeme eldesi için kaba olduğu tespit edilmiştir. Grafit katkı miktarı arttıkça bulk yoğunluk azalmış ve açık gözeneklilik miktarı artmış, sertlik ve kırılma tokluğu değerleri azalmıştır. %10 grafit ilavesiyle α -SiAlON faz miktarında artış gözlenmiştir. S20G ve S30G kodlu kompozitlerde SiC faz gelişimi gözlenmiştir. Silisyum atomu karbon atomları ile reaksiyona girerek SiC fazı oluşmuştur. Çalışmanın devamında grafit tozu öğütülerek 10 mikron'a indirilecek, sinterlenmiş numunelerin triboloji testleri de gerçekleştirilecektir.

4. Kaynakça

- [1] Oyama, Y., & Kamigaito, O. (1971). Solid solubility of some oxides in Si_3N_4 . Japanese Journal of Applied Physics, 10(11), 1637.
- [2] Riley, F. L. (2000). Silicon nitride and related materials. Journal of the American Ceramic Society, 83(2), 245-265.
- [3] Bhushan, B. (2000). Modern tribology handbook, two volume set. CRC press.
- [4] Jahanmir, S. (1994). Friction and wear of ceramics, Marcel Decker Inc, New York.
- [5] Erdemir, A., Erck, R. A., & Robles, J. (1991). Relationship of hertzian contact pressure to friction behavior of self-lubricating boron acid films. Surface and coatings Technology, 49(1-3), 435-438.
- [6] Shi, B. (2004). Tribologic comparison of materials, PhD. Thesis, University of Alaska, A.B.D.,
- [7] <http://blog.bccresearch.com/the-history-of-spark-plasma-sintering-and-other-advanced-sintering-technologies>
- [8] Nygren, M., & Shen, Z. (2004). Spark plasma sintering: possibilities and limitations. In Key Engineering Materials (Vol. 264, pp. 719-724). Trans Tech Publications.
- [9] Acikbas, N. C. (2018). Tribological behavior of α/β -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 38(5), 2279-2288.
- [10] Acikbas, N. C., & Kara, F. (2017). The effect of z value on intergranular phase crystallization of α/β -SiAlON-TiN composites. Journal of the European Ceramic Society, 37(3), 923-930.
- [11] Gibson, R. F. (2016). Principles of composite material mechanics. CRC press.



RECTANGULAR MICROSTRIP PATCH ARRAY ANTENNA DESIGN AT 10 GHZ FOR AEROSPACE APPLICATIONS

Ümit Dilber¹, Kutay Cüneray², Nursel Akçam^{3*}

1,3Gazi University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering

umitdlbr@gmail.com , kutaycuneray@gmail.com , ynursel@gazi.edu.tr

** Corresponding Author*

Abstract

Because of the disadvantages of microstrip patch antennas, they should be used in multiple (array antennas) and different geometric structures in order to be used in long distance communications. Thus, by eliminating the disadvantages, they can be used especially in spacecraft, telemetry and radar applications for satellite and missile systems. In this paper, 2x2, 4x4 and 8x8 array patch antennas that can communicate with long distances are designed and simulated. Moreover, it presents the antenna performance for feeding at different points in the 8x8 array patch antenna design. The patch antenna type used in this paper is rectangular. The design steps of the antennas and their performance are examined in terms of antenna parameters. The center frequency of all antennas is 10 GHz and operate in the X band. The dielectric material used for the designed antennas is Rogers RO4232 (tm), the height of this material is 1 mm and the dielectric constant is 3.2. All designs and simulations are performed in HFSS 12.1 (High Frequency Structural Simulator).

Keywords: *Patch Antenna, Array Antenna, Rectangular Antenna, Antenna Design*

1. Introduction

In recent years, significant improvements have been made in antenna designs thanks to the rapidly development of wireless communication systems. Microstrip antennas are undoubtedly at the beginning of these developments. One of the main reasons for this is to the need for low-profile antennas in wireless communications in satellite, space and air vehicles requiring high performance and mechanically limited facilities and the necessity to meet these requirements with simple, cheap and easy methods with microstrip antennas [1, 2, 3, 4, 5].

Today microstrip array antennas are very popular for high quality long distance communication systems. By array antenna designs eliminate the disadvantages of microstrip antennas in long distance communications. Therefore, microstrip array antenna designs are mostly preferred in radar systems, aircraft, rocket, missile systems especially satellite communication. Antenna

In this paper, the designs and performances of the antenna types is simulated and examined with HFSS program at 10 GHz operating frequency is compared. Tapered lines, which is an corporate feeding method, is preferred while designing array antennas [6].

2. Microstrip Antenna

Patch antennas are very thin and are formed by placing a metallic patch on the ground layer. The patch and ground layer are separated by a relative permeable material (Figure 1). The thickness of the relative permeable material is very small than the wavelength at the operating frequency and its limits are generally between $0.003\lambda_0$ and $0.05\lambda_0$. The height of the relative permeable material h is designed in consider with this condition [2, 6]. The length, L , of the rectangular patch antennas is generally within the boundaries of $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ [3, 6].

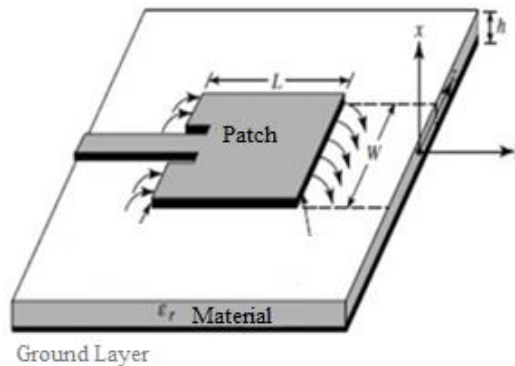


Figure 1: Microstrip antenna structure



3. Microstrip Antenna Design

In microstrip antenna designs, firstly the working frequency (f_0), the thickness (h) of the material to be used and the relative permeability constant (ϵ_r) are determined. A variety of materials in the $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ range can be preferred for microstrip antenna design [7]. Using the basic antenna formulas, as shown in Figure 2, the L patch length, W width, L_i inset feed length, W_i width consist of gaps with input impedance; L_{100} and W_{100} respectively the length and width of the 100Ω input impedance; W_g and L_g respectively the width and length of the ground layer are calculated.

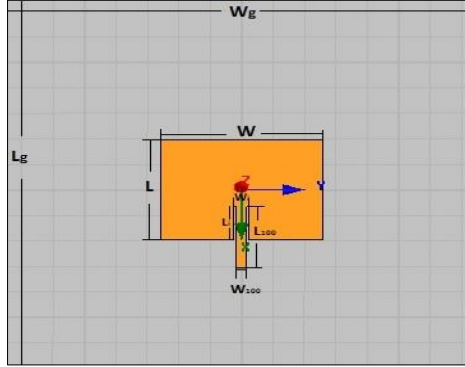


Figure 2: Microstrip single patch antenna

$$W = \frac{1}{2fr\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} = \frac{V_0}{2fr} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

Where f_r the operating frequency, ϵ_0 free space permittivity, μ_0 free space permeability, V_0 free space velocity. If $W/h \geq 1$, the effective dielectric constant (ϵ_{reff}) and the effective patch length (L_{reff}) are calculated as in below [4].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (2)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) + \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.254) + \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (3)$$

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (4)$$

$$R_{in} = \frac{1}{2(G_1 + G_{12})} \quad (5)$$

R_{in} is input impedance before inset feed is occurred in patch. G_1 and G_{12} are mutual conductance.

$$G_1 = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \left[\frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 \sin^3 \theta d\theta \quad (6)$$

$$G_{12} = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \left[\frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta\right)}{\cos \theta} \right]^2 J_0(k_0 L \sin \theta) \sin^3 \theta d\theta \quad (7)$$

$$Z_0 = R_{in} \cos^2\left(\frac{\pi}{L} y_0\right) \quad (8)$$

$$g = \frac{V_0}{\sqrt{2\epsilon_{reff}}} * \frac{4.65 \times 10^{-12}}{f} \quad (9)$$



The width and length of the ground plane of the patch antenna are;

$$L_g = L + 6h \quad \text{and} \quad W_g = W + 6h \quad (10)$$

calculated by above equation [8].

3.1. Simulation Analysis of 2x2 Microstrip Array Antenna

Figure 3 shows 2x2 array antenna design template. The impedance matching on the array antenna is made by combining the 100Ω supply line with the 50Ω joint point. The most ideal 2x2 microstrip array antenna dimensions are given in Table 1. As a result of simulation for 2x2 array, resonance frequency is 10 GHz, bandwidth is 275.1 MHz and return loss is obtained as -38.52 dB.

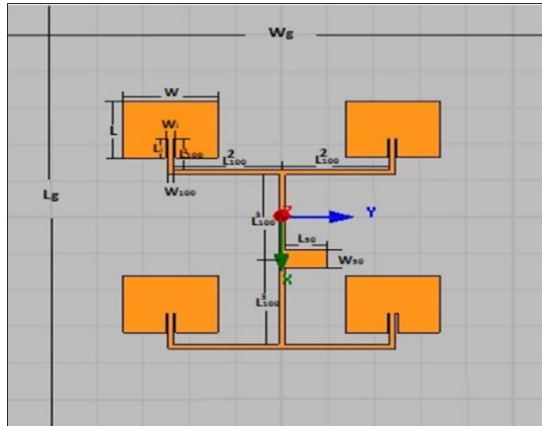


Figure 3: 2x2 microstrip array antenna template

Table 1: 2x2 microstrip array antenna dimensions

Antenna dimensions	İdeal values (mm)
W	10,15
L	7,9
Li	2,65
Wi	0,92
L ¹ ₁₀₀	4,83
W ₁₀₀	0,65
L ² ₁₀₀	12,3
L ³ ₁₀₀	12,3
L ₅₀	4,6
W ₅₀	2,45
W _g	50
L _g	65
d ₁	15
d ₂	17,45

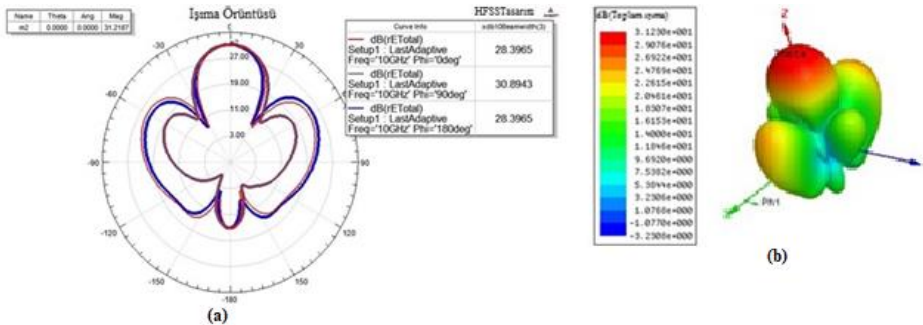


Figure 4: 2x2 array antenna radiation pattern (a) 2D (b) 3D



The radiation pattern of the array antenna obtained according to the ideal 2x2 microstrip array antenna dimensions (Table 1) is given in Figure 4 in 2D and 3D. At $\theta=0^\circ$ (+z direction) maksimum directivity 13,55 dB, gain 13,43 dB and VSWR 1,0240. It is also seen that the maximum radiation power is 31,2 dB, the beam width of horizontal and vertical respectively are 28,39° and 30,89°.

3.2. Simulation Analysis of 4x4 Microstrip Array Antenna

Figure 5 shows 4x4 array antenna design template. The impedance matching on the array antenna is made by combining the 100 Ω supply line with the 50 Ω joint point. The most ideal 4x4 microstrip array antenna dimensions are given in Table 2. As a result of simulation for 4x4 array, resonance frequency 10 GHz, bandwidth 214,9 MHz and return loss is obtained as -25,33 dB.

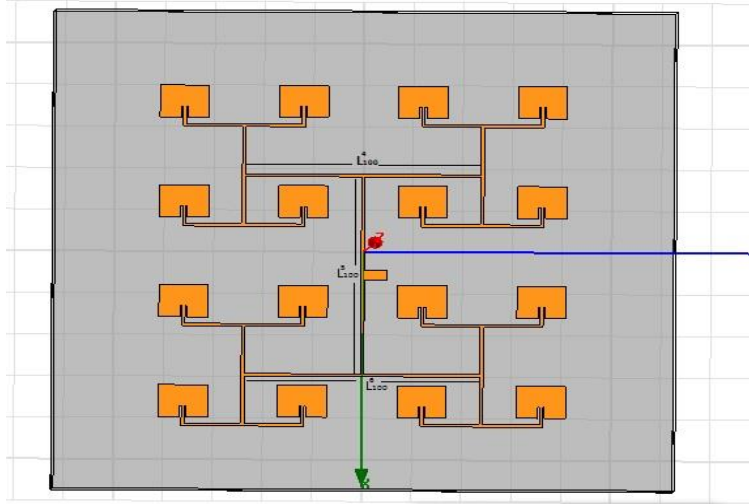


Figure 5: 4x4 microstrip array antenna template

The radiation pattern of the array antenna obtained according to the ideal 4x4 microstrip array antenna dimensions (Table 2) is given in Figure 6 in 2D and 3D. At $\theta=0^\circ$ (+z direction) maksimum directivity 20,28 dB, gain 20,21 dB and VSWR 1,1144. It is also seen that the maximum radiation power 37,98 dB, the beam width of horizontal and vertical respectively are 15,1679° and 17,0281°.

Table 2: 4x4 microstrip array antenna dimensions

Antenna dimensions	İdeal values (mm)
W	9,9
L	7,7
L_i	2,65
W_i	1,35
L_{100}^1	4,83
W_{100}	0,65
L_{100}^2	11,675
L_{100}^3	11,35
L_{100}^4	47,35
L_{100}^5	47,35
L_{100}^6	47,35
L_{50}	4,6
W_{50}	2,45
W_g	115
L_g	125
d_1	14,1
d_2	16,3



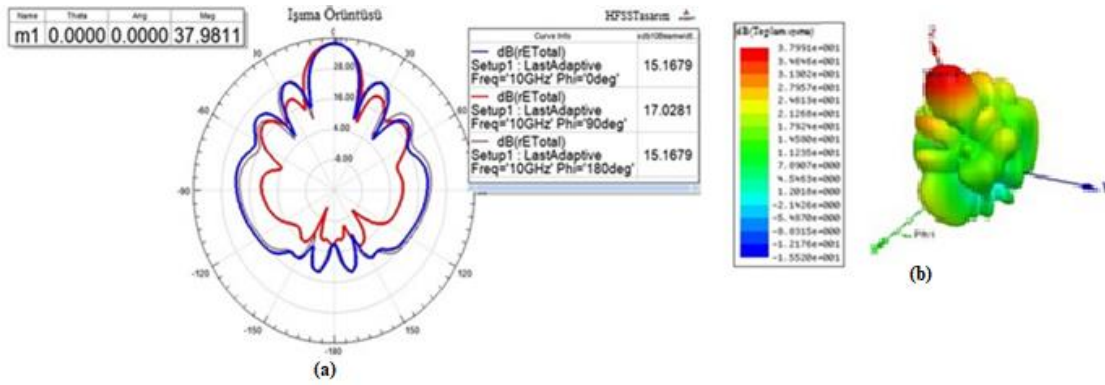


Figure 6: 4x4 array antenna radiation pattern (a) 2D (b) 3D

3.3. Simulation Analysis of 8x8 Microstrip Array Antenna

Figure 7 shows 8x8 array antenna design template. The impedance matching on the array antenna is made by combining the 100Ω supply line with the 50Ω joint point. The most ideal 8x8 microstrip array antenna dimensions are given in Table 3. As a result of simulation for 8x8 array, resonance frequency 10 GHz, bandwidth 218,3 MHz and return loss is obtained as -18,14 dB.

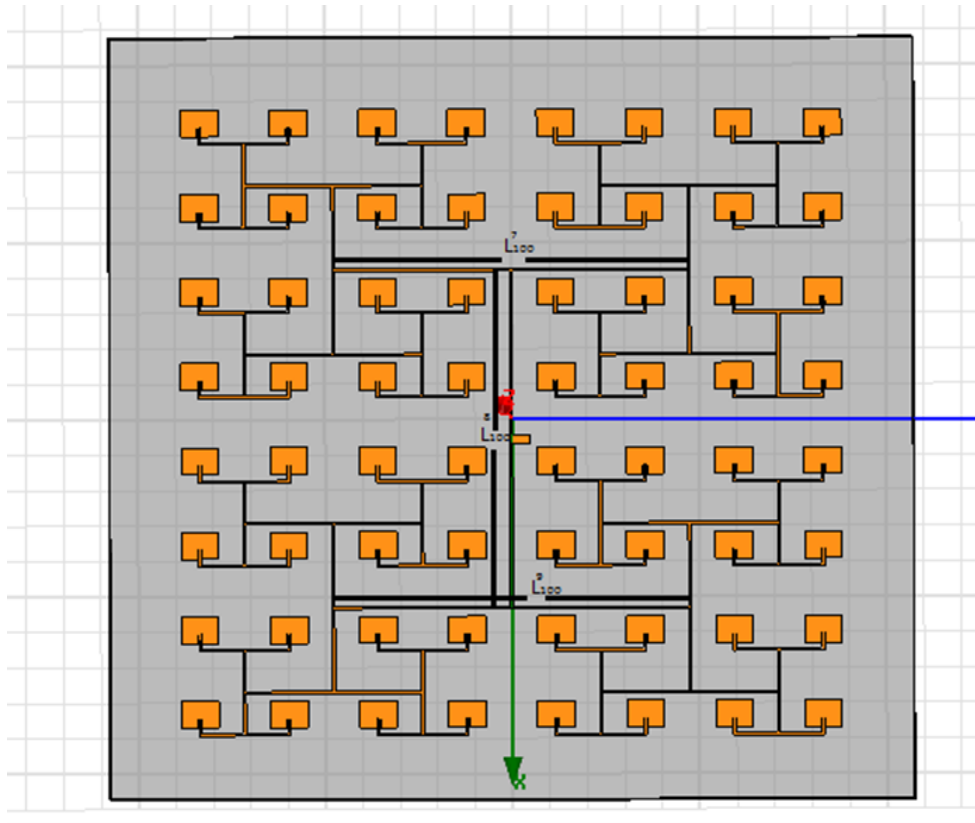


Figure 7: 8x8 Microstrip array antenna template

The radiation pattern of the array antenna obtained according to the ideal 8x8 microstrip array antenna dimensions (Table 3) is given in Figure 8 in 2D and 3D. At $\theta=0^\circ$ (+z direction) maximum directivity 22,83 dB, gain 22,57 dB and VSWR 1,2807. It is also seen that the maximum radiation power 40,28 dB, the beam width of horizontal and vertical respectively are 9,3541° and 9,3613°. In addition, Table 4 is given in order to compare the designed antennas in terms of the important parameters examined.



Table 3: 8x8 microstrip array antenna dimensions

Antenna dimensions	İdeal values (mm)
W	9,5
L	7,64
L _i	2,65
W _i	1,5
L ¹ ₁₀₀	4,83
W ₁₀₀	0,65
L ² ₁₀₀	10,55
L ³ ₁₀₀	10,55
L ⁴ ₁₀₀	42,85
L ⁵ ₁₀₀	42,85
L ⁶ ₁₀₀	42,85
L ⁷ ₁₀₀	86,35
L ⁸ ₁₀₀	86,35
L ⁹ ₁₀₀	86,35
L ₅₀	4,6
W ₅₀	2,67
W _g	185
L _g	205
d ₁	12,25
d ₂	14,11

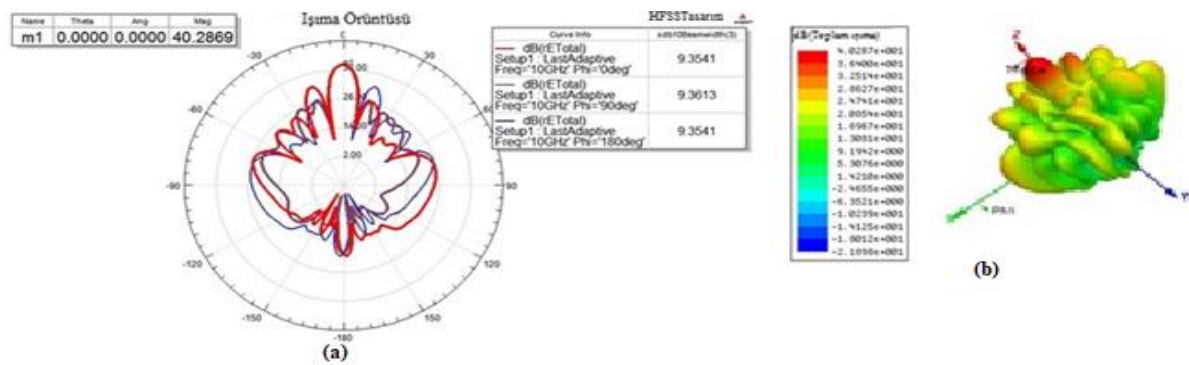


Figure 8: 8x8 array antenna radiation pattern (a) 2D (b) 3D

Table 4: Comparison of designed array antennas parameters

Antenna parameters	2x2	4x4	8x8
Resonance Frequency (GHz)	10	10	10
Return Loss (dB)	-38,52	-25,33	-18,14
Bant Width (MHz)	275,1	214,9	218,3
Gain (dB)	13,43	20,21	22,57
Directivity dB)	13,55	20,28	22,83
VSWR	1,0240	1,1144	1,2807

3.4. 8x8 Microstrip Array Design From Diefferent Feed Points

Figure 9 shows 8x8 array antenna design template. As a result of the designed 8x8 array antenna simulation is fed from different points, resonance frequency is obtained 10 GHz, bandwidth approximately 390 MHz and return loss as -23.31 dB. The radiation pattern of the 8x8 microstrip array antenna is obtained from the simulations for feeding from different points is given in Figure 10 in 2D and 3D.



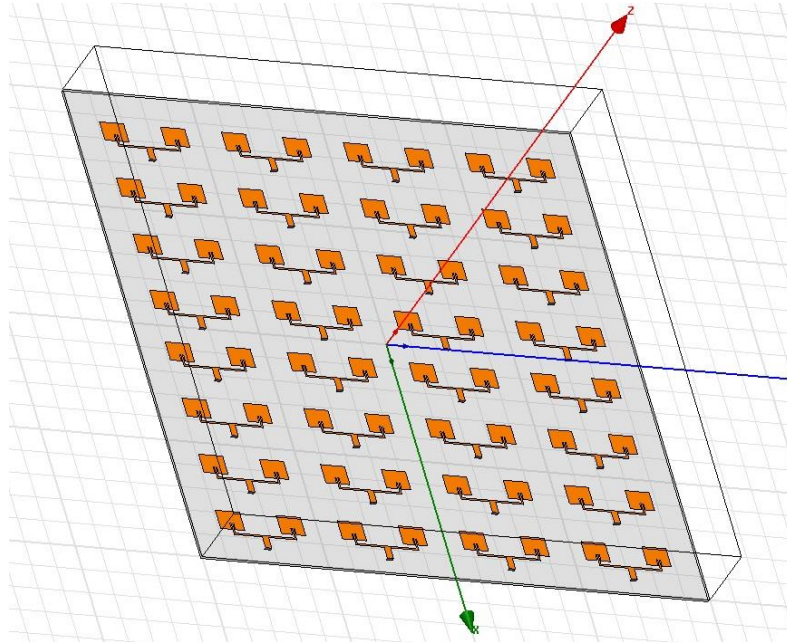


Figure 9: 8x8 microstrip array antenna template

At $\theta=0^\circ$ (+z direction) maksimum directivity 26,62 dB, gain 26,75 dB and VSWR 1,18. 8x8 array antenna fed from different points compared to 8x8 patch array antenna fed from single point; a better performance of approximately 3.8 dB in directivity, 4.18 dB in gain, and 0.10 VSWR. It is also seen that the maximum radiation value is 59.3 dB and the improvement is about 19 dB. Horizontal and vertical the beam width of the antenna respectively are 8,14° and 7,95°. It is seen that the 8x8 array patch antenna obtained by feeding from different point in terms of beam width has much narrower than all other antennas designed.

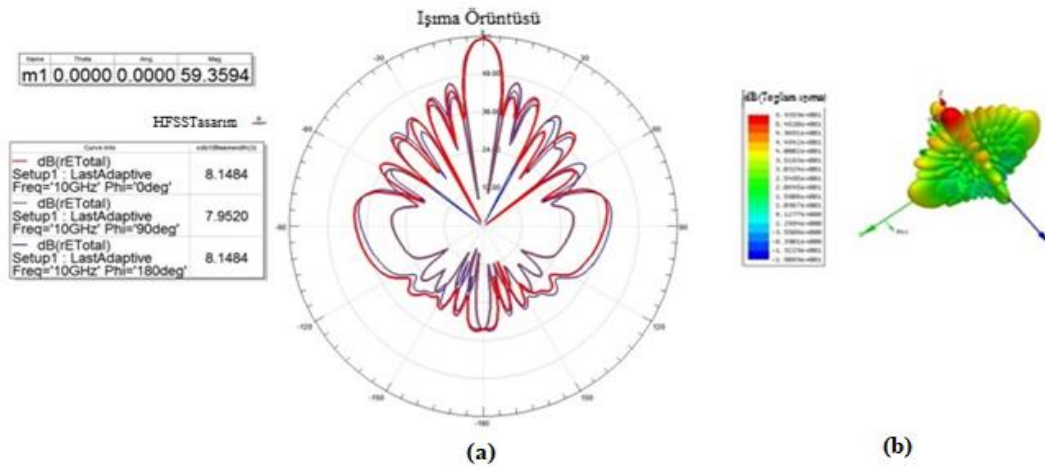


Figure 10: Radiation pattern of the 8x8 array antenna for feeding at different points (a) 2D (b) 3Di

The best 8x8 array patch antenna obtained by different feed point has a larger bandwidth than the best 8x8 array patch antenna obtained by single feed point method. In this paper all designed antennas is met the narrow bandwidth criteria.

It is possible that the distance between the antennas can be more varied in 8x8 array patch antenna designs made by feeding from different points while in all array antenna designed by single feed point, the distance between the antennas is limited due to the width and length of the impedance 50Ω at the feed point. Therefore, feeding at different points allows a wide range of patch array antenna designs.

4. Results

All microstrip array antenna simulation analyzes performed in this paper are performed by using HFSS 12.1. For all designed array antenna, RO4232™ material is used. The dielectric constant of RO4232 material is 3.2 and its thickness is 1 mm. In the simulation results, major antenna parameters such as gain, directivity, return loss, radiation pattern, beam width, bandwidth, VSWR are discussed.



Microstrip array antennas are designed to be used in long distance communication systems at 10 GHz operating frequency in X band. Since the theoretically calculated single microstrip antenna has not show the expected performance, additional simulations are made by changing the antenna dimensions for better results.

As shown in Table 4, good values is obtained in terms of return loss, gain and directivity in array antennas. When the values are examined, the designed 4x4 array antenna has a beter performance of approximately 6.78dB in gain and 6.73 dB in directivity respect to 2x2 array antenna, while the 2x2 array patch antenna performed better in return loss. The best results are obtained in 4x4 array patch antenna when the beam widths are compared. It has been observed that the 4x4 array patch antenna has approximately half the beam widths of the 2x2 array patch antenna both in horizontal and vertical. On the other hand, 8x8 array patch antennas has not provided the expected in return loss and VSWR performance compared to 4x4 array antenna.

It is found that gain and directivity of well designed array antenna increased with increasing number of patch antennas, beam angles decreased and impedance matching is more difficult. In the array antennas, feeding from different points can provide better impedance matching than single feed point.

As a result, it has been understood that the microstrip array antenna designs which is used at 10 GHz resonance frequency for long distance communication have overcome the difficulties of long distance communication. In addition, it has been observed that even a small change in antenna size causes significant changes in antenna parameters. Therefore, this paper shows that the disadvantages of microstrip antennas in long distance communication will be largely eliminated by precision.

5. References

- [1] Flashy, A. and Shanthi, A. V., “Microstrip circular array antenna for radar applications”, *International conference on Information Communication and Embedded Systems*, Cehannai, India, 2014.
- [2] Bhongale, S. R., “Design of Coaxial Feeding Rectangular Microstrip Patch Antenna at 2.45 GHz”, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 3, no. 8, pp. 7245-7246, 2015.
- [3] Sandeep, B. S. and Kashyap, S. S., “Design and Simulation of Microstrip Patch Array Antenna for Wireless Communications at 2.4 GHz”, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol.3, no. 11, pp. 1, 2012.
- [4] Midasala, V. and Siddaiah, P., “Rectangular Patch Antenna Array design at 13 GHz frequency using HFSS”, *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*, Coimbatore, India, 2014.
- [5] Ramadevi, K., Prasad, A. M. and Rani, A. J., “Design of A Pentagon Microstrip Antenna for Radar Altimeter Application”, *International Jornal of Web & Sematic Technology*, Vol 3, no. 4, pp. 32, 2012.
- [6] Balanis, C. A., *Antenna Theory Analysis and Design*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2005.
- [7] Schneider, M., *Microstrip Lines for Microwave Integrated Circuits*, Bell. Syst. Tech. J., 1968.
- [8] Dilber, Ü. and Akçam, N., “Rectangular Patch Array Antenna Design at 10 GHz for Wireless Communication”, *International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2018)*, Ankara, Türkiye, November 22-23, 2018.



OLASI BİR DEPREM SONRASI YARDIM ARAÇLARI İÇİN CBS TEMELLİ ROTALAMA: İSTANBUL İLİ UYGULAMASI

Serpil Erol¹, Feyza Altuntaş²

1 Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü / Ankara, Türkiye

serpiler@gazi.edu.tr

2 KHO, Savunma Bilimleri Enstitüsü, / Harekat Araştırması Ankara, Türkiye

faltuntas_2003@yahoo.com

Özet

Dünyadaki felaketleri önlemek pek mümkün olmamakla birlikte, önlem olarak felaketlerin etkilerini azaltmak mümkündür. Depremler, ekonomik ve sosyal kayıpları bakımından en yıkıcı felaketlerdir. Can kaybı, yaralanma, fizyolojik problemler, mülk kaybı, bina ve yollarda meydana gelen hasarlar depremlerin ana sonuçlarıdır. Tüm dünyada depremlerden sonra yardıma ihtiyacı olan binlerce insan bulunmaktadır. Birçok insanın hayatı zamana bağlıdır ve eğer kurtarma ekipleri deprem bölgelerine en kısa sürede ulaşırsa, yıkılan bina altında bekleyen birçok insanın hayatı kurtarılabilir. Depremden zarar gören talep noktalarına en kısa sürede ulaşmak felaketlerde hayati öneme sahiptir. Bu nedenle en hızlı rotaların kullanılması gerekir. Muhtemel bir depremden sonra yardım araçları için en uygun yolları bulurken, depremin karayolları, otoyollar, köprüler, viyadükler ve tüneller üzerindeki zararını da göz önünde bulundurarak araçların hem mesafesine hem de hızına odaklanılmalıdır.

Bu çalışmada, en kısa sürede talep noktalarına ulaşmak için bir depremden sonra en uygun rotaları bulmaya odaklanılmıştır. Muhtemel bir depremden sonra Lojistik depolar ve talep noktaları arasındaki en uygun yolları bulmak için altı adımlı bir metodoloji önerilmiştir. Öncelikle her yol bölümünün uzunluğu ve hayatta kalma oranları hesaplanmış ve her yol bölümü için yardım aracının hızı tahmin edilmiştir. Sonra ArcGIS yazılımı kullanılarak deprem sonrası her yol segmentindeki seyahat süresine göre depolar ve talep noktaları arasındaki en uygun yollar (depremden önceki en uygun yollardan farklı olan) bulunmuştur. Uygulama örneği olarak İstanbul ili seçilmiştir. Türkiye nüfusunun yüzde 18'ini oluşturan 15 milyon insan İstanbul'da yaklaşık 1250000 binada yaşamaktadır. İstanbul Kuzey Anadolu Fay Hattı'na çok yakın olduğu için olası bir deprem olasılığı da çok yüksektir. İstanbul'daki bir depremden sonra, binlerce insanın öleceği, belki milyonlarca insanın evsiz kalacağı ve 50 milyar doların üzerinde ekonomik kayıp olacağı tahmin edilmektedir. İstanbul için 30 yıllık büyük bir deprem olasılığı, İstanbul Deprem Master Planı'na göre %62'dir. Çalışma ile önerilen metodoloji Halkalı lojistik deposu ile farklı talep noktaları arasında en uygun yolları bulmak için kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ArcGIS, Acil İnsani Lojistik Yönetimi, Rota Optimizasyonu

1. Giriş

Afet, toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar olarak tanımlanmaktadır. Acil durum ise; toplumun tamamının veya belli kesimlerinin normal hayat ve faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan ve acil müdahaleyi gerektiren olayları ve bu olayların oluşturduğu kriz halini ifade etmektedir (URL1).

Afet ve acil durumlar çok farklı biçimlerde ortaya çıkmalarına rağmen ortak özellikleri söz konusudur. Yaşam kaynaklarına ve altyapıya zarar vermeleri, aniden meydana gelmeleri, meydana geldikleri yerde nüfusun büyük bir kısmını etkilemeleri, can ve mal kaybına neden olmaları ve ilk anlarda organize müdahale ile engellenemeleri bunlar arasındadır (AFAD, 2011).

Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi gerekmektedir. Bunun için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkân ve kaynaklarının belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü bir yönetim süreci ön plana çıkmaktadır. Afet olmadan, afetlerin öncesinde yapılacak çalışmalar, afet sonrasında yaşanacak kayıpları azaltmanın bir yoludur. Afetleri önlemek mümkün değildir, ancak alınacak önlemlerle zararlarını en aza indirmek mümkün olacaktır (Altuntaş, 2018).

Afet ve acil durum lojistiği, insanları, kaynakları, yetenek ve bilgiyi, afetlerden etkilenmiş afetzedelere yardım etmek için etkin bir şekilde mobilize edebilen süreçler ve sistemlerden oluşur (Kadioğlu, 2011). Afet lojistiği aşamaları;

- Afet öncesi hazırlık
- Afet müdahale süreci
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler olmak üzere 3 kısımda değerlendirilebilir (Pektaş, 2012).

Dünya üzerinde birçok farklı ülkede doğal afetler meydana gelmektedir. Doğal afetler ülke ekonomisine zararları olması nedeniyle ve dolayısıyla insanlar üzerinde de psikolojik ve sosyal açıdan olumsuz etkilere neden olmaktadır. Afetler bir toplumun karşı karşıya kaldığı olağanüstü durum ve haller arasında tahmin edilme güçlükleri, etki büyüklükleri, diğer tehlikeli olayları tetikleyebilme



potansiyelleri ile coğrafyamızda oluşma sıklıkları gibi kriterler açısından değerlendirildiğinde en geniş kapsamlı, en uzun süreli ve en zarar verici olanlarıdır (Altuntaş, 2018).

Ülkemizde ise en sık görülen doğal afetler iklimik kökenli olup, en şiddetlileri ise başta deprem olmak üzere jeolojik afetlerdir. Ülkemiz, özellikle deprem konusunda çok acılar yaşamış bir ülkedir. 1939 yılında Erzincan'da meydana gelen 7,9 şiddetindeki depremde 32968 vatandaşımız hayatını yitirmiştir. Daha yakın tarihe baktığımızda ise 1999 da meydana gelen Ağustos ve Kasım depremlerinde neredeyse tüm Marmara bölgesi etkilenmiş, çok sayıda insanımız hayatını kaybetmiş, evsiz kalmıştır. Ülkemizde yaklaşık on yılda bir yıkıcı deprem olmuştur. İstatistiklere göre 1999 Marmara depremi hariç, son 60 yılda Türkiye'de meydana gelen can ve mal kaybının % 65'ine depremler neden olmuştur (Tanyaş vd, 2013). Ülkemizde 1999 ile 2018 yılları arasında meydana gelen fazla hasara yol açan doğal afetler Tablo 1'de görülmektedir (Koçkan, 2015).

Tablo 1: Türkiye'de 1999 ile 2018 yılları arasında meydana gelen fazla hasarlı afetler

No	Yer	Tarih	Afetin Türü	Açıklamalar
1	İzmit Körfezi	1999	Deprem	17.480 ölü, 43.953 yaralı.
2	Düzce	1999	Deprem	763 ölü, 4.948 yaralı.
3	Afyon/Sultandağı	2002	Deprem	42 ölü, 327 yaralı.
4	Bingöl	2003	Deprem	177 ölü, 520 yaralı.
5	İstanbul ve Tekirdağ	2009	Sel	31 ölü, çok sayıda evi su bastı.
6	Rize	2010	Sel-Heyelan	12 ölü, 1 kayıp.
7	Van	2011	Deprem	644 ölü, 1966 yaralı.
8	Samsun	2012	Sel	9 ölü, 1 kayıp.
9	Hatay/Dörtyol	2013	Sel	5 ölü, 12 yaralı.
10	Manisa/Soma	2014	Maden Kazası	301 ölü, 486 kurtarıldı.
11	Karaman/Ermenek	2014	Su Baskını	18 ölü.
12	Artvin	2015	Sel-Heyelan	8 ölü, 19 yaralı, 3 kayıp
13	Trabzon	2015	Çığ	5 ölü
14	Elazığ	2016	Çığ	3 ölü
15	Artvin, Ordu ve Rize	2016	Sel-Heyelan	11 ölü, 8 yaralı, 4 kayıp
16	K.Maraş ve Mersin	2018	Sel	6 ölü

Bu bağlamda, Türkiye'de afet denilince akla genelde deprem gelmekte ve alınan önlemler bu kapsamda olmaktadır. Marmara bölgesinde Kocaeli ve Düzce'de meydana gelen şiddetli depremler, ülkenin 20. yüzyılda yaşadığı en büyük tabii afetler olmuş ve afet yönetimi açısından adeta yeni bir takvim başlangıcı teşkil etmişlerdir (JICA, 2004). Afet sonrası afetzedelere zamanında ulaşım afet öncesi alınacak tedbirler kadar önemlidir. Bu gereklilik otoriteleri, acil yardım ekipleri ve yardım malzemesi taşıyan araçlar için deprem sonrası zamanca en uygun güzergâhı bulmaya yönelik çalışmalara zorlamıştır.

Deprem sonrası yardım malzemesi taşıyan araçların hızını dolayısıyla ulaşım süresini etkileyecek (yol genişliği, trafik yoğunluğu, hız limiti gibi) kriterler söz konusudur. Bu çalışmada ulaşım süresi üzerinde etkili olduğu düşünülen depremle ilgili literatürde genel olarak kullanılan kriterlerden yolun hasar durumu kriterinin araçların hızı üzerindeki etkileri araştırılmış ve bu etkiler dikkate alınarak araçlar için zamana göre uygun güzergâhlar bulunmuştur (Altuntaş, 2018).

2. Literatür Araştırması

Afet operasyonları, afet öncesi ve sonrasında yapılanlar olarak sınıflandırılabilir. Kısa sürede afet yerinin boşaltılması, tesis yerleşimi, stokların yeniden konumlandırılması afet öncesi operasyonlar olarak nitelendirilebilir. Yardımların dağıtılması, ölü ve yaralıların taşınması ise afet sonrası operasyonlardır. Bu operasyonlara göre, literatürde yapılan çalışmalar tesis yerleşimi, yardımların dağıtılması ve ölü-yaralıların taşınması olarak üç bölüme ayrılmaktadır.

Aynı zamanda literatürde bir çok makalede rota planlama afet anında acil yardım ekiplerinden yada lojistik depolardan talep noktalarına en kısa yolların bulunması şeklinde düşünülmüştür. En kısa yollar yolun uzunluğuna göre bulunmaktadır. Fakat acil bir durumda rota bulmada mesela itfaiyeciler için rota bulma durumunda temel sorun karmaşık acil durum koşulları altında bir yerden en kısa sürede



kaza yerine nasıl gidileceğidir (Yang ve Li, 2010). Su vd. (2011) afete müdahale yolunun seçilmesi probleminde en kısa ve en güvenli yolu bulmak için Q-öğrenme algoritmasına dayanan Markov karar süreci olan bir model önermişlerdir. Afet sonrası zaman kriteri talep noktalarına giden uygun yolu bulmada ilk kriter olarak düşünülmelidir. Shashikiran vd. (2011) çalışmalarında trafik oranı, araçların hızı veya mesafeye dayalı olarak kaynak ve talep noktası arasındaki rotaları bulmak için Kruskal'ın Algoritmasını kullanan, Trafik sorumlusu tarafından verilen güncel trafik bilgilerine dayalı olarak bir kısa yol tarif eden Dinamik Araç Navigasyon Sistemi tanımlamışlardır.

Umitsu ve Fushimi (2006) çalışmalarında depremden zarar gören yollar, binalar ve evleri de göz önünde bulundurarak yaralı insanları depremden zarar gören bu bölgelerden hastanelere en kısa sürede götürecek yolların bulunmasını amaçlamışlardır. Yuan ve Wang (2009), Acil Lojistik Yönetiminde güzergah seçimi için felaket anında şebekedeki sadece toplam zamanı minimize eden tek amaç fonksiyonlu ve zamanı minimize etme yanında kaos, panik ve karışıklık gibi gerçek faktörleri de düşünerek güzergahtaki bu karmaşıklıkta da minimize eden çok amaç fonksiyonlu olmak üzere iki matematiksel model önermişlerdir.

Yine Viswanath ve Peeta (2003), çalışmalarında deprem sonrasında kaynak ve varış noktaları arasındaki rotalardan en kısa zamanda daha fazla insana ulaşmayı sağlayan, kritik rotaları belirleyen çok amaçlı bir şebeke tasarım modeli önermişler. Elalouf (2012) acil yardım araçlarının rotalarının belirlenmesinde gerçek zamanlı seyahat bilgilerini (trafik koşulları) de kullanarak gerçek zamanlı bir acil müdahale sistemi geliştirmeyi amaçlamıştır.

Son çalışmalarda GIS web servisleri ve AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) yaklaşımı afet yönetim sisteminin tasarımı için kullanılmakta böylece mekânsal veriler kullanıcı tarayıcısına etkili şekilde yüklenerek zaman minimize edilebilmektedir (Raj ve Sasipraba, 2010). Chandio vd. (2006) yol planlaması için rota yardımcı sistem modüler yapısını tanımlamışlardır. Son zamanlarda geliştirilen GIS tabanlı gelişmiş traveler bilgi sistemleri (ATIS) de kolay kullanıma imkân veren bir grafik ara yüze sahiptir (Kumar ve Reedy, 2005).

Herhangi bir afet sonrası bölgeye yardım sağlanması, insanlara yardım edilmesi, yardım malzemelerinin ulaştırılması için kaza yerine en kısa sürede ulaşılması çok önemlidir. İki nokta arasındaki bir yolu bulmak için ya en az mesafeli en kısa yol yada en az seyahat süreli optimal yol seçilir. Fakat felaket durumlarında en kısa yol seyahat süresinde gecikmelere neden olan tüm faktörler nedeniyle süreyi minimize etmeyi garanti etmeyeceğinden az seyahat süreli optimal yol en kısa yola tercih edilecektir (Mali vd., 2012). Afet Müdahale Yönetimi alanında, uygun kurtarma yolunun seçimi hayat kurtarma ve afetlerin zararlarını geciktirmede önemli bir yer edinmektedir (Su vd., 2011).

Literatürde İstanbul ili ile ilgili yapılan çalışmalar da incelenmiş olup daha çok acil lojistik yardım merkezlerinin yerinin belirlenmesi, meydana gelen depremler sonrası oluşan zararların incelenerek yapısal ve mühendislik olarak ne tür tedbirlerin alınması gerektiği, olası bir afet riski altında verilen bir ulaştırma şebekesinin güvenilirliğini ve afet sonrası performansını hesaplayan ve İstanbul'da deprem riskinin analizi ve depreme ait zararların hafifletilmesini amaçlayan konularda çalışıldığı görülmüştür. (Altuntaş, 2018)

Olası bir deprem sonrası depremden zarar gören talep noktalarına en kısa sürede ulaşmak felaketlerde hayati öneme sahiptir. Bu nedenle en hızlı rotaların kullanılması gerekir. Muhtemel bir depremden sonra yardım araçları için en uygun yolları bulurken, depremin karayolları, otoyollar, köprüler, viyadükler ve tüneller üzerindeki zararını da göz önünde bulundurarak araçların hem mesafesine hem de hızına odaklanılmalıdır. Bu kapsamda çalışmada olası bir deprem sonrası en uygun yolları bulmak için yolların hasar durumunun araçların hızı üzerindeki etkisini de dikkate alan altı adımlı bir metodoloji önerilmiş ve Halkalı lojistik deposu ile farklı talep noktaları arasında en uygun yolları bulmak için kullanılmıştır.

3. Metodoloji

Öncelikle her yol bölümünün uzunluğu ve hayatta kalma oranları hesaplanmış ve her yol bölümü için yardım aracının hızı tahmin edilmiştir. Sonra ArcGIS yazılımı kullanılarak deprem sonrası her yol segmentindeki seyahat süresine göre depolar ve talep noktaları arasındaki en uygun yollar (depremden önceki en uygun yollardan farklı olan) bulunmuştur. Önerilen metodoloji aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

3.1. Yol Dilimi Uzunluklarının Hesaplanması

Yol ağındaki yol dilimlerinin uzunlukları ArcGIS yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Öncelikle çalışmada kullanılacak İstanbul iline ait en güncel yol şebekesi verileri Başarsoft navigasyon şirketinden alınarak kullanılmıştır.

3.2. Yol Dilimleri İçin Araç Ortalama Hızlarının Belirlenmesi

Türkiye Karayollarında uygulanan yasal hız limitleri incelenmiştir. Yasal hız limitleri Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yolun tipi, aracın modeli ve aracın kullanım amacına göre belirlenmiştir. Hız sınırı belirlemede farklı ülkelerde çeşitli temel dayanaklara göre yolun fonksiyonel sınıflandırması, konumu, yolun tasarımsal özellikleri gibi çeşitli gerekli verilere dayalı olarak farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Türkiye'de ise yasal hız sınırları kamyonlar için yerleşim yerleri içinde 50 km/s, şehirlerarası çift yönlü karayollarında 80 km/s, bölünmüş yollarda 85 km/s ve otoyollarda saatte 90 km/s olarak belirlenmiştir (URL2).

Hız ile ilgili yapılan çalışmada aynı zamanda Kanada'nın yol sınıflaması ve arazi kullanımına göre belirlemiş olduğu temel hızlar da incelenmiş ve tüm yol sınıfları ve arazi sınıfına (kentsel ya da kırsal) göre tek şeritli yollardaki hız sınırının iki ya da daha fazla şeritli yollardaki hız sınırından sadece saatte 10 km daha az olduğu görülmüştür (Forbes, 2012). Bu bağlamda bu çalışmada da bu bilgiden yararlanılmış ve İstanbul yol verisindeki tek şeritli yollarda hız sınırının iki ya da daha fazla şeritli yollardaki yasal hız sınırından 10 km/s daha az alınarak oluşturulabileceği değerlendirilmiştir. Yol tipleri ve yol tipleri üzerindeki yasal hız limitleri ve araçların yollarda bulunan şerit sayısına göre belirlenen ortalama hızları Tablo 2'de verilmiştir.



Tablo 2: Yol tipleri, yasal hız sınırları ve şerit sayılarına göre yardım malzemesi taşıyan araçların ortalama hızları

Yol Tipi	Yasal Hız Sınırları (km/s)	Şerit Sayısına Göre Araçların Hızı (km/s)					
		1	2	3	4	5	6
Ana Arter	85	75	85		85		
Bulvar	50	40	50	50	50		
Devlet Yolu	85	75		85	85		
Köy Yolu	70	60		70	70		
Cadde	50	40	50	50	50		
Otoyol	90			90	90	90	90
Otoyol Bağlantısı	90	80		90	90		
Sokak	50	40		50	50		
İç Yol	80	70		80	80		
İl Yolu	80			80	80		

3.3. Deprem Öncesi Ulaşım Süresinin Hesaplanması

Yol dilimlerinin uzunlukları ve araçların hız verileri kullanılarak olası bir deprem öncesi araçların her yol dilimine ait ulaşım süreleri hesaplanmıştır.

3.4. Yolların Hasar Görme Oranlarının Hesaplanması

Muhtemel bir deprem sonrası yollarda oluşacak hasar durumu ulaşım süresini etkileyecek önemli bir kriterdir. Salman ve Yücel'in, İstanbul ilinde yaptıkları çalışmada yol dilimlerine ait hayatta kalabilme oranları yol ağı üzerindeki her (i,j) yol dilimi için hayatta kalma olasılığı (p_{ij}) yâda hasar görme riski ($1-p_{ij}$), yol diliminin nerede konumlu olduğuna bağlı olan sismik bölge faktörü (β_{ij}), deprem merkezine olan uzaklığı (r_j) ve depremin şiddeti (μ) olmak üzere üç değişkene bağlı olarak hesaplanmıştır.

Bu kapsamda yolların hayatta kalma olasılıkları (1) numaralı denklem ile hesaplanmıştır. (Salman ve Yücel, 2015).

$$p_{ij} = 1 - \beta_{ij} * PGA_{ij} \quad (1)$$

En yüksek zemin ivmesi şeklinde tanımlanan PGA_{ij} (2) numaralı denklem ile hesaplanmıştır. Verilen bu azalım ilişkisinde PGA , deprem merkezine olan uzaklığın azalan, deprem şiddetinin de artan bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.

$$PGA_{ij} = (\alpha * e^{0.8\mu}) / (r_j + 40)^2 \quad (2)$$

Çalışmada öncelikle yolun hasar görme oranını etkileyen bu değişkenler hesaplanıp sisteme girilmiştir. Bunlardan ilki yolların deprem merkezine mesafesi olan r_j olup KAF (Kuzey Anadolu Fay) hattı üzerinde alınan bir noktasal deprem merkezine her 1 km arayla mesafede bulunan yollar ArcGIS programı aracılığıyla belirlenmiştir. İkincisi en yüksek zemin ivmesi olarak tanımlanan PGA değeridir. Deprem tehlikesi belirlemesinde, en önemli dinamik parametreyi depremin ivmesi teşkil etmektedir. PGA değeri Denklem 2 ile hesaplanmıştır. Üçüncüsü yol diliminin nerede konumlu olduğuna bağlı olan sismik bölge faktörüdür. JICA raporunda İstanbul, en kötü senaryo Model C dikkate alındığında beklenen bir depremin sismik yoğunluk durumuna göre dört bölgeye ayrılmıştır. Sismik bölge faktörleri $f_1=0.95$, $f_2=0.85$, $f_3=0.75$ ve $f_4=0.65$ olarak ifade edilmekte ve olası bir deprem sonrası bölgenin hasar görme riskini göstermektedir. Bu bağlamda bu çalışmada sismik bölge faktörleri β_j 'ler f_1 , f_2 , f_3 ve f_4 ile ilişkilendirilerek sisteme girilmiştir. Son olarak hesaplanan bu değişkenler yardımıyla her yol diliminin hasar görme oranı Denklem 1 ile hesaplanmıştır.

3.5. Deprem Sonrası Ulaşım Sürelerinin Hesaplanması

Üçüncü adımda hesaplanan her yol dilimine ait deprem öncesi ulaşım sürelerinin, beşinci adımda hesaplanan hasar görme oranlarıyla orantılı olarak artırılmasıyla deprem sonrası ulaşım süreleri hesaplanmıştır.

3.6. En Uygun Yolların Bulunması

Son olarak elde edilen ve hesaplanan tüm veriler Network analizi yapabilmek için ArcGIS programına girilmiş, Network veri tabanı oluşturulmuş, belirlenen depo ve talep noktaları arasında uygun rotalar tespit edilmiştir.

4. İstanbul İli Uygulaması

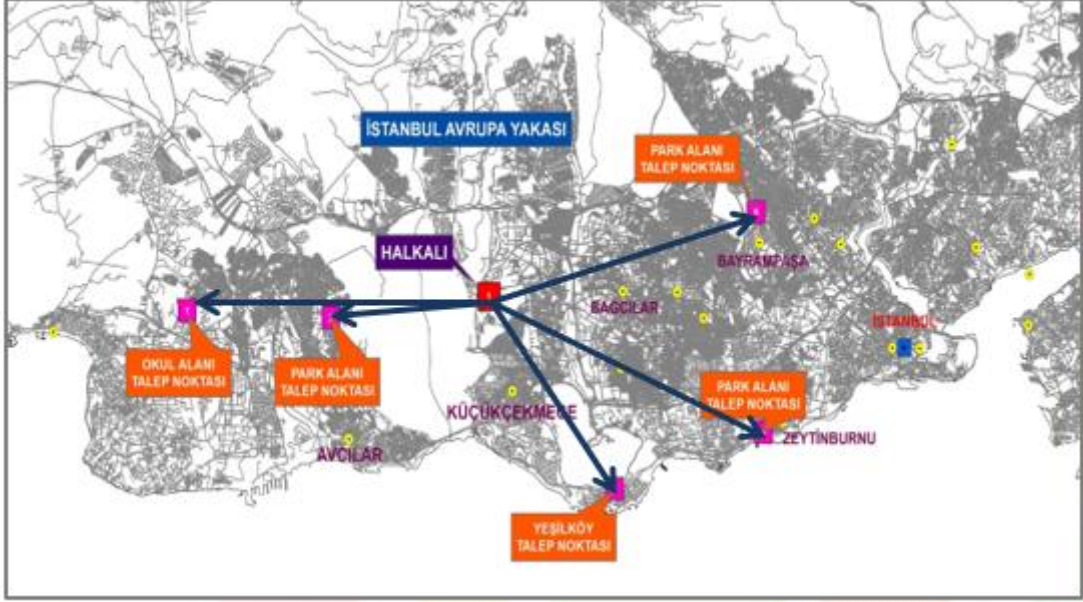
4.1. Uygulama Alanının Belirlenmesi

Kuzey Anadolu Fay Hattına (KAFH) yakın konumu nedeni ile yüksek deprem riski taşıyan İstanbul'da yaşanabilecek bir depremin yüksek sayıda can kayıpları ve yaralanmalara, 50 milyar doların üzerinde ekonomik zarara, iletişim sistemleri hizmetlerinin kesintiye uğramasına, hastanelerdeki hizmetin ve eğitimin aksamasına, kültürel varlıkların zarar görmesine ve altyapı sistemlerinden



kaynaklanabilecek ikincil risklerin oluşmasına sebep olabileceği; başka bir deyişle kentin sadece kendisini değil, ekonomik olarak bütün ülkeyi etkileyeceği, kent için hazırlanan afet planlarında yer almaktadır (URL3).

Bu bağlamda çalışmada metodolojinin uygulaması olarak, İstanbul'un Avrupa Yakası Marmara kıyısına yakın ve birinci derece deprem riskine sahip, nüfusun fazla olduğu ve 1999 depremi sonrası yüksek hasarlı bina sayısının fazla olduğu ilçelerde seçilen farklı noktalar talep bölgesi olarak belirlenmiştir. Öte yandan bu bölgede acil yardımların ulaştırılması için Halkalı Lojistik deposu kullanılmıştır. Lojistik Depo ve yardım malzemelerinin ulaştırılacağı beş ayrı belirlenen talep noktasının yerleri Şekil 1' de gösterilmiştir.

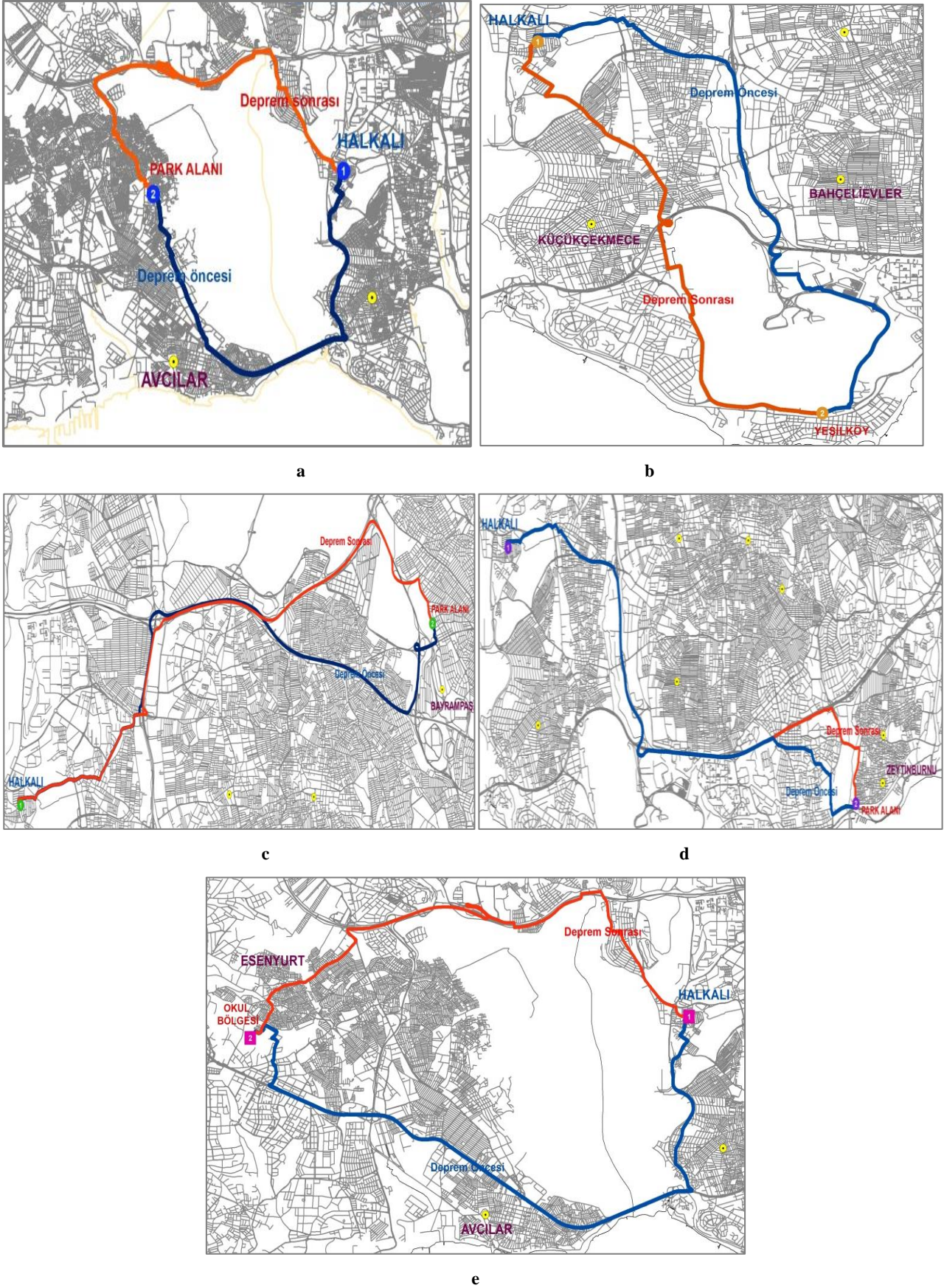


Şekil 1: Depo ve talep noktası yerleri

4.2. Deprem Sonrası En Uygun Yolların Bulunması

Halkalı Lojistik Deposu ve 5 farklı talep noktası arasındaki en uygun yolları bulmak için 6 adımdan oluşan, çalışmada önerilen metodoloji uygulanmış ve KAF hattında 7,4 şiddetinde meydana gelebilecek bir deprem durumunda araçların deprem öncesi ulaşım süreleri ve deprem sonrası (yolların hasar görme durumunun da dikkate alındığı) ulaşım sürelerine göre takip edecekleri en uygun rotalar Şekil 2'de gösterilmiştir.





Şekil 2: Deprem Öncesi ve Deprem Sonrası En Uygun Yollar



Beş farklı talep noktası için deprem öncesi ve deprem sonrası zamana göre bulunan en uygun rotalardaki ulaşım süreleri ve rotaların uzunlukları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Deprem Öncesi (DÖ) ve Deprem Sonrası Rotalar (DS)

Talep Noktaları	En Uygun Rotalar	Rota Uzunluğu (m)	Ulaşım Süresi DÖ (sn)	Ulaşım Süresi DS (sn)
Park Alanı (a)	Rota-DÖ	15980.84	988.96	1096.37
	Rota-DS	16656.93	993.69	1087.68
Toplanma Alanı (b)	Rota-DÖ	13611.33	806.08	912.51
	Rota-DS	11672.55	808.06	911.27
Park Alanı (c)	Rota-DÖ	15115.06	757.40	842.12
	Rota-DS	14728.94	758.56	841.96
Park Alanı (d)	Rota-DÖ	15973.95	891.47	1012.42
	Rota-DS	16662.55	891.59	1012.02
Okul Alanı (e)	Rota-DÖ	21148.16	1129.15	1245.53
	Rota-DS	18206.68	1138.14	1240.33

Tablo 3’teki verilere bakıldığında, depodan 1 numaralı yardım noktası olan park alanına (Şekil 2 (a))deprem öncesi bulunan en uygun rota (mavi renkli rota) 15980.84 metre uzunluğundadır. Yardım malzemesi taşıyan araçlar bu rotayı takip ettiklerinde talep noktalarına 988.96 saniyede ulaşacaklardır. Deprem sonrası yolun hasar durumunun araçların hızı üzerindeki etkisinin de göz önüne alınarak bulunan yeni en uygun rotanın (turuncu renkli rota) uzunluğunun ise 16656.93 metre olup araçların bu rotayı kat etme süresinin 1087.68 saniye olduğu gözlenmiştir. Ayrıca araçların deprem sonrası bulunan en uygun rotayı kullanmak yerine deprem öncesi bulunan en uygun rotayı depremden sonra kullanmaları durumunda talep noktalarına 1096.37 saniyede ulaşacaklardır. Bu sürenin deprem sonrası bulunan en uygun rotadaki ulaşım süresinden daha uzun olduğu aşikardır. Deprem öncesi zamana göre bulunan rota mesafe açısından daha iyi olmakla beraber deprem sonrası araçların ulaşım hızını dolayısıyla ulaşım sürelerini etkileyen hasar durumu kriterinin dikkate alındığında bulunan rota en iyi rota olacaktır. Bu durumda araçların deprem sonrası bu rotayı kullanmaları durumunda ihtiyaç noktasına en uygun sürede ulaşabilecekleri söylenebilir. Deprem öncesi ve deprem sonrası zamana göre bulunan bu 5 farklı güzergahtaki en uygun rotalardaki ulaşım sürelerinde çok büyük bir fark olmamakla birlikte deprem merkezinin yeri, depremin şiddeti, talep noktalarının yeri ve araçların yasal hızı gibi değişkenlerin değişmesiyle deprem sonrası ulaşım sürelerinin doğru orantılı olarak artış göstereceği ve bu doğrultuda bulunacak en uygun rotaların farklılıklar göstereceği aşikardır. Nitekim 90 km/h hızla giden bir araç için deprem öncesi ulaşım süresi 120 saniye iken deprem şiddetinin 8 ve deprem merkezinin yollara çok yakın olması durumunda (2 km), deprem sonrası ulaşım süresinin 197,78 saniyeye yükseldiği gözlenmiştir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada olası bir deprem sonrası uygun (optimal) yol seçim problemi ele alınmıştır. Yıkıcı bir deprem sonrası acil yardım malzemesi taşıyan araçların birincil amacı yardım noktalarına en kısa sürede ulaşmaktır. Çalışmanın ana amacı araçlar için zamanı minimize edecek en uygun rotaları bulmaktır.

Muhtemel bir depremden sonra Lojistik depolar ve talep noktaları arasındaki en uygun yolları bulmak için altı adımlı bir metodoloji önerilmiştir. Öncelikle her yol bölümünün uzunluğu ve hayatta kalma oranları (dolayısıyla da yolun hasar durumu) hesaplanmış ve her yol bölümü için yardım aracının hızı tahmin edilmiştir. Sonra ArcGIS yazılımı kullanılarak deprem sonrası her yol segmentindeki ulaşım süresine göre depolar ve talep noktaları arasındaki en uygun yollar (depremden önceki en uygun yollardan farklı olan) bulunmuştur.

Çalışmada problemi çözmek için Dijkstra Algoritması tabanlı çalışan ve kısa zamanda esnek ve en iyi çözümler üretmeye imkân tanıyan ArcGIS Network analizi kullanılarak uygun rotalar tespit edilmiştir. Çalışma ile önerilen metodoloji Halkalı lojistik deposu ile farklı talep noktaları arasında en uygun yolları bulmak için kullanılmıştır.

Önerilen metodolojinin yasal otoritelerin depreme yönelik yapılan hazırlıklarına önemli katkıda bulunabileceği değerlendirilmektedir. İleri çalışmalarda araçların hızını etkileyecek trafik yoğunluğu, trafik sıkışıklığı, yollarda hasar görmüş köprüler gibi kriterlerin de bu metodolojiye ilave edilmesiyle birden fazla kriteri dikkate alan gerçeğe daha yakın en uygun yolların bulunması sağlanabilir.

6. Kaynakça

[1] AFAD (2011). “Olağandışı Durumlarda Yaşamı Sürdürme”. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, İstanbul.



- [2] Altuntaş, F. (2018), “Olası Bir Deprem Sonrası Yardım-Talep Noktaları Arasında CBS Temelli Dinamik Rotalama: İstanbul İli Uygulaması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harekat Araştırması, Doktora Tezi, Ankara.
- [3] Chandio, A., Shu, L. Y., Memon, N. M. and Khawaja, A. (2006), “GIS Based Route Guiding System for Optimal Path Planning in Disaster/Crisis Management”, *Paper presented at the Multitopic Conference*, Islamabad, Pakistan.
- [4] Elalouf, A. (2012), “Efficient Routing of Emergency Vehicles Under Uncertain Urban Traffic Conditions”, *Journal of Service Science and Management*, 5(03), pp.241.
- [5] Forbes, G. (2012), “Methods And Practices For Setting Speed Limits: An Informational Report”, Federal Highway Administration Reports, Washington, pp.133.
- [6] JICA (2004). “Türkiye’de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu”, Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı Türkiye Bürosu Raporu, 22.
- [7] JICA (2002), “Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul ili sismik mikro-bölgeleme dahil afet önleme/azaltma temel planı çalışması, İstanbul.
- [8] Kadioğlu, M. (2011). *Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En kötüsunü Yönetmek*, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul, 40-43.
- [9] Karayolları Genel Müdürlüğü. (2005), *Karayolu Tasarım El Kitabı*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara
- [10] Koçkan, Ç. (2015).” Doğal afet risk yönetimi”, *Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumunda sunuldu*, Burdur.
- [11] Kumar, P., Singh, V. and Reddy, D. (2005), “Advanced Traveler Information System for Hyderabad City”, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(1), pp.26-37.
- [12] Mali, V., Rao, M. and Mantha, S.S. (2012), “Enhanced Routing in Disaster Management Based on GIS”, *Paper presented at the International Conference on Intuitive Systems & Solutions*, Mumbai, India.
- [13] Pektaş, T. (2012), “İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması”, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- [14] Raj, R.J.R., Sasipraba, T. (2010), “Disaster Management System Based on GIS Web Services”, *Paper presented at the Recent Advances in Space Technology Services and Climate Change (RSTSCC)*, Chennai, India.
- [15] Salman, F.S., Yücel, E. (2015), “Emergency Facility Location Under Random Network Damage: Insights From The Istanbul Case”, *Computers and Operations Research*, 62, pp.266-281.
- [16] Shashikiran, V., Kumar, T.S., Kumar, N.S., Venkateswaran, V. and Balaji, S. (2011), “Dynamic Road Traffic Management Based On Krushkal's Algorithm”, *Paper presented at the Recent Trends in Information Technology, 2011 International Conference*, Chennai, India.
- [17] Su, Z.P., Jiang, J.G., Liang, C.Y. and Zhang, G.F. (2011), “Path Selection in Disaster Response Management Based On Q-Learning”, *International Journal of Automation and Computing*, 8(1), pp.100-106.
- [18] Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L. and Küçük, B. (2013). *İstanbul İli Afet Lojistik Planı Kılavuzu*, İstanbul Kalkınma Ajansı DFD-39 Raporu, İstanbul.
- [19] Umitsu, R., Fushimi, M. (2006), “Shortest Path Problems For Ambulances in Case of Severe Earthquakes”, *Paper presented at the The Sixth International Symposium on Operations Research and Its Applications*, Xinjiang, China.
- [20] Viswanath, K., Peeta, S. (2003), “Multicommodity Maximal Covering Network Design Problem For Planning Critical Routes For Earthquake Response”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1857, pp.1-10.
- [21] Yang, S., Li, C. (2010), “An Enhanced Routing Method With Dijkstra Algorithm And Ahp Analysis in GIS-Based Emergency Plan”. *Paper presented at the 18th International Conference on Geoinformatics*, Beijing, China.
- [22] Yuan, Y., Wang, D. (2009), “Path Selection Model And Algorithm for Emergency Logistics Management”, *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), pp.1081-1094.
- [23] URL1, Tanyaş, M., Günalay, Y., Aksoy, L. and Küçük B. (2013), İstanbul ili afet lojistik planı kılavuzu, İstanbul. <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2Fwww.istka.org.tr%2Fmedia%2F24626%2F%25C4%25B0istanbul-%25C4%25B0li-afet-lojistik-plan%25C4%25B1-k%25C4%25B1lavuzu.pdf>, 22.07.2017.
- [24] URL2, “Karayolları Genel Müdürlüğü. Hız sınırları”, <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2Fwww.kgm.gov.tr%2FSayfalar%2FKGM%2FSiteTr%2FTrafik%2FHizSinirlari.pdf>, 22.07.2017.
- [25] URL3, “İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü. Projeler”, [http://www.webcitation.org/ query?url=http%3A%2Fwww.istanbulafad.gov.tr%2Ficerik%2Fprojeler%2F+&date=2018-01-02](http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2Fwww.istanbulafad.gov.tr%2Ficerik%2Fprojeler%2F+&date=2018-01-02), 22.07.2017.



PATENT VERİ TABANI ANALİZİ: HAVACILIK SEKTÖRÜNDE BAL PETEĞİ YAPISININ KULLANIM ALANLARININ İNCELENMESİ

Esra Güler¹, Simge Ünlüsoy², Ayşe Temiz³

^{1,2,3} TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş. / Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Fethiye Mah. Havacılık Blv., No:17 Kahramankazan, 06980, Ankara, Türkiye

^{1,2} Patent Mühendisliği Uzmanı, 3 Teknoloji Yönetimi Müdürü

esra.guler@tai.com.tr, simge.unlusoy@tai.com.tr, astemiz@tai.com.tr

Özet

Kusursuz geometrisi ile arıların inşa ettiği bal peteği yapısı hegzagonal formdadır. Diğer olası geometrik formlara göre altgenlerin yan yana oluşturduğu formda boşluk olmaması, bir alanın maksimum kullanımı için en uygun şeklin altgen olduğunu gösterir. Altgen yapı ile az malzeme kullanılarak istenen kafes yapı elde edilir. Doğada arıların ürettiği bu yapı, mühendislikte de benzer formda kendini göstermektedir. Enerji absorbe edebilme özelliği, yorulma kırılmasına karşı gösterdiği yüksek direnç, yüksek yapısal mukavemet ve hafiflik gibi avantajlarından dolayı havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Bal peteği yapısı, kompozit sandviç formda çekirdek olarak kullanılır. İki sert yüzey arasına yerleştirilmiş hafif çekirdek malzemenin yüzeylere yapıştırıcı yardımı ile birleştirilmesiyle kompozit sandviç form oluşturulur. Sahip olduğu avantajlar ile havacılık sektöründe zemin, tavan, iç-dış duvar panellerinde; kontrol yüzeylerinde (flap, rudder, aileron, elevator vs.), kapı panellerinde, uçak gövdesinde, jet motorlarının ve uçak türbin motorlarının ses yalıtımı ve sönümlenmesinde kullanılan bal peteği yapıları gelişen teknoloji ile patentlerde kendini göstermiştir. Tekniğin bilinen durumunu tespit etmek ve teknolojik açıdan rota tanımlayabilmek için detaylı patent analizi yapılmalıdır. Bu çalışmada, havacılık sektöründe kullanılan bal peteği sandviç yapıların kullanım alanları, hava taşıtlarında hangi kısımlarda kullanıldıkları, hangi malzemeden üretildikleri, üretim yöntemleri, hangi firmalar tarafından üretildikleri ve yıllara göre teknolojik trend dağılımı ile teknoloji yönelimi patent veri tabanları üzerinden analiz edilmiştir. Çalışmada “Espacenet” ve “Google Patents” veri tabanları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık, Bal Peteği Yapısı, Patent, Analiz

1. Giriş

Şirketlerin piyasadaki rekabet güçleri ile patent sayılarının doğru orantılı olduğu görülmektedir. Teknolojinin artan ilerleme hızını ve teknolojinin eğilimini inceleyebilmek ve bu hızı yakalayabilmek adına gerekli planları yapabilmek üzere patent veri tabanı analizi yapılması önem kazanmaktadır. Patent analizleri ile edinilen bilgi tasarımların ürüne dönüşmesini daha hızlı ve etkin bir şekilde sağlamaktadır. Mevcut teknolojileri takip ederek fark yaratacak veya alternatif olabilecek nitelikte olan ürünleri tasarlayabilmek adına şirketler patent veri tabanı analizleri yapmaktadır. Yeni teknolojilere uyum sağlamakta, ilgili oldukları teknik alanlardaki yeni teknolojileri hızlı ve etkin bir şekilde kendi ürünlerine uyarlamakta söz konusu analizden yararlanılır.

Tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektöründe de patent başvuru sayılarında artış görülmektedir. Bu çalışmada, bal peteği yapısının havacılık sektöründe kullanım alanlarının patent veri tabanı analizi uygulaması yapılmaktadır.

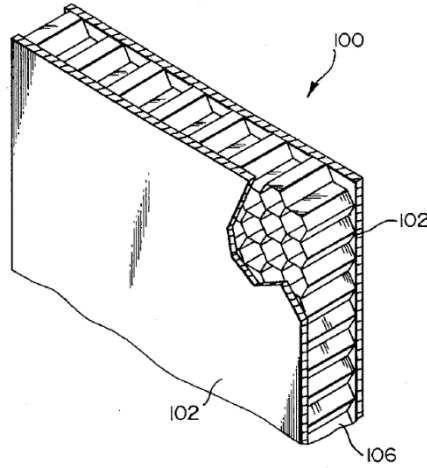
2. Bal Peteği Yapısı



Şekil 15: Doğada arıların yaptıkları bal petekleri

Bal Peteği Yapısı, doğada arıların yaptıkları bal petekleri ile benzerlik gösterdiğinden bu adı almıştır. Bu yapı, sandviç kompozit panellerde çekirdek olarak kullanılır. İnce ve rijit olan alt ve üst yüzeyler arasına kalın fakat hafif olan çekirdek malzemenin yapıştırıcı kullanılarak yapıştırılması ile sandviç kompozit paneller elde edilir. Çelik, nikel, titanyum alaşımli metallerde yapıştırma işlemi kaynak ile sağlanır. [1]





Şekil 2: US5604010 numaralı patente geçen kompozit sandviç bal peteği yapısı

Yüksek enerji sönümleme kabiliyeti, hafiflik, ses yalıtımı ve yüksek korozyon dayanımı gibi özellikleri nedeniyle bal peteği yapısı farklı sektörlerde kullanılmaktadır. İstenilen yüksek dayanım değerleri ile birlikte ağırlıktan da kazanç sağlayan sandviç yapılar havacılık sektöründe de tercih edilmektedir. [1]

2.1. Patent Veri Tabanı Analizi ile Bal Peteği Yapısının İncelenmesi

Yeni olan, buluş basamağı içeren ve sanayiye uygulanabilir her türlü unsur patent ile korunabilmektedir. Patentler, mevcut ürünleri korumanın yanı sıra olası veya gelecekte sektörde yer alabilecek teknolojik ürünlerin korunması için de oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Tüm sektörlerde olduğu gibi havacılık sektöründe de patent veri tabanı analizinin kullanımı teknolojik planlamaların etkinliği için önem kazanmaktadır. Sahip olunan fikirleri ürünlere dönüştürmeden önce patent veri tabanı analizi yapılarak mevcutta olan teknolojilerin farkında olmak ve tekniğin bilinen durumunu ürünlere entegre etmek zaman, ticari gelir vb. gibi önemli kazançlar sağlamaktadır. Patentler başka hiçbir kaynaktan erişilemeyecek teknik bilgiyi içerdiğinden mevcut teknik bilginin %80'ine sadece patentler aracılığıyla ulaşılır [2]. Bu nedenle hızlı ve etkin tasarım çözümlerine ulaşmanın yolu mevcut çözümleri patentler aracılığıyla araştırmamızı sağlayan patent veri tabanı analizi yapmaktan geçer [3].

Patent veri tabanları; dünya çapında patent başvurularını, tescil olmuş patentleri, araştırma raporlarını, patent olmayan yayınlar gibi patentlerle ilişkili her türlü dokümanı içeren araçlardır [4].

Patentlerin %85'inin kullanımı serbesttir. Herhangi bir projeye başlama aşamasında patentleri incelemek tekniğin bilinen durumunun ve yeni teknolojilerin farkında olup daha hızlı ve etkin ürün çıktısı elde etmeyi sağlar.

Türk Patent ve Marka Kurumu'nun (TPMK), Avrupa Patent Ofisi'nin (EPO), Dünya Fikri Haklar Örgütü'nün (WIPO), Amerika Birleşik Devletleri'nin (USPTO) patent veri tabanları mevcuttur [5]. Bu çalışmada "Espacenet" ve "Google Patents" veri tabanları kullanılmıştır. Espacenet, Avrupa Patent Ofisi'nin patent veri tabanıdır.

Patent veri tabanlarında patent araması genel hatları ile iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bu metodlardan ilki anahtar kelime ile araştırmadır. Bu metotta araştırma konusu ile ilgili anahtar kelimeler çıkartılır. Bu kelimelerden eş anlamlı veya benzer kelimeleri OR bağlacı ile bağlamak aramayı genişletir ve farklı alternatiflere ulaşmamızı sağlar. Farklı araştırma kelime gruplarını AND bağlacı ile bağlamak aramayı sınırlandırır ve çok fazla sonuç içerisinden doğru sonuçlara yaklaşmamızı sağlar. Anahtar kelime ile patent araması, patent başvuru sahiplerinin ortak bir dil kullanmaması ve doğru anahtar kelime seçiminin güçlüğü sebebi ile tek başına yeterli bir analiz sonucunu her zaman sağlayamayabilir. Bu durumda ikinci arama metodu olan sınıflandırma ile patent arama kullanılmalıdır. Başvuru veya tescil olan her patent teknoloji alanına uygun olan sınıf/sınıflara sahiptir. Yaygın kullanılan iki tane sınıflandırma sistemi mevcuttur. 1968 yılında tanıtılan IPC (International Patent Classification) dünya çapında bütün patent ofisleri tarafından kullanılmaktadır. IPC'nin bir alt dalı olan CPC (Cooperative Patent Classification) ise; Avrupa ve Amerika Patent Ofislerinin ortak sınıflandırma sistemidir. IPC, tüm teknoloji alanlarını sekiz bölüme ayırmaktadır; A: İnsan İhtiyaçları, B: İşlemlerin Uygulanması; Taşıma, C: Kimya; Metalurji, D: Tekstil; Kâğıt, E: İnşaat, F: Makine Mühendisliği; Aydınlatma; Isıtma; Silahlar; Patlama; Motorlar veya Pompalar, G: Fizik, H: Elektrik [6].

Patentler başvuruldukları ülke ve/veya ülkelerde koruma sağlarlar. Aynı patentin korunması için birden fazla ülkenin patent ofisine ve WIPO'ya (World Intellectual Property Organization) başvuru olabilmektedir. Bu durumda bu başvurulara "patent ailesi" denir [7]. Aynı patentin diğer ülkelerdeki başvurularına, patent ailesine bakılarak ulaşılabilir. Bu çalışmada INPADOC patent ailesine ait 51 patent incelenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan araştırma yöntemi uygulama sırasına göre aşağıda belirtilmiştir.

I. Anahtar Kelime Araması



<u>Havacılık</u>	<u>Bal Peteği</u>	<u>Yapı</u>	<u>Üretim</u>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ aircraft ▪ aviation ▪ aerospace ▪ airplane ▪ aeronautics 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ honeycomb 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ structure ▪ design ▪ form ▪ sandwich ▪ panel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ manufacture ▪ production ▪ processing ▪ method

Şekil 3: Aramada Kullanılan Kelime Grupları

II. Sınıflama Arama

Cooperative Patent Classification

Search for: honeycomb sandwich Search View section Index A B C D E F G H Y

Symbol	Classification and description
★★★★★ B32B 3/00	Layered products comprising a layer with external or internal discontinuities or unevennesses, or a layer of non-planar form ((fibrous or filamentary layers B32B 5/02, particulate layers B32B 5/16, foamed layers B32B 5/18); Layered products having particular features of form (receptacles or tubular products B32B 1/00))
★★★★★ B32B 37/00	Methods or apparatus for laminating, e.g. by curing or by ultrasonic bonding
★★★★★ B32B 2307/00	Properties of the layers or laminate
★★★★★ B32B 5/00	Layered products characterised by the non-homogeneity or physical structure (, i.e. comprising a fibrous, filamentary, particulate or foam layer; Layered products characterised by having a layer differing constitutionally or physically in different parts)
★★★★★ B32B 7/00	Layered products characterised by the relation between layers; Layered products characterised by the relative orientation of features between layers, or by the relative values of a measurable parameter between layers, i.e. products comprising layers having different physical, chemical or physicochemical properties; Layered products characterised by the interconnection of layers
★★★★★ B32B 2262/00	Composition of fibres which form a fibrous or filamentary layer or are present as additives
★★★★★ B32B 27/00	Layered products comprising (a layer of) synthetic resin (B32B 5/02, B32B 5/16, B32B 5/18 take precedence, thermoplastic elastomer B32B 2274/00)
★★★★★ B32B 2250/00	Layers arrangement
★★★★★ B32B 2605/00	Vehicles
★★★★★ B32B 2260/00	Impregnation or embedding of a layer; Bonding a fibrous, filamentary or particulate layer by using a binder

Şekil 4: Espacenet sınıflandırma araması [8]

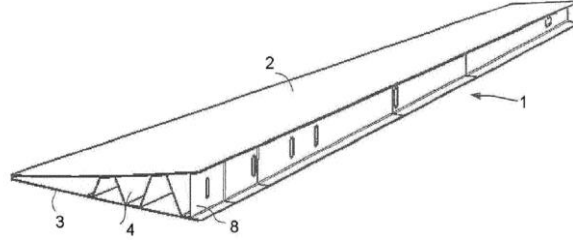
III. Google Patents 'de Kullanılan Arama Algoritmaları

- ((aircraft) OR (aviation) OR (aerospace) OR (airplane) OR (aeronautics)) (honeycomb) ((manufacture) OR (production))
- (B32B3/12) ((aircraft) OR (aviation) OR (aeroplane) OR (aeronautics)) (honeycomb)
- (B32B2305/024) ((aircraft) OR (aerospace))
- ((B32B2305/024) ((aircraft) OR (aerospace))) after: priority:20150101
- (B32B3/12) ((aircraft) OR (aviation) OR (aeroplane) OR (aeronautics)) (honeycomb NEAR2 structure) (sandwich NEAR2 panel)

2.1.1. Bal Peteği Sandviç Yapıların Kullanım Alanları

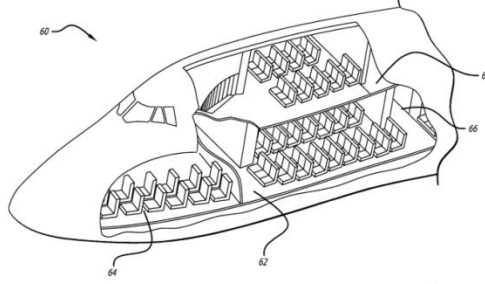
Patent veri tabanı analizi sonucu incelenen patentlerde bal peteği sandviç yapılarının havacılıkta zemin panellerde, tavanlarda, iç-dış duvar panellerinde; kontrol yüzeylerinde (flap, rudder, aileron, elevator vs.), kapı panellerinde, uçak gövdesinde, jet motorlarının ve uçak türbin motorlarının ses yalıtımı ve sönümlenmesinde, kabin panellerinde kullanıldığı gözlemlenmiştir.





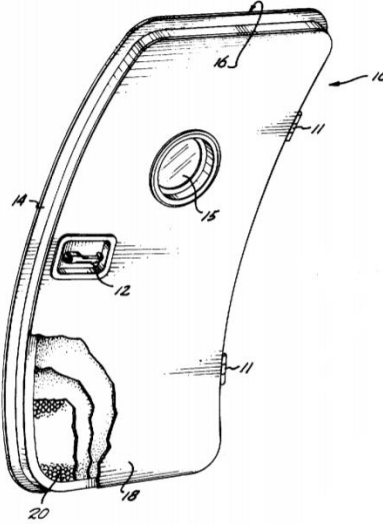
Şekil 5: EP2842867A1 numaralı patentte geçen kompozit kontrol yüzeyi

EP2842867A1 numaralı **Composite control surfaces for aircraft** isimli Airbus firmasına ait patentte tekniğin bilinen kısmında Boeing 727, Boeing 767, Airbus A320 uçaklarının kontrol yüzeylerinde bal peteği sandviç yapısının kullanıldığından bahsedilmiştir [9].



Şekil 6: EP1954482B1 numaralı patentte geçen genellikle büyük bir uçakta mevcut olan çeşitli tiplerdeki zemin panelleri gösterilen bir uçak gövdesinin kısmi kesit görünümü

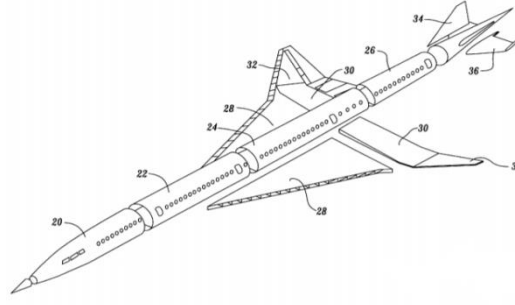
EP1954482B1 numaralı **Aircraft floor panels using edge coated honeycomb** isimli Hexcel Corporation firmasına ait patentte sandviç panellerin uçaklarda zemin panelleri olarak kullanılmaya elverişli olduğu açıklanmıştır [10].



Şekil 7: US4054477 numaralı patentte geçen bal peteği çekirdek yapısı kullanılarak buluşta bahsedilen yöntem ile üretilen ince bir giriş kapısı panelinin izometrik görünümü

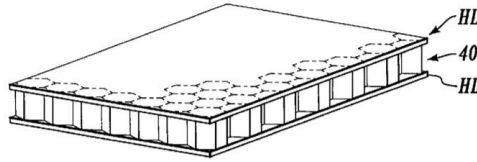
US4054477 numaralı **Method for forming a contoured insulated honeycomb core panel and panel produced** isimli Boeing Co firmasına ait patentte kapı iç yüzey panelinin (18) bal peteği çekirdeğe (20) yapıştırılarak tutturulduğundan bahsedilmektedir [11].





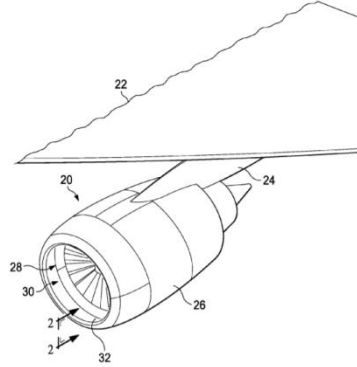
Şekil 8: US5866272A numaralı patente geçen buluşa göre hibrit kompozit laminelerden üretilmiş olan bir uçak dış kaplamasının bölümleri

US5866272A numaralı **Titanium-polymer hybrid laminates** isimli Boeing Co firmasına ait patente süperonik bir uçağın dış panellerinin ve hibrit bir lamine gövdesinin gösterildiği kısmen şematik, parçaları dağılmış görünüşü gösterilmiştir [12].



Şekil 9: US5866272A numaralı patente geçen buluşa ait bal peteği çekirdek yapısı ile hibrit kompozit lamine yapısı

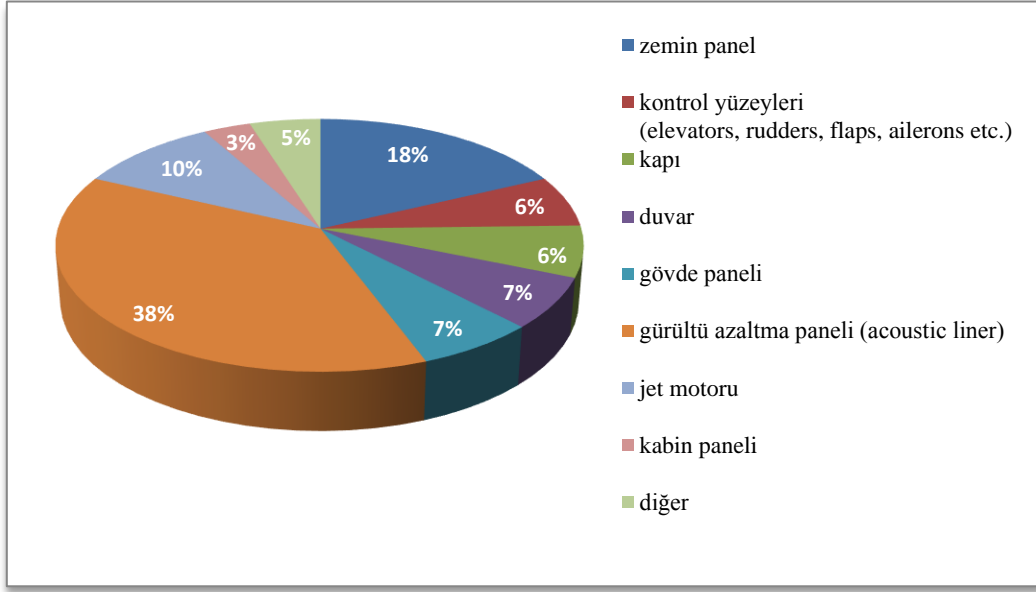
Buluşa ait hibrit lamineler, titanyum alaşımli bal peteği malzemesi gibi hafif bir çekirdek yapı (40) olan merkezi bir katman ile simetrikdir.



Şekil 10: US20150027629A1 numaralı patente geçen akustik olarak artırılmış girişe sahip bir motoru gösteren kanadın bir kısmının perspektif bir görünüşü

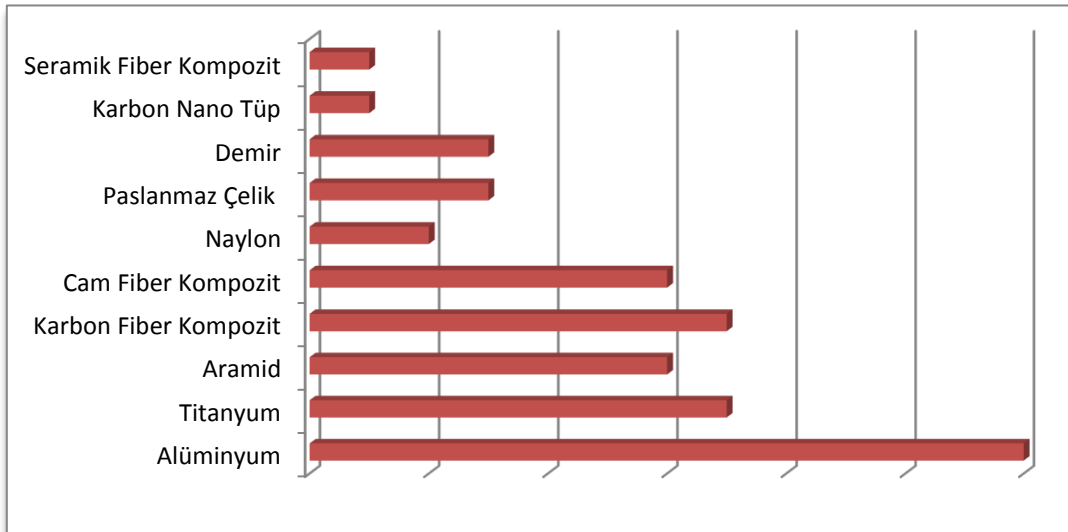
US20150027629A1 numaralı **Septumization of Honeycomb Sandwiches** isimli Boeing Co firmasına ait patente uçak motorlarında gürültüyü azaltmak ve ticari uçakları yöneten gürültü yönetmeliklerini yerine getirmek için, uçak motorlarının motorun çeşitli kısımlarında akustik paneller içerebileceğinden bahsedilmektedir. Söz konusu panellerde bal peteği çekirdeğinin orta katmanında bulunan ve septum olarak adlandırılan gözenekli malzemeler akustik panelin performansını artırmak için kullanılmaktadır [13].



Grafik 4: Patent analizi sonucu bal peteği yapılarının kullanım alanları dağılımı

Enerji sönmüleyebilme özelliğine sahip olması ile bal peteği yapısının çoğunlukla uçak jet motorlarında ve uçak türbin motorlarında ses yalıtımı ve sönmülenmesinde, akustik performansın iyileştirilmesinde kullanıldığı gözlemlenmiştir. İçerdiği boşluklu hücre yapısı ile hafiflik sağlayan bal peteği yapısının ses yalıtımından sonra ikinci sırada uçak zemin panellerinde kullanıldığı görülmüştür. (Bakınız Grafik 5).

2.1.2. Bal Peteği Sandviç Yapıları Üretilen Malzemeler

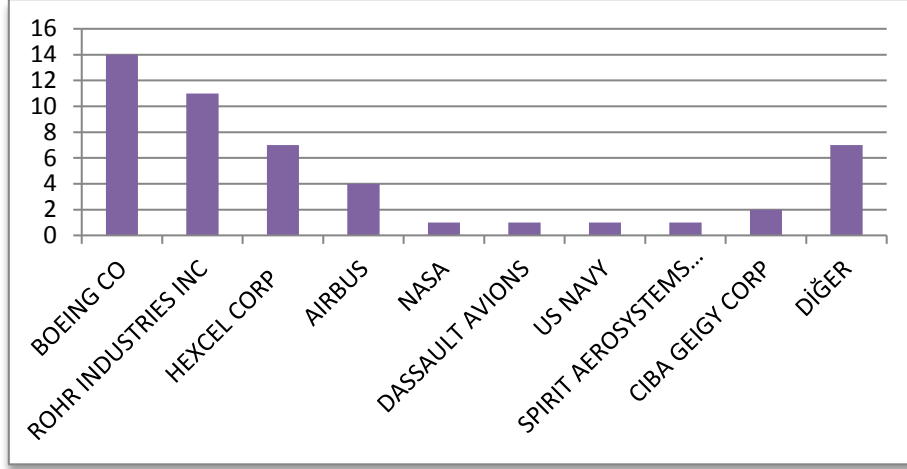
Grafik 2: Patent analizi sonucu bal peteği yapılarının üretildiği malzemeler

Grafik 2’de görüldüğü üzere bal peteği yapısı üretiminde en çok tercih edilen malzeme alüminyumdur. Spesifik mukavemet olarak adlandırılan malzeme mukavemetinin yoğunluğa oranı değeri alüminyum için yüksek olması, alüminyuma yüksek dayanım ve hafiflik sağlar. Bu özellikler bal peteği yapıda alüminyum kullanımının tercih edilmesini sağlamaktadır. Alüminyumun yanı sıra, ısı mukavemeti, hafifliği, korozyona karşı dayanımı gibi avantajları ile titanyumun da bal peteği üretiminde yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.



2.1.3. Bal Peteği Sandviç Yapıları Üreten Firmalar

Grafik 3: Patent analizi sonucu bal peteği yapıları üreten firmalar



Grafik 3’de bal peteği yapısı üreten, bu konuda en çok patent başvurusu yapan firmalar görülmektedir. Analiz sonucunda ABD menşeiili havacılık şirketi Boeing Co.’nun en fazla patent başvurusu yaptığı görülmektedir. Boeing Co. Şirketini yine ABD menşeiili Rohr Industries ve Hexcel Corp. şirketleri takip etmektedir. Havacılık sektöründe önde gelen şirketlerden Avrupa menşeiili Airbus’ın da patent başvuruları yaptığı gözlenmiştir.

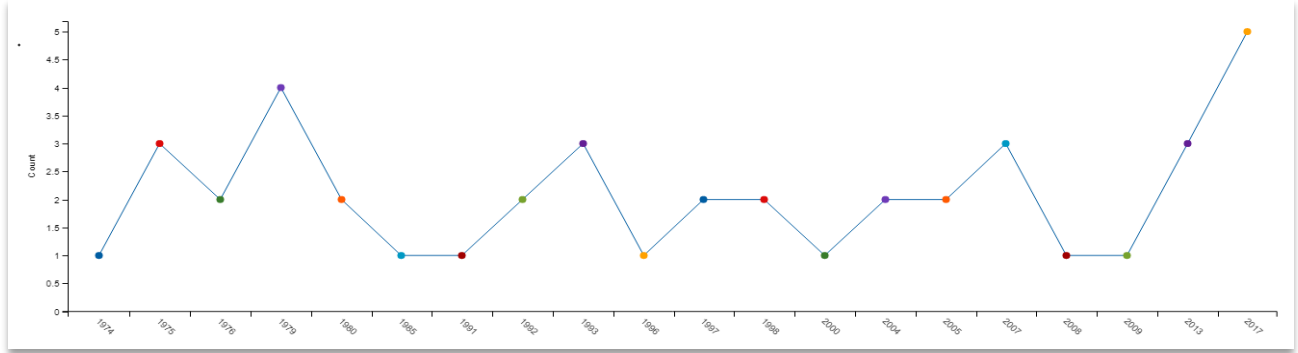
3. Sonuçlar

Grafik 4: Ülkelerin bal peteği yapıları ile ilgili patent başvuru dağılımı



Dünya genelinde bal peteği yapısının havacılık sektöründe kullanım alanları ile ilgili çalışmaların patent başvuru dağılımına bakıldığında Grafik 4’te görüldüğü gibi Amerika Birleşik Devletleri ilk sırada yer almaktadır. Fransa, İngiltere, Almanya, Belçika gibi Avrupa ülkelerinin başvuru dağılımı incelendiğinde dünya çapında dağılıma önemli katkı yaptıkları görülmektedir. Bal peteği yapısının havacılık sektöründe kullanım alanları ile ilgili patent başvurularının Amerika ve Avrupa kökenli olması, bu alandaki mevcut ve ilerleyen teknolojinin bu bölgelerdeki araştırmalardan tetiklendiğini göstermektedir.



Grafik 5: Rüçhan yıllarına göre havacılık sektöründe bal peteği yapısı ile ilgili patent başvurusu dağılımı

Grafik 5'te öncelik hakkı (rüçhan) yıllarına göre havacılık sektöründe kullanılan bal peteği yapısı ile ilgili başvuru patent başvuru dağılımını görülmektedir. Bu dağılım incelendiğinde son on yılda (2009-2019) düzenli olarak patent başvuru sayılarında artış gözlemlenmiştir. Patent başvuru sayılarındaki artış bu alandaki teknolojinin ve mevcut yöntemlerin gelişmekte olduğunu, yeni ve buluş basamağı içeren, sanayide uygulanabilir metotların geliştirildiğini göstermektedir.

İlerleyen teknoloji ile eş zamanlı olarak ilerleyebilmek için dünyada o alandaki teknolojinin hangi noktada olduğunu ve eğilimini doğru bir şekilde analiz etmek gerekmektedir. Patent veri tabanı analizleri ilgili alanda bulunulan konum ve gidilen yön hakkında bilgi vermektedir. Teknolojiye haiz olarak ilerlemek adına patent veri tabanı analizi yapılmalıdır.

4. Değerlendirme

Patent veri tabanı analizi ile belirlenen teknolojik eğilim, yenilikçi teknoloji konuları ve yeni uygulamalar dünya çapında rekabetçi konuma ulaşmak isteyen bir şirketin teknoloji yol haritası için önemli girdiler sağlar. Teknoloji yol haritası da şirketin stratejik hedefleri doğrultusunda tüm paydaşları ile birlikte yürüttüğü Ar-Ge ve İnovasyon çalışmalarını yönlendirir. Bu çalışmada, bal peteği sandviç yapılara yönelik bir analiz gerçekleştirilmiş ve dünyadaki eğilim incelenmiştir. Sandviç panellerin havacılık sektöründe uygulanmasının yanında ilgili malzeme teknolojilerinin yerli ve milli imkânlar ile geliştirilmesine önem verilmesinin de uygun olacağı değerlendirilmektedir.

5. Kaynakça

- [1] Akkuş, H. , “Bal Peteği Yapıların Mekanik Davranışlarının Nano Parçacık Takviyeli Yapıştırıcı Kullanılarak Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması”, *DergiPark*, 2016
- [2] European Commission (DG Research) and the European Patent Office, Why Researchers Care About Patents?, 2007, “https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/patents_for_researchers.pdf”
- [3] Peker, K. , Temiz, A. , “Havacılık Sektöründe Patent 4.0”, *VII. Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı UHUK 2018*, 2018
- [4] Espacenet Patentlerin Araştırılması, “<https://docplayer.biz.tr/9234985-Patentlerin-arastirilmesi-espacenet-veritabani-nasil-kullanilir.html>”
- [5] Türk Patent ve Marka Kurumu, Patent KAVRAMLAR, “<https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/resources/temp/522B990B-E529-4378-8287-66E77494B4FA.pdf>”, 5, 2017
- [6] Espacenet Patent Search, “https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP”
- [7] Espacenet, “<https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/patent-families.html>”
- [8] Espacenet, “https://worldwide.espacenet.com/classification?locale=en_EP#!q=honeycomb%20sandwich”
- [9] Enrique GUINALDO FERNÁNDEZ, Carlos García Nieto, Francisco Javier Honorato Ruiz, Francisco José CRUZ DOMÍNGUEZ, 2013, “Composite control surfaces for aircraft”, Patent Number: EP2842867A1
- [10] Lance Smith, Yen-Seine Wang, Robert Morrison, Clark Smith, 2005, “Aircraft floor panels using edge coated honeycomb”, Patent Number: EP1954482B1
- [11] Richard Norman Curran, 1975, “Method for forming a contoured insulated honeycomb core panel and panel produced”, Patent Number: US4054477A
- [12] Willard N. Westre, Heather C. Allen-Lilly, Donald J. Ayers, Samuel E. Cregger, David W. Evans, Donald L. Grande, Daniel J. Hoffman, Mark E. Rogalski, Robert J. Rothschilds, 1996, “Titanium-polymer hybrid laminates”, Patent Number: US5866272A
- [13] Geoffrey Allen Butler, Justin Honshune Lan, Noel T. Gerken, Garry M. Duschl, Benjamin Julius Day, 2013, “Septumization of Honeycomb Sandwiches”, Patent Number: US20150027629A1



AL-SÜTUNLU KİL DESTEKLİ HPA KATALİZÖRÜNÜN HİDROTERMAL SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Suna Balcı^{1*}, Gülce Açı²

1,2 Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

sunabalci@gazi.edu.tr ,gulceacil@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Literatürde ilk olarak test edilen heteropoli asit (HPA) yüklü sütunlu kil katalizör sentezi, tek aşamalı hidrotermal sentez yöntemi ile gerçekleştirilmiş, destek olarak Hançılı bölgesi bentonit kayacı (HWB) kullanılmıştır. Sentez işlemleri, sabit baz/metal (2,4) ve Al/gram kil (3 mmol /g) oranlarında ve değişken kil süspansiyon pH değeri (4, 9) ve Al/W oranında (0,25, 1,0) HPA'nın sentez ortamına farklı aşamalarda eklenmesiyle yürütülmüştür. X-ışını kırınım desenlerinden (XRD), Al ve HPA ile sütunlandırma ile bazal boşluk değerinin 1,81 nm'ye arttığı ve tüm HPA yüklü katalizörlerde bu değer, ham kilden daha yüksek olduğu gözlenmiş ve kristal yapının da bozulmadığı tespit edilmiştir. Azot adsorpsiyon/desorpsiyon sonuçlarından, sütunlandırma işlemi ile yüzey alanı değerinin 236.6 m²/g'ye yükseldiği ve bu değerlerin yapıya eklenen HPA miktarının artışı ile arttığı görülmüştür. X-ışını foto elektron spektroskopisi (XPS) analizleri ile tungstenin yapıya yükleme başarısı tespit edilirken, Bronsted ve Lewis asit bölgelerinin varlığı, piridin adsorplanmış katalizörlerin Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektroskopisi (FTIR) spektrumlarından belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sütunlu kil, Heteropoli asit, Alüminyum, Hidrotermal sentez

1. Giriş

Heteropoli asitler (HPA), yüksek Bronsted asitlikleri ve redoks özelliklerinden dolayı kimya endüstrisinde hem asidik hem de oksidasyon katalizörleri olarak kullanılmaktadırlar. HPA'lar arasından Keggin yapıda olanlar, kolay hazırlanması, kararlı yapısı ve yüksek asitlik gücü gibi özellikleri nedeniyle en çok tercih edilenlerdir. Metal iyonu olarak W içeren HPA'lar arasında yüksek asitlikleri ve kararlılıklarından dolayı en çok kullanılanlar; merkez atomu olarak Si ve P içeren silikatungstik asit (H₄SiW₁₂O₄₀, STA) ve fosfotungstik asittir (H₃PW₁₂O₄₀, TPA). Homojen sıvı faz uygulamalarında üründen ayrılma, rejenerasyon ve korozyon gibi dezavantajlara sahip olduklarından, bu olumsuzlukların yaşanmadığı heterojen faz kullanımları tercih edilmektedir. Heterojen faz uygulamalarında ise düşük yüzey alan, polar ortamda yüksek çözünürlük ve sıcaklık sınırlamaları gibi dezavantajlara sahiptirler. Bu olumsuzluklar ise, HPA'ların bir destek üzerine yüklenmesi ile giderilebilmektedir [1-4].

Katalitik açıdan önem taşıyan 2:1 tipi katmanlı yapıli simektit grubu killer tetrahedral silika (T) ve oktahedral alümina (O) yapıların oksijenlerini paylaşmasıyla T-O-T dizilimine sahiptir [5, 6]. T-O-T dizilimleri arasında var olan zayıf Wan de Waals bağları sayesinde şişme özelliğine, dolayısıyla genişleyebilen katman yapısına sahip olan simektit grubu kil mineralleri arasında en çok kullanılanlar ise montmorillonit tipi killerdir. Kil minerallerinin katalitik aktivitesi temel olarak Bronsted asitliği, Lewis asitliği, redox aktif gruplar ve katalitik aktif geçiş metal ve katyonlarından ileri gelmektedir. Yüksek asit özelliklerinin yanında montmorillonit tipi kil minerallerinin düşük termal kararlılık, küçük ve süresiz gözenek yapısı gibi dezavantajları bulunmaktadır ve bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için kullanılan en etkin modifikasyon yöntemi killerin sütunlandırılmasıdır. Katmanlar arasındaki değiştirilebilir iyonların daha büyük hacimli iyon ya da moleküller ile yer değiştirmesi temeline dayanan bu işlem ile killere sürekli gözeneklilik, homojen ve ayarlanabilir gözenek yapısı, ayarlanabilir katalitik özellikler ve termal kararlılık kazandırılır. Sütunlandırma işleminde sütun elemanı seçimi ile katalitik özellikler iyileştirilebilmektedir. Katmanlar arasına yerleşen hacimli grup olarak yaygın olarak kullanılan, termal kararlılığı ve katalitik aktifliği yüksek Alüminyum Keggin katyonu ([Al₁₃O₄(OH)₂₄(H₂O)₁₂]⁷⁺), Al tuzunun hidrolizi ile oluşmaktadır. Oluşumu gerçekleştirilen katman açıcı çözelti daha önce şişirilmiş kil ile muamele edildiğinde yük dengesini sağlamak için yapıda bulunan değişebilir katyonlar Al Keggin katyonu ile yer değiştirmektedir [7-10].

Bu çalışmada benzer ebatlarından dolayı bir sinerji yaratabilecek olan Keggin heteropoli anyonu ile Al Keggin katyonu sütun elemanı olarak bir arada kullanılmıştır. Sütunlu killerin ve HPA'ların üstün özellikleri, literatürde bir ilk olarak hidrotermal yöntem ile bir araya getirilerek, yüksek katalitik aktiviteye ve yüzey alanına sahip, termal olarak ve polar ortamda kararlı süper asit katalizörler elde edilmesi amaçlanmıştır. Sentez şartlarının etkisi X-ışını kırınım deseni (XRD), N₂ adsorpsiyon/desorpsiyon, X-ışını foto elektron spektroskopisi (XPS) ve Fourier dönüşümlü kızıl ötesi spektroskopisi (FT-IR) gibi karakterizasyon teknikleri ile incelenmiştir.

2. Deneysel Çalışma

2.1. Sentez Çalışmaları

Destek yapı olarak Çankırı yöresi Hançılı Beyaz Bentonit (HWB) kayacı, sütunlandırma ajanı olan Al kaynağı olarak AlCl₃.6H₂O tuzu (Merck, 97,0%-101,0%), baz kaynağı olarak NaOH (Merck, ≥99,0), HPA kaynağı olarak ise Silikatungstik asit (H₄[W₁₂SiO₄₀], STA) (Sigma Aldrich) kullanılmıştır.



2.1.1. Al-Sütunlu Kil (Al-SK) Sentezi

Al-Keggin yapısının oluşumu için daha önceden literatürde uygulanan Al-sütunlu kil üretim basamakları uygulanmıştır [11, 12]. Baz/metal oranı 2,4 olacak şekilde, 0,4 M $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ çözeltisi üzerine 0,4 M NaOH çözeltisi 0,5 mL/dk akış hızında sürekli karıştırma altında eklenerek çözelti çalkalama su banyosunda 65 °C’de 18 saat süreyle olgunlaştırılmıştır. Bir gece şişirilmesi için bekletilen %2’lik kil süspansiyonunun pH değeri 9 olarak ayarlandıktan sonra, hazırlanan Al-sütunlandırma çözeltisi gram kil başına 3 mmol Al olacak şekilde 2 mL/dk akış hızında eklenmiş, ardından 4 saat karıştırılarak bir gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süspansiyondan santrifüj ile ayrılan katı yıkama suyu içerisindeki Cl⁻ iyonları giderilene kadar yıkanmıştır. Kurutma basamağı oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş, elde edilen katı 300 °C’de kalsine edilmiştir.

2.1.2. Silikatungstik Asit/Alüminyum Sütunlu Kil (STA/Al-SK) Sentezi

Hidrotermal (tek aşamalı) sentez yöntemi ile STA/Al-SK katalizörlerinin sentezi, kil süspansiyonu pH değeri (9 ve 4), eklenen STA miktarı (W/Al oranı 0,25 ve 1,0) ve STA’nın eklenme aşaması değiştirilerek gerçekleştirilmiştir. STA’nın sütunlandırma çözeltisine eklenmesi (R1) ve sütunlandırma çözeltisi ile kil süspansiyonu karışımına eklenmesi (R2) olacak şekilde iki farklı yol izlenmiştir. Sütunlandırma çözeltisi hazırlanması, STA eklenmesinden sonraki iyon değişim, yıkama, kurutma ve kalsinasyon işlemleri Al-SK sentezinde olduğu gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen katalizörlerin tamamı 300 °C’de bir kısmı ise 400 ve 500 °C’de kalsine edilmiştir.

Ürün adlandırmasında ilk olarak W/Al oranı (0,25 veya 1,0) yazılırken, kullanılan sentez reçetesi (R1 veya R2) parantez içinde belirtilmiş, son olarak da kil süspansiyonu pH değeri (9 veya 4) yazılmıştır. 300 °C’de kalsine edilen katalizörlerin sonunda herhangi bir sıcaklık değeri belirtilmezken, 400 ve 500 °C’de kalsine edilen katalizörlerin sonuna @ işareti ile kalsinasyon sıcaklığı eklenmiştir. Sentezlenen katalizörlerin sentez parametreleri ve adlandırması Tablo 8’de özetlenmektedir.

Tablo 8. Katalizörlerin sentez parametreleri ve adlandırması

Ürün Adı	Kil Süspansiyonu pH’ı	W/Al Oranı	STA’nın Eklenme Aşaması	Kalsinasyon Sıcaklığı (°C)
Al-SK	9	---	---	300
0,25(R1)pH9	9	0,25	R1	300
1,0(R1)pH9	9	1,0	R1	300
1,0(R1)pH4	4	1,0	R1	300
0,25(R2)pH9	9	0,25	R2	300
0,25(R2)pH9@400	9	0,25	R2	400
0,25(R2)pH9@500	9	0,25	R2	500
1,0(R2)pH9	9	1,0	R2	300
1,0(R2)pH9@400	9	1,0	R2	400
1,0(R2)pH9@500	9	1,0	R2	500
0,25(R2)pH4	4	0,25	R2	300
1,0(R2)pH4	4	1,0	R2	300

2.2. Karakterizasyon Çalışmaları

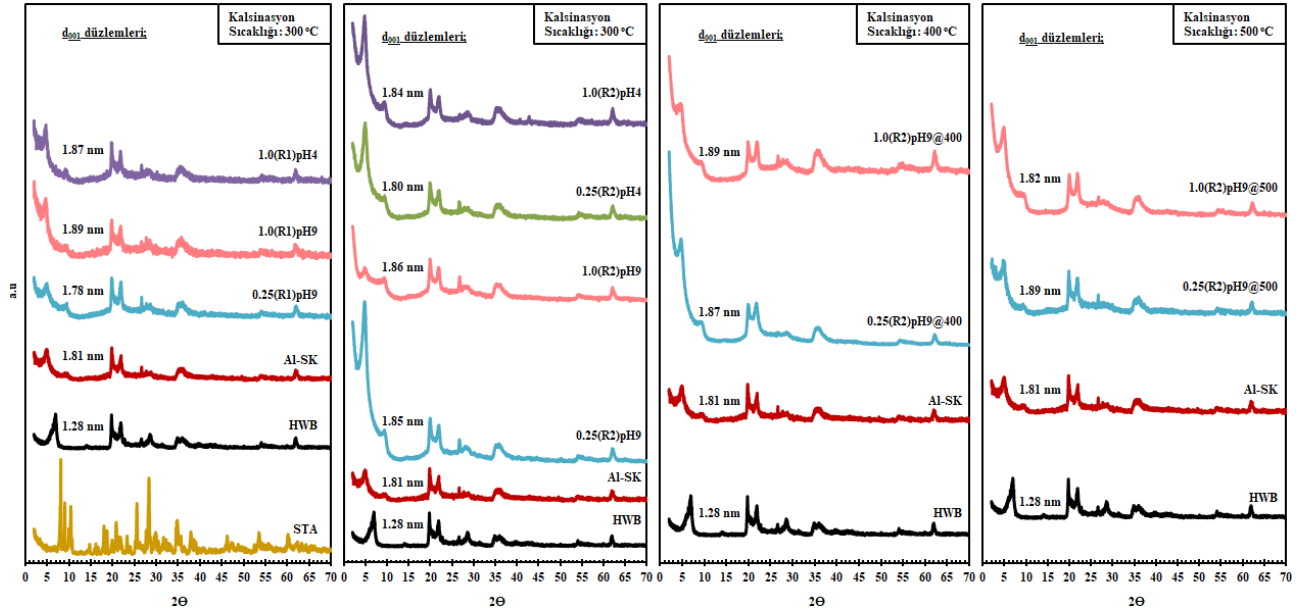
Sentezlenen katalizörlerin yapısal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla XRD (1°/dk tarama hızında dalga boyu 0,15406 nm olan “CuK α ışın kaynaklı Rigaku marka D/MAX 2200 cihazı kullanılarak 2 θ açısı 2° ile 70° arasında), N₂ adsorpsiyon desorpsiyonu (QuantaChrome-Autosorb-1C cihazı ile 10⁻⁷<P/P₀<0,99 kısmi basınç aralığında), XPS (SPECS ESCA sistemi ile genel tarama) ve FT-IR (Bruker Vertex 70/70v FT-IR Spektrofotometre Cihazında 600-4000 cm⁻¹ dalga sayıları aralığında örneklerin ATR (Attenuated total reflectance, azaltılmış toplam yansıma) ve MCT (Mercury Cadmium Telluride) dedektör) teknikleri ile karakterizasyon çalışmaları yürütülmüştür.



3. Deneysel Bulgular

3.1. X-ışını Kırınım Desenleri (XRD)

Sentezlenen katalizörlerin XRD spektrumları ve hesaplanan bazal aralık değerleri Şekil 16'de verilmektedir. Literatürle uyumlu olarak bazal aralık değeri 1,28 nm ($2\theta=6,92^\circ$) olan destek kil mineralinin, Al-sütunlandırma işlemi ile 001 düzlemine ait pikin 2θ açısının daha küçük açılara kaydığı, bazal aralık değerinin 1,81 nm'ye ($2\theta=6,92^\circ$) arttığı görülmektedir [11, 13, 14]. STA eklemesiyle kristal yapı ve bazal aralık değerlerinde, kil süspansiyonu pH değerine ve STA'nın eklenmesinde kullanılan yöntemle göre bazı farklılıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 16. STA, HWB ve STA/Al-SK katalizörlerinin X-ışını kırınım desenleri ve bazal aralık değerleri

R1 metodu ile sentezlenen katalizörler arasında, kil süspansiyonu pH değeri 9 olan ve düşük W/Al oranında sentezi gerçekleştirilen katalizörün kristal yapısında ve bazal aralık değerinde Al-SK yapıya göre belirgin bir değişim gerçekleşmemiştir. Kil süspansiyonu pH değeri farketmeksizin W/Al oranının artışı 001 düzlemine ait pik şiddetlerinde ve bazal aralık değerlerinde iyileşmeler meydana getirmiştir. R2 metodu ile sentezlenen katalizörlerin bazal aralık değerleri R1 metodu ile sentezlenenler ile benzerlik gösterirken, destek Al-SK kristal yapısında iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Düşük W/Al oranında sentezlenen katalizörlerde özellikle bazik kil süspansiyonu şartlarında kristalinite belirgin şekilde iyileşmiştir. W/Al oranı artışı kristal yapıda bozulma meydana getirmiştir. Kil süspansiyonu pH değerindeki düşüş ile bazal aralık değerleri de nispeten azalırken, R1 metodu ile sentezlenen katalizörlere göre iyileşme olmuştur. Kalsinasyon sıcaklığı artışı ile bazal aralık değerleri artmış, kristal yapıda bozulmalar meydana gelmiştir.

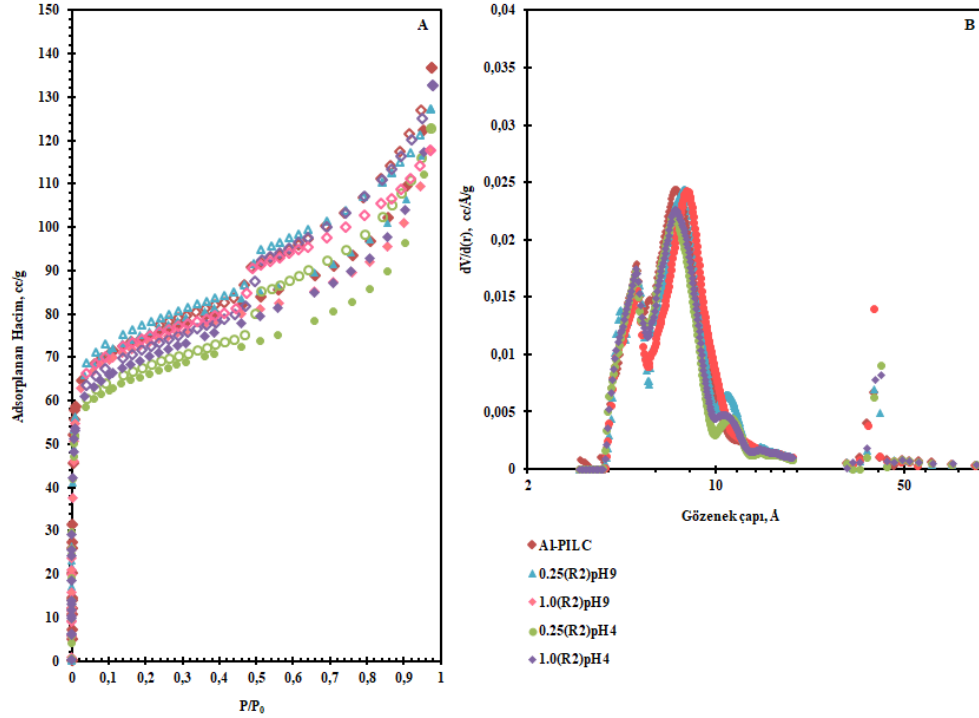
3.2. Azot Adsorpsiyon/Desorpsiyon İzotermeleri

Al-SK ve R2 metodu ile düşük ve yüksek W/Al oranlarında, farklı kil süspansiyonu pH değerlerinde sentezlenen katalizörlerin adsorpsiyon/desorpsiyon izotermeleri ve gözenek çap dağılım eğrisi Şekil 17'de, bu verilerden elde edilen yapısal özellikler ise Tablo 9'de verilmektedir. İzotermelerin IUPAC Tip IV sınıfı mikro-mezo gözenekli yapıyı temsil ettiği görülmektedir. İzotermelerde mezo gözenek bölgesinde meydana gelen histerisis şekilleri ise de-Boer histerisis sınıflandırmasına göre tip B sınıfına benzemektedir ve bu tip histerisis yapıda paralel tabakalar arasındaki boşluğu göstermektedir [8, 15].

Tablo 9. Al-SK ve STA/Al-SK katalizörlerin N₂ adsorpsiyon/desorpsiyonu ile belirlenen yüzey özellikleri

Katalizör	d001, nm	Tek nokta yüzey alanı, m ² /g	Çok nokta yüzey alanı, m ² /g	Mikro gözenek hacmi, cm ³ /g	Mezo gözenek hacmi, cm ³ /g	Ortalama mikro gözenek çapı (Å)	Ortalama mezo gözenek çapı (Å)
Al-SK	1,81	240,2	236,6	0,083	0,127	5-7,1	38,3
0,25(R2)pH9	1,85	237,5	235,5	0,040	0,160	4,4-7,6	38,7
1,0(R2)pH9	1,86	228,3	238,0	0,040	0,140	5,1-7,8	37,7
0,25(R2)pH4	1,80	212,3	209,1	0,034	0,156	5-7	40,7
1,0(R2)pH4	1,84	225,7	223,1	0,035	0,165	5-7	41,0





Şekil 17. STA/Al-SK katalizörlerin (A) Azot adsorpsiyon/desorpsiyon izotermi, (B) Horvath-Kawazoe (HK) ve Barrett, Joyner, Halenda (BJH) gözenek çap dağılımları

Literatürde destek kil minerali olan HWB'nin yüzey alan değerinin 70-80 m²/g arasında değiştiği görülmektedir ve literatürle uyumlu olarak alüminyum sütunlandırma ile bu değer artarak 236,6 m²/g değerine ulaşmıştır [11, 13]. Bazı kil süspansiyonu pH değeri ile düşük ve yüksek W/Al oranında STA yüklemesi yapılan katalizörlerin izoterm davranışı Al-SK yapıya göre değişim göstermemiştir. Yüksek W/Al oranında sentezlenen katalizörün histerisi düşük W/Al oranında sentezlenen katalizöre göre oldukça açılmıştır. Kil süspansiyonu pH değerinin düşüşü ile yüzey alan değerleri ve mikro gözenek bölgesinde adsorplanan gaz hacminde düşüş meydana gelmiştir. Tüm katalizörler mikro gözenek bölgesinde çift, mezo gözenek bölgesinde ise tek dağılımlı davranış sergilemiştir. Literatürde Al-SK için 4-5 Å olarak belirtilen ortalama mikro gözenek çapı ile tutarlı olarak sentezlenen Al-SK yapının ortalama mikro gözenek çapı 5-7,1 Å olarak bulunmuştur [9]. Eklenen STA miktarının değişmesiyle mikro ve mezo gözenek çaplarında belirgin bir değişim gerçekleşmemiştir. STA/Al-SK katalizörlerinin mezo gözenek hacim değerleri Al-SK yapıya göre fazla bir değişim göstermezken mikro gözenek hacim değerleri neredeyse yarı yarıya azalmıştır.

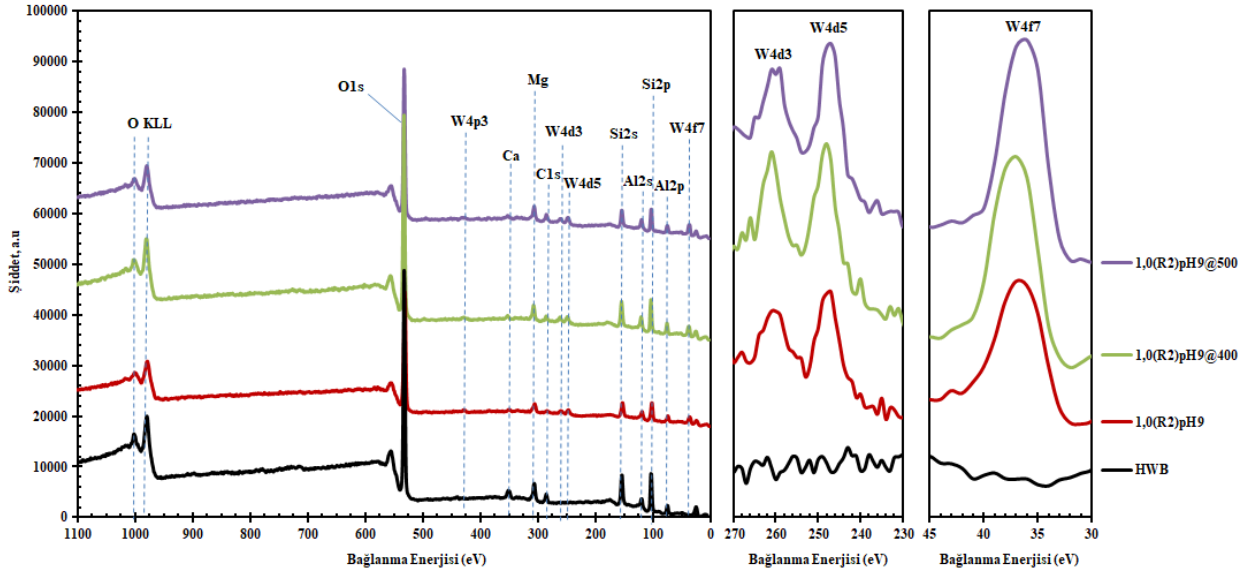
3.3. X-Işını Foto Elektron Spektroskopisi (XPS)

Yüksek W/Al oranında R2 metodu ile sentezlenen farklı sıcaklıklarda kalsine edilmiş katalizörlerin XPS spektrumları Şekil 18'de, bu spektrumdan görülen piklerin bağlanma enerjisi ve temsil ettiği bileşiklerin açıklaması Tablo 10'de verilmektedir.

Tablo 10. Spektrumda görülen elementlerin bağlanma enerjileri, buldukları orbitaller ve temsil ettikleri yapılar [15, 16]

Element	Elektronik Konfigürasyon	Bağlanma Enerjisi (eV)	Orbital	Pikin temsil ettiği yapı
W	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ² 3d ¹⁰ 4p ⁶ 5s ² 4d ¹⁰ 5p ⁶ 6s ² 4f ¹⁴ 5d ⁴	36	4f ₇	WO ₃ [17]
		248	4d ₅	WO ₃ [18]
		261	4d ₃	W ve C kompleks bileşikleri [15]
		426	4p ₃	W ve C kompleks bileşikleri [15]
Al	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹	74	2p	Keggin yapıdan gelen Al [13, 14]
		119	2s	Kil yapısından gelen Al [13, 14]
Si	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ²	102	2p	Kil mineralindeki SiO ₂ 'nin karakteristik piki [13, 14]
		154	2s	SiO ₂ [15]



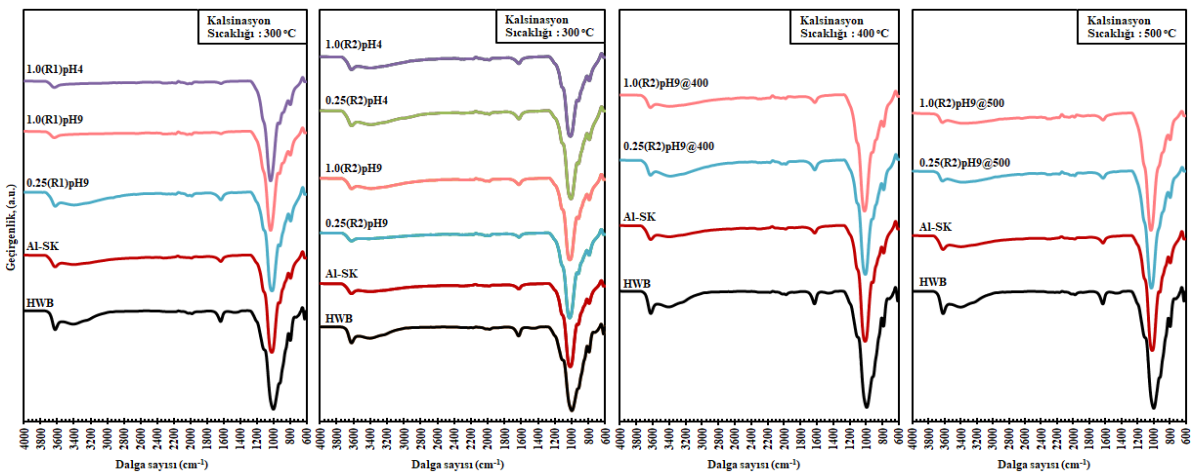


Şekil 18. HWB kili ve farklı sıcaklıklarda kalsine edilmiş STA/Al-SK katalizörlerinin XPS spektrumları

285 eV'da görülen C1s piki ölçüm ortamındaki CO₂'den, 532 eV'daki O1s piki ise yapıdaki SiO₂ ve Al₂O₃'den kaynaklanmaktadır [13, 14]. Destek kil minerali olan HWB'nin yapısındaki kalsiyumu temsil eden 246 eV'daki Ca pikinin STA/Al-SK katalizörlerinde neredeyse kaybolduğu görülmektedir. STA yüklemesi yapılan katalizörlerin kalsinasyon sıcaklığı arttıkça W'e ait pik şiddetlerinin arttığı belirlenmiştir. Al ve W'e ait piklerin en şiddetli olduğu katalizör 1,0(R2)pH9@400 katalizörü olarak belirlenmiştir.

3.4. Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektroskopisi (FT-IR)

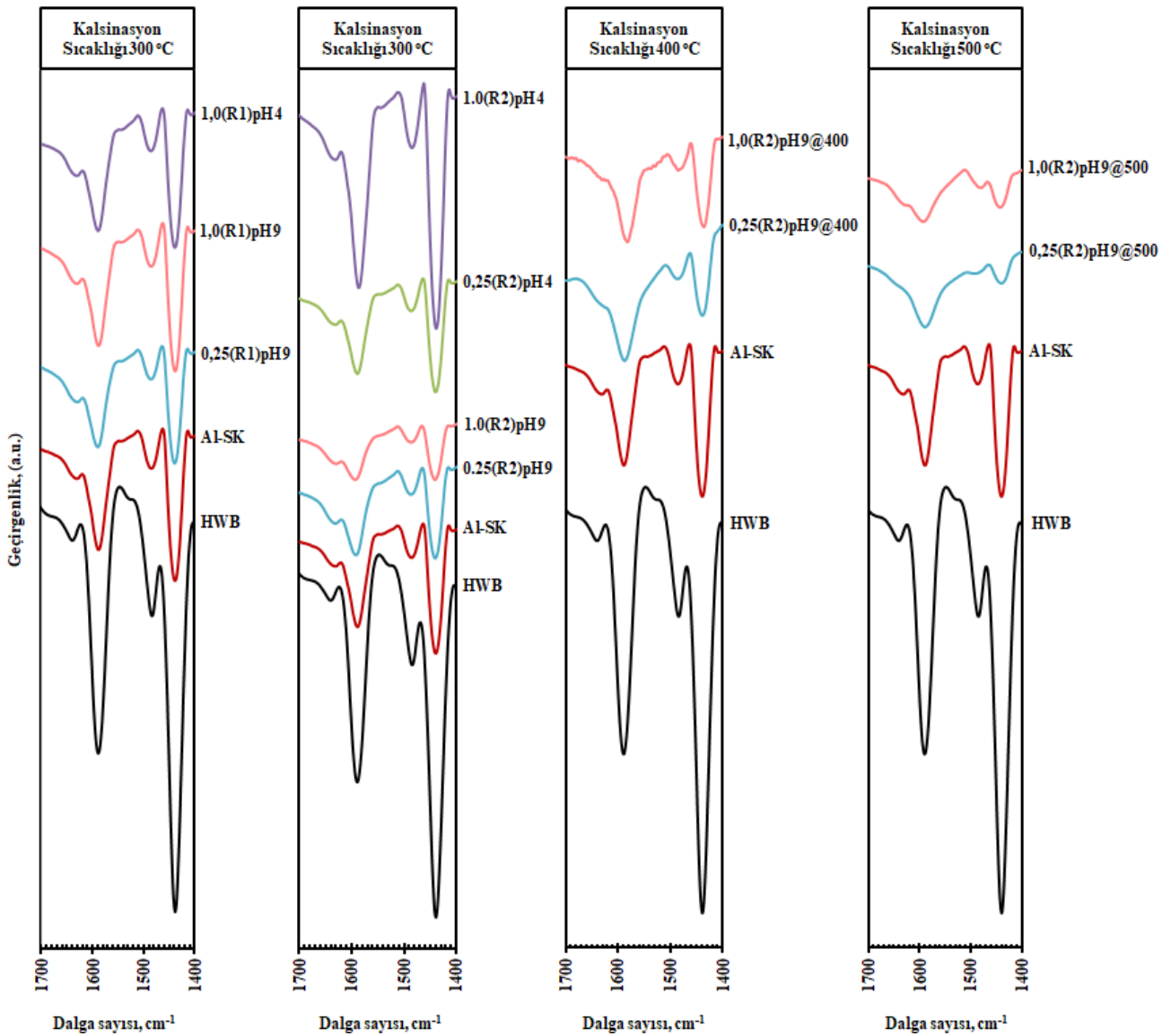
HWB, Al-SK ve sentezlenen tüm STA/Al-SK yapılarının 600-4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki FT-IR spektrumları Şekil 19'de verilmektedir. Yaklaşık 3630 cm⁻¹ dalga sayısındaki yapısal OH gruplarını temsil eden pik şiddeti destek kil mineraline kıyasla sentezlenen tüm yapılarda azalmıştır [19-21]. 400 °C'de kalsine edilen 0,25(R2)pH9 katalizöründe söz konusu bu pik, aynı parametrelerle sentezlenmiş 300 °C'de kalsine edilmiş katalizöre göre artmıştır. Literatürde 3412 ve 3410 cm⁻¹ dalga sayısındaki pikler sırasıyla, OH gerilmeleri ve silikaya bağlı OH gerilmeleri olarak tanımlanmaktadır [12, 13]. Yaklaşık 3410 cm⁻¹ dalga sayısındaki bu pik 1,0(R1)pH9, 1,0(R2)pH4 ve 0,25(R2)pH9 katalizörlerinde kaybolurken, sentezlenen diğer STA/Al-SK katalizörlerinde Al-SK yapıya kıyasla artış göstermiştir. Yaklaşık 1635 cm⁻¹ dalga sayısındaki görülen pik suyun -OH deformasyonunu ve yüzey OH gruplarını temsil etmektedir. Bu pikin şiddeti tüm katalizörlerde destek kil mineraline kıyasla azalmış, özellikle R1 metodu ve asidik kil süspansiyonu koşullarında sentezlenen katalizörlerde söz konusu pikin neredeyse kaybolduğu görülmüştür [12, 13]. Si-O-Si bandını temsil eden yaklaşık 1050 cm⁻¹ dalga sayısında görülen şiddetli pik 937 cm⁻¹ dalga sayısında bir omuz vermektedir ve Al-sütunlandırma ile bu omuz aşağı çekilmiş, STA eklenmesi ile Al-SK yapıya göre bir değişim gerçekleşmemiştir [13, 19, 21]. Literatürde W-O-W gerilmesini temsil eden yaklaşık 895 cm⁻¹ dalga sayısındaki pik, özellikle R1 metodu ile sentezlenen katalizörlerde W/Al oranının artışıyla belirginleşmiştir [22]. 714 cm⁻¹ dalga sayısı civarında Al-O bandını temsil eden pik destek kil mineralinde belirgin değilken Al-sütunlandırma işlemi ile yayvanlaşmış, özellikle düşük kil süspansiyonu pH değeri şartlarında sentezlenen katalizörlerde bu yayvanlaşma daha da belirginleşmiştir [23].



Şekil 19. HWB, Al-SK ve STA/Al-SK katalizörlerinin 600-400 cm⁻¹ dalga sayısı aralığındaki FTIR spektrumları



Sentezlenen katalizörlerin yüzey asitliklerinin belirlenmesi için yürütülen piridin adsorpsiyonu sonrası 1400-1700 cm^{-1} dalga sayısı aralığında alınan FTIR spektrumları Şekil 20’de verilmektedir. HWB, Al-SK ve tüm STA/Al-SK katalizörlerinde 1445 ve 1596 cm^{-1} dalga sayılarında Lewis asit merkezlerini, 1635 ve 1540 cm^{-1} dalga sayılarında Bronsted asit merkezlerini, 1490 cm^{-1} dalga sayısında ise Lewis+Bronsted asit merkezlerini temsil eden piklerin varlığı görülmektedir [13, 20, 21]. Destek kil minerali ve sentezlenen tüm katalizörlerde Lewis asiditesinin baskın olduğu, en şiddetli piklerin HWB ile elde edildiği belirlenmiştir. Gerek R1 gerekse R2 metodu ile sentezlenen katalizörlerin Lewis asitliğini temsil eden pik şiddetlerinin HWB ve Al-SK yapıya göre düştüğü gözlemlenmiştir. R1 metodu ile sentezlenen katalizörler bir arada değerlendirildiğinde, bazik kil süspansiyonu koşullarında sentezi gerçekleştirilen katalizörlerde W/Al oranındaki artış ile 1145 cm^{-1} ve 1596 cm^{-1} dalga sayısındaki Lewis asitliğini ve 1490 cm^{-1} ’deki Lewis+Bronsted asit merkezlerini temsil eden piklerin şiddetinin arttığı görülmüştür. W/Al oranı 1,0 olan katalizörlerde ise kil süspansiyonu pH değerinin düşüşüyle Lewis asitliğini temsil eden piklerin şiddetlerinin düştüğü, Lewis+Bronsted asit merkezlerini temsil eden pik şiddetinin değişmediği belirlenmiştir. 1635 cm^{-1} dalga sayısındaki Bronsted asitliğini temsil eden pik şiddetlerinde bir değişim görülmemiştir. R2 yöntemi ve bazik kil süspansiyonu şartlarında sentezlenen katalizörlerde W/Al oranının artışı ile 1445 cm^{-1} ve 1596 cm^{-1} dalga sayısındaki Lewis asiditesi piklerinin ve 1490 cm^{-1} dalga sayısındaki Lewis+Bronsted asit merkezlerini temsil eden piklerin şiddetinin düştüğü, 1635 cm^{-1} dalga sayısındaki Bronsted asitliğini temsil eden pikin ise aynı kaldığı görülmüştür. Asidik kil süspansiyonu şartlarında sentezlenen katalizörlerde ise Lewis asitliğini içeren tüm piklerde tersi davranış görülmüş, W/Al oranı artışı ile pik şiddetleri belirgin şekilde artmıştır. Kalsinasyon sıcaklığı artışı ile yapıdaki Lewis asiditesinin belirgin şekilde azaldığı, Bronsted asitliğinin ise neredeyse kaybolduğu görülmüştür.



Şekil 20. Oda sıcaklığında piridin adsorplanmış HWB, Al-SK ve STA/Al-SK katalizörlerinin 1400-1700 cm^{-1} dalga sayısı aralığında FTIR spektrumları



4. Tartışma ve Yorum

XPS spektrumlarından destek kil minerali olan HWB'nin yapısında bulunan Ca'un sütunlandırılmış yapılarda neredeyse kaybolduğunun görülmesi, iyon değiştirme basamağının başarılı olup, sütunlandırma işleminin gerçekleştiğinin bir göstergesi olmuştur. Al-SK yapının yüzey alan değerinde ve bazal aralık değerinde HWB kiline göre gerçekleşen artış da sütunlandırma işleminin başarılı olduğunu desteklemektedir. Sentezlenen tüm STA/Al-SK katalizörlerin XRD spektrumlarından, Al-SK kristal yapılarının korunduğu görülmektedir. STA'nın kararlı olduğu pH aralığı 2 ile 6 iken Al-Keggin yapının kararlı olduğu pH ise 4'tür. Gerek STA'nın gerekse Al-Keggin katyonunun yapısının korunması amacıyla düşük kil süspansiyonu pH değerinde de çalışılmıştır [24]. R2 metodu ve pH değeri 9 olan kil süspansiyonu ile sentezlenen katalizörlerde W/Al oranının artışı ile kristal yapıda bozulma meydana gelmiştir. Bu durumun STA'nın kararlı olduğu pH değerleri dışında olan kil süspansiyonuna doğrudan eklenmesiyle heteropoli anyonunun yapısının bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gerek R1 gerekse R2 metodu ile sentezlenen katalizörlerin XRD spektrumlarında STA'nın pikleri belirgin olarak görülmezken $2\theta=6,5^\circ$ den büyük açılarda dalgalanmalar görülmektedir. STA'ya ait karakteristik piklerin görülmemesi, kullanılan miktarın az olması ya da tespit edilebilecek büyüklükte bileşikler oluşturulmaması şeklinde yorumlanmıştır. 300 °C'de kalsine edilen katalizörler arasında kristal yapısında en belirgin iyileşme olan ve bazal aralık değeri en yüksek bulunan 0,25(R2)pH9 katalizörünün yüzey alanı değerinin de asidik kil süspansiyonu şartlarında sentezlenen katalizörlere oranla daha yüksek olması birbirini desteklemektedir. Literatürde kalsinasyon sıcaklığı artışı ile bazal aralık değerlerinin düştüğü belirtilmiştir [11, 25]. Bu çalışmada ise 400 ve 500 °C'de kalsine edilen katalizörlerin bazal aralık değerlerinin bazı katalizörlerde bir miktar arttığı, bazılarında ise 300 °C'de kalsine edilenlerle benzer olduğu görülmektedir. Literatürden farklı gerçekleşen bu davranışın Al-Keggin katyonu ile heteropoli anyonunun sinterleşerek beklenenden daha büyük yapılar oluşturulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. XPS sonuçlarından da bazal aralık değeri en yüksek olan 1,0(R2)pH9@400 katalizöründe Al ve W'yu temsil eden piklerin şiddetlerinin diğerlerine oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Birbiri ile tutarlı bu iki sonuç sütunlandırma işlemi sırasında Al ve W'nun yapıya oldukça iyi yerleştiğinin ve W'nun yapıya termal olarak kararlı bağlandığının göstergesi olmuştur. Tüm katalizörlerin FTIR spektrumlarında W-O-W ve W=O bağlarına ait piklerde ufak değişiklikler olsa da söz konusu bağları temsil eden pikler belirgin bir şekilde görülmemektedir. Bu durum W'nun kil minerali ile bağ yapmadan yüzeye tutunduğunu düşündürmektedir. Bronsted asitliğinin yüksek olduğu bilinen STA eklenmesi ile STA/Al-SK katalizörlerinin yapısında Bronsted asitliğini temsil eden piklerin artması beklenirken tüm katalizörlerde Lewis asitliği baskın olmuştur. Sütunlandırma ve STA yüklemesi ile metal oksit yapıların oluşması, kalsinasyon işlemiyle yapıdan OH ve suyun uzaklaşması nedeniyle Lewis asitliğinin baskın olduğu düşünülmektedir.

5. Sonuç

STA yüklü Al-SK katalizörlerin hidrotermal sentezi literatürde ilk olarak başarı ile yürütülmüştür. R1 metodu ile sentezlenen katalizörlerde kil süspansiyonu pH değeri farketmeksizin, W/Al oranı artışı ile sütunlu yapıya ait kristal yapı iyileşmiştir. R2 metodu kristaliniteyi R1 metoduna göre daha iyi etkilemiştir. En belirgin iyileşme 0,25(R2)pH9 katalizöründe görülmüştür. En yüksek yüzey alan değeri 1,0(R2)pH9 katalizörü ile 238,0 m²/g olarak bulunmuştur. pH değeri düşüştüğü ile yüzey alan değerleri de azalmıştır. XPS analizi ile W'nun yapıya termal olarak kararlı bağlandığı görülmüştür. HWB, al-SK ve STA/Al-SK katalizörlerinin tamamının yapısında Lewis asitliğinin baskın olduğu, STA eklenmesiyle çok az da olsa Bronsted asiditesinin arttığı belirlenmiştir. XRD ve FTIR analizlerinden, kalsinasyon sıcaklığı artışının yapıda belirgin değişimlere neden olmadığı görülmüştür.

6. Kaynakça

1. Corma, A., "Solid acid catalysts", *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 2(1), 63-75, 1997.
2. Misono, M., Okuhara, T. and Mizuno, N., *Catalysis by heteropoly compounds, Successful design of catalysis*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1988.
3. Okuhara, T., Mizuno, N. and Misono, M., *Catalytic chemistry of heteropoly compounds*, Elsevier, 1996.
4. Timofeeva, M., "Acid catalysis by heteropoly acids", *Applied Catalysis A: General*, 256(1-2), 19-35, 2003.
5. Benesi, H. and Winquist, B., *Surface acidity of solid catalysts*, Elsevier, 1979.
6. Velde, B., *Introduction to clay minerals: chemistry, origins, uses and environmental significance*, Chapman and Hall Ltd, London, 1992.
7. McCabe, R. and Adams, J., *Clay minerals as catalysts*, Elsevier, United Kingdom, 2013.
8. Rouquerol, J., Llewellyn, P. and Sing, K., *Adsorption by clays, pillared clays, zeolites and aluminophosphates*, Elsevier, United Kingdom, 2014.
9. Yang, R. T., *Adsorbents: fundamentals and applications*, John Wiley & Sons, New Jersey, 2003.
10. Bergaya, F., Aouad, A. and Mandalia, T., "Pillared clays and clay minerals", *Handbook of clay science*, 1(05), 393-421, 2006.
11. Tomul, F. and Balci, S., "Synthesis and characterization of Al-pillared interlayered bentonites", *Gazi University Journal of Science*, 21(1), 21-31, 2008.
12. Tomul, F. and Balci, S., "Characterization of Al, Cr-pillared clays and CO oxidation", *Applied Clay Science*, 43(1), 13-20, 2009.
13. Balci, S. and Tecimer, A., "Physicochemical properties of vanadium impregnated Al-PILCs: Effect of vanadium source", *Applied Surface Science*, 330(455-464), 2015.
14. Basoglu, F. T. and Balci, S., "Catalytic properties and activity of copper and silver containing Al-pillared bentonite for CO oxidation", *Journal of Molecular Structure*, 1106(382-389), 2016.
15. İnternet: NIST X-ray Photoelectron Spectroscopy Database. URL: <https://srdata.nist.gov/xps/Default.aspx>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2019
16. Crist, B. V., "A review of XPS data-banks", *XPS reports*, 1(1), 2007.



17. Gurgul, J., Zimowska, M., Mucha, D., Socha, R. and Matachowski, L., "The influence of surface composition of Ag₃PW₁₂O₄₀ and Ag₃PMo₁₂O₄₀ salts on their catalytic activity in dehydration of ethanol", *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 351(0), 1-10, 2011.
18. Ndzebet, E. and Savadogo, O., "Study of the hydrogen evolution reaction in a basic medium on palladium highly dispersed in graphite electrodes electro-activated with SiW₁₂O₄₀-(STA)", *International journal of hydrogen energy*, 20(8), 635-640, 1995.
19. Bineesh, K. V., Kim, D.-K., Cho, H.-J. and Park, D.-W., "Synthesis of metal-oxide pillared montmorillonite clay for the selective catalytic oxidation of H₂S", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 16(4), 593-597, 2010.
20. Caglar, B., Cubuk, O., Demir, E., Coldur, F., Catir, M., Topcu, C. and Tabak, A., "Characterization of AlFe-pillared Unye bentonite: A study of the surface acidity and catalytic property", *Journal of Molecular Structure*, 1089(59-65), 2015.
21. Kooli, F., Liu, Y., Hbaieb, K. and Al-Faze, R., "Characterization and catalytic properties of porous clay heterostructures from zirconium intercalated clay and its pillared derivatives", *Microporous and Mesoporous Materials*, 226(482-492), 2016.
22. Gimeno-Fabra, M., Dunne, P., Grant, D., Gooden, P. and Lester, E., "Continuous flow synthesis of tungsten oxide (WO₃) nanoplates from tungsten (VI) ethoxide", *Chemical engineering journal*, 226(22-29), 2013.
23. Barama, S., Dupeyrat-Batitot, C., Capron, M., Bordes-Richard, E. and Bakhti-Mohammed, O., "Catalytic properties of Rh, Ni, Pd and Ce supported on Al-pillared montmorillonites in dry reforming of methane", *Catalysis Today*, 141(3-4), 385-392, 2009.
24. Haber, J., Pamin, K., Matachowski, L. and Mucha, D., "Catalytic performance of the dodecatungstophosphoric acid on different supports", *Applied Catalysis A: General*, 256(1-2), 141-152, 2003.
25. Basoglu, F. T. and Balci, S., "Micro-mesopore analysis of Cu²⁺ and Ag⁺ containing Al-pillared bentonite", *Applied Clay Science*, 50(1), 73-80, 2010.

NOT: Bu çalışma TÜBİTAK tarafından (114M197) nolu proje ile desteklenmiştir.



YENİDEN KULLANIMA ADAPTASYONDA GELENEKSEL KONUT MEKÂN ORGANİZASYONLARININ MEKÂN DİZİM YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Süheyla Büyüksahin^{1*}, Esra Yaldız², Dicle Aydın³

1Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

suheylabuyuksahin@gmail.com

2,3 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mimaresrayaldiz@gmail.comi, daydin70@hotmail.com

** Sorumlu Yazar*

Özet

Yeniden kullanım olgusu tarihi bir yapıyı yaşam alanları içerisine tekrar dâhil etmeyi, yeni fonksiyonel gereksinimleri karşılamak için bir dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Yeniden kullanıma adaptasyonda yeni işlev için düzenlenen mekânlarda, kullanıcıların gereksinimlerinin karşılanması işlevin sürekliliği, dolayısıyla yapının sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Yapının sürdürülebilirliğinin sağlanması için, bünyesinde barındırdığı mekânsal dizge önem taşımaktadır. Yapının özgün mekânsal dizgesi, yeni işlevin gerektirdiği ihtiyaçları karşılayabilmeli, mekânsal organizasyon yeni işlevin ilişkiler kurgusuna uygun olmalıdır. Çalışmada mekân dizim yönteminin, yapısal çevrenin tanımlanabilmesi için kullanılan bir teori ve araç olduğu gerçeği üzerinden yola çıkılarak, yeniden güncel bir amaç için kullanılması düşünülen sivil mimarlık örneklerinin analizi ve analiz sonucunda mekânların yeni işleve adaptasyonunun yeterliliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Örneklem alanda Konya kent merkezinde yer alan ve günümüzde özgün işlevlerinden farklı amaçlar ile kullanılan 3 sivil mimarlık örneği ele alınmıştır. Bodrum + Zemin + 1. kattan oluşan ve sofalı plan şemalarına sahip olan yapıların, özgün ve güncel kullanımlarındaki mekânsal biçimlenmeleri kıyaslanmış; mekânsal dizim şemaları, mekânsal derinlik ve bütünleşme analizleri ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yeniden Kullanım, Geleneksel Evler, Mekân Dizimi, Mekân Organizasyonu*

1. Giriş

Hızlı kentleşme ile sosyal ve toplumsal hayatta yaşanan değişimin yansımaları geleneksel dokuyu oluşturan yapılarda da izlenmekte, geçmişte kalabalık ailelerin yaşadığı geleneksel konutlar günümüzde değişen aile yapısı, gelişen teknoloji ve insanların yükselen fiziksel konfor şartları sebebiyle hem mekânsal hem de işlevsel gereksinimleri karşılayamamaktadır. Özgün işlevleri ile kullanılamamaları sebebiyle terk edilen ve bakımsız kalan geleneksel konutların, kentin özgün kimliğini oluşturan mimari öğeler olarak korunmaları ve gelecek nesillere aktarılmaları kent kimliğinin sürekliliği için önem arz etmektedir.

Koruma bilinci ve politikalarındaki gelişmelere bağlı olarak son yıllarda özgün işlevini yitirmiş tarihi ve geleneksel yapıların sürekliliğinin sağlanarak korunması gündeme gelmiştir. Bu anlamda yaşanan değişimin gerektirdiği farklı mekânsal gereksinimleri karşılayamayan yapılara yeni işlevler verilerek yeniden kullanımlarının sağlanması ile bu yapılar kent yaşamı ile bütünleşerek gelecek nesillere aktarılabilirlerdir. Günümüzde eski tarihi kent merkezinde yer alan ve kentin geleneksel dokusunu oluşturan ancak özgün işlevleri ile kullanılmayan geleneksel konutların da yeni işlevler ile yeniden kullanımları sağlanmaktadır.

Geleneksel yapılara yeni işlevler verilerek yeniden kullanımlarının sağlanmasında önem arz eden faktörlerden birisi seçilen işlevin yapının mekânsal organizasyonuna uygun olması durumudur. Bu çalışmada Konya tarihi kent merkezinde yer alan ve özgün işlevlerinden farklı amaçlar için kullanılan 3 sivil mimarlık örneği ele alınmış, özgün ve güncel mekânsal biçimlenmeleri kıyaslanarak mekânsal dizim şemaları, derinlik ve bütünleşme analizleri ile değerlendirilmiştir. Derinlik ve bütünleşme analizleri mekânın kullanım yoğunluğunu gösteren ve yeni işlev için mekânlardaki eylemlerin neler olabileceğini belirleyen değerler olarak kabul edilmiştir.

2. Yeniden Kullanım Kavramı

Toplumlarda yaşanan değişimin yansımaları öncelikle insanların ihtiyaçlarında daha sonra da bu ihtiyaçlara dayalı olarak şekillenen mekânlarda ve yapılarda görülmekte; geçmişteki işlevi ile günümüzde var olamayan yapıların ikincil bir işlevle kent yaşamındaki varlığını sürdürmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle tarihi yapıların yeni işlevler ile yeniden kullanımının sağlanması özgün işlevleri ile korunamayacak olan yapıların kentsel hayata katılması ve yaşatılmasını sağlayan bir koruma anlayışı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Koruma kavramı özellikle 19. yy. dan başlayarak önem kazanmış, evrensel olarak yaşanan değişim ve gelişimlerle birlikte değer bulmuştur. Kavramın özünde barındırdığı temel değerler, kendine özgü karaktere sahip olan tarihi ve kültürel dokuların devamlılığında önemlidir. Tarihi ve kültürel değer taşıyan yerleşmelerin ve mekânların sosyo-kültürel ve sosyo-ekonomik koşullar çerçevesinde yeniden kullanımı, işlevsel değer ile ilişkilidir. Verilen yeni işlevle toplumun bir gereksinimi karşılanırken aynı zamanda bir kültür varlığı da işlevsel değeri nedeniyle kullanılarak korunmuş olmaktadır. Ancak mimari değeri ve çevreye olan katkıları dikkate alınmadan önerilen yeni işlevler, yapıların mimari kimliğinin ve özgün elemanlarının ve kurgusunun olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Altınoluk, 1998; Gazi ve Boduroğlu, 2015). Yapılış amacına yönelik günümüzde hizmet veremeyen birçok bina, yeniden kullanıma adaptasyon için değerlendirilmesi gereken bir potansiyele sahiptir (Aydın ve Okuyucu, 2009). Yeniden kullanım, yaşam biçimlerinin



sahnelendiği, farklı politik, sosyal ve ekonomik sürecin ürünleri olan binaların, yeni - çağdaş işlevlerle kullanılması anlamına gelmektedir (Aydın ve ark., 2007). Yapılış amacı dışında farklı bir işlev ile yeniden kullanılan ve olumlu sonuç alınan binalar; verilen işlevle yapının adaptasyon niteliği ile de ilişkili olarak genellikle endüstri yapıları, kervansaray, medrese gibi büyük ölçekli yapılardır. Gündelik yaşamda karşımıza çıkan, bina yapısal büyüklüğü olarak belirli bir ölçüde bulunan, kentsel dokuda bütüncül olarak aynı işlevli yapılarla bir arada olabildiği gibi tekil olarak da var olabilen sivil mimarlık örneklerinin yeni işlevle kullanımları/yeniden işlevlendirilmeleri özellikle tescilli olan örneklerde yaygın olan bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır (Aydın ve ark., 2019).

Mevcut bir binanın sınırları içinde karşılanması beklenen yeni işlevsel gereksinimler ve yeni bir program, orijinal strüktürün mekân düzeninde meydana gelecek birtakım değişim/dönüşümleri gerektirecektir (Eyüce ve Eyüce, 2010). Bu anlamda sürdürülebilir bir adaptasyonda en önemli adımları i. doğru işlev seçimi, ii. başarılı tasarım ve iii. uygulama olarak sıralamak mümkündür. İşlevini yitirmiş bir binaya yeni bir işlev yüklerken kendine özgü mekânsal, organizasyonel ve işlevsel niteliğini belirlemek gerekmektedir. Bu sebeple öncelikle binanın mekânsal analizleri yapılmalı ve düşünülen işleve uygunluğunu belirlenmelidir (Aksoy ve Aydın, 2015). İşlev seçimi adımından sonra gelen tasarım süreci, yeniden kullanıma adapte edilecek tarihi binanın beraberinde getirdiği bazı kısıtlar ile şekillenmekte, yeniden kullanımı önerilen binanın özgün mekânsal özelliklerinin korunması ve tarihi değerini kaybetmeyecek biçimde müdahalelerde bulunulması önemli tasarım problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Tuğlu Karşlı, 2015). Tasarıma veri teşkil edecek konulardan en önemlisi tarihi değer taşıyan binanın yapıldığı dönemi yansıtan mimari dildir. Binanın orijinal mimari dilinin bilinmesi, bugünün mimari dili ile oluşturulacak olan üst dilin temeli olarak değerlendirilebilir. En başarılı yeniden kullanıma adaptasyon projeleri, yapının tarihsel değerini korurken yeni kullanımının işlevsel gerekliliklerine doğru biçimde yanıt verebilen, sosyo-kültürel, ekonomik ve ekolojik bağlamda sürdürülebilir ve yapıya bugünün teknolojisi ve malzemesi ile oluşturulmuş çağdaş bir katman ekleyebilen projeler olarak değerlendirilmektedir (Tuğlu Karşlı, 2015; Tuğlu Karşlı & Aytis, 2018).

Daha çok anıtsal yapılarda ve tarihi sanayi yapılarında görülen işlev değişikliği örnekleri, hızlı kentleşme sonrasında değişen konut alanlarında kalan sivil mimarlık örneklerinde de karşımıza çıkmaktadır. Tarihi değeri olan sivil mimari yapılarındaki işlev değişikliği örnekleri daha az incelenen örnekler olmasının yanı sıra gündelik hayatta çok daha fazla kullanılmaktadır. Genellikle kamu sektörü teşebbüsü ile restorasyonu yapılan ve işlev değişikliğine uğrayan tarihi sivil mimari örnekleri incelendiğinde, işlev dönüşümlerinin konut işlevinden müze, anı evi, kültürel amaçlı tesis, kafe, otel, eğitim - sağlık tesisi gibi birçok işleve dönüştüğü görülmektedir. Bu işlev değişikliği çoğu zaman kültürel ve sosyal anlamda bir imge niteliği taşıyan yapılar seçilerek gerçekleştiği için işlev değişikliği sonucu yapıların büyük bir kısmında özgün plan şeması, mekân kurgusu ve malzemelerin korunduğu ve yaşatılmaya çalışıldığını söylemek mümkündür.




3. Alan çalışması

Çalışmada örnek alan içinde Konya tarihi kent merkezinde yer alan, benzer nitelikler taşıyan ve günümüzde özgün işlevlerinden farklı işlevler için kullanılan 3 sivil mimari örneği ele alınmıştır. Örnek yapılar plan şemaları, mekânsal organizasyonları, mekân dizim analiz şemaları ve mekân dizim parametre (derinlik, bütünlük) değerleri üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

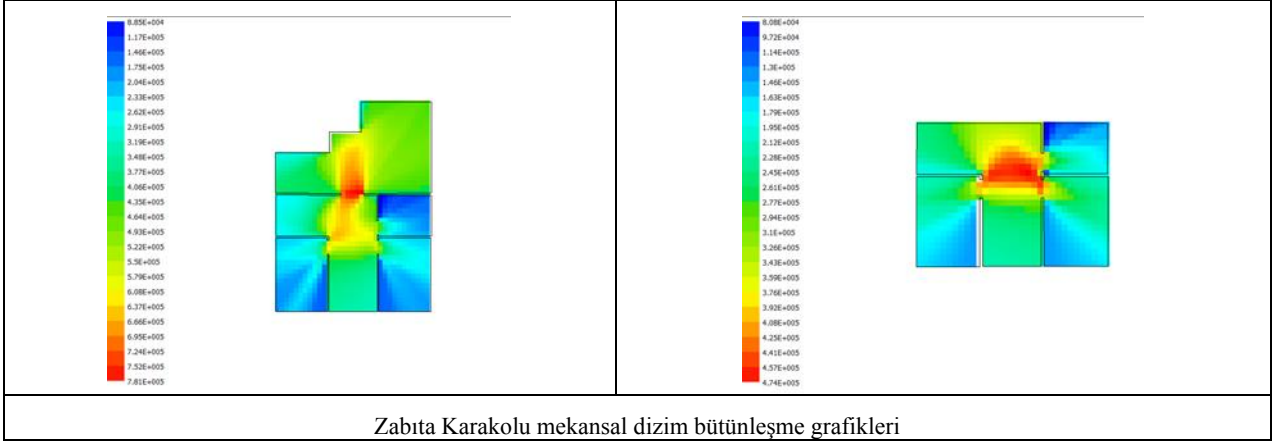
3.1. Konuttan Karakol İşlevine Dönüşüm

20. yy'ın başlarında yapıldığı tahmin edilen konut Karatay ilçesi Köprübaşı Caddesi üzerinde yer almaktadır. Orta sofalı plan şemasına sahip olan yapıda odalar sofaya açılmaktadır. Batı yönünde oda komşuluğunda üst kata erişimi sağlayan merdiven yer almakta, birinci katta sofa cumba olarak sokağa uzanmaktadır. Cumba, aynı zamanda bina ön cephesinin ortasında yer alan kemerli kapıyı vurgulamaktadır. Günümüzde Belediye Zabıta Karakolu olarak kullanılan yapı, zabıta amirinin kullanımına yönelik mekânı, diğer memurların kullandığı çalışma ortamı, çay ocağı-mutfak, giriş holü-bekleme ve arşivden oluşmaktadır. Ofis kullanımına yönelik mekânlar zemin katta odaların dönüştürülmesi ile oluşturulmuş, misafirhane ve toplantı fonksiyonu üst katta çözümlenmiş, avlu mekânı da yarı açık alan olarak kullanılmıştır (Aydın ve ark., 2019).

Tablo 6: Zabıta Karakolu Analiz Tablosu

		
	Zemin Kat	Birinci Kat
Not: Üstteki şemalar ve görsel Aydın ve ark. (2019)' dan alınmıştır.		



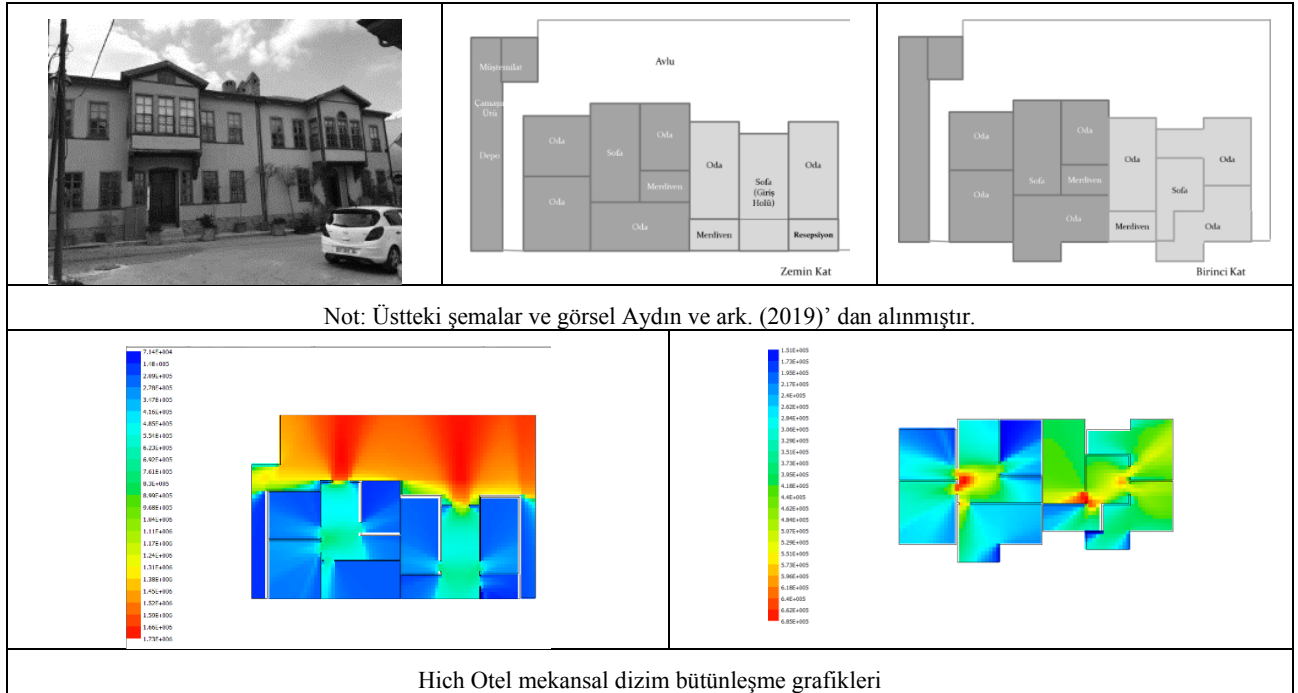


Zabıta Karakolu'nun mekânsal analizinde bütünleşme grafikleri (Tablo 1) incelendiğinde zemin katta avlu mekânının birinci katta ise sofa mekânının diğer mekânlara göre az da olsa daha yüksek bütünleşme değerine sahip olduğu görülmektedir. Zemin katın mekânsal dizim analizi sonucunda ortalama derinlik değeri 1,75, bütünleşme değeri 1,23, birinci katta ise ortalama derinlik değeri 1,65, bütünleşme değeri 0,47 olarak tespit edilmiştir.

3.2. Konuttan Butik Otel Kullanımına Dönüşüm

Konya tarihi kent merkezinde, Karatay İlçesi Aziziye Mahallesi Celal Sokak'ta, Mevlana Müzesi komşuluğunda yer alan yapının yakın çevresinde, otel ve turistik amaçlı ticari mekânlar bulunmaktadır. 20. yy'n ilk yarısına tarihlenen ve bitişik nizam olarak konumlanan iki adet geleneksel Konya Evi'nin birlikte kullanılmasıyla otel olarak işlevlendirilmiştir. Bodrum, zemin ve birinci kattan oluşan konutlar orta sofalı plan tipine sahiptirler. Evlerin Celal Sokak'a doğru çıkan cumbaları girişleri tariflemekte, aynı zamanda her iki konutun Celal Sokak üzerinden avluya da ayrı girişleri bulunmaktadır. İki konut birbirine bodrum katta düzenlenen, tepe pencereleriyle aydınlatılan yemek salonu ile bağlanmaktadır. Otel odaları ise zemin katta ve birinci katta farklı büyüklüklerde olacak şekilde çözümlenmişlerdir (Aydın ve ark., 2019).

Tablo 2: Hich Otel Analiz Tablosu



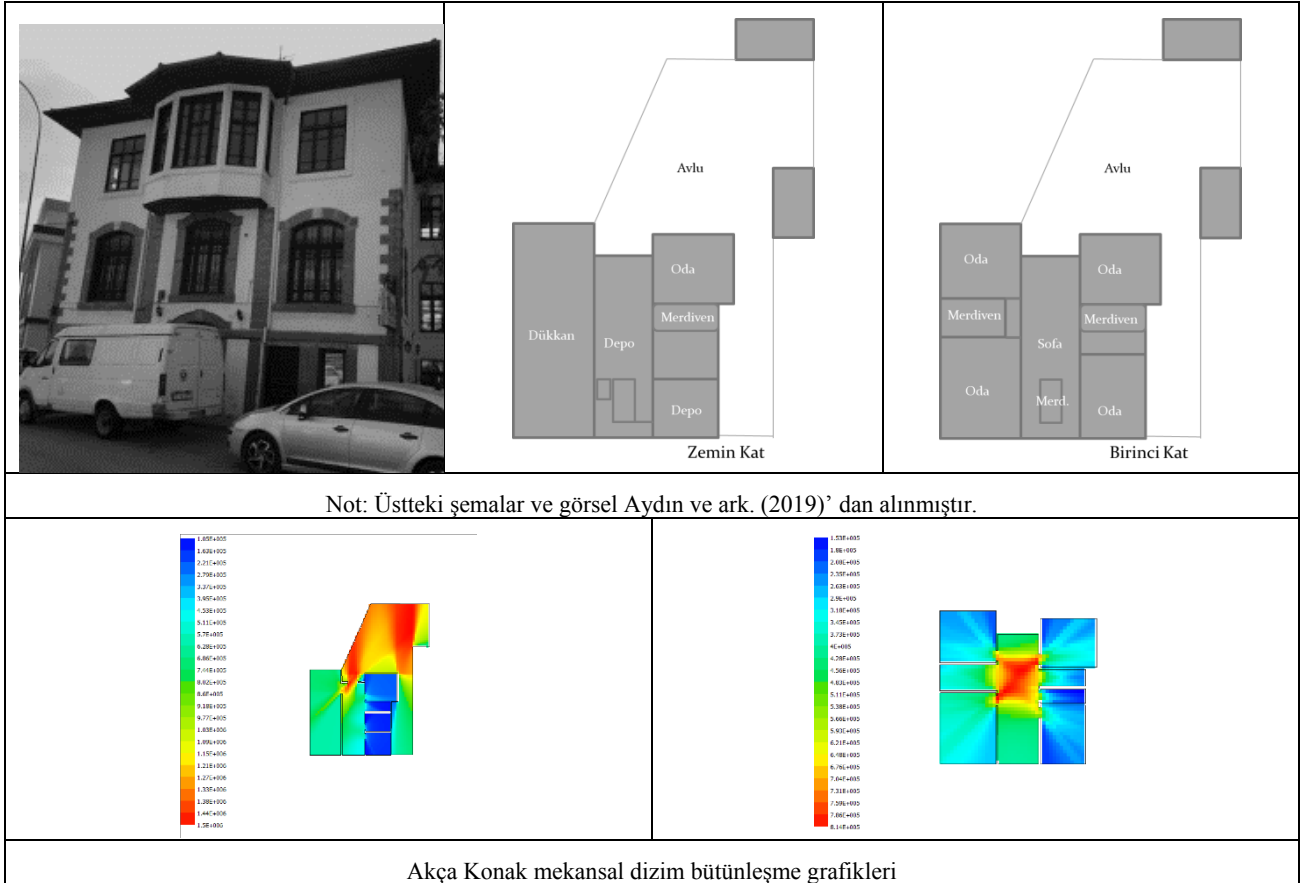
Hich Otel'in mekânsal analizinde bütünleşme grafikleri (Tablo 2) incelendiğinde zemin katta avlu mekânının birinci katta ise sofa mekânlarının diğer mekânlara göre daha yüksek bütünleşme değerine sahip olduğu görülmektedir. Zemin katın mekânsal dizim analizi sonucunda ortalama derinlik değeri 2,45, bütünleşme değeri 6,13, birinci katta ise ortalama derinlik değeri 1,45, bütünleşme değeri 1,48 olarak tespit edilmiştir.



3.3. Konuttan Kafe-Restoran kullanımına Dönüşüm

Konya Tarihi kent merkezinde Karatay İlçesinde konumlanan bina, günümüzde Karatay Belediye Binası, Melike Hatun Çarşısı (Kadınlar Pazarı), iş merkezleri ile kuzeyinde ve doğusunda yer alan tescilli konutların komşuluğunda, Mengüç Caddesi ve Ufuk Sokak üzerinde yer almaktadır. 19.yy sonlarına tarihlenen bir konak olan yapı, zemin, birinci ve ikinci kattan oluşmaktadır. Yığma sistemle kesme ve moloz taş malzeme ile inşa edilmiş olan yapı orta sofalı plan şemasına sahiptir. İkinci kattaki iç sofanın şahnişin mekânı beş köşeli cumba olarak sokağa uzanmakta ve girişi vurgulamaktadır. İç sofaya, doğu ve batı yönde odalar açılmakta, bu odalar arasında katlara erişimi sağlayan merdiven yer almaktadır. Avluya da batı yönündeki merdiven sahanlığından ulaşılmaktadır (Aydın ve ark., 2019).

Tablo 3: Akça Konak Analiz Tablosu



Akça Konak'ın mekansal analizinde bütünleşme grafikleri (Tablo 3) incelendiğinde zemin katta avlu mekânının birinci katta ise sofa mekânlarının diğer mekânlara göre daha yüksek bütünleşme değerine sahip olduğu görülmektedir. Zemin katın mekansal dizim analizi sonucunda ortalama derinlik değeri 2,13, bütünleşme değeri 5,85, birinci katta ise ortalama derinlik değeri 1,72, bütünleşme değeri 1,81 olarak tespit edilmiştir.

4. Değerlendirme ve Sonuçlar

Örnekleme alanında ele alınan yapıların mekân dizim analiz sonucunda elde edilen bütünleşme grafikleri ile derinlik ve bütünleşme parametre değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde:

- Zabıta karakolu olarak kullanılan örnekte avlu ve diğer mekânlarının bütünleşme ve derinlik değerleri arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. İç mekân kullanımı daha yoğun olan yapıda bu durum kullanım niteliği ile paralellik arz etmektedir.
- Butik otel ve nargile kafe olarak yeniden kullanılan sivil mimarlık örneklerinde bütünleşme değeri en yüksek mekânlar avlu olarak dikkati çekmekte, bu durum bu yapıların fonksiyonları özelinde kullanıcılar tarafından yoğun olarak kullanılan avlu mekânının kullanım niteliğini desteklemektedir.
- Çalışma alanında ele alınan tüm yapıların birinci katlarına ait bütünleşme grafikleri incelendiğinde ise hepsinde bütünleşme değeri en yüksek olan mekân sofa olarak göze çarpmakta ve bu durum en çok insan hareketinin gerçekleştiği dolaşım alanı olarak sofanın kullanım niteliği ile örtüşmektedir.

Sosyo-kültürel, toplumsal, ekonomik ve teknolojik değişimlere bağlı olarak işlevsel sürekliliklerini sağlayamayan yapıların zamanın getirdiği mekansal gereksinimleri karşılayabileceği şekilde yeniden işlevlendirilmesi alternatif bir yapı üretim süreci olarak



değerlendirilmektedir. Mevcut bir yapıya özgün işlevinden farklı bir işlev vermenin doğru yolu; öncelikle yapının kent içindeki konumundan başlayarak yapının mekânsal kurgusunun ve buna bağlı niteliklerinin kendi zamanı ve günümüz şartları içinde değerlendirilerek yapıya mümkün olduğunca az müdahalede bulunacak şekilde yeniden yorumlanmasıdır. Bu anlamda yeni işlevin mekânsal gerekliliklerinin ve programın mevcut binanın nitelikleriyle uyumlu olması yapılacak olan müdahaleleri en aza indirmektedir. Mevcut binada örnek kullanıma izin veren alternatif yaşam alanlarının varlığı da yapıların kullanım potansiyellerinin artmasına sebep olmaktadır. Örnek binalarda yer alan avluların, yeni işlevi destekleyecek ve kullanım yoğunluğunu olumlu yönde arttıracak şekilde düzenlenmesi, bu duruma örnek teşkil etmektedir. Çalışmada ele alınan örneklere ait mekân dizim analizi ile elde edilen parametre değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi de yapıların yeniden kullanımında kullanıcılar tarafından yoğunlukla kullanılması öngörülen mekânları ortaya koymaktadır. Bu anlamda ileride uygulanacak olan konut ya da anıtsal yapı ölçeğindeki yeniden kullanım önerilerinde kapalı, yarı açık ve açık mekân kullanımlarında mekânın bütünleşme ve derinlik değerlerinden faydalanılarak yapı için seçilen uygun işlevin mekânsal karşılıklarını doğru bir şekilde planlamak mümkün olacaktır.

Geleneksel dokuyu oluşturan yapıların yeniden işlevlendirilmesinde de, bu yapıların buldukları çevrenin ayrılmaz birer parçası oldukları ve tasarımın temel ilkesi olan yere göre tasarlama ölçütlerinin tam olarak yansıtılması gerekliliği unutulmamalıdır. Kent kimliğini oluşturan geleneksel yapıların korunma biçimleri ve düzeyleri o ülkenin gelişmişlik düzeyini de ortaya koymakta, tarihi belge olma niteliği ve yaşattığı aidiyet duygusuyla da korumanın sosyal boyutunu vurgulamaktadır. Bu bağlamda günümüzde kullanım olanağı bulamayan geleneksel yapıların öncelikle özgün işlevleri ile kullanımı, bu mümkün olmazsa minimum müdahale ile geniş kitleler tarafından benimsenecek ve kullanımına katkı sağlayacak işlevler tercih edilerek yeniden işlevlendirilmesi ile bu yapıların korunması ve sosyal-kültürel sürdürülebilirliğin sağlanması mümkün kılınmalıdır.

5. Kaynakça

- Aksoya, E. & Aydın, D. (2015). *Mimaride Yeniden Kullanım: Sürdürülebilirlik Bağlamında Raziye Takkalı Evinin Yeniden Kullanımı İçin Mekansal Analizler*, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Ankara, 28-30 Mayıs 2015.
- Altınoluk, Ü. (1998). *Binaların Yeniden Kullanımı*. İstanbul: YEM Yayınları.
- Aydın, D., Yıldız, E., Büyükşahin Sıramkaya, S., (2019). *Yeniden Kullanımın İşlevsel Boyutu: Konya Sivil Mimarlık Örnekleri*. Mimarlık Bilimlerinde Güncel Akademik Çalışmalar. Cetinje, Montenegro: Ivpe
- Aydın, D. ve Okuyucu, E.Ş. (2009). *Yeniden kullanıma adaptasyon ve sosyo-kültürel sürdürülebilirlik bağlamında Afyonkarahisar Millet Hamamının değerlendirilmesi*. Megaron Dergisi, 4(1):35-44.
- Aydın, D., Yalçın M. A. ve Şahin, B. (2007). *Konya – Ilgın Redif Taburu ve yeniden kullanım için analizler*. Türk İslâm Medeniyeti Akademik Araştırmalar Dergisi, 4(2):152-171.
- Eyüce, O. & Eyüce, A. (2010). *Design Education for Adaptive Reuse*. International Journal of Architectural Research, 4(2-3), 419-428.
- Gazi A. ve Boduroğlu, E. (2015). *İşlev değişikliğinin tarihi yapılar üzerine etkileri “Alsancak Levanten Evleri Örneği”*. Megaron Dergisi, 10(1): 57-69.
- Tuğlu Karşlı, U. (2015). *İç Mimarlıkta Bir Tasarım Problemi Olarak Yeniden Mimari*. 1. Ulusal İç Mimari Tasarım Sempozyumu Bildiri Kitabı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 144-150
- Tuğlu Karşlı, U. & Aytıs, S., (2018). *Eski Kabuk Yeni İşlev: Yeniden Kullanıma Adaptasyon*. Yapı Dergisi, 435, s:46-51



PERFORMANCE ANALYSIS OF UNIVERSAL FILTERED MULTICARRIER WAVEFORM UNDER SOLID STATE POWER AMPLIFIER

Şakir Şimşir^{1*}, Necmi Taşpınar²

¹*Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Nevşehir*

sakirsimsir@nevsehir.edu.tr

²*Erciyes University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kayseri*

taspinar@erciyes.edu.tr

** Corresponding Author*

Abstract

Universal Filtered Multicarrier (UFMC) is a new waveform presented to the science world for the purpose of meeting the needs of fifth generation (5G) telecommunication technology by eliminating the disadvantages of orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) waveform utilized currently in the fourth generation (4G) telecommunication systems. The problems peculiar to OFDM such as the synchronization requirement among the subcarriers, sensitivity to the frequency offsets and out of band emission are successfully resolved by the UFMC waveform. On the other hand, high peak to average power ratio (PAPR) problem stemming from the usage of multicarrier transmission technique is a fundamental problem encountered in the UFMC waveform as in the OFDM. In telecommunication systems, the signals are amplified by the nonlinear high power amplifiers (HPAs) before the transmission. In case of applying the signals with high PAPR to the inputs of such amplifiers that cannot carry out linear amplification outside a specific power range, the related signals are exposed to deterioration and in consequence of this, the system performance decreases. In this study, the solid state power amplifier (SSPA) having a wide range of usage is integrated to the UFMC waveform for the purpose of investigating the performance of the related waveform under a nonlinear HPA. Then, the bit error rate (BER) performance and spectral characteristic of the UFMC waveform under the SSPA is analyzed for the different values of input back off (IBO) and smoothness (p) parameters determining the working point and linearity degree of SSPA, respectively. According to the simulation studies, the increase in the values of IBO and p both causes an increase in the BER performance of the UFMC waveform and provides a decrease in the amount of out of band emission belonging to the related waveform.

Keywords: 5G, UFMC, high power amplifier (HPA), solid state power amplifier (SSPA).

1. Introduction

With the entrance of fourth generation (4G) cellular technology to our life around 2010, it has been possible to benefit from quality communication with high data rates. However, in less than a decade, drastic increment especially in the usage of smartphones and the other human oriented smart-devices compatible with mobile internet boosted the mobile data traffic as never before. Together with the huge increment in this data traffic, constantly developing mobile services and applications have begun to push the limits of current cellular systems. Moreover, with the new technologies expected to be part of our lives in the near future such as internet of things (IoT) and machine type communication (MTC), the transition from 4G to 5G technology has become inevitable [1-3].

Currently, the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) [4] is employed in 4G air interface. Due to being a multicarrier waveform, OFDM is very suitable to be used in multipath environments. However, some significant shortcomings such as having the problem of out of band emission, requirement of synchronization among the subcarriers in order to prevent the user interference and sensitivity to the frequency offsets make the OFDM insufficient for the next generation telecommunication systems.

The new waveform called universal filtered multicarrier (UFMC) [5-8] is developed for fulfilling the needs of incoming 5G technology. As well as its superior features such as the usage of low length filters in multiple sub-bands which allows burst communication, having low side lobes increasing the robustness to the problem of inter carrier interference (ICI), etc., being possessed of core OFDM features make the UFMC very flexible waveform suitable to be used in multiple services. However, due to being a multicarrier waveform like OFDM, superposition of the subcarriers in time domain gives rise to instant power peaks higher than the average signal power and these power boosts engender the problem of high peak to average power ratio (PAPR) in the UFMC waveform. When amplifying the signals with high PAPR by a nonlinear high power amplifier (HPA) like solid state power amplifier (SSPA) [9] which is commonly employed for signal amplification before the transmission process in telecommunication systems, the aforementioned high peaks enforces the SSPA to reach saturation and in consequence of this, the related high PAPR signals are distorted by the SSPA during the amplification process. Depending on the degree of such degradations in the amplified signals, both the bit error rate (BER) of UFMC and the levels of side lobe ends in the power spectral density (PSD) of the related waveform escalate, simultaneously.

Various studies regarding the influence of nonlinear HPAs on the OFDM system performance are available in the literature [10-13]. In [10], different types of HPAs are analyzed with regard to their effects on the BER and PSD performance of the OFDM system for varied subcarrier numbers, modulation schemes and input back off (IBO) values. In [11], a study on how the BER performance of the OFDM system is affected by the nonlinear distortions stemming from the SSPA-based signal amplification is carried out. In the same



study, some analytic expressions for the controlling parameters determining the intensity of nonlinear distortion are developed. In [12], the effect of amplifying the frequency multiplexed OFDM signals through a nonlinear HPA on the spectral re-growth and BER performance of the system is evaluated via the simulation studies. In [13], in presence of pre-distorter utilized to compensate the nonlinearity of HPA, variation in the BER performance of the OFDM system is investigated for several IBO values.

The paper organization is as follows: In Section 2, the generation of UFMC transmission signal is explained. In Section 3, the explanation about the SSPA and its signal amplification procedure is made. In Section 4, the presentation of the simulation results is carried out and finally, the paper is ended with the conclusions in Section 5.

2. UFMC signal generation

The block diagram given in Figure 1 [5-8] demonstrates the signal generation procedure of the UFMC waveform.

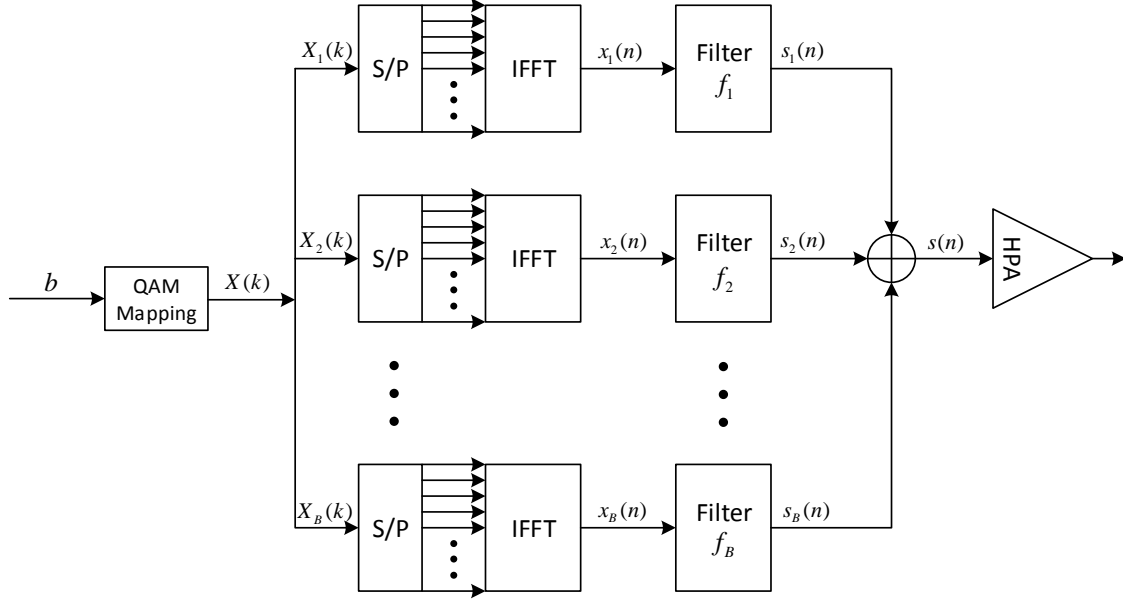


Figure 1: The generation of UFMC signal

As shown in the Figure 1, in the first instance, binary information bits are modulated by any type of quadrate amplitude modulation (QAM) modulator. After that, the QAM symbols acquired following the modulation process are placed to the definite positions in multiple sub-bands. The groups of symbols are then subjected to inverse fast Fourier transform (IFFT) process. The IFFT output signal in the b th sub-band is expressed as follows [5-8]:

$$x_b(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_b(k) e^{\frac{j2\pi kn}{N}}, \quad 0 \leq n \leq N-1; \quad 1 \leq b \leq B \quad (1)$$

In the Equation (1), $X_b(k) = [X_b(0), X_b(1), \dots, X_b(N-1)]$ denotes the IFFT input data in the b th sub-band. The definition of the related data sequence is as follows [5-8]:

$$X_b(k) = \begin{cases} X(k), & \text{if } (b-1)(N/B) \leq k \leq b(N/B) - 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, N-1; \quad b = 1, 2, 3, \dots, B$$

where N , B and k represent the number of subcarrier, the number of sub-band and the subcarrier indices, respectively. In the Equation (2), $X(k) = [X(0), X(1), \dots, X(N-1)]$ denotes the QAM modulator output symbols to be allocated to multiple sub-bands. Following the addition of cyclic prefix and filtering operations, respectively on the time domain signals acquired from the IFFT outputs, the eventual UFMC transmission signal is achieved by adding the filtered signals together as follows [5-8]:

$$s(n) = \sum_{b=1}^B x_b(n) * f_b(n), \quad 0 \leq n \leq N + L_{CP} + L_f - 1 \quad (3)$$



where $f_b(n)$ is the impulse response of the b th finite impulse response (FIR) filter utilized in the b th sub-band. The final transmission signal acquired from the UPMC output is then fed to the nonlinear HPA input. After the amplification process, the amplified signal is given to the channel for transmission.

In Figure 2, PSD graphs belonging to the UPMC waveform and the conventional OFDM are compared. Clear superiority of the UPMC waveform over the OFDM with regard to spectral characteristic can be easily observed from the Figure 2. Thanks to the signal generation procedure carried out in the UPMC waveform, it is possible to obtain the transmission signal with very low side lobes as clearly seen in Figure 2. The parameter values specified for the acquisition of the related PSD graphs and the other simulation studies are given in Table 1.

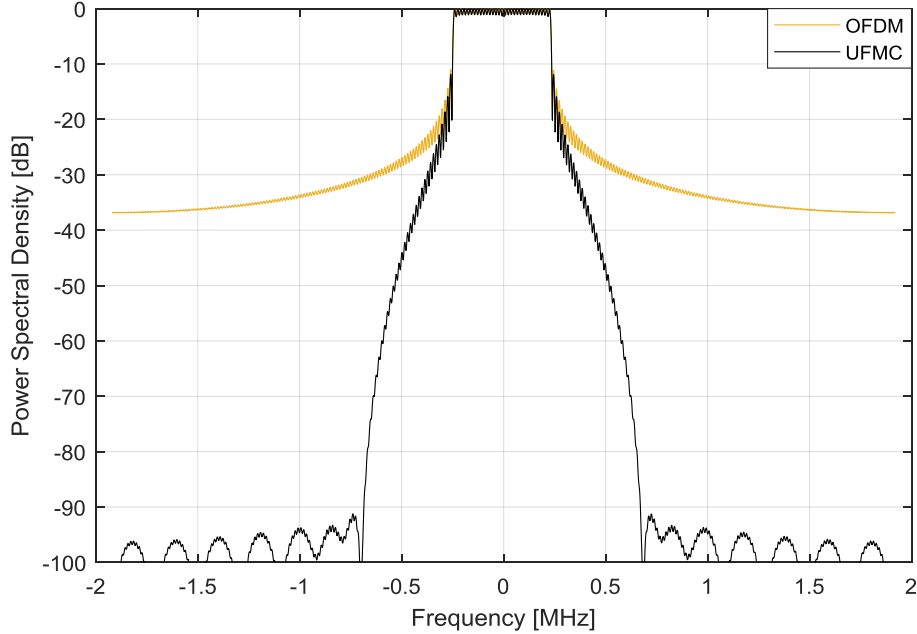


Figure 2: PSD comparison between the UPMC and OFDM waveforms

3. Signal amplification procedure in the SSPA

As a popular representative of nonlinear HPAs, during the amplification process, SSPA distorts the signals possessing the PAPR values greater than a certain level. Such signal degradations result in not only spectral re-growth, but also worsening of BER performance. The signal that is given to the SSPA input and the amplified version of the relating signal are expressed as follows, respectively [9]:

$$x(n) = |x(n)|e^{j\theta(n)} \quad (4)$$

$$r(n) = A_{SSPA}(|x(n)|)e^{j(\theta(n)+\phi_{SSPA}(|x(n)|))} \quad (5)$$

where $|x(n)|$, $\theta(n)$, $A_{SSPA}(|x(n)|)$ and $\phi_{SSPA}(|x(n)|)$ signify the input signal amplitude, input signal phase, output signal amplitude and output signal phase, respectively. $A_{SSPA}(|x(n)|)$ and $\phi_{SSPA}(|x(n)|)$ are defined as follows [9]:

$$A_{SSPA}(|x(n)|) = \frac{|x(n)|}{\left[1 + (|x(n)|/A_0)^{2p}\right]^{1/2p}} \quad (6)$$

$$\phi_{SSPA}(|x(n)|) = 0 \quad (7)$$

where p and A_0 symbolize the smoothness parameter determining the SSPA linearity and output saturation amplitude, respectively. Since the parameter p controls the SSPA linearity, the increase in the value of p will lead to less distortions in the amplified signals.

On the other hand, it is possible to determine the operating point of SSPA by adjusting the IBO parameter which is expressed as follows [9]:

$$IBO = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{sat}}{P_{mean}} \right) \quad (8)$$



where the average power belonging to the input signal and SSPA saturation power are denoted by P_{mean} and P_{sat} , respectively. For greater IBO values, the operating point of SSPA will be around the linear region and in consequence of this, the signals will be amplified with less degradations which result in better BER performance and less spectral re-growth. However, there is a tradeoff between the IBO and power efficiency. It shouldn't be forgotten that, as the value of IBO is increased, the amplification efficiency of SSPA gets worse. Amplification characteristic of a nonlinear HPA is demonstrated via the Figure 3 [9]:

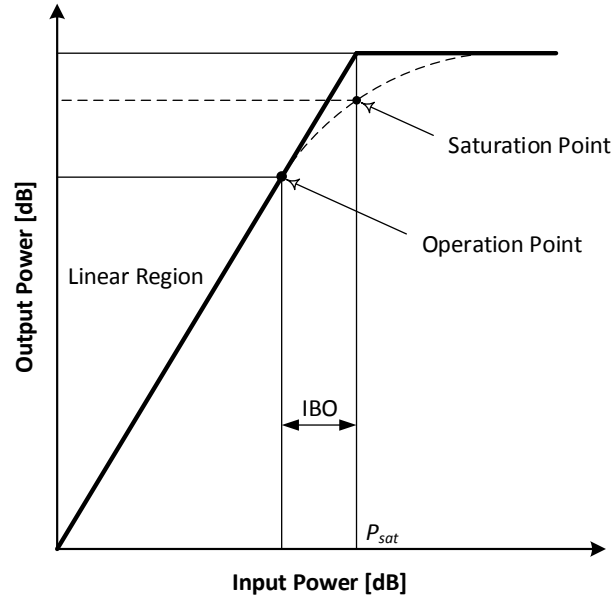


Figure 3: AM/AM characteristic curve belonging to a simple nonlinear HPA

4. Simulation results

In this study, first of all, the integration of SSPA to the UFMFC transmitter end is carried out for the amplification of transmission signals. After that, the effect of SSPA on both the out of band (OOB) radiation and BER performance of the UFMFC waveform is observed via PSD and signal to noise ratio (SNR) – BER graphs, respectively. The simulation parameters are provided in Table-1.

Table 1: Simulation parameters

Number of subcarriers	32
Oversampling factor	L=8
FFT size	256
Modulation method	4-QAM
Sampling frequency	3.84 MHz
Number of sub-band	2
Cyclic prefix length	$L_{CP}=16$
Type of HPA	SSPA
Channel model	AWGN
Filter type	Dolph-Chebyshev

In Figure 4, BER performance of the UFMFC waveform is analyzed for IBO = 0 dB, 2 dB, 4 dB, 6 dB and 8 dB, respectively. The smoothness value determined for this simulation is equal to $p = 2$. As can be easily realized from the Figure 4, BER performance of the UFMFC waveform ascends with the increase of IBO which leads to the shifting of SSPA operating point towards the linear region where the signals are amplified with less distortion.



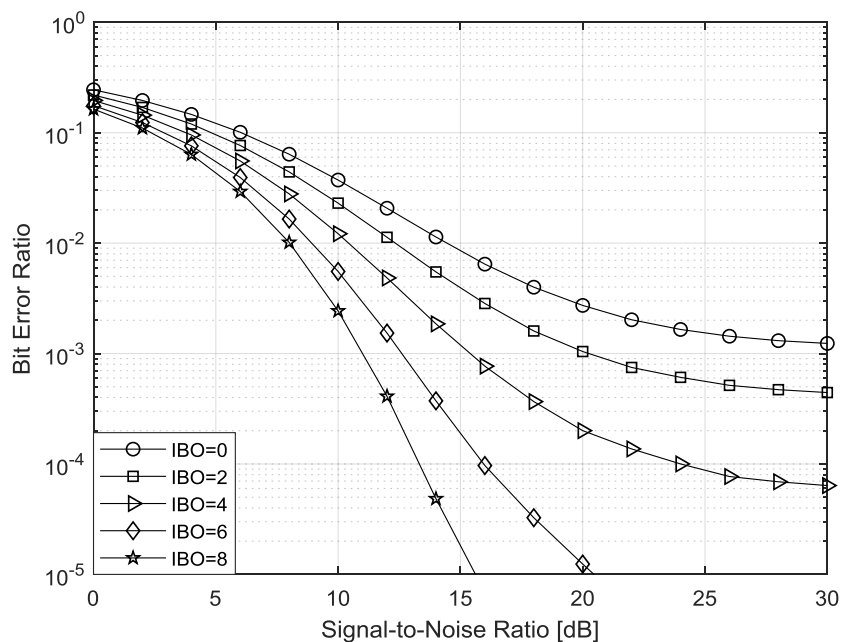


Figure 4: BER performance of UPMC for the increasing IBO values

In Figure 5, the effect of SSPA on the PSD of UPMC waveform is investigated for IBO = 4 dB, 8 dB, 12 dB, 16 dB and $p = 2$. As can be viewed from the Figure 5, by increasing the IBO values, it becomes possible to suppress the side lobe ends of the UPMC waveform employing SSPA towards those of the original UPMC PSD curve acquired by amplifying the transmission signal via the linear HPA. Because, the higher the IBO values, the less the signals are exposed to distortion by the SSPA.

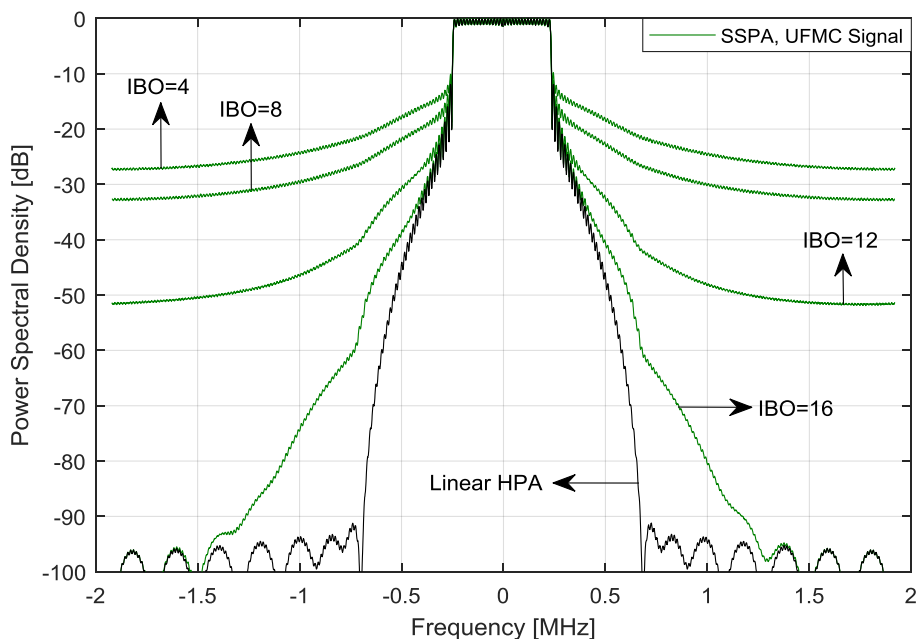


Figure 5: PSD of UPMC for different IBOs

In Figure 6, the performance analysis of UPMC waveform under SSPA is carried out with respect to the BER criteria for varied smoothness values. For this simulation, the values of IBO and p parameters are determined as IBO = 4 dB and $p = 0.5, 1, 2, 3, 4$, respectively. As can be clearly observed from the Figure 6, the increase of smoothness from 0.5 to 4 leads to a significant improvement in the BER performance of the UPMC waveform. Because, with the increase of p , SSPA becomes more linear and in consequence of this, the signal amplification is performed with less degradation.



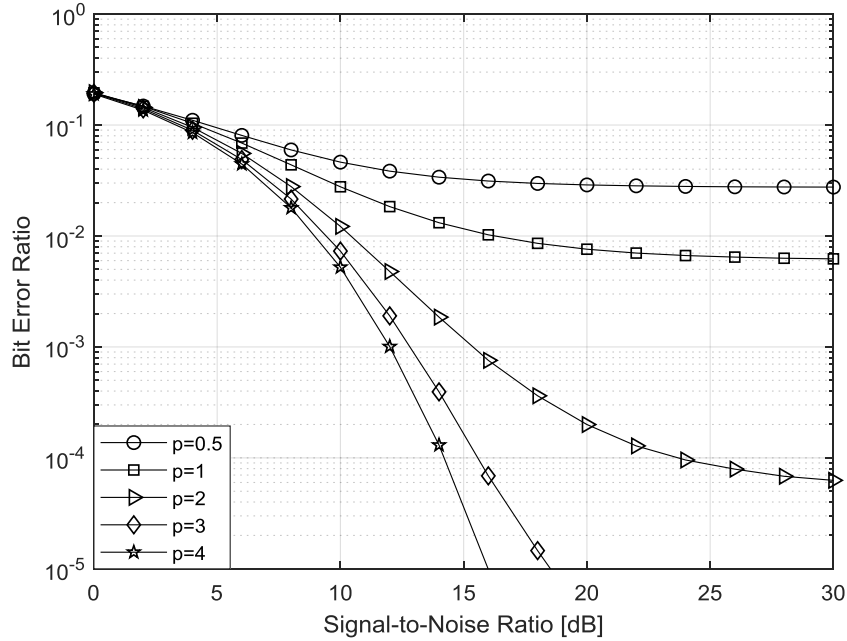


Figure 6: BER performance of UPMC for the growing p values

In Figure 7, the variations in the PSD curve of UPMC waveform are observed for different p values of SSPA utilized for signal amplification in the related waveform. IBO and p values specified for this simulation are as follows: IBO = 2 dB, $p = 1, 2, 3, 4$. As can be seen from the Figure 7, spectral re-growth stemming from the SSPA-based signal degradation can be decreased by increasing the value of parameter p which controls the linearity of SSPA.

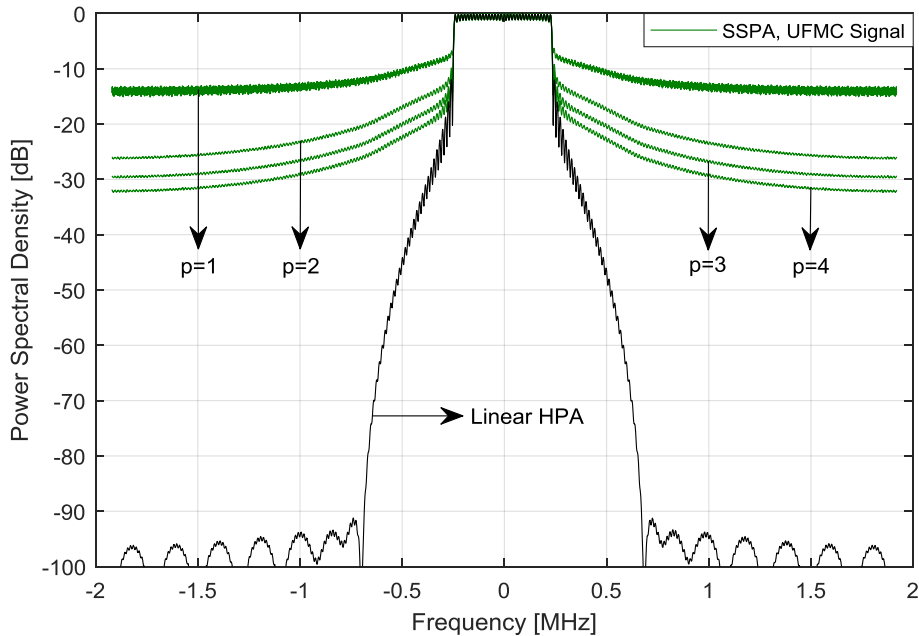


Figure 7: PSD of UPMC for varied p values

5. Conclusions

In this study, in order to observe the performance of UPMC waveform under a nonlinear HPA, SSPA is integrated to the UPMC transmitter. Later on, PSD and BER performance of the UPMC waveform is analyzed for diversified IBO and p values. In the simulations, since the nonlinear HPAs are incapable of performing linear amplification outside a specific power range, SSPA creates distortions on the UPMC signals with high PAPR values during the amplification process and depending on this, PSD and BER performance of the UPMC waveform is affected negatively by the SSPA-based signal amplification. The simulation results also demonstrates that it is possible to decrease the negative effect of SSPA by increasing the values of IBO and p .



6. References

- [1] Eeckhaute, M.V., Bourdoux, A., De Doncker, P., and Horlin, F., “The performance of emerging multi-carrier waveforms for 5G asynchronous communications”, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2017(29), 1-15, 2017.
- [2] Zhang, X., Chen, L., Qiu, J., and Abdoli, J., “On the waveform for 5G”, *IEEE Communications Magazine*, 54(11), 74-80, 2016.
- [3] Fuente, A., Leal, R.P., and Armada, A.G., “New technologies and trends for next generation mobile broadcasting services”, *IEEE Communications Magazine*, 54(11), 217-223, 2016.
- [4] Prasad, R., *OFDM for wireless communications systems*, Artech House, Norwood, 2004.
- [5] Vakilian, V., Wild, T., Schaich, F., Brink, S.T., Frigon, J.F., “Universal-filtered multi-carrier technique for wireless systems beyond LTE”, in *2013 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, Atlanta, GA, USA, 2013.
- [6] Wu, M., Dang, J., Zhang, Z., and Wu, L., “An advanced receiver for universal filtered multicarrier”, *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 67(8), 7779-7783, 2018.
- [7] Duan, S., Yu, X., and Wang, R., “Performance analysis on filter parameters and sub-bands distribution of universal filtered multi-carrier”, *Wireless Personal Communications*, 95(3), 2359-2375, 2017.
- [8] Li, Y., Tian, B., Yi, K., and Yu, Q., “A novel hybrid CFO estimation scheme for UFMC-based systems”, *IEEE Communications Letters*, 21(6), 1337-1340, 2017.
- [9] Di Zenobio, D., Santella, G., and Mazzenga, F., “Adaptive linearization of power amplifier in orthogonal multicarrier schemes”, in *IEEE Wireless Communication System Symposium*, Long Island, NY, USA, 1995.
- [10] Paredes, M.C.P., Grijalva, F., Carvajal-Rodríguez, J., and Sarzosa, F., “Performance analysis of the effects caused by HPA models on an OFDM signal with high PAPR”, in *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, Salinas, Ecuador, 2017.
- [11] Helaly, T., Dansereau, R., and El-Tanany, M., “BER performance of OFDM signals in presence of nonlinear distortion due to SSPA”, *Wireless Personal Communications*, 64(4), 749-760, 2012.
- [12] Banelli, P., Baruffa, G., and Cacopardi, S., “Effects of HPA nonlinearity on frequency multiplexed OFDM signals”, *IEEE Transactions on Broadcasting*, 47(2), 123-136, 2001.
- [13] Ryu, H.-G., Park, J.S., and Park, J.-S., “Threshold IBO of HPA in the predistorted OFDM communication system”, *IEEE Transactions on Broadcasting*, 50(4), 425-428, 2004.

NOTE: This research was funded by Erciyes University Scientific Research Projects Coordination Unit under Grant FDK-2018-8463.



YEŞİL BİNALARIN ENERJİ ETKİNLİĞİNDEKİ ROLÜ

Tuğba İnan Günaydın^{1*}, Ebru Şahin Mercimek²

¹*Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

tugbainan85@gmail.com

² Aksaray Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mim-sahin@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Dünya çapında sürdürülebilir bir gelişme için eğilim bulunmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin büyük bir oranı ısıtma, soğutma, iklimlendirme, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Türkiye'deki toplam enerjinin yaklaşık% 20'si ulaştırma, % 40'ı sanayi ve toplam enerjinin% 40'ından sorumlu binalar tarafından kullanılmaktadır. Bu nedenle, kullanım ömrü boyunca daha az işletimsel enerji tüketen binalar tasarlamak önemlidir. Sürdürülebilir yeşil bina arayışı, mimaride giderek daha önemli bir yer tutmaktadır. Yeşil yapılar, insanların yaşam kalitesini artırarak temiz bir çevre sağlar. Enerji kaynaklarımızı daha verimli kullanmak için de bu iyi bir fırsattır. Sertifika ve derecelendirme sistemli binaların performansının değerlendirilmesi, başarı seviyesinin belirlenmesi açısından çok önemlidir. Bu bağlamda ülkemizde özel değerlendirme ve sertifikalandırma sistemleri geliştirilmelidir. Bu çalışmada öncelikle yeşil bina tasarımında etkili olan faktörler detaylı olarak değerlendirilecektir. Daha sonra dünyada ve Türkiye'de yapılan sürdürülebilir, ekolojik, yeşil, çevre dostu bina tasarımları incelenecektir. BREEAM ve LEED sertifikalı bina örnekleri analiz edilecektir. Doğaya uygun temiz bir çevre için tasarım stratejileri hakkında çıkarımlar yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Binalar, Sürdürülebilirlik, Enerji etkin tasarım, LEED ve BREEAM sertifikalı bina örnekleri

1. Giriş

Dünya üzerinde artmakta olan enerji ihtiyacına karşın tüketilebilir enerji kaynakları günümüzde hızla azalmaktadır. Türkiye'deki toplam enerjinin yaklaşık% 20'si ulaştırma, % 40'ı sanayi ve toplam enerjinin% 40'ından sorumlu binalar tarafından kullanılmaktadır. Binalar enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Bu süreç tasarımcıları, enerji tüketiminde büyük öneme sahip olan bina sektöründe; birtakım yeni bina tasarımlarına yönlendirmektedir. Konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımı ile ortaya çıkan olumsuzlukları bertaraf etmek amacıyla yapı sektöründe de bir takım değişimler gözlemlenmekte ve son zamanlarda yeni inşa edilen yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile sürdürülebilirlik temelli doğayla uyumlu ve çevreci yapılar inşa edildiği görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve bio-yakıtlar gibi kaynaklardır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli potansiyele sahiptir (Uysal, 2011). Sürdürülebilirlik, ekolojik, çevre dostu ve yaşam döngüsü çerçevesinde bütüncül bir anlayışla tasarlanan, iklim koşullarına uygunluk kavramları düşünüldüğünde yeşil binalar ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada insanların yaşam kalitesini arttıran ve temiz gelecek nesillere temiz çevre bırakmada büyük katkısı olan yeşil bina tasarımında etkili olan faktörler öncelikli olarak detaylı olarak değerlendirilecektir. Sonrasında Dünya'da ve Türkiye'de yapılan sürdürülebilir, ekolojik, yeşil, çevre dostu bina tasarımları incelenecektir. BREEAM ve LEED sertifikalı bina örnekleri analiz edilecektir. Doğaya uygun temiz bir çevre için tasarım stratejileri hakkında çıkarımlar yapılacaktır.

2. Yeşil Binalar

Literatürde yeşil bina kavramı ile ilgili olarak birçok tanımlama bulunmaktadır. Birleşik Devletler Yeşil Bina Konseyi'nin (USGBC) tanımlamasına göre yeşil bina; çevresel, sosyal ve ekonomik faydalar arasında sağlıklı ve dinamik bir denge kurulmasını hedefleyen, çevre ve kullanıcı üzerinde ortaya çıkabilecek her türlü olumsuz etkiyi önemi oranda azaltan binalar olarak tanımlanmaktadır (U.S. Green Building Council). Türkiye'de sivil toplum kuruluşu olan Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) ise yeşil binayı; yapının arazisinin bulunduğu yerden, yaşam döngüsü boyunca değerlendirildiği, bütüncül bir anlayışla tasarlandığı, iklim ve yerel verilere uygun, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanan yönelmiş, ekolojik sistemi göz önünde bulunduran, çevreye duyarlı ve doğayla uyumlu yapılar olarak tanımlanmaktadır (ÇEDBİK).

2.1. Yeşil Yapı Tasarımında Etkin Parametreler

Herhangi bir yapıya "yeşil yapı" unvanının verilmesinde rol oynayan etkin parametreler:

- Yapının yer seçimi, iklime uygun tasarım
- Yapının tasarımı ve inovasyonu
- Yapıda kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri (ekolojik, geri dönüştürülebilir, vb.)
- İç ortam hava kalitesi ve kullanıcı konforu
- Yapım tekniği'dir.



2.2. Yeşil Yapıların Genel Özellikleri

Yeşil yapılar barındırdıkları birtakım özellikleri ile dikkat çekmektedir. Bunlar;

- İnşa edildiği kentsel yaşama oksijen sağlama
- Bina ve bulunduğu doğadaki ekolojik dengenin korunması
- Uzun ömürlü, geri dönüşümlü yerel malzemelere öncelik verilmesi
- Farklı teknolojik, yenilikçi yaklaşımlar
- Yağmur sularının faydalanma
- Doğal aydınlatmadan faydalanma (Güneş Enerjisi)
- Etkin ısı yalıtımı
- Enerji etkinliğinin ön plana çıkması
- Yapının ilk yapım maliyetini bir miktar arttırsa da enerji tasarrufu ile enerjiden kazanç sağlamaktadır.

2.3. Yeşil Bina Değerlendirme Sistemleri

Binalarda çevreye duyarlı, ekolojik ve enerji etkinliğini arttırmaya dayalı uygulamaların yaygınlık kazanması ile birlikte yeşil binalarla ilgili olarak bir standart getirilmesinin gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu anlamda temel kriterlerin belirlenmesini sağlamak amacıyla sertifikasyon sistemleri oluşturulmuş ve bunu veren kurumlar oluşturulmuştur. Böylece yeşil bina kavramına standartlaştırma getirilerek değerlendirilmesi, derecelendirmesi ve sertifikalandırılmasını sağlamıştır. Dünya yeşil bina konseyi yüzden fazla üyesiyle dünya genelinde Yeşil Bina uygulamaların yaygınlaşmasını hedeflemektedir. Sertifikasyon sistemleri bölgelere göre çeşitlilik gösterir. Sertifika sistemleri:

- Yapılan işin belgelenmesini,
- Binanın çevresel performansının belirlenmesini,
- Ülke ve kurumların prestijinin artmasını,
- Bilinçli tüketici ve tasarımcıların artmasını sağlar.

İngiltere’de BREEAM, ABD.’de LEED, Kanada’da SBTool, Japonya’da CASBEE, Avustralya’da Green Star ve Almanya’da DGBN sertifikasyon sistemleri oluşturulmuştur. Sertifikasyon sistemleri yaygınlaştıkça, yeni teknolojilerin yapılarda kullanılmasına daha fazla olanak verilmekte ve yapılardaki enerji etkinliği artırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin şekilde yararlanılan, doğal çevre ile uyumlu yapılanmayı sağlamak için en yaygın olarak kullanılan yeşil yapı sertifikasyon sistemleri BREEAM ve LEED’dir.

2.3.1. BREEAM

BREEAM (Bina Araştırma Çevresel Değerlendirme Methodu) İngiltere’de 1990 yılında Yapı Araştırma Kurumu (BRE) tarafından geliştirildi (Erten, Eltrop, Goldemberg, Paladino ve Blyth, 2011). Amacı İngiltere’deki yeni konut dışı binaların sürdürülebilirliğini ölçmek olan sistem, devamlı olarak İngiliz bina düzenlemeleri ile uyumlu olacak şekilde güncellendi ve 2008 yılında güncellenerek BREEAM 2008 adını aldı (USA Environmental Protection Agency, 2008). Sürdürülebilir kalkınmanın en geniş kapsamlı bileşeni çevresel kalkınma olduğu düşüncesini vurgulayarak yola çıkmıştır. BREEAM sertifikasyon sistemine göre binaların çevresel performansları on farklı değerlendirme ölçütü kapsamında 100 puan üzerinden değerlendirilmektedir ve bu değerlendirme ölçütleri Tablo 1’de sunulmuştur. Tablo 2’de de BREEAM sertifikasyon sisteminin düzeyleri görülmektedir.

Tablo 7: BREEAM Değerlendirme Kriterleri (BREEAM, 2013)

BREEAM Değerlendirme Ölçütleri	Puan (%)
Yönetim	12
Sağlık ve refah	15
Enerji	19
Ulaşım	8
Malzemeler	12.5
Atık	7.5
Su	6
Arazi kullanımı ve ekoloji	10
Kirlilik	10
Yenilikçilik	10



Tablo 2: BREEAM Sertifika Sistem Düzeyleri (BREEAM, 2014)

Sistem Düzeyleri	Puan (%)	Logo
Geçer (1 yıldız)	≥ 30	★
İyi (2 yıldız)	≥ 45	★★
Çok iyi (3 yıldız)	≥ 55	★★★
Mükemmel (4 yıldız)	≥ 70	★★★★
Olağanüstü (5 yıldız)	≥ 85	★★★★★





2.3.2. LEED

Amerikan Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından 1998’de geliştirildi. İnşaat sektörünün sürdürülebilirlik konusunda kendisini geliştirmesi düşüncesiyle ortaya çıkmıştır. Binaların çevresel performansları LEED’e göre 110 Puan Üzerinden değerlendirilmektedir ve bu değerlendirme ölçütleri Tablo 3’te sunulmuştur. Tablo 4’te de LEED sertifika sisteminin düzeyleri görülmektedir.

Tablo 3: LEED Değerlendirme Kriterleri (Bulut, 2014)

LEED Değerlendirme Ölçütleri	Puan (%)
Konum ve ulaşım	16
Sürdürülebilir araziler	10
Su verimliliği	11
Enerji ve atmosfer	33
Malzeme ve kaynaklar	14
Yapı içi çevre kalitesi	16
Tasarımda yenilikçilik	6
Bölgesel öncelik	4

Tablo 4: LEED Sertifika Sistem Düzeyleri (LEED, 2014)

Sistem Düzeyleri	Sertifikalı	Gümüş	Altın	Platin
Puan (%)	40 - 49	50 - 59	60 - 79	80 ve üzeri
Logo				

2.4. Dünya’da Sertifikalı Bina Örnekleri

LEED ve BREEAM Yeşil Binaların yapılmasında ve tanınmasında dünyada en çok tanınan, kullanılan ve en detaylı ‘yeşil’ bina sertifika sistemleridir. Dünya üzerinde LEED ve BREAM sertifikasına sahip birçok örnek bulunmaktadır.

2.4.1. Lion House Ofis Binası

Lion House Ofis Binası 2009 yılında İngiltere’de inşa edilmiştir. BREEAM ödülü alan bina ofis binası olarak kullanılan sürdürülebilir bir binadır.





Şekil 16: Lion House Ofis Binası (http://www.ogc.gov.uk/documents/Lion_House.pdf)

Saçak üzerindeki elektrik üreten güneş pilleri bulunmaktadır. Doğal havalandırmanın kullanılabilceği veya yetmediği durumlarda uyarı verebilen akıllı sistemlere sahiptir. Termal performansı yüksek, yalıtımlı bir kabuğa sahiptir. Çapraz havalandırma ile zenginleştirilmiş doğal havalandırmaya sahip bir binadır. İç mekanda optimum konfor sıcaklıkları sağlanmıştır. Su tasarruflu tesisat ve musluklara sahip bir binadır. Yağmur suyu toplama tankı kullanılmakta ve atık su geri kazanımından yararlanılmaktadır.



Şekil 2: Lion House Ofis Binası Güneş Pilleri (http://www.ogc.gov.uk/documents/Lion_House.pdf)

2.4.2. Great River Energy (GRE)

Great River Energy binası, 2008 yılında ABD’de tamamlanmış, LEED-Platin ödüllü cam giydirme cepheye sahip bir binadır. Taşıyıcı olarak betonarme iskelet sistem kullanılmıştır.



Şekil 3: Great River Energy (GRE) Binası (<http://leedcasestudies.usgbc.org/energy.cfm?ProjectID=1303, April, 2019>)

Yeşil hedefler çerçevesinde su, rüzgar, malzemeler ve güneş enerjisinden, enerji elde etmek vb. hedefler, tüm sistemleri bütünleşik olarak değerlendirebilen bütünleşik bir tasarım yaklaşımı ve ekip çalışması ile başarılmıştır. Doğal aydınlatma için atrium ve yüksek tavanlı, geniş pencere mekanlar oluşturulmuştur. Yüksek performanslı yapı kabuğuna sahiptir. Yağmur suyu toplama tankı bulunan binada, tasarruflu-kontrollü sistemler kullanılmıştır.

2.5. Türkiye’den Sertifikalı Bina Örnekleri

Dünya üzerinde olduğu gibi Türkiye’de de çeşitli illerimizde LEED ve BREAM sertifikasına sahip birçok bina örneği ile karşılaşmak mümkündür.



2.5.1. Memorial Bahçelievler

Dünyada ve Türkiye’de tam donanımlı hastaneler arasında LEED-Platin sertifikası alan ilk hastane binasıdır. İstanbulda inşa edilen binada, ısı etkisini azaltmak için çatıda açık renkli materyal kullanımı sağlanmış ve yeşil çatı uygulamasına gidilmiştir. Projede yağmur suyunu değerlendirmek adına çatılara düşen yağmur suları toplanmakta ve peyzaj sulamasında kullanılmaktadır.

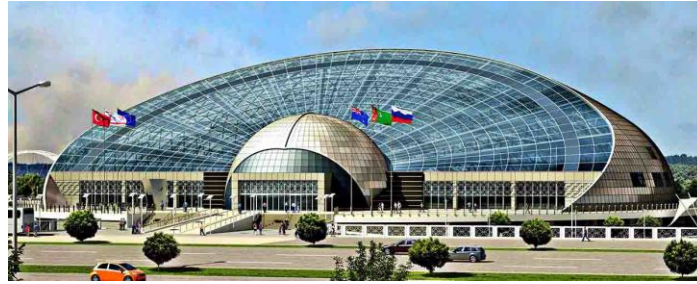


Şekil 4: Memorial Bahçelievler, İstanbul <http://www.arkiv.com.tr/proje/memorial-bahcelievler-hastanesi/9809?lang=en>

Projede ozon tabakasını incelten ve küresel ısınmayı tetikleyen CFC’ları içermeyen soğutuculara sahip HVAC sistemler kullanılmıştır. Mekanlarda su tasarrufunu sağlamak amacıyla düşük debili vitrikiye armatürler ve düşük hacimli rezervuarlar tercih edilmiştir.

2.5.2. Konya Bilim Müzesi

Rüzgâr enerji santrali ve güneş panellerini içinde barındıran tesis, Türkiye’de inşa edilmiş önemli bir yeşil bina örneğidir. LEED-Altın sertifikasına sahiptir. Bina diğer benzerlerine göre %39 (38.74) enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bina diğer binalara göre %53 daha az su tüketmektedir. Binanın çatısı güneş ışınlarının %90’nını yansıtmaktadır. Bu sayede %15 enerji tasarrufu yapmaktadır. Binanın malzemelerinin %45’i geri dönüşümlüdür. Bina malzemelerinin tamamı yereldir. Termal konfor seviyesi yüksektir. Binanın havalandırmaları diğer benzer binalara göre %30 daha kaliteli bir hava sağlamaktadır.



Şekil 5: Konya Bilim Müzesi <https://www.ecobuild.com.tr/fullscreen-page/comp-iw2583if/d38b7bb6-75e5-4eb9-8fb7-5adc545cd09e/20/%3Fi%3D20%26p%3D%26s%3D>

3. Sonuçlar

LEED ve Doğa insanlar için yaşanabilir kalacak şekilde korunmalıdır. Çevresel tahrip azaltılırken doğal kaynakların kısıtlı olduğu unutulmamalıdır. İnsanlar büyük bir kapalı sistemin parçası olduğunu unutmamalıdır. İnsan ve doğal sistemler karşılıklı etkileşim halindedir ve özünde tek sistemdirler. Yani sistem içerisinde herhangi bir parçayı değiştirmek bütün sistemi etkiler. Planlama ve tasarımda doğal süreçlerin uygulaması düşünülmelidir. Tasarım sadece çevre ile içiçe değil aynı zamanda mevcut ekosistem ile de beraber düşünülmelidir. Dünya bir kapalı sistemdir. Bu nedenle madde, enerji, ve ekosistemler korunmalı ve biyosferin atık sindirim kapasitesi düşünülmelidir. Tasarımcılar yapı sahasında bulunan fiziksel ve doğal yapıları göz önünde bulundurarak tasarımlarını bütüncül bir yaklaşımla optimize etmelidir. Tasarımın etkisi bütün yaşam döngüsü ile düşünülmelidir. Yeşil binaların değerlendirilmesinde kullanılan sertifikasyon sistemleri, ortaya çıkarıldıkları ülkenin kendi yerel, ekonomik, iklimsel ve ulusal gereksinimleri doğrultusunda o ülkenin kendi standartları kapsamında oluşturulmuştur. Başka ülkenin şartları için oluşturulmuş bir sertifikasyon sistemini alıp kendi ülkemize uygulamaya çalıştığımızda kısmi de olsa adaptasyon sorunlarının çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Her ülke için kendi yerel dokusuna, yasa ve yönetmeliğine uygun ulusal sertifikasyon sistemlerinin geliştirilmesi binaların enerji etkinliğini ve inovatifliğini değerlendirmede daha güvenilir sonuçlar verecektir.

4. Kaynakça

BREAM Ticari Binalar 2009 Değerlendirme Kılavuzu (2013).

BREEAM sertifika sistemi düzeyleri http://www.breeam.org/filelibrary/BREEAM_Brochure.pdf (2014).

Bulut, B., (2014) “Yeşil Bina Sertifika Sistemleri: Türkiye için Bir Sistem Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÇEDBİK | Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği, Web Sitesi: <http://www.cedbik.org/>



Erten D, Eltrop L, Goldemberg J, Paladino T, Blyth G, (2011) UNEP-GREEN ECONOMY REPORT Buildings Section-Pages 330-369.

<http://www.arkiv.com.tr/proje/memorial-bahcelievler-hastanesi1/9809?lang=en>.

<https://www.ecobuild.com.tr/fullscreen-page/comp-iw2583if/d38b7bb6-75e5-4eb9-8fb75adc545cd09e/20/%3Fi%3D20%26p%3D%26s%3D>.

LEED , U.S. Green Building Council, Web Sitesi: <http://www.usgbc.org/leed> .

LEED sertifika sisteminin düzeyleri <http://www.usgbc.org/leed/certification#certify> (2014).

OGC, Lion House, Alnwick Case Study, (2019).Department for Environment, Food and Rural Affairs, http://www.ogc.gov.uk/documents/Lion_House.pdf.

US Green Building Energy Council, “Great River Energy Headquarter”, LEED Projects & Case Studies Directory, leedcasestudies.usgbc.org/energy.cfm?ProjectID=1303, April, 2019.

USA Environmental Protection Agency (EPA)-ABD Çevre Koruma Ajansı <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/faqs.htm#1>.

Uysal F., (2011).” Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Seçimi İçin Graf Teori Ve Matris Yaklaşım” Ekonometri Ve İstatistik Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı) 23–40.



ÜNİVERSİTELER İÇİN ACİL DURUM EYLEM PLANI

Uğur Çavdar

İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi /Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Ugur.cavdar@idu.edu.tr

Özet

Ülkemizin fay hattı üzerinde olması itibarı ile öncelikli olarak deprem başta olmak üzere sel, heyelan, fırtına ve çığ düşmesi, gibi doğa kaynaklı olayların yanı sıra, terör, yangın, kaza ve şiddet gibi insan kaynaklı olaylarla sık sık karşı karşıya kalmaktadır. Gençlerimizin, yetişmesinde, iş bulmasında ve kendisini geliştirmesinde en önemli kurum olan Üniversitelerdir. Gençlerimizin büyük bir zamanının ve üniversite personellerinin mesailerinin tümünü Üniversitelerde geçirdikleri için bir afet veya acil durumla karşılaşma olasılığı oldukça yüksektir. Olası bir acil durumda üniversite personellerinin ve öğrencilerin bu durumdan en az şekilde etkilenmesi için her Üniversitenin, hatta her Fakültenin, kendi ihtiyaçları doğrultusunda mutlaka bir acil durum eylem planının olması ve bu planın etkili bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Çalışmanın amacı Üniversiteler de kullanılabilir bir acil durum eylem planlarının gereksinimlerinden bahsetmek ve bu konunun önemine dikkat çekerek, planların hazırlanması hususunda yol gösterici olmak adına yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Üniversite, Acil Durum, Eylem Planı, Afet.*

1. Giriş

Üniversiteler için hazırlanan Acil Durum Eylem Planlarının amacı, acil durumların önceden tespit ve analiz edilerek, herhangi bir acil durum esnasında yapılacak tüm faaliyetler sırasında oluşabilecek her türlü olağanüstü durumda üniversite öğrencilerin, akademik ve idari personelin yaralanıp zarar görmesini sağlamaktır. Acil Durum Eylem planı içerisinde acil durumlarda yapılacak müdahalelerin yöntemlerini ve öğrencilerin ayrıca üniversite personelin sorumluluklarının belirlenerek, mümkün olduğunca hızlı ve doğru bir şekilde uygulamasını sağlamak amaçlanmaktadır [1-3].

Üniversiteler için Acil Durum Eylem planı 18 Haziran 2013 Salı tarihli ve 28681 sayılı Resmi gazetede yayınlanan İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliğinin 1. Bölüm, Madde 2’de belirtildiği üzere “Bu Yönetmelik, 20/6/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında yer alan işyerlerini kapsar.” [2]. Bu yüzden üniversitenin Enstitü / Fakülte / Yüksekokul / MYO gibi her bir birimi için iş güvenliği kapsamında Acil durum eylem planı hazırlanması gerekmektedir. Bu kapsamda birçok üniversite, her birimi için Acil Durum Eylem Planı taslağı hazırlamıştır [1, 3, 4, 5]. Aynı zamanda sadece üniversiteler değil ilk, orta ve lise öğrenimlerinde konunun öneminin anlatılması adına Özmen ve arkadaşları “Okullar İçin Afet Ve Acil Durum Yönetimi Planları” [6] isimli çalışmalar hazırlamıştır.

Bu çalışmada, kanun kapsamında zorunlu olan Mevcut durumda hali hazırda Acil Eylem Planı hazırlanmış olan ve ayrıca yeni kurulan üniversitelere bünyesinde de kullanılabilir bir acil durum eylem planlarının gereksinimlerinden bahsetmek, nasıl hazırlanacağı konusunda yapılan çalışmalardan yola çıkılarak örnek olmak ve bu konunun önemine dikkat çekmek üzere yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmada, Koç Üniversitesinin, İş Sağlığı Güvenliği Bölümü çatısı altında hazırlanmış olan Acil durum Eylem Planı [1] örneği, Sakarya Üniversitesi İş Sağlığı Ve Güvenliği Koordinatörlüğünün hazırlamış olduğu Acil Durum Eylem Planı Formatı [4], Dicle Üniversitesi, Eczacılık Fakültesinin hazırlamış olduğu Acil Durum Eylem Formatı [5], Ankara Üniversitesi Rektörlüğü Nükleer Bilimler Enstitüsü, Sakarya Acil Durum Eylem Planı [7] ve Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Acil Durum Eylem Planı Örneği [3] incelenmiştir. Çalışmada kullanılan 5 örnek Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 8: Çalışmada kullanılan Acil Durum Eylem Planları Çizelgesi

Numara	Üniversite ismi	Örnek Uygulamanın Üniversitenin Hangi Departmanında olduğu	Kaynak numarası
1	Koç Üniversitesi	İş Sağlığı Güvenliği Bölümü çatısı altında tüm üniversite bölümleri	[1]
2	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi	Meslek Yüksekokulu	[3]
3	Sakarya Üniversitesi	Sakarya Üniversitesi İş Sağlığı Ve Güvenliği Koordinatörlüğü, Tüm Üniversite Bölümleri	[4]
4	Dicle Üniversitesi,	Eczacılık Fakültesi	[5]
5	Ankara Üniversitesi	Nükleer Bilimler Enstitüsü	[7]

Farklı Üniversiteler için hazırlanmış örneklerin detaylı incelenmesi sonucunda, yeni kurulan üniversitelerin ve mevcut durumda Acil Eylem Planı bulunmayan üniversitelerin Enstitü, Fakülte, Yüksekokul ve MYO gibi bölümlerinin her birinde ayrı ayrı hazırlanması için örnekler çalışmada sunulmuştur.



3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Hazırlanması Planlanan Acil Durum Eylem Planının Başında, Ankara Üniversitesi, Nükleer Bilimler Enstitüsünün [7] örneğinde olduğu gibi bir tablo hazırlanması önerilmektedir, Örnek Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılacak Acil Durum Eylem Planı, Üniversite, bölümü, hazırlayan, Acil durumların ve tedbirlerinin bilgilendirme tablosu [7]

ACİL DURUM PLANI	
T.C. ÜNİVERSİTESİ	
..... Enstitüsü / Fakültesi / Yüksekokulu / MYO	
İşyerinin Unvanı, Adresi:	
Hazırlayanların Adı, Soyadı ve Unvanı:	
Hazırlanma Tarihi Ve Geçerlilik Tarihi:	
Belirlenen Acil Durumlar:	
Alınan Önleyici ve Sınırlayıcı Tedbirler:	

Bilgilendirme tablosundan sonra, Acil Durum Eylem planını açıklayan bir içindekiler kısmı değildir. Koç Üniversitesinin [1] örneğinde kullandığı üzere İçindekiler kısmı aşağıdaki Tablo 3’deki gibi çalışma içeriğinin verilmesi iyi bir örnek olacağı görüşündeyim.

Tablo 3: Çalışmanın İçindekiler Bölümü Örneği [1]

..... Üniversitesi LOGOSU		
No	İÇİNDEKİLER	Sayfa No
1	AMAÇ VE KAPSAM
2	ACİL DURUMLARIN SINIFLANDIRILMASI	...
3	ACİL DURUM MÜDAHALE ORGANİZASYONU 3.1 ACİL DURUM MÜDAHALE EKİBİNİN YAPISI 3.2 ACİL DURUM MÜDAHALE EKİPLERİ GÖREV VE SORUMLULUKLARI.....	...
4	ACİL DURUM BİLDİRİMİ	...
5	ACİL DURUM EKİPMANLARI VE TESİSLER	...
6	ACİL DURUM TÜRLERİ VE MÜDAHALE METODLARI..... 6.1 YARALANMALAR... 6.2 ÖLÜM 6.3 SABOTAJ, TEHDİT... 6.4 DEPREM 6.5 TAHLİYE 6.6 YANGIN VE/VEYA PATLAMA.....	...
7	RAPORLAMA...	...
8	ACİL DURUM PLANININ YENİLENMESİ...	...
9	EĞİTİM EK-I ACİL DURUM HABERLEŞME AKIM ŞEMASI EK-II ACİL DURUM MÜDAHALE İDARE EKİBİ EK-III ACİL DURUM MÜDAHALE EKİPLERİ... -ÜNİVERSİTE ARAMA KURTARMA TAKIMI -YANGIN MÜDAHALE EKİBİ -ARAMA KURTARMA TAHLİYE EKİBİ -İLK YARDIM EKİBİ... EK-IV ACİL DURUMLARDA GEREKLİ OLACAK TELEFONLAR EK-V ACİL DURUMLARDA YARDIM ALINABİLECEK BİRİMLER EK-VI YANGIN TÜRLERİ VE EN UYGUN SÖNDÜRÜCÜ TİPİ EK-VII YANGIN SÖNDÜRME CİHAZI KULLANIM ŞEKLİ EK-VIII YANGIN SÖNDÜRME TÜPLERİNİN TÜRLERİ VE YERLERİ EK IX- FAKÜLTE BİNALARI KAT PLANLARI EK-X KAMPÜS PLANI EK-XI TOPLANMA BÖLGELERİ	...

3.1. Amaç ve Kapsam;

Amaç ve kapsam Tablo 3’de de belirtildiği üzere ilk olarak çalışmanın Amaç ve Kapsamı üniversitenin hazırlanan birimi için detaylı olarak anlatılmalıdır. Üniversite biriminin amacından hemen sonra, Acil Durum Planı’nın ana amaçları belirlenmelidir ve madde madde sıralanmalıdır. Ayrıca Acil durumda görev yapacak çalışanın görev ve sorumlulukları bu plan kapsamında belirleneceğini ve eğitim kurumu bünyesinde çalışan tüm çalışanları (çalışan ve ziyaretçi personelin detaylı olarak ifade edilmelidir) , üniversiteye ait tesis, mal ve malzemeleri kapsadığının [1] bildirilmesi ve detaylandırılmasının gereklidir.



3.2. Acil Durumların Sınıflandırılması;

Acil Durumların Sınıflandırılması; Acil durum Tanımlarının ayrı ayrı yapılarak, her biri durumun aciliyet seviyeleri belirlenerek, Aktive Edilecek Birimler ile ilişkilendirilip verilmesi, Acil durumlarda işlerin kolaylaştırılmasını sağlayacaktır.

3.3. Acil Durum Müdahale Organizasyonu;

Acil Durum Müdahale Organizasyonu; ve görevleri belirlenip, Acil Durum Müdahale Ekibinin Yapısı hazırlanması, Acil durum esnasında kimlerin hangi sorumluluklarda olduğunu bilmesini sağlayacaktır. Bu yüzden Üniversitenin her bir departmanı kendi bünyesinde Acil durum ekibi ve organizasyon şemasını oluşturmalıdır.

Acil Durum Müdahale Ekibi Yapısı; oluşturulmalıdır. Acil Durum Yöneticisi, koordinatörü, müdahale ekipleri, arama kurtarma ekibi / takımı, yangın söndürme ekibi, tahliye ekibi, ilk yardım ekibi, güvenlik sorunlusu gibi birim yöneticileri belirlenmelidir.

Acil Durum Müdahale Ekipleri Görev Ve Sorumlulukları; detaylı olarak anlatılmalıdır.

3.4. Acil Durum Bildirimi;

Acil Durum Bildirimi; Üniversite içerisinde bir acil durum haberleşme merkezi kurulmalıdır. Üniversite veya yakınında acil durum olduğu takdirde, Acil Durumun yeri, • Tespit edebiliyorsa niteliği (sınıfı), Büyüklüğü, •Ölüm veya Yaralanmalar olup olmadığı ve derecesi Acil Durum Haberleşme Merkezine bildirilmelidir.

3.5. Acil Durum Ekipmanları Ve Tesisler;

Acil Durum Ekipmanları Ve Tesisler; daha önceden belirlenmeli ve detaylı içerikleri bu bölümde ifade edilmelidir. Acil Durum İdare Merkezleri belirlenmeli ve Acil Durum Toplanma Merkezi herkesin anlayabilecekleri, acil durum esnasında güvende olabilecekleri ve kolay ulaşabilecekleri yerler olarak belirlenmelidir.

3.6. Acil Durum Türleri Ve Müdahale Metotları

Acil durumlarda meydana gelebilecek olan yaralanmalar, ölüm, Sabotaj, tehdit deprem, tahliye ve yangın ve/veya patlama durumları için ayrı ayrı durum analizleri, müdahale ve acil durum esnasında kullanılacak olan metotların her bir durum için belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenmiş olan 6 başlık gerektiği birime göre artırılabilir olmalıdır. Bu durumlarda meydana gelen acil durumun aciliyetine göre kodlar verilmesinin Koç Üniversitesinin Acil Durum Eylem Planında olduğu [1] gibi de yerinde olduğu görüşündeyim. Böylelikle, üniversite bünyesinde halledilebilecek acil durumlarda, prosessin ilk olarak üniversite bünyesinde çözülmesi sağlanacak ve acil durum eylem planının daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmış olacaktır. Fakat, durum üniversite bünyesinde çözülmemesi hainde de planda verildiği üzere hangi Acil durum birimlerine en kısa sürede ulaşılması gerektiği detaylı olarak ifade edilmesi gerekmektedir.

3.7. Raporlama

Üniversitedeki Acil Duruma müdahale edildikten sonra üniversite yetkili birimi tarafından daha önceden belirlenmiş olan Acil Durum Müdahale Ekibinin detaylı inceleme yapması ve incelemenin de fotoğraflarla desteklenen rapor ile birlikte bir tutanak ile raporlanması, hazırlanması ve sunulması gerekmektedir. Raporun hazırlanmasında kullanılacak olan belgeler daha önceden hazırlanarak, sunulan Acil durum eylem planında bir link ile standartlaştırılmış bir Word dokümanı olarak verilmesi önerilir.

3.8. Acil Durum Planının Yenilenmesi

Tablo 2’de daha önceden belirlenmiş ve sunulan Hazırlandığı Tarih Ve Geçerlilik Tarihinden önce bir acil durum meydana gelmiş olması durumunda, geçerlilik tarihi beklenmeden, yenir bir acil durum eylem planı hazırlanması, ve acil durumda meydana gelen aksaklıkların giderilerek yeni plana adapte edilmesi önerilir. Yeni Acil durum eylem planının da 3 yada 6 ay içerisinde yenilenmesi ve hazırlanması gerektiği bildirilmelidir.

3.9. Eğitim

Üniversitenin Acil Durum Müdahale Ekiplerinde görevli olan her bir çalışanın, konu ile ilgili eğitimlerinin ve bilgilendirmelerinin tam olması gerekmektedir. Bu gruptaki personelin Müdahalesinde kullanılacak ekipmanların, yardımcı ekipmanların neler olduğunu, nerelerde bulunduğunu ve nasıl kullanılacağını bilmeli, ayrıca bu ekipmanları nasıl kullanacağını eğitimlerini almış olmaları gerekmektedir. Konu ile ilgili, eğitimler, yapılacak tatbikatların kayıt altına alınmalarının önemi büyüktür. Ayrıca Acil durum esnasında neler yapılması gerektiğinin de posterler, ilanlar, talimatnameler aracılığıyla üniversitenin her bölümüne ayrı ayrı koyulması önerilir.

Son olarak da Acil Durum eylem planında kullanılmasına hazır olması bakımından, Acil Durum eylem planının eklerinde; Acil Durum Haberleşme Akım Şeması, Acil Durum Müdahale İdare Ekibi, Acil Durum Müdahale Ekipleri (A- Üniversite Arama Kurtarma Takımı, B) Yangın Müdahale Ekibi, C)-Arama Kurtarma Tahliye Ekibi, D) İlk Yardım Ekibi), Acil Durumlarda Gerekli Olacak Telefonlar, Acil Durumlarda Yardım Alınabilecek Birimler, Yangın Türleri Ve En Uygun Söndürücü Tipi, Yangın Söndürme Cihazı Kullanım Şekli, Yangın Söndürme Tüplerinin Türleri Ve Yerleri, Fakülte Binaları Kat Planları, Kampüs Planı ve Toplanma Bölgeleri ayrı ayrı verilmelidir.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;



- Ülkemizdeki üniversitenin Enstitü, Fakülte, Yüksekokul ve MYO gibi her bir birimi için ayrı ayrı iş güvenliği kapsamında Acil durum eylem planı hazırlanması gerekmektedir.
- Sürekli takip edilmesi, güncellenmesi, desteklenmesi ve geliştirilmesi gereken Acil Durum Eylem Planları hazırlanmalıdır.
- Koordineli bir şekilde hazırlanan Acil Durum Eylem Planının içindeki birimlerin, ekiplerin ve belirlenen personelinin eğitim alması ve sürekli kendilerini geliştirebilmeleri sağlanmalıdır.
- Acil Durum İş akışı ve Akım Şemaları oluşturulmalıdır.
- Acil durum esnasında hızlı bir şekilde ulaşılabilecek yerlere gerekli cihazların kullanım kılavuzları / talimatları hazırlanmalı ve asılmalıdır.
- Üniversite biriminin Kat planları önceden hazırlanmalı ve toplanma bölgelerine kolay ulaşılabilir olmalıdır.

5. Kaynakça

- [1] <https://isg.ku.edu.tr/per/emergency-plan>
- [2] <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130618-8.htm>
- [3] http://myo.ebyu.edu.tr/?page_id=199&lang=tr
- [4] http://isgk.sakarya.edu.tr/sites/isgk.sakarya.edu.tr/file/Acil_Durum_Eylem_Plani_Formati.pdf
- [5] <https://www.dicle.edu.tr/Contents/b60cf3af-355a-44c3-8959-5c2a64a8c701.pdf>
- [6] <https://dergipark.org.tr/download/article-file/62461>
- [7] http://nukbilimler.ankara.edu.tr/files/2017/10/2017-AC%C4%B0L-DURUM-AC_NUKLEER.pdf



İNDÜKSİYON BOBİN TASARIMININ ISITMA, SİNERLEME VE KAYNAK PROSESLERİNE ETKİLERİ

Uğur Çavdar

İzmir Demokrasi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi /Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Ugur.cavdar@idu.edu.tr

Özet

İndüksiyon sistemi senelerdir malzemelerin ergitme ve döküm işlemlerinde kullanılmaktadır. İndüksiyon sistemlerinin geliştirilip modifikasyonu ile günümüzde indüksiyon sistemleri sinterleme ve kaynak işlemlerinde kullanılmaya başlamıştır. İndüksiyon sisteminin güç ve frekans parametreleri ergitecek metallerin büyüklüklerini ve süreleri etkilemektedir. Bu parametreler ısıtma ve ergitme işlemlerinde direkt olarak etkili parametre olmasına rağmen, indüksiyonla kaynak ve indüksiyonla sinterleme işlemlerinde en önemli parametre indüksiyon bobini tasarımıdır. Bunun sebebi indüksiyon sinterleme işleminde homojen olarak ısıtılması için malzemeye göre sinterlenme bobini tasarlanması gerekmektedir. Aynı zamanda indüksiyon kaynağında ise lokal ısıtma en önemli parametre olduğu için, bu yüzden indüksiyon kaynağında da en önemli parametre bobin tasarımıdır. Bu çalışmada, indüksiyon sisteminin ısıtma, kaynak ve sinterleme işlemlerinde bobin tasarımının önemi ve etkileri tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *İndüksiyon, Bobin Tasarımı, Isıtma, Sinterleme, Kaynak.*

1. Giriş

Dünyada yaygın ve temiz enerji türlerinden birisi olan elektrik enerjisi, ısıtma sistemleri arasında vazgeçilmez olarak sayılabilmektedir. Elektriksel ısıtma yöntemleri genel olarak iki şekilde ifade edilir. Bunlardan bir tanesi rezistif yani rezistans vasıtası ile ısıtma ve diğeri ise indüksiyon ısıtma olarak ifade edilebilir. Rezistans ile ısıtma sistemlerinde, krom-nikel'den imal edilen teller, elektrik vasıtası ile ısıtılması esnasında direnç vazifesi görerek ısınma meydana gelmektedir. Diğer bir elektriksel ısıtma yöntemi olan indüksiyon ısıtma, düşük, orta veya yüksek frekanslı alternatif akımın oluşturduğu manyetik alanın, ısıtılacak parçalar üzerinde oluşturduğu histerezis ve eddy akımlarıyla sağlanmaktadır [1]. İndüksiyon ısıtma sisteminin en önemli parçalarından biri, farklı frekans aralıklarında alternatif akımı sağlayacak olan manyetik alan kaynağı olan indüksiyon bobinidir [2-4].

İndüksiyon ısıtma sistemlerinin en çok kullanılan yöntem olarak manyetik olan metalik parçaların ısıtılması, ergitilmesi, kaynak yapılması veya sinterlenmesi [5-8] olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca günümüzde, indüksiyon ısıtma prensibi ile sıvı ısıtma yöntemleri de geliştirilerek kullanılmaya başlamıştır. Bu kullanım alanlarına örnek olarak, mutfak uygulamaların da fırınlarda ve ocaklarda kullanılan ısıtma, kaynatma ve pişirme uygulamaları verilebilir [9]. Bu alanda da pek çalışma ön plana çıkmıştır [10-13]. Fakat rezonans bobin olarak kullanılan sistemlerde normal kullanım haricinde bobin tasarımlarına sahiptir [9].

Bu çalışmada, indüksiyon sistemlerinin en önemli parçası olan indüksiyon bobinin önemi kullanım yerleri ve tasarımın ısıtmaya, sinterlemeye ve kaynak uygulamalarına etkileri incelenecektir. İndüksiyon bobinin deriştirilmesi ile ısıtılacak parçanın lokal olarak ısıtılması, farklı boyut ve karmaşık parçaların homojen olarak da sağlanabilmektedir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada indüksiyonun üç farklı kullanım çeşidi ile ilgili çalışmalar değerlendirilecektir. Birisi ısıtma işleminde kullanılan indüksiyon sistemidir [6]. İndüksiyon sisteminin özellikleri 250 kW güce sahip, 3.2 kHz frekansta çalışan bir sistemdir. Yapılan çalışmada ANSI 1050 çeliği numunelerinin bir kısmı düşük frekanslı indüksiyon sistemi ile 1250°C sıcaklıkta 5 dakika ısıtılmış diğer numuneler yaklaşık 1250°C sıcaklıkta taş fırında 30 dakika ısıtılmıştır. Her iki farklı ısıtılmış numuneler sıcak dövme metodu ile preste şekillendirilmiş ve ısıtma sistemlerinin sıcak dövme etkileri incelenmiştir.

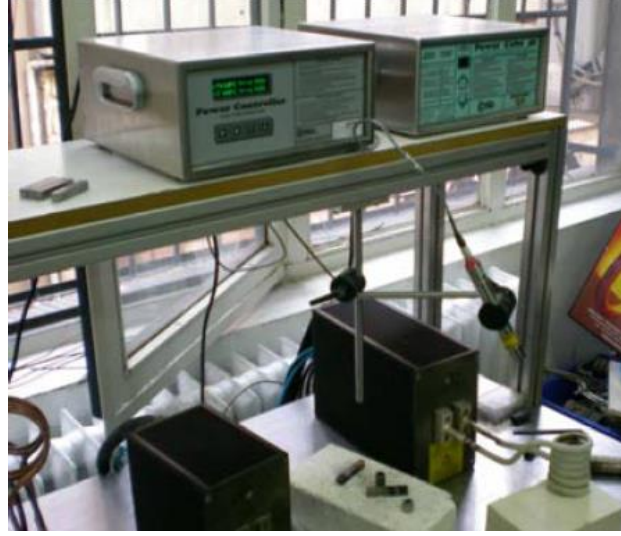
Diğer indüksiyon kullanım alanı olarak indüksiyon sinterleme işlemidir. Demir esaslı, toz metal (TM) numuneler orta [7] ve ultra yüksek frekanslı [14] indüksiyon sistemleri kullanılarak sinterleme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

TM numunelerin homojen olarak karışabilmesi için % ağırlıkça tozlar V-Tipi karıştırıcı ile 25 d/d da yarım saat karıştırılmış, tek eksenli tek tesirli hidrolik pres ile soğuk olarak preslenmiştir ve kompakt hale gelmişlerdir. Daha sonra parçalar son hallerine almak için ya orta frekanslı ya da ultra yüksek frekanslı indüksiyon sistemi kullanılarak sinterlenmişlerdir.

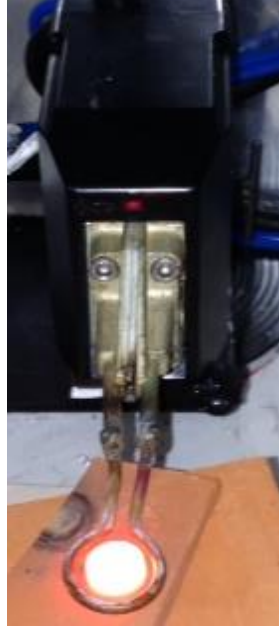
Sinterleme işleminde kullanılan indüksiyonlardan biri orta frekanslı [6] 30-50 kHz frekansa sahip ve 12 kW güce sahiptir. Diğer sistemi ise, 900 kHz ultra yüksek frekansa ve 2.8kW güce sahip indüksiyon jeneratörüdür [14]. Her iki indüksiyon cihazının sıcakları sistem ile birlikte çalışan infrared termometre ile sağlanmakta ve sabitlenmektedir. İndüksiyon sistemlerinin bobinleri bakır borulardan tasarlanarak hazırlanmış ve üretilmiştir. Orta frekanslı indüksiyon sistemi için kullanılan bakır boruları çapı 8mm ve et kalınlığı 1mm'dir. Bobin iç çapı 32 mm olup 10 sarım olarak tasarlanmıştır ve orta frekanslı indüksiyon sinterleme işleminde kullanılan sistem Şekil 1'de gösterilmiştir. Ultra yüksek frekanslı sinterlemede kullanılan bobinlerin çapı 4mm ve et kalınlığı 0.5mm'dir. Bobin tek sarım ve iç çapı 20 mm olacak şekilde tasarlanmış ve sarılmıştır ve ultra yüksek frekanslı indüksiyon sinterleme işleminde kullanılan sistem Şekil 2'de gösterilmiştir.

TM numuneler Orta frekanslı indüksiyon sistemi ile veya Ultra-Yüksek Frekanslı İndüksiyon sistemi (UYFIS) ile 1-10 dakika farklı sinterleme sürelerinde, 1120°C arasındaki farklı sıcaklıklarda, açık atmosfer, argon veya farklı vakum altında sinterlenmiştir.





Şekil 1. Orta frekanslı İndüksiyon sistemi ile sabit sinterleme gerçek görüntüsü ;[7, 15]



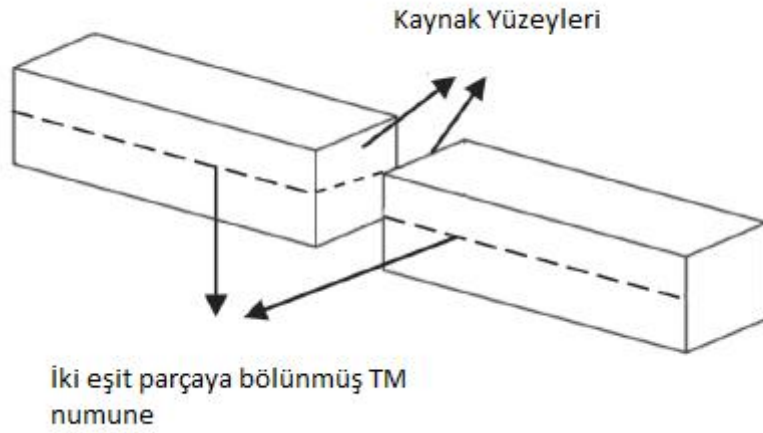
Şekil 2. Ultra yüksek frekanslı İndüksiyon sistemi ile sabit sinterleme gerçek görüntüsü [14, 15]

Çalışmada kullanılan diğer bir proses ise indüksiyon kaynağıdır. İki farklı indüksiyon kaynağı uygulaması incelenmiştir. Birisi demir esaslı, TM numunelerin [8] diğeri ise fiber takviyeli kompozit malzemelerin [15] ultra yüksek frekanslı 2.8 kW güce sahip, 900 kHz sahip indüksiyon sistemi ile kaynaklanabilirlikleri incelenmesidir.

Demir esaslı TM numunelerin üretiminin üretimi ve preslenme işlemleri indüksiyon sinterleme prosesinde olduğu gibidir.

Sinterlenmiş numunelerin kaynak yapılabilirliğinin incelenmesi için demir esaslı TM tam ortasından kesilmiştir (Şekil 3). TM numuneler kesik yüzeylerinden kaynak yapılmak üzere ilk çalışmalarda mengene yardımı ile sıkıştırılmıştır. İndüksiyon bobini tam kesik yere gelecek şekilde yerleştirilmiştir. İndüksiyon cihazının sıcakları sistem ile birlikte çalışan infrared termometre ile sağlanmakta ve sabitlenmektedir. İndüksiyon sisteminin bobinleri bakır borulardan tasarlanarak hazırlanmış ve üretilmiştir. Kaynak için kullanılan bobinin çapı 4mm ve et kalınlığı 0.5mm'dir. Bobin tek sarım ve iç çapı 20 mm olacak şekilde tasarlanmış ve sarılmıştır.

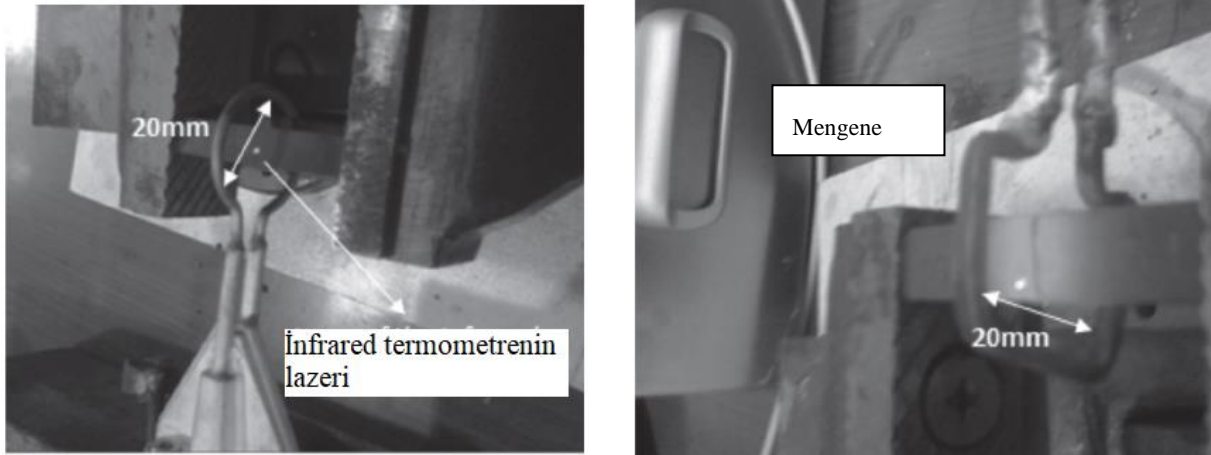




Şekil 3. Ultra Yüksek Frekanslı İndüksiyon kaynağı yapılacak TM numunelerin şematik görüntüsü [8, 17].

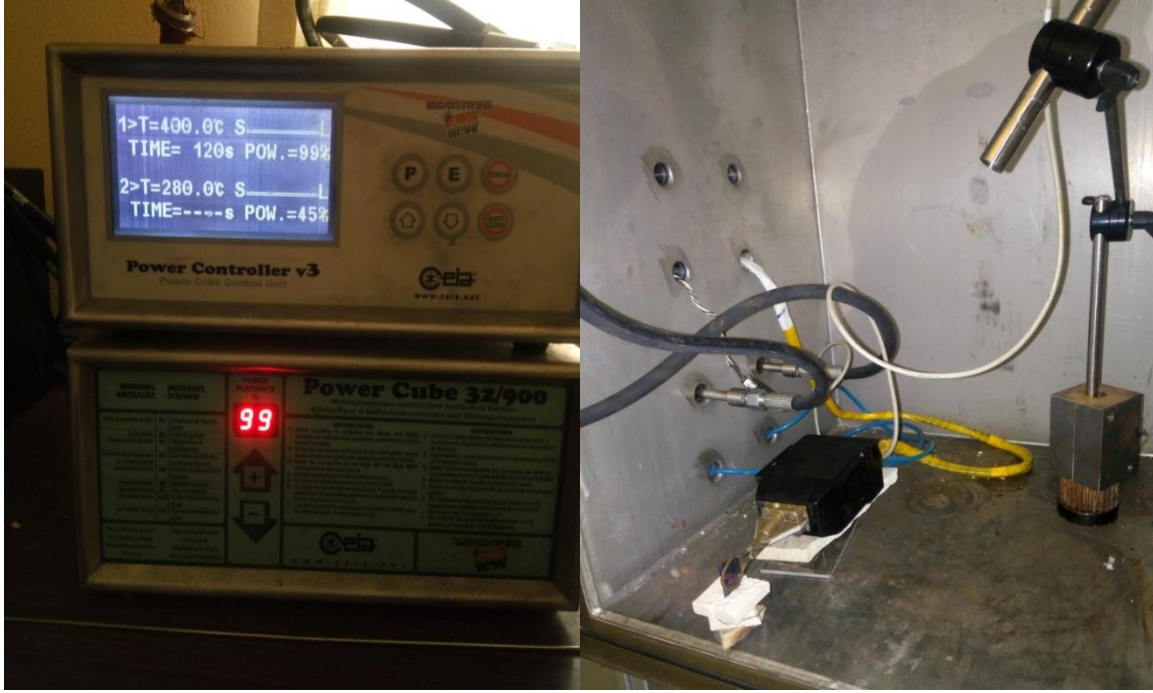
TM numuneler Şekil 4'de görüldüğü gibi Ultra-Yüksek Frekanslı İndüksiyon sistemi (UHFIW= Ultra High Frequency Induction Welding) ile 1-10 dakika farklı sinterleme sürelerinde, 900-1200°C arasındaki farklı sıcaklıklarda, açık atmosfer, argon veya farklı vakum altında kaynak yapılmıştır.

Çalışmada ayrıca Mir ARGE tarafından üretilen Termoplastik kompozit malzemelerin (TPKM) induksiyonla kaynaklanabilirliği incelenmiştir. Şekil 5'de TPKM kaynak işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4. a) silindirik ve b) kare induksiyon bobinlerin UYFIS ile TM numunenin kaynak yapılırken görüntüsü [8, 17]





Şekil 5. Ultra yüksek frekanslı İndüksiyon sistemi ile TPKM kaynak yapılırken görüntüsü [15, 18]

Belirlenen şartlar altında yapılmış olan beş farklı indüksiyon ısıtma [6], indüksiyon sinterleme [7, 14] ve indüksiyon kaynak [8, 15] çalışmaları; Çalışma numaraları, İndüksiyonun kullanım çeşitleri, kullanılan indüksiyon sisteminin güçleri ve frekansları, Kullanılan numune cinsleri, çalışma özetleri ve kaynak numaraları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 9: Çalışmada kullanılan Farklı İndüksiyon

Numara	İndüksiyonun kullanım çeşidi	İndüksiyon sisteminin gücü ve frekansı	Kullanılan Numune Cinsi	Çalışma özeti	Kaynak numarası
1	İndüksiyon ısıtma	250 kW, 3.2 kHz (Düşük frekans)	ANSI 1050	Isıtma sistemlerinin sıcak dövme etkileri incelenmiştir	[6]
2	İndüksiyon Sinterleme	12kW, 30-50 kHz (Orta frekans)	Demir esaslı + C + Cu + ZnSt TM burç	Orta frekanslı indüksiyon sistemi ile demir esaslı TM Burç sinterleme	[7]
3	İndüksiyon Sinterleme	900kHz, 2.8kW (Ultra Yüksek Frekans)	Demir esaslı + C + Cu + Ni + Mo + MnS + Amide Wax	Ultra yüksek frekanslı indüksiyon sistemi ile demir esaslı TM numuneler sinterleme	[14]
4	İndüksiyon kaynağı	900kHz, 2.8kW (Ultra Yüksek Frekans)	Demir esaslı + Mo + Ni + Wax TM	TM kaynağı birleştirme	[8]
5	İndüksiyon kaynağı	900kHz, 2.8kW (Ultra Yüksek Frekans)	TPKM (7 farklı malzeme türü)	TPKM kaynaklanabilirliğinin araştırılması	[15]

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

Yapılan çalışmalar incelendiği zaman hem düşük, hem orta hem de ultra yüksek frekanslı indüksiyon sistemlerinin, ısıtma, sinterleme ve kaynak proseslerinde başarı ile kullanıldığı görülmüştür.

Yapılan çalışmalardan indüksiyon ısıtma [6] sistemi incelendiğinde numunelerin ısıtılması için kullanılan bobinlerin numunelerle aynı kesitlerde ve dikdörtgen olduğu görülmüştür. Bu da numunelerin şekline göre daha iyi ısıtma gerçekleştirilebileceği içindir. İndüksiyonla ısıtma sisteminde kaynak bobini sistem için sabitlenmiş bir şekilde durmaktadır. İndüksiyon ısıtmanın dövme aşamasında kullanılan indüksiyon sistemleri genellikle sürekli çalışan bant sistemleri ile birlikte çalışırlar. İndüksiyonla ısıtılacak parçalar sırası ile indüksiyon sisteminin içine girerek ısıtma işlemi gerçekleştirilir. İndüksiyon hattının boyu ise ısıtılacak numunenin boyutuna göre hesaplanarak üretilir. Numuneler indüksiyon sisteminin girişinden çıkışına kadar geçen süre içerisinde merkezine kadar ısıtılırlar. İndüksiyon ısıtma sisteminde bobin şekli önemi olsa da en önemli parametre indüksiyon sisteminin frekansıdır. İndüksiyon sistemin frekansının kare kökü ile ters orantılı olarak numunelerin penetrasyon derinliği değişir. Bu da şunu ifade etmektedir, numune frekansı düşüktüçe, numunelerin anlık ısınma derinliği artar. Yani genellikle ısıtma işlemlerin hızlı olması adına düşük frekanslı indüksiyon sistemleri kullanılır.



İndüksiyon sinterleme işlemleri incelendiğinde [7, 14] frekansın etkisi önemli olsa dahi numunenin merkezine kadar ısıtma süresi sağlandığı takdirde, numunelerin sinterleme işlemleri başarı ile gerçekleştirildiği görülmüştür. Sinterleme işleminde ise en önemli parametre sinterlenecek parçanın kesit alanına göre indüksiyon bobinlerin tasarlanmasıdır. Sinterleme işleminde sinterlenecek numunenin homojen olarak ısıtılıp üretilmesi için, bobin tasarımı çok önemlidir.

İndüksiyon kaynak işlemleri incelendiğinde ise, demir esaslı TM numunelerin ve TPKM ultra yüksek frekanslı indüksiyon sistemi ile başarı ile kaynak yapıldığı görülmüştür. Çavdar ve Kuşoğlu'nun [8] yaptığı çalışma incelendiğinde, kare TM parçaların hem kare hem de silindirik indüksiyon bobini ile başarı ile kaynak yapıldığı görülmüştür. Fakat kaynak yapılacak parça ile aynı kesit alanına sahip kare indüksiyon bobini ile kaynak yapılan parçaların, malzemelerin iç yapıları ve mekanik özellikleri daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca TPKM'lerin indüksiyon kaynağında kullanılan silindirik bobin ile başarılı bir kaynak elde edilmiş olmasına rağmen, numunelerin ısı gredyenleri incelendiğinde [18] numunenin üzerinde ciddi miktarda ısı farklılıkları olduğu görülmüştür. Bu yüzden TPKM indüksiyon kaynağında indüksiyon bobin tasarımı en önemli parametredir. İndüksiyon kaynak işleminde numunenin sadece kaynak yapılmak istenen bölgesi ısıtılması istenir. Bunun sebebi numunenin kaynak yapılırken ısı kaynağı çevresinde ısı transferinin oluşmasıdır. Bu bölge ısı tesiri altında kalan bölgeler (ITAB) olarak ifade edilir ve bu bölgenin mümkün olduğunca az olması istenir.

4. Sonuçlar

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

- İndüksiyon bobin çapının değiştirilerek ısıtma işleminin sıcaklığı değiştirilebilmektedir.
- İndüksiyon bobinin tasarımı parçaya göre tasarlanıp sarıldığında, kademeli parçalarda homojen ısıtmanın sağlanması mümkündür.
- Döküm için ergitme yapılacak sistemlerde parçanın tamamının sıvılaşması sağlanabilirse, bobin tasarımın çok önemli bir parametre olduğu söylenemez.
- İndüksiyon kaynağı yapılırken lokal bir ısıtmaya ihtiyaç duyulduğu için indüksiyon bobinin kaynak yapılacak bölge kadar mümkünse tek sarım olarak tasarlanması gerekmektedir. Kaynak işlemlerinde parçanın sadece kaynak bölgesinin ısıtılması istendiği için, tüm parçanın ısıtılmaması adına indüksiyon kaynağı işleminde bobin tasarımı çok önemli bir rol oynamaktadır.
- İndüksiyon sinterleme işlemlerinde parçanın tamamının homojen olarak ısıtılması gerektiği için, parça boyutlarında, bobin sarımlarının birbirine yakın ve parçaya da olabildiği kadar yakın olması beklenmektedir. Bu durumdan yola çıkıldığında, indüksiyon sinterleme işleminde de bobin tasarımı çok önemlidir.

5. Kaynakça

- [1] Ahmet ALTINTAŞ, İndüksiyon Bobin Tasarımında Kullanılan İletken Türlerinin İndüksiyon Sıvı Isıtıcı Performansına Etkilerinin Araştırılması, Marmara Fen Bilimleri Dergisi 2016, 1: 49-58 DOI:10.7240/mufbed.02953
- [2] Fairchild Semiconductor Inc. (2000). Induction Heating System Topology Review, Application Note, AN-9012.
- [3] Rudnev, V.I. (2003), Handbook of Induction Heating, Marcel Dekker Inc..
- [4] Zinn, S., Semiatin, S.L. (2002). Elements of Induction Heating, Design, Control, and Application, Electric Power Research Institute, Inc.
- [5] K.Kamysnykova, J.Lapin. "Vacuum induction melting and solidification of TiAl-based alloy in graphite crucibles" Vacuum Volume 154, August 2018, Pages 218-226, <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.05.017>
- [6] U. Çavdar, Mechanical Properties of Hot Forged ANSI 1050 Steel, March 2014 Materials Testing, Pages: 208-212 <https://doi.org/10.3139/120.110555>
- [7] Çavdar, U., Atik, E., Ataş, A. (2014). Mechanical, Properties And Hardness Results Of The Medium Frequency Induction Sintered Iron Based Powder Metal Bushing, Science Of Sintering,46, V.2, 195-203. Doi: 10.2298/Sos1402195c
- [8] Çavdar, U., Kuşoğlu, İ.M., (2014-g). Effects of coil design on induction welding of sintered iron based compacts" Materials Testing, 56,11-12, 973-979. DOI 10.3139/120.110641
- [9] Ahmet ALTINTAŞ, Mehmet Necdet YILDIZ, İsmail KIZILKAYA, İndüksiyon ısıtma prensibi ile çalışan mikrokontrol denetimli bir sıvı ısıtıcısı tasarımı, DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sayı 29,pp. 45-52 [2012]
- [10] T. Tanaka, "A New Induction Cooking Range for Heating any Kind of Metal Vessels", IEEE Transactions on Consumer Electronics, 35(3), 635-641, (1989)
- [11] D.M. Shin, M.K. Lee, K.H.Koh, H.W. Lee, "A Study on About Implementation to Induction Heating Cooker That Load Turbo Inverter Algorithm", IEEE, PCC-Osaka-2002, Vol.2, 456-459, (2002)
- [12] B.S. Sazak, S. Öncü, S. Çetin, "Bir Ev Tipi İndüksiyon Isıtma Sistemi Tasarım Metodu", Teknoloji Dergisi, 8(4), 321-329, (2005)
- [13] S. Çetin, B.S. Sazak, "Mutfak Tipi İndüksiyon Isıtma Cihazları için Üç Çıkışı Bir Seri Rezonans inverter Uygulaması", Teknoloji Dergisi, 9(1), 7-16, (2006)



- [14] Sari Çavdar, P., Çavdar, U., (2015). The Evaluation Of Different Environments İn Ultra-High Frequency İnduction Sintered Powder Metal Compacts, *Revista De Metalurgia* 51(1), E036 Issn-L: 0034-8570 Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.3989/Revmetalm.036](http://Dx.Doi.Org/10.3989/Revmetalm.036)
- [15] ÇAVDAR, U., OLGUN, Ö.H., (2018). Weldability of the carbon fiber reinforced thermoplastic composites by using ultra high frequency induction system” 4th International Symposium on Composite Materials, Ege University, Izmir, TURKEY.
- [16] Uğur ÇAVDAR, “Induction Sintering And Applications “, ENAR 2018, 14-16 November, pp.:452-461, 2018, Alanya/TURKEY
- [17] Uğur ÇAVDAR, “Induction Welding and Applications“, ENAR 2018, 14-16 November, pp.:442-451, 2018, Alanya/TURKEY
- [18] Uğur ÇAVDAR, Öner Haşim OLGUN, “Weldability of the carbon fiber reinforced thermoplastic composites by using ultra high frequency induction system” 4th International Symposium on Composite Materials (KOMPEGE 2018), September 6-8, pp. 815-821 2018, Ege University, Izmir, TURKEY.



OCCURRENCE OF A CYBER SECURITY ECO-SYSTEM: A NATURE ORIENTED PROJECT AND EVALUATION OF AN INDIRECT SOCIAL EXPERIMENT

Utku Köse

Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Computer Engineering

utkukose@sdu.edu.tr

Abstract

Because of today's technological developments and the influence of digital systems into every aspect of our lives, importance of cyber security improves more and more day-by-day. Projects, educational processes and seminars realized for this aim create and improve awareness among individuals and provide useful tools for growing equipped generations. The aim of this study is to focus on a cyber security eco-system, which was self-occurred within the interactive educational environment designed under the scope of TÜBİTAK 4004 Nature Education and Science Schools Projects (with the name of A Cyber Security Adventure) with the use of important technologies such as virtual reality, augmented reality, and artificial intelligence. The eco-system occurred within the interactive educational process where high school students took place caused both students and the project team to experience an indirect social experiment environment. In this sense, it is thought that the findings and comments presented in the study will give important ideas to everyone involved in cyber security education, life-long learning processes, and the technology use in software oriented educational tools.

Keywords: *cyber security, educational project, virtual and augmented reality, mobile technologies, artificial intelligence*

1. Introduction

After rising of the computer technology, value of the information has increased rapidly because of almost infinite opportunities of processing information through digital systems and obtaining effective solutions for real world problems. Moreover, development of innovative communication technologies such as Internet has made it easier to carry information point to point and ensure instant, practical information processing environment spread all around the world. As a result of that revolutionary location change of information (from minds, papers to the digital systems) and intense use of digital systems for every daily life operations, the world has started to use the term: 'data' widely instead of the concept of information (Loukides, 2011; Mehlhorn, 2013). Although creating, processing, or transferring data have changed the humankind's life totally and event resulted to transformation of the society to an 'informatics society', storing the information in the form of data has caused appearance of security issues. Because of alternative ways to 'hack' digital systems and possibility of losing the data because of environmental factors, keeping the data secure has become more and more important day-by-day (Hu, 2016; Pfleeger, & Pfleeger, 2002; Stallings et al., 2012). Today, there are many different approaches, methods, and techniques to hack the data / digital systems or build somehow security against dangerous and / or malevolent scenarios. Covered by the topic of 'cyber security', design and development of different solutions always has a top importance because of unstoppable new technological developments changing the way of threatening or ensuring cyber security (Baig et al., 2017; Choo, 2011; Dawson, & Thomson, 2018). However, since many malicious attacks include also person / user tricking phases (social engineering) and complete their process successfully when they are applied for untrained people / users, cyber security education has become a necessity for today's individuals.

Because of need for trained and 'aware' people / users against cyber security issues, there is a remarkable effort to conduct courses, educational seminars or different-sized projects in all over the world. In the USA, there is already a long-time-performed serious works on how to process successful cyber security education, design effective curriculums, and rise effective workforce in this manner (Conklin et al., 2014; Ivy et al., 2019; McGettrick et al., 2014; Newhouse et al., 2017; Shoemaker et al., 2018). As the heart of the technology, Japan has already been discussing effective ways for successful cyber security education (Beuran et al., 2016). There are already some reported studies from India, and Malaysia (of Far East), in the context of ensuring better cyber education and discussing current state of awareness regarding especially cyber security and laws (Mehta, & Singh, 2013; Muniandy et al., 2017; Saxena et al., 2016). In Europe, dominant locations such as UK and Germany have reported studies regarding cyber security education, awareness, and organization of workforces (Bada, & Nurse, 2019; Brittan et al., 2018; Hoffman et al., 2011). As including more of Europe, and other regions such as Africa or South America, there have already been active studies regarding cyber education and cyber security awareness, considering even cyber wars (Catota et al., 2019; Knox et al., 2018; Lejaka et al., 2019; Parker, & Brown, 2018; Tokola et al., 2019; Von Solms, & Von Solms, 2014). As it has already been reported that technology supported competitions have important potential for alternative outcomes in cyber security education (Buchler et al., 2018; Cheung et al., 2012; Pusey et al., 2016), research efforts have been directed to design of alternative activities where educators and learners may take active part by experiencing game-based, real component-based (i.e. robotics), virtual-lab supported, or team oriented (i.e. Capture the Flag) processes (Cheung et al., 2011; Chothia, & Novakovic, 2015; Giannakas et al., 2015; Jin et al., 2018; Khoo, 2019; Olano et al., 2014; Rand et al., 2018; Werther et al., 2011; Willems et al., 2011). At this point, importance of managing educational processes (whether they are traditional or innovative) has been often emphasized and even learning-teaching styles, emotional levels, or effects of digital / mass media have been evaluated for seeking better educational outcomes (Buckingham, 2015; Debeş, & Öznacar, 2018; Graziose et al., 2016; Johnson, 2015; Khalid et al., 2017; Öznacar, & Dagli, 2016; Öznacar, & Dericioğlu, 2017; Öznacar et al., 2017; Öznacar et al., 2018; Parrish, 2015; Van der Sandt, & O'Brien, 2017). It seems that every educational process may require different managerial requirements and cause unexpected situations that can contribute to the outcomes differently. As one of the best ways to run today's cyber education processes



seems to be conducting them within projects, a unique project called as ‘A Cyber Security Adventure’ was performed in Isparta, Turkey, during second half of 2018 and first months of 2019 (Kose, 2018). Except from the other tasks such as project process organization, development of software, and past-activity findings analysis, main educational activities of the project were done between 27 August 2018 and 9 September 2018, by including two stages: face-to-face education, and nature camp, respectively. In addition to the findings reported in detail by Kose (2018), the project has also included many different findings, generally occurred from unexpected states caused by dynamic nature of educational flow.

Based on the explanations so far, the aim of this study is to focus on a cyber security eco-system, which was self-occurred within an interactive educational environment designed under the scope of TÜBİTAK 4004 Nature Education and Science Schools Projects. With the use of important technologies such as virtual reality, augmented reality, and artificial intelligence, the related interactive educational environment was realized under a unique project titled as ‘A Cyber Security Adventure’ (with also an acronym: *BSGM*, as derived from the Turkish title: ‘*Bir Siber Güvenlik Macerası*’). Except from the findings-results obtained with the planned evaluation methods (as reported in also Kose, 2018), active project environment has caused to creation of an unexpected eco-system. The eco-system occurred within the interactive educational process where high school students took place caused both students and the project team to experience an indirect social experiment environment. Although findings from planned evaluation methods of different interactive activities or project organizations may have great importance in terms of literature, some hidden details and unexpected experiences-outcomes can give more information about benefits of the formed educational environments and open minds for further, alternative research studies. In this sense, it is thought that the findings and comments presented in the study will give important ideas to everyone involved in cyber security education, life-long learning processes, and the technology use in software oriented educational tools.

Considering the topic and the aim of the study, the remaining content is organized as follows: The next section briefly gives essential information about the realized project. In this way, the readers are enabled to have enough information about why that project was designed and how it was organized accordingly. After that section, the third section explains some remarkable findings obtained thanks to the project. Although these findings may be subject to other studies (as the project has many different perspectives to write down different reports, papers... etc.), it is also important to inform the target readers about the findings briefly. Next, the fourth section focuses on the unexpected eco-system and some observations associated with that eco-system. That fourth section has become the main section explaining the exact research achievements pointed in this study. After the fourth section, the content is ended with the final, fifth section including discussions regarding conclusions and some thought future works.

2. A Project in the Nature: A Cyber Security Adventure

In Turkey, TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) opens project calls in the context of different scopes. As one of these calls, the call numbered with 4004 is associated with educational projects aiming to combine both scientific perspectives and interactive activities done at the nature. In this sense, the project: ‘A Cyber Security Adventure’ (with also an acronym: *BSGM*, as derived from the Turkish title: ‘*Bir Siber Güvenlik Macerası*’) was accepted to be funded by TÜBİTAK during 6 months period between 27 July 2018 and 27 January 2019 (Figure 1 shows both TÜBİTAK call logo and the project logo). As supported with a total of 80.097 Turkish Liras (around 14.580 USD in August 2019) funding, the project aimed to improve high school students’ awareness, knowledge, abilities towards cyber security, thanks to different educational activities (Kose, 2018).



Figure 17: a) TÜBİTAK 4004 call logo – b) A Cyber Security Adventure (BSGM) project logo (Kose, 2018).

As the project lead by Assistant Prof. Dr. Utku Kose (from Dept. of Computer Engineering at Suleyman Demirel University, Turkey), call for students and selection of them were done collaboratively with also Isparta Directorate for the Ministry of Education. Because the city of Isparta in Turkey was chosen as the project location, a total of 40 high school students from 10 high schools (with 4-student group of each school) enrolled in the project activities. As it was indicated in the first section, main educational activities of the project were done during 14-day period between 27 August 2018 and 9 September 2018. Between 27 August 2018 and 31 August 2018, 40 students experienced face-to-face education period done by academicians from the Dept. of Computer Engineering at Suleyman Demirel University. Except from training regarding the educational software-applications that will be used later, the following subjects were considered during the face-to-face education period (Kose, 2018):

- Essentials of computer and communication technologies,
- Essential components of today’s cyber world,
- The concepts of system, and algorithm,
- Importance of cyber security and awareness regarding it,
- Importance of being ethical (white-hat) hacker,



- Theoretical and practical background for cyber-attack,
- Theoretical and practical background for cyber-defense,
- Importance of social engineering and ways to be defended from it,
- Importance of cyber bullying ways to be defended from it.

Following to the face-to-face education period, a 9-day nature camp was held in Egridir county of Isparta. 40 students from 10 different schools were grouped into 10 teams (as each school forming a team) for the nature camp. The nature camp was done in the natural environment of the Green Island District (called as Island in Egridir) as the whole process activities were tracked by the project staff. Each team was also directed by one guide attended to it (Kose, 2018). Figure 2 represents a photo of Green Island District of Egridir and some photos from activity times.



Figure 18: Green Island District of Egridir and some photos from project activity times, respectively.

The interactivity ensured for better educational outcomes during the nature camp were done with the support by technology and educational software use. The following sub-section provides brief information regarding that.

2.1. Technology and Educational Software Use in the Project

A Cyber Security Adventure consisted of using some technological approaches and educational software systems for ensuring a high interactivity. In this context, a virtual scenario asking the students-teams to find the cyber pirate among 5 suspected virtual characters were run on the background. In detail, all the nature camp was a combination of dynamically changing sub-stories supporting the main scenario so that the cyber pirate can be determined step-by-step, according to each successfully solved sub-story (Kose, 2018). The following technology and educational software use approaches supported the whole scenario flow and a high level interactivity was achieved in this way (Kose, 2018):

- **Mobile Device Use:** Nature camp included intense use of mobile devices in order to interact with the real world and ensure a bridge between the real world and the virtual scenario. In this context, each team had one tablet device and everybody allowed using their own mobile devices (i.e. smart phones or other mobile devices).
- **Augmented Reality:** As a combination of both real and virtual world (Furht, 2011; Kose, 2015), Augmented Reality is often used for software systems aiming to run high level interactivity. In the nature camp, it was aimed to run Augmented Reality for collecting virtual materials spread in the real world and interact with QR codes or specially designed signs (located over i.e. buildings, trees, or other real components) for activating sub-scenarios or solving puzzles.



- **Artificial Intelligence:** As one the most effective technology of today's world (Rabelo et al., 2018; Russell, & Norvig, 2016), and widely used for developing intelligent educational software systems, Artificial Intelligence was used for designing an adaptive infrastructure, which is directing each team through the virtual scenario. As inspiring from Role Playing Games (RPG), each team consisted of 5 attributes: Speed, Team Spirit, Ability, Energy, and Resource. According to different solutions by students of the teams (or in case of unsolved problems) for sub-scenarios / activities, these attributes were adaptively scored by the intelligent system running on the background. Also, thanks to an intelligent combinatorial optimization approach (Du, & Pardalos, 2013; Siarry et al., 2016), the best sub-scenario flow for each team was determined by the intelligent system, from many different possible sub-scenarios designed before.
- **Software Systems / Applications:** During nature camp, the teams were wanted to use some developed software systems / mobile applications, in order to solve puzzles, enroll in competitions, gain points individually, and eventually go through the sub-scenarios. In order to benefit from their knowledge and abilities gained during face-to-face education period, students used software systems / applications called as 'Attacking Machine', 'Defensing Machine', 'Tracker', 'Reader', and 'Code Breaking Machine'.
- **Social Media:** As an essential technological component for the nature camp, social media was used for supporting the interactivity and communication among all people including students, and even project staff. Thanks to groups created over WhatsApp, instant problems to be solved in some allowed time period were announced and other social media channels were used for better interaction and information share.

2.2. General Educational Activities in the Project

Considering the technological components expressed briefly under the previous sub-section, general educational activities in the project were organized in the context of the following activity scopes (Kose, 2018):

- Theoretical and applied lectures (during 5-day face-to-face education period),
- Group studies (during 9-day nature camp period),
- Project based studies (during 9-day nature camp period),
- Drama studies (during 9-day nature camp period),
- Analytical and logical problem-solving (during 9-day nature camp period),
- Sportive competitions (during 9-day nature camp period),
- Individual problem solving (during 9-day nature camp period),
- Problems requiring social interaction (during 9-day nature camp period),
- Software / application use (during 9-day nature camp period).

3. Findings from the Project

Statistically, a composite approach was applied for obtaining findings regarding students, and their activities during the project period. For getting information about students' perception and attitudes against cyber security, a pre-test and post-test approach was applied over a survey. Also, interviews and observations were done for getting more information about students. Additionally, some more technical tests for understanding more about effectiveness of the technological components and their usability levels were applied. Furthermore, some findings from project staff (especially from guides) were obtained for additional analyses. All these findings have been already reported by Kose (2018). But considering the whole findings from the composite approach for students and some technical analyses, the following points can be expressed briefly (Kose, 2018):

- Students' perception and attitude levels changed positively after the project (That affected also some people from project staff).
- Students enjoyed the whole process and wanted to experience similar processes again (That is same for also project staff).
- Students were highly motivated for the issues of cyber security, after the project period.
- Students, who has some past knowledge and ability regarding cyber security and computer use, contributed to their team greatly.
- Teams, who created more team synergy, has achieved better during nature camp.
- Teams were generally aware of using their team attributes against solving sub-scenarios / problems / puzzles.
- The project contributed to cyber security awareness and gaining knowledge-ability against current state of the digital world.
- Interactivity and the natural environment contributed positive outcomes greatly.
- It was shown that a combination of nature (real world) and technology (digital-cyber world) can contribute to educational processes better.
- The project took attention of national and international groups enrolled in cyber security, technological developments, and the digital world.
- Especially nature camp has caused an unexpected cyber security eco-system of (as the main topic of this study, explained under the fourth section).
- A remarkable number of students improved their self-confidence, leadership, and academic level, thanks to the project.
- The project contributed positively to some students' future career ideas. These students generally motivated about choosing their career to move within cyber security, computer (software and/or hardware) technology, or communication technology.
- Software systems / applications were generally usable and efficient enough in terms of enabling students and project staff to focus on only task and perform their tasks within desired time periods.
- The Artificial Intelligence infrastructure was successful enough to run an adaptive scenario flow, according to dynamically changing parameters of the nature camp and teams.



4. Occurrence of a Cyber Security Eco-system in the Project

Especially nature camp period of the project included a wide interaction among students, project staff. Additionally, that interaction was somehow adaptively controlled / directed by the intelligent infrastructure and the running software systems / applications. Although the virtual scenario included lots of sub-scenarios and alternative ways to complete it (even some sub-scenarios were not activated by the teams), it was at least having a certain plan designed before. On the other hand, there were some instant touches by the project leader: Dr. Kose, in order to ensure a dynamic scenario flow. However, the nature camp faced also an unexpected formation of a cyber security eco-system, because of competition and ambition increased day-by-day. That situation has affected even some of project staff and eventually the nature camp turned into a also a social experiment. The related eco-system and the associated indirect social experiment are all remarkable to be analyzed, as valuable, additional findings.

The indirectly appeared cyber security eco-system had the following components with their potentials in that eco-system:

- **Teams / Students:** Because of high competition level, teams / students were important to eliminate each other, by considering every type of fake activities or counter-activities.
- **Guides:** Guides were responsible for controlling students and directing them to solutions if they find the problem / sub-scenario difficult to solve. But because they were informed about only general framework of the scenario, they knew nothing about how to follow true ways of the scenario and how much their team can gain from each sub-scenario / problem, which were even created by the project leader sometimes. So, guides had always potential to be hooked in competition and ambition.
- **Nature / Environment:** Components for especially Augmented Reality, and software interactions (so that interaction with the nature / environment) were located over real components such as buildings, trees, signs, or even other things such as cars, daily life materials...etc. Because of that, they were potential tools within an eco-system, which can be used by everybody for tricking others and even Artificial Intelligence infrastructure.
- **Artificial Intelligence / Software Systems / Applications:** All software oriented components including also Artificial Intelligence infrastructure had the potential of to be tricked because of their digital nature. That is exactly an important actor of a typical cyber security eco-system since it is associated with the digital world.
- **People Out of the Project:** In some sub-scenarios, students' tasks included interaction with people out of the project. These people were generally shop owners or somebody chosen from near environment. They had been informed before about the sub-scenarios and about their responses-roles against students. But they had the potential to be tricked and even people having no idea about the project were potential individuals, so that students can mistakenly think that they know something about the scenario.

In the context of the mentioned components, competitive environment has caused formation of an eco-system, where the following events occurred:

- Some teams having members, who know computer programming, tried to hack the software systems / applications.
- Students started to create fake QR codes for locating them over real components, so that they can trick other teams and even guides (Figure 3).
- Over social media, students started to send fake messages and announcements to trick other teams and directing them to distant locations of the environment so that they cannot complete new, sudden tasks in time.
- Students started to arrange fake people to trick other teams / students about solutions of sub-scenarios.
- Students started to talk with other teams' guides, in order to trick them.
- Some teams even developed fake software or virtual materials so that other teams can use them (by wasting their time) and collecting unnecessary virtual materials.
- There were some soft arguing / discussions between students of different teams.
- Instead of their team members (students), some guides started to give more efforts in order to be successful in physical activities and even argued with some other guides sometimes.
- In some activities requiring knowledge, it was reported that some guides helped their team.
- Some two-three teams become allies against certain teams during physical activities or within 'Attacking Machine' or 'Defending Machine' applications.
- As general, social engineering oriented attacks become popular among teams.
- Teams started to give more consideration to defending themselves, in addition to their attacking activities.
- As similar in real world, some teams acted like cyber pirates to eliminate other teams and some other teams also acted as ethical hackers to save the environment from such teams. Thankfully, teams acting like cyber pirates turned back to the ethical side later.

As it can be understood, an indirect social experiment rose during the nature camp and caused teams and project staff to experience a real world like cyber security eco-system, where members can change side, become allies, run different methods for tricking purpose, and try to defend themselves against possible attacks.





Figure 19: a) A real QR code located by the project staff – b) A fake QR code created by the student teams.

After seeing existence of the related eco-system and social experiment flow, the project leader: Dr. Kose decided to gather the related observation notes as the findings just expressed under the previous paragraphs. Additionally, he also analyzed some numerical findings regarding tricking activities done by each team. Table 1 provides total number of tricking activities by each team for each nature camp day, by total number of different tricking activities done as using fake QR-materials, sending fake messages, applying social engineering, direct attack to team(s), direct defense against team(s), attacking with ally / allies, and defense with ally / allies. Names of the teams during the nature camp were used in the Table 1 accordingly. On the other hand, tricking intensity levels has shown in table cells, by using four colors; white: zero, blue: light, yellow: medium, and red: high.

Table 10: Tricking activities by each team during the nature camp period.

Team	Tricking activities (as numbers and color) ^a								
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	Day 8	Day 9
Phoenix	0	0	2	1	1	2	3	3	0
Full-moon	0	0	3	4	6	8	10	5	1
Tiger	0	0	0	2	8	8	3	1	0
Lightning	0	2	4	8	12	7	9	7	1
Wind	0	0	2	3	5	5	6	3	2
Mars	0	1	2	3	3	5	5	5	2
Pioneer	0	1	3	4	9	6	3	2	0
West	0	0	2	1	3	3	4	3	0
Cheetah	0	0	0	0	0	1	2	1	0
Ghost	0	0	1	2	3	5	3	0	0

^aTricking intensity is shown with four colors; white: zero, blue: light, yellow: medium, and red: high.

As it can be seen from Table 1, more competition and ambition increasing day-by-day caused most of teams to use tricking ways. Although some teams were more robust against tricking, tricking levels for all teams show existence of an eco-system. The eco-system shows high intensity during especially middle of the nature camp and starts to disappear towards the end of the camp. It is remarkable that both students and project staff enjoyed that indirect social experiment and expressed their positive ideas about that suddenly appeared situation, after the end of the nature camp. It is certain that this occurrence of the eco-system and the indirect social experiment has contributed to the project for more positive educational outcomes.

5. Conclusions and Future Work

In this study, an unexpected occurrence of a cyber security eco-system in the context of the TÜBİTAK 4004 project: ‘A Cyber Security Adventure’ was discussed generally. That eco-system has caused also rise of an indirect social experiment, which has contributed to the project outcomes in a positive manner. As including a total of 40 students directed by 10 guides, and also other project staff, almost everybody enrolled in the nature camp period has taken active role in creating a cyber security eco-system, where tricking, cyber



attacking, and cyber defending in terms of allies or direct purposes were often observed along 9-day camp. The findings in this manner are valuable for educational outcomes and point that such educational activities can be more effective if some unexpected situations and social experiments can be included, too. Out of the planned activities, it could be better to leave some uncontrolled parameters so that such educational processes can be more effective over individuals. As the nature camp of the project was conducted in the natural environment of Egirdir, Isparta (Turkey), interaction with the real world in addition to other technologically caused interactions have enabled the project staff to get more than desired for having successful results with the project.

Obtained positive findings have encouraged the author (project leader) to think about future works more. As indicated before by Kose (2018), a second version of the project has already planned with the title 'Another Cyber Security Adventure' (with also an acronym: *B²SGM*, as derived from the Turkish title: '*Bir Başka Siber Güvenlik Macerası*'). That second version will include a wider scenario with more technology use and just waits for funding to be realized. Additionally, more analyses regarding the unexpected cyber security eco-system were planned as additional future works. Finally, there will be alternative projects for different topics (i.e. robotics, future of Artificial Intelligence) and these projects will certainly include some spaces to open doors for unexpected experiments, which seem very critical and remarkable to be analyzed for better educational outcomes.

6. References

- Bada, M., & Nurse, J. R. (2019). Developing cybersecurity education and awareness programmes for small-and medium-sized enterprises (SMEs). *Information & Computer Security*, 27(3), 393-410.
- Baig, Z. A., Szewczyk, P., Valli, C., Rabadia, P., Hannay, P., Chernyshev, M., ... & Syed, N. (2017). Future challenges for smart cities: Cyber-security and digital forensics. *Digital Investigation*, 22, 3-13.
- Beuran, R., Chinen, K. I., Tan, Y., & Shinoda, Y. (2016). Towards effective cybersecurity education and training. *Research Report, 2016*, 1-16. School of Information Science, Graduate School of Advanced Science and Technology, Japan Advanced Institute of Science and Technology.
- Brittan, T., Jahankhani, H., & McCarthy, J. (2018). An Examination into the Effect of Early Education on Cyber Security Awareness Within the UK. In *Cyber Criminology* (pp. 291-306). Springer, Cham.
- Buchler, N., La Fleur, C. G., Hoffman, B., Rajivan, P., Marusich, L. R., & Lightner, L. (2018). Cyber teaming and role specialization in a cyber security defense competition. *Frontiers in Psychology*, 9, 2133.
- Buckingham, D. (2015). Defining digital literacy-What do young people need to know about digital media?. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 10(Jubileumsnummer), 21-35.
- Catota, F. E., Morgan, M. G., & Sicker, D. C. (2019). Cybersecurity education in a developing nation: the Ecuadorian environment. *Journal of Cybersecurity*, 5(1), DOI: 10.1093/cybsec/tyz001.
- Cheung, R. S., Cohen, J. P., Lo, H. Z., & Elia, F. (2011). Challenge based learning in cybersecurity education. In *Proceedings of the International Conference on Security and Management (SAM)* (p. 1). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
- Cheung, R. S., Cohen, J. P., Lo, H. Z., Elia, F., & Carrillo-Marquez, V. (2012). Effectiveness of cybersecurity competitions. In *Proceedings of the International Conference on Security and Management (SAM)* (p. 1). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
- Choo, K. K. R. (2011). The cyber threat landscape: Challenges and future research directions. *Computers & Security*, 30(8), 719-731.
- Chothia, T., & Novakovic, C. (2015). An offline capture the flag-style virtual machine and an assessment of its value for cybersecurity education. In *2015 {USENIX} Summit on Gaming, Games, and Gamification in Security Education (3GSE 15)*.
- Conklin, W. A., Cline, R. E., & Roosa, T. (2014). Re-engineering cybersecurity education in the US: an analysis of the critical factors. In *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 2006-2014). IEEE.
- Dawson, J., & Thomson, R. (2018). The future cybersecurity workforce: going beyond technical skills for successful cyber performance. *Frontiers in Psychology*, 9.
- Debeş, G., & Öznacar, B. (2018). Evaluation of the opinions of the manager, teacher, employees (secretary and servants) about school management of the digitalization and management processes of the system engineering model in education. *Amazonia Investiga*, 7(16), 243-253.
- Du, D. Z., & Pardalos, P. M. (Eds.). (2013). *Handbook of combinatorial optimization: Supplement* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Furht, B. (Ed.). (2011). *Handbook of augmented reality*. Springer Science & Business Media.
- Giannakas, F., Kambourakis, G., & Gritzalis, S. (2015). CyberAware: A mobile game-based app for cybersecurity education and awareness. In *2015 International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL)* (pp. 54-58). IEEE.



- Graziose, M., O'Brien, Q., Downs, S., & Fanzo, J. (2016). Do Mass Media and Mobile Technology Nutrition Education Campaigns Improve Infant and Young Child Feeding Knowledge, Attitudes, and Practices in the Developing World? A Systematic Review of the Evidence. *The FASEB Journal*, 30(1_supplement), 891-4.
- Hoffman, L., Burley, D., & Torgas, C. (2011). Holistically building the cybersecurity workforce. *IEEE Security & Privacy*, 10(2), 33-39.
- Hu, F. (Ed.). (2016). *Big data: Storage, sharing, and security*. CRC Press.
- Ivy, J., Lee, S. B., Franz, D., & Crumpton, J. (2019). Seeding Cybersecurity Workforce Pathways With Secondary Education. *Computer*, 52(3), 67-75.
- Jin, G., Tu, M., Kim, T. H., Heffron, J., & White, J. (2018). Game based cybersecurity training for high school students. In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 68-73). ACM.
- Johnson, D. R. (2015). Emotional intelligence as a crucial component to medical education. *International Journal of Medical Education*, 6, 179.
- Khalid, M., Akhter, M., & Hashmi, A. (2017). Teaching Styles of Secondary School English Teachers and Learning Styles of Their Students and Relationship of Teaching Learning Style Match with Students' Achievement. *Bulletin of Education and Research*, 39(3), 203-220.
- Khoo, L. J. (2019). Design and Develop a Cybersecurity Education Framework Using Capture the Flag (CTF). In *Design, Motivation, and Frameworks in Game-Based Learning* (pp. 123-153). IGI Global.
- Knox, B. J., Jøsok, Ø., Helkala, K., Khooshabeh, P., Ødegaard, T., Lugo, R. G., & Sütterlin, S. (2018). Socio-technical communication: the hybrid space and the OLB model for science-based cyber education. *Military Psychology*, 30(4), 350-359.
- Kose, U. (2015). Augmented Reality Based E-Learning Applications. In *Encyclopedia of Information Science and Technology, Third Edition* (pp. 7507-7518). IGI Global.
- Kose, U. (2018). An Educational Project Combining Nature and Science: A Cyber Security Adventure. *Journal of Multidisciplinary Developments*, 3(1).
- Lejaka, T. K., Da Veiga, A., & Loock, M. (2019). Cyber security awareness for small, medium and micro enterprises (SMMEs) in South Africa. In *2019 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Loukides, M. (2011). *What is data science?*. O'Reilly Media, Inc.
- McGettrick, A., Cassel, L. N., Dark, M., Hawthorne, E. K., & Impagliazzo, J. (2014). Toward curricular guidelines for cybersecurity. In *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 81-82). ACM.
- Mehlhorn, K. (2013). *Data structures and algorithms 1: Sorting and searching* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Mehta, S., & Singh, V. (2013). A study of awareness about Cyber Laws in the Indian Society. *International Journal of Computing and Business Research (IJCBR)*, 4(1), 334.
- Muniandy, L., Muniandy, B., & Samsudin, Z. (2017). Cyber Security Behaviour among Higher Education Students in Malaysia. *J. Inf. Assur. Cyber Secur*, 2017, 1-13.
- Newhouse, W., Keith, S., Scribner, B., & Witte, G. (2017). National initiative for cybersecurity education (NICE) cybersecurity workforce framework. *NIST Special Publication*, 800, 181.
- Olano, M., Sherman, A., Oliva, L., Cox, R., Firestone, D., Kubik, O., ... & Thomas, D. (2014). SecurityEmpire: Development and evaluation of a digital game to promote cybersecurity education. In *2014 {USENIX} Summit on Gaming, Games, and Gamification in Security Education (3GSE 14)*.
- Öznacar, B., & Dagli, G. (2016). The impact of mass media tools on students at the high school level. *The Anthropologist*, 23(1-2), 152-162.
- Öznacar, B., & Dericioğlu, S. (2017). The role of school administrators in the use of technology. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(1), 253-268.
- Öznacar, B., Yilmaz, E., & Güven, Z. (2017). The Relationship between Teaching Styles and Emotional Intelligence of Teachers. *Journal of Economic & Management Perspectives*, 11(1), 570-576.
- Öznacar, B., Şensoy, Ş., & Satılmış, A. (2018). Learning Styles and Emotional Intelligence Levels of University Teacher Candidates. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(5), 1837-1842.
- Parker, A., & Brown, I. (2018). Skills Requirements for Cyber Security Professionals: A Content Analysis of Job Descriptions in South Africa. In *International Information Security Conference* (pp. 176-192). Springer, Cham.
- Parrish, D. R. (2015). The relevance of emotional intelligence for leadership in a higher education context. *Studies in Higher Education*, 40(5), 821-837.



- Pfleeger, C. P., & Pfleeger, S. L. (2002). *Security in computing*. Prentice Hall Professional Technical Reference.
- Pusey, P., Gondree, M., & Peterson, Z. (2016). The outcomes of cybersecurity competitions and implications for underrepresented populations. *IEEE Security & Privacy*, 14(6), 90-95.
- Rabelo, L., Bhide, S., & Gutierrez, E. (2018). *Artificial intelligence: Advances in research and applications*. Nova Science Publishers, Inc..
- Rand, K., Feil-Seifer, D., & Sengupta, S. (2018). Unplugged Robotics as a Platform for Cybersecurity Education in the Elementary Classroom. *Information Systems Education Journal*. In Press: 2019, ID: 1542465.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach*. Malaysia; Pearson Education Limited,.
- Saxena, P., Kotiyal, B., & Goudar, R. H. (2012). A cyber era approach for building awareness in cyber security for educational system in India. *International Journal of Information and Education Technology*, 2(2), 167.
- Shoemaker, D., Kohnke, A., & Sigler, K. (2018). *A Guide to the National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) Cybersecurity Workforce Framework (2.0)*. Auerbach Publications.
- Siarry, P., Idoumghar, L., & Lepagnot, J. (2016). *Swarm intelligence based optimization*. Springer International Publishing AG.
- Stallings, W., Brown, L., Bauer, M. D., & Bhattacharjee, A. K. (2012). *Computer security: Principles and practice*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Tokola, T. J., Schaberreiter, T., Quirchmayr, G., Englbrecht, L., Pernul, G., Katsikas, S. K., ... & Tang, Q. (2019). A Collaborative Cybersecurity Education Program. In *Cybersecurity Education for Awareness and Compliance* (pp. 181-200). IGI Global.
- Van der Sandt, S., & O'Brien, S. (2017). Impact of Instructor Teaching Style and Content Course on Mathematics Anxiety of Preservice Teachers. *Journal of Technology Education*, 29(1), 95-111.
- Von Solms, S., & Von Solms, R. (2014). Towards Cyber Safety Education in Primary Schools in Africa. In *HAIISA* (pp. 185-197).
- Werther, J., Zhivich, M., Leek, T., & Zeldovich, N. (2011). Experiences in cyber security education: The MIT Lincoln laboratory capture-the-flag exercise. In *CSET*. Online: <https://www.usenix.org/legacy/events/cset11/tech/slides/werther.pdf> (Retrieved 22.05.2019).
- Willems, C., Klingbeil, T., Radvilavicius, L., Cenys, A., & Meinel, C. (2011). A distributed virtual laboratory architecture for cybersecurity training. In *2011 International Conference for Internet Technology and Secured Transactions* (pp. 408-415). IEEE.

NOTE: This study was supported by TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) as 4004 – Nature Education and Science Schools project call (Project No: 118B289).



İPEK ÜRETİMİ YAPAN ENDÜSTRİ MİRASI YAPILARIN "EĞİTİM YAPISI" OLARAK İŞLEVLENDİRİLMESİ: FABRİKA-İ HÜMAYUN – FARUK SARAÇ TASARIM MESLEK YÜKSEKOKULU DÖNÜŞÜMÜ

Yasemin Erdoğan¹, Nihal Uluengin²

¹Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İç Mimarlık Anabilim Dalı

yaseminerdogan@ayvansaray.edu.tr

²Haliç Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü

nihaluluengin@hotmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Endüstri mirası yapılar; teknolojik, sosyo-kültürel ve ekonomik gelişmeler nedeniyle zaman içinde işlevini yitirebilir ve tarihi dokuları bozulmadan yeniden işlevlendirilebilir. Teknolojik gelişimle birlikte ipek üretimi yapan endüstri mirası yapılar da işlevini yitirmiştir. Bu çalışmada ipek üretimine yönelik olarak inşa edilmiş endüstri mirası yapıların eğitim yapısı olarak yeniden işlevlendirilmesindeki dönüşüm sürecinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın hipotezi “atıl kalmış endüstri mirası yapılar, eğitim yapısı olarak yeniden işlevlendirilmelidir” olarak belirlenmiştir. Araştırma nitel fenomenolojik yaklaşımla gerçekleştirilmiş teorik bir çalışmadır. Araştırmada toplanan veri seti uygun araştırma araçlarıyla analiz edildikten sonra, işlev sonrası dönüşümleri ile ülkemizde Bursa’da bulunan Fabrika-i Hümayun – Faruk Saraç Moda Tasarım Meslek Yüksekokulu araştırma sahası olarak belirlenmiştir. Bu mekan plan şeması, mekan organizasyonu, koruma, malzeme koruması, yeniden kazandırılan işlev, kullanıcı memnuniyeti konuları dahilinde analiz edilmiş ve endüstri mirası bu yapının eğitim yapısına dönüştürüldüğü bulgusu elde edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada; işlevini yitirmiş endüstri mirası yapıların, strüktürel sisteminin geniş açıklıklar ve yüksek hacimlerden oluşması nedeniyle kolaylıkla müdahale edilebilir ve mekânsal olarak eğitim yapılarına dönüştürme açısından elverişli yapılar olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yeniden İşlevlendirme, Endüstri Mirası, İpek Üretimi Yapan Endüstri Mirası Yapılar, Eğitim Yapıları, Fabrika-i Hümayun

1. Giriş

‘Endüstri Mirası’ olarak adlandırılan endüstri alanları ve yapıları, üretimi gerçekleştiren mekanik donanımları ve içinde yer aldıkları strüktürlerle birlikte, bir ülkenin sosyo-ekonomik geçmişinin önemli göstergeleridir. İşlevlerini çoğu zaman hızlı teknolojik gelişmeler nedeniyle kaybederler. Endüstri yapılarının işlevlerinin yitirmeleri sonucu, şehirlerin içinde çok büyük alanlar kaldığı tespit edilmiştir. Bu alanlardaki yapıların, strüktürel sistemin geniş açıklıklardan ve genellikle yüksek hacimlerden oluşması, kolaylıkla müdahale edilebilmesi gibi sebeplerle mekânsal olarak, konut, müze, ofis, çağdaş sanat galerisi, eğitim yapısı, alışveriş merkezi, otel gibi pek çok fonksiyonla yeniden işlevlendirilebildiği görülmüştür. Bu açıdan bakıldığında bu tür yapıların, üniversite gibi içinde farklı mekân gereksinimlerine ihtiyaç duyan fonksiyonlara işlevlendirilmeleri mümkündür. Araştırmanın hipotezi “atıl kalmış endüstri mirası yapılar, eğitim yapısı olarak yeniden işlevlendirilmelidir” olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu hipotez dahilinde araştırmanın alt araştırma soruları; eğitim yapısına dönüştürülmüş endüstri mirası sayısı, strüktürlerin kullanım amaçları, işlevsel dönüşümün uygunluğu, iç mekan özelliklerinin ihtiyacı karşılama kapasitesi ve toplumsal faydası olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu hipotez dahilinde araştırmanın alt araştırma soruları; eğitim yapısına dönüştürülmüş endüstri mirası sayısı, strüktürlerin kullanım amaçları, işlevsel dönüşümün uygunluğu, iç mekan özelliklerinin ihtiyacı karşılama kapasitesi ve toplumsal faydası olarak ele alınmıştır.

Endüstriyel tesislerin yapımında farklı yollar izlemiş olan İngiltere, Fransa, Almanya ve sanayileşmiş diğer Avrupa ülkeleri yine farklı yollar izleyerek bu miraslarını değerlendirmektedir. Bu yapıların farklı bir miras değeri olduğu anlaşılıp, üstelik yıkımları maliyetli ve hatta zararlı olunca kullanılmaları, dolayısıyla işlevsel dönüşümleri gündeme gelmiştir. Çok sayıda aynı tip endüstriyel tesis olduğu için de önlerindeki seçenek sayısı da fazla olmuştur. Örneğin Almanya’nın batısındaki Ruhr Havzası Duisburg’dan Dortmund’a uzanan, içiçe geçmiş 17 kentten oluşmaktadır ve yüzlerce fabrika vardır. Öyle olunca da kiminin olduğu gibi tutulup, oradaki kömür tozuna kadar gösterilmesi, kiminin kabuğunu tutup içinin dönüştürülmesi, kimini de tamamen dönüştürülmesi planlanmıştır. Ama bunları bir üst plan çerçevesinde, bütününe bakarak yapmaları dikkat çekicidir. Son yıllarda Türkiye’de de örnekleri görülmeye başlanan ve yine kültürel ortama kazandırılan endüstri yapıları, özellikle İstanbul’da yoğunlaşmaktadır. Bakırköy Baruthanesi, Yunus Emre Kültür Merkezi’ne; Darphane-i Amire, İstanbul Müzesi’ne; Tophane-i Amire, Mimar Sinan Üniversitesi Kültür ve Sanat Merkezi’ne; Hasköy Lengerhane ve Şirket-i Hayriye Tersanesi, Rahmi Koç Endüstri Müzesi’ne; Defterdar Feshane-i Amire, Feshane Uluslararası Fuar, Kongre ve Kültür Merkezi’ne; Cibali Tütün Fabrikası, Kadir Has Üniversitesi’ne; Bakırköy İspirtohanesi, İTÜ İspirtohane Konservatuarı ve Kültür Merkezi’ne; Sütlüce Mezbahası, Sütlüce Kongre ve Kültür Merkezi’ne dönüşen yapılardan sadece birkaçıdır.

14. ve 20. yy’lar arasında ipekçiliğin tüm yöntemlerin gerçekleştirildiği Bursa’da da ipek üretim ve ticaretine bağlı bütün yapı tipleri inşa edilmiştir (Aydm, 2007). İpekçiliğin Bursa’daki son izleri olan bu yapılar, Türkiye’nin endüstri tarihinin gelişimi açısından da



önemli birer belge niteliği taşımaktadır (Yetmen, 1948). Teknolojik gelişimle birlikte ipek üretimi yapan endüstri mirası yapılar da işlevini yitirmiştir. Bu çalışmada ipek üretimine yönelik olarak inşa edilmiş endüstri mirası yapıların eğitim yapısı olarak yeniden işlevlendirilmesi amaçlandığından, araştırma sahası Bursa'da İpekçilikle İlgili Endüstri Mirası Yapıların en önemlilerinden biri olan ve Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından kamulaştırıldıktan sonra Faruk Saraç Moda ve Sanat Vakfı'na kiralanmak suretiyle Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu'na dönüştürülen Fabrika-i Hümayun olarak seçilmiştir. Araştırma kapsamında, 19. yy 'da Bursa'da, ipek iplik çekimini endüstriyel yöntemlerle gerçekleştirmek üzere devlet eliyle kurulan ilk sanayi yapısı olması nedeniyle önemli bir tarihi belge özelliği taşıyan bu endüstri mirasının eğitim yapısı olarak işlevlendirilmesindeki dönüşüm süreci değerlendirilmiştir. Çalışma nitel araştırma yöntemlerinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışmada özne-nesne ilişkisini konu edinen “Fenomenoloji (Görüngübilim)” araştırma yöntemi benimsenmiştir. Verilerin elde edilmesi amacıyla konuyu doğrudan ya da dolaylı olarak ele alan literatür incelemesi yapılarak yazılı ve çizili kaynaklara ulaşılmış ve benimsenen yöntem dahilinde araştırma modeli oluşturulmuştur. Konunun araştırılmasında literatür taraması, tarihsel yöntem, arşiv taraması, yerinde inceleme, betimleme ve fotoğraflama yöntemlerinden yararlanılarak elde edilen bulgular çerçevesinde bu endüstri mirası yapı topluluğu; plan şeması, mekan organizasyonu, koruma, malzeme koruması, yeniden kazandırılan işlev, kullanıcı memnuniyeti konuları dahilinde analiz edilmiştir.

2. Genel Tanım ve Kavramlar

2.1. İşlev ve Yeniden İşlevlendirme

Mekânsal olarak bakıldığında ‘işlev’ in öncelikle yapı öğelerinin, tek veya tüm, amaca uygunluğu anlamına geldiği görülmektedir. Burada amaca uygunluk yaklaşımı, hem mekânsal özellikleri, hem de yapısal ve biçimsel özellikleri ifade etmektedir. Yapıya ait her elemanın, mekânın ya da cephenin, bir fonksiyonu karşılayabilir nitelikte şekillenmesi, yapının işlevine uygunluğunu göstermektedir (Kuban, 1980).

‘Yeniden işlevlendirme’ denildiğinde, konuyu ‘Yeniden Programlama’ ve ‘Yeniden Mimari’ olarak iki temel kavram yönlendirmektedir (Moravanszyk, 2001). Her iki kavramı da ‘Yeniden Değerlendirme’ ortak paydasında ele almak bu çalışmanın ana yaklaşımını oluşturmaktadır. Yeniden Programlama, var olan mekânların yeni kullanımları, içindeki etkinlikleri, olayları içermesi için yeniden düzenlenmesine işaret etmektedir. Mevcut yapının bize sunduğu mekânsal olanakların, yeni işlevin mekânsal gerekliliklerine uygun olarak üst üste çakıştırılması, ya da eldeki kumaşa göre yeni gerekliliklerin tekrar gözden geçirilmesi sürecidir. Yeniden Mimari ise, mimari dilin potansiyelini, yapının inşa tekniğinin ve yapısal özelliklerinin bize verdiği olanakları, yeni programların uygulanması için yapıya yapılabilecek müdahalelerin çerçevesini tanımlamaktadır. Yeni işlev gereği olması gereken ama binanın yapısal özellikleri sebebiyle oluşturulamayan mekânlar, yeni pencerelerin açılması ya da mevcut pencerelerin kapatılması, duvarların kaldırılması ya da ilavesi, kat döşemelerinin kaldırılması ya da yeni kat döşemesi ilavesi, yapıya ek bina yapılabilmesi ve bu bağlantının kurulabilmesi gibi müdahaleler sonucunda oluşturulabilmektedir. Yeni programın yapıya entegre edilmesi için yapılan bu çalışmalar, konunun teknik boyutunun yanında özellikle tescilli binalarda mimari dilin korunması sebebiyle özel bir çaba gerektirmektedir.

Artık kullanılmayan depo-antrepo yapılarının konutlara dönüştürülmesi, bir gazometre yapısının insanların kullanımı için dalış okuluna ya da deneysel müzik laboratuvarına dönüştürülmesi ve yarattığı çekim odağıyla bulunduğu semtin rehabilitasyonuna katkıda bulunması, ya da devasa bir endüstriyel kompleksin tüm bölgenin çehresini, toplumsal yaşamını ve ekonomisini dönüştürecek eğlencilen alanları olarak yeniden yapılandırılması, eski bir hapishane yapısının bir otele dönüştürülmesi yeniden işlevlendirme kavramının örneklerini oluşturmaktadır (Uçkan, 2000).

2.2. Binaların Yeniden İşlevlendirilmesi

Binaların Yeniden İşlevlendirilmesi, ülkemizde ve dünyada yeni bir konu olmakla beraber, konuyu tanımlamak, sistematik alt yapısını kurmak üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle binaların yeniden kullanımını gerektiren nedenler, binaların değerlendirilmesi ve yeniden işlevlendirme sürecine veri olabilecek niteliklerin belirlenmesi, yapıya uygun işlev seçimi ve son olarak da seçilen işlev sonrası yapıya yapılabilen müdahaleler şeklinde özetlenebilir.

Tarihi yapıların bulunduğu yerleşmelerde günümüz değişen sosyoekonomik koşulları karşısında hem içinde buldukları toplumsal yapı karakteri hem de yaşanan mekânların günün değişen şartlarına cevap vermemesi bakımından çeşitli zorluklar yaşanmaktadır (Göçer 2003). Bu zorluklar sonucunda işlevsel olarak eskimiş yapıların, yıkılması ya da, henüz yapısal ömrünü tamamlamadığı için yeni bir işlev verilerek kullanılmaya devam edilmesi durumu ortaya çıkmaktadır. Binaların yapısal ömrü tamamlanmadan işlevsel ömürlerinin tamamlanmasının altındaki nedenler; binaların orijinal işlevini kaybetmesi, binaların işlevsel olarak eskimesi, kentsel çevre ve imar mevzuatı değişikliklerinin etkisi ve ekonomik sebepler olarak gruplandırılabilir.

Yeniden İşlevlendirme tasarımında girdi olarak, kullanım dışı kalmış bina ile o binanın eskiden şekillenmesine katkısı olmuş fakat zaman içinde değişmiş olan çevre koşulları ve insan ihtiyaçları vardır. Tarihi değeri olan tescilli bir yapı da sıradan bir yapı da yeniden işlevlendirilirken, mevcut mekânları kavramak ve felsefesinde ortaya koymak gerekmektedir (Mesutoğlu, 1995). Mimari tasarımın özünde insan ihtiyaçları ve alışkanlıkları ile yaşantının gereklerini karşılamak üzere mekânsal çözümlerin üretilmesi yatmaktadır. Yeniden işlevlendirmeye bu ihtiyaç ve gereklilikler mevcut yapının özellikleriyle güçlü bir şekilde ilişkilendirilerek uyum sağlayabilmelidir. Bu kullanıcı gereklilikleri; mekânsal gereklilik, kullanım ve harekete ait gereklilik, çevre gereklilikleri ve teknik gerekliliklerdir (Karapınar 1997). Yapı yeni işlevin gereksinimleri doğrultusunda, verilecek fonksiyonu yüklenilebilir olmalı, özgün plan şeması ve mekânsal özellikleri büyük değişime uğratılmamalıdır. Uygun işlevin seçiminden sonra, yapının sahip olduğu potansiyel ile ihtiyaç programının örtüşürülmesi sürecinde, yapısal zorunluluklardan dolayı elde edilemeyen mekânsal gereklilikleri yerine getirmek için yapılabilen müdahaleler; “Mekânsal Kurguya Yapılan Müdahaleler ve Eklemler, Strüktürel Sisteme Yapılan



Müdahaleler ve Eklemler, Tesisat Sistemlerine Yapılan Müdahaleler ve Eklemler, Cepheye Yapılan Müdahaleler, Yakın Çevreye Yapılan Müdahaleler” olarak sıralanabilir (**Cantacuzino, 1976**).

2.3. Eğitim Yapısı Olarak İşlevlendirme

Eğitim ortamları; mimarisiyle, biçimiyle ve geniş aktivite çeşitliliği ile öğrencileri araştırmaya, keşfetmeye, deney yapmaya, deneyimlemeye, tartışmaya, oyun oynamaya, sosyalleşmeye, hayal güçlerini ve düşünme kabiliyetlerini geliştirmeye yöneltmeli ve öğrencileri yeniliklere teşvik etmelidir. Ayrıca insanların kullanımına sunulacak mekânlar düzenlerken, kullanıcı psikolojisini ve gereksinimlerini de dikkate almak gerekir (**Atabay, 2014**). Bir eğitim yapısı projesinin hayata geçirilmesindeki en önemli aşama mimarın ve diğer karar vericilerin sorumluluğundaki tasarım aşamasıdır. Bir eğitim yapısında çalışan ve eğitim gören bireylerin konforu, güvenliği, fiziksel ve ruhsal sağlığı, enerji ve zamanı verimli kullanabilmeleri o yapının tasarımına bağlıdır. İhtiyaçların belirlenmesi, mekânın verimli kullanılması, fonksiyonlar arası ilişkilere karar verilmesi ve farklı konulardaki gerekli önlemler tasarım aşamasında alınmalıdır. Eğitim yapıları, çok sayıda insana ev sahipliği yapan binalar oldukları için özellikle acil durum senaryolarına da cevap vermek zorundadır (**Rigips, 2013**).

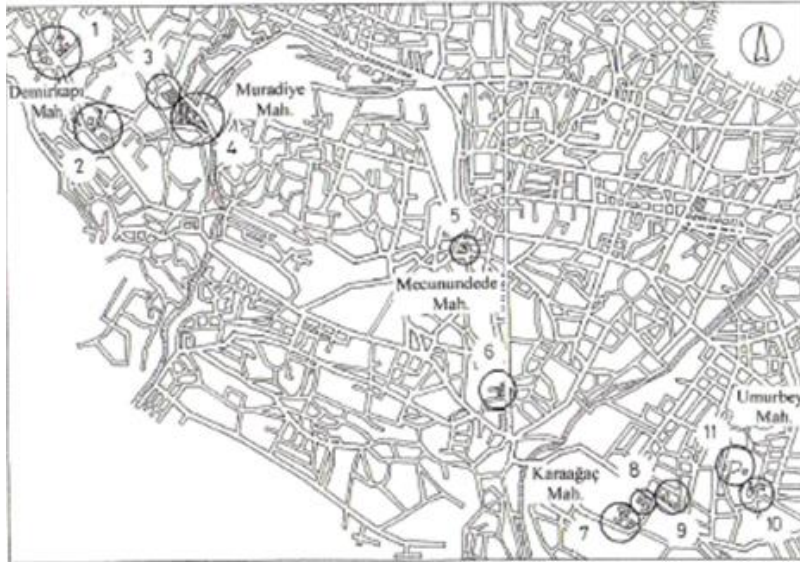
Eğitim yapıları; derslikler, ofisler, amfiler, bilgisayar laboratuvarları, fen laboratuvarları, yemekhane ve kafeteryalar, mutfaklar, resim-heykel atölyeleri, müzik odaları, konferans ve tiyatro salonları, spor salonları ve oyun odaları, tuvaletler ve soyunma odaları, revir ve sağlık merkezleri ve hatta yüzme havuzları gibi pek çok mimari detayı bünyesinde barındırır. Endüstri mirası yapıların strüktürel sisteminin geniş açıklıklardan ve genellikle yüksek hacimlerden oluşması, kolaylıkla müdahale edilebilmesini mümkün kılmakta ve mekânsal olarak sözü edilen farklı amaçlı kullanımlara dönüşüm için imkan vermektedir. Bu açıdan bakıldığında bu tür yapıların, eğitim yapıları gibi içinde farklı mekân gereksinimlerine ihtiyaç duyan fonksiyonlarla yenilenmelerini mümkün hale getirmektedir.

3. Araştırma Bulguları ve Değerlendirme

3.1. İpekçilikle İlgili Yapılar ve Bursa'daki Tarihi İpek Fabrikaları

İpekböceği yetiştirerek koza elde etme, kozalardan ipek iplik çekimi, çekilen ipliğin işlenmesi, boyanması ve dokunan ipekli kumaşların denetim sonrası satılması gibi bir süreci izleyen ipekçilik iş kolunda, bu işlemlerin yapılabilmesi için özel mekânlar geliştirilmiştir. İpekböceğinin yetiştirildiği konutlar, koza içindeki böceğin buharla öldürüldüğü istimhaneler, yaş kozaların kurutulduğu kozaklıklar, ipek ipliğinin çekildiği mançınkhaneler, çekilen ipliğin dokumaya hazırlandığı bükümhane ve çözgühaneler, dokunduğu dokuma atölyeleri ve boyandığı boyahaneler, bu iş koluna özgü başka mekânlardır. İpekten üretilen kumaşlar ise çarşı ve hanlarda satılmaktadır. 14. ve 20. yy'lar arasında ipekçiliğin tüm yöntemlerin gerçekleştirildiği Bursa'da ipek üretim ve ticaretine bağlı bütün yapı tipleri inşa edilmiştir (**Aydın, 2007**).

Bursa'nın tarihi kent dokusu içinde, ipekçiliğin endüstriyellemeye başladığı 19.yy'a ait ünitelerde, 20. yy' da gelişen teknolojinin getirdiği yenilikleri sergileyen ünitelerden oluşan on bir ipek fabrikası bulunmaktadır (Şekil 1). Kentte ipekçiliğin terk edilmesiyle kapanan, işlev değiştiren veya kısmen yıkılan bu fabrikaların mülkiyet durumları ile özgün, diğer ve bugünkü işlevleri Tablo 1'de verilmiştir. İpekçiliğin Bursa'daki son izleri olan bu yapılar, Türkiye'nin endüstri tarihinin gelişimi açısından da önemli birer belge niteliği taşımaktadır (**Yetmen, 1948**).



1.Doğan Yılmazipek İpek Fabrikası 2.Duruder İpek Fabrikası 3.Fabrika-i Humayun 4.Turgut Yılmazipek İpek Fabrikası 5.Resultzade Boyahanesi 6.Rıfat Özbek İpek Fabrikası 7. Mustafa Dörtçelik İpek Fabrikası 8.Mehmet Yüksel İpek Fabrikası 9.Osman Fevzi Efendi İpek Fabrikası 10. Ete Mensucat Boyahanesi 11.İpeker İpek Fabrikası

Şekil 1: Bursa'nın tarihi kent dokusu içinde yer alan ipek fabrikaları ve konumları (Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı,1996.)



3.2. Fabrika-İ Hümayun (Konum ve Tarihçe, Mimari Strüktür, İş Şeması)

Fabrika-i Hümayun, ipekli canfes ve ipekli kadife kumaşlar dokuyan Hereke Fabrika-i Hümayununa iyi kalitede iplik üretebilmek amacıyla 1852 yılında devlet (Hazine-i Hassa) eliyle kurulmuştur.

Tablo 1: Bursa'da mevcut tarihi ipek fabrikalarının mülkiyet durumları ile özgün, diğer ve bugünkü işlevleri (Aydın, 2007)

FABRİKA İSMİ	MÜLKİYET DURUMU		İŞLEVİ		
	Bugünkü Sahibi	Eski Sahipleri	Özgün İşlevi	Sonraki Kullanımı	Bugünkü Durumu
Fabrika-i Humayun	Bursa Büyükşehir Belediyesi	1.Hazine-i Hassa 2. Tekel Genel Müdürlüğü	İpek filatür fabrikası	Tekel yaprak tütün işletmeleri bakım atölyesi	Faruk SARAÇ tarafından kiralanmış Moda Tasarım Akademisi
Turgut Yılmazipek (Romangal Fabrikası)	Turgut Yılmazipek	1.Mösyö Romangalle 2.Faik Yılmazipek	İpek filatür fabrikası	İpek filatür ve dokuma fabrikası	Faruk SARAÇ tarafından kiralanması planlanıyor
Duruder	Ali İhsan Duruder	1.Moiz Markos Efendi 2.Hacı Resulzade	İpek filatür fabrikası	İpek filatür fabrikası	Duruder Halıcılık A.Ş. İpek halı ve yün eğirme tesisi
Doğan Yılmazipek	Doğan Yılmazipek	1.Ortodoks Vakfı 2.Faik Yılmazipek	Rum Ortodoks Kilisesi	İpek filatür ve dokuma fabrikası	Kullanılmıyor
Resulzade	Sönmez Holding	Hacı Resulzade	Boyahane	Boyahane ve tütün deposu	Onkoloji Merkezi Ek Binası
Rıfat Özbek	İyi Zaman İnş. Tic. Ve San. Ltd. Şti.	Rıfat Özbek	İpek filatür ve dokuma fabrikası		Kullanılmıyor
İpeker	Bursa Büyükşehir Belediyesi	1.Köleyan kardeşler 2.İpeker ailesi	İpek filatür fabrikası	İpek filatür ve dokuma fabrikası	Bursa Umurbey Tofaş Bilgi Parkı, Anadolu Arabaları Müzesi
Ete Mensucat	Bursa Büyükşehir Belediyesi	1.Konstan Bay 2. Sait Ete	İpek filatür fabrikası	Boyahane	Kullanılmıyor
Osman Fevzi Efendi	Altı Nokta Körler Derneği	1.Osman Fevzi Efendi 2.Osman Odman 3.Sosyal Hizmetler İl Müdürlüğü	İpek filatür fabrikası	Çocuk Esirgeme Kurumu	Altı Nokta Körler Derneği
Mehmet Yüksel	Müfit Yüksel	1.Mehmet Bilir 2.Mehmet Yüksel	İpek filatür ve dokuma fabrikası	İpek dokuma fabrikası ve boyahane	Düğün Salonu
Mustafa Dörtçelik	Mustafa Dörtçelik	Mustafa Dörtçelik	İpek dokuma fabrikası ve boyahane	Boyahane	Bir ünitesi dışında yıkılmış

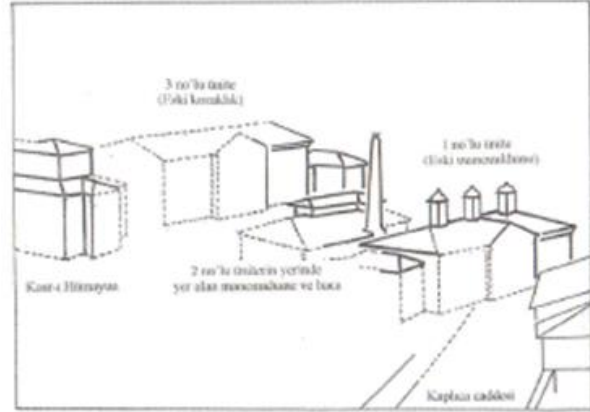


Fabrika, 1862 tarihli Suphi Bey haritasında görülmektedir. 1913-1915 yıllarında sanayi sayımlarında yer alan Fabrika-i Hümayunda ipek iplik üretiminin hangi tarihe kadar sürdüğü hakkında kesin bir bilgiye ulaşılamamıştır. Osmanlı imparatorluğu döneminde daha çok azınlıkların idaresinde bulunan Bursa'daki ipek üretimini, mübadil göçmenler istenilen ölçüde sürdürmemişlerdir. Göçmenler kendilerine dağıtılan yerlerde dutlukları kesmişler ve bu alanlarda tütün yetiştirmişlerdir. Böylece Bursa'da koza üretimi yavaş yavaş gerilerken, tütün üretimi artmıştır. Bursa'da üretimi artan tütünü işlemek amacıyla Fabrika-i Humayun, Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında Tekel Genel Müdürlüğü'nün mülkiyetine geçmiştir. Fabrika 1980 yıllara kadar "Tekel Yaprak Tütün İşletmeleri Bakım Atölyesi" olarak kullanılmıştır. Tescilli olan bu yapıların mülkiyeti, Kültür Bakanlığı'nın da onayı ile 1997 yılında Tekel Genel Müdürlüğü'nden Bursa Büyükşehir Belediyesi'ne devredilmiştir. Bursa Büyükşehir Belediyesi'nin mülkiyetine geçtikten sonra fabrikanın, Bursa Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı'nın girişimiyle, bir kültür merkezine dönüştürülmesi için çalışmalara başlanmıştır. Bu konuda hazırlanan projenin uygulanmasına 2000 yılında başlanması hedeflenirken yerel yönetimdeki değişikliklerle, Fabrika-i Humayun'la ilgili projenin uygulamasına ara verilmiştir. Gecikme nedeniyle 1999 yılında Kasr-ı Humayun, 2002 yılında Kaplıca Caddesi üzerindeki 1 no'lu ünitenin tamamı yıkılmıştır. 1980'li yıllarda terk edilen Fabrika-i Humayun'a ait yapılardan 2 ve 3 no'lu üniteler Bursa Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun onayıyla Ocak 2003 tarihinde basit onarım görmüştür (**Bursa Osmangazi Belediyesi, 2008**).

Fabrika-i Humayun'un eski fotoğraf ve haritalardan görülen özgün mekan düzeni, Cumhuriyet'in ilk yıllarından 1980'lere kadar "Tekel Yaprak Tütün İşletmeleri Bakım Atölyesi" olarak kullanıldığı dönemde değiştirildiği saptanmaktadır. Fabrikanın ipek filatür tesis olarak kullanıldığı yıllardaki ünitelerden (Resim 1 ve Şekil 2) bazıları günümüze ulaşamamıştır. Bu nedenle fabrikanın ipek üretimine yönelik iş şeması tespitinde, eski resim ve haritalardan, yapılardaki izlerden ve ipek filatür tesisleri hakkındaki genel bilgilerden yararlanılmıştır. 2 no'lu ünitenin yenilendiği, 1880 yılında G. Berggren tarafından çekilen fotoğraftan (Resim 1) mevcut durum (Şekil 2) karşılaştırılarak tespit edilebilmiştir. Özgünlüğünü 1999 yılına kadar kısmen koruyabilen Kasr-ı Humayun yapısı ise, aynı yılın son ayında terk ve bakımsızlık nedeniyle tamamen yıkılmıştır. 1862 tarihli Suphi Bey haritasında 1 ve 3 no'lu ünitelerin aynı yerde ve yaklaşık aynı boyutlardadır. Ancak 2 no'lu ünitenin yerinde farklı boyutlarda iki yapı ve baca yer almaktadır.



Resim 1: Fabrika-i Humayun ve çevresi
G. Berggren, 1880 (Dostoğlu, 2001)



Şekil 2: G. Berggren'e ait 1880 tarihli fotoğrafın
çizgisel kopyası (Aydın, 2007)

Fabrika-i Hümayuna ait 1880 tarihli fotoğraf incelendiğinde, 1 no'lu ünite ile 2 no'lu ünitenin yerinde bulunan tek katlı yapının çatılarında havalandırma bacaları görülmektedir. Bu verilere dayanarak, fabrikanın özgün işlevini sürdürdüğü dönemde, bu iki yapının mancıkhaneye olarak kullanıldığı düşünülmektedir. 1880 tarihli fotoğrafta (Resim 1) 3 no'lu ünitenin kuzeydoğu cephesinde tekrar eden pencereler görülmektedir. Günümüzde kagir olan yapının, bahsedilen fotoğrafta görülen cephe düzeninde görülen çok sayıda açıklık nedeniyle, 19. Yy'ın sonlarında ahşap iskeleti olduğu anlaşılmaktadır. Bu veriler, 3 no'lu ünitenin fabrikanın kozaklığı olarak kullanıldığını ortaya koymaktadır. 1880 tarihli fotoğrafta, 2 no'lu ünitenin yerindeki mancıkhanenin kuzeybatısında fabrikanın bacası görülmektedir.

Fabrika'da bahsedilen yapılar dışında 3 no'lu ünitenin güneydoğu yönünde Kasr-ı Hümayun yer almaktadır (Resim 2). Günümüze rekonstrüksiyonu ulaşabilen yapının, fabrika müdürünün ikamet ettiği konut veya konuk evi olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Fabrika-i Hümayunun özgün girişinin, 1 no'lu üniteye ek yapıdan (Resim 3) olduğu düşünülmektedir. Günümüze ulaşamayan bu ek yapıda, 1999 yılında yapılan tespitlerde, "Bursa Kemerli" bir açıklık bulunmaktadır. Bu açıklığın, fabrikanın girişi olduğu ileri sürülebilir.





Resim 2: Kasr-ı Hümayun (restorasyon önce)



Resim 3: Fabrika-ı Hümayun 1 nolu ünite yıkılmadan önceki durumu (Bursa Osmangazi Belediyesi, 2008)

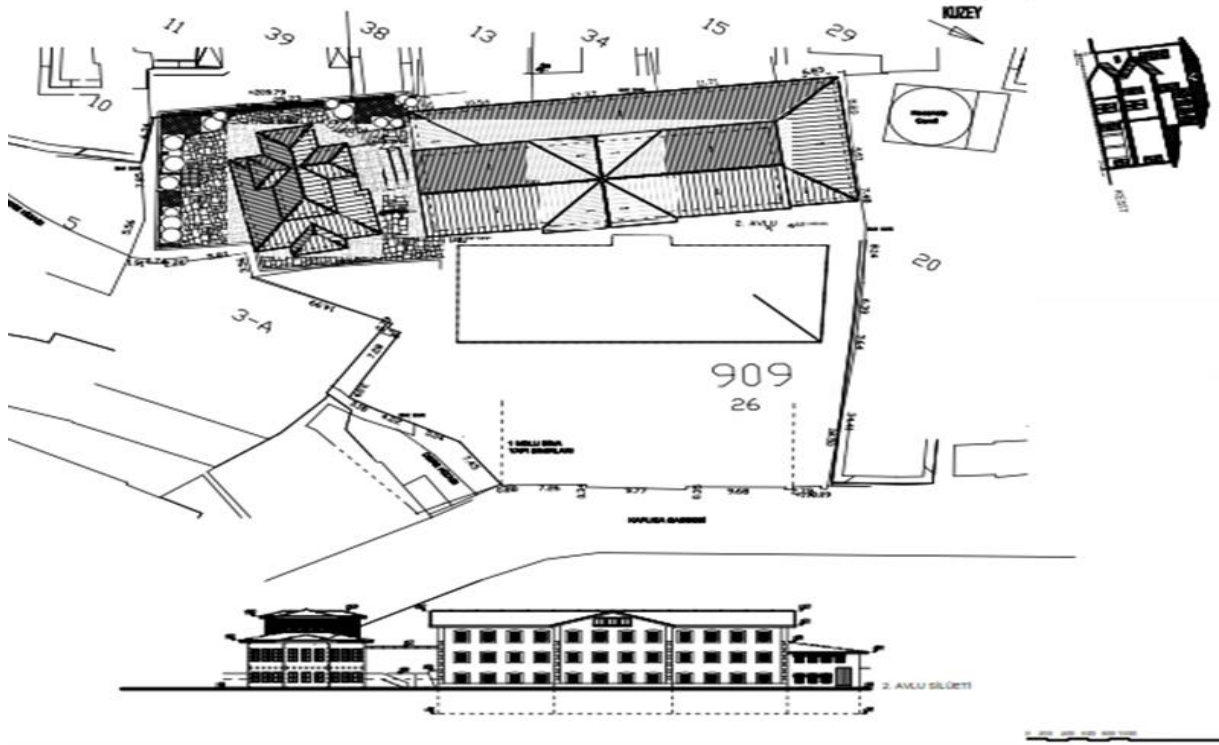
İpek filatür tesisi olarak kullanıldığı yıllarda Fabrika-i Hümayunda gerçekleşmekte olan işlemlerin yer aldığı mekanlar; Giriş (Kozanın fabrikaya girişi ve istimhaneye getirilişi), İstimhane (Buhar verilerek kozayı meydana getiren böceğin öldürüldüğü ihnak işlemi), Kozaklık (İstim kozalarının kurutulması), Mancıkxhane (2 adet- Kozdan ipek ipliğinin çekilmesi) ve Kasr-ı Hümayundur (Konaklama ünitesi). Fabrikada bu dönemde üretime yardımcı birim olarak bir baca da yer almaktaydı.

Cumhuriyet'in ilk yıllarında, "Tekel Yaprak Tütün İşletmeleri Bakım Atölyesi" olarak kullanılmaya başlayan fabrikada yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler yapılmıştır. Yaprak ve tütün depolamak amacıyla, geniş iç hacime sahip çok sayıda mekâna duyulan gereksinim sonucu, 2 no'lu ünitenin yerinde bulunan istimhane, mancıkxhane ve baca yıkılmıştır. Yerine 1926 yılında tamamlanan, yaklaşık 13.50 x 36.30 metre boyutlarında beş katlı kagir yapı inşa edilmiştir. Günümüze ulaşamayan 10.40 x 36.60 metre boyutlarındaki yarı kagir 1 no'lu ünite 1999 yılında yapılan tespitlerden, değişiklikler sonucunda yapının gabarisinin korunarak döşeme kotunun değiştirildiği ve bir ara kat elde edildiği anlaşılmaktadır. 16.55 x 41.08 metre boyutlarındaki 3 no'lu üniteye kuzeybatı ve güneybatı yönlerinden bitişik bir ek yapılmıştır. Ayrıca yapının kat ve cephe düzeni değiştirilerek kagir sistemde yeniden inşa edilmiştir. Kasr-ı Hümayun tesisin üst düzey yöneticisine ait konut olarak kullanılmıştır. Bu dönemde fabrikada özgünlüğünü koruyabilen tek yapı Kasr-ı Hümayundur. Yapılan değişiklikler sonucu 1, 2 ve 3 no'lu üniteler, ipek üretiminin teknolojik ve mekânsal özelliklerini tamamen yitirerek, yaprak ve tütün depolarına dönüştürülmüştür (Aydın, 2007 ve Oral, 2005).

3.3. Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu'na Dönüşüm

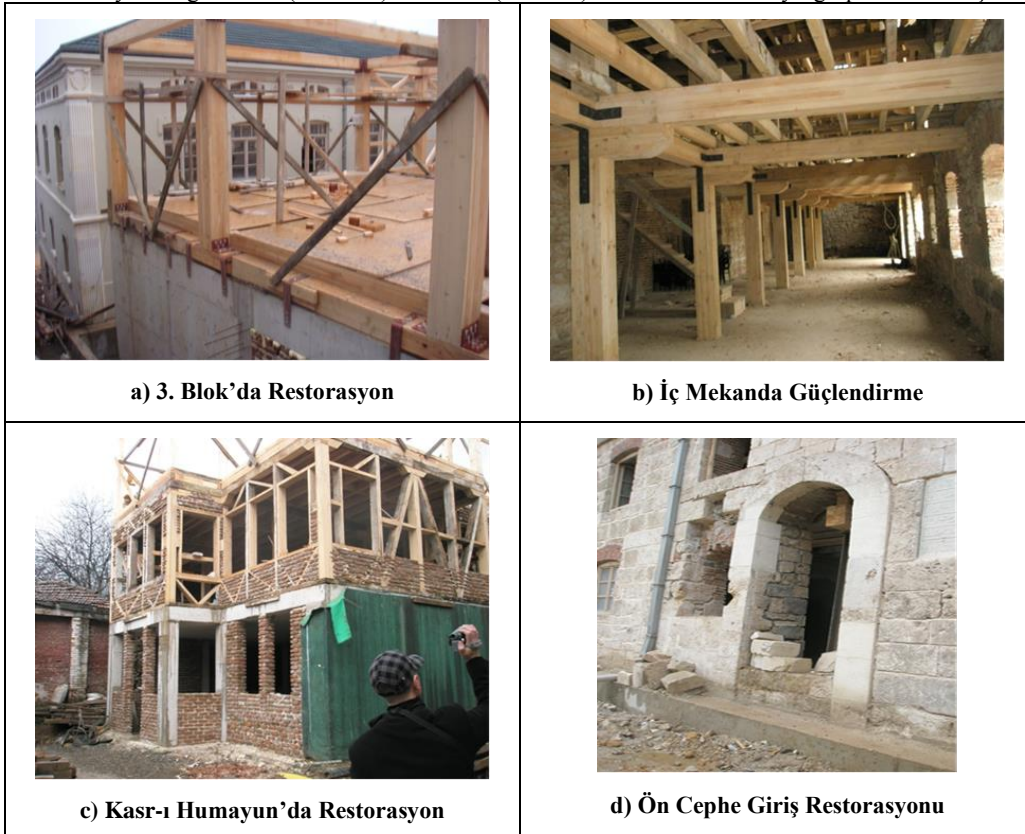
Fabrika-i Humayun binaları Bursa Büyükşehir Belediyesi Tarafından kamulaştırılmış olup Faruk Saraç Moda ve Sanat Vakfı'na kiralanmak suretiyle Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu'na dönüştürülmek üzere. Faruk Saraç tarafından restore edilen ve kullanım alanı 8000 m² ye çıkarılan Fabrika-i Hümayun yaşayan bir 'Eğitim' ve 'Sanat' merkezine dönüşmüştür. 2010-2011 Eğitim-Öğretim yılında ilk öğrencilerini alan yüksekokulda ünlü modacı Faruk Saraç'ın hedefleri doğrultusunda açılan "Moda Tasarımı" programının yanı sıra "Dış Ticaret, İşletme Yönetimi, Lojistik, Marka İletişim, Halkla İlişkiler ve Tanıtım " gibi popüler ön lisans programlarında da eğitim verilmektedir. Özel "Vakıf Meslek Yüksekokulu" hüviyetindeki yüksekokulun "Hami Üniversite" pozisyonu Bursa'daki "Uludağ Üniversitesi" ne aittir. Okulun bir katı "Yaşayan Moda ve Tekstil" müzesi olarak teşrif edilmiştir. Söz konusu yapıların vaziyet planı Şekil 3'de verilmiştir. Restorasyon çalışmaları devam ederken binaların içinden ve dışından çekilmiş fotoğraflar Resim 4'de görülmektedir.





**Şekil 3: Fabrika-i Humayun - Faruk Saraç Moda Tasarım Meslek Yüksekokulu
Dönüşümü İçin Vaziyet Planı (Bursa Osmangazi Belediyesi, 2008)**

Fabrika-i Hümayunun Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu'nun, dönüşümü sonrası binaların durumları da fotoğraflarla betimlenmiştir. Fotoğraflar sırasıyla İdari Yapının konuşlandığı Kasr-ı Humayun (Resim 5), dersliklerin ağırlıklı olduğu 3. Bina (Resim 6), atelyeler ve müzenin yer aldığı 2. Bina (Resim 7) ile Genel (Resim 8) olmak üzere dört ayrı grupta ele alınmıştır.



a) 3. Blok'da Restorasyon

b) İç Mekanda Güçlendirme

c) Kasr-ı Humayun'da Restorasyon

d) Ön Cephe Giriş Restorasyonu



Resim 4: Fabrika-i Humayun'da restorasyon çalışmaları (Y. Erdoğan, 2010)



Resim 5: Restorasyon Sonrası İdari bina olarak kullanılan Kasr-ı Humayun (Y. Erdoğan, 2011)



Resim 6: Restorasyon sonrası 3. Bina - Derslikler (Y. Erdoğan, 2011)



Resim 7: Restorasyon sonrası 2. Bina – Atelyeler ve Müze (Y. Erdoğan, 2011)



Resim 8: Restoarsyon Sonrası Genel Görüntüler (Y. Erdoğan, 2011)

4. Sonuç

İpek üretimine yönelik olarak inşa edilmiş endüstri mirası yapıların eğitim yapısı olarak yeniden işlevlendirilmesindeki dönüşüm sürecinin incelenmesi amaçlayan bu çalışmada, araştırma sahası olarak Bursa’da İpekçilikle İlgili Endüstri Mirası Yapıların en önemlilerinden biri olan ve Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından kamulaştırıldıktan sonra Faruk Saraç Moda ve Sanat Vakfı’na kiralanmak suretiyle Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu’na dönüştürülen Fabrika-i Hümayun değerlendirilmiştir. Dönüşüm sürecini önemli ölçüde tamamlamış olan tesiste, yeniden işlevlendirme kapsamındaki bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Fabrika-i Humayun binaları Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu’na dönüştürülen “eğitim amaçlı” kullanıma örnek bir endüstri mirası hüviyetindedir. Faruk Saraç tarafından restore edilen ve kullanım alanı 8000 m² ye çıkarılan Fabrika-i Humayun yaşayan bir ‘Eğitim’ ve ‘Sanat’ merkezine dönüşmüştür.
- Faruk Saraç Tasarım Meslek Yüksekokulu’na dönüştürülen Fabrika-i Humayun 2 Nolu Binanın bir katında, işlevsel dönüşümün mimarı olan modacı ve tesisin orijinal işlevi birleştirilerek bir “Moda ve Tekstil Müzesi” oluşturulmuştur. Müze bölgenin endüstriyel geçmişine ışık tutacak hüviyettedir.
- İncelenen endüstri mirası yapı grubunda de ağırlıklı olarak geniş iç hacimli, kalın duvarlı kargir yapıların hakim olduğu görülmüştür.
- Binaların restorasyonunda öncelikle orijinal malzeme korunmuş, yenileme ihtiyaçlarında orijinale sadık kalınmıştır.
- Fabrika-i Humayun’la ilgili ilk projelerin uygulamasındaki gecikmeler nedeniyle önce Kasr-ı Humayun, sonra ise Kaplıca Caddesi üzerindeki 1 no’lu ünitenin tamamı yıkılmıştır. Dönüşüm sonrası da 1 nolu yapı Yükekokul Bahçesi ve Park yeri olarak kullanılmaktadır.
- Alan kısıtı sebebiyle Faruk Saraç Moda Tasarım Meslek Yüksekokulu, Fabrika-i Humayun etrafındaki aynı amaçlı endüstri yapılarını (Romangal Fabrikası gibi) benzer amaçla dönüşüm projesine dahil etmemiştir (Vakfın planladığı bu durum, söz konusu yapılardaki özel mülkiyetler sebebiyle gecikmeye sebep olmaktadır).

5. Kaynaklar

- Atabay, S. (2014). Mekân ve Mimarının Eğitimde Başarıya Etkisi, <https://tedmem.org/mem-notlari/gorus/meکان-ve-mimarinin-egitimde-basariya-etkisi>.
- Aydın, E., Ö., (2007). Bursa’daki İpek Fabrikaları ve İpekçilikle İlgili Endüstri Mirasının Korunması, Mimarlar Odası Bursa Şubesi Yayını, Ekim, Bursa.
- Bursa Osmangazi Belediyesi, (2008). Bizim Mahalle- Bursa Muradiye Senti, Bursa Osmangazi Belediyesi Yayınları, Temmuz, Bursa.
- Cantaouzzia, S., (1975). New Uses For Old Buldings, The Architectural Press Ltd. London.
- Göçer, P, Ö;(2003). Devingen Toplum Esnek Mekanlar İster, Arredamento Mimarlık Dergisi, Sayı 02, İstanbul.
- Karapınar, M., (1997). Çevre İhtiyaç Programı Verilerinin Mimari Tasarıma Etkisi Üzerine Bir Değerlendirme, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuban, D., (1980). Mimarlık Kavramları Tarihsel Perspektif İçinde Mimarlığın Kuramsal Sözlüğüne Giriş, Yem Yayınları, İstanbul.
- Mesutoğlu, Z., (1995). U. Tanyeli ile Söyleşi, Arredamento Dekorasyon, Sayı 74, s.64
- Moravanzky, A., (2001). Modernin Mirasını Korumak, Arredamento Dekorasyon, Sayı 9, s.90-93
- Rigips Okul Tasarım Rehberi, Saint-Gobain Rigips Genel Teknik Katalog, Ankara, 2013.
- Uçkan., (2000). Korumadan Yeniden İşlevlendirmeye Sürdürülebilir Kent, Domus, Sayı 8, s.36-37
- Yetmen, T, (1948). Bursa’ da İpekçilik, Doğan Kardeş Yayınları A.Ş. Basımevi, s.63-66, Bursa.
- Oral, E., (2005) Ahunbay, Z.; ‘Bursa’nın İpekçilikle İlgili Endüstri Mirasının Korunması’, İTÜ Dergisi/a Mimarlık, Planlama Tasarım, C.4, Sayı:2, s. 37-46, İstanbul.
- Erdoğan, Y. (2013). ‘Eğitim Yapısı ‘Olarak İşlev Kazandırılmış Endüstri Mirası Tarihi Yapıların İç Mekan Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



TÜRKİYE’DE PREFABRİK BETON YOL TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI VE UYGULAMA ALANLARINA YÖNELİK ÖNERİLER

Yaşar Vitoşoğlu^{1*}, Polat Yalınız²

^{1,2}Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

yasar.vitosoglu@dpu.edu.tr, polat.yaliniz@dpu.edu.tr

* Sorumlu Yazar

Özet

Prefabrik beton yol teknolojisi, esas olarak beton yolların ve ayrıca yoğun trafik altındaki beton asfalt kaplamalı kavşakların, hızlı onarım ve rehabilitasyon çalışmaları için kullanılan uzun ömürlü bir çözümdür. Bununla birlikte, hazır beton santrali tesislerinin ve kayar formda kaplama yapımı ekipmanının bulunmamasından dolayı yerinde beton dökmenin uygun bir seçenek olmadığı yeni kaplamaların yapımı için de kullanılmaktadır. Prefabrik beton yol teknolojisi oldukça yeni bir uygulama olmasına rağmen, birçok prefabrik beton yol projesi inşa edilmiş ve prefabrik beton yol teknolojisinin tasarım, panel üretimi ve montajı konularında birçok ilerleme kaydedilmiştir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar, prefabrik beton yol sistemlerinin seçimi, tasarımı, üretimi ve montajı hakkında bir bilgi birikimi sağlamaktadır. Diğer taraftan, prefabrik yapı elemanlarının üretimi konusunda ülkemizin sahip olduğu teknoloji ve bilgi birikiminin prefabrik beton yolların üretimi konusunda da kullanılmasının, ülkemize ekonomik ve sosyal faydalar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, ülkemizde prefabrik beton yol teknolojisinin kullanımı ve uygulama alanlarına yönelik önerilere yer verilmiş, bu teknolojinin kullanılmasının ülkemize sağlayacağı faydalar anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Prefabrik, Beton Yol, Hızlı Onarım ve Rehabilitasyon

1. Giriş

Prefabrik beton yol kullanımı, Amerika Birleşik Devletleri’nde 50 yılı aşan bir süredir ele alınan bir konudur. O yıllarda, prefabrik beton yol teknolojisinin teknik olarak uygulanabilir olup olmadığı bir merak konusu olmasına rağmen, bu teknolojiyi düşük maliyetli bir üstyapı rehabilitasyon stratejisi olarak geliştirmek ve üretim bazında uygulamak için hiçbir ciddi girişimde bulunulmamıştır. Günümüzde, daha fazla karayolu kesimi kullanım ömrünü doldurduğundan ve zamanında onarım ve rehabilitasyona duyulan ihtiyaç şiddetli ve acil hale geldiğinden, karayolu kuruluşları şeritlerin daha kısa süreli kapanmalarını sağlayacak ve hizmet ömürleri esnasında tamir veya rehabilitasyon için büyük müdahaleler gerektirmeyecek yeni teknolojiler araştırmaktadırlar. Son 15 yıl boyunca prefabrik beton yol teknolojisinde önemli gelişmeler olmuş ve bu teknolojinin kullanımı teknik olarak uygulanabilir ve ekonomik olarak uygun hale gelmiştir.

Günümüzde, karayolu üstyapı projelerinin hızlı bir şekilde tamamlanması ve uzun ömürlü üstyapılar üretilmesi gerektiği konusu daha fazla vurgulanmaktadır. Karayollarını korumak, rehabilite etmek ve yeniden inşa etmek için yeni yöntem ve malzemelerin kullanılması hususuna da daha fazla önem verilmektedir. Prefabrik beton yol teknolojisinin üstyapıların hızlı onarımı, rehabilitasyonu ve yeniden inşası için etkin kullanımı bu amaca hizmet etmektedir. Prefabrik beton yol teknolojisine olan ilgi yeniden arttığından, ABD’deki bazı karayolu kuruluşları bu teknolojiyi uygulamaya başlamış ve diğer birkaçı da tanıtım projeleri inşa etmişlerdir [1].

2. Prefabrik Beton Yol Teknolojisine Genel Bir Bakış

Yerinde döküm beton yollar uzun bir süredir kullanılmakta olup, taşıtlar veya uçaklar tarafından uygulanan yükler için yeterli desteği sağlayan rijit üstyapıların yapımı için uygun maliyetli bir çözümdür. Kapsamlı ve uzun süreli şerit kapanışları nedeniyle meydana gelen uzun vadeli trafik kısıtlamaları, yeterli mukavemete ulaşmak için gereken uzun kürlenme süresi ve tüm hava koşullarında malzemenin yerleştirilememesi, gelişmiş üretim teknolojisine sahip sistemlerin kullanımı üzerindeki baskıyı artırmaktadır [2]. Bu gibi sorunlar, gecikmelere neden olabilir ve dolayısıyla uzun inşaat süresi ile ilgili maliyetleri artırabilir. Sonuç olarak, bugüne kadar birkaç prefabrik beton yol sistemi geliştirilmiş ve özellikle yolların, park yerlerinin ve havaalanı kaplamalarının onarımı ve rehabilitasyonu olmak üzere teknik yapıların inşası için kullanılmıştır. Prefabrik beton yollarda, beton yolların hızlı onarımı ile beton ve asfalt kaplamaların rehabilitasyonu için prefabrik beton paneller kullanılmaktadır. Prefabrik beton yollar yeniden inşa etme amacıyla ya da takviye kaplaması olarak da kullanılabilir.

Prefabrik beton yol sistemleri fabrikada üretilir veya saha dışında monte edilir, proje sahasına taşınır ve daha önceden hazırlanmış bir temel üzerine kurulur [3]. Sistem bileşenleri, trafiğe açılmadan önce gerekli mukavemeti elde etmesi için minimum saha kürlenmesi gerektirir. Panellerin üst yüzü, paneller yerleştirildikten hemen sonra trafiğe açılmasına imkân vererek bitmiş kaplama için sürüş yüzeyi görevi görür. Prefabrik beton yol teknolojisinin uygulanması, çeşitli avantajlar sağlar. Öncelikle, düşük tıkanıklık ve trafik bakımı maliyetleri için hızlı kurulumu imkân verir. Dolayısıyla, çalışanlar ve sürücüler için tehlikelere daha az maruz kalınması nedeniyle daha güvenli çalışma alanları sunar. Bundan başka, beton paneller için hiçbir ve harç malzemeleri için de çok az kürlenme süresi gerektirdiğinden trafik altında kolay kurulum sağlar. İlave olarak, paneller, prefabrik tesislerde optimum beton ve inşaat kalitesi için ideal koşullar altında dökülür. İdeal koşullar altında üretildiklerinden, prefabrik panellerde kalite kontrolü daha yüksektir. Tipik olarak gece ve zorlu hava koşullarında monte edilebildiklerinden, şerit kapanışları en aza indirilir ve inşaat mevsimi uzatılır. Bunun yanında,



yıpranmış kaplamaların hizmet ömrü önemli ölçüde uzatılabilir. Son olarak da, betonun dayanıklılığı, genel olarak yerinde hızlı olarak dökülüp yerleştirilmiş betonlardakine göre daha iyidir [1].

Prefabrik beton yol sistemleri, trafik yoğunluğunun yüksek olduğu ve şeritlerin kapatılmasının kolay olmadığı karayolu koridorlarında kullanılır. Prefabrik beton yol çalışması, genellikle akşam saat 8 ile sabah saat 6 arasında gece boyunca ve kısa şerit kapanışları ile gerçekleştirilir. Şerit kapatma başına mevcut üretim hızı, sürekli rehabilitasyon için yaklaşık 15 ila 20 tamir yeri olup uzunluk olarak yaklaşık 120 ila 180 m'dir. Bir kere yerleştirildikten sonra, prefabrik beton kaplamaların, trafik ve çevre yükleri altında, yerinde dökme beton kaplamalara benzer şekilde davranması beklenebilir. İki teknoloji arasındaki temel fark, her iki kaplama tipinin nasıl inşa edildiğine ilişkindir. Prefabrik beton yolun temel avantajı, aynı zamanda dayanıklı olan hızlı bir rehabilitasyon teknolojisi olmasıdır. Ayrıca, ön gerilmenin verilmesi ve daha yüksek beton mukavemeti, prefabrik beton panellerin sınırlı bir kaplama kesiti içinde daha yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olmasını sağlar.

Bununla birlikte, prefabrik beton panellerin maliyeti genellikle yüksektir; ulaşırma kuruluşları, prefabrik beton panellerle onarımın maliyetinin yerinde döküm onarım yönteminden 1,4 ila 4 kat daha yüksek olduğunu tahmin etmiştir [4]. Prefabrik beton paneller kullanılarak yapılan tamirler için yüksek maliyetin başlıca sebebi, mühendislik maliyeti ve prefabrik beton panellerin az miktarda üretilmesidir. Ayrıca, prefabrik tamir yöntemleri nispeten yeni bir teknoloji olduğu ve yeterli araştırma olmadığı için prefabrik panellerin kullanım ömrü ve performansı tam olarak anlaşılmamıştır. Aksine, prefabrik beton yol sistemleri kullanıldığında onarımlar ve trafik kısıtlamaları için gereken kısa sürelerle ilişkili maliyet tasarrufları, önemli ölçüde artar ve sonuç olarak yüksek üretim maliyetlerini az da olsa telafi eder.

2.1. Prefabrik Beton Yol Kullanımı İçin Göz Önünde Bulundurulması Gerekenler

Prefabrik beton yol teknolojisinin uygulanmasını araştıran karayolu kuruluşları için bazı teknolojik hususlar dikkat çekici olmaktadır. Öncelikle, prefabrik beton yol teknolojisinin kullanımını haklı kılan durumlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu husus, hızlı üstyapı onarımı ve rehabilitasyonu için uygun alternatif teknolojilerin mevcut olup olmaması ile ilgilidir. Trafik hacmi, en önemli karar faktörü olup, diğer üstyapı alternatiflerinin dikkate alınmasını engelleyecek kadar yüksek olmalıdır. Hızlı üretime imkân veren sabit veya kayar formda kaplama yapım teknikleri mevcutsa, prefabrik kaplamaların kullanılması en iyi seçenek olmayabilir. Ayrıca, trafik yönlendirilebilir veya saptırılabilirse, prefabrik kaplamaların kullanımı tercih edilmeyebilir. Ancak, onarım veya rehabilitasyon çalışmasını gerçekleştirmek için gece boyunca sadece 8 saat ya da daha az süre ile şeritlerin kapatılması mümkün oluyorsa, prefabrik kaplamalar mevcut en iyi seçenektir. İkinci olarak, prefabrik beton yol uygulaması için üstyapının aday olarak uygunluğu dikkate alınmalıdır. Sahaya erişim, trafik bakımı ve yakınlardaki prefabrik yapı elemanları üretim tesislerinin mevcudiyeti, kilit karar ölçütleridir. Her onarım ve rehabilitasyon projesinin prefabrik beton yol teknolojisinin uygulanması için iyi bir aday olmayabileceğinin belirtilmesi gerekir. Bunun yanında, prefabrik kaplama sisteminin onayı, seçimi ve tasarımı diğer önemli hususlardır. Prefabrik beton yol kullanımına karar verildiğinde, hemen en uygun maliyetli prefabrik beton yol sisteminin seçilmesi gerekir. Genel olarak, bir kuruluş tarafından kullanılacak prefabrik beton yol sistemleri, çizimlerin teslimi ve deneme kurulumlarının inşasına dayanarak önceden onaylanır. Bu sistemler, hem tescilli hem de tescilli olmayan sistemleri içerir. Buna ek olarak, seçilen sistemin projeye özgü gereksinimleri karşılayacak şekilde tasarlanması gerekir.

Prefabrik kaplama üretimi, bir başka önemli konudur. Prefabrik beton yol sistemleri için üretim süreci, bu sistemler için gerçekleştirilen onlarca yıllık yerleşik uygulamalara dayanır ve dayanıklı beton ve yapı bileşenlerinin üretimine ilişkin endüstri standartlarına göre düzenlenir. Üretim süreci, rutin bir işlemdir. Enine derzleri oluşturan panel kenarları boyunca yük transferi ve uzunlamasına kenarları oluşturan panel kenarları boyunca yer alan bağlantı çubuklarının yanında, panellerin ön ve art germesi, panellerin altının ziftlenmesi, belirleyici kuruluş tarafından istenen yüzey dokusu ve panel kabulüne ilişkin özel detayları içerebilir. Bunun yanında, prefabrik kaplama montajı da dikkate alınmalıdır. Prefabrik kaplamanın montajı, mevcut kaplamanın kaldırılmasını, taban desteğinin yeniden tesis edilmesini, taban üzerine gerektiği kadar yatak malzemesinin serilmesini ve panellerin monte edilmesini kapsar. Kullanılan prefabrik beton yol sistemine bağlı olarak, ilave hususlar, enine derzlerde yük aktarımının sağlanması, boyuna derzler boyunca bağlantının temin edilmesi, genişleme derzlerinin tesis edilmesi, panel/tabana ara yüz ortamının kullanılması ve art germe işlemlerinin yapılması ile ilgili hükümleri içerir. Son olarak, göz önünde bulundurulması gereken bir başka önemli husus, prefabrik kaplamanın kabul testidir. Kabul testi, tipik olarak prefabrik yapı elemanları üretim tesislerinde beton kalitesini belirlemek için standart testleri ve tamamlanan işin düzgünlüğünü ölçmek için testleri içerir. Test, genel olarak enine derzlerde oluşturulmuş yük aktarma sisteminin uygunluğunu doğrulamak, taban/yatak desteğinin hazır olduğunu değerlendirmek veya prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemlerinde ön gerilmenin etkinliğini ölçmek için yapılmaz [1].

2.2. Prefabrik Beton Yol Teknolojisi Uygulaması

ABD'de derzli beton kaplamaların onarımı için prefabrik beton kaplamaların deneysel kullanımı 1990'lı yıllardan önce başlamıştır [5]. Ancak, üretim amaçlı kullanımlarına olanak sağlamak üzere prefabrik beton kaplama teknolojilerini geliştirmek için o yıllarda ciddi bir çaba gösterilmemiştir [6]. Bununla birlikte, ABD ve Kanada'daki birçok karayolu kuruluşu, özellikle 2000 yılından bu yana, şeritlerin uzun süre kapatılmasının zor olduğu yoğun trafikli kentel alanlarda aralıklı onarım çalışmaları veya sürekli uygulamalar için prefabrik beton kullanımına ilgi duyduklarını belirtmiştir. ABD'de çok sayıda kuruluş da prefabrik kaplama kullanımını araştırmış veya araştırmaktadır. Bu yenilikçi kavram kullanılarak, Texas'ın Georgetown şehri yakınlarındaki bir yan yolda, ilk pilot proje 2002 yılında tamamlanmıştır. O zamandan beri, bu teknolojiye dair saha deneyimini geliştirmek için California, Delaware, Iowa, Missouri, Michigan, Hawaii ve Virginia eyaletlerinde gösteri projeleri inşa edilmiştir [3]. 2009 Yılında Endonezya'da prefabrik beton kaplama teknolojisini kullanan, 35 km'lik bir proje yapılmıştır [7] ve 2019 yılı itibarıyla Endonezya'da ek prefabrik beton yol projeleri uygulanmaktadır.

Prefabrik beton kaplamaların kullanımının, havaalanı kaplamalarının hızlı onarımı ve rehabilitasyonu için de getirisi yüksek bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Son zamanlarda, ABD'deki bazı havaalanı kuruluşları, bu teknolojilerin kullanımını araştırmıştır.



Bu amaçla, La Guardia, St. Louis ve Dulles Uluslararası Havalimanlarında bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, ABD ordusu da, uygun havaalanı kaplamalarının onarımı ve rehabilitasyonu için prefabrik beton kaplamaların kullanımını değerlendirmektedir. ABD Hava Kuvvetleri'nin misyonunu desteklemek üzere, ABD Ordusu Mühendisler Birliği, havaalanı tipi yüklemeye altındaki prefabrik beton panellerin performansını araştırmak için bir çalışma yürütmektedir [3].

Kuzey Amerika'daki girişimlere ek olarak, Hollanda, Fransa, Rusya ve Japonya'da, modüler kaplama teknolojileri, aktif olarak araştırılmakta ya da kullanılmaktadır. Hollanda'da, ModieSlab sistemi geliştirilmiş olup saha testlerinden geçirilmektedir [8]. Fransa'da, bazı kentsel karayolu kesimlerinin rehabilitasyonu için prefabrik altıgen paneller kullanılmaktadır [9]. Japonya'da, prefabrik beton yol sistemlerinden, yüksek hızlı beton yol uygulamaları için, tünel yollarında, yol kavşaklarında ve havaalanlarında yararlanılmaktadır [10]. Rusya'da, karayolu ve havaalanı uygulamaları için prefabrik beton kaplama kullanımının uzun bir geçmişi vardır ve prefabrik beton kaplamalar 1980'lerde eski Sovyet Cumhuriyetlerinde Sovyet Ordusu tarafından inşa edilmiştir [11].

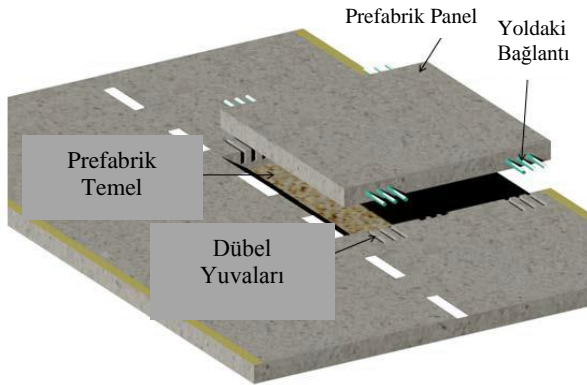
3. Prefabrik Beton Yol Uygulama Türleri

Prefabrik beton yol teknolojisinin uygulaması, beton kaplamaların aralıklı onarımları ve sürekli uygulamalar olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir [1].

3.1. Beton Kaplamaların Aralıklı Onarımları

Beton kaplamaların aralıklı onarımları, tipik olarak tek plakların, derzlerin veya diğer izole alanların "noktasal yeniden inşa edilmesini" içerir. Diğer bir deyişle, bu yaklaşım kapsamında, prefabrik beton plak paneller kullanılarak izole kaplama onarımları gerçekleştirilmektedir. Aşınmış derzleri veya çatlamları onarmak için tam derinlikli onarımlar ve ciddi bir şekilde çatlakmış veya parçalanmış plak panellerini değiştirmek için tüm panel değişimi olmak üzere iki tip onarım mümkündür. Onarımlar, daima tüm şerit genişliği için gerçekleştirilir. Tam derinlikli onarımlar ve tüm panel değişimi işlemleri, onarım alanının uzunluğu hariç benzer faaliyetlerdir.

Aralıklı onarım işlemi, Şekil 1'de gösterilmektedir. Aralıklı onarımlar için çeşitli düzenlemeler kullanılmaktadır. Şekil 1'de gösterilen birinci düzenlemeye göre, dübel çubukları prefabrik panele gömülür ve dübel çubukları için yuvalar mevcut beton kaplamada kesilir. Dübel yuvaları, daha sonra hızlı sertleşen bir yama malzemesi ile doldurulur. Bu düzenlemenin başka bir varyasyonunda, prefabrik panele hiçbir dübel çubuğu gömülmez ve Şekil 2'de gösterildiği gibi dübel çubuğu güçlendirme yöntemi kullanılarak panel montajından sonra dübel çubukları yerleştirilir.



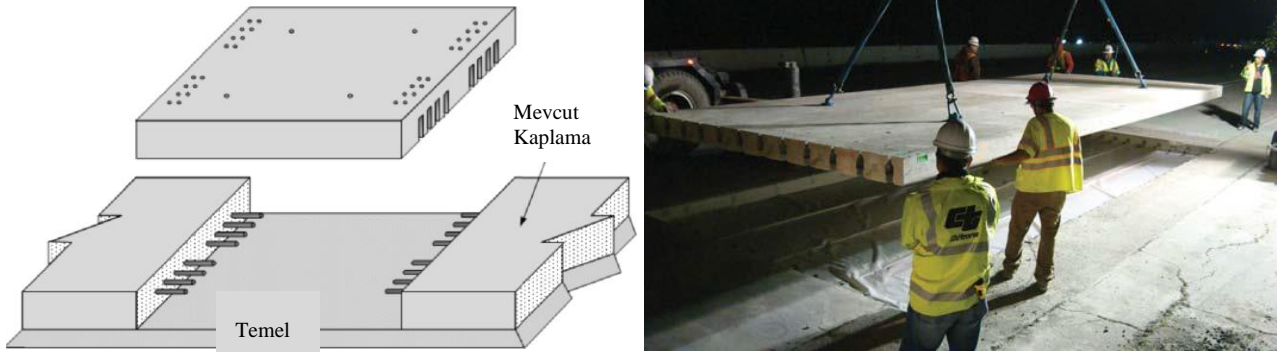
Şekil 1: Aralıklı onarımın şematik açıklaması ve fotoğrafı



Şekil 2: Dübel çubuğu güçlendirme yöntemi kullanılarak panel montajından sonra yerleştirilen dübel çubuklarıyla gerçekleştirilen aralıklı tamir tekniğinin bir başka varyasyonu



Aralıklı onarımlar için uygulanan başka bir düzenlemede, dübel çubukları, delmek ve epoksi enjeksiyon etmek suretiyle mevcut beton kaplamaya yerleştirilir ve dübel çubukları için yuvalar, Şekil 3'te gösterildiği gibi, tamir panellerinde enine kenarların alt kısmı boyunca oluşturulur. Yuvalar ve eklem yerlerinin çevresindeki boşluklar, daha sonra hızlı sertleşen bir harç ile doldurulur [3].



Şekil 3: Mevcut beton kaplamada yerleştirilmiş dübel çubuklarıyla gerçekleştirilen aralıklı tamir tekniğinin bir başka varyasyonu

3.2. Sürekli Uygulama

Sürekli uygulamalar, tipik olarak daha uzun, sürekli kaplama bölümlerinin bir veya daha fazla şeritte yeniden inşa edilmesini içerir. Diğer bir deyişle, bu yaklaşım kapsamında, asfalt ve beton kaplamaların tam ölçekli proje düzeyinde rehabilitasyonu (yeniden inşa etme veya takviye kaplaması uygulaması) prefabrik beton paneller kullanılarak gerçekleştirilir. Amerika Birleşik Devletleri'nde iki tip sistem kullanılmaktadır:

- Derzli prefabrik beton kaplama sistemleri: betonarme paneller ve ön germeli (önceden gerilmiş) beton paneller.
- Art germeli (sonradan gerilmiş) prefabrik beton yol sistemleri.

Ayrıca, kapsamlı bir çalışmanın bir parçası olarak, sürekli sistemlerin üçüncü bir kategorisi oluşturulmuştur. Bu kategori, aşamalı olarak bağlanmış prefabrik beton panel sistemleri olarak adlandırılır ve mafsallı derzli betonarme kaplamanın davranışını taklit eden sistemleri içerir. Aşamalı olarak bağlanmış prefabrik beton panel sistemleri için paneller güçlendirilebilir veya ön germeli olabilir [3].

Derzli Prefabrik Beton Kaplamalar:

Derzli prefabrik beton kaplama sistemleri, derzli düz beton kaplama plaklarına benzer boyutlardaki prefabrik panelleri ve paneller arasında yük aktarımı için dübelleri içerdiklerinden geleneksel yerinde döküm beton kaplamaya çok benzerler ve bir kez monte edildiklerinde benzer şekilde davranırlar. Bununla birlikte, prefabrik paneller taşıma amaçları ve inşaat sırasında veya zaman içinde oluşabilecek çatlakların açılmasını önlemek için yoğun olarak çelikle takviye edilirler. Ayrıca, panellerin enlemesine derz yüzeyleri pürüzsüz olarak imal edilmiştir; bu nedenle, bu derzlerde yük aktarımı için agrega kilitlemesi hesaba katılmaz. Şekil 4, derzli prefabrik beton kaplama uygulaması için bir örnek göstermektedir.



Şekil 4: Derzli prefabrik beton kaplama uygulamasının bir örneği

Prefabrik Ön Gerilmeli Beton Kaplama:

Prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemleri, yerinde dökülmüş ön gerilmeli beton kaplamayı taklit eder. Bu sistemler, daha uzun mesafelerde sonradan gerilmiş bölümleri ve bu bölümler arasında genişleme derzlerini içerir. Sonradan gerilmiş bölümler, bir dizi panelin birlikte sonradan gerilmesi ile oluşturulur. Kesim uzunluğu, yaklaşık 45 ila 75 m arasında değişebilir. Tek panel genişliği, tek şeritli veya çok şeritli olabilir ve panel uzunluğu, çok şeritli paneller için 2,4 ila 3 m, tek şerit için 3 ila 9 m veya daha fazla olabilir.



Üç tip prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemi geliştirilmiştir. Texas'taki ilk prefabrik beton yol projesinde kullanılan orijinal versiyonda, temel, merkezi germe ve genişleme derzi panelleri kullanılmıştır [12]:

1. Temel paneller - çoğunluğu birbirine bağlı ve sonradan gerilmiş panellerdir.
2. Merkezi germe panelleri - panellerde oluşturulmuş yuvalar kullanılarak birbirine bağlı panellerin orta kısmından art germe uygulamak için kullanılır.
3. Genişleme derzi panelleri - art germe kesimlerinin her bir ucunda bir tane bulunur. Bu paneller, yük aktarımı için dübel çubukları ile derz sızdırmazlığı için malzemeler içerir.

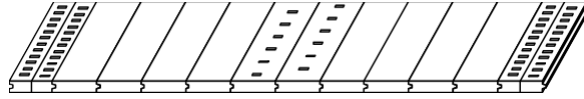
Delaware, Missouri ve Virginia projelerinde kullanılan prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sisteminin ikinci versiyonunda, sadece temel ve genişleme derzi panelleri kullanılmıştır:

1. Temel paneller - çoğunluğu birbirine bağlı ve sonradan gerilmiş panellerdir.
2. Genişleme derzi panelleri - art germe kesimlerinin her bir ucunda bir tane bulunur. Bu paneller, yük aktarımı için dübel çubuklarını, derz sızdırmazlığı için malzemeleri ve panellerde oluşturulmuş yuvalar kullanılarak art germe uygulamak için malzemeleri içerir.

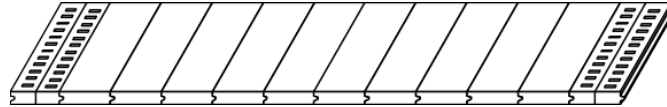
California'daki I-680 projesinde kullanılan prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sisteminin üçüncü versiyonunda, temel, uç derzi ve genişleme derzi boşluğu panellerinden yararlanılmıştır:

1. Temel paneller - çoğunluğu birbirine bağlı ve sonradan gerilmiş panellerdir.
2. Uç derzi panelleri - art germe kesimlerinin her bir ucunda bir tane bulunur. Bu paneller, yük aktarımı için dübel çubuklarını, derz sızdırmazlığı için malzemeleri ve uçtaki panellerde imal edilmiş ankrajlı sistem cepleri kullanılarak panel yüzeyinden art germe uygulamak için malzemeleri içerir.
3. Genişleme derzi boşluğu panelleri - bir genişleme derzi boşluğu paneli, art germe işlemini gerçekleştirmek için bitişik paneller arasında kalan boşluğu doldurmak için yaklaşık 1,2 m uzunluğunda olur. Şerit kapatılmasının önemli olmadığı yeni inşaatlar için, boşluk paneli yerinde dökülebilir. Boşluk paneli, yük aktarımı amacıyla dübel çubukları için ve derz sızdırmazlığı için malzemeler içerir. Bu tür genişleme derzleri, daha önce yerinde dökülmüş ön gerilmeli betonarme kaplamalarda kullanılmıştır [13].

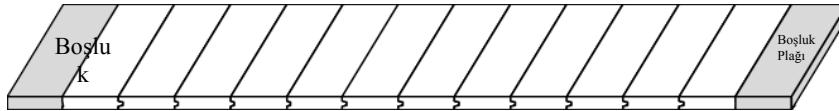
Panel serilerine art germe işlemi uygulanması, bağlı panellerde, eşdeğer olarak tasarlanmış bir derzli beton kaplamayla kıyaslandığında, panel kalınlığının 50 ila 100 mm azalmasına imkân veren basınç gerilmesi meydana getirir. Prefabrik ön gerilmeli beton kaplamaların üç versiyonu Şekil 5'te gösterilmektedir. Üstteki çizim, temel panellerin, merkezi germe panellerinin ve genişleme derzi panellerinin kullanıldığı orijinal versiyonu göstermektedir. Ortadaki çizim, sadece temel panellerinin ve derz panellerinin kullanıldığı ikinci versiyonu belirtmektedir. Altındaki çizim ise, boşluk panelinin kullanıldığı üçüncü versiyonu göstermektedir. Prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sisteminin üç versiyonu da Şekil 6'da gösterilmektedir.



Prefabrik Ön Gerilmeli Beton Kaplama Merkezi Gerilme Uygulaması



Prefabrik Ön Gerilmeli Beton Kaplama Yüzeyde Uç Gerilme Uygulaması



Prefabrik Ön Gerilmeli Beton Kaplama Düşey Derz Yüzeyinde Uç Gerilme Uygulaması

Şekil 5: Üç prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sisteminin şematik gösterimi

Belirtildiği gibi, gerekli prefabrik ön gerilmeli beton kaplama panel kalınlığı, yerinde dökülmüş derzli beton kaplama veya derzli prefabrik beton kaplamanın kalınlığından daha azdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde inşa edilen az sayıda gösterim amaçlı prefabrik ön gerilmeli beton kaplama projesi esas alındığında, prefabrik ön gerilmeli beton kaplama maliyetleri derzli prefabrik beton kaplamanın maliyetleri ile karşılaştırılabilir [3].





a) Orta panelde germe cepleri olan prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemi



b) Genleşme panelinde germe cepleri olan prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemi

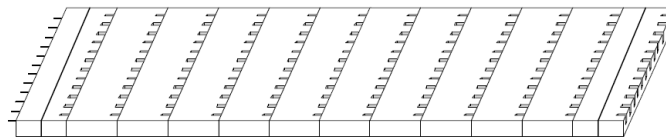


c) Derz yüzünde art germe işlemi gerçekleştirilen prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemi

Şekil 6: Prefabrik ön gerilmeli beton kaplama sistemlerinin mevcut versiyonlarının kurulumunun görünümü

Aşamalı Olarak Bağlanan Prefabrik Beton Kaplamalar:

Aşamalı olarak bağlanan prefabrik beton kaplama sistemleri, mafsallı derzler sahip derzli betonarme kaplamayı taklit eder ve 18 ila 30 m'lik kesintisiz bir kesim uzunluğu elde etmek üzere birbirine bağlanan, tipik olarak 4,5 ila 9 m arasında değişik uzunluklardaki panelleri içerir. Paneller, bağlı derzi kilitleyen ve derzler arasında gerekli yük transferini sağlayan deforme olmuş dübel çubuklar kullanılarak bağlanır. Bağlı paneller arasında küçük genişlikte bir genişleme derzi bulunur. Aşamalı olarak bağlanan prefabrik beton kaplamaların avantajları, aktif derzlerin sayısında azalma ve daha küçük genişlikteki genişleme derzlerinin kullanılmasıdır. Hem nominal olarak güçlendirilmiş hem de ön germe uygulanmış paneller kullanım için düşünülebilir. Aşamalı olarak bağlanan prefabrik beton kaplama sistemi, Şekil 7'de gösterilmektedir. Ön gerilmeli paneller, daha ince panellerin kullanımına imkân verir, ancak prefabrik ön gerilmeli beton kaplamalar için gereken desteğe benzer şekilde, panelin altında iyi bir destek gerektirir [3].



Şekil 7: Aşamalı olarak bağlanan prefabrik beton kaplama



Prefabrik derzli beton kaplama, prefabrik ön gerilmeli beton kaplama ve aşamalı olarak bağlanan prefabrik beton kaplama sistemleri arasındaki farklar Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: Prefabrik beton kaplama sistemlerinin karşılaştırılması

	Prefabrik Derzli Beton Kaplama	Prefabrik Ön Gerilmeli Beton Kaplama	Aşamalı Olarak Bağlanan Prefabrik Beton Kaplama
Kalınlık	Konvansiyonel - 25 ila 35 cm Ön Gerilmeli - 20 ila 25 cm	Daha ince - 20 ila 25 cm	Konvansiyonel - 25 ila 35 cm Ön Gerilmeli - 20 ila 25 cm
Aktif Derz Boşluğu	Tipik 4,5 m	45 m ila 75 m	30 m’ye kadar
Tipik Aktif Derz Genişliği	0,625 cm ila 0,875 cm	2,5 ila 5,0 cm	0,625 cm ila 1,25 cm
Temel Desteği	İyi	Çok iyi	İyi ila çok iyi
Temel/Panel Etkileşimi	Eğer gerekliyse yatak tabakası	Sürtünme azaltma işlemi gerekli	Eğer gerekliyse yatak tabakası

4. Ülkemizde Prefabrikasyon Teknolojisinin Durumu ve Prefabrik Yol Yapımında Kullanımına Yönelik Öneriler

Ülkemizde prefabrikasyon teknolojisinin ilk uygulamaları, 1940’larda santrifüj beton direk üretimi ile başlamıştır. Prefabrikasyon teknolojisinin betonarme yapılarda yaygın bir şekilde kullanılması ise, 1960’lı yıllara kadar uzanmaktadır. Beton prefabrikasyon endüstrisinin günümüzde ulaştığı seviyede, her türlü az ve çok katlı yapılar, ulaşım yapı elemanları ve çevre düzeni elemanları yapılabilmekte ve üretilmektedir. Ülkemizde prefabrike üst yapı elemanlarının yanı sıra prefabrike betonarme alt yapı elemanları olarak köprü kirişleri, beton ve betonarme borular ve demiryolu elemanlarının üretim çalışmaları yapılabilmektedir. Ülkemizde bu alanda faaliyet gösteren firmalar, ülkemizin yapı, alt yapı ve çevre elemanları ile ilgili her türlü ihtiyaçlarına yanıt verebilecek seviyededir [14]. Dolayısıyla prefabrik yapı elemanlarının üretimi konusunda ülkemizin sahip olduğu teknoloji ve bilgi birikiminin prefabrik beton yolların üretimi konusunda da kullanılmasının, ülkemize oldukça ciddi ekonomik ve sosyal faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

Prefabrik elemanların tasarım, üretim ve montaj aşamalarında çok sıkı bir kalite kontrol sisteminden geçirilmeleri, sağlam ve güvenilir tesislerin yapılmasını sağlamaktadır. Prefabrikasyon teknolojisinin en önemli avantajlarından birisi de, hızlı yapım süreci ve her türlü iklim koşullarında inşaatların sürdürülebilmesidir. Geleneksel yapıyla karşılaştırıldığında prefabrikasyon teknolojisi, % 35 ila % 40 oranında işgücü tasarrufu sağlamaktadır. Prefabrikasyon teknolojisinin kullanılmasıyla ağır bedensel çalışmalar önemli oranda azaldığından çok ağır işçiliğe gerek duyulmaz. Ayrıca, kaynaklar verimli bir şekilde kullanıldığı için malzeme kayıpları en alt düzeye indirilmektedir. Bunun yanında, prefabrik elemanların seri üretim imkânı vardır. Gerektiğinde tesisi ileride büyütme olanağı sağladığı gibi iç fonksiyonlardaki değişikliklere uyabilecek esneklikte bir sistem seçimine de imkân verir. İlave olarak, prefabrikasyon teknolojisi, ön germe ve yüksek dayanımlı beton gibi teknolojik üstünlükler sayesinde büyük açıklıkların geçilmesine olanak sağlar. Son olarak, düşük fire oranı ve üretim atıklarının geri kazandırılması nedeniyle çevre dostu bir teknolojidir [15].

Diğer taraftan, prefabrikasyon teknolojisi, finansman sistemi düzenli olmayan projelerde yatırım ve nakit para akışı sorunları yaratabilir. Prefabrik yapılarda eleman ve çözüm çeşitliliği, geleneksel yapı sistemlerine göre daha kısıtlıdır. Özellikle taşıma uzaklığının fazla olduğu bölgelerde, prefabrikasyon teknolojisi ekonomikliğini kaybeder ve prefabrike elemanların taşınması sırasında taşıma problemleri meydana gelebilir. Ayrıca, kalifiye eleman konusunda yaşanan eksiklikler prefabrikasyon sektörü açısından önemli bir dezavantajdır. Son olarak, projenin mimari olarak modüler bir ızgaraya göre tasarlanması ve ölçü tekrarları tasarımcıyı kısıtlayan bir faktördür [15].

Türkiye Prefabrik Birliği’nin 2018 yılında yayınladığı “2017 Yılı Prefabrikasyon Sektör Raporu”na göre Türkiye’de prefabrik beton ve betonarme yapı elemanlarının üretimini gerçekleştiren toplam 138 firma bulunmaktadır. Bu firmaların 38 tanesi, Türkiye Prefabrik Birliği’ne üye olmuş kuruluşlardır. Türkiye Prefabrik Birliği’nin üyesi olan 38 firmanın tamamı, özel sektör kuruluşu olup bu firmaların coğrafi dağılımı aşağıdaki Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2’nin incelenmesinden bu firmaların çoğunlukla Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde yer aldıkları görülmektedir. Bu firmalar toplam 46 adet üretim tesisinde faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu firmaların yarattıkları istihdam yaklaşık 4.869 kişi olup ortalama tesis başına 106 kişilik bir istihdam yaratılmaktadır. Türkiye Prefabrik Birliği’ne üye olan firmaların yıllık üretim kapasiteleri toplamı 2.209.000 m³tür [14].



Tablo 2: Türkiye Prefabrik Birliği'ne üye olan 38 firmanın coğrafi dağılımı

İlin Adı	İldeki Türkiye Prefabrik Birliği'ne Üye Olan Firma Sayısı	İlin Adı	İldeki Türkiye Prefabrik Birliği'ne Üye Olan Firma Sayısı	İlin Adı	İldeki Türkiye Prefabrik Birliği'ne Üye Olan Firma Sayısı
Adana	1	Bursa	5	Manisa	1
Afyonkarahisar	1	Denizli	1	Niğde	2
Aksaray	1	Eskişehir	1	Tekirdağ	1
Ankara	3	İstanbul	7	Urfa	2
Antalya	1	İzmir	7	Van	2
Batman	1	Kayseri	1		

Prefabrik beton yollar, klasik beton yolların esnek üst yapılarla karşılaştırılması yapıldığında bu yolların esnek üst yapılara karşı sahip oldukları bütün avantajlara sahiptir. Bilindiği gibi, beton yollar, yerel malzemelerle üretilebilir; zira beton yollarda kullanılan çimento ve inşaat demiri ülkemizde bol miktarda üretilmektedir. Yüksek bir dayanıma sahip oldukları gibi çevre koşullarının etkisine karşı da daha dayanıklıdır. Dolayısıyla, uzun ömürlü olup daha az onarım ve bakım gerektirirler. Beton yollarda yuvarlanma sürtünme katsayısı düşük olduğundan taşıtların yıpranması, yağ ve yakıt masrafı daha azdır. Bu yüzden, daha az egzoz dumanına ve hava kirliliğine neden olurlar. Diğer taraftan, beton yolların kayma sürtünme katsayıları daha yüksektir, dolayısıyla taşıtların daha kısa bir mesafede durmasına imkân verirler. Bunun yanında, ıslak oldukları zaman, kayma sürtünme katsayısının küçülmesi asfalt kaplamalara göre daha azdır. Yüksek kaliteleri göz önünde bulundurulduğunda, uzun vadede beton asfalt ve parke kaplamalar gibi eşdeğer kaplamalardan daha ekonomiktirler. İlave olarak, gürültüsüz ve tozsuz olup, ışığı daha az emerler. Açık renkleri sayesinde gece daha iyi görüş mesafesi sağlarlar. Gerekli tedbirler alındığında zayıf zeminler üzerinde de iyi hizmet sunarlar. Ayrıca, beton yollarda deformasyon çok az olduğundan asfalt yollardaki gibi tekerlek izi oluşmaz, su birikmesi ve göllenme olmaz. Türkiye'nin birçok bölgesinde beton dökümü için inşaat mevsiminin daha uzun olması ise, beton yolların bir başka avantajıdır. Beton yollarda asfalt betonunun aksine ıslak zemine de döküm yapılabilir ve yapım sırasında daha az enerji tüketilir [16]. Bunun yanında, prefabrik beton yolların yerinde dökme beton kaplamalarla karşılaştırıldığında daha başka avantajları da vardır. Daha önce bahsedildiği gibi, daha yüksek beton kalitesine sahiptirler ve prefabrik panellerin kürlenme işlemi, prefabrik beton tesislerinde kontrollü şartlarda gerçekleşir. Ayrıca, paneller serin havalarda veya hafif yağış sırasında yerleştirilebildiğinden inşaat mevsimi daha da uzatılabilir ve inşaatla ilgili erken dönemde ortaya çıkabilecek olumsuzluklar giderilebilir [13].

Diğer taraftan, prefabrik beton yollar, klasik beton yolların esnek üst yapılara karşı sahip oldukları dezavantajların bir kısmına da sahiptir. Öncelikle, projede ve inşaatla yapılacak küçük bir hata ya da ihmal, kaplamanın bozulmasına sebep olabilir. İkinci olarak, derzlerin yapımı ve bakımı büyük özen ve deneyim gerektirmektedir. Dolayısıyla, beton yolların yapımında, beton asfalt kaplama yapımına kıyasla daha fazla sayıda kalifiye elemana ihtiyaç duyulur. Ayrıca, açık renkli olduklarından güneşte göz kamaşmalarına sebep olabilir. Bundan başka, derzlerin varlığı ve kaplama yüzeyinde kaymaya karşı direnç sağlanması için oluşturulan yivler sürüş konforunu azaltmaktadır [16].

Prefabrik beton yollar, özellikle hızlı onarım ve rehabilitasyon çalışmalarının yapılmasının zorunlu olduğu, yoğun trafikli ve trafikte ağır taşıt oranının yüksek olduğu yollarda büyük avantaj sağlarlar. Türkiye'de prefabrik yapı elemanları üretiminin gelişmiş olduğu Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgelerinde yoğun trafikli ve trafikte ağır taşıt oranının yüksek olduğu yolların hızlı onarımında ve yeniden inşasında tercih edilebilirler. Yine bu bölgelerde yeni yapılacak otoyollar için de bir alternatif olarak düşünülebilirler. Zeminin zayıf olduğu, mevsimlik ısı değişimlerinin çok olduğu yerlerde avantaj sağlarlar. Çimento ve inşaat demiri ülkemizde bol miktarda üretildiğinden prefabrik beton yol uygulamaları milli kaynakların kullanılmasına hizmet edecektir. Ancak, prefabrik beton yol çalışmalarının çok büyük bir dikkatle gerçekleştirilmesi ve hata yapılmaması gerekir. Bunun için de fazla sayıda kalifiye elemana ihtiyaç duyulacaktır.

5. Özet ve Sonuç

Prefabrik beton, kaplama onarımı ve rehabilitasyonu için sürdürülebilir bir çözümdür. Tasarım açısından bakıldığında, prefabrik kaplama, mümkün olan her durumda mevcut alt temel ve zemin üzerine inşa edilmiş tam derinlikte prefabrik paneller kullanılan, kazı ve işlenmemiş malzemelere olan ihtiyacı en aza indiren etkili bir çözüm sunar. Ön gerilmeyi dâhil etmek suretiyle, prefabrik kaplamaların kalınlığı azaltılabilir; böylece, beton malzeme tasarrufu sağlanabilir ve daha uzun ömürlü bir kaplama elde edilebilir.

Üretim ile ilgili olarak, prefabrikasyon işlemi çok etkili olup, beton israfını en aza indirir ve tesisin başka bir yerindeki herhangi bir atık malzemeyi yararlı bir şekilde yeniden kullanır. Ayrıca, prefabrik beton karışım tasarımları, çoğunlukla kömürün yanmasından geri dönüşümle elde edilen uçucu kül gibi ilave çimentolu malzemeler kullanılarak gerçekleştirilir.

İnşaata ilişkin sürdürülebilirlik faydaları, şerit kapanmalarını yoğun olmayan yolculuk zamanları ile sınırlandırmak suretiyle, inşaatla ilgili trafik sıkışıklığındaki azalma ile gerçekleştirilir. Son olarak, prefabrik beton kaplama uzun ömürlü ve az bakım gerektiren bir



ürün olduğundan, yeniden inşaat döngüsü süresi en üst düzeye çıkarılır ve kaplamanın ömrü boyunca bakım faaliyetlerinin çevresel ve kullanıcı etkileri en az düzeye indirilir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğer bazı gelişmiş ülkelerde prefabrik beton kaplamaların kullanımına ilişkin elde edilen deneyim, farklı üreticiler ve yükleniciler tarafından bugüne kadar inşa edilen geniş bir yelpazedeki projeler göz önüne alındığında, farklı prefabrik beton yol sistemlerinin başarıyla üretilebileceğini ve kurulabileceğini göstermektedir. Genel olarak, iyi tasarlanmış ve kurulmuş prefabrik beton yol sistemlerinin uzun vadeli performansı hakkında herhangi bir endişe bulunmamaktadır. Prefabrik panellerde kullanılan betonun kalitesi, dayanıklı beton için beklentileri karşılamaktadır. Test edilen ve değerlendirilen prefabrik beton yol sistemleri olağandışı herhangi bir sıkıntı veya başarısızlık durumu göstermemektedir.

Bugüne kadar, ABD'de ve diğer bazı gelişmiş ülkelerde prefabrik beton kaplama teknolojilerinin kullanılmasının birincil nedeni, yüksek trafik hacmine sahip karayolu uygulamalarında inşaat zamanından tasarruf sağlamaktır. Hızlı yenileme durumlarına uygulanabilir olması için, prefabrik beton kaplama teknolojilerinin kullanılması, daha az şerit kapanmalarına veya inşaat bölgelerinde daha az trafik kesintisine neden olmalıdır. İlave olarak, prefabrik beton yol sistemleri, uzun bir süre boyunca daha az bakım gerektiren servis ömrü sağlayabilmelidir. Yeni inşaat veya rehabilitasyon uygulamaları, 40 yıldan daha uzun bir süre ciddi bakım gerektirmeyen, uzun ömürlü kaplamalar olarak ele alınmalıdır.

6. Kaynakça

- [1] Tayabji, S. and Ye, D., "Precast Concrete Pavement Innovations, Performance and Best Practices", *12th International Symposium on Concrete Roads 2014*, Prague, Czech Republic, September 23-26, 2014.
- [2] Priddy, L. P., Bly P G and Flintsch, G. W., "Review of Precast Portland Cement Concrete Panel Technologies for Use in Expedient Portland Cement Concrete Airfield Pavement Repairs", *TRB 92nd Annual Meeting Compendium of Papers*, No 13-2956, 2013.
- [3] Tayabji, S., Ye, D. and Buch, N., *Precast Concrete Pavement Technology (Final Report Project R05: Modular Pavement Technology)*, The Strategic Highway Research Program 2, Transportation Research Board of The National Academies, Washington DC., USA, 2012.
- [4] Reza, A. S. and Haro, G., *Performance Determination of Precast Concrete Slabs Used for the Repair of Rigid Pavements Performance Determination of Precast Concrete Slabs Used for the Repair of Rigid Pavements - CAIT-UTC-017 - Final Report*, Center for Advanced Infrastructure and Transportation Final Report, New Jersey, USA, 2014.
- [5] Simonsen, J. E., *Concrete Pavement Joint Repair with Pre-cast Slabs, Progress Report. Research Project 68 F-102, Research Report R-762*, Michigan State Highway Commission, Lansing, Michigan, 1971.
- [6] Tyson, S. S., *Full-depth Repair of Jointed PCC Pavements Cast-in-Place and Precast Procedures*. Virginia Highway & Transportation Research Council, VHTRC 76-R44, Charlottesville, Virginia, 1976
- [7] Nantung, T. et al., "Design and Construction of Precast Prestressed Concrete Pavement in Indonesia", *89th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, DC., USA, 2010.
- [8] Smits, F., "ModieSlab, Innovative Prefabricated Modular Concrete Slab for Concrete Roads and Airfields"; *9th International Symposium on Concrete Roads*, April 4-7, 2004, Istanbul, Turkey, 2004.
- [9] De Larrard, F., Sedran, T. and Balay, J. M., "Removable Urban Pavements: An Innovative, Sustainable Technology", *International Journal of Pavement Engineering*, 14 (1), 1-11, 2011.
- [10] Hachiya, Y. et al., "Rapid Repair with Precast Prestressed Concrete Slab Pavements using Compression Joint System", *Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Pavements, organized by the International Society for Concrete Pavements*, Orlando, Florida, USA, 2001.
- [11] Sapozhnikov, N and Rollings, R., "Soviet Precast Prestressed Construction for Airfields", *FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference*, Atlantic City, New Jersey, USA, 2007.
- [12] Merritt, D. K., McCullough, F. B. and Burns, N. H., *Construction and Preliminary Monitoring of the Georgetown, Texas Precast Prestressed Concrete Pavement, Report No. FHWA/TX-03-1517-01-IMP-1*, Texas Department of Transportation, Austin, Texas, USA, 2002.
- [13] Tayabji, S., et al., "Prestressed Concrete Pavement Technology Update", *Proceedings of the 7th International Conference on Concrete Pavements*, Orlando, Florida, USA, International Society for Concrete Pavements, 2001.
- [14] <http://www.prefab.org.tr/>
- [15] Bekiroğlu, D., *Prefabrik Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı, Onarım ve Güçlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [16] Açar, E., Şütaş, İ. ve Öztaş, G., *Beton Yollar (Rijit Yol Üstyapıları)*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye, 1998.



ÜNİVERSİTELERDE ENGELLER? SİİRT ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Zuhal Özçetin¹, Mehmet Eminel²

¹* Siirt Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü

zuhalozcetin@gmail.com

² Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

mehmeteminel@gmail.com

* Sorumlu Yazar

Özet

Engelli tanımı olarak, normal yaşa göre vücut işlevleri ya da yapısındaki herhangi bir bozukluk olarak verilmektedir. Toplumların kültürel düzeylerine göre günlük yaşam içinde farklı isimlerde kullanılmaktadır. Engelli kişilere ilişkin toplum içinde tanınmalarını kolaylaştırıcı sıfatların dışında önemli olan nokta, engellilikle ilgili farkındalığın olması ve anlaşılma gereksinimlerinin karşılanmasıdır. Bu durumda toplum, engelli bireyleri diğer insanlar gibi kabul ederse, engelli bireylerin kendilerine olan güvenleri de artacaktır. Kendine güvenen birey daha mutlu, daha başarılı ve diğer insanlar için daha faydalı olacaktır. Yaşanılan konuttan, kamusal yaşam alanlarına ve ulaşım araçlarına kadar tüm çevresel unsurların engellilerin özellikleri ve gereksinimleri dikkate alınarak tasarlanması, mutlu bireylerin oluşmasını sağlayacaktır. Özellikle genç neslin eğitim özgürlüğünün yanı sıra sosyal aktivitelere katılmasını ve diğer arkadaşları gibi eğitim olanaklarını kullanmalarını sağlamak gelişimleri açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda çalışmada; üniversite yerleşkelerinde fiziksel çevre unsurlarının engelliler açısından (herkes için tasarım) analizi yapılarak; Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü örneğinde mevcut durum değerlendirilerek, uygunluğu değerlendirilmiş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Engelli, Siirt Üniversitesi, Herkes için tasarım, Üniversite.

1. Giriş

Bedensel engelli kişiler, vücutlarının bir kısmını ya da tamamını kullanamayan bireyler olarak, toplumda engelsiz kişilerin egemenliği altında olan bir grup olarak bilinmekte ve bir azınlık olarak muamele görmektedirler. Engelli kişiler, engelsiz kişiler için tasarlanmış ve düzenlenmiş bir toplum içinde kendilerine yer bulmaya çalışmaktadırlar. İş, eğitim, ulaşım, rehabilitasyon, sağlık gibi bir çok alanda dışlanan engelli kişilerin yaşadığı dışlanma duygusu, günümüzde farklı bir boyut kazanmaktadır [1].

Yaşadığımız fiziksel çevre tüm toplum üyelerini düşünerek tasarlanmadığı, yaşadığımız konuttan kamusal yaşam alanlarına ve ulaşım araçlarına kadar birçok kapalı, açık, yarı açık mekânın, engellileri de kapsayacak şekilde tasarlanmadığı bir gerçektir. Bina tasarımları, mimari uygulamalar engelli kişileri ötekileştirmekte, kent mekânları engellilerin hiç bir yere gidememesi için düzenlenmektedir [1,2]. Kentsel mekânlarda, engelli kişilerin hareket özgürlüğünü engelleyen birçok faktör bulunmaktadır. Bozuk yollar, kavşaklar, yüksek kaldırımlar, rampa olmayan merdivenler, alt-üst geçitler, uygun olmayan bina girişleri, bina içerisindeki düzenlemeler, wc'ler engellilerin ihtiyaçlarını karşılayacak biçimde tasarlanıp, uygulanmamaktadır [1].

Tüm ülkelerde eğitim modelleri, öncelikle, nüfusun engelli olmayan kişileri için planlanıp, uygulanmakta ve engellileri eğitim sistemiyle bütünleştirecek farklı programlar geliştirilmeye çalışılmaktadır. Böylece en baştan eğitim sistemi ile engellileri dışlayan bir anlayışa sahip olunmaktadır [3].

Eğitimle ilgili problemler, engelli kişilerin eğitim alanında yaşadığı önemli bir problemlerdir. Eğitim binalarının sadece engelsiz bireyler için düşünülmüş ve uygulanmış olması, engelli bireylerin diğer bireylerle aynı eğitimi almasını ve toplumsal katılımını sınırlamaktadır. Eğitim kurumlarının, mimarisinin bedensel engelli bireylerin erişebileceği ve yararlanabileceği şekilde yapılmamış olması da önemli bir sorun olmaktadır. Özel okullar dışında birçok eğitim binasında tekerlekli sandalye kullanan bireyler düşünülmemiştir. Asansör ya da rampa yapılmamıştır [4,5].

Eğitim kurumlarına ulaşımında fiziksel çevre koşulları, eğitim binalarının mimarileri ve çevresel tutumlara ek olarak maddi sıkıntılar da engellilerin eğitim yaşantılarında önemli bir sorun oluşturmaktadır. Sonuçta, engelliler eğitim sisteminde bir çok engelle karşılaşmakta ve bu sisteme dahil olmadıkları için eğitim seviyeleri yeterli seviyeye çıkamamaktadır.

Bu çerçevede yapılacak her türlü çalışma ile mevzuat çerçevesinde, standartlara uygun engelsiz kentsel mekânların oluşturulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu sebeple çalışmada; Siirt Üniversitesi'nin incelemesi yapılarak, yapılı çevrenin herkes için erişilebilir hale gelmesine katkı sağlanması planlanmaktadır. Kampüs içerisinde ve kampüste yer alan binalara erişim incelenerek, değerlendirmelerde bulunulmuş ve öneriler geliştirilmiştir.

2. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü Yerleşkesi

Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü yerleşkesi, merkezden 10 km uzakta Batman yolu üzerindedir. Siirt havaalanına 4 km uzaklıkta konumlanmıştır.



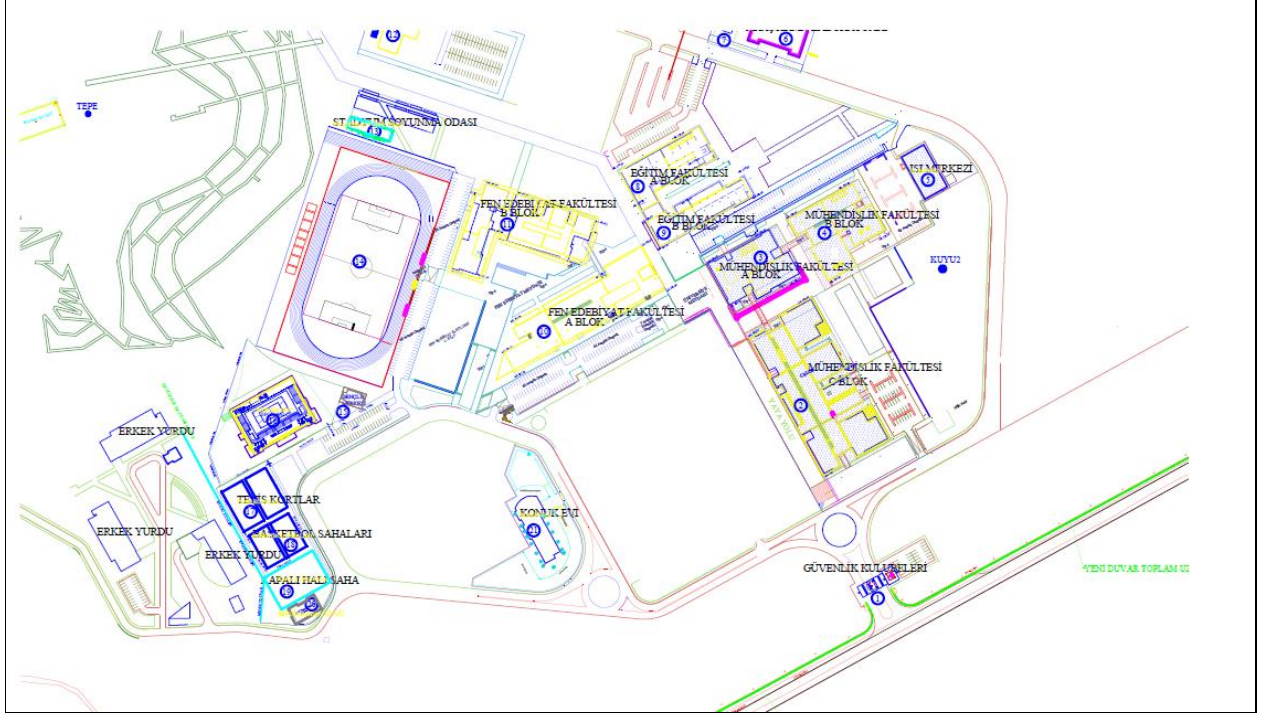


Şekil 1. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü

2.1. Erişilebilirliğin İncelenmesi

Şehrin yapıları alanlarının dışında kalan; günlük yaşam içerisinde konuttan çıkıldığından itibaren çalışma, alışveriş, eğlenme, dinlenme gibi etkinliklere katılmak için kullanılan alanlar, açık alan olarak tanımlanmaktadır. Toplumda azımsanmayacak bir kısmı oluşturan engelliler, yaşlı-çocuk, hamile gibi hareket kısıtlılığı bulunan kişiler, planlama ve tasarımdan kaynaklanan sorunlarla karşılaşabilmektedirler. Bu sorunların çözümünde ise; özellikle açık alanların ergonomik ve ayrıntıları düşünülmüş olarak tasarlanması gerekmektedir [6].

Evrensel tasarım, engelli olan veya engeli olmayan tüm kişilere eşit kullanım şartları sunan ürünlerin üretimi ve tasarımıdır. Yaş, yetenek ve durum farklılıklarına rağmen tüm kişilerin mümkün olduğu oranda kullanımlarını sağlayan, çevre veya tüm tasarım ürünlerinin tasarımı olarak ta tanımlanabilir. Evrensel tasarım, herkes için tasarım, diğer bir deyişle engelsiz tasarım gibi kavramlarla da tanımlanmaktadır [7].



Şekil 2. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü fakülte yerleşimi

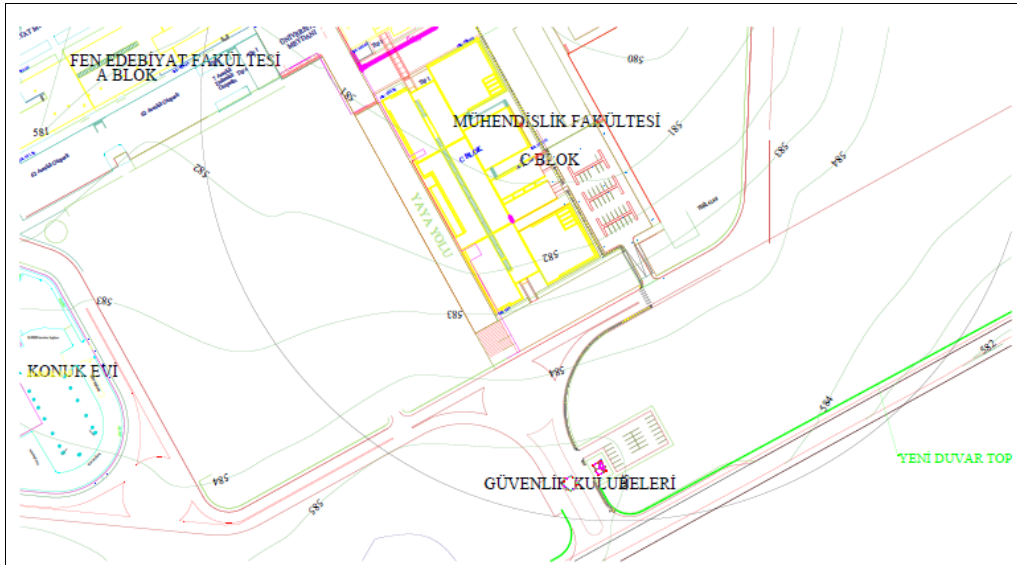


Kaldırımlar

Kezer kampüsünde yapılan incelemelerde; yol boyunca yoğun trafik olmamasının yaya ve engelliler için olumlu olduğu, kaldırım genişliklerinin uygun olduğu görülmektedir. Hissedilebilir yüzey uygulaması alan içinde bulunmamaktadır. Binaların içinde uygulamanın yapıldığı görülmektedir. Yol boyunca durmadan dolaşılabilir kaldırım alanının varlığı belirlenmiştir.



Resim 1. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü girişi [8]



Şekil 3. Siirt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yerleşimi

Rampa ve Merdivenler

Kampüs yerleşkesi boyunca, her mekâna girişte merdiven ve rampa kullanımlarının uygun yerlerde yapıldığı görülmektedir.





Resim 2. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü girişi [9]

Merdivenler

Çalışma alanı boyunca eğim farklılıklarının merdivenle çözümlendiği belirlenmiştir.



Resim 3. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü girişi [9]

Yaya Geçitleri

Yaya geçitleri istenen standartlar içerisinde.



Resim 4. Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsü [10]

Kent Mobilyaları

Yol boyunca kent mobilyaları belirli alanlarda ve belirli mesafelerde konumlandırılmıştır. Kontrast renkler ve doku farklılıkları oluşturulmamıştır.





Resim 5. Siirt Üniversitesi Otopark [11]

Dinlenme Alanları

Dinlenme alanları geniş tutulmuştur. Kampüs içerisinde belli alanlarda dinlenme mekânları düzenlenmiştir. Gençlerin grupça dinlenip, faaliyetlerini gerçekleştirebileceği açık, yarı açık alanlar yer almaktadır. Tekerlekli sandalye kullanımı için alan uygundur.



Resim 6. Siirt Üniversitesi dinlenme alanları [12]

Çöp Kutuları

Çöp kutuları belli yerlerde konumlandırılmıştır.



Resim 7. Siirt Üniversitesi dinlenme alanları [13]

Bina Girişleri

Cadde boyunca bina girişleriyle ilgili olumlu ya da olumsuz örnekler mevcuttur. Rampa kullanımı bazı girişlerde mevcutken, bazı yerlerde sadece merdiven tasarımı yapılmıştır. Korkuluk düzenlemesi çoğu rampada yapılmamış, sahanlık verilmemiştir. Manevra vb. mesafeleri de standartlara uygun yapılmadığı görülmektedir.



Resim 8. Siirt Üniversitesi bina girişleri [13]





Resim 9. Siirt Üniversitesi bina girişleri [14]

3. Sonuç ve Değerlendirme

Kaldırımlar	Uygun	Kampüs içerisinde kaldırımlar yeterli seviyededir.
Rampalar	Uygun	Bina girişleri ya da açık alanlarda rampa uygulamaları uygundur.
Merdivenler	Uygun	Kampüs boyunca merdiven kullanımı mevcuttur.
Yaya geçitleri	Uygun	Cadde boyunca devamlılık oluşturulmamıştır. Trafik yoğunluğu fazla olmadığı için göz ardı edilebilir.
Kent mobilyaları	Uygun	Kent mobilyaları (oturma bankları, panolar vb) mevcuttur.
Dinlenme alanları	Uygun	Dinlenme mekânı olarak kampüs içerisinde alanlar yer almaktadır.
Çöp kutuları	Uygun	Belirli mesafelerde, standartlara uygun boyut ve yüksekliktedir.
Bina girişleri	Uygun	Çoğu mekâna girişler merdiven düzeyi elemanı ile yapılmaktadır.

Engelli bireylerin bakıma muhtaç insanlar olarak görülmesi toplumdaki uzaklaşmalarına ve kendi özgüvenlerini yitirmelerine sebep olmaktadır. Bu durum toplumun bilinç yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Gelişmiş ülkelerin birçoğu fiziksel engelli bireyleri topluma kazandırmak, sosyal ilişkilerini güçlendirmek ve yaşam kalitelerini arttırmak için çeşitli düzenlemeler yapmaktadır.

Siirt Üniversitesi Kezer Kampüsünde fiziksel engellilerin kullanımları açısından en uygun rekreasyonel imkânları sunan erişilebilirlik üzerine yapılan gözlemler sonucunda, engellilere yönelik çözüm önerileri geliştirilmiştir:

- Engellilerin rahat ve konforlu kullanabilmeleri için zemin kaplamaları, kavşak noktaları, işaret ve aydınlatma levhaları, rampalar, merdivenler ve binalardan çıkış noktaları standartlara uygun olarak yeniden düzenlenmelidir.
- Kampüs içinde alternatif rekreasyon alanları oluşturulmalıdır. Bu tür alternatif alanlar kişilerin ulaşmak istedikleri mekânlara giderken dinlenmelerini ve birlikte sosyal aktivite gerçekleştirecekleri mekânlar sağlaması açısından önemlidir.
- Yol boyunca gözlemlenen kaldırım yükseklikleri insanların kullanımlarına uygun bulunmamaktadır. Kaldırım yüksekliğinin 14 cm'yi aşmaması, bu yüksekliğin yaya geçidi noktasında % 6-8 eğimde olması uygundur.
- Kavşaklarda yer alan ağaçlandırmaların görüş açısı için uygun duruma getirilmesi önerilmektedir.
- Açık alanlarda ve yaya güzergâhlarında standartlara uygun rampalar ve görme özürlüler için hissedilebilir yönlendirici kaplama donatılarının kesintisiz uygulanmasına yönelik çalışmaların yapılması,
- Manevra alanı, korkuluk vb. uygulamalara önem verilmesi,
- Bina girişlerinde ve bina içinde bulunan kot farklarının aşılmasında rampa ya da platform asansörlerinin kullanılması,
- Oturma bankları ve güneş koruyucu üst örtülerin ihtiyaca uygun olarak yeterli miktarda düzenlenmesi,
- Renklendirme ve farklı doku kullanımı,



- Merdivenlerde kaymayı engelleyici malzeme kullanılması,
- Engelli kullanıcıların hareket edebilirliklerinin artırılması ve aynı zamanda fiziki çevre şartlarının bu kullanıcılara uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak; incelenen kampüs içerisinde saptanan bu sorunlar açısından fiziksel engelli bireyler için güzergâhın bazılarının erişebilirlik açısından kısmen uygun olduğu belirlenmiştir. Yeni düzenlenecek olan yaya ve yollarda benzer problemler ile karşılaşmamak için tasarımcılar, uygulayıcılar ve denetleyiciler tespit edilen bu sorunları göz önünde tutarak değerlendirmektedir.

4. Kaynakça

- [1] Ergüden, A.D., “Sosyal Dışlanma Açısından Bedensel Engelli Bireylerin Yaşantılarının İncelenmesi”, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2008).
- [2] Kitchin, R., “Out of Place’, Knowing One’s Place’: Space, Power and The Exclusion of Disabled People”. Disability & Society, Vol. 13, No. 3, 1998:343-356, (1998).
- [3] Karataş, K., “Engellilerin Toplumla Bütünleşme Sorunları, Bir Sosyal Politika Yaklaşımı”. Ufuk Ötesi Bilim Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, Türkiye Körler Federasyonu Yayını, (2002).
- [4] Bilgin, K.U., “Engellilerin İstihdamında Yöntem Arayışı”. Görme Engellilerin Sosyal Güvenlik Sorunları ve İstihdamı Sempozyumu 1-2 Aralık. Altı Nokta Görme Engellilere Hizmet Vakfı Yayınları:3, Ankara:19-31, (1997).
- [5] Shevlin, M., Kenny, M. ve McNeela, E., “Participation In Higher Education For Students With Disabilities: An Irish Perspective”. Disability & Society, January, Vol. 19, No.1:15-30, (2004).
- [6] T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı, (2010), Yerel Yönetimler için Ulaşılabilirlik Temel Bilgiler Teknik El Kitabı, Ankara.
- [7] Uslu, A., Shakouri, N., “Kentsel Peyzajda Engelli/Yaşlı Birey İçin Bağımsız Hareket Olanğı ve Evrensel Tasarım Kavramı”, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Yıl: 14, Sayı: 1, s. 7-14, (2014).
- [8] <https://www.aa.com.tr/egitim/siirtin-cehresi-universite-ile-degisiyor/1160476>
- [9] <https://www.siirt.edu.tr/galeri/foto/muhendislik-mimarlik-fakultesi/874774.html>
- [10] https://issuu.com/vysltnk/docs/2012-2016_s_u_faliyet_ve_proje_kat
- [11] <https://www.siirt.edu.tr/galeri/foto/muhendislik-mimarlik-fakultesi/874774.html>
- [12] <https://siubasin.wordpress.com/2016/03/29/mobil-genclik-projesi/>
- [13] <http://www.studyaway.com/tr/siirt-universitesi/galeri-s27324>
- [14] <https://www.youtube.com/watch?v=Y5k4VIsHu2w>

