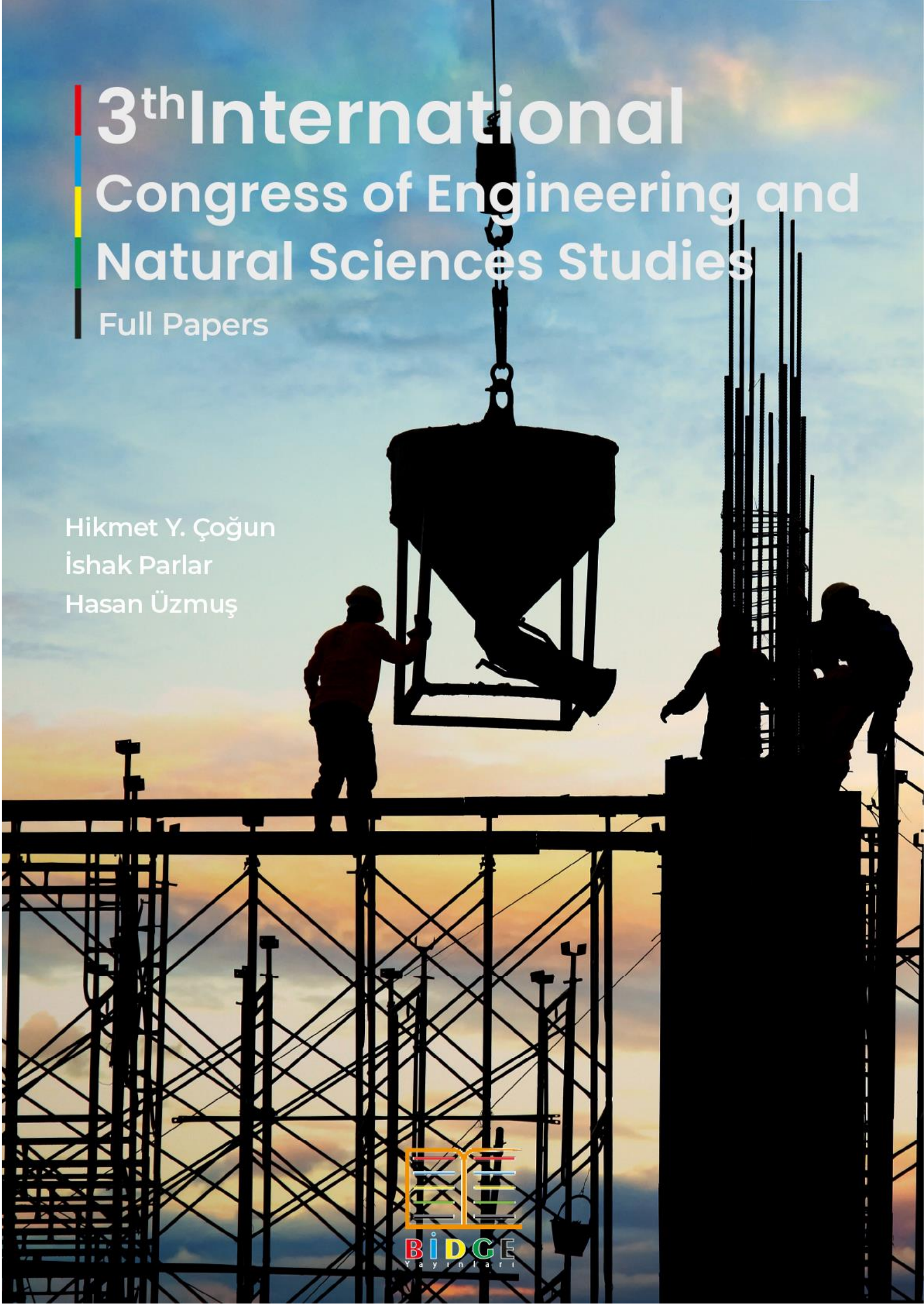
3th International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies

Full Papers

Hikmet Y. Çoğun
İshak Parlar
Hasan Üzmuş



BİDGE Yayınları

3th International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies

Full Papers

24-25 May 2023

Ankara/Turkey

BIDGE Publications

3th International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies Full Papers

ISBN: 978-625-6488-05-2 978-625-6488-05-2

Editors

Hikmet Yeter Çoğun, İshak Parlar, Hasan Üzmuş

Page Layout: Gözde YÜCEL

1st Edition: BIDGE Publications, 2023

All rights of this work are reserved. It cannot be reproduced in any way without the written permission of the publisher and editor, except for short excerpts to be made for promotion by citing the source.

Certificate No: 71374

Copyright © BIDGE Publications

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayin@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.
Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya / Ankara

SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Ahmet Benli – Bingöl University
Dr. Ahmet Topal – Atatürk University
Dr. Alaeddin Bobat – Kocaeli University
Dr. Alevcan Kaplan – Batman University
Dr. Ali Allahverdi – Kuwait University
Dr. Ali Dinc – American University of The Middle East
Dr. Aşkin Kiraz – Yakin Doğu University
Dr. Atila Kumbasaroglu – Erzincan Binali Yildirim University
Dr. Aydin Şik – Gazi University
Dr. Ayhan Esi – Malatya Turgut Özal University
Dr. Behruz Bekbabayi – Allameh Tabataba'i University
Dr. Bekir Şan – Isparta Uygulamali Bilimler University
Dr. Belgin Coşge Şenkal – Yozgat Bozok University
Dr. Beste Cubukcuoglu – Yakin Doğu University
Dr. Bülent Toprak – İzmir Katip Çelebi University
Dr. Cigdem Sayil – İstanbul University-Cerrahpaşa
Dr. Cihan Bayindirli – Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Coşkun Firat – İstanbul Teknik University
Dr. Çağlar Akçay – Düzce University
Dr. Çetin Mekik – Hacettepe University
Dr. Çiğdem Moral – Akdeniz University
Dr. Didar Ucuncuoğlu – The University of Manitoba
Dr. Dilek Arsoy – Near East University
Dr. Ebru Emine Şüküroğlu – Gümüşhane University
Dr. Ebru Şebnem Yilmaz – Hatay Mustafa Kemal University
Dr. Ebru Yilmaz – Aydin Adnan Menderes University
Dr. Elahe Reyhani – Zanjan Medical Science University
Dr. Elif Çelenk Kaya – Ondokuz Mayis University
Dr. Elif Şenkuytu – Atatürk University
Dr. Emrah Öztürk – Isparta Uygulamali Bilimler University
Dr. Engin Nas – Düzce University
Dr. Engin Yarali – Aydin Adnan Menderes University
Dr. Erdem Çiftçi – Gazi University
Dr. Erdem Şakar – Atatürk University
Dr. Fatih Apaydin – Bilecik Şeyh Edebali University
Dr. Fatma Oğuz Erdoğan – Kocaeli University
Dr. Ferda Eser – Amasya University
Dr. Filiz Boran – Hitit University
Dr. Filiz Mediha Namdar Pekiner – Marmara University
Dr. Fuat Kara – Düzce University
Dr. Fulya Taktak – Uşak University
Dr. Funda Dökmen – Kocaeli University
Dr. Gulsum Yaldiz – Bolu Abant İzzet Baysal University
Dr. Gülşad Uslu Şenel – Firat University
Dr. Hakan Dilipak – Gazi University
Dr. Halil Zeki Gök – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Hasan Göksel Ozdilek – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr. Hasan Öz – Isparta Uygulamali Bilimler University
Dr. Hatice Pekmez – Gaziantep University
Dr. Hatun Barut – Doğu Akdeniz Tarimsal Araştirma Enstitüsü

Dr. Hidayet Mazi – Gaziantep University
Dr. Hülya Çelik – Ağri İbrahim Çeçen University
Dr. Hülya Demir – Yeditepe University
Dr. Hülya Öztürk Doğan – Atatürk University
Dr. İbrahim Güneş – Giresun University
Dr. İlyas Uygur – Düzce University
Dr. Kamil Kaygusuz – Karadeniz Teknik University
Dr. Kazim Yetiş – İstanbul Aydin University
Dr. Kemal Yaman – Ostim Teknik University
Dr. Keziban Atacan – Sakarya Uygulamali Bilimler University
Dr. Koray Karabulut – Sivas Cumhuriyet University
Dr. Kübra Cihangir-Çamur – Gazi University
Dr. Luqman Alatrushi – Northern Technical University-Iraq
Dr. Mehmet Akkaş – Kastamonu University
Dr. Mehmet Alp Furan – Van Yüzüncü Yil University
Dr. Mehmet Alp Ilgaz – Ljubljana Universitesi
Dr. Mehmet Cengiz Karaismailoğlu – Bartin University
Dr. Mehmet Güvenç Negiz – Isparta Uygulamali Bilimler University
Dr. Mehmet Merdan – Gümüşhane University
Dr. Mert Bayraktar – Türk Havacilik Ve Uzay Sanayi
Dr. Miraç Alaf – Bilecik Şeyh Edebali University
Dr. Muharrem İnce – Munzur University
Dr. Muhsin Aydin – Adiyaman University
Dr. Murat Tolga Özkan – Gazi University
Dr. Mustafa Aytekin – University of Bahrain
Dr. Mutlu Buket Akin – Harran University
Dr. Nebi Gedik – Sağlik Bilimleri University
Dr. Necibe Füsun Oyman Serteller – Marmara University
Dr. Nermin Sökmen – National University of Science And Technology Misis
Dr. Neşe Ertugay – Erzincan Binali Yildirim University
Dr. Neşe Üzen – Dicle University

Dr. Nuray Güy – Sakarya University
Dr. Nurhan Koçan – Bartin University
Dr. Nuri Öztürk – Giresun University
Dr. Nursel Baydemir – Kirikkale University
Dr. Oexan Bağirov – Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasinin Naxçivan Bölümü
Dr. Özgür Eken – İnönü University
Dr. Özgür Özgün – Bingöl University
Dr. Özlem Güngör – Gazi University Fen Fakültesi
Dr. Pelin Özkartepe – Gaziantep University
Dr. Prakasha Kn – Vidyavardhaka College of Engineering
Dr. Rana Özbakir – Sivas Cumhuriyet University
Dr. Recep Taş – Bartin University
Dr. Redvan Ghasemlounia – İstanbul Gedik University
Dr. Ridvan Karacan – Kocaeli University
Dr. Rukiye Uzun Arslan – Zonguldak Bülent Ecevit University
Dr. Safiye Emirdağ – Ege University
Dr. Seval Özgel Felek – Ordu University
Dr. Şahabettin Öztürk – Van Yüzüncü Yil University
Dr. Şahane Funda Arslanoğlu – Ondokuz Mayis University

REVIEWER COMMITTEE

Dr. Abdülvahap Çakmak – Samsun University
Dr. Ahmet Çakanel – Kirikkale University
Dr. Alper Durmaz – Ondokuz Mayis University
Dr. Ayça Uçkun – Zeytincilik Araştirma Enstitüsü
Dr. Ayşegül Yücel – İskenderun Teknik University
Dr. Bahdişen Gezer – Uşak University
Dr. Bariş Yildiz – Kafkas University
Dr. Behruz Bekbabayi – Allameh Tabataba'i University
Dr. Bekir Tosun – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Bekir Yitik – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Caner Yerli – Van Yüzüncü Yil University
Dr. Cem Göl – Bolu Abant İzzet Baysal University
Dr. Cihan Bayindirli – Niğde Ömer Halisdemir University
Dr. Çağla Ercanli – İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu
Dr. Çağri Bekircan – Karadeniz Teknik University
Dr. Çetin Mekik – Hacettepe University
Dr. Elif Çil – Ordu University
Dr. Engin Yarali – Aydin Adnan Menderes University
Dr. Ertuğrul Çam – Bilecik Şeyh Edebali University
Dr. Esra Tuğrul Tunç – Firat University
Dr. Eylem Aydemir Çil – Sinop University
Dr. Faik Ceylan – Düzce University
Dr. Fatih Apaydin – Bilecik Şeyh Edebali University
Dr. Fatma Gönül Sezgin – Ondokuz Mayis University
Dr. Furkan Aydin – Aksaray University
Dr. Furkan Aydin – Aksaray University
Dr. Gülsüm Ebru Özer Uyar – Kocaeli University
Dr. Halil Zeki Gök – Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Dr. Hamit Özyurt – Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Dr. Hamza Negis – Selçuk University
Dr. Hasan Göksel Özdilek – Çanakkale Onsekiz Mart University
Dr. Hicri Yavuz – Afyon Kocatepe University
Dr. Hilal Kilinç – Dokuz Eylul University
Dr. Hüseyin Çağdaş Aslan – Yalova University
Dr. İbrahim Çavuşoğlu – Gümüşhane University
Dr. İbrahim Yavuz – Afyon Kocatepe University
Dr. Kaplan Kaplan – Kocaeli University
Dr. Koray Karabulut – Sivas Cumhuriyet University
Dr. Kutluğ Savaşir – Dokuz Eylül University
Dr. Kübra Gül – Kafkas University
Dr. Mehmet Akif Özcan – Bolu Abant İzzet Baysal University
Dr. Mehmet Alp Furan – Van Yüzüncü Yil University
Dr. Merve Bayhan – Dicle University
Dr. Merve Güneş – Akdeniz University
Dr. Meryem Burcu Külahci – Gazi University
Dr. Muhammed Azim Irgeş – Karadeniz Teknik University
Dr. Mustafa Değirmenci – Sivas Cumhuriyet University
Dr. Mustafa Yeğin – Çukurova University
Dr. Nafel Doğdu – Akdeniz University
Dr. Nazli Tokatli – İstanbul Sağlik Ve Teknoloji University
Dr. Neşe Üzen – Dicle University Ziraat Fakültesi
Dr. Nihayet Koçyiğit – Batman University
Dr. Nildeniz Top Karakus – Muğla Sitki Koçman University
Dr. Nurdoğan Topal – Uşak University
Dr. Onur Alkaç – Firat University
Dr. Orhan Doğan – Kirikkale University
Dr. Orhan Uluçay – Kafkas University
Dr. Oya Keskin – Antalya Bilim University
Dr. Ömer Firat Turşucular – Bursa Uludağ University
Dr. Pelin Yiğit – Nişantaşi University
Dr. Rahile Öztürk – Selçuk University

Dr. Sadettin Çelik – Bingöl University
Dr. Selda Sezer – Malatya Turgut Özal University
Dr. Ş Selçuk Seçilmiş – Gaziantep University
Dr. Şahika Özdemir – İstanbul Sabahattin Zaim University
Dr. Zeyneb Kiliç – Adiyaman University

ORGANIZERS COMMITTEE
Bilimi Destekleme ve Geliştirme Derneği
Dr. Öğr. Üyesi İshak PARLAR-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÜZMUŞ-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Tahir YÜCEL-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Şehriban OĞUZ-Van Yüzüncü Yıl University
Dr. Çiğsem Yağmur YÜKSEL-Çukurova University
Dr. Barış KAHVECİ-Niğde Ömer Halisdemir University
Öğr. Gör. İbrahim Halil DİLBER-Van Yüzüncü Yıl University

Contents

Micromechanical Evaluation of the Plasma Assisted Hard Facing Metal Matrix Composite Coatings 13

Esad Kaya 13

Tensile Tests of Laser Welded Third Generation High-Strength Automotive Steels 19

Hafize ÇELİK 19

Thermodynamic and Exergo-economic Analysis of the Geothermal Energy Based Transcritical CO2 Rankine Cycle 33

Serpil ÇELİK TOKER 33

Solution of the Frame Effect Problem on Backlit Fascia Ambient Lighting 45

Serkan ALTINTAŞ 45

Alternatıve Materıal Usage On Body İn Whıte 53

Sunay ÖZTÜRK 53

Giresun İlindeki Büyükbaş Hayvan Yetiştiricilerinin Bilgi Kaynaklarının Hayvanların Beslenmeleri Üzerine Etkileri* 60

Kemal ZIRTLAN 60

Hulusi AKÇAY 60

Bıldırcın Yumurtalarının Kaplanmasında Kullanılan Kitosanın Yumurta Ağırlık Kaybı ve Albumen pH'sına Etkisi 74

Gözde KILINÇ 74

Fadime SEYREKOĞLU 74

Evaluation of Biocontrol Potential of Beneficial Nematodes against Pear Lace Bug, *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae) 80

Ebubekir YÜKSEL 80

Biotechnical control with pheromone against Mediterranean Pine Engraver Beetle (Orthotomicus erosus) (Wollaston) (Coleoptera: Scolytidae) for pine trees Balcalı Campus in Çukurova University 87

Miraç YAYLA* 87

Doğancan KAHYA 87

Improvement of Field Capacity and Persistent Wilting Point of Sandy Loam Soil Treated with Hazelnut Husk Compost 93

Caner YERLI 93

Arazi Yönetimi için Parsel Tabanlı Arazi Değerlendirme Çalışması; Seyrek-Kesik Örneği 100

Nejat ÖZDEN 100

Kabakgillerde Kabak Sarı Mozaik Virüsü (ZYMV) ve Belirtileri 111

Nur ÜLGER 111

Sıdıka GÖNÜL 111

Büşra ÜLGER 111
Su Ekosistemlerindeki Organik ve İnorganik Kirleticilerin Alglerle Fitoremediasyonu 124
Özlem YILMAZ 124
Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kompozit Malzemelerin Teknik ve Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi 134
Mürvet MIHÇI 134
Murat SOLAK 134
Mert KILINÇEL 134
Recyclability of Packaging Waste: The Case of Pendik-Istanbul 141
Miraç Nur CİNER 141
Mehmet Can SARIKAP 141
Emine ELMASLAR ÖZBAŞ 141
H. Kurtuluş ÖZCAN 141
Sinan GÜNEYSU 141
Atakan ÖNGEN 141
Serdar AYDIN 141
Correspondence of Breaking Years with the El Nino and La Nina Years 149
Göknur Elif YARBAŞI KAYHANLAR 149
Ali İhsan MARTI 149
Comparison of PKWs with Same Weir Height 162
Burak ÇEŞMECI 162
Ali İhsan MARTI 162
Comparison of D-Type PKWs with PK=1.00 173
Burak ÇEŞMECI 173
Ali İhsan MARTI 173
Dikdörtgensel Kolonların Davranışlarının Makine Öğrenmesi ile Tahminlenmesi 185
Emre MUMYAKMAZ 185
Onur TUNABOYU 185
Özgür YURDAKUL 185
Talha ORHAN 185
Investigation of Interface Friction of Loose Pumice Sand and Concrete with Direct Shear Test 201
İbrahim YİĞİT 201
Freeze-Thaw Effect on the Strength of Cohesive Soil 207
Nazlı Ece ÖZ 207
Mehmet Şükrü ÖZÇOBAN 207

Murat GÜLEN 207
Alüminyum Cephe Kaplama Sistemlerinin Eğilme Kapasitesinin Artırılması 217
Ömer Faruk YELEK 217
Ferit ÇAKIR 217
Selçuk DOĞRU 217
Analytical Modeling of Flexural Dominant Reinforced Concrete Columns 228
Erkan BICICI 228
The Mechanical Behavior of Sand at a High Degree of Saturation 237
Safi Nashat Safi ALJALIL 237
Murat Ergenekon SELÇUK 237
Self-healing Performance of Geopolymers with Construction and Demolition Waste-based Precursors 248
Hüseyin ULUGÖL 248
İsmail Özgür YAMAN 248
Mustafa ŞAHMARAN 248
Çevre Dostu Ulaşım Araçlarının Kullanımı (Use of Environmentally Friendly Transportation Vehicles) 257
Nuriye KABAKUŞ 257
Merve EYÜBOĞLU 257
Numerıcal Investıgatıon Of Behavıor A Sıngle Pıle Subjected To Negatıve Skın Frıctıon Due To Change In Fıll Load And Water Level 270
Ikram Razzaq ALDHAYDAN 270
Murat TONAROĞLU 270
"Anında Hızlı Sinirsel İşleme Modeli Kullanılarak 2 Boyutlu Görüntülerden 3 Boyutlu Nesnelerin Elde Edilmesi" 280
ADEM ALPASLAN ALTUN 280
ZAINAB MOHAMMED HASAN SABER ALAZDAEE 280
Urbancode UDeploy Yazılım Aracının Bilişsel Gezinti Yöntemi ile Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi 298
Halil TAHMAZ 298
Pınar ONAY DURDU 298
Comparative Analysis of Supervised, Unsupervised, Semi-Supervised, and Reinforcement Learning Methods for Data Loss Prevention 312
Ahmet VURAL 312
Barış ÇELİKTAŞ 312
Real and Original Environment-based Machine Learning Modeling: A Study on DDoS Behavior Detection 327

Kadir İlker BUDAK 327
Ayşe Nurdan SARAN 327
Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Yazılım Hata Tahmini 335
Özge ŞEN KAYA 335
Sinem BOZKURT KESER 335
API Güvenlik Testi Araçlarının Karşılaştırmalı Analizi: Özellikler, Yetenekler ve Performans Değerlendirmesi 343
Onur ÇARKCIOĞLU 343
Barış ÇELİKTAŞ 343
Captcha Güvenlik Zaafiyetleri ve Siber Saldırı Modellerinin Karşılaştırılması 353
Funda DİNÇER 353
Metin TURAN 353
4-İyodobenzohidrazitten Türetilen Yeni İyotlu Hidrazon Bileşiklerinin Sentezi, Antioksidan Aktiviteleri ve İn Siliko Çalışmaları 365
Bedriye Seda KURŞUN AKTAR 365
Osman Tayyar ARLI 374
Yaşar GÖK 374
Halil Zeki GÖK 374
Lojistik Dağılım için Fisher Bilgisi 380
Mehmet Emin TUTAY 380
Operator Guided YOLOv8 Supported Fruit Picking Robotic System 387
Mucahid BARSTUGAN 387
Enes KORKMAZ 387
Development of A Low-Budget Current Sensor For Measuring Low Current Using Microcontroller 396
Fatih BULUT 396
Welding Behavior of Recycled Polymers in Automotive Industry 401
Kübilay ÖZTÜRK 401
Cem İÇİER 401
Determination of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) in Human CAPN3 Gene by In Silico Analysis 408
Güldenur KAYIŞLI 408
Burak DİLEMEK 408
Emre AKTAŞ 408
Nehir Özdemir ÖZGENTÜRK 408
Investigation of Cytotoxic Effect of Borago officinalis Plant Extract on Breast Cancer 418
Kübra Sena BAŞ TOPCU 418

Sude DERE 418
Measurement of Service Quality and Application at a Private Physiotherapy Clinic 427
Rukiye Betül OFLAZ 427
Burak BİRGÖREN 427
Adnan AKTEPE 427
Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akış Haritalama Value Stream Mapping in the Transition to Lean Manufacturing 441
İrem DÜZDAR ARGUN 441
İpek EDİŞ 441
Tuğçe ÖZDEMİR 441
Malzeme Akışında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Yararlanarak Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi 454
İrem DÜZDAR ARGUN 454
Kübra TOK 454
Doğrusal Programlama Yöntemiyle Optimum Ürün Karması Probleminin Modellenmesi ve Endüstride Bir Uygulama 466
Hande BALABAN ÇATAKLI 466
Osman YAZICIOĞLU 466
Orman Yangınlarında Yanma Derinliğinin Gözleme Dayalı Yöntemler ile Değerlendirilmesi 476
Coşkun Okan GÜNEY 476
Ahmet MERT 476
Serkan GÜLSOY 476
A Mini Review on Effects of Some Ecological Natural Dyestuffs and Dyeing Process Parameters on Dyeing of Cotton Fabrics 486
Ömer Fırat TURŞUCULAR 486
1923-1950 ve 1950-1960 Yılları Arasındaki İstanbul'un Kentsel Dönüşümünün, Şehir Mekânı ve Kent Politikaları İlişkisi Üzerinden İrdelenmesi 493
Eray YAVUZARSLAN 493
Investigation of Indoor Air Quality in Mosques 514
Erdem GÜLAÇMAZ 514
Bahar ŞAHİN 514
Ümit ARPACIOĞLU 514
Design Iterations and Structural Finite Element Analysis of a Prototype Communication Satellite 526
Anıl TOYGAR 526
Mostafa RANJBAR 526

Production of Bromelain ($C_{39}H_{66}N$ 538
Aslıhan TURHAN 538
Deniz UYGUNÖZ 538
Emek DERUN 538
Effect of Fractal Dimension on Shear Strength of Sands 546
Ahmet Serdar KÖŞELİ 546
Havvanur KILIÇ 546
Murat GÜLEN 546
Batman İl Merkezindeki Zeminlerin VS ve VP Değerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Haritalandırılması 557
Harun TANYERİ 557
Nurullah AKBULUT 557
Türkiye'de İmalatı Yapılan İlaçlama Makinelerine Genel Bir Bakış 566
Medet İTMEÇ 566
Ali BAYATI 566
Meyve Ağaçlarına İlaç Uygulamada Kullanılan Turbo Atomizörlerin İşletilirken Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Görüşler 576
Medet İTMEÇ 576
Ali BAYATI 576
Determining the Location and Depth of Buried Archaeological Remains using the Euler Deconvolution Technique 582
Şenol ÖZYALIN 582
Zafer AKÇIĞ 582
Hemşirelerin İş Yükünü Azaltan Hastane İçinde ve Uzaktan Kullanımlı Hatırlatmalı İlaç Kutusu 595
Ayşe Nur AY GÜL 595
Onur TEKER 595
Production and Characterization of Doped and Non-Doped Titanium Dioxide Coatings 603
Cemre SÜZGÜN 603
Ali Can ÖZARSLAN 603
Mehmet Burçin PİŞKİN 603
Emek DERUN 603
Review Of Artificial Intelligence Based Integration Techniques Of Battery Management System For Electric Vehicles 623
ABDULKADİR MÜHENDİS 623
RAMAZAN AKKAYA 623

3th International Congress of Engineering and Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-05-2

Micromechanical Evaluation of the Plasma Assisted Hard Facing Metal Matrix Composite Coatings

Esad Kaya [1]

Abstract

In this study, the surface of the steel material was modified with direct plasma welding energy heat input by using different metallic powder mixtures. The study aimed to improve the microstructural and mechanical properties of the surface. Fe and W-containing powder, lean heat input, and untreated samples were selected as a control group. Optical microstructure, microhardness, and micro indentation analyses of the samples were performed. The microstructural and mechanical properties of the produced metal matrix composite coatings were determined. The coatings' microstructure analysis and microhardness were determined with the analysis. A higher microhardness profile was observed in plasma-modified coatings. The Fe and W content composite coating exhibits deeper hardenability compared to lean heat input and as received substrate. In addition, with the micro indentation test, the penetration depth, micro-indentation hardness, and indentation modulus were calculated depending on the p-h curve. Superior mechanical properties were obtained for all plasma-modified coatings. The highest penetration depth was calculated as the received substrate, meaning the lowest strength. Maximum indentation modulus was calculated in FeW content coatings. The lean plasma heat input has been determined to improve the microstructure with the rapidly solidified microstructure. It has been observed that the FeW-containing plasma coatings exhibit superior mechanical properties compared to lean plasma heat input and received substrate samples.

Keywords: Hard facing, Cladding, Mechanical Properties, Composite Coating, Hardness

[1] Research Assistant, Eskişehir Osmangazi University, Mechanical Engineering Department, Orcıd: 0000-0002-7332-6154

INTRODUCTION

The tangential forces on the surface caused by high friction increase the COF (Coefficient of friction). Due to the increased COF, the surfaces are subjected to shear stresses and plastic deformation. With continuous contact and post-plastic deformation, ruptures occur from the surfaces. These breaks are called material loss or wear (Williams, 2005). Steel materials are frequently used in the industry, especially in areas with high contact and stress. It is widely used in areas with high friction and wear on steel surfaces (Gohar, 2019). Therefore, the material loss is very high. In order to reduce material loss, processes have been developed to increase the strength of surfaces. Different techniques are available in the industry and scientific literature to improve the surface properties of steel materials. These techniques are HVOF, Nitriding, Plasma Spraying, PVD, and CVD (Surface Coatings Association, 1993). Each technique has its advantages and disadvantages. In each of these techniques mentioned, it is necessary to obtain a complicated device (Surface Coatings Association, 1993). This situation causes high initial investment costs. In addition, the used methods and devices limit the workpiece size (Ludema, 2019). These methods are limited in the repair of regional damages in vast parts of the industry. For this reason, more effective methods are required to repair and produce large parts. One of these methods is the cladding technique (Jayavelu, 2023). This technique modifies surfaces with additional metal additives and energy input. Modified surfaces exhibit high hardness and strength properties up to a certain depth. The maximum hardness and hardness depth obtained has more than one process parameter. These parameters depend on arc voltage, current, energy input amount, and speed. In most studies in the literature, the hardness of the obtained coatings was measured. However, the modulus of elasticity and the deformation behavior of the coating under load is not a subject that has been studied much. There are few studies on the characterization of the micromechanical properties of the coatings produced by the cladding technique.

This study modified the surfaces of cold work tool steel samples with FeW contents and lean heat input. Microstructures, microhardness values, and micro-indentation tests of the modified sample surfaces were performed. The micro-mechanical properties of the coatings were analyzed with the tests performed.

METHOD

Artifical damages were prepared by machining. The Fronius plasma transferred arc welding equipment performed the surface modification. The arc current is selected as 100 A, and arc voltage is 18-22 V, and the shielding gas flow rate and plasma gas flow rate are set as 10 and 0.5 l/min, respectively. The welding traveling speed is optimized for 40 mm/s. FeW content powder was used for alloying. The microstructural analysis of all samples was made. The Nikon Clemex optical microscope was utilized. The hardness test was evaluated on the Future Tech FM 700 microhardness measuring device. Dwell time was selected as 10 seconds. The test load was selected as 100 gf. Micro indentation tests were evaluated for all specimens. The indentation test was performed for a 5 N load with a load rate of 0.005 mm/sec and 10 seconds. P-h curve was obtained. The Oliver-Pharr technique was used for the calculations. The contact depth, indentation modulus, and indentation hardness were calculated based on the p-h curve.

RESULTS AND DISCUSSION

Figure 1 describes the microstructure of the FeW content surface as plasma modified and received substrate sample. The microstructure of all samples was homogenous. No inclusions or voids were observed. The modified surface was seen as a dendritically solidified form due to rapid cooling. The eutectic formations were also seen in the microstructure.

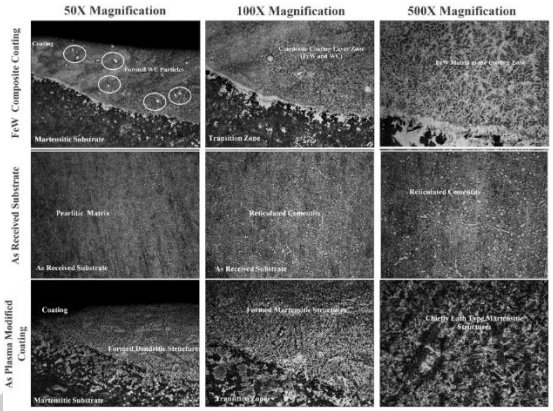


Fig.1 The microstructure of the samples

Figure 2 represents the microhardness distribution of the samples along the cross-section. One can infer a drastic development in the hardness of modified samples compared to the received substrate. This hardness development was thought to be due to the rapid solidification and eutectic carbide formations.

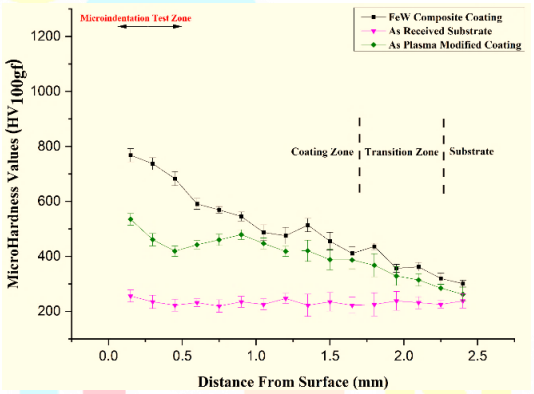


Fig.2 The hardness distributions of the samples

Figure 3 exhibits the P-h curves of the samples. One can understand that the slope is much higher for surface-modified samples, which means these samples have much more stiffness.

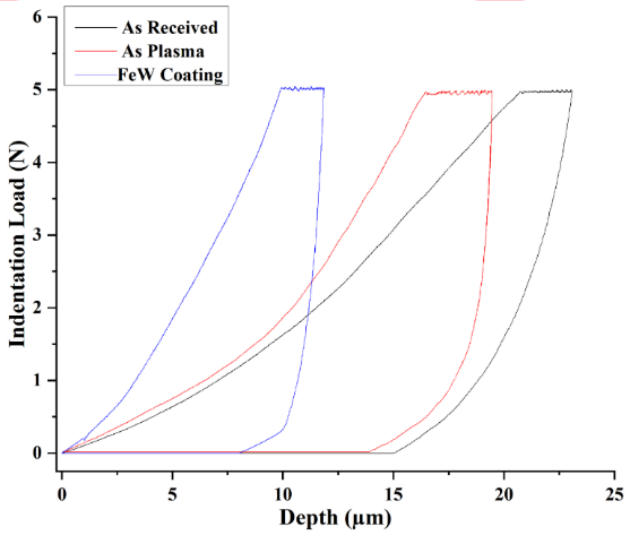


Fig.3 The P-h curves of the samples

Figure 4 shows the contact depth of the samples. The highest contact depth was observed for as received substrate. The highest contact depth value also shows the lowest strength material. The most minor contact depth was observed in the FeW content samples. The deformation behavior of this sample is superior due to the lowest contact depth.

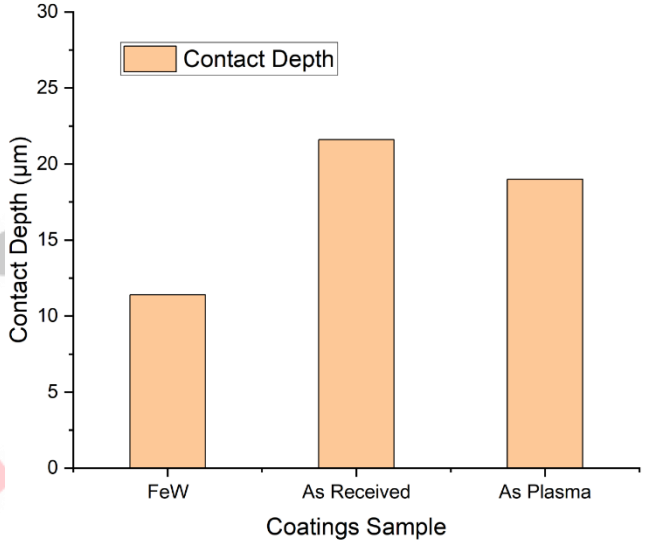


Fig.4 The contact depth of the samples

The indentation hardness can be seen in Figure 5. One can understand that the alloying was successfully applied. The maximum hardness was observed in the FeW contents (1.57 GPa) and plasma modified (0.565 GPa) samples. The lowest hardness was observed in the as-received substrate (0.437 GPa). For all surface modified samples performs superior hardness compared to the as-received sample.

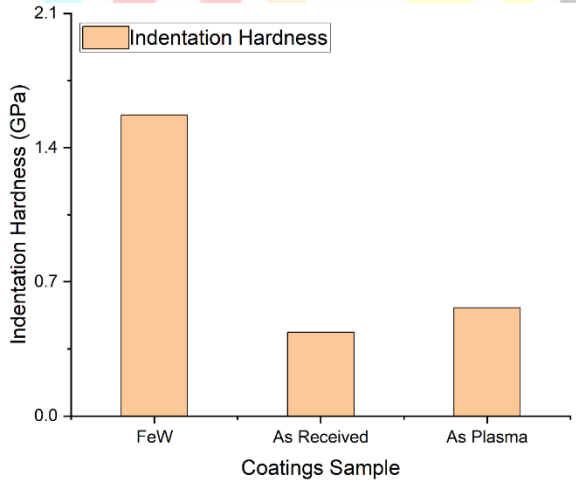


Fig.5 The indentation hardness of the samples

Figure 6 represents the indentation modulus of the coatings and as a received sample. The highest indentation modulus was calculated as 227.92 GPa for the FeW coating samples. For the plasma sample, the indentation modulus was calculated as 123.983 GPa. It can be seen that FeW contents improve 2 times compared to a plasma sample. The indentation modulus was calculated as 31.285 GPa for as received sample. The surface alloying technique improved rigidity up to 8 times.

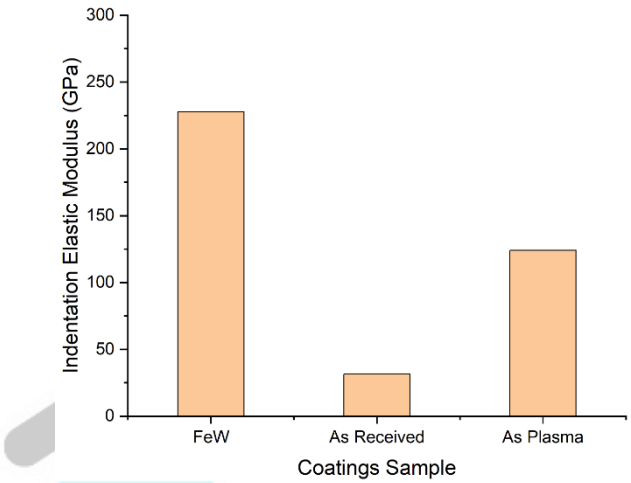


Fig.6 The indentation modulus of the samples

CONCLUSION

Steel surface was successfully improved with plasma transferred arc welding technique. Obtained results are summarised below.

- Eutectic formations were obtained for all surface-modified samples.
- The interdendritic carbides were formed in FeW content coatings.
- Deeper hardness depth profiles were obtained for surface alloyed samples. FeW content samples perform a deeper hardness profile.
- FeW content coatings exhibit superior rigidity for all samples in micro indentation analysis.
- FeW has the highest indentation modulus for all samples.
- The rigidity was improved up to 5 times with alloying.

REFERENCES

Williams J. A. (2005). Engineering tribology. Cambridge University Press.

Gohar R. & Rahnejat H. (2019). Fundamentals of tribology (3rd ed.). World Scientific Publishing Europe.

Surface Coatings Association Australia. (1993). Surface coatings (3rd ed.). Chapman & Hall.

Ludema K. C. & Ajayi L. (2019). Friction wear lubrication : a textbook in tribology (Second). Taylor & Francis CRC Press.

Jayavelu M., Kasi M., Visvalingam B., Bellamkonda P.N., Dara S., Wear properties and microstructural characteristics of mild steel cladded with AISI 316L stainless steel using constant current gas metal arc welding process, Materials Today: Proceedings, 2023, ISSN 2214-7853,

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Tensile Tests of Laser Welded Third Generation High-Strength Automotive Steels

Hafize ÇELİK[1]

Abstract

It is critical to determine the mechanical properties of third generation high strength automotive steels joined by laser welding. In this study, an advanced generation dual-phase (DP) steel quality, which is mostly used by the transport sector and whose demand is met by imports in our country, and third generation steel grades with different strengths and thicknesses were combined with the butt-welding method using a fiber laser system. The mechanical properties of the test samples taken from the welded area in the welded samples were examined and the results obtained were interpreted. Tensile tests measurements were performed, and the results have been investigated.

Keywords: Laser welding, dual phase steels, third generation steels, mechanical properties, tensile Strength

[1] Yüksek Makine Mühendisi, Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., ArGe Merkezi, Orcid: 0000-0001-7572-073X

1.INTRODUCTION

Today, the European Union Green Deal in the automotive industry aims to make the European Union carbon neutral by 2050, this subject is one of the most up-to-date R&D activities in the sector and the project is among the Priority R&D and Innovation Issues within the scope of Compliance with the Green Deal. . With the Green Deal announced by the European Union in 2019, it is aimed that Europe will reduce its gas emissions by 55% (Fit 55) below the 1990 level by 2030 and become zero emissions by 2050, figure 1. It has become the most important problem of manufacturers and automotive manufacturers are doing a lot of work to reduce carbon dioxide emissions.

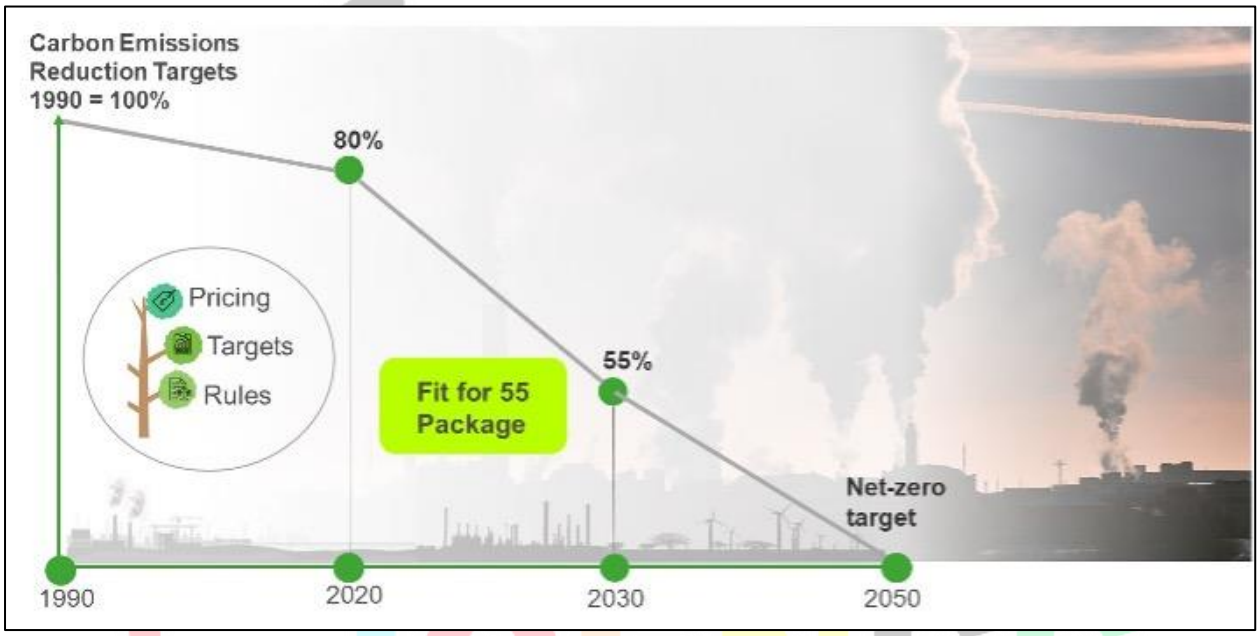


Figure 1. Carbon emission reduction targets for 2030 and 2050 (DATA:European Commission and CRU, 2021) (European Commission and CRU, 2021)

Especially since vehicle weights and carbon emission production are directly proportional, R&D studies on reducing vehicle weights have been the most important issues of automotive manufacturers in recent years. For this reason, new generation high-strength steel sheets suitable for cold forming are used, which allows the use of lower thicknesses without deterioration in the properties expected from the sheet metal parts of the vehicle, and the vehicle weight can be significantly reduced without deteriorating the expectations from the vehicle and without compromising safety [2]. Dual-phase steel sheets and third generation sheets, which are in the high-strength steel class, contribute to the expectations from automotive production with their high strength-ductility compatibility and easy cold forming properties under the press [3]. Considering that these steels are indispensable for the production of automotive sheet metal parts and their use will increase in the coming days, it is inevitable to examine and know the joining techniques and their behavior against these joints in order to successfully produce parts from these new generation high-strength sheets [4]. According to the known welding methods, laser welding methods are becoming widespread in automobile production day by day due to their superior properties. For example, the area under heat exposure is smaller in laser welding compared to spot welding [5], which is widely used in automobile parts. The energy efficiency is higher, the process is faster, and it is more suitable for automation [6-8]. Since laser welding depends on many parameters, it is very important to determine how the welding is affected by the parameters and how the laser welding parameters affect the final product performance. Although laser type, laser power and laser speed are priority; pulse duration, pulse frequency,

overlap, laser beam diameter, focal distance and heat input are among the parameters determined to form the laser welding application methodology [9].

3rd Generation steels are highly advantageous compared to 1st Generation steel (Fig. 2) and 2nd Generation steels (Fig. 2'b) due to their high strength and good formability (Table 1). However, the low cost of 3rd generation steels shows that their use in automotive will increase in the near future (Billur E, 2013-2014).

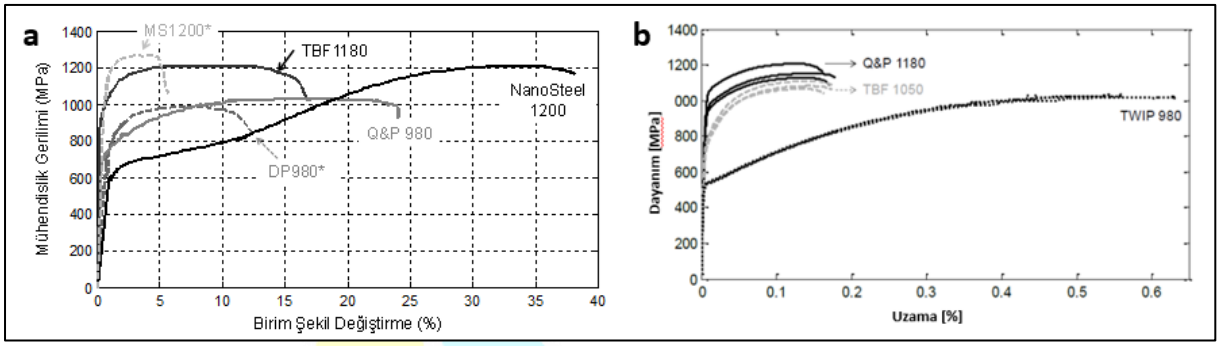


Figure 2. Comparison of 3rd generation steels with 1st generation steels (a) and 2nd generation steels (b) (Eren Billur, 2016).

Table 1-Mechanical properties of some Q&P and TBF steels (Billur E, 2013-2014).

Steel Grade	Yield Strength [MPa]	Tensile Strength [MPa]	Elongation [%]
Q&P 980	650-800	980-1050	17-23
Q&P 1180	1000-1150	1180-1300	17
TBF 980	≥600	980-1130	≥18
TBF 1050	≥700	1050-1200	>14
TBF 1180	≥850	1180-1330	≥11

The tensile strength strain diagram (banana curve) of new generation high strength steel types is as shown in figure 3 (Anonymous, 2021).

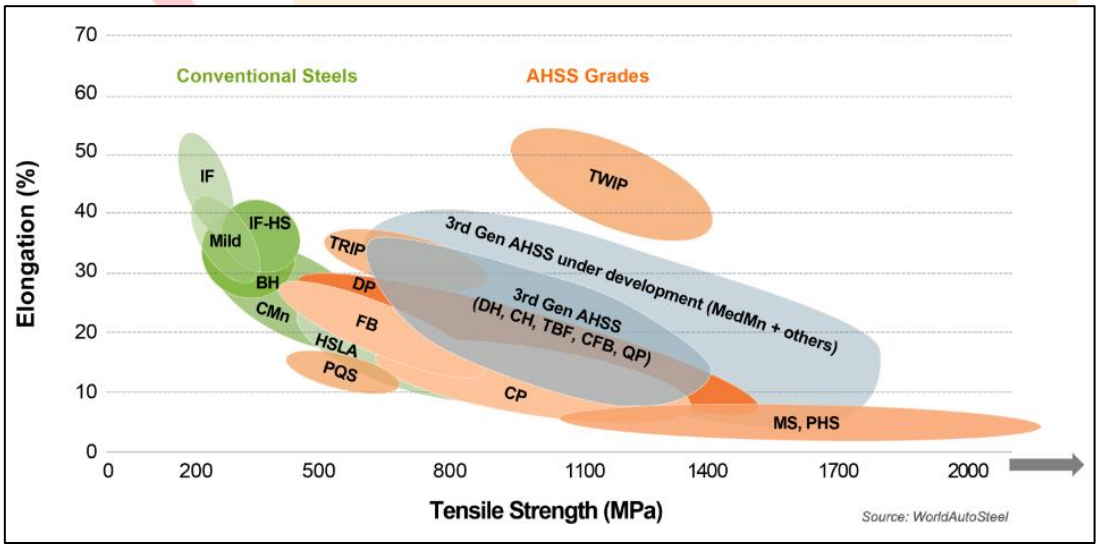


Figure 3. Diagram of tensile strength strain graph of improved high strength steel types (Anonymous, 2021)

2.Material and Method

In this study, it is aimed to examine the mechanical properties of the samples taken from the weld zone in sheet metal pairs of different thickness and mechanical properties, joined face to face by laser welding process. The samples taken from the welded metal double sheets were evaluated with the tensile test measurement results.

2.1.Material

In this study, tensile tests of 1.2 mm thick uncoated and 1.5 mm thick GI (hot-dip galvanized) coated Q&P 980 and 1.2 mm thick uncoated and 1.5 mm thick GI (hot-dip galvanized) coated Q&P 1180 and 1.4 mm DP 600 steels were tested by butt-welding. has been made. The mechanical properties of the sheets are as seen in Tables 2 and 3.

Table 2- Sheets used in the study

Steel Grades	**Coating**	**Thickness**
QP980	Uncoated	1.2 mm
	GI (galvanized coated)	1.5 mm
QP1180	Uncoated	1.2 mm
	GI (galvanized coated)	1.5 mm
DP 590	GI (galvanized coated)	1.4 mm

Table 3- Mechanical properties of DP600, QP 980 and QP 1180 materials used in the experiments (literature)

Steel Grade	**Rm (Tensile)**	**Rp xx (Yield)**	**A (% elongation)**
		@0.20%	80
	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
DP590 BM	590	340-440	20.0
QP 980 BM	1047	690	21.9
QP1180 BM	1223	1002	17.4

Table 4-Mechanical properties of DP600, QP980 and QP1180 materials used in the experiments (experimental)

Steel Grade	**Thickness(a)**	**Rm (Tensile)**	**Rp xx (Yield)**	**A (% elongation)**
			@0.20%	**80**
	(Mm)	**(N/mm²)**	**(N/mm²)**	**(%)**
DP590 BM	1.40	606.47	405.96	29.73
QP 980 BM	1.20	1047.49	801.32	19.76
QP1180 BM	1.50	1208.65	1042.36	12.16

In the study, the tensile test results of the sheets in Table 4 in four different combinations were examined by joining them with butt welding.

Table 5- Combinations used in the study

Material -1	Material -2	Combination Abbreviation
1.5mm QP 980	1.4mm DP 590	TW1
1.4mm DP 590	1.2mm QP 980	TW2
1.2mm QP 980	1.5mm QP 1180	TW3
1.5mm QP 1180	1.5mm QP 980	TW4

Laser welded blank sheets and test samples were produced from these sheets by combining the sheets with three different strengths and three different thicknesses seen in Table 4 by fiber laser welding on the forehead. The combinations are indicated as TW1, TW2, TW3, and TW4 as in Table 5.

2.2.Sample Preparation for Laser Welding Operations

Before the laser welding process, the sheets seen in Table 1 were cut in the appropriate dimensions, in accordance with the laser welding machine, on the Trumpf brand TruLaser Cell 7040 6kW Nitrogen gas laser bench (Figure 4).

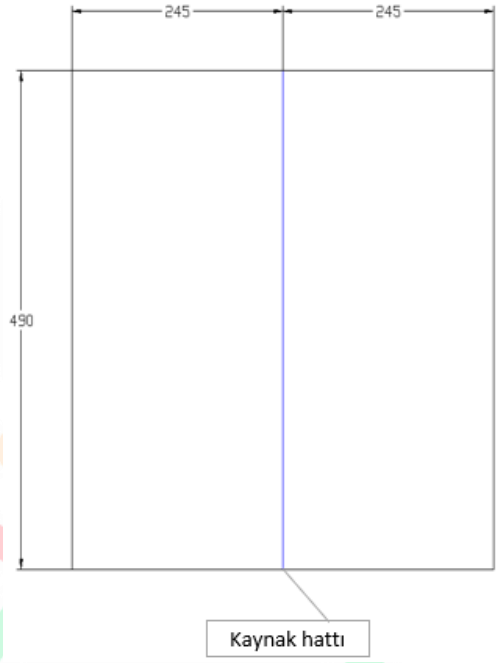


Figure 4. Dimensions of welded test specimens

The main reason for choosing the laser method in the cutting process is that the sheet surfaces to be joined by welding need to be smooth and smooth. In the welding process with the fiber laser method, it is very important that the welding contours to be butt welded are in full contact with each other. For this reason, when cutting the plates, one of the two edges that we can use as the weld seam edge is cut with +9 degrees and the other side is cut with -9 degrees to create better butt weld surfaces (cutting angle LH/RH: +9°/-9°). If the contact is not made, the laser beam leaks out from the gaps and cannot transfer the energy to the part, so melting and penetration cannot be fully realized and therefore pores are formed in the weld pool. For

this purpose, the surfaces of the cut sheet metal parts were checked one by one, the parts with rough surfaces to be welded were not included in the welding process.

2.2.1.Joining Sheet Materials with Butt Welding

Laserline LDF9000-40 fiber laser workbench was used in laser joining process with butt welding. The maximum output power of the laser unit operating in continuous mode is 25 kW. The laser bench has the ability to move in x, y and z linear axes and b and c angular axes.

As seen in Figure 5, the sheets cut on the laser cutting machine were placed on the laser welding machine and fixed, with a thin sheet on the left and a thick sheet on the right, and welding processes were carried out by referring to the upper surfaces of the sheets (Figure 5). In each welding process, the axis distances of the laser head are adjusted from the PLC control unit, so that the head moves smoothly along the contact surfaces of the sheet materials to be welded.

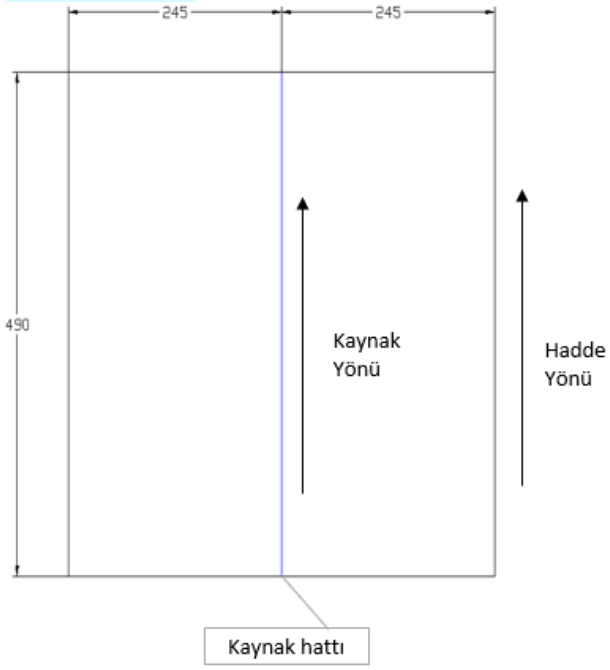


Figure 5. Directions of the samples to be welded and sent to the welding machine / thin sheets are sent to the welding unit from the left and thick sheets are welded to the welding unit)

Tailor welded plate fiber laser welding processes on 4 different butt faces with 3 different materials and different thicknesses, as shown in Table 1, were carried out with a laser welding device integrated with the six-axis KUKA arm. We mentioned that in the welding process, the thin sheet is sent from the left side and the thick sheet is sent to the laser welding unit from the right. In addition, thin sheet and thick sheet are welded to the butt from their upper points, as shown in figure 6.

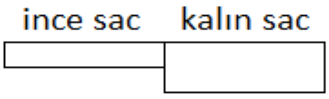


Figure 6. Visual showing that the sheets are joined from their upper points in the butt-to-nose welding process

Due to the high welding process and cost, laser welding power (P) and feed rate (S) were chosen as parameters. By choosing the welding parameters correctly in joining the materials used in the study, it is planned to reduce the number of trial and error before the application and thus to reduce the cost. Welding power and feed rate values were determined by considering the experience of the welding company and the studies in the literature. For example, in the study of Kim (1990), using a CO2 laser spot diameter of 0.15 mm, argon shielding gas, and carbon steel with approximately the same amount of carbon, for 2 kW laser power and welding speeds of 3, 4 and 5 m/min, the weld depth is approximately approx. He achieved 2.25, 2 and 1.85 mm. Considering the 1.5 mm QP980 steel sheet after the literature review, 6 and 7 kW were used as welding power and 30 and 40 m/sec values were used as feed rate in the study. In order to reduce the plasma formed during welding and to protect the molten metal against corrosion, pure Argon was used as a shielding gas and the gas flow rate was taken as 10 L/min in all welding processes. These determined variable and constant parameters are given in Table 6 together with their values.

Table 6 -Welding parameters used in welding processes

Variable Parameters		**Fixed Parameter**	
Power, P (kW)	Speed, S (mm/sn)	Shielding Gas Type	Shielding Gas Flow
6-7	30-40	Ar	10

In the four different steel combinations shown in Table 4, using the welding parameters specified in Table 5, they were joined in the form of butt with a fiber welding device. During the fiber laser welding processes, laser power (W) and feed rate (mm/s) were changed as effective welding parameters. Sources were performed in focus (0) at a fixed focal distance.

3. 3.Research Findings and Discussion

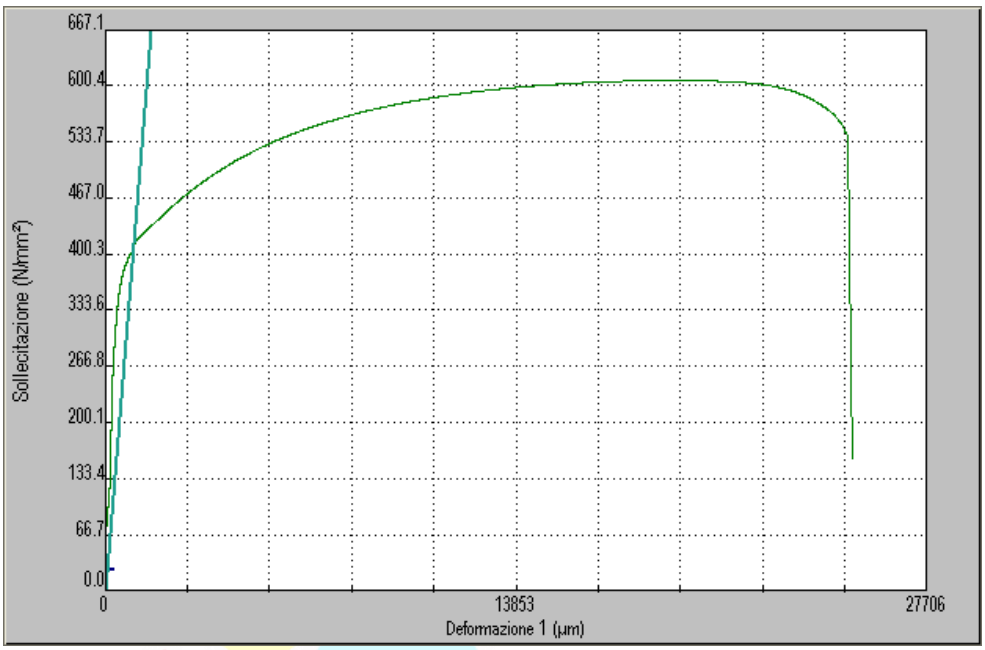
3.1. 3.1.Mechanical Test Findings

3.1.1. 3.1.1.Tensile test findings

3.1.1.1. 3.1.1.1.Tensile tests of non-welded base sheets

Tensile tests were carried out on a 25 ton Zwick Z300 type uniaxial tensile testing machine in accordance with BS EN ISO 6892-1:2009 standards ((2019), 2019). In the welded samples, the cutting operations were carried out in such a way that the weld metal was in the center. The test rate is 0.0067 1/s. The maximum tensile force obtained in the tests is the maximum values read from the force-time graph in the tensile device. With the tensile tests, yield and tensile strength and % elongation at break values of welded couples were obtained.

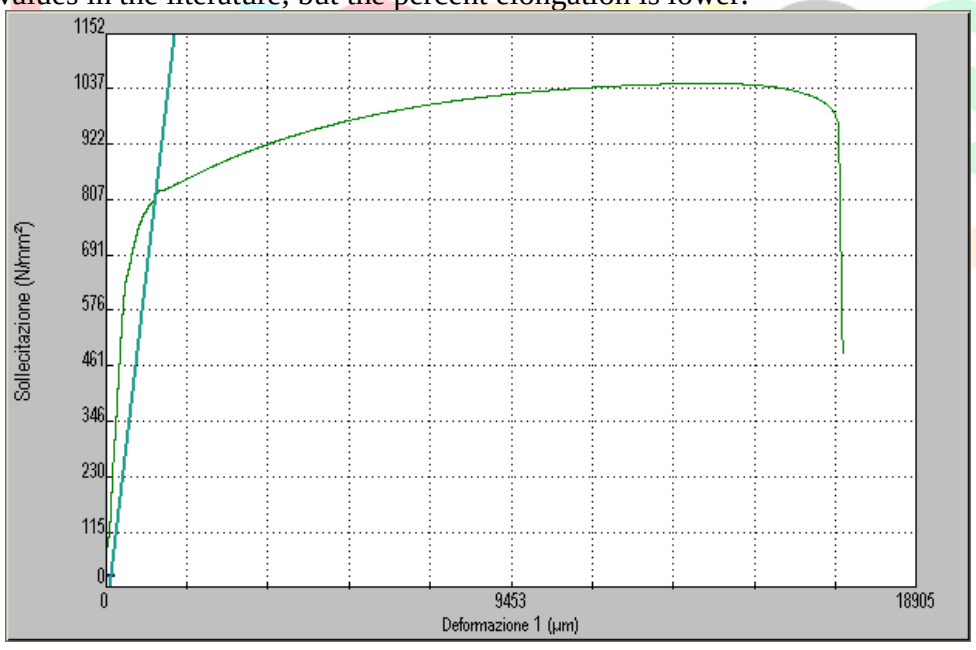
In order to understand the reproducibility of the tensile test results, at least 6 tests were performed for each case and the average and standard deviation of the obtained results were calculated. Figure 6 shows the tensile test result of the DP590 in its base state. It was observed that the tensile strength and percent elongation amount were higher than the values in the literature.



Steel	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	80
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
DP 590	1.40	606.47	405.96	29.73

Figure 6. Tensile test results and graph of DP590

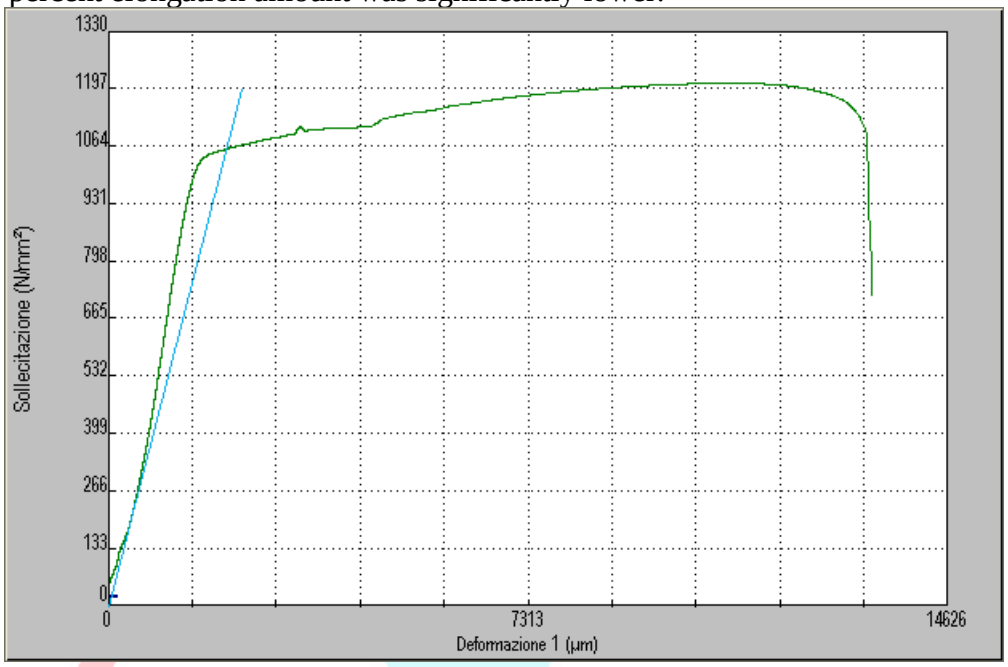
Figure 7 shows the tensile test result of the baseline QP980. The yield strength is higher than the values in the literature, but the percent elongation is lower.



Steel	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	80
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
QP980	1.20	1047.49	801.32	19.76

Figure 7. Tensile test results and graph of QP980

Figure 8 shows the tensile test result of the QP1180 in the base state. It was observed that the yield strength was higher than the values in the literature, the tensile strength was lower, and the percent elongation amount was significantly lower.



Steel	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	80
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
QP1180	1.50	1208.65	1042.36	12.16

Figure 8. Tensile test results and graph of QP1180

3.1.1.2.Tensile tests of welded sheets

Each sample was carefully connected to the tensile test device, and since there was a difference in thickness in the welded samples, care was taken to make connections in a way that would not cause bending on the samples. Tests on 90° specimens were made by placing sheet metal in the jaws of the tensile test device equal to the difference in thickness. A 90° TW specimen attached to a tensile tester is shown in Figure 9.

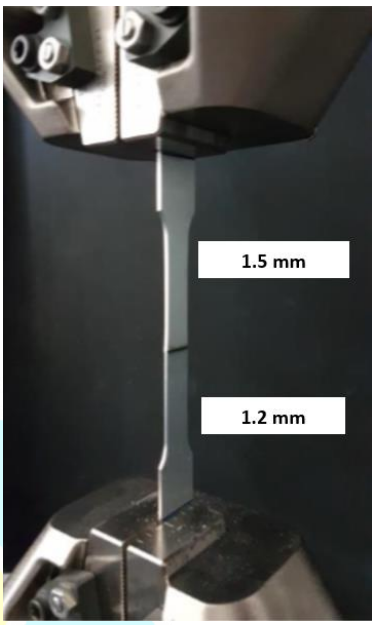
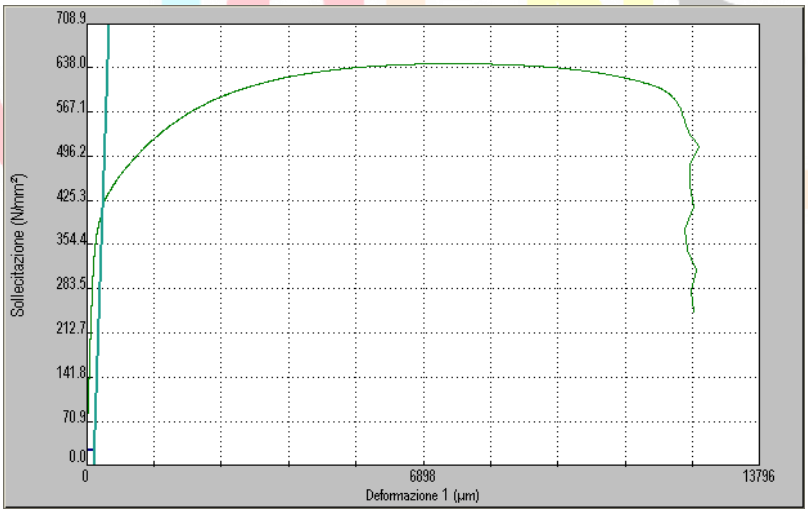


Figure 9. Connecting Tailor-Welded specimen with a thickness ratio of 1.25 to the tensile tester

In the study, 90° tensile tests were applied to the welded pairs perpendicular to the rolling direction. According to the tensile tests specification of laser welded sheets, it should be evaluated by performing a tensile test of a sample containing laser welding perpendicular to the direction of the applied load in the tensile test. The sample should fail outside the fusion zone when subjected to a sufficient tensile load.

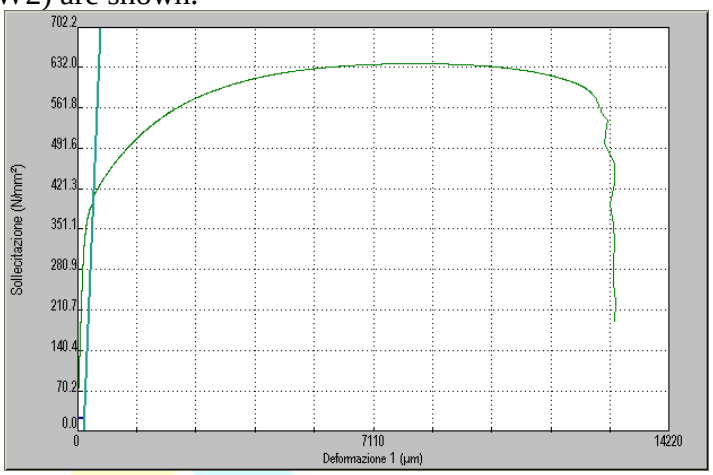
In Figure 10, the test results of the tensile test for the TW1 combination and the post-test images of the samples are shown. The 1.5 mm QP980 to 1.4 mm DP590 values of the weld pair (TW1) are as follows.



Steel Pairs	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	**80**
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	**(%)**
TW1 (1,5 mm QP980- 1,4 mm DP590)	1.40	644.41	405.09	15.20

Figure 10. Tensile test results and graph of TW1 (1.5 mm QP980-1.4 mm DP 590) pair

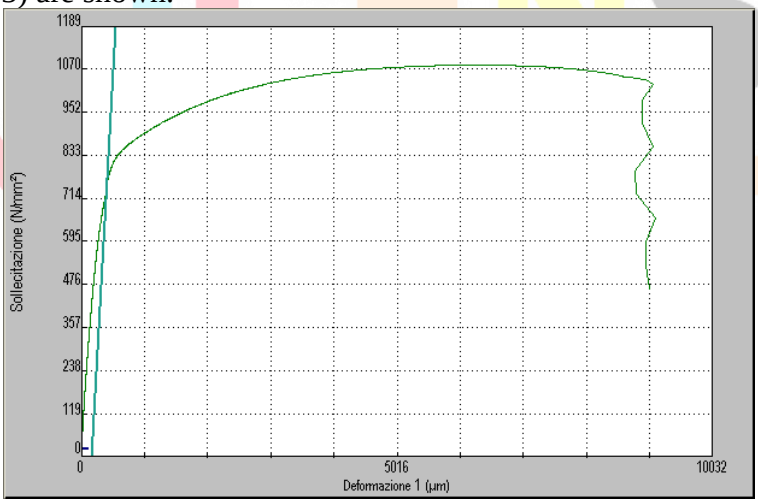
In Figure 11, the test results of the tensile test for the TW2 combination and the post-test images of the samples are shown. Tensile test values of 1.4 mm DP590 and 1.2 mm QP980 of the weld pair (TW2) are shown.



Steel Pairs	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	**80**
	(mm)	**(N/mm²)**	**(N/mm²)**	**(%)**
TW2 (1,4mm DP590-1,2 mm QP 980)	1.40	638.38	396.85	15.67

Figure 11. Tensile test results and graph of the TW2 (1.4 mm DP 590 – 1.2 mm QP980) pair

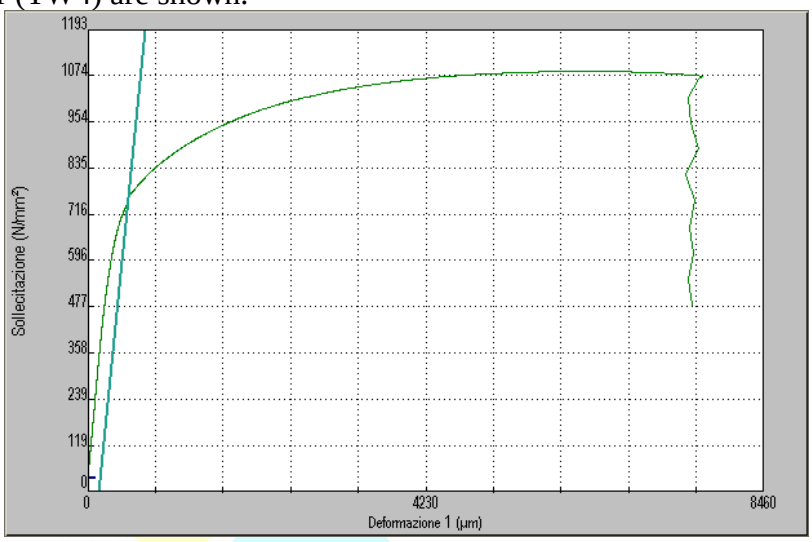
In Figure 12, the test results of the tensile test for the TW3 combination and the post-test images of the samples are shown. Tensile test values of 1.2 mm QP980 and 1.5 mm QP1180 of weld pair (TW3) are shown.



Steel Pairs	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	80
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
TW3(1,2 mm QP980 to 1,5 mm QP1180)	1.20	1081.30	789.18	10.83

Figure 12. Tensile test results and graph of TW3 (1.2 mm QP980-1.5 mm DP 590) pair

In Figure 13, the test results of the tensile test for the TW4 combination and the post-test images of the samples are shown. Tensile test values of 1.5 mm QP980 and 1.5 mm QP1180 of the weld pair (TW4) are shown.



Steel Pairs	Thickness (a)	Rm	Rp xx	A
			@0.20%	80
	(Mm)	(N/mm²)	(N/mm²)	(%)
TW4(1,5 mm QP1180- 1,5 mm QP980)	1.50	1084.43	763.78	8.80

Figure 13. Tensile test results and graph of TW4 (1.5mm QP980-1.5mm QP1180) pair

When compared with other test results and base metal reference mechanical values; The highest yield and tensile strength was observed in TW3-TW4 samples.

In Figure 14 and Figure 15, the results of the tensile tests of all base metal and weld pairs used in the study are shown on the graph. Accordingly, it is seen that weld pairs with high ductility of base metals are lower and have a brittle structure.

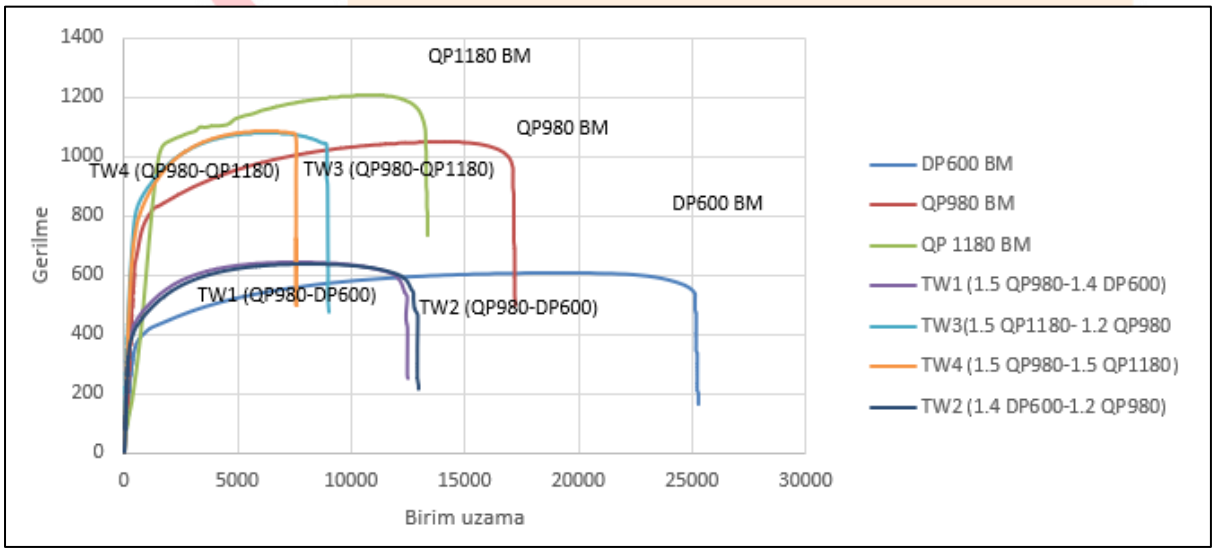


Figure 14. Tensile test results on base metal and test pairs

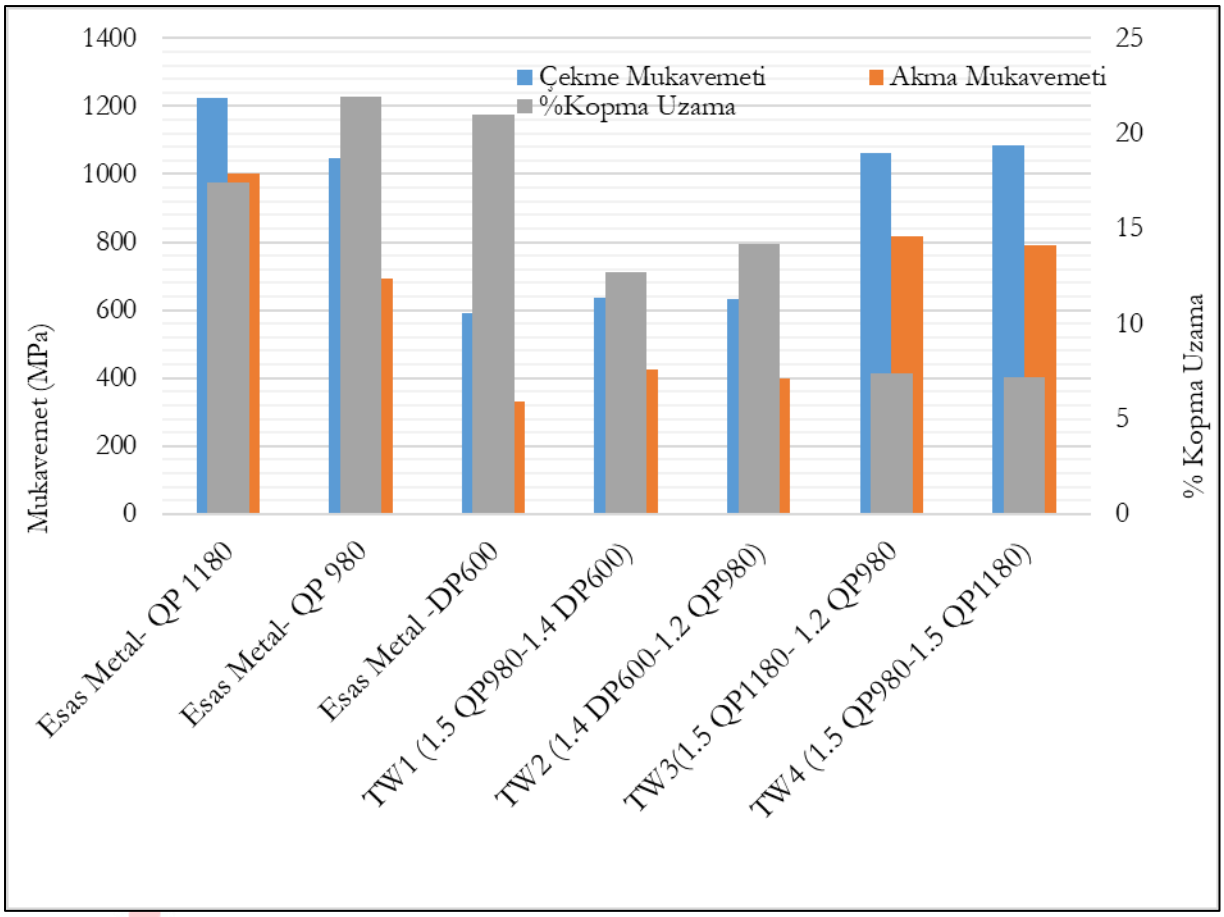


Figure 15. Comparison of tensile test results in base metal and test pairs

Results

In this study, sheet pairs were created by applying laser welding to the DP590 and new generation 3rd generation sheets in dual phase steel quality, which is widely used in the automotive industry due to its superior properties. Tensile test findings were evaluated on samples taken from welded plates.

While the highest yield and tensile strength was observed in base metals, it was observed in TW3-TW4 samples from laser welded pairs. TW3-TW4 specimens broke from the weld zone or in the form of brittle fracture. Although the yield and tensile strengths of TW3-TW4 are higher than TW1-TW2, the % elongation at break values are significantly lower.

SOURCES

1. DATA:European Commission and CRU, 2021.

2. Grajcar A., Morawiec, M., Różański, M., Stano, S., Twin-spot laser welding of advanced high-strength multiphase microstructure steel, Optics & Laser Technology, 92, 52-61, 2017.

3. 2. Fonstein, N., Dual-phase steels, Automotive Steels, Woodhead Publishing, Sawston, United Kingdom, 1, 169–216, 2017.

4. 3. Shome, M., Tumuluru M., Introduction to welding and joining of advanced high-strength steels (AHSS), Welding and Joining of Advanced High Strength Steels (AHSS), Woodhead Publishing, Sawston, United Kingdom, 1, 1-8, 2015.

5. Aydın H., Tutar M., Davut K., Bayram A., Effect of welding current on microstructure and mechanical properties of 15% deformed TWIP steel joined with electrical resistance spot welding, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 35 (2), 803-817, 2021.

6. Tuncel, O., Aydın H., Çetin, Ş., The Effect of Impact Time on Microstructure and Mechanical Properties of DP600 Steel Combined with Nd:YAG Laser Welding, 9th International Automotive Technology Congress-OTEKON 2018 Proceedings, Bursa-Turkey, 1503- 1511, 2018.

7. Farabia N., Chena D.L., Zhou, Y., Microstructure and mechanical properties of laser welded dissimilar DP600/DP980 dual-phase steel joints, Journal of Alloys and Compounds, 509, 982–989, 2011.

8. Turhan, B., Comparison of Traditional Plastic Part Joining Methods with Laser Welding Methods in Vehicle Lighting Products, Master Thesis, Uludağ University, Institute of Science, Bursa, 2018.

9. Ertem, R.U., Investigation of the Effect of Laser Welding Parameter Changes on Welding Geometry in Stainless Steels, Journal of Engineering and Science, Sigma 31, 583-593, 2013.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Thermodynamic and Exergo-economic Analysis of the Geothermal Energy Based Transcritical CO2 Rankine Cycle

Serpil ÇELİK TOKER[1]

Abstract

The fact that fossil fuels, which have a number of negative environmental effects such as ozone depletion, acid rain and climate change, provide the majority of the increasing energy consumption brings environmental problems. Geothermal energy, which is among the renewable energy resources, can easily be utilized in place of fossil fuels due to its unaffected by environmental conditions, reliability and continuity. In this regard, this research conducts a thermodynamic and exergo-economic analysis of the transcritical CO_2 Rankine cycle (tCO_2-RC) supported by geothermal energy. The combined system includes of single flash geothermal energy, steam Rankine cycle (SC) and tCO_2-RC. EES software is utilized to conduct the thermodynamic and exergo-economic assessment of the integrated system with geothermal energy. Additionally, parametric research is done to examine at how important thermodynamic parameters, including geothermal water temperature and mass flow rate, affect cycle performance. According to the thermodynamic analysis outcomes, the overall system's energy and exergy efficiencies are founded as 7.87% and 18.80%. In addition, the results of the economic analysis show that the plant's entire cost rate is 63.10 $/h, the average unit product cost rate is 0.00859 $/kWh, and the system's total capital investment is 1612×10^3 $. Moreover, it is discovered that the energy and exergy efficiencies of plant are decreased with an increase in geothermal water flow rate and enhanced with an increase in the temperature of the geothermal resource.

Keywords: Geothermal energy, Transcritical CO_2 Rankine cycle, Thermodynamic, Exergo-economic

[1] Research Assistant (PhD), Isparta University of Applied Sciences, Mechanical Engineering, Orcid: 0000-0003-3572-7907

1. Introduction

Energy need is rising in the planet due to rapid population growth and industrialization. When fossil fuels are utilized to meet the growing energy demand's majority, environmental issues like acid rain, pollution, and global warming arise. As a result, meeting the energy demand and environmental problems have become one of the main problems faced by all countries. An effective method to lessen these issues is to use renewable energy sources (Ahmadi et al., 2021). Solar, wind, geothermal, and biomass energy are the top four renewable energy sources. A significant form of renewable energy, geothermal energy is recognized as being safe, dependable, and sustainable. In addition, environmental factors hardly ever have an impact on geothermal energy (Mahmoud et al., 2021; (Al-Hamed & Dincer, 2022). The research on effective energy conversion cycles for geothermal energy have recently attracted the attention of scientists. According to the temperature ranges of the geothermal energy source, various thermodynamic power cycles such as tCO_2-RC (Yilmaz, Ozturk, & Selbas, 2022), SC (J. Li, Zoghi, & Zhao, 2022), organic Rankine cycle (Hassani Mokarram & Mosaffa, 2020)) and Kalina cycle (KC) (Mahmoudan et al., 2022) are used as bottom cycles. It is a very important issue that not only the energy source but also the fluids used in the cycles do not harm the environment. The use of CO_2, which is eco-friendly, non-toxic, and non-flammable has increased rapidly in recent years. Additionally, because to CO_2's low critical temperature, it can reach supercritical condition quickly (Huang, Abed, Eldin, Aryanfar, & García Alcaraz, 2023). Li et al. (H. Li, Yang, Cheng, Sang, & Dai, 2018) studied the geothermal energy based tCO_2-RC's thermodynamic and exergo-economic analysis. According to the results of the multi-purpose optimization, they founded the entire plant's energy and exergy efficiencies as 8.51% and 29.59%, respectively, under optimum operating conditions. Yilmaz (Yilmaz, 2022) investigated the energy, exergy, economic and environment analysis of the geothermal energy assisted polygeneration system for multiple beneficial outputs. Geothermal energy assisted multigeneration plant consists of RC, tCO_2-RC, PEM and desalination unit. Considering the electricity generation, the cycle's energy and exergy efficiencies were founded as 5.45% and 21.28%, while the entire system's performances were found as 52.01% and 29.45%. Moreover, the system's total cost rate is founded to be 139.6 $/h. Liu et al. (Liu, Yang, Liu, Yu, & chen, 2020) suggested a new geothermal energy integrated plant including of a tCO_2-RC and an ejector-expansion heat pump cycle. The examined combined plant's energy efficiency and whole product unit cost ratio were found to be 37.17% and $23.53/GJ, respectively, based on the outcomes of multi-objective optimization. Yilmaz et al. (Yilmaz, Ozturk, & Selbaş, 2022) examined the performance of a combined plant with geothermal energy in another study. They determined the combined cycle's energy and exergy efficiencies to be 40.04% and 36.31%, respectively. Abdolalipouradl et al. (Abdolalipouradl, Khalilarya, & Jafarmadar, 2019) evaluated the integrated system consisting of Sabalan geothermal energy assisted KC and tCO_2-RC from thermodynamic and exergo-economic aspects. They stated that the combined system's energy and exergy efficiencies were founded to be 40.04% and 36.31%, respectively. Wang et al. (Wang et al., 2023) investigated the performance of the single flash geothermal energy assisted tCO_2-RC. They found the net power, energy efficiency and exergy efficiency of the combined plant to be 401.40 kW, 53.6% and 46.32%, respectively. A novel energy cycle supported by geothermal energy was analyzed and optimized by Sun et al. (Sun et al., 2022). They calculated the energy and exergy efficiencies of the polygeneration system as 24.9% and 53.4%, respectively. Yu et al. (Yu, Su, & Feng, 2020) proposed and studied the geothermal energy assisted combined plant. The integrated plant consists of the tCO_2-RC and the KC. Energy and exergy efficiencies for the tCO_2-RC were established at 7.32% and 8.28%, respectively.

The literature review shows that there was limited research on the exergo-economic analysis of the geothermal energy based tCO_2-RC. In this context, a geothermal energy assisted tCO_2-RC is analyzed from thermodynamic and exergo-economic aspects in the current research. In addition, the variations in the cost rate, energy and exergy efficiencies of the cycle according to various parametric values like geothermal temperature and mass flow rate were investigated. The geothermal energy assisted integrated plant's performance is evaluated using the EES software.

2. System Description

The schematic diagram of the geothermal energy based tCO_2-RC is demonstrated in Figure 1. The examined integrate system comprises single flash geothermal energy, SC and tCO_2-RC. First, the geothermal agent entering the cycle is turn into a two-phase agent by reducing its pressure in the flash chamber (state 1-2). The two-phase fluid case enters the separator where it is divided two as saturated liquid (state 5) and saturated vapor (state 3). The fluid's saturated steam part enters the steam turbine, where it produces power. The fluids at the turbine and HEX-1 outlet are merged in a mixer and returned to the earth as a saturated liquid. In the tCO_2-RC, the CO_2 working fluid is heated in the HEX-1 (state 10–11) before being expanded by the CO_2 turbine. In the CO_2 turbine, heated CO_2 expands to provide electricity (states 11–12). The cooling water transforms it into a saturated liquid (state 12-9). Lastly, the condensed fluid flows into the pump (state 9-10).

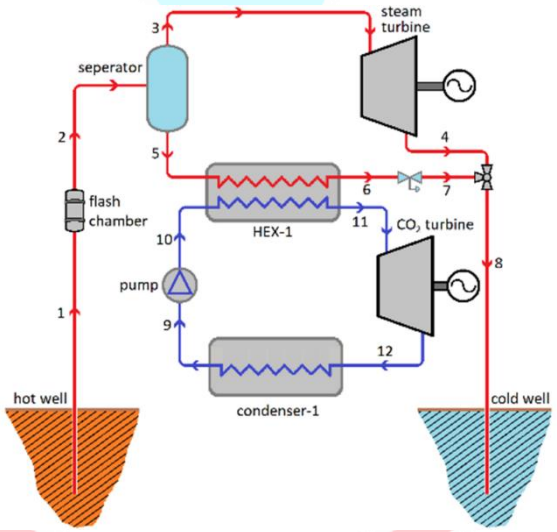


Figure 1. Geothermal energy based a tCO_2-RC

3. System Modeling

The laws of thermodynamics and exergy-economic equations are employed to evaluate the performance of the geothermal based integrated plant. EES program has been employed for the analyses and parametric studies. The initial parameters necessary for the integrated plant's analysis listed in Table 1. For analysis and evaluation, the following presumptions are taken into account.

- It is assumed that the plant is operating in steady state.
- It is believed that heat losses from the turbines and pump are not taken into account.
- The variations in the kinetic and potential energies are ignored.
- The reference condition for the integrated system has an ambient temperature T_0=25 °C and a pressure P_0=101.325 kPa.

Table 1. System input parameters ((Yilmaz, Ozturk, & Selbas, 2022 ; K. Li et al., 2022)

Parameter	Value
Geothermal resource temperature [°C]	240
Geothermal resource mass flow rate [kg/s]	50
Separator pressure [kPa]	1200
Steam turbine output pressure [kPa]	20
CO_2 turbine input pressure [kPa]	9000
Pump input pressure [kPa]	6000
Pump's isentropic efficiency [%]	85
Turbine's isentropic efficiency [%]	90

3.1. Thermodynamic Analyses

The thermodynamic balance equations are applied to each component separately for the performance assessment of the geothermal energy based tCO_2-RC.

Mass and energy balance equations for continuous flow processes can be defined as (Dincer & Rosen, 2013):

$$\sum \dot{m}_{in} = \sum \dot{m}_{out} \tag{1}$$

$$\sum \dot{m}_{in}\left(h + \frac{v^2}{2} + gz\right)_{in} + \sum \dot{Q}_{in} + \sum \dot{W}_{in} = \sum \dot{m}_{out}\left(h + \frac{v^2}{2} + gz\right)_{out} + \sum \dot{Q}_{out} + \sum \dot{W}_{out} \tag{2}$$

where, $\dot{m}$ represents the agent mass current ratio, indexes "in" and "out" are the input and output states, h, $\dot{Q}$ and $\dot{W}$ denote the specific enthalpy, heat and power transfer ratio, respectively.

An exergy and entropy balance equalities of any system can be defined as follows (Dincer & Rosen, 2013):

$$\sum \dot{m}_{in}\dot{ex}_{flow} + \sum \dot{E}x^{Q}_{in} + \sum \dot{E}x^{W}_{in} = \sum \dot{m}_{out}\dot{ex}_{flow} + \sum \dot{E}x^{Q}_{out} + \sum \dot{E}x^{W}_{out} + \dot{E}x_{dest} \tag{3}$$

$$\sum \dot{m}_{in}s_{in} + \sum \frac{\dot{Q}}{T} + \dot{S}_{gen} = \sum \dot{m}_{out}s_{out} \tag{4}$$

Here, $\dot{ex}_{flow}$ is the flow exergy, $\dot{E}x_{Q}$ represents the heat's exergy, $\dot{E}x_{W}$ is the power's exergy and $\dot{E}x_{dest}$ is the exergy destruction, s shows the specific entropy, and $\dot{S}_{gen}$ stands for entropy production. Each term in the upstairs equation (3) is determined as:

$$\dot{ex}_{flow} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \tag{5}$$

$$\dot{E}x^{Q} = \dot{Q}\left(\frac{T - T_0}{T}\right) \tag{6}$$

$$\dot{E}x^{W} = \dot{W} \tag{7}$$

$$\dot{E}x_{dest} = T_0 \dot{S}_{gen} \quad (8)$$

The geothermal energy assisted tCO_2 RC's energy and exergy efficiencies are described as:

$$\eta_{en,system} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{in}} \quad (9)$$

$$\eta_{ex,system} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{E}x_{\dot{Q}_{in}}} \quad (10)$$

3.2. Exergo-economic Analyses

Energy and exergy efficiency are not the sole benchmarks used in studies on energy conversion systems; economic considerations are also crucial. Two interdependent studies of energy and economics make up an exergo-economic study. In this paper, SPECO (Specific Exergy Costing Method), which is numerous beneficial in thermodynamic cycle, was used. According to Bejan et al. (Bejan, Adrian.; Tsatsaronis, G.; Moran, 1996), the cost rate balance for each system component can be expressed as follows:

$$\dot{C}_{out,k} + \dot{C}_{w,k} = \dot{C}_{in,k} + \dot{C}_{q,k} + \dot{Z}_k \quad (11)$$

Here, k shows each element in the system, $\dot{C}$ exhibits the flow cost rate, $\dot{Z}_k$ indicates the leveled entire cost ratio. The sum of the cost ratios for capital investments, operations, and maintenance is known as the levelized total cost ratio.

$$\dot{Z}_k = \dot{Z}_{k,CI} + \dot{Z}_{k,OM} \quad (12)$$

For each component, the annual levelized capital investment can be explained as:

$$\dot{Z}_{k,CI} = \frac{Z_k \, CRF}{N} \quad (13)$$

where CRF is the capital recovery factor, N is the system annual working hours (7500 hours), and Z_k is the capital investment cost. CRF is determined as

$$CRF = \frac{i\,(1+i)^n}{(1-i)^n - 1} \quad (14)$$

Here i and n denote the interest rate and useful operating year of the system, respectively. The i and n values were accepted as 12% and 15, respectively.

For each component, the levelized annual operating and maintenance cost ratio is computed as:

$$\dot{Z}_{k,CI} = \frac{Z_k \, CRF \, \varphi}{N} \quad (15)$$

Here φ, taken as 1.06, is the maintenance factor

In exergo-economic analysis, the average unit cost of fuel, which is one of the main exergo-economic parameters, is calculated as follows:

$$c_{F,k} = \frac{\dot{C}_{F,k}}{\dot{E}x_{F,k}} \quad (16)$$

Eq. (17) is used to compute the system's overall cost of exergy destruction.

$$\dot{C}_{dest,k} = c_{F,k}\, \dot{E}x_{dest,k} \quad (17)$$

The cost rates of exergy irreversibility and capital investment are added to determine the overall cost rate.

$$\dot{C}_{tot,k} = \dot{Z}_k + \dot{C}_{dest,k} \quad (18)$$

The relative cost difference can be defined as:

$$r_k = \frac{c_{P,k} - c_{F,k}}{c_{F,k}} \quad (19)$$

The exergo-economic factor, which includes exergy-related and non-exergy-related costs, is formulated as follows:

$$f_k = \frac{\dot{Z}_k}{\dot{Z}_k + \dot{C}_{dest,k}} \quad (20)$$

The total product cost ratio, which is a measure of the system's economic performance, is founded as follows:

$$c_{P,total} = \frac{\sum \dot{Z}_k + \sum \dot{E}_F}{\sum \dot{E}_P} \quad (21)$$

where, $\dot{E}_F$ is the fuel's exergy flow cost and $\dot{E}_P$ is the product's exergy flow cost.

4. Results and Discussion

Using EES program, the thermodynamic and exergo-economic analysis of the geothermal energy based tCO_2 -RC is examined in this study. In order to evaluate the effects of geothermal temperature and mass flow ratio, a parametric analysis was also carried out. Temperature of geothermal resource is a significant parameter for geothermal energy assisted combined plant design. Because this parameter directly affects the cycle outputs. The effect of geothermal resource temperature on network and system energy performance is depicted in Figure 2. The net power and system's energy efficiency increased as the temperature of geothermal resource increased from 190 kPa to 270 kPa. Because the increase in the geothermal resource temperature directly affects the network and the energy efficiency in a positive way.

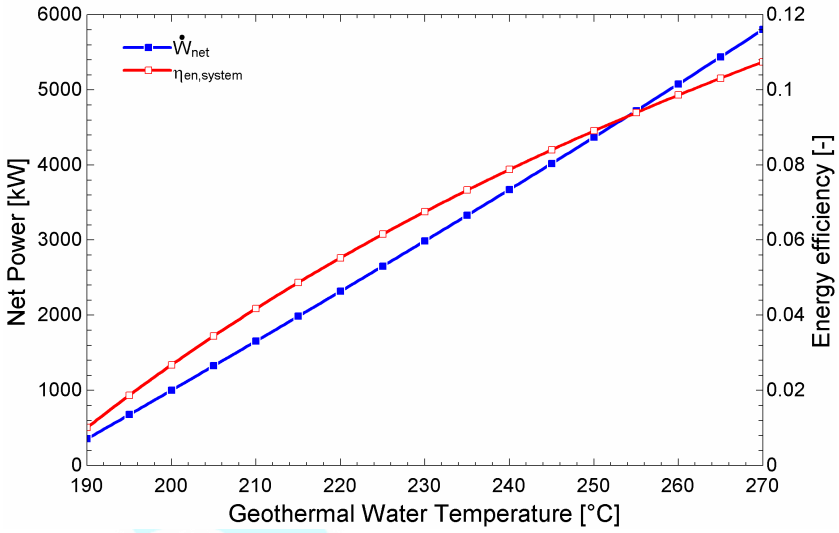


Figure 2. Variation of net power and energy efficiency with geothermal water temperature

The impact of geothermal water temperature on exergy irreversibility and system exergy efficiency is shown in Figure 3. It is obvious that when the geothermal resource temperature rises, both exergy irreversibility and system exergy efficiency increase. As the temperature of the geothermal water expands, the exergy irreversibility and exergy efficiency of the plant increase from 3992 kW to 4972 kW and from 0.028 to 0.238, respectively.

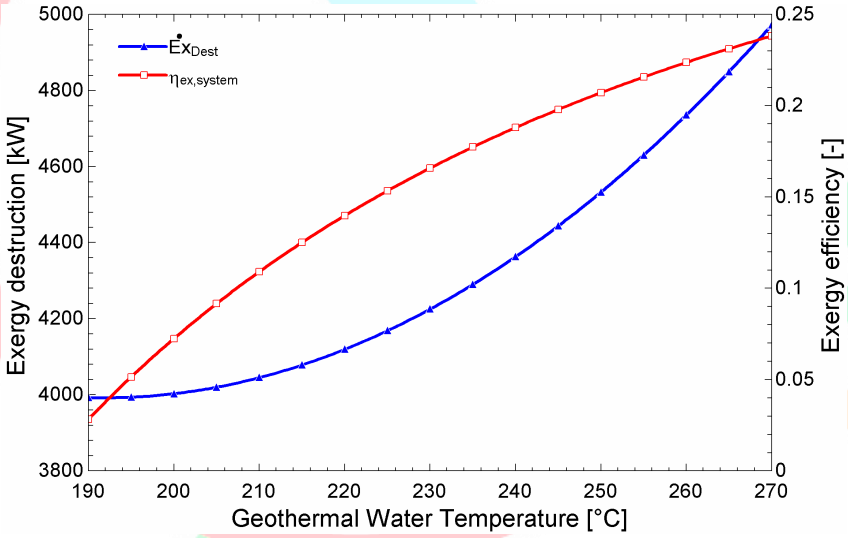


Figure 3. Alteration of exergy irreversibility and exergy efficiency with geothermal water temperature

The alteration of the geothermal energy driven tCO_2-RC's total cost and average unit product cost rate according to the geothermal resource temperature is given in Figure 4. With the increase in the geothermal resource temperature, the system's total cost ratio and the average product cost rate expand. The system's entire cost ratio increased by 143% as the geothermal resource temperature increased from 190°C to 270°C, whereas the average unit product cost ratio reduced by 69%.

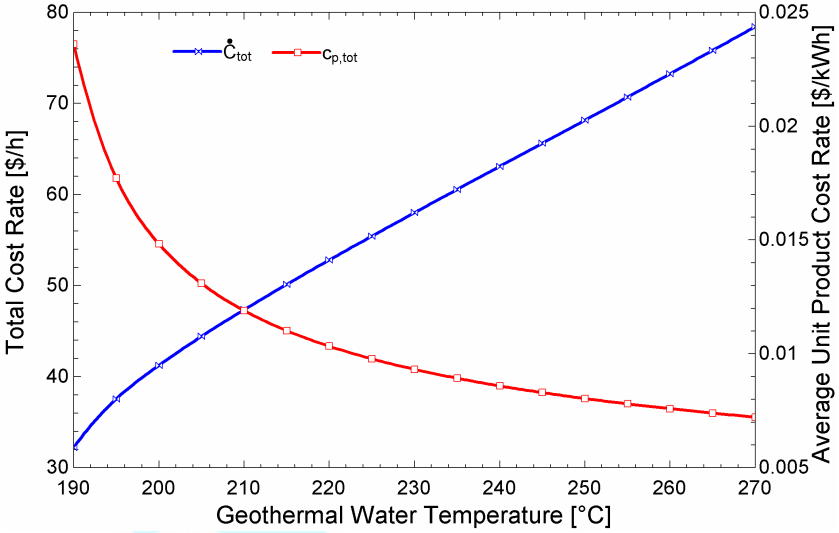


Figure 4. Variation of total cost ratio and product unit cost ratio with geothermal resource temperature

The figure 5 exhibits the alteration of the network and the plant's energy efficiency respect to the geothermal resource mass flow ratio. The system's network rises as mass flow ratio of geothermal resource grows, but its energy efficiency declines. The reason for the decrease in energy efficiency is that as the geothermal mass flow ratio rises, the generated network amount enhances less than the entered heat.

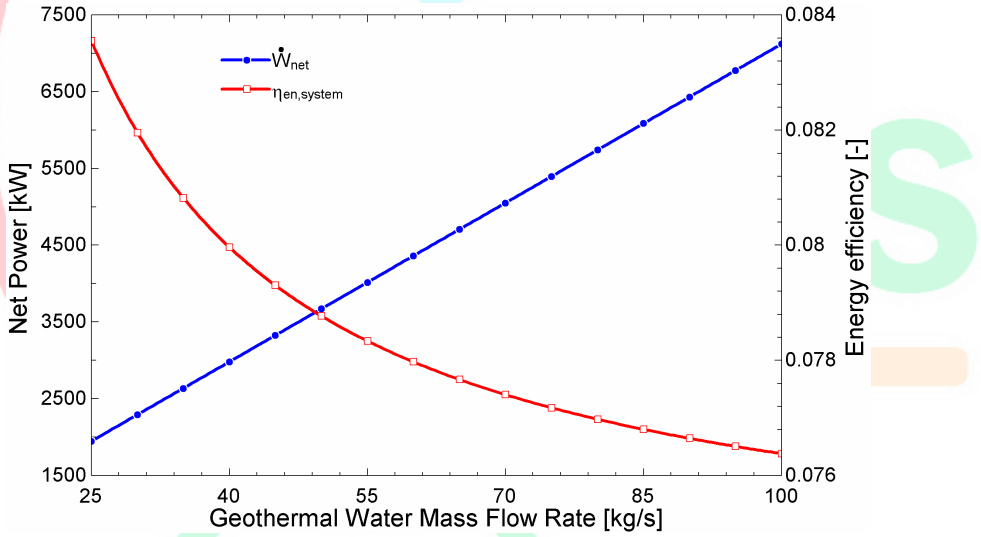


Figure 5. Alteration of network and energy efficiency with geothermal resource mass flow ratio

The effect of resource mass flow ratio on exergy irreversibility and system's exergy efficiency are demonstrated in Figure 6. Figure shows that as the resource's mass flow rate rises, the exergy irreversibility of the integrated plant increases, while the system's exergy efficiency reduces. As the mass flow rate increased from 25 kg/s to 100 kg/s, the system's exergy irreversibility expands from 2260 kW to 8569 kW, while the exergy efficiency reduces from 0.1994 to 0.1823.

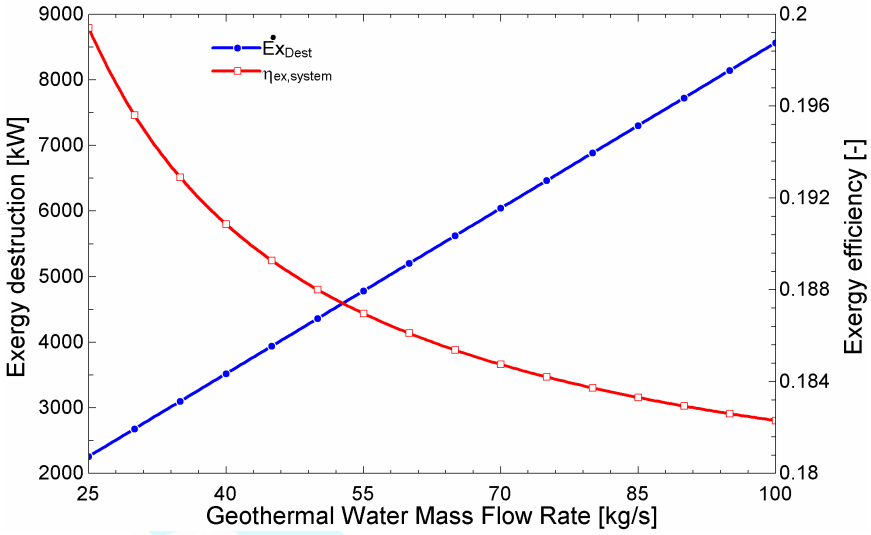


Figure 6. Alteration of exergy irreversibility and exergy efficiency with geothermal resource mass flow ratio

Another parameter that affects the system's economic analysis is the geothermal resource's mass flow rate. Figure 7 illustrates the impact of the geothermal resource mass flow rate on the overall cost ratio and average unit product cost rate. As can be seen from the figure, while the entire cost ratio increased with the increase in geothermal resource's mass flow ratio, the average unit product cost rate decreased. The reason for the rise in the overall cost ratio is the rise in the exergy irreversibility rates according to the geothermal mass flow ratio.

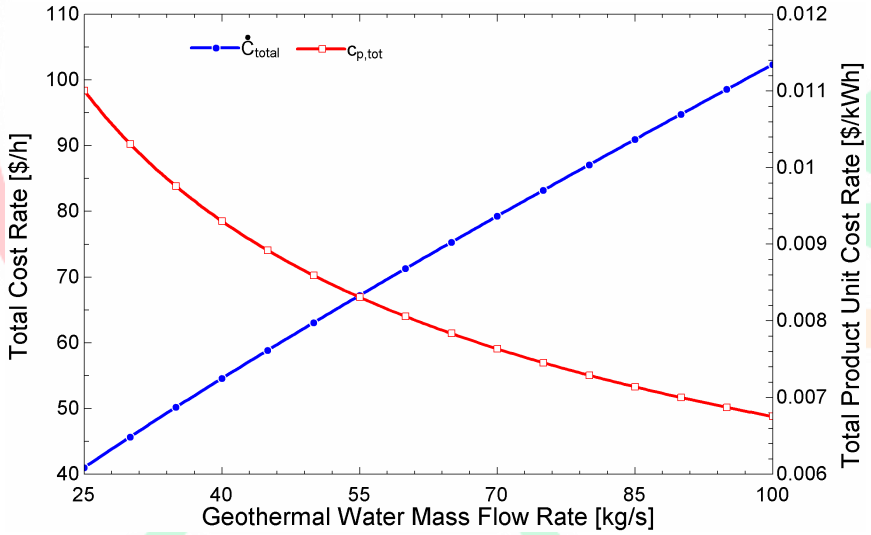


Figure 7. Variation of total cost rate and total product unit cost rate with geothermal water mass flow rate

5. Conclusions

In this paper, the geothermal energy assisted tCO_2-RC's energy, exergy, and economic performances are investigated using EES software. Parametric studies were carried out to evaluate the effect of geothermal source temperature and mass flow rate on the integrated plant. In summary, the results of this study could be stated as the following:

- The network, input heat and exergy irreversibility of the geothermal energy assisted tCO_2-RC were found to be 3673 kW, 46628 kW and 4363 kW, respectively.

- It has been calculated that the energy and exergy efficiencies of the tCO_2-RC with geothermal energy are 7.87% and 18.80%, respectively.
- The cycle's total cost ratio is founded to be 63.10 $/h, the average unit product cost rate is determined 0.00859 $/kWh and the system's total capital investment is calculated 1612×10^3 $ according to the economic analysis results.
- The utilize of both renewable energy resources and environmentally beneficial natural fluids has allowed the construction of a sustainable system.

References

Abdolalipouradl, M., Khalilarya, S., & Jafarmadar, S. (2019). Exergoeconomic analysis of a novel integrated transcritical CO2 and Kalina 11 cycles from Sabalan geothermal power plant. *Energy Conversion and Management*, *195*, 420–435. https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2019.05.027

Ahmadi, A., Ehyaei, M. A., Jamali, D. H., Despotovic, M., Esmaeilion, F., Abdalisousan, A., & Hani, E. B. (2021). Energy, exergy, and economic analyses of integration of heliostat solar receiver to gas and air bottom cycles. *Journal of Cleaner Production*, *280*, 124322. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124322

Al-Hamed, K. H. M., & Dincer, I. (2022). Development and optimization of a multigeneration geothermal and solid-oxide fuel cell-based integrated system with carbon capturing. *Applied Thermal Engineering*, *205*, 118037. https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2022.118037

Bejan, Adrian.; Tsatsaronis, G.; Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization*. *Energy* (Vol. 21). https://doi.org/10.1016/s0360-5442(96)90000-6

Dincer, I., & Rosen, M. A. (2013). Exergy and Energy Analyses. *Exergy*, 21–30. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097089-9.00002-4

Hassani Mokarram, N., & Mosaffa, A. H. (2020). Investigation of the thermoeconomic improvement of integrating enhanced geothermal single flash with transcritical organic Rankine cycle. *Energy Conversion and Management*, *213*, 112831. https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2020.112831

Huang, J., Abed, A. M., Eldin, S. M., Aryanfar, Y., & García Alcaraz, J. L. (2023). Exergy analyses and optimization of a single flash geothermal power plant combined with a trans-critical CO2 cycle using genetic algorithm and Nelder–Mead simplex method. *Geothermal Energy*, *11*(1). https://doi.org/10.1186/s40517-023-00247-5

Li, H., Yang, Y., Cheng, Z., Sang, Y., & Dai, Y. (2018). Study on off-design performance of transcritical CO2 power cycle for the utilization of geothermal energy. *Geothermics*, *71*, 369–379. https://doi.org/10.1016/J.GEOTHERMICS.2017.09.002

Li, J., Zoghi, M., & Zhao, L. (2022). Thermo-economic assessment and optimization of a geothermal-driven tri-generation system for power, cooling, and hydrogen production. *Energy*, *244*, 123151. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.123151

Li, K., Ding, Y. Z., Ai, C., Sun, H., Xu, Y. P., & Nedaei, N. (2022). Multi-objective optimization and multi-aspect analysis of an innovative geothermal-based multi-generation energy system for power, cooling, hydrogen, and freshwater production. *Energy*, *245*, 123198. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.123198

Liu, Z., Yang, X., Liu, X., Yu, Z., & chen, Y. (2020). Performance assessment of a novel combined heating and power system based on transcritical CO2 power and heat pump cycles using geothermal energy. *Energy Conversion and Management*, *224*, 113355. https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2020.113355

Mahmoud, M., Ramadan, M., Naher, S., Pullen, K., Ali Abdelkareem, M., & Olabi, A. G. (2021). A review of geothermal energy-driven hydrogen production systems. *Thermal Science and Engineering Progress*, *22*, 100854. https://doi.org/10.1016/J.TSEP.2021.100854

Mahmoudan, A., Esmaeilion, F., Hoseinzadeh, S., Soltani, M., Ahmadi, P., & Rosen, M. (2022). A geothermal and solar-based multigeneration system integrated with a TEG unit: Development, 3E analyses, and multi-objective optimization. *Applied Energy*, *308*, 118399. https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.118399

Sun, J., Yan, G., Abed, A. M., Sharma, A., Gangadevi, R., Eldin, S. M., & Taghavi, M. (2022). Evaluation and optimization of a new energy cycle based on geothermal wells,

liquefied natural gas and solar thermal energy. *Process Safety and Environmental Protection*, *168*, 544–557. https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2022.10.029

Wang, H., Yan, G., Tag-Eldin, E., Chaturvedi, R., Aryanfar, Y., Luis García Alcaraz, J., … Moria, H. (2023). Thermodynamic investigation of a single flash geothermal power plant powered by carbon dioxide transcritical recovery cycle. *Alexandria Engineering Journal*, *64*, 441–450. https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2022.08.051

Yilmaz, F. (2022). Development and modeling of the geothermal energy based multigeneration plant for beneficial outputs: Thermo-economic and environmental analysis approach. *Renewable Energy*, *189*, 1074–1085. https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2022.03.042

Yilmaz, F., Ozturk, M., & Selbas, R. (2022). Modeling and design of the new combined double-flash and binary geothermal power plant for multigeneration purposes; thermodynamic analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, *47*(45), 19381–19396. https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2021.09.180

Yilmaz, F., Ozturk, M., & Selbaş, R. (2022). Proposed and assessment of a sustainable multigeneration plant combined with a transcritical CO2 cycle operated by flash-binary geothermal energy. *International Journal of Hydrogen Energy*. https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2022.11.078

Yu, Z., Su, R., & Feng, C. (2020). Thermodynamic analysis and multi-objective optimization of a novel power generation system driven by geothermal energy. *Energy*, *199*, 117381. https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.117381

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Solution of the Frame Effect Problem on Backlit Fascia Ambient Lighting

Serkan ALTINTAŞ[1]

Abstract

Ambient lighting provides both direct and indirect illumination of the passenger compartment by setting the light intensity and colors desired by the customer. It makes the car's interior more attractive and affects consumer quality perceptions. As an upward trend, we can now see ambient lighting anywhere in the vehicle with different applications of technology. One of these frequently used technologies is the backlighting technology with In-Mold Forming (IMF) Film. Thanks to this technology, we can apply different pattern structures by adding a thin foil on the outer lens of the fascia so we can switch between different modes as daytime and nighttime. During the product development of such a complex part, some problems related to the lighting performance are encountered and these issues can negatively affect customer satisfaction. In this paper, it is explained that the causes of homogeneity defects in the night mode of the ambient lighting panel placed on the instrument panel of a premium segment vehicle are investigated and how the problem is solved step by step.

Keywords: Ambient Lighting, Backlighting, Instrument Panel, In-Mold Forming (IMF), Fascia

[1] TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., İstanbul Cad. No: 574, 16110, Türkiye Corresponding Author: Serkan ALTINTAŞ

Introduction

Nowadays more vehicles are getting into more interior lighting content and new interior lighting technologies. Interior lighting technologies have an increasing trend in the automotive field, and it has become more aesthetic and functional with developing technologies. Ambient lighting has been one of the most used applications among interior lighting technologies. It can provide both direct and indirect illumination of the passenger compartment at different dimming levels. It can be applied in various ways to different locations in the car.

Ambient lighting has many different advantages in terms of customer perception and safe driving. Initially, it creates an emotional and brand-oriented atmosphere to the otherwise dark car interior at night condition. Furthermore, its importance lies in the fact that it provides a better orientation in the car, an improved sense of spaciousness, as well as an impression of safety, value, and comfort [1-2]. According to Hsu (2020), ambient lighting can improve how well a vehicle's interior is viewed [3]. Moreover, ambient lighting can harmonize the luminance between the vehicle interior and the external environment, thus decreasing the driver's fatigue when driving at night[4].

Increasingly intelligent and autonomously functioning applications based on visible and invisible light are already ensuring greater safety and comfort in today's vehicle models. In the future, interior lighting will take on additional functions. It can, for example, change color or dynamically direct a driver's attention back to the traffic. Tasks like these are becoming increasingly relevant in connection with semi-autonomous or fully autonomous driving concepts. Moreover, lighting will be integrated with smart surfaces to make the customer feel at home. One of these applications is the backlighting technology with decorative film [5].

In this paper, the issue that we encountered during the product development process of Backlit Fascia applied to the dashboard surface of the Alfa Romeo vehicle and how the issue was solved are explained step by step. The passenger compartment of a premium brand vehicle is shown in Figure 1.

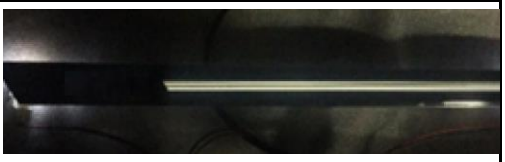


Figure 1: View of the Backlit Fascia in the Vehicle

Benchmark Study

The use of backlit technologies has become common, especially in premium brand vehicles. Detailed benchmark and measurement studies were carried out in Perceived quality laboratories. You can find information in Table 1 below. In the benchmark examples below, how many light sources are used, the value of the light performance and the length of the part are shown.

Table 1: Benchmark List [6]

Brand	Location	Lightguide Length	Final Layer Luminosity	Led Number	Picture
OEM 1	Right Fascia	42 cm	11 cd/m^2	n.2 SC LED	
OEM 2	Right Fascia	N/A	4.1 cd/m^2	n.2 SC LED	
OEM 3	Right Fascia	20 cm	4.2 cd/m^2	n.3 RGB LED	

Main Structure of Ambient Lighting Backlit Fascia Benchmark Study

This structure is positioned on the dashboard in the passenger compartment of the vehicle. As can be seen in Figure 2, the backlit fascia structure consists of three parts driver, central and passenger side. The pattern and geometrical dimensions of the entire surface are defined by Style Department.

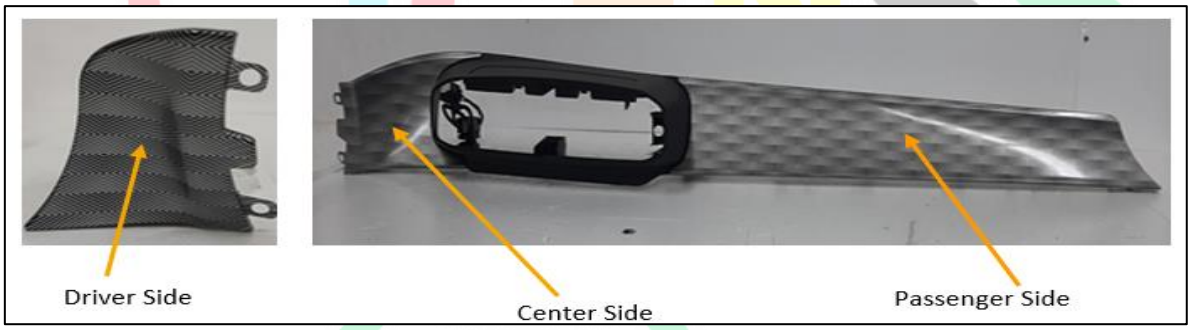


Figure 2: RGB Backlit Fascia Daytime Condition

As can be seen from the exploded view of the passenger side in Figure 3, it consists of connectors for vehicle connection, light modules for providing the light source, a wire harness, a specially designed light guide structure that is compatible with the shape of the decorative surface, a housing that protects the entire structure and ensures its assembly, and a thin film layer which protect the decorative surface and provides daytime and night-time condition.

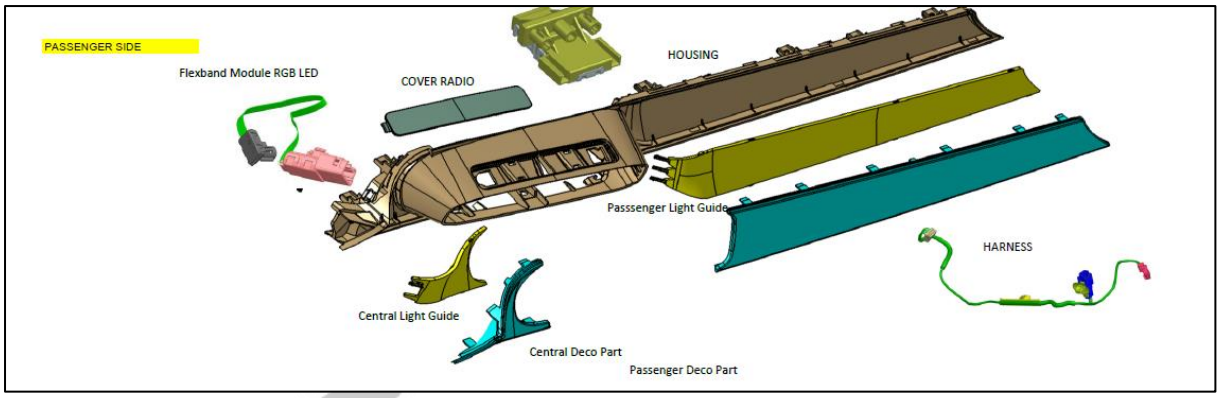


Figure 3: Exploded View of the Passenger Fascia

Lightining Performance Issue on RGB Backlit Fascia

The primary purpose of the RGB backlit fascia is to completely illuminate the decorative surface without creating any hot spot visible to any occupant. Backlighting color, intensity and uniformity must harmonize with all other backlit components within the vehicle. Backlighting must not create any light leaks through surrounding components or within itself. In addition, it must not create any reflections or glare onto surrounding components. Light intensity is higher during daytime and lower during nighttime based on specific vehicle functions or harmonization of the vehicle.



Figure 4: Nighttime condition of backlit fascia with blue color

The definition of the homogeneity problem is explained below. There is a dark area called the Frame Effect on the upper and especially at the bottom side of the Passenger Fascia as shown in the Figure 5. This is a visual phenomenon caused by the difference in lighting between the center and bottom/upper edges of the passenger fascia. It can be clearly seen with the human eye. In the optical simulations performed during product development phase, it was not stated by the codesign supplier that this simulation report would be a potential risk in terms of light distribution.

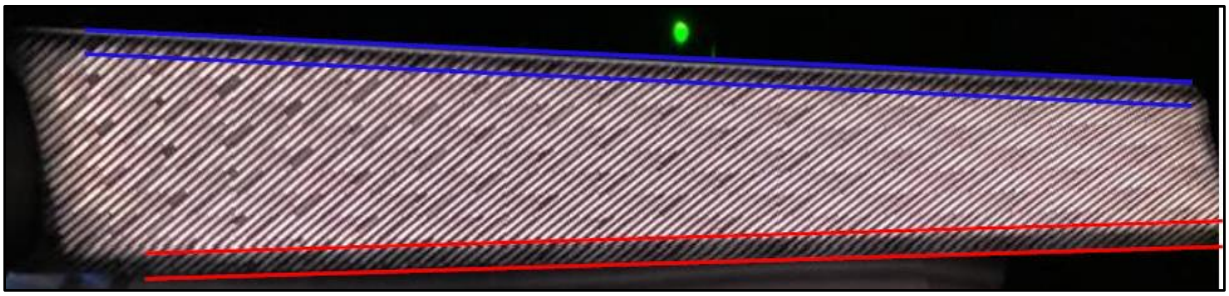


Figure 5: Frame effect issue on the passenger fascia

In order to understand this problem, we first need to explain how the system works. When the ambient lighting unit is switch on, the RGB LED will work and the passenger fascia will be illuminated. The light rays distribute homogeneously in the light guide plate according to the Snell Law. The purpose of the light plate is to ensure that the light rays reach the decorative lens with minimum loss. Light enters from this direction and distributes homogeneously on the whole fascia through the light plate.

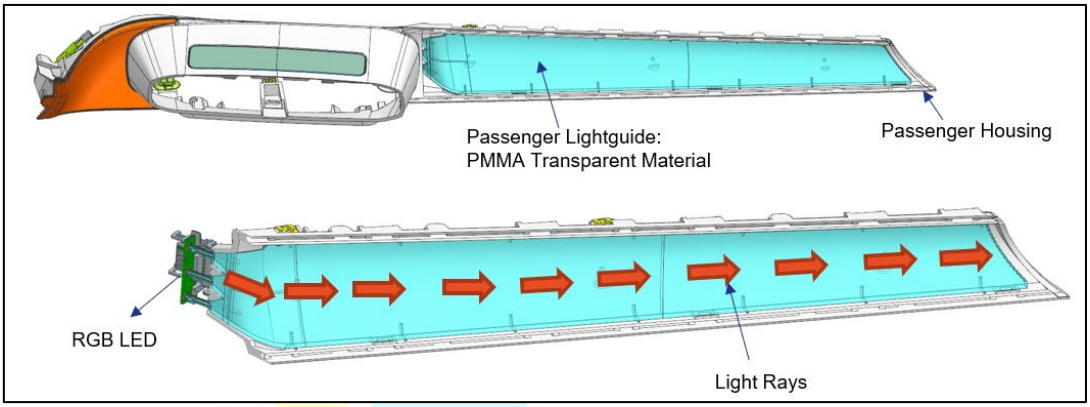


Figure 6: Light Transmission Direction

After understanding the behavior of light, the root causes that can cause shadows around the panel are investigated.

First Root Cause: As can be seen from the section in Figure 7, the light plate is PMMA material, and the aim of this component is to scatter the light to a decorative lens. The light rays should reach all surfaces of the decorative outer lens. However, as can be seen in the detail section, the light rays cannot reach the lower and upper edges due to the fact that the inner ribs of the housing block the light rays. Therefore, there will be shadows at the corners and the framing effect will be available at the corner of the fascia.

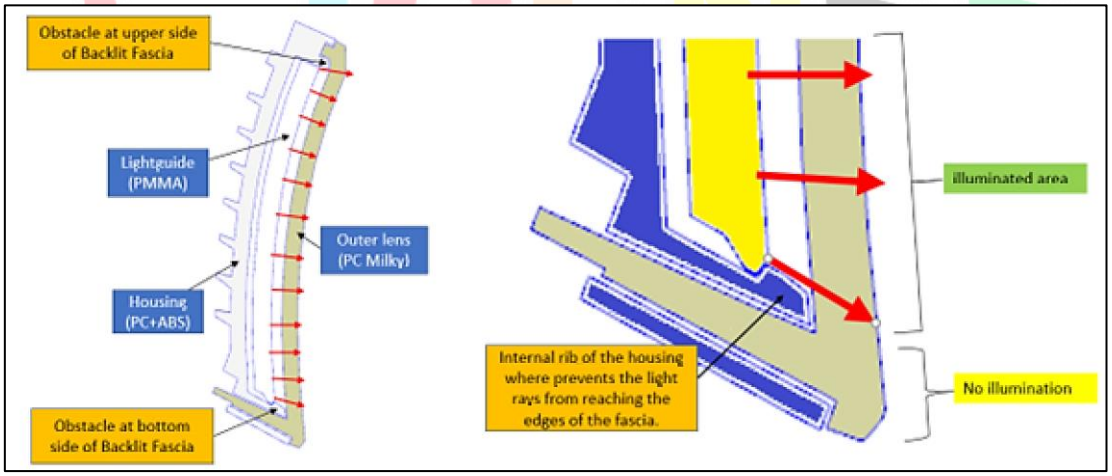


Figure 7: Detail Section of the blocking wall

Second Root Cause: Total transmission rate of current material has a big impact to scatter the light. With a transparent material, you can predict the angle of the light coming out from the material. If the light rays enter the material as parallel, the rays will come out parallel to the surface if the thickness is uniform [7]. Light rays entering the milky or smoky material parallel to the surface exit this material at different angles. The scattering of light in different directions in the material means that it can spread or distribute homogeneously on every surface. This situation may slightly reduce the illumination intensity of the light. When the

transmission rate of the material decreases, the milky rate increases and the intensity of the light decreases accordingly.

The difference between Clear and Milky material is shown in the Figure 8 below. If the outer lens was transparent, all the light coming out from the light guide would be directly visible (high luminance) but you would not be able to illuminate the lower part of the fascia, which would be completely dark. If the outer lens was milky, light from the lightguide would be diffused in (almost) all directions-> the illumination would be more uniform but the intensity would be lower.

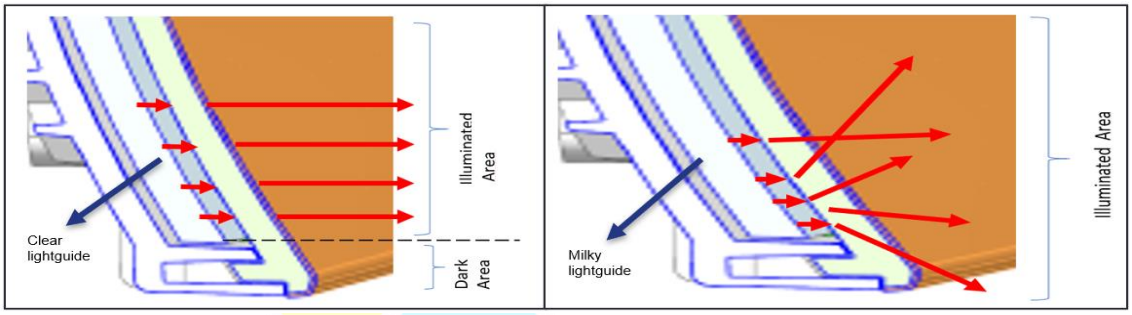


Figure 8: Depiction of light transmission effect on milky and clear light guide

Corrective Action to Eliminate the Frame Effect Issue

As a corrective action, the wall that blocks the light from the geometric point of view was first reduced by 1 mm and then by 2 mm. The complete elimination of this inner wall will cause assembly problems. In the optical simulations carried out, it is shown in the Figure 9 below that reducing the 2 mm effect eliminates the frame effect problem by 62%.

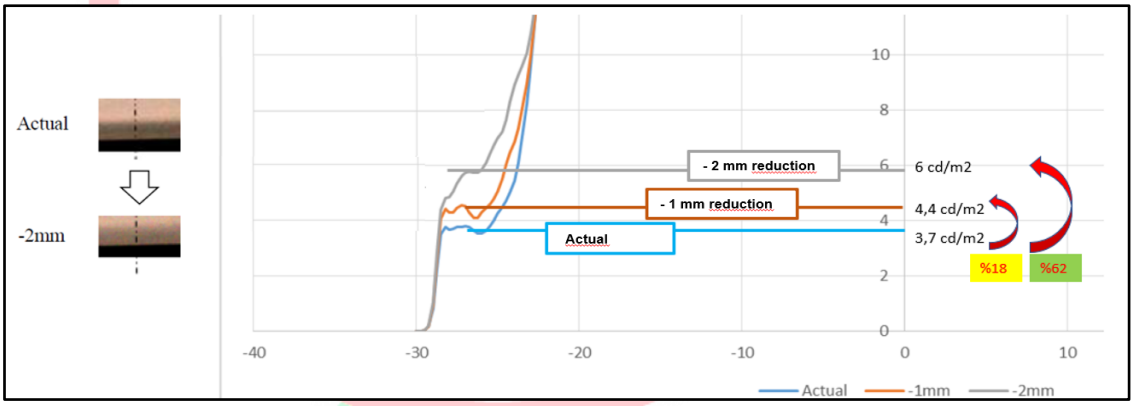


Figure 9: Optical simulation result at bottom side

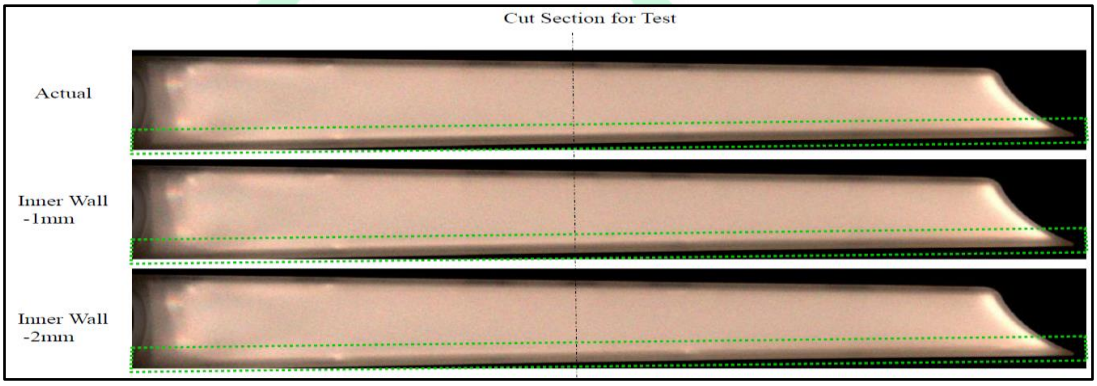


Figure 10: Human vision renders at bottom side

The physical part of the 2 mm reduction was prepared by the supplier and sent to the laboratory. Two samples are evaluated in the darkroom by the perceived quality team. As can be seen from the prototype results in Figure 11, there was an improvement by %60 both at the upper side and also at bottom side.

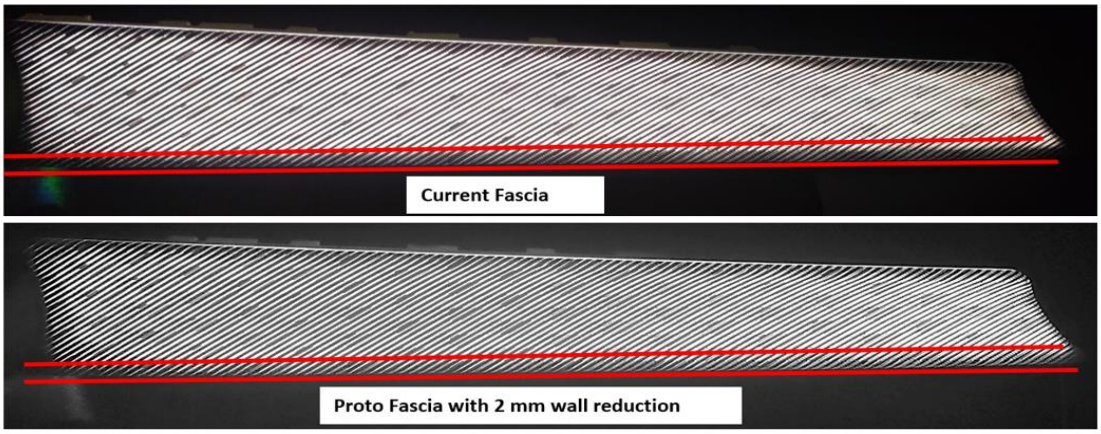


Figure 11: Proto parts of passenger fascia

Conclusion

In this paper, an important visual problem encountered on a component designed and produced for the first time in the Stellantis vehicle portfolio has been defined, the parameters causing the problem to have been examined and possible root causes have been identified. Studies have been carried out on the phenomenon that most affect the issue rate on root causes. Although the geometric modification on the inner rib does not solve the problem completely, it has been proven with optical simulations and prepared prototypes that it improves to a great extent. It is known that this problem cannot be completely solved due to the design constraint of the part. In order not to encounter such a problem again, the optical simulation must be verified with prototypes and measures must be taken before the design is frozen.

References

[1] Caberletti, L., Elfmann, K., Kummel, M., & Schierz, C. (2014). Influence of ambient lightning in a vehicle interior on the driver's perceptions.

[2] Karsten, K., & Lemmer, U. (2008). The influence of ambient light on the driver: Optical Sensors. Proceedings of the SPIE, 7003, 700329.1–700329.4.

[3] C. Hsu, C. Cheng, and S. Chuang, "The Effect of Interior Ambient Lighting on Perceived Quality and Purchase Intention of Electric Vehicles," *Sustainability*, vol. 12, no. 18, p. 7669, 2020.

[4] J. Han, J. Zhao, and L. Liu, "Development of a New Control System for Ambient Lighting in Vehicles," *International Journal of Automotive Technology*, vol. 20, no. 4, pp. 707-717, 2019.

[5] X. Chen, H. Zhang, and X. Wang, "Design and Implementation of Backlighting Technology with Decorative Film in Car Interior," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1172, no. 1, p. 012057, 2019.

[6] A2MAC1. (2023). Benchmark DataBase. Retrieved May 10, 2023, from https://www.a2mac1.com/

[7] The Physics Classroom. (n.d.). Refraction by Lenses. Retrieved from https://www.physicsclassroom.com/class/refrn/Lesson-5/Refraction-by-Lenses.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Alternative Material Usage On Body İn White

Sunay ÖZTÜRK[1]

Abstract

The automotive industry is actively seeking ways to enhance vehicle efficiency and sustainability through Body-in-White (BIW) structures. Traditionally, steel has been the go-to material due to its strength and cost-effectiveness. However, there is a growing interest in exploring alternative materials that offer significant advantages.

One such material is aluminum, which is approximately one-third the weight of steel while maintaining comparable strength. Magnesium is another material under consideration for BIWs. It is even lighter than aluminum, with a density that is roughly two-thirds that of aluminum. Carbon fiber-reinforced polymers (CFRP) are also being explored as alternative materials for BIWs. CFRP is a strong and lightweight material that is already used in industries such as aerospace and sporting goods. Furthermore, there is a growing interest in natural fiber composites for BIWs. In this paper, to enhance vehicle efficiency and sustainability, the usage of Aluminum, magnesium, CFRP, and natural fiber composites have been compared in terms of weight reduction, strength, and environmental sustainability.

Keywords: sustainability, Body-in-White (BIW) structures, steel, alternative materials, aluminum, weight reduction, fuel efficiency, magnesium, cost, carbon fiber reinforced polymers (CFRP)

[1] Makine Mühendisi, Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., ArGe Merkezi, Orcıd: 0009-0003-3759-4770

Alternative Material Usage on BIW

1.Introduction

The automotive industry is undergoing a significant transformation as the need for more efficient and sustainable vehicles continues to grow. One area where substantial gains can be made is in the use of alternative materials for Body-in-White (BIW) structures as shown in figure 1. BIWs form the fundamental framework of vehicles, providing structural support and ensuring safety. Traditionally, steel has been the material of choice for BIWs due to its strength, durability, and cost-effectiveness. However, as fuel efficiency and emissions regulations become increasingly stringent, automakers are exploring alternative materials that offer lighter weight, enhanced strength, improved sustainability, and a range of other advantages to optimize vehicle performance and reduce environmental impact.



Figure 1 - General body in white (BIW) (AKKA GmbH & Co. KGaA, 2020)

2.Aluminum: Lightweight and Corrosion Resistant

Aluminum has gained prominence as an alternative material for automotive Body-in-White (BIW) structures due to its exceptional properties. Its low density, approximately one-third that of steel, allows for significant weight reduction without compromising the structural integrity of vehicles. This weight reduction translates into improved fuel efficiency and reduced emissions, crucial factors for meeting stringent environmental regulations and achieving sustainability goals in the automotive industry. In addition to its lightweight nature, aluminum exhibits excellent corrosion resistance, ensuring the longevity of vehicles and reducing maintenance costs over their lifespan. (The Aluminum Association, 2023)

Automakers have embraced advanced manufacturing techniques and innovative joining methods, such as friction stir welding and adhesive bonding, to enhance the performance and durability of aluminum in BIWs. These advancements enable the effective utilization of aluminum in various automotive components, including hoods, doors, fenders, and chassis parts, further contributing to weight reduction and improved overall vehicle performance. (The Aluminum Association, 2023)

The widespread adoption of aluminum in BIWs not only offers benefits in terms of weight reduction and corrosion resistance but also promotes a more sustainable and eco-friendly automotive industry by reducing fuel consumption and greenhouse gas emissions. (The Aluminum Association, 2023)

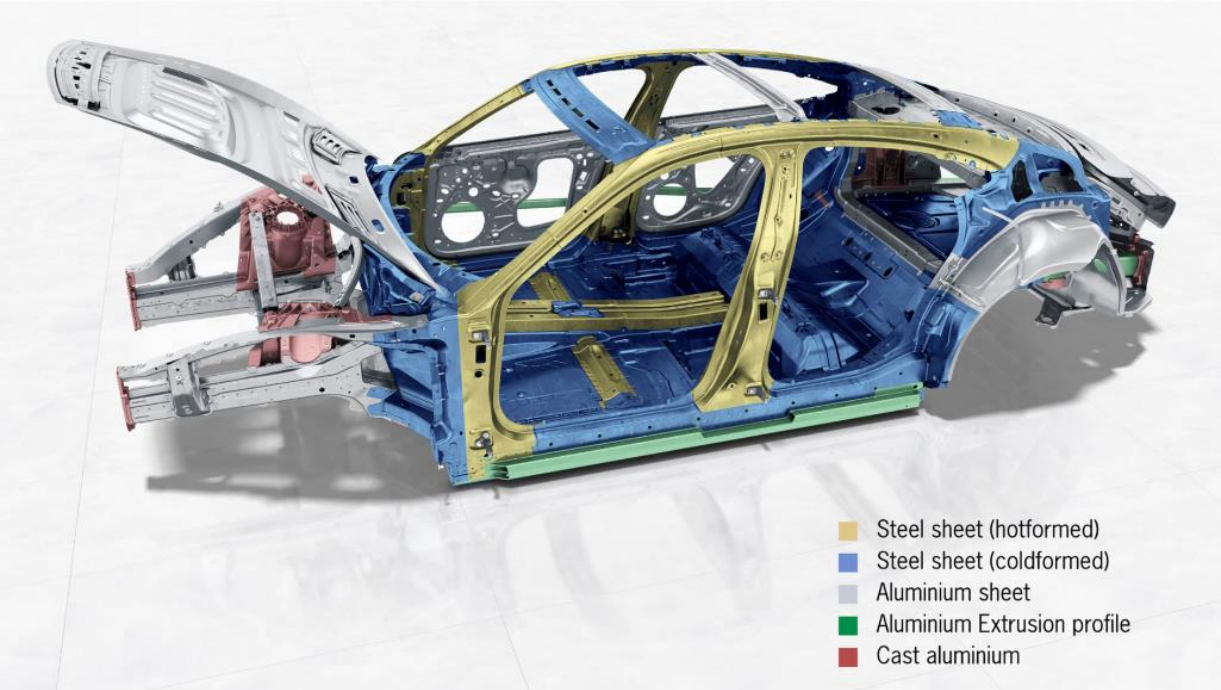


Figure 2 - Usage of the aluminums on BIW (Wienkötter, 2019)

3.Magnesium: Ultralight and High Stiffness to Weight Ratio

Magnesium is an ultralight material with remarkable weight-saving potential in automotive BIWs. With a density approximately two-thirds that of aluminum, magnesium contributes significantly to overall weight reduction in vehicles, leading to enhanced fuel efficiency, improved handling, and increased driving range. Moreover, magnesium possesses a high stiffness-to-weight ratio, making it an ideal choice for structural applications where strength and rigidity are crucial. Its excellent vibration-damping characteristics also contribute to a smoother and more comfortable ride. (International Magnesium Association, 2023)

However, the adoption of magnesium in BIWs has been limited by certain challenges that are being actively addressed by ongoing research and development efforts. One of the main challenges is the relatively higher material costs compared to traditional materials like steel and aluminum. Limited availability of magnesium resources and processing difficulties, including corrosion protection and joining techniques, have also posed obstacles to widespread adoption. (International Magnesium Association, 2023)

Nonetheless, advancements in alloy development, surface treatments, and production techniques, such as high-pressure die casting and thermal joining methods, are aimed at overcoming these challenges and unlocking the full potential of magnesium as a lightweight and high-performance material for BIWs. As automakers continue to explore magnesium's advantages, it has the potential to play a more significant role in achieving ambitious weight reduction goals while maintaining safety and performance standards in the automotive industry. (International Magnesium Association, 2023)

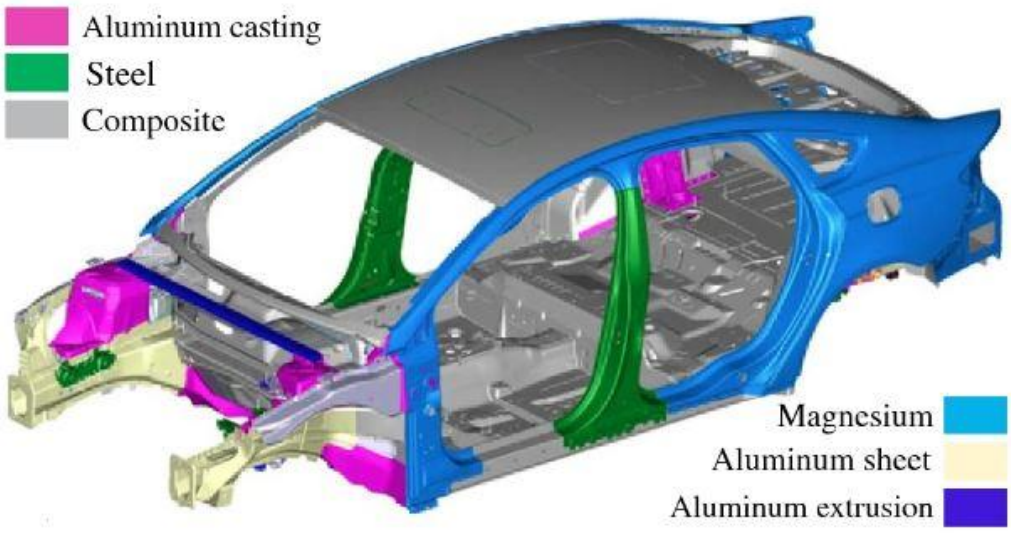


Figure 3 - Magnesium usage on the BIW (Lipman & Maier, 2021)

4.Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP): Strength, Lightweight, and Design Flexibility

Carbon fiber reinforced polymers (CFRP) have revolutionized numerous industries, including aerospace, sporting goods, and automotive, with their exceptional strength-to-weight ratio. In the automotive sector, CFRP is increasingly finding applications in BIWs, particularly in high-end sports cars and luxury vehicles, to improve performance, fuel efficiency, and safety. (Transparency Market Research, 2023)

CFRP is composed of carbon fibers embedded in a polymer matrix, resulting in a composite material that offers remarkable strength while being significantly lighter than traditional materials like steel. In fact, CFRP can exhibit strength values up to five times higher than steel while weighing only a fraction of its weight. The exceptional properties of CFRP allow for weight reduction in specific vehicle components, contributing to enhanced acceleration, improved handling, and reduced fuel consumption. (Transparency Market Research, 2023)

However, the adoption of CFRP in BIWs has been primarily limited to high-end vehicles due to several challenges. These challenges include the relatively higher cost of CFRP compared to conventional materials, complex manufacturing processes involving layup, curing, and autoclave treatments, and limited scalability for mass production. (Transparency Market Research, 2023)

Nonetheless, advancements in automated production techniques, such as automated fiber placement and resin transfer molding, are gradually making CFRP more accessible for mainstream vehicle production. (Transparency Market Research, 2023)

Moreover, ongoing research and cost reduction initiatives are focused on optimizing manufacturing processes, exploring alternative manufacturing methods. (Transparency Market Research, 2023)



Figure 4 - Usages of the CFRP on BIW (Kingston, 2013)

5.Natural Fiber Composites: Sustainable and Lower Carbon Footprint

Natural fiber composites offer a sustainable and environmentally friendly alternative to traditional BIW materials. These composites incorporate renewable plant-based fibers, such as hemp, flax, and kenaf, combined with a resin matrix. By utilizing natural fiber composites, automakers can significantly reduce the carbon footprint associated with vehicle production. (GARDNER BUSINESS MEDIA, 2023)

Additionally, these composites are lightweight and possess good mechanical properties, making them suitable for BIW applications. They can be molded into complex shapes, providing automakers with design flexibility. (GARDNER BUSINESS MEDIA, 2023)

However, the adoption of natural fiber composites in BIWs is currently limited. Ongoing research is focused on optimizing their properties, developing cost-effective manufacturing techniques, and exploring suitable applications for these sustainable materials. With further advancements and increased focus on sustainability, natural fiber composites have the potential to play a more significant role in the future of automotive BIWs. (GARDNER BUSINESS MEDIA, 2023)



Figure 5 - Usages of the CFRP on BIW (TEXTILE TECHNOLOGY, 2022)

Conclusion

As these alternative materials continue to evolve, we can expect to witness a transformative shift in the automotive industry. The adoption of aluminum, magnesium, CFRP, and natural fiber composites in BIWs will pave the way for lighter, more efficient, and sustainable vehicles. Automakers are investing in research and development to address the challenges associated with these materials, such as cost, availability, manufacturing processes, and joining techniques. Advancements in material science, manufacturing technologies, and supply chain management are crucial for making these alternative materials more accessible and cost-effective.

The benefits of alternative materials go beyond weight reduction and fuel efficiency. They also contribute to improved vehicle safety, reduced emissions, and enhanced recyclability. As regulatory pressures mount and consumer demand for environmentally friendly vehicles grows, automakers are increasingly focusing on integrating these materials into their manufacturing processes.

Furthermore, collaborations between automotive manufacturers, material suppliers, and research institutions are driving innovation in alternative materials for BIWs. Joint efforts are aimed at optimizing material properties, reducing costs, improving manufacturing scalability, and ensuring compatibility with existing production infrastructure.

Looking ahead, the automotive industry will witness a gradual but significant shift towards alternative materials in BIWs. The successful integration of these materials will not only improve the overall performance and sustainability of vehicles but also open doors for new design possibilities. As automakers continue to push the boundaries of engineering and materials, consumers can expect to see a new generation of vehicles that are lighter, more efficient, and environmentally conscious.

In conclusion, the adoption of alternative materials in BIWs is a pivotal step towards achieving a greener and more sustainable automotive future. The combination of aluminum, magnesium, CFRP, and natural fiber composites offers a diverse range of solutions, each with its unique advantages and challenges. By leveraging advancements in material science and manufacturing technologies, the automotive industry is poised to unlock the full potential of these materials, ultimately creating a new era of vehicles that are lighter, more efficient, and environmentally friendly.

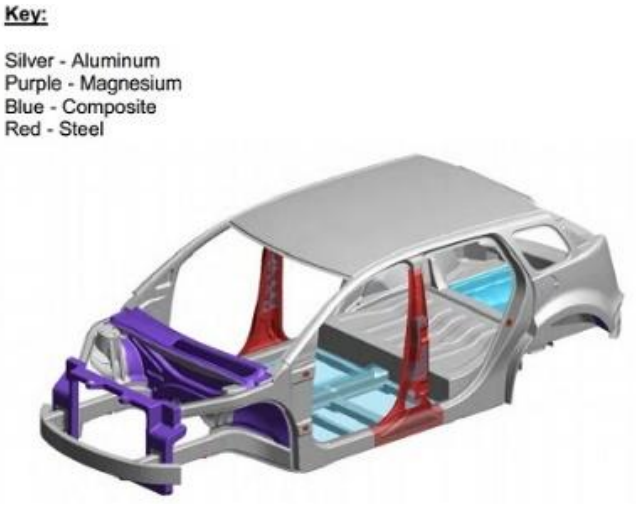


Figure 6 - Alternative material usage on BIW (PLASTICS TODAY, 2013)

Bibliography

AKKA GmbH & Co. KGaA. (2020 , November 18). *akka-technologies*. akka-technologies.com: https://www.akka-technologies.com/app/uploads/future-body-design-en-2.pdf adresinden alındı

GARDNER BUSINESS MEDIA. (2023, February 28). *compositesworld*. compositesworld.com: https://www.compositesworld.com/articles/natural-fiber-composites-for-automotive-applications adresinden alındı

International Magnesium Association. (2023, February 28). *International Magnesium Association*. intlmag.org: https://www.intlmag.org/magnesium-in-the-automotive-industry/ adresinden alındı

Kingston, L. (2013, April 24). *Autocar UK*. Autocar: https://www.autocar.co.uk/car-news/industry/bmw-set-make-more-extensive-use-carbon-fibre adresinden alındı

Lipman, T. E., & Maier, P. (2021, December 2021). *Springer Nature Switzerland AG*. springer.com: https://link.springer.com/article/10.1557/s43577-022-00263-z adresinden alındı

PLASTICS TODAY. (2013, January 23). *PLASTICS TODAY*. plasticstoday.com: https://www.plasticstoday.com/composites-lose-out-lightweight-body-white-more-potential-non-structural-components adresinden alındı

TEXTILE TECHNOLOGY. (2022, November 25). *TEXTILE TECHNOLOGY*. textiletechnology.net: https://www.textiletechnology.net/fibers/trendreports/bmwbcomp-replacing-carbon-with-flax-33208 adresinden alındı

The Aluminum Association. (2023, February 28). *The Aluminum Association*. aluminum.org: https://www.aluminum.org/sites/default/files/Aluminum%20Automotive%20Applications%20FINAL.pdf. adresinden alındı

Transparency Market Research. (2023, February 28). *Transparency Market Research*. transparencymarketresearch.com: https://www.transparencymarketresearch.com/carbon-fiber-reinforced-polymer-cfrp-in-automotive-market.html adresinden alındı

Wienkötter, M. (2019, September 04). *newsroom*. https://newsroom.porsche.com: https://newsroom.porsche.com/en/products/taycan/body-18553.html adresinden alındı

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Giresun İlindeki Büyükbaş Hayvan Yetiştiricilerinin Bilgi Kaynaklarının Hayvanların Beslenmeleri Üzerine Etkileri*

Kemal ZIRTLAN[1]
Hulusi AKÇAY[2]

Abstract

In this study, it is aimed to evaluate the information sources of cattle breeders in Giresun in terms of their effects on dairy cattle nutrition.

The material of the study consisted of questionnaires made with 99 cattle breeding farms in Giresun province, which was determined by the sampling method. To examine the behavior and decision processes of the producers, graphs were obtained with the Non-Linear Canonical Correlation (OVERALS) analysis.

From a socio-economic point of view, 58.59% of them are in the 35-60 age range, 85.86% are male, 36.37% are primary school graduates, 62.63% are at middle income level, 90.91% are organized and 80.81% of them did not attend any course on animal husbandry. 64.65% of the farmss indicated straw as indispensable feed for livestock production. 43.43% of the farms stated that they give the same amount of feed to their animals regardless of their yield. At the same time, 80.81% of the enterprises reported that they made their own feeding programs. It was determined that they obtained their information resources from TV (81.82%) and internet (72.73%).

As a conclusion, in Giresun province, due to the low milk yield of the farms, it has been understood that the breeders generally turn to individual marketing after processing the milk they obtain. Considering the situation of the breeders participating in the research benefiting from information sources, it is seen that when deciding to implement any innovation, it is mostly cheap, and they think that they will increase their income. It has been understood that they can reach the information they need most easily from the internet and television channels, and it has been understood that agricultural publications and books are not used enough. When evaluated in general, it can be said that the information resources of the small scaled farms are insufficient.

Keywords: Giresun province, dairy cattle, information sources, animal nutrition

[1] Zir.Yük.Müh., Karpuzlu İlçe Gıda,Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Karpuzlu, Aydın, Orcıd: 0000-0001-9759-1035

[2] Dr.Öğr. Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fak., Zootekni Bölümü, Orcıd:0000-0001-5600-0614

*Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalında tamamlanmış Yüksek Lisans çalışmasından özetlenmiştir.

GİRİŞ

Çiftlik hayvanları tükettikleri yemler ile verilen besin maddelerini et, süt, yumurta gibi insanlar tarafından tüketilen nitelikli hayvansal ürünlere dönüştüren mükemmel biyolojik üretim üniteleridir. Hızla artan dünya nüfusunun hayvansal protein ihtiyacını karşılamak için bir yandan bu alandaki bilimsel ve teknolojik gelişmeler takip edilmelidir. Bu süreçte takip edilen bilgi kaynaklarını güvenilirliği de ihmal edilmemelidir. Hayvansal üretimde ortaya çıkan talebin karşılanması için hem üretim ünitesi kabul edilen hayvan sayısının artırılması hem de birim hayvan başına düşen verimin en üst düzeye çıkarılması gerekmektedir. Arzu edilen yüksek verim düzeylerine ulaşmak için ise hayvanların iyi bir genetiğe sahip olması yanında, mevcut genetik potansiyelin verime dönüşmesine imkan sağlayacak nitelikte bir çevreye de sahip olunması gerektiği asla unutulmamalıdır. Bir başka ifadeyle, hayvancılıkta verimi artırmak için yüksek verimli hayvanların uygun çevre koşullarında barındırılması gerekir (Kutlu ve ark.,2003). Kalıtsal değeri en yüksek olan hayvanlardan bilimsel olarak; yeterli ve iyi dengelenmiş rasyonlarla yol alırken, işletme sahibinin de optimal yetiştirme koşullarını oluşturma bilinci ve bunun için bilgi kaynaklarını etkin şekilde kullanarak bilgiye ulaşması ileri düzey sürdürülebilir yetiştirme sistemleri için kaçınılmaz olacağı düşünülebilir. Tarımda bilgi ve teknoloji kullanım etkinliği tarımsal ilerlemeyi artırdığı gibi, yaşam kalitesini de yükseltecektir. Bu yüzden üreticilerin tarımsal üretimde bilgi kaynaklarını ne derece doğru kullandıklarının bilinmesi gerekir (Röling,1988).

Tarımsal faaliyetler daha çok kökeni kırsal aileye dayanan sosyoekonomik üniteler tarafından gerçekleştirilmektedir. Kırsal alanda aile bağlarının güçlü olması ve çiftçilerin birbirleriyle yakın bir diyalog içinde bulunması, genellikle tarımsal konulardaki bilgi akışının aile bireyleri veya diğer çiftçiler arasında yoğunlaştığı söylenebilir (Yalçın ve Boz, 2001). Yaşlı aile bireyleri ve çevredeki deneyimli çiftçilerden elde edilen bilgilere genellikle "geleneksel kaynaklardan elde edilen bilgiler" denilmektedir. Bu bilgiler kimi zaman modern bilimin getirdiği yeniliklerden yoksun olabilmektedir. Diğer taraftan tarım teknolojileriyle profesyonel anlamda ilgilenen ve bunları zaman sürecinde modernize eden kuruluşlar da bulunmaktadır. Buradan elde edilen bilgilere de "modern kaynaklardan elde edilen bilgiler" denilmektedir (Hornik, R.,1978).

Diğer yandan tarımsal yayım faaliyetlerine baktığımızda da, çiftçilerin yeni teknik ve bilgileri tarımsal yayım aracılığı ile temin ettikleri görülmektedir (Budak 1996). Tarımsal yayım çalışmaları, gerek yeni bilgi ve teknolojilerin kaynağı olan üniversiteler ve araştırma kuruluşlarından alınarak onları kullanan çiftçilere iletilmesi, gerekse çiftçilerin sorunlarının çözüm üretilmek amacıyla kaynağa iletilmesi bakımından son derece önemlidir (Taluğ ve Tatlıdil, 1993). Tepeden ya da bir merkezden sunulan araştırma merkezli yayım sisteminden, üreticiyi merkez alan ve gelen taleplerin yönlendirildiği ve böylelikle üreticilerin de katılımlarının sağlandığı, onlara bilgiye ulaşma çabası veren bir sisteme geçilmesinin daha etkin olacağı bildirilmektedir. Buradaki bilgi ve teknolojiye ilave yürütülen araştırma sonuçlarının da desteklediği bir tarımsal yayım sistemi, arzu edilen düzeye ulaşılmada önemli olacaktır (Kumuk ve Taluğ,1996).

Kutlar ve ark., 2013 dışında yakın zamanda (ki, bu çalışma Burdur ilinde kadınlar üzerinde yürütülmüş ve, kadınların hayvan yetiştiriciliği ile ilgili ilk bilgileri %52,8 oranında kendi aile büyüklerinden edindiklerini bildirmişlerdir) hayvan besleme açısından da yürütülmüş bir çalışmaya rastlanılmaması yürütülen bu çalışmayı özgün kıldığı düşünülmektedir.

Bu bilgiler ışığında, Giresun ilinde faaliyet gösteren büyükbaş yetiştiricilerinin sahip oldukları bilgi kaynaklarının araştırılması ve bilgiye erişim tercihlerinin hayvanların beslenmelerine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Giresun ilinde büyükbaş yetiştiriciliği faaliyeti yürüten 20265 adet işletme bulunmaktadır. Genel popülasyonun %58,86'sı dört ve altı baş hayvanı olan işletmelerdir. Bu nedenle bir baş hayvanı bulunan işletmeler anket çalışmasında işletme dışına çıkma olasılığı düşünülerek çalışmanın iki baş üstü 17491 işletme olarak alınacaktır. Araştırmada anketler yüz yüze yapılmış olup online olarak anket formuna işlenmiştir. Çalışma yürütülürken işletmelerdeki sosyo-ekonomik düzeyleri (yaş, cinsiyet, gelir düzeyi, eğitim durumu, sosyal güvence vb. gibi), verim düzeyleri, bilgi kaynaklarına ulaşım imkanları (eğitimler, internet, tv kanalları vb. gibi) bilgi kaynaklarından yararlanma şekilleri ve gözlemler(hayvan besleme bilgi düzeyleri, yem tercihleri, mera, yaylak ve kışlaklardan yararlanma durumları vb. gibi) dair bilgiler toparlanmış ve değerlendirilmiştir.

Yöntem

Örnekleme yöntemi olarak oransal örnekleme yöntemi kullanılacak olup, toplamda %95 güven, %10 hata ile 99 adet işletme ile anket çalışması gerçekleştirilecektir (Yamane,2001).

$$n = \frac{Nt^2p.q}{d^2(N-1)+t^2p.q} = \frac{17491.1{,}960^2.0.5.0.5}{0{,}1^2.(17491-1)+1{,}960^2.0.5.0.5} = 96$$

Üreticilerin davranış ve karar süreçlerini incelemek için kullanılacak olan Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyonun (DOKKA) temelini Klasik Doğrusal Kanonik Korelasyon Analizi (KKKA) oluşturmaktadır. Hotelling tarafından 1936'da geliştirilmiş olan KKKA, bağımsız değişkenlerle oluşturulan küme ile bağımlı değişkenlerin oluşturduğu küme arasındaki ilişkinin derecesini (Korelasyonunu) ortaya koyan çok değişkenli İstatistik analiz tekniklerinden biridir (Tekin, 1993). KKKA gerçekleştirilmesi için kimi gereken varsayımlar bulunmaktadır. Bu varsayımlar; değişkenlerin çok değişkenli normal dağılım göstermesi, analiz sonucunun güvenilir olması için setlerdeki veri sayısının yeterince çok olması, veri setinde aykırı değerlerin bulunmaması, veri matrisinde gereğinden fazla ve problemle alakası olmayan değişkenlerin yer almaması ve değişkenler arasında tam korelasyon bulunmamalı şeklindedir (Filiz ve Kolukısaoğlu, 2012). Ayrıca KKKA'da değişkenler eşit aralıklı veya oranlı ölçekli olmalıdır (Süt, 2001). Sözü edilen bu varsayımların biri veya birkaçının sağlanmaması durumunda DOKKA kullanılır (Gifi, 1989). DOKKA, ilk olarak 1981'de Gifi tarafından ortaya konmuştur (Giray, 2011).Analiz, iki veya daha fazla sayıdaki değişken kümesini inceleyerek, kümelerin birbirine ne kadar benzediğini araştırmaktadır (Hsieh, 2001). DOKKA, farklı ölçüm düzeylerine sahip olabilen değişkenlerin dağılımı veya ilişkilerin doğrusallığı hakkında herhangi bir varsayımda bulunmaz. DOKKA, kategorik değişkenlerin değişken kümeleri ile problemleri için tasarlanmıştır.

Kısacası analizin işleyişine nominal, ordinal ve nicel (aralık ve oransal ölçek) gibi farklı ölçek tipleri ile ölçülmüş veriler dahil edilebilmekte ve iki boyutlu haritalarda değişkenlerin grafiksel gösterimine de yer vermesi, analizin çekiciliğini ortaya koymaktadır (Theodosiou et al., 2012; Süt, 2001; Michailidis and Leeuw, 1996)

Gifi, terminolojisinde diğer çok değişkenli analiz tekniklerine benzer şekilde, bir kayıp fonksiyonu ve kısıtlar ile tanımlanmaktadır. DOKKA'da, ağırlıklandırma yoluyla homojenliğin maksimize edilmesine ilişkin kurulan kayıp fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Michailidis and de Leeuw, 1996):

$$\sigma_m(X,A) = K^{-1}\sum_k SSQ(X - H_kA_k)$$

Burada, X (n*p) boyuta sahip nesne skorları SSQ Vektör ya da matrisin köşegen elemanlarının kareleri toplamını, K küme sayısını ve m, toplam değişken sayısını göstermektedir. Hk (n x jk)boyutlu k. değişken kümesini gösteren matrisi (jk: k. kümede yer alan değişken sayısıdır) verirken, Ak (jk x p) boyutlu ağırlık vektörlerini gösteren matrisi ifade etmektedir.

DOKKA analizinde, nitel veri analizinde orijinal veri matrisi yerine gösterge matrisi kullanıldığından, Hk matrisi yerine Gj gösterge matrisi ve Ak ağırlıkları yerine Yj kategori sayısallaştırmaları matrisi kullanılmalıdır. Bu durumda kayıp fonksiyonu aşağıdaki gibi olur (Burg and de Leeuw, 1998).

$$\sigma_m(X,Y) = K^{-1}\sum_{k} SSQ\left(X - \sum_{j\in J_k} G_{kj}\,Y_k\right)$$

Burada Yj, (kj x p) boyuta sahip kategori nicelleştirmelerini, Gj, (n x kj) boyuta sahip olan j değişkeninin gösterge matrisini, ifade etmektedir. Ayrıca J, değişkenlerin J küme indeksi J(1)….J(k)……J(K) şeklinde k alt kümeler içine ayrılır (Michailidis and de Leeuw, 1996). İlgili fonksiyon dalgalı en küçük kareler (ALS) algoritması kullanılarak minimum kılınır ve optimal çözüm değerleri elde edilir. Bu şekilde, fonksiyonda belirtilen durum tüm değişkenlerin çoklu sınıflayıcı olduğu ve çoklu çözüm sonuçlarına gidildiğini gösterir(Hsieh, 2001).

Ele alınan bu analiz yardımıyla hayvansal üretim faaliyetinde bulunan işletmelerden toplanan veriler DOKKA yardımıyla, üreticilerin davranışları ve tutumları aralarındaki farklar ortaya konularak sonuçlar yorumlanacaktır.

BULGULAR

Giresun ilinde büyükbaş yetiştiriciliği faaliyeti yürüten 20265 adet işletme bulunmaktadır. Söz konusu işletmelerin ilçelere göre dağılımı ve toplam hayvan varlığı aşağıdaki Çizelge 1.'de özetlenmiştir.

	İlçe	İşletme Sayısı	Toplam Hayvan Varlığı
1	ALUCRA	648	7.660
2	BULANCAK	2.408	18.785
3	ÇAMOLUK	467	3.626
4	ÇANAKÇI	658	2.150
5	DERELİ	2.566	18.442
6	DOĞANKENT	528	1.873
7	ESPİYE	2.172	9.553
8	EYNESİL	543	1.842
9	GÖRELE	805	2.739
10	GÜCE	891	2.891
11	KEŞAP	1.048	5.338
12	MERKEZ	1.914	49.543
13	PİRAZİZ	786	3.540
14	ŞEBİNKARAHİSAR	1.883	31.723
15	TİREBOLU	1.315	4.988
16	YAĞLIDERE	1.633	9.022
	TOPLAM	**20.265**	**173.715**

Çizelge 1. Giresun ilçeleri işletme sayıları ve toplam hayvan varlığı (Anonim,2019)

Sosyo-Ekonomik Özellikler

Araştırmada ankete katılanların sosyo-ekonomik özellikleri de ele alınmıştır. Araştırmada ele alınan sosyo-ekonomik özellikler yaş grupları, cinsiyetleri, medeni halleri, eğitim durumları, gelir seviyeleri, sosyal güvence durumları, ailedeki fert sayısı, toplam arazi büyüklükleri, yem bitkisi ekiliş alanları, hayvansal üretimin tarımsal üretimdeki payı irdelenmiş olup, çiftçilerin sosyo-ekonomik durumunu gösteren veriler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Ankete katılım sağlayan yetiştiricilerin; 24-35 yaş arasında %28,28, 35-60 yaş arasında %58,59 ve 60 yaş üzeri yetiştiricilerin %13,13'tür.Cinsiyete bakıldığında %85,86 erkek ve %14,14 kadındır. Medeni durumları ele alındığında %85,86 evli ve %14,14 bekardır.

Aile birey sayılarında 1-2 birey sayısına sahip aileler %6,06 iken 3-5 bireyli aile sayısı %65,66 ve 6 birey ve üstü aile sayısına bakıldığında %28,28 olarak tespit edilmiştir. Anket yapılan işletmelerde geniş aile modelinin yoğunlukta olduğu saptanmıştır.

Eğitim durumlarına bakıldığında ilkokul mezunları %36,37, ortaokul mezunları %16,16, lise mezunları %24,24 ve üniversite mezunları %23,23 tespit edilmiştir. Gelir seviyelerinde ise düşük %28,28, orta %62,63 ve yüksek %9,09 olarak saptanmıştır. Eğitim durumları ve gelir durumları kontrol edildiğinde eğitim durumu arttıkça gelir seviyelerinin arttığı saptanmıştır. Sosyal güvence durumlarına bakıldığında SSK kayıtlı yetiştirici oranı %32,32 iken Bağ-Kura kayıtlı %36,37'dir, emekli sandığına kayıtlı %15,15 ve sosyal güvencesi olmayanlar ise %16,16 olarak saptanmıştır.

Yetiştiricilerin üretim faaliyetleri ele alındığında hayvansal üretimden gelir elde edenlerin payı %43,43 ve hem hayvansal hem bitkisel üretimden elde edenlerin payı ise %56,57'dir.Ankete katılım sağlayanların kooperatif, dernek, birlik üyelik durumlarına bakıldığında %90,91 üyeliklerinin olduğu ve %9,09 ise herhangi bir kooperatif, dernek ve birliğe üyelikleri yoktur. Herhangi bir eğitim ve kursa katılım durumları ele alındığında ise %19,19'unun eğitim veya kursa katıldıkları ve %80,81'inin ise herhangi bir eğitim veya kursa katılmadığı saptanmıştır.

Çizelge 2. Yetiştiricilerin Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Değişkenler	Sayı	%
Yaş		
24-35	28	28.28
35-60	58	58,59
>60	13	13,13
Cinsiyet		
Erkek	85	85,86
Kadın	14	14,14
Medeni hali		
Evli	85	85,86
Bekar	14	14,14
Aile birey sayısı		
1-2	6	6,06
3-5	65	65,66
>6	28	28,28
Eğitim durumu		
İlkokul	36	36,37
Ortaokul	16	16,16
Lise	24	24,24
Üniversite	23	23,23
Gelir seviyesi durumu		
Düşük	28	28,28
Orta	62	62,63
Yüksek	9	9,09
Sosyal güvence durumu		
SSK	32	32,32
Bağ-kur	36	36,37
Emekli sandığı	15	15,15
Sosyal güvencesi olmayanlar	16	16,16
Üretim faaliyeti		
Hayvansal üretim	43	43,43
Hayvansal üretim +Bitkisel üretim	56	56,57
Kooperatif, dernek, birlik üyelik durumları		
Evet	90	90,91
Hayır	9	9,09
Herhangi bir eğitim veya kursa katılım durumları		
Evet	19	19,19
Hayır	80	80,81

İşletmelerin Yapısal Özellikleri

Araştırmaya katılan yetiştiricilerin işletmelerine ait özellikler ele alındığında (Çizelge 3); toplam arazi büyüklükleri ortalama 31,82 da olarak saptanmıştır. Toplam arazi büyüklüğü içerisinde ise yem bitkisi ekili alanı ortalama 8,43 da olarak tespit edilmiştir. Coğrafi koşullar ve iklim ele alındığında araştırmanın yapıldığı bölgenin yükseltisinin fazla, bulutlu gün sayısının yüksek, yem bitkisi ekiliş alanı için yeterli arazinin azlığı dikkati çekmektedir. Yem bitkisi ekiliş alanlarının genellikle daha düz ve eğimsiz olan iç ilçelerde olduğu tespit edilmiştir.

Yetiştiricilerin hayvan varlığına bakıldığında ortalama 9,69 baş ve sağım yapılan hayvan sayısında ise ortalama 4,81 baş olarak tespit edilmiştir. Yetiştiricilerin işletmelerindeki besledikleri hayvan sayılarından genellikle bölgede küçük aile işletme modelinin benimsendiği saptanmıştır. Yetiştiricilerin sahip oldukları ahır yaşı ise 19,31 yıl olarak gözlemlenmiştir. İşletmelerin çalışan sayıları ortalama ise 1,48 kişidir.

Ankete katılım sağlayan yetiştiricilerin uzun yıllar boyunca hayvansal üretim yaptıkları, küçük aile işletmesi modelinin yoğun olarak benimsendiği ve genellikle çalışanların kendileri ve aile bireylerinden oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Yetiştirici İşletmelerin Yapısal Özellikleri

Değişkenler	**Ortalama**
Toplam arazi büyüklüğü (da)	31.82
Yem bitkisi ekiliş alanı (da)	8,43
Hayvan varlığı sayısı (baş)	9,69
Sağım yapılan hayvan sayısı (baş)	4,81
Ahır yaşı (yıl)	19,31
Çalışan sayısı (kişi)	1,48

Hayvan Besleme Bilgileri

Araştırmaya katılan yetiştiricilerin hayvan besleme bilgileride incelenmiştir. Hayvan besleme bilgileri için olmazsa olmaz dedikleri yem, kaba yemi nereden temin ettikleri, tüm hayvanlarına aynı miktarda mı yem verdiği, hayvanlara verdiği yemin kalitesinin önemli olup olmadığı, işletmesine karma yem alırken en önemli kriterin ne olduğu, buzağılara verilen günlük süt miktarı, buzağı başlangıç yemi kullanım durumları, işletmede rasyon yapım durumu, rasyonu kimin düzenlendiği, hayvanları beslerken gruplara ayırıp ayırmadığı ve hayvanlarını meralar otlatma durumları ele alınmış olup (Çizelge 4.) gösterilmiştir.

Katılımcılara hayvancılık için olmazsa olmaz yem sizce ne olmalıdır sorusuna saman diyenler %64,65, yonca diyenler %15,15, çayır otu diyenler %16,16, fabrika yemi diyenler %1,01 ve arpa diyenler %3,03'tür.Kaba yemi ne şekilde temin ediyorsunuz sorusuna ise kendi üretimin diyenler %26,26, kooperatif vasıtasıyla dışarıdan satın alıyorum diyenler %2,02, dışarıdan satın alıyorum diyenler %63,64 ve çoğunlukla otlatma diyenler %8,08 olmuştur.

İşletmenizdeki bütün hayvanlara aynı miktarda mı yem veriyorsunuz diye sorulduğunda evet diyenler %43,43,verdiğiniz yemin kalitesi sizce önemli mi diye sorulduğunda %82,83 evet diyerek cevaplamışlardır. Karma yemi satın alırken en önemli kriterleri olarak kaliteli olmalı diyenler %48,49, fiyatı diyenler %44,44, yemin markası diyenler %1,01, komşu işletme tavsiyesi diyenler %6,06 saptanmıştır.

Buzağılara içirilen günlük süt miktarı sorulduğunda miktarını bilmiyorum diyenler %34,35 dikkat çekmektedir. Buzağı başlangıç yemini kaç günlük yaştan itibaren kullanmaya başlıyorsunuz diye sorulduğunda %43,44'ü kullanmadıklarını söylemişlerdir.

Yetiştiricilerin işletmelerinde %80,81'inin besleme programı/rasyon hazırlamadıkları, rasyonları yem firması çalışanları hazırlıyor diyenler %5,05, rasyonu veteriner hekim hazırlıyor diyenler %14,14 ve rasyonu kendim hazırlıyorum diyenler %80,81 olarak saptanmıştır.

Hayvanları beslerken gruplara ayırıp mı besliyorsunuz diye sorduğumuzda evet ayırıyorum diyenler %43,43, hayır ayırmıyorum diyenler %56,57 ve hayvanlarınızı meralarda otlatma durumlarına bakıldığında ise merada otlatanlar %78,79, otlatmıyorum diyenler %21,21 olarak saptanmıştır. Toplam çayır mera varlığı ele alındığında Karadeniz bölgesinde (Anonim, 2001) sayımında 1516634 ha çayır mera alanına sahip olduğu tespit edilmiş olup, çayır alanlarının kuru ot verimi 3000 kg/ha ve mera alanlarının ise 450 kg/ha olarak hesaplanmıştır (FAO, 2002).

Meraların ıslah edilmesi amacıyla kiraya verilmesine imkân tanıyan 4342 sayılı Mera Kanunu ve kanun kapsamında çıkarılan yönetmelik Ülkemizde 1998 yılında yasalaşarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanun gereğince illerde mera komisyonları başkanlığında sahip olduğumuz bu alanlarının tespit, tahdit, tahsis ve ıslah çalışmaları bütün illerimizde yürütülmektedir.

Çizelge 4. Hayvan Besleme Bilgileri

Değişkenler	Sayı	%
Hayvancılık için olmazsa olmaz yem sizce nedir		
Saman	64	64,65
Yonca	15	15,15
Çayır Otu	16	16,16
Fabrika Yemi	1	1,01
Arpa	3	3,03
Kaba yemi nereden temin ediyorsunuz		
Kendi üretimim	26	26,26
Kooperatifler vasıtasıyla dışarıdan satın alıyor	2	2,02
Dışarıdan satın alıyorum	63	63,64
Çoğunlukla otlatma	8	8,08
İşletmenizdeki bütün hayvanlara aynı miktarda mı yem veriyorsunuz		
Evet	43	43,43
Hayır	56	56,57
Hayvana verdiğiniz yemin kalitesi sizce önemli mi		
Evet	82	82,83
Hayır	17	17,17
Karma yemi satın alırken en önemli kriter nedir		
Kaliteli olması	48	48,49
Fiyatı	44	44,44
Yem firması	1	1,01
Komşu işletme tavsiyesi	6	6,06
Buzağılara içirilen günlük süt miktarı nedir		
1-3 lt	27	27,27
4-5 lt	31	31,31
6-7 lt	7	7,07
Miktarını bilmiyorum	34	34,35
Buzağı başlangıç yemi verilmesine kaç günlük yaşta başlıyorsunuz		
1 günlükken	8	8,08
6 -7 günden itibaren	28	28,28
1-4 hafta arasında	20	20,20
Kullanmıyorum	43	43,44
İşletmedeki hayvanlara besleme programı/rasyon yapıyor musunuz		
Evet	19	19,19
Hayır	80	80,81
Rasyonu kim düzenliyor		
Yem firması çalışanları	5	5,05
Veteriner hekim	14	14,14
Kendim	80	80,81
Hayvanları beslerken gruplara ayırıyor musunuz		
Evet	43	43,43
Hayır	56	56,57
Hayvanlarınızı merada otlatıyor musunuz		
Evet	78	78,79
Hayır	21	21,21

Pazarlama Durumu

Araştırmaya katılan yetiştiricilerin hayvansal üretimi ne amaçla yaptıkları, işletmede elde ettikleri sütü nasıl değerlendirdikleri ve sütü satış şeklinden memnun olup olmadıkları sorulmuş ve (Çizelge 5.) gösterilmiştir. Hayvansal üretimi ne amaçla yaptıkları sorulduğunda aile tüketimi için diyenler %26,26, pazar geliri elde etmek için diyenler %12,12, hobi amaçlı diyenler %4,04 ve hem aile tüketimi hem de pazar geliri elde etmek için diyenler ise %57,58'tir.

İşletmelerin elde ettikleri sütü bireysel olarak pazarlayanlar %35,35, mandıra ve kooperatiflere satarak %8,08, kendim işliyorum diyenler %54,55, diğer diyenler ise %2,02'dir.Sütü satış şeklinden memnunum diyenler %57,58 ve memnun değilim diyenler %42,42 olarak saptanmıştır.

Çizelge 5. Pazarlama Durumları

Değişkenler	Sayı	%
Hayvansal üretimi ne amaçla yapıyorsunuz		
Aile tüketimi	26	26,26
Pazar geliri elde etmek için	12	12,12
Hobi amaçlı	4	4,04
Hem aile tüketimi ve hem pazar geliri elde etmek için	57	57,58
İşletmede elde ettiğiniz sütü nasıl değerlendiriyorsunuz		
Bireysel olarak pazarlama	35	35,35
Mandıra veya koop satarak	8	8,08
Kendim işliyorum (Tereyağ, yoğurt vb. gibi)	54	54,55
Diğer	2	2,02
Sütü satış şeklinizden memnun musunuz		
Evet	57	57,58
Hayır	42	42,42

Bilgi Kaynaklarından Yararlanma Durumları

Araştırmaya katılan yetiştiricilerin herhangi bir yeniliği uygulamaya karar verirken en çok ne teşvik ettiği, hayvancılıkla ilgili kitap, dergi vb. gibi okuma durumları, hayvancılıkla ilgili tv programı izleme durumları, tarım fuarlarına katılım durumları, internet kullanıp kullanmadıkları, ihtiyaç duydukları yardımları en kolay hangi bilgi kaynağından sağladıkları, üretim için gerekli olan bilgileri hangi kaynaktan sağladıkları (Çizelge 6.) gösterilmiştir.

Yetiştiricilere herhangi bir yeniliği uygulamaya karar verirken sizi en çok ne teşvik eder diye sorulduğunda ucuz olması diyenler %28,29, bilgi düzeyim diyenler %11,11, denenebilir olması diyenler %16,16, diğer çiftçilerin denemiş olması diyenler %21,21 ve gelirimi artıracağımı düşünmem diyenler %23,23'tür.

Hayvancılıkla ilgili kitap, dergi okurum diyenler %42,42, hayvancılıkla ilgili tv programı izlerim diyenler %81,82 iken tarım fuarına katılanlar %18,18, internet kullanım durumlarına bakıldığında %72,73 kullandığı, işletme sahiplerinin ihtiyaç duydukları bilgileri en kolay ulaştıran bilgi kaynağı sorulduğunda televizyon diyenler %37,37, kitap ve dergiler diyenler %5,05, gazete diyenler %3,03 ve internet bilgileri diyenler ise %54,55'tir.

Üretim için bilgilere hangi kaynaklardan ulaştıkları sorulduğunda gazete diyenler %7,07, internet diyenler %41,42, televizyon kanalları diyenler %38,38, kitap ve dergiler diyenler %2,02 ve tarımsal yayımlar diyenler ise %11,11'dir.

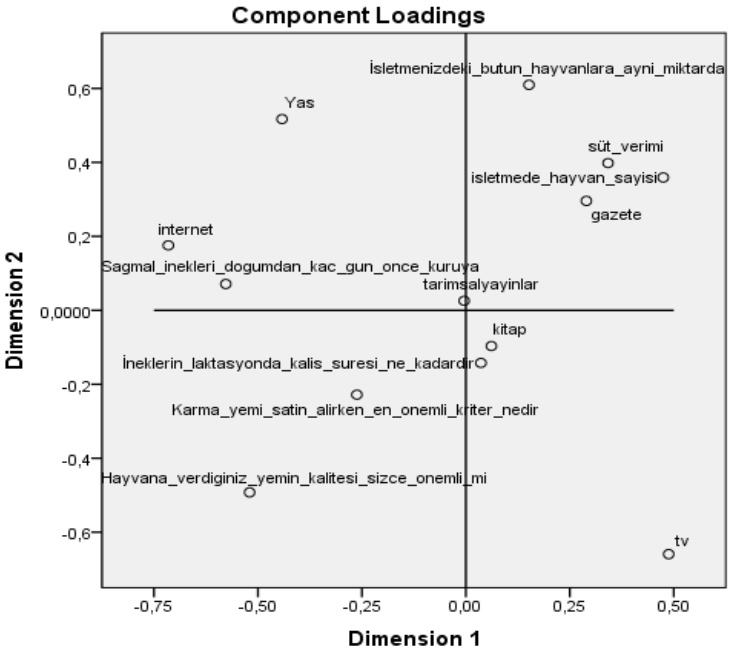
Çizelge 6. Bilgi Kaynaklarından Yararlanma Durumları

Değişkenler	Sayı	%
Herhangi bir yeniliği uygulamaya karar verirken sizi en çok ne teşvik eder		
Ucuz olması	28	28,29
Bilgi düzeyim	11	11,11
Denenebilir olması	16	16,16
Diğer çiftçilerin denememiş olmaları	21	21,21
Gelirini arttıracağını düşünme	23	23,23
Hayvancılıkla ilgili yazılı kitap, dergi vs, okur musunuz		
Evet	42	42,42
Hayır	57	57,58
Hayvancılıkla ilgili TV programı izler misiniz		
Evet	81	81,82
Hayır	18	18,18
Tarım fuarlarına katıldınız mı		
Evet	18	18,18
Hayır	81	81,82
İnternet kullanıyor musunuz		
Evet	72	72,73
Hayır	27	27,27
İşletme sahibi olarak ihtiyaç duyduğunuz yardımları en kolay ulaştıran bilgi kaynağı		
Televizyon	37	37,37
Kitap ve Dergiler	5	5,05
Gazeteler	3	3,03
İnternet Bilgileri	54	54,55
Üretim için bilgilere hangi kaynaklardan ulaşıyorsunuz		
Gazete	7	7,07
İnternet	41	41,42
Televizyon Kanalları	38	38,38
Kitap ve Dergiler	2	2,02
Tarımsal Yayınlar(Liftler, Broşürler)	11	11,11

DOKKA analizine alınan on üç değişken analiz edilmiştir. DOKKA analizinde Set 1 ile Set 2 ile Set 3 28 iterasyon ile yakınsama sağlanmıştır. Nesne skorları değerleri belirlenmiş, kayıp fonksiyonu minimize edilmiştir en uygun çözüme ulaşılmıştır. DOKKA analizine göre bakıldığında ortalama kayıp değeri 1. Boyut (Dimension 1) için 0.428, 2. boyut için ise 0.449 bulunmuştur. Kayıp değeri sıfıra yakın bir değer olması çözümün açıklayıcı gücünün yüksek olduğu göstermektedir. Ortalama kayıpların 1'den çıkarılmasıyla boyutlarda gösterilen ilişkinin miktarı elde edilir. 1. boyutta gösterilen ilişkinin miktarı 0.572 ve 2. boyutta gösterilen ilişkinin miktarı 0.551 olarak bulunmuştur. Analiz için toplam uyum değeri 1.123 olarak hesaplanmıştır. Bu analiz için uyumun alabileceği en yüksek değer 2 olacağından (%56.15) bulunan değer kabul edilebilir ölçüler açısından sınırda olduğundan söz edilebilinir.

Bileşen yükleri grafiğinde (Şekil 1.) ele alınan değişkenlerin orjinden mümkün olduğunca uzak olmaları beklenmektedir. Uzaklık derecesi ne kadar fazla ise bu değişkenlerin önemi o derece artmaktadır. DOKKA analizine göre en önemli değişkenler Televizyon, İşletmede bütün hayvanlara aynı yemin verilme durumu ile hayvanlara verilen yemin kalitesi kriteri oluşturmaktadır. Tarımsal yayım ile Kitap en düşük önem derecesine sahip kriterlerdir.

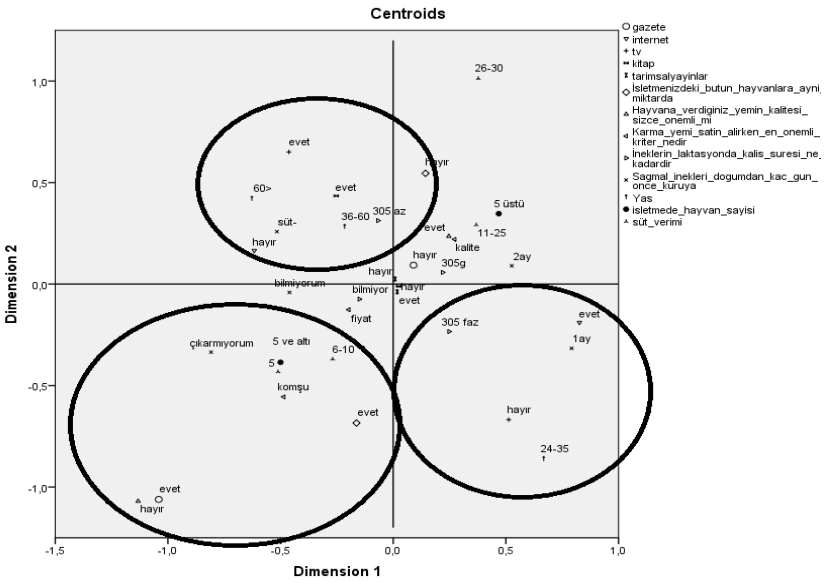
Şekil 1. Bileşen yükleri grafiği



Centrino grafiği (Şekil 2.) incelendiğinde televizyon ile kitap bilgi kaynağı olarak kullanan fakat internet kullanmayan işletmelerin yaşları otuz beş yaş ve üzeri olup, sütü düşünce kuru dönemi başlatan ve laktasyon süreleri 305 günden az olan işletmelerden oluşmaktadır. Bir diğer grup ise internet kullanan televizyonu bilgi kaynağı olarak kullanmayan 24-35 yaş arası işletmelerden oluşuyor olup, kuru döneme doğumdan bir ay önceden alan ve laktasyon süresi 305 günden fazla olan işletmelerdir. Son olarak komşusunu bilgi kaynağı olarak gören, gazete okuyan beş baş ve altı hayvanı olan süt verimi 5 ila 10 litre arası işletmeler yeme önem vermeyen ve işletmesinde yer alan tüm hayvanlara aynı yem veren sağmal ineklerini doğumdan önce kuruya çıkartmayan işletmeler oluşturmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde hayvan sayısı az olan işletmelerin bilgi kaynaklarının yetersiz olduğundan söz edilebilir.

Şekil 2. Centrino grafiği



SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada ankete katılım sağlayan yetiştiricilerin yaş ortalamalarının yüksek olduğu, aile birey sayılarının fazla olduğu ve üretimde geniş aile modelinin yoğunluğu gözlenmiştir. Eğitim durumları ve gelir durumlarına bakıldığında eğitim durumu artıkça gelir seviyelerinin arttığı tespit edilmiştir. Araştırmaya katılan yetiştiricilerin %16,16'sının sosyal güvencesinin olmadığı saptanmıştır.

İşletmelerin tamamına yakınının kooperatif, dernek veya birlik üyeliklerinin olduğu fakat üye olmalarının bilgiye ulaşma ve bilgi kaynaklarından yararlanmada aktif olarak kullanmadıkları tespit edilmiştir. Herhangi bir eğitim ve kursa katılanların oranı %19,19 olduğu gözlenmiş olup, bölgede yapılan eğitim ve kurslara yeterli ilginin gösterilmediği saptanmıştır.

İşletmelerin yapısal özellikleri ele alındığında işletmelerin arazi varlığında orta ölçekli arazilere sahip oldukları, yem bitkisi ekiliş alanlarının azlığı dikkat çekmektedir. Yem bitkisi ekiliş alanlarının azlığı bölgenin coğrafi koşulları gereği yüksek ve engebeli oluşu, yem bitkisi ekiliş ve yetiştirme olanakları elverişsizdir. Yem bitkisi ekiliş alanlarının daha düz ve eğimli olmayan iç kesimlerde olduğu tespit edilmiştir.

İşletmelerdeki hayvan varlıklarına bakıldığında ise hayvan varlıklarının ve sağımı yapılan hayvan sayısının az olduğu, işletmelerde çalışan sayısının 1,48 kişi olduğu saptanmış olup, genellikle küçük aile işletme modelini benimsedikleri tespit edilmiştir. İşletmelerde genellikle aile bireylerinin çalıştığı ve ahır yaşı ortalamalarının yüksek olması sebebiyle hayvancılık faaliyetlerine uzun yıllardan beri devam ettikleri tespit edilmiştir.

Yetiştiricilerin tamamına yakınının devlet desteklerinden yararlandıkları ve devlet desteklerinden haberdar oldukları anlaşılmıştır. Yetiştiricilerin hayvancılık desteği, mazot-gübre desteği, fındık alan bazlı gelir desteğinden yararlanma durumlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yetiştiricilerin desteklerden yaralanmadan önce desteklemelerle bilgileri kamu kurumlarını ve işletmelerinde karşılaştıkları sorunları ise kamu kurumları ve serbest veteriner hekimlere danıştıkları gözlemlenmiştir. Hem bitkisel üretim hem hayvansal üretim yapanların payı %56,57'dir. İşletmelerin devlet desteklerindeki teşvikle birlikte işletmelerini büyütmek ve geliştirmek için desteklere ihtiyaç duydukları anlaşılmaktadır.

Hayvan yetiştirme bilgileri bakımından yetiştiricilerin bilgi düzeylerinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Laktasyonda kalış sürelerinde büyük bir kısmının bilgisinin olmadığı, kuruya çıkarmada süresini bilmeyenler, hayvanların yetiştirme ortam sıcaklığı ve hayvan başına düşen yaşama alanı konularında yetersiz oldukları anlaşılmıştır. Ayrıca bölgedeki yetiştiricilerin büyük bir çoğunluğu geleneksel üretimi benimsemişlerdir.

İşletme sahiplerinin yetiştirme bilgi birikimlerinin sınırlı olduğu ve işletmelerin birbirilerini etkiledikleri saptanmıştır. İşletmeler arası çoğunluk tarafından uygulanan ve kabul görmüş teknikleri uyguladıkları söylenebilir. Hayvan yetiştirme bilgilerindeki eksiklikler gidermek için gerekli eğitim ve yayım programlarına ağırlık verilmelidir.

Hayvan besleme bilgileri yönünden yetiştiricilerin en önemli sorunlarının başında kaba yem yetiştirme zorluğu, besleme bilgi eksiklikleri göze çarpmakta ve üretimde maliyeti artırmakla birlikte verimde büyük kayıplara sebep olmaktadır. Yetiştiricilerin büyük bir çoğunluğu kaba yemi dışarıdan satın aldığını, karma yemin kalitesinin önemli olduğunu, karma yemin kalitesinden sonra fiyatının en önemli ölçüt olduğu tespit edilmiştir. Buzağılara içirilen günlük süt miktarı sorulduğunda bilmiyorum diyenler %34,35 ve buzağı başlangıç yemi kullanmayanlar %43,44'tür.Yetiştiricilerin işletmelerinde rasyonu kendilerinin hazırladıklarını söyleyenlerin payı %80,81 olarak tespit edilmiştir.

Bölgeye uygun kaliteli ve verim düzeyi yüksek hayvan materyalleri ile iyi bir planlama ve yönetimle yeni teknojilerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Besleme bilgilerine bakıldığında en çok dikkat çeken başlığın meralarda otlatma süresi ve meralardan yararlanma durumu göze çarpmaktadır. Bölgenin çayır ve mera alanlarının geniş ve yaygın olması, çayır ve meralardaki ot verimlerinin yüksek olması, işletmelerin meralardan yararlanma ve kullanma

oranını artırmış olup kaba yem ihtiyacının karşılanmasında büyük katkı sağladığı tespit edilmiştir.

İşletmelerin hayvan varlığının ve süt verim miktarlarının düşük olması sebebiyle tarımsal alt yapı, teknik ve yönetimsel olarak eksiklikler görülmektedir. Bu sebebe bağlı olarak elle ve makinalı sağım şeklinin tercih edildiği saptanmıştır.

İşletmelerin süt verimlerinin az olmasından dolayı yetiştiricilerin elde ettikleri sütleri genellikle işledikten sonra bireysel pazarlamaya yöneldikleri anlaşılmıştır.

Araştırmaya katılan yetiştiricilerin bilgi kaynaklarından yararlanma durumlarına bakıldığında herhangi bir yeniliği uygulamaya karar verirken en çok ucuz olması ve gelirini artıracaklarını düşünmeleri teşvik etmektedir.

Bilgi kaynaklarından yetiştiricilerin kitap, dergi vb. gibi yazılı yayımlar yerine tv programlarını seçtikleri ve etkin şekilde yararlandıkları anlaşılmıştır. Yetiştiricilerin tarım fuarlarına katılım sağlamadıkları ve gerekli ilgiyi göstermedikleri tespit edilmiştir. İhtiyaç duydukları bilgiye en kolay internet ve televizyon kanallarından ulaştıkları anlaşılmıştır. Tarımsal yayım ve kitaplar en düşük önem derecesine sahip olup, yeterince kullanmadıkları anlaşılmıştır.

Hayvansal ürün üreticilerinin hayvan beslemede doğru ve sağlıklı bilgi edinmek için bilgi kaynaklarını bilmesi, bu bilgi kaynaklarına ulaşması veya elde edilen bilgiyi en iyi şekilde kullanması gerekmektedir. Temel olan, çiftçilerin eğitimi ve onların ihtiyaç duydukları bilgiyi onlara ulaştırmaktır. Çünkü ürünlerin üretilip tüketiciyle buluşuncaya kadarki süreçte çiftçilerin bilgi düzeylerinin yükseltilmesi ve yeni teknikleri yada teknolojileri onlara tanıtmak ve uygulamaya geçirebilmek için gerekli bilgi ve beceriyi kazandırmak gerekmektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalar ülkemiz hayvancılık işletmelerinde daha etkin bir şekilde kullanımına ışık tutacaktır.

KAYNAKÇA

Anonim, 2001. Genel Tarım Sayımı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü.

Anonim, 2019. TUİK verileri. Erişim adresi: www.tuik.gov.tr

Budak, D 1996. Gelişmekte Olan Ülkelerde Kamu ve Özel Sektör, Türkiye II. Tarım Ekonomisi Kongresi, Çift: 2, 423 426. s., Adana.

Burg and de Leeuw, 1998. Homogeneity Analysis with k Sets of Variables: An Alternating Least Squares Method with Optimal Scaling Features. Psychometri, 53(2), 177-197.

FAO, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Resmi İnternet Sitesi Verileri.

Filiz, Z.,Kolukısaoğlu, S. 2012. Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi Ve Bir Uygulama, Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 8,(16), 59-75.

Gifi, A. 1989. Algorithm Descriptions For Anacor Homals Princals And Overals. Research Report, RR 89-01.

Giray, S. 2011. Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi Ve Yasam Memnuniyeti Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Hornik, R., 1978. The Role of Communication in Education. Stanford University, Istitute for Communication Research.

Hsieh, W.W. 2001.Nonlinear canonical correlation analysis of the tropical pacific climate variability using a neural network approach. Journal Of Climate, 14, 2528-2539.

Kumuk, T. ve Taluğ, C. 1996. Türk Tarımsal Yayım Sisteminde Değişim İhtiyacı. Türkiye II. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 4 6 Eylül 1996, Bildiri Kitabı, Adana.

Kutlar İ., Turhanoğulları Z., Kızılay H., 2013. Kırsal Alanda Kadınların İşgüne ve Kararlara Katılımını Etkileyen Sosyoekonomik Faktörlerin Belirlenmesi: Burdur İli Örneği. TEBGE Yayın No:218.

Kutlu, H.,Gül, A., Görgülü, M., 2003. Türkiye Hayvancılığının Sorunları ve Çözüm Yolları. I.Damızlık Hayvan-Kaliteli Yem. Yem Magazin Dergisi. Sayı:34, 40-46s

Michailidis, G., de Leeuw, J. 1996. The Gifi System of Descriptive Multivariate Analysis, Technical Report, UCLA Statistics Program, Preprint 204, 1996.

Röling, N. 1988. Extension Science: Information Systems in Agricultural Development. Cambridge University Press, Great Britain. 245 p.

Süt, N. 2001. Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi Ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Taluğ C, Tatlıdil F, 1993. Tarımsal Yayım ve Haberleşme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No: 141, Ankara.

Tekin, M. 1993 Kanonik Korelâsyon Analizi ve Bir Uygulama. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Theodosiou, T., Angelis, L., Vakali, A. 2012. Exploring The Canonical Correlation Of Biomedical Article Keywords To MeSH Terms. http://medlab.cs.uoi.gr/itab2006/proceedings/Education%20&%20Training/22.pdf [Erişim: Aralık.2021]

Yalçın, M. ve Boz, İ. 2007. Kumluca İlçesinde Seralarda Üreticilerin Kullandıkları Bilgi Kaynakları. Bahçe. 36(1): 1-10.https://dergipark.org.tr/tr/pub/bahce/issue/3351/46365

Yamane,T. 2001. Örnekleme Yöntemleri, Çeviren: Esin A., Aydın C., Bakır M.A., Gürbüzsel E.,Literatur Yayıncılık, Istanbul.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Bıldırcın Yumurtalarının Kaplanmasında Kullanılan Kitosanın Yumurta Ağırlık Kaybı ve Albumen pH'sına Etkisi

Gözde KILINÇ[1]
Fadime SEYREKOĞLU[2]

Özet

Bu çalışmada, Japon bıldırcın (*Coturnix coturnix japonica*) yumurtalarının kaplanmasında kullanılan kitosanın yumurta ağırlık kaybı ve albumen pH'sı üzerine etkileri belirlendi. Çalışmada taze (günlük) ve ağırlık yönünden homojen olan (P>0.05) toplam 45 adet yumurta ile 3 farklı grup (K, Kit-1, Kit-2) oluşturuldu. Yumurtalar asetik asit ile hazırlanan farklı iki konsantrasyondaki (%0.125, %0.250) kitosan materyali ile kaplandı. Kontrol grubunda ise herhangi bir kaplama materyali kullanılmadı. Yumurtalar 3 hafta süre ile oda sıcaklığında bıldırcın yumurta viyolleri içerisinde depolandı. Haftalık tartımlar sonucunda belirlenen yumurta ağırlıklarından haftalık ve genel ağırlık kayıpları % olarak hesaplandı. Albumen pH'sı ise deneme sonunda belirlendi. Farklı 3 depolama süresince yumurtaların ağırlık kayıpları ve deneme sonu albumen pH'sı bakımından gruplar arasında anlamlı bir fark olmadı (P>0.05). Ancak tüm haftalarda (1., 2. ve 3. haftalar) rakamsal olarak en düşük yumurta ağırlık kaybı ve albumen pH'sı Kit-2 (P>0.05) grubunda görüldü. Yumurtaların genel (1-3 hafta arası) ağılık kaybı yönünden ise gruplar arasında önemli bir fark oldu (P<0.05). Genel ağırlık kayıpları değerlendirildiğinde kitosanın %0.250 düzeyi ile hazırlanan kaplama materyali kullanımında yumurta ağırlık kaybının daha düşük (P<0.05) olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen verilere göre düşük konsantrasyonlarda (%0.125, %0.250) kitosan ile hazırlanan kaplama materyalinin haftalık ağırlık kaybı ve albumen pH'sını etkilemediği ortaya konuldu. Bu nedenle, daha yüksek konsantrasyonlarda farklı organik çözücülerle hazırlanan kaplama materyallerinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta Kaplama, Kitosan, Bıldırcın, Ağırlık Kaybı, Albumen pH

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Orcid: 0000-0002-8667-3390
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Orcid: 0000-0001-9787-4115

1. Giriş

Depolama süresince yumurtanın ağırlık kaybı artmakta; Haugh birimi, albumen indeksi ile sarı indeksi gibi değerler düşmekte; albumen pH'sı yükselmekte ve dolayısıyla yumurtada kalite kaybı meydana gelmektedir (Copur vd., 2008). Bunların önlenebilmesi için çeşitli yöntemler denenmektedir. Bu yöntemlerden biri de yumurtanın kaplanmasıdır (Oliveira vd., 2020). Kitosan (Caner ve Cansız, 2008; Wardy vd., 2011; Yang vd., 2019; Derelioğlu ve Turgay, 2022; Xu vd., 2018; Yüceer ve Caner, 2014); melas (Seyrekoğlu ve Kılınç, 2022); pektin (Didar, 2019; Yuan vd., 2022); propolis (Sahinler vd., 2009); peynir altı suyu (Alleoni ve Antunes, 2004) ve çeşitli yağların (Nongtaodum vd., 2013; Perera ve Wickramasinghe, 2016; Hisanithy ve Mahendran, 2023) yumurta kaplama materyali olarak araştırıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada düşük konsantrasyonlarda (%0.125 ve %0.250) hazırlanan kitosanın bir kaplama materyali olarak bıldırcın yumurtalarında ağırlık kaybı ve albumen pH'sına etkisi değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kaplama Materyalinin Hazırlanması

Bu çalışmada asetik asit ile hazırlanan kitosan kaplama materyali olarak kullanıldı. Kitosan, distile su ile %0.125 ve %250 olmak üzere farklı iki oranda hazırlandı. Hazırlanan çözelti içerisine %1 konsantrasyonda asetik asit ilave edilerek manyetik karıştırıcıda kitosan çözünene kadar bekletildi. Asetik asit, kitosanın çözünebilirliğini arttırmak için kullanıldı.

2.2. Grupların Oluşturulması

Çalışma kapsamında biri kontrol (K) ve diğer ikisi deneme grubu (Kit-1 ve Kit-2) olacak şekilde toplam 2 grup oluşturuldu (Tablo 1). Her bir grupta 15'er adet olmak üzere günlük (taze) olarak temin edilen toplam 45 bıldırcın (*Coturnix coturnix japonica*) yumurtası kullanıldı.

Tablo 1. *Deneme Planı*

Gruplar	Kaplama Materyali	Oran (%)
K	-	-
Kit-1	Kitosan	0.125
Kit-2	Kitosan	0.250

2.3. Yumurtaların Kaplanması ve Depolanması

Çalışmada deneme grubu yumurtaları farklı iki oranda (%0.125 ve %0.250) kitosan ile hazırlanan materyal ile daldırma yöntemi kullanılarak kaplandı. Kontrol grubunda ise herhangi bir kaplama materyali kullanılmadı. Kaplanan yumurtalar, üzerinde kalan fazla çözeltinin süzülmesi için bekletildi ve sonrasında hassas terazi (0.001 g duyarlılıkta) ile tartılarak başlangıç ağırlıkları kaydedildi. Kontrol grubu yumurtalarının da aynı şekilde başlangıç ağırlıkları alındı. Daha sonra tüm yumurtalar oda sıcaklığında toplam 3 hafta süre ile bıldırcın

yumurta viyolleri içerisinde depolandı. Yumurtaların depolandığı ortamın sıcaklık ve nem düzeyi kontrol edilerek kayıt altına alındı.

2.4. Yumurta Ağırlık Kaybının Belirlenmesi

Denemenin başlangıcı ile denemenin 1., 2. ve 3. haftasında yumurtaların 0.001 duyarlılıkta hassas terazida tartılmasıyla elde edilen verilerden haftalık yumurta ağırlık kayıpları aşağıdaki formül yardımıyla % olarak belirlendi (Bhale vd., 2003).

Yumurta Ağrılık Kaybı (%) =

[(Başlangıç Yumurta Ağırlığı)-(Son Yumurta Ağrılığı)]/[Başlangıç Yumurta Ağırlığı] x 100

2.5. Yumurta Albumen pH'sının Belirlenmesi

3 haftalık depolama sonunda yumurta albumen pH'sı belirlendi. Bunun için yumurta sarısından ayrılan albumenin pH'sı ölçüldü.

2.6. İstatistik Analiz

Verilerin varyans analizi one-way ANOVA ile yapıldı. Grupların karşılaştırılmasında Duncan testi uygulandı. Bu istatistiksel değerlendirmeler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 paket program kullanıldı (IBM Corp., 2011).

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında farklı oranlardaki kitosanla kaplanan yumurtalarda ağırlık kaybı (%) ve albumen pH'sı değerlendirildi.

3.1. Kitosanın Yumurta Ağırlık Kaybına Etkisi

Çalışmada 3 farklı (1. hafta, 2. hafta ve 3. hafta) depolama süresine ve tüm haftalara (genel) göre ağırlık kayıpları Tablo 2'de verildi.

Tablo 2. Kitosanın yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

Gruplar	Depolama Süresi (Hafta)			
	1	**2**	**3**	**1-3***
K	3.261	4.974	7.179	5.138[a]
Kit-1	2.858	4.571	6.380	4.603[a]
Kit-2	1.932	3.047	4.340	3.106[b]
SEM	0.307	0.474	0.643	0.311
P	0.196	0.220	0.180	**0.020**

a,b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($p<0.05$).
*Genel (1-3. haftalar arası) ağırlık kaybı. Kit-1, Kit-2: %0.125 ve %250 kitosan (sırasıyla).

Kitosanın genel (tüm haftaların grup ortalaması) yumurta ağırlık kaybı üzerine etkisi önemli ($P<0.05$) olurken haftalık (1. 2. ve 3. hafta) ağırlık kaybına etkisi önemsiz ($P>0.05$) oldu. Haftalık ağırlık kayıpları değerlendirildiğinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da rakamsal olarak en düşük yumurta ağırlık kaybı Kit-2 grubunda görüldü ($P>0.05$).

Genel ağırlık kayıpları değerlendirildiğinde kitosanın ise %0.250 düzeyi ile hazırlanan kaplama materyali kullanımında yumurta ağırlık kaybının daha düşük ($P<0.05$) olduğu tespit edildi.

Mevcut çalışmanın aksine kitosanın bir kaplama materyali olarak bıldırcın yumurtasında (Derelioğlu ve Turgay, 2022) ve tavuk yumurtasında (Caner, 2005; Caner ve Cansız, 2007; Kim vd., 2009; Torrico vd., 2011; Yüceer ve Caner, 2014; Wardy vd., 2011; Caner vd., 2022) depolama süresince ağırlık kaybını azalttığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu farklılığın kaplama materyali hazırlanırken kullanılan kitosanın oranı ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

3.2. Kitosanın Albumen pH'sına Etkisi

Bıldırcın yumurtalarının kaplanmasında kullanılan kitosanın albumen pH'sına etkisi Tablo 3'te verildi.

Tablo 3. Kitosanın yumurta albumen pH'sına etkisi

Gruplar	Albumen pH
K	10.43
Kit-1	10.51
Kit-2	10.41
SEM	0.031
P	0.371

Kit-1, Kit-2: %0.125 ve %250 kitosan (sırasıyla)

Bu çalışmada, albumen pH'sı bakımından gruplar arasında önemli bir fark olmadı ($P>0.05$). Rakamsal olarak ise en düşük pH, Kit-2 (10.41) grubunda oldu ($P>0.05$).

Mevcut çalışmanın aksine yapılan bazı çalışmalarda (Caner ve Cansız, 2008; Yüceer ve Caner, 2014) kitosanla kaplanan yumurtalarda albumen pH'sının kaplama yapılmayan gruplara göre daha düşük olduğu bildirmiştir.

Sonuç

Depolama süresinin artması ile birlikte yumurta kalitesinde bozulmalar meydana gelmektedir. Bunun önlenebilmesi için farklı kaplama materyalleri araştırılmaktadır. Bu çalışmada, %0.125 ve %0.250 oranlarında hazırlanan kitosan kaplama materyalinin bıldırcın yumurtalarında ağırlık kaybı ve albumen pH'sına etkisi değerlendirildi. Çalışmada:

- Kitosanın haftalık yumurta ağırlık kaybı ve deneme sonu yumurta albumen pH'sı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı,
- Genel ağırlık kaybının Kit-2 grubunda daha düşük olduğu belirlendi.

Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen verilere göre düşük konsantrasyonlarda (%0.125, %0.250) kitosan ile hazırlanan kaplama materyalinin haftalık ağırlık kaybı ve albumen pH'sını önemli düzeyde etkilemediği ortaya konuldu. Bu nedenle, daha yüksek konsantrasyonlarda farklı organik çözücülerle hazırlanan kitosan kaplama materyallerinin araştırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Alleoni, A. C. C., & Antunes, A. J. (2004). Albumen foam stability and s-ovalbumin contents in eggs coated with whey protein concentrate. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 6, 105-110.

Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K., & Meyers, S. P. (2003). Chitosan coating improves shelf life of eggs. *Journal of Food Science*, 68(7): 2378-2383.

Caner, C. (2005). The effect of edible eggshell coatings on egg quality and consumer perception. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *85*(11), 1897-1902.

Caner, C., & Cansız, O. (2007). Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(2), 227-232.

Caner, C., & Cansız, Ö. (2008). Chitosan coating minimises eggshell breakage and improves egg quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *88*(1), 56-61.

Caner, C., Coşkun, B. M., & Yüceer, M. (2022). Chitosan coatings and chitosan nanocomposite to enhance the storage stability of fresh eggs during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(7), e16642.

Copur, G., Camci, O., Sahinler, N., & Gul, A. (2008). The effect of propolis egg shell coatings on interior egg quality. *Archiv fur Geflugelkunde*, *72*(1), 35-40.

Derelioglu, E., & Turgay, Ö. (2022). Effect of chitosan coatings on quality and shelf-life of chicken and quail eggs. *African Journal of Food Science*, 16(3), 63-70.

Didar, Z. (2019). Effects of coatings with pectin and *Cinnamomum verum* hydrosol included pectin on physical characteristics and shelf life of chicken eggs stored at 30°C. *Nutrition and Food Sciences Research*, 6(4), 39-45.

Hisanithy, P., & Mahendran, T. (2023). Quality characteristics and shelf life of chicken eggs coated with different edible oils and stored at room temperature. http://ir.lib.ruh.ac.lk/xmlui/handle/iruor/10876

IBM Corp. (2011). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. IBM Corporation, Armonk, N. Y.

Kim, S. H., Youn, D. K., No, H. K., Choi, S. W., & Prinyawiwatkul, W. (2009). Effects of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. *International Journal of Food Science & Technology*, *44*(7), 1351-1359.

Nongtaodum, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Dhamvithee, P., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. *Journal of Food Science*, 78(2), S329-S335.

Oliveira, G. D. S., Dos Santos, V. M., Rodrigues, J. C., & Santana, Â. P. (2020). Conservation of the internal quality of eggs using a biodegradable coating. *Poultry Science*, *99*(12), 7207-7213.

Perera, T. M. C., & Wickramasinghe, H. K. J. P. (2016). Effect of edible oil coating on physico-functional properties and shelf life of chicken eggs stored at room temperature. Paper presented at the Proceedings of 15th Agricultural Research Symposium, Wayamba, Sri Lanka.

Sahinler, N., Guel, A., & Copur, G. (2009). Chemical composition and preservative effect of Turkish propolis on egg quality during storage. *Asian J. Chem*, 21, 1877-1886.

Seyrekoğlu, F., & Kılınç, G. (2022). Evaluation of weight loss and some sensory properties in quail eggs coated using different solutions (molasses, molasses+ agar, molasses+ glycerine, whey). *International Journal of Science Letters*, 4(2), 312-320.

Torrico, D. D., No, H. K., Sriwattana, S., Ingram, D., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Effects of initial albumen quality and mineral oil–chitosan emulsion coating on internal quality

and shelf-life of eggs during room temperature storage. *International journal of food science & technology*, *46*(9), 1783-1792.

Wardy, W., Torrico, D. D., Jirangrat, W., No, H. K., Saalia, F. K., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. *LWT-Food Science and Technology*, *44*(10), 2349-2355.

Xu, D., Wang, J., Ren, D., & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. *Coatings*, 8(9), 317.

Yang, K., Dang, H., Liu, L., Hu, X., Li, X., Ma, Z., Wang, X., & Ren, T. (2019). Effect of syringic acid incorporation on the physical, mechanical, structural and antibacterial properties of chitosan film for quail eggs preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 876-884.

Yuan, X., Li, Y., Mo, Q., Zhang, B., Shu, D., Sun, L., Yang, H., Xie, X., Liu, Y., & Zang, Y. (2022). A combined approach using slightly acidic electrolyzed water spraying and chitosan and pectin coating on the quality of the egg cuticle, prevention of bacterial invasion, and extension of shelf life of eggs during storage. *Food Chemistry*, 389, 133129.

Yüceer, M., & Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme–chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(1), 153-162.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Evaluation of Biocontrol Potential of Beneficial Nematodes against Pear Lace Bug, *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae)

Ebubekir YÜKSEL[1]

Abstract

Pear lace bug, *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae), is one of the serious pests of orchards such as apples and pears in the Mediterranean countries. Many growers tend to apply organophosphate insecticides (Malathion and dimethoate) repeatedly to suppress the *S. pyri* populations. However, intensive use of organophosphate insecticides may lead to serious issues such as the development of resistance in pest populations and adverse health effects on humans as well as pollution of the environment. Therefore, developing new and effective control strategies against *S. pyri* is of crucial importance. Entomopathogenic nematodes (EPNs) (*Steinernema* spp. and *Heterorhabditis* spp.) and their bacterial symbionts (*Xenorhabdus* spp. and *Photorhabdus* spp.) are lethal parasites of insect pests and emerging approach to controlling many economically important pests. In this study, the pathogenicity of two native EPN species (*Steinernema feltiae* DDKY-11 and *Heterorhabditis bacteriophora* AVB-15) was assessed against the adults of *S. pyri* under laboratory conditions (at 25±1 ◦C, 60±5% relative humidity). Infective juveniles (IJs) of EPNs were inoculated to Petri dishes (Ø 9-cm) at 0 (Control), 100, and 200 IJs concentrations/ml water. The mortality of the adults was recorded on the first, second, and third days after treatment (DAT). In general, mortalities were higher at 200 IJs/ml concentration. The results revealed that *S. feltiae* caused higher mortalities than *H. bacteriophora* at 200 IJs/ml concentration 3 DAT and induced mortalities over 60%. The results indicate that tested EPNs have a good potential in the control of *S. pyri*.

Keywords: Beneficial nematodes, sustainable control, orchard, pest

[1] Asst. Prof., Erciyes University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Orcıd: 0000-0002-6982-5874

GİRİŞ

Türkiye, sahip olduğu ekolojik ve iklimsel özellikleri nedeniyle farklı meyve türlerinin yetiştiriciliğine elverişlidir ve dünyada önemli meyve üreticisi ülkelerin içerisinde yer almaktadır (Uzun vd., 2018: 81). Ülkemizde meyveciliğin gelişmesi ve daha kârlı bir üretimin gerçekleştirilebilmesi, modern üretim tekniklerinin benimsenmesinin yanı sıra üretimin farklı aşamalarında karşılaşılan hastalık ve zararlılara karşı doğru mücadele yöntemlerinin kullanılması ve sürdürülmesi ile mümkündür.

Meyve bahçelerinde verim ve kalite kayıplarına neden olan çok sayıda zararlı bulunmaktadır. Armut kaplanı, *Stephanitis pyri* (F.) (Heteroptera: Tingidae) yumuşak ve sert çekirdekli meyve bahçelerinde ekonomik kayıplara neden olan önemli tarımsal zararlıların başında gelmektedir (Gülperçin ve Önder, 1999: 53). Kanatları üzerindeki dantel şeklindeki desenler nedeniyle dantel böceği olarak da bilinen bu zararlının ergin ve nimf dönemleri sokucu-emici ağız yapısına sahiptir ve beslenmek için genellikle yaprakların alt yüzlerini tercih ederler. Zarar gören yaprakların üst yüzeyinde klorozlar görülürken yaprakların alt yüzeyleri beslenme sırasında çıkardıkları dışkılar ile kaplanır (Buntin vd., 1996: 991) (Şekil 1). Armut kaplanı, popülasyonun yoğun olduğu durumlarda ağaçların organik madde üretim kapasitesini büyük ölçüde düşürerek kalite ve verim kayıplarına neden olmaktadır (Gülperçin ve Önder, 1999: 51). Ülkemizde başta badem ve elma olmak üzere meyve yetiştiriciliği yapılan birçok bölgede yayılış gösteren bu zararlının iklim koşullarına bağlı olarak yılda 2-3 döl verdiği bilinmektedir (Tarkan ve Yücel, 2010:14; Maral, 2021: 95; Maral vd., 2012: 15). Armut kaplanı mücadelesinde en çok tercih edilen mücadele yöntemi ise kimyasal insektisitlerdir. Her ne kadar bu zararlıyı ait ergin ve nimf dönemlerinin kimyasal mücadele ile baskı altında tutabileceği düşünülse de söz konusu sentetik insektisitlerin yoğun kullanımı birçok zararlı popülasyonunda direnç gelişimini tetiklemekte ve söz konusu kimyasalların etkinliği düşmektedir (Guedes vd., 2017: 52). Buna ek olarak, kullanılan sentetik insektisitler, insan sağlığını ve hedef dışı birçok organizmayı tehdit etmektedir (Gilden vd., 2010: 105). Bu nedenle, söz konusu zararlıya karşı çevreye duyarlı sürdürülebilir mücadele yöntemlerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Entomopatojen nematodlar (EPN), biyolojik mücadele çalışmaları içerisinde hızlı etkinlik göstermesi, konukçularını aktif bir şekilde arayabilmesi ve uygulama alanına yerleşip tarımsal zararlılara karşı uzun süreli koruma sağlayabilmesi gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda üzerinde en çok konulardan birisi olmuştur (Susurluk, 2000: 113; Şahin vd., 2018: 378; Koppenhöfer vd., 2020: 2). Özellikle toprak içerisinde yaşayan tarımsal zararlılara karşı EPN'lerin kontrol potansiyeli oldukça yüksektir (Kepenekci vd., 2019: 105; Yüksel vd., 2023: 38). Bunun yanı sıra, toprak üstü zararlılarına karşı yapılan uygulamalar da EPN'lerin uygun koşullarda uygulandığında test edilen zararlılara karşı yüksek etkinlik gösterebileceğini ortaya koymuştur (Belien, 2019: 5; Platt vd., 2020: 8; Najm vd., 2023: 59). Şimdiye kadar yapılan etkinlik çalışmalarında, EPN'lerin armut kaplanına karşı kullanım potansiyelini ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, yerel EPN'lerin *S. pyri* erginleri üzerindeki etkinliklerinin laboratuvar koşullarında değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Laboratuvar çalışmalarında ülkemizde daha önce Nevşehir ilinde yapılan sörvey çalışmalarından elde edilmiş yerel EPN türleri (*Steinernema feltiae* DDKY-11 ve *Heterorhabditis bacteriophora* AVB-15) kullanılmıştır (Yüksel ve Canhilal, 2019: 5). EPN'lere ait infektif juveniller (IJ) son dönem *Galleria mellonella* (L.) (Lepidoptera:Pyralidae) larvaları üzerinde çoğaltılarak hücre kültürü flasklarında denemeler kurulana kadar bir hafta süreyle buz dolabında +12 °C depolanmıştır. *Galleria mellonella* larvaları Erciyes Üniversitesi

Ziraat Fakültesi Entomoloji laboratuvarından temin edilmiş ve süt tozu, bal, gliserin, buğday ve yulaf ununda oluşan bir yapay besin ile çoğaltılmıştır (Metwally vd., 2012: 13).

Armut kaplanı kültürü, elma ve erik yetiştiriciliği yapılan meyve bahçelerinden elde edilmiştir (Şekil 1). Bulaşık yapraklar toplanarak buz kutularında aynı gün içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Sağlıklı armut kaplanı erginleri stereo mikroskop altında incelenerek yumuşak uçlu bir fırça yardımıyla toplanmıştır. Denemeler tabanında 2 adet kurutma kağıdı içeren Petri kaplarında (9-cm Ø) gerçekleştirilmiştir. Her bir Petri kabına EPN'ler 0 (Kontrol), 100 ve 200 IJ konsantrasyonunda inokule edilmiş ve ardından Petri kablarının içerisine 10 adet armut kaplanı ergini bırakılmıştır. Her bir Petri kabına bir parça elma yaprağı besin olarak ilave edilmiş ve kapakları kapatıldıktan sonra parafilm ile sarılarak 12 saat karanlık ve aydınlık fotoperiyotlarda iklim odalarında (25±1 ◦C, %60±5 bağıl nem) muhafaza edilmiştir. Ölüm oranları uygulama sonrası 1., 2. ve 3. günlerde alınmıştır. Veriler IBM SPSS istatistik programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılarak analiz edilmiştir. Denemeler, her tekerrürde 10 adet armut kaplanı ergini olacak şekilde 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin normal dağılıma uygunluk gösterip göstermediği incelendikten sonra, uygulamalar arasındaki farklılıklar Repeated Measure ANOVA ile analiz edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar Tukey testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir ($P \leq 0,05$).



Şekil 1. *Zarar görmüş yaprakların üst yüzeyinde oluşan klorozlar (A), yaprakların alt yüzeyleri armut kaplanının beslenme sırasında çıkardığı dışkılar ve armut kaplanı erginlerinin görünümü (beyaz çemberler) (B), armut kaplanı ergininin stereo mikroskop altında görünümü (10x) (C).*

SONUÇLAR

Yapılan istatiksel analizler, Armut kaplanı erginlerinin ölüm oranları üzerinde ana faktörlerin (Nematod, konsantrasyon ve maruz kalma süresi) ve interaksiyonlarının önemli düzeyde etkili olduğunu göstermiştir (Tablo 1). *Steinernema feltiae* DDKY-11 izolatı, *H. bacteriophora* AVB-15 kıyasla genellikle daha yüksek etkinlik göstermiş ve 72 saat sonunda %60'ın üzerinde ölümler meydana gelmiştir. Ayrıca test edilen uygulama dozlarından 200 IJ dozunda, 100 IJ dozuna göre daha yüksek ölüm oranları meydana gelmiştir. 200 IJ dozunda uygulama sonrası 72. saatte test edilen her iki EPN armut kaplanı erginlerinde %50'nin üzerinde ölümler meydana getirmiştir. Uygulama sonrası 24 saatte armut kaplanı erginlerinde herhangi bir ölüm meydana gelmezken, 48. ve 72. saatte en yüksek ölüm oranları *S. feltiae* DDKY-11 izolatı tarafından meydana gelmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. *Patojenite testlerinde Stephanitis pyri (F.) (Heteroptera: Tingidae)'nin erginlerinde meydana gelen ölüm oranlarına ait istatiksel analiz tablosu.*

Kaynaklar*	**df**	**F-Değeri**	**P- Değeri**
Nematod (N)	1	19.200	<0.001
Konsantrasyon (K)	2	299.100	<0.001
N*K	2	5.700	0.012
Hata-1	18		
Zaman (t)	2	321.767	<0.001
K*t	4	78.558	<0.001
N*t	2	7.814	0.002
N*K*t	4	4.674	0.004
Hata-2	36		

*df: Serbestlik derecesi

Tablo 2. *Entomopatojen nematodların Stephanitis pyri (F.) (Heteroptera: Tingidae) erginlerinde farklı konsantrasyonlarda meydana getirdikleri ölüm oranları (%).*

Nematodlar*	**Uygulama Sonrası Geçen Süre**	**Ölüm Oranları (%)**		
		0 IJ (Kontrol)	**100 IJ**	**200 IJ**
S. f. DDKY-11	24 saat	0,0±0,0 A[a]a[b]	0,0±0,0Aa	0,0±0,0Aa
	48 saat	0,0±0,0 Aa	22,5±5,0 Bb	40,0±8,1Bc
	72 saat	0,0±0,0 Aa	50,0±8,1Cb	65,0±8,1Cb
H.b. AVB-15	24 saat	0,0±0,0 Aa	0,0±0,0 Aa	0,0±0,0 Aa
	48 saat	0,0±0,0 Aa	20,0±0,0 Bb	32,5±5,0 Bb
	72 saat	0,0±0,0 Aa	27,5±5,0 Bb	52,5±5,0 Cc

* S. f. DDKY-11: *Steinernema feltiae* DDKY-11; H.b. AVB-15: *Heterorhabditis bacteriophora* AVB-15. [a]Büyük harfler aynı nematod türünün farklı uygulama zamanlarında meydana gelen ölüm oranları arasındaki istatiksel önemliliği ifade eder. [b]Küçük harfler aynı nematod türünün farklı konsantrasyonlarında meydana gelen ölüm oranları arasındaki istatiksel önemliliği ifade eder

TARTIŞMA

Bu çalışma ile, EPN'lerin armut kaplanı erginleri üzerindeki etkinlikleri ilk kez belirlenmiştir ve test edilen EPN'ler armut kaplanı erginlerine karşı orta düzeyde bir patojenite göstermiştir. EPN'lerin etkinliği konukçu ve EPN türü, uygulama konsantrasyonu ve denemelerin kuruluş şekline bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Simoes ve Rosa, 1996: 408). Örneğin, Şahin ve Susurluk (2020), Türkistan Hamamböceği *Blatta lateralis* (Dictyoptera: Blattidae)' karşı *Heterorhabditis bacteriophora* HBH izolatını test etmişler ve uygulama sonrası 4. günde 100 IJ ve 150 IJ dozlarında sırasıyla %24 ve %32 ölüm oranlarının meydana geldiğini rapor etmişlerdir. *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera: Acrididae)'ya karşı *H. bacteriophora* HBH izolatının test edildiği bir diğer çalışmada, uygulama sonrası 72. saatte 5000 IJ dozunda *L. migratoria* erginlerinde %67 oranında ölümlerin meydana geldiği bildirilmiştir (Şahin vd., 2018: 309). Turkoz ve Kaskavalci (2016), *H. bacteriophora*, *S. carpocapsae* ve *S. feltiae*'nın domates güvesi *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) larvalarına karşı etkinliklerini araştırdığı çalışmada en yüksek ölüm

oranlarının en yüksek uygulama dozundan (40 IJ) elde edildiğini rapor etmişlerdir. Turkoz ve Kaskavalci (2016) yine bu çalışmada 40 IJ dozundan söz konusu nematodların domates güvesi larvalarında sırasıyla %74, %99 ve % 95 oranlarında ölümlere neden olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle virülensi en yüksek EPN türünün seçilmesi söz konusu uygulamaların başarısında oldukça önemli bir role sahiptir. Ayrıca söz konusu EPN türlerinin konukçularını kısa sürede öldürmesinde büyük bir rol oynayan bakteriyel simbiyontlarının EPN türüne göre farklılık gösterdiği bilinmektedir (Forst vd., 1997: 61). Simbiyotik bakteriler IJ'ler aracılığı ile konukçu hemosölüne bırakıldıktan sonra hızla çoğalmakta ve içerisinde konukçu bağışıklık sistemini baskılayan ve konukçu böceğe karşı toksik etki gösteren çok sayıda sekonder metabolitler üretmektedirler. Üretilen bu sekonder metabolitler, bakteri suş ve türlerine göre değişiklik gösterebilmektedir (Hasan vd., 2019: 9; Wenski vd., 2020: 962). Dolayısıyla, bu durum konukçu böceklerde meydana gelen ölüm oranlarını etkilemektedir. Bununla beraber birçok çalışmada EPN'lerin yüksek uygulama konsantrasyonlarında ölüm oranlarının düşük konsantrasyonlara oranla daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Canhilal ve Carner, 2006: 35; Yuksel vd., 2018: 3). Bu durum yüksek konsantrasyonlarda uygulanan IJ'lerin konukçularının doğal açıklıklarını kullanarak daha yüksek bir penetrasyon oranına sahip olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca IJ'ler tarafından penetrasyonun yüksek olduğu durumlarda, konukçu hemosölünün içerisine salınan bakteri hücre sayısı da artmaktadır. Bunun sonucunda konukçu hemosölünün içerisine salgılanan sekonder metabolitlerin yoğunluğuna bağlı olarak çok daha kısa sürelerde konukçularda mortalite gerçeklebilmektedir (Goodrich-Blair ve Clarke, 2007: 265). Sonuç olarak, bu çalışma ile EPN'lerin armut kaplanı erginleri üzerindeki etkinliklerinin araştırıldığı ilk çalışmadır ve S. feltiae armut kaplanı erginlerinde laboratuvar koşullarında %60'ın üzerinde ölüm oranları meydana getirmiştir. Bununla beraber test edilen EPN'lerin arazi koşullarında armut kaplanı erginleri üzerindeki etkinliklerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKÇA

Belien, T. (2019). Entomopathogenic nematodes as biocontrol agents of insect pests in orchards. *CABI Reviews, (2018)*, 1-11.

Buntin, G. D., Braman, S. K., Gilbertz, D. A., & Phillips, D. V. (1996). Chlorosis, photosynthesis, and transpiration of azalea leaves after azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae) feeding injury. *Journal of Economic Entomology*, *89(4)*, 990-995.

Canhilal, R., & Carner, G. R. (2006). Efficacy of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) against the squash vine borer, Melittia cucurbitae (Lepidoptera: Sesiidae) in South Carolina. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, *23(1)*, 27-39.

Forst, S., Dowds, B., Boemare, N., & Stackebrandt, E. (1997). Xenorhabdus and Photorhabdus spp.: bugs that kill bugs. *Annual review of microbiology*, *51(1)*, 47-72.

Gilden, R. C., Huffling, K., & Sattler, B. (2010). Pesticides and health risks. *Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing*, *39(1)*, 103-110.

Goodrich-Blair, H., & Clarke, D. J. (2007). Mutualism and pathogenesis in *Xenorhabdus* and *Photorhabdus*: two roads to the same destination. *Molecular microbiology*, *64*(2), 260-268

Guedes, R. N. C., Walse, S. S., & Throne, J. E. (2017). Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. *Current opinion in insect science*, *(21)*, 47-53.

Gülperçin N. & Önder, F. (1999). Bornova koşullarında *Stephanitis pyri* (F.)'nin biyolojisi ve doğal düşmanları üzerinde çalışmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi, 23*(1), 51-56.

Kepenekci, İ., Atay, T., Sağlam, H. D., Yanar, Y., Yeşilayer, A., & Yanar, D. (2019). Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* (Say)(Coleoptera: Chrysomelidae)] mücadelesinde bazı entomopatojenik nematod ve fungusların kullanım olanakları. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 28*(1), 100 – 107.

Koppenhöfer, A. M., Shapiro-Ilan, D. I., & Hiltpold, I. (2020). Entomopathogenic nematodes in sustainable food production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, 125.

Maral, H. (2021). Effect of spinosad, azadirachtin and kaolin on *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775)(Hemiptera: Tingidae) under laboratory conditions. *Turkish Journal of Entomology*, *45*(1), 87-97.

Maral, H., Ulusoy, M. R., & Bolu, H.. (2012). Diyarbakır, Mardin ve Elazığ illerinde tarım ve tarım dışı alanlardaki ağaçlarda bulunan Tingidae (Hemiptera) türlerinin doğal düşmanları. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 11*(1), 7-21.

Metwally, H. M., Hafez, G. A., Hussein, M. A., Hussein, M. A., Salem, H. A., & Saleh, M. M. E. (2012). Low cost artificial diet for rearing the greater wax moth, Galleria mellonella L.(Lepidoptera: Pyralidae) as a host for entomopathogenic nematodes. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *22*(1), 15.

Najm, E. S., Yüksel, E., & Canhilal, R. (2023). Biocontrol potential of Turkish entomopathogenic nematodes against the Citrus Mealybug, *Planococcus citri* (Risso, 1813)(Hemiptera: Pseudococcidae) under laboratory conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 26*(1), 55-61.

Platt, T., Stokwe, N. F., & Malan, A. P. (2020). A review of the potential use of entomopathogenic nematodes to control above-ground insect pests in South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture, 41*(1), 1-16.

Simoes, N., & Rosa, J. S. (1996). Pathogenicity and host specificity of entomopathogenic nematodes. *Biocontrol science and technology*, *6*(3), 403-412.

Susurluk, I. A. (2000). Bazı entomopatojen nematodların Blattella germanica L.(Dictyoptera: Blattellidae) üzerindeki etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*, *6*(04), 111-114.

Şahin, Y. S., Boucharı, A., Ulu, T. C., Sadıç, B., & Susurluk, A. (2018). New application method for entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar, 1976)(Rhabditida: Heterorhabditidae) HBH strain against Locusta migratoria (Linnaeus, 1758)(Orthoptera: Acrididae). *Turkish Journal of Entomology*, *42*(4), 305-312.

Şahin, Y. S., & Susurluk, İ. A. (2020). The control of Turkestan Cockroach *Blatta lateralis* (Dictyoptera: Blattidae) by the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* HBH (Rhabditida: Heterorhabditidae) using hydrophilic fabric Trap. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(2)*, 375-380.

Tarkan, A., & Yücel, A. (2010). Elazığ ili elma alanlarında bulunan zararlı ve yararlı arthropod türlerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 14(1)*, 9-16.

Turkoz, S., & Kaskavalci, G. (2016). Determination of the efficacy of some entomopathogenic nematodes against Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory conditions. *Turkish Journal of Entomology*, *40*(2), 175-183.

Uzun, A., Yaman, M., Pınar, H., Çetin, N., & Say, A. (2018). Türkiye'de ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan sert çekirdekli meyvelerin üretim projeksiyonu. *Bahçe, (47)*, 79-83.

Yüksel, E., İmren, M., Özdemir, M., & Canhilal, R.(2023). Avrupa Gül Böceği, Cetonia aurata (Linné, 1761) (Coleoptera: Scarabaeidae)'nın mücadelesine yönelik sürdülebilir bir yaklaşım: entomopatojen nematodlar. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi,* 6(1), 35-40.

Yüksel, E., Taskesen, Y. E., Erarslan, D., & Canhilal, R. (2018). Effectiveness of different entomopathogenic nematode species against the variegated cutworm, Peridroma saucia (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28(1)*, 1-4.

Wenski, S. L., Cimen, H., Berghaus, N., Fuchs, S. W., Hazir, S., & Bode, H. B. (2020). Fabclavine diversity in *Xenorhabdus* bacteria. *Beilstein journal of organic chemistry, 16(1)*, 956-965.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Biotechnical control with pheromone against Mediterranean Pine Engraver Beetle (Orthotomicus erosus) (Wollaston) (Coleoptera: Scolytidae) for pine trees Balcalı Campus in Çukurova University

Miraç YAYLA[1*]
Doğancan KAHYA[2]

Öz

Mediterranean Pine Engraver Beetle (*Orthotomicus erosus*) (Wollaston) is a destructive pest and cause important damages on *Pinus* species. This pest cause damage on *Pinus brutia* and *Pinus halepensis* in foresting areas of Çukurova University (Balcalı /Adana campus) in 2008. Alternative methods should be used to suppress this pest. Biotechnical control is one of the most effective control method used commonly against pests. Control with applied the pheromone traps against *O. erosus* ,which larvae were caused the death of trees with damaging in the cambium, is known as an alternative control method and this study was carried out to determine the efficacy of biotechnical control method against this pest in Balcalı /Adana (Cukurova University Campus) in 2015. This study showed that we can use the bio-technical control method with pheromone was both more effective and supported biological control methods against to *O. erosus*. According to the results of this study, prepared 55 pheromone traps were hung up on trees located various in Balcalı campus before the flight of these insects. Pheromone traps were checked as periodically in every 15 days. The result showed that 451.296 adult insects felled into the traps with this control method. Consequently, biotechnical control was found effective and can be used against this pest.

Anahtar Kelimeler: *Orthotomicus erosus*, biotechnical control, pheromone, Balcalı, Adana

[1]Dr., Biological Control Research Institute, Entomlogy, Orcıd: 0000-0003-4492-120X
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma, Orcıd: 0000-0002-8996-3393

GİRİŞ

Ağaçların kabuk kısmında gelişerek zarar yapan böcekler genellikle Coleoptera takımının Scolytidae (Kabuk böcekleri) familyası türleridir. Sekonder zararlı olarak nitelendirilen kabuk böceklerinin zararı, kambiyum tabakasında beslenme ve üreme amacıyla galeriler açmasıyla meydana gelmektedir. Bu böcekler; isteklerine uygun koşulları bulduğunda çoğalarak primer zararlı konumuna geçmekte ve daha büyük zararlara ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadırlar. Ülkemizde son yıllarda kabuk böceklerinin populasyonunda görülen artışlardan dolayı, yapmış oldukları zarar oranında da önemli artışlar gözlenmiştir (Can, 2005). Başta kızılçam olmak üzere ibreli ağaçlarda zararı sıkça görülen bir tür olan Akdeniz Çam Kabuk Böceği (*Orthotomicus erosus* Wollaston) ağaçların kabuk altı kambiyum tabakasında zarar yapmakta ve hatta kurumalarına neden olmaktadır (Schedl, 1961; Çanakçıoğlu ve Mol. 1998). *O. erosus* Orta ve Güney Avrupa, Akdeniz Ülkeleri ile Güney Rusya'da yayılmış bir tür olup, öncelikle çamgiller (Pinaceae) familyasına ait olan (*Pinus brutia* Ten) *, P. sylvestris* L*, P. nigra* Arnold*, P. Halepensis* Mill ve (*Cedrus libani* A. Rich)'lerde zarar yapmaktadır (Mendel ve Halperin, 1982; Jamaa vd., 2007). Döl sayısı yükseltilere göre değişmekle birlikte yılda 2-5 arasında olduğu bildirilmektedir (Selmi, 1998).

1962 yılında Antalya'nın Kumluca ormanlarında fazla kar nedeniyle kırılan sedir ağaçlarının ormandan çıkarılmaması nedeniyle 100 kadar ağaç *Orthotomicus erosus*' un zararıyla kurumuştur (Çanakçıoğlu, 1993). 1973 yılında Anamur, Silifke, Mut ve Gülnar ormanlarında, 5351 ha alanda 116.768 adet ve 1993-1994 yıllarında İzmir'de 5000 ha alanda 100.000 adet kızılçam yine aynı zararlı sebebiyle kurumuştur (Selmi, 1998; Mercikoğlu, 1997). 1999 yılında Kahramanmaraş Altınoluk-Torun'da 145 ha kızılçam ormanında bu zararlı tür afet haline gelmiştir (İnaç ve Laz, 2001). 1999–2000 yılları arasında Adana Bürücek'te 200 ha ve Pozantı'da 68 ha alanda zarar yapan *O. erosus* için yapılan mücadele harcamalarının parasal değerinin 87.500 TL olduğu bildirilmiştir (Aytar vd., 2008). Bu veriler incelendiğinde *O. erosus*' un kitle halde üremesi ve salgınlar yapabilmesi durumunda ormanlarımıza ne kadar büyük zararlar verdiği açıkça görülmektedir.

Orthotomicus erosus son yıllarda özellikle Batı ve Güney Anadolu'da yer alan ibreli ormanlarda popülasyonunu artırmaya başlamıştır. Ayrıca bu orman zararlısına karşı özellikle tuzak ağacı ve odunu kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemde başarı oranının düşük olması ve işçilik problemi önemli kısıtlayıcı faktörler arasında yer almaktadır (İnaç ve Laz, 2001). Biyoteknik mücadele orman alanlarındaki bu zararlıya karşı kullanılan etkili ve başarılı bir yöntemdir. Bu mücadele yönteminde feromon kullanılarak tuzaklar ile mücadele çalışmaları yapılmaktadır. Feromonlar, böceklerin üreme dönemlerinde birbirlerini bulmak için kullandıkları kokulardır. Her türün kendi bireyleri arasında iletişimi sağlayan bir feromonu vardır. Aynı türden olan bireyler arasında iletişimi sağlayan feromonlara "Allomone" denir, yabancı türler tarafından salgılananlara ise "Kairomone" denir (Serez, 1987).

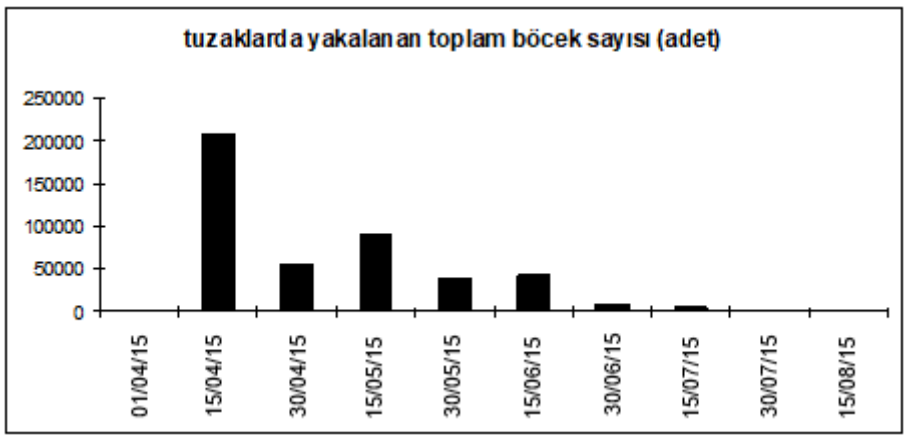
Balcalı kampüsünde 104 ha alanda bulunan ağaçlandırma sahasındaki Kızılçam ve Halep çamı ağaçlarının bulunduğu mevkilerde 2008 yılında Akdeniz Çam Kabuk Böceğ*i* (*O. erosus*) zararı sonucu ağır tahribatlar oluşmuştur. Bu çalışma 2015 yılında ile Balcalı kampüsünde Kızılçam ve Halep çamı ağaçlarında zarar yapan *O. erosus*' a karşı feromonla mücadele ilk kez denenmiştir. Böceklerin kitlesel olarak yakalanması ile bu süreçten sonra kampüsteki Kızılçam ve Halep çamlarının kurumasına önemli derecede engel olunmuştur. Bu çalışma *O. erosus*'a karşı feromonla biyoteknik mücadele yapılarak biyolojik mücadeleye destek olmasının yanı sıra doğaya zarar vermeden ve daha etkili bir şekilde mücadele edilebileceğini ortaya koymuştur

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyalini Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü ağaçlandırma sahasındaki (104 ha) Kızılçam ve Halep çamı ağaçları, *O. erosus*'a karşı feromon ile mücadelede kullanılmakta olan "ORTERO Dispenser (Metil butenol 1500 mg/dispenser, Cis-Verbanol 100 mg/dispenser, Ipsdienol 30 mg/dispenser)" adlı feromon ve 55 adet plastik çok hunili tuzak oluşturmaktadır. 55 adet çok hunili plastik tuzak Serez ve Zümreoğlu (2001)'nda belirtildiği yöntemle; yarı gölgelik yerlere ve iki tuzak arası mesafe en az 25 ve en fazla 50 m olacak biçimde araziye 1 Nisan 2015 tarihinde asılmıştır. Ayrıca daha önce böceğin yoğun popülasyonlar oluşturarak zarar vermiş olduğu kızılçam ağaçlarının bulunduğu alanlara 2'şer adet tuzak asılmıştır. Feromon preparatlarının etki süresi en fazla 6-8 hafta olduğundan 8 hafta sonra yeni preparatlarla değiştirilmiştir. Tuzaklar 15 günde bir periyodik olarak kontrol edilmiştir. Her tuzakta yakalanan böcekler için naylon şeffaf torbalara numaralar verilmiş, örnekler sayım ve değerlendirme yapılması için laboratuvara getirilmiştir. Bu çalışmada toplam 55 adet feromon tuzağı kullanılmıştır. Tuzak sayısının fazla olması ve kampüs içerisinde tuzakların yerlerinin farklı meşcerelerde bulunması nedeniyle; tuzakların toplama kaplarına düşen böceklerin alınıp laboratuara getirilmesi her kontrolde 3 gün sürmüştür. Nisan ve mayıs aylarında bölgede yağmur yağması nedeniyle tuzak toplama kaplarında az miktarda da olsa biriken su damlacıkları nedeniyle böceklerin vücut dışında oluşan nemin kuruması için böcekler ayrı bir kap içerisinde 2 gün süre ile kurumaya bırakıldıktan sonra sayımları yapılmıştır. Ayrıca tuzaklar içerisinde canlı böcek bulunan örnekler 1 ml DDVP damlatılmış plastik kavanozda bekletilerek ölmeleri sağlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan sayım sonuçlarına göre çalışma süresince tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayısı ve tuzak başına düşen ortalama böcek sayısı tarih sırasına göre Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir. Tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayıları (Şekil 1) incelendiğinde feromon tuzaklarının asılmasından sonraki 1. sayım sonucunda tuzaklarda toplam 209.072 adet böcek yakalanmış ve mücadele boyunca tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayısının en fazla ilk uçuş zamanını takiben olduğu tespit edilmiştir.

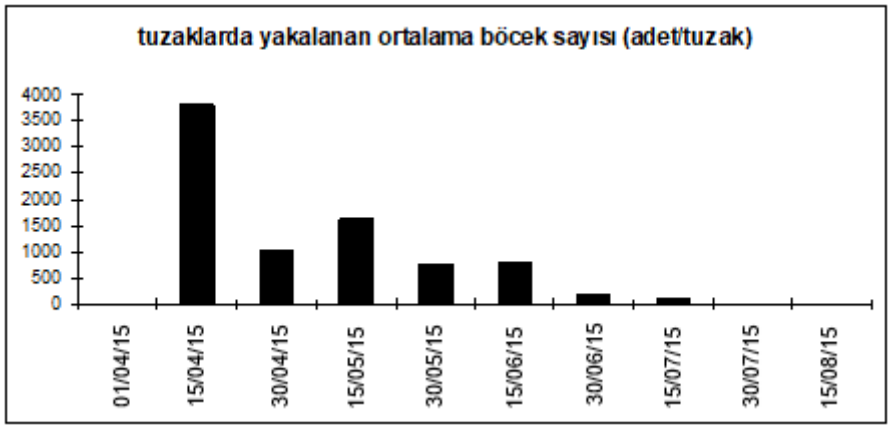


Şekil 1. *Tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayısı (adet)*

Figure 1. *Total number of insect on traps*

Çalışma sonunda ise tüm tuzaklarda toplam 451.296 adet böcek yakalanmıştır. Tuzaklarda yakalanan ortalama böcek sayılarına bakıldığında (Şekil 2) tuzakların asılmasından sonraki ilk sayım sonucunda bir tuzakta 3801 adet böcek yakalanmıştır. Mücadele boyunca

tuzak başına yakalanan ortalama böcek sayısının en fazla ilk uçuş zamanını takiben yapılan sayımda tespit edildiği ortaya konulmuştur.



Şekil 2. *Tuzaklarda yakalanan ortalama böcek sayısı (adet)*

Figure 2. *Average number of insect on traps*

Hem tuzaklarda yakalanan toplam böcek sayıları hem de tuzak başına yakalanan ortalama böcek sayıları ilk sayımlardan sonra değişkenlik gösterse de ilk sayıma göre giderek azalmıştır. Çalışmanın son sayımında ise tuzak başına ortalama 1,16 adet olmak üzere toplam 64 adet böcek yakalanmıştır. Yapılan çalışmada yakalanan toplam böcek sayısı bakımından Serez (1985), İnaç ve Laz (2001) ile benzerlik göstermiştir. Serez (1985), *O. erosus*'a karşı feromon ile mücadeleyi ülkemizde ilk defa 1985 yılında İzmir'de denemiştir. "Ipslure" adlı feromon kullanılarak 90 adet plastik-yassı-yarık-tuzak asılmış ve 2.314.265 adet ergin böcek yakalanmıştır. İnaç ve Laz (2001) ise Kahramanmaraş Altınoluk' da 145 ha alanda yapmış oldukları çalışmada 10 adet feromon tuzağı ile toplam 446.216 adet ergin böcek yakaladıklarını bildirmişlerdir. Şimşek ve Kondur (2006) yaptıkalrı çalışmada feromon kullanarak yaptıkları çalışmada *O. erosus*'un Çankırı'da ormanlarda zararlı tür olarak bulunduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgulara ek olarak çalışma süresince 2015 yılı nisan ve mayıs aylarındaki aralıklı yağışlara rağmen böceklerin yağmurlu havalarda da uçtuğunu göstermektedir. Benzer olarak İnaç ve Laz (2001) çalışmayı yaptıkları yılda ağır kış nedeniyle bölgeye bol miktarda yağış düştüğü halde yağmurlu havalarda da böceğin uçtuğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışma İnaç ve Laz (2001) ile benzerlik göstermektedir, ancak, Aytar vd. (2008), yıllık ortalama yağış miktarının (1996-1999 yılları arasında) azaldıkça Pozantı ormanlarındaki böcek zararının arttığını bildirmiştir. Laboratuvarlarda yapılan ölçüm sonucunda ortalama olarak 1 gr. ağırlığındaki *O. erosus* hassas kuyumcu terazisinde 1000 adet gelmiştir. Nitekim Serez (1987); Varlı ve Sever., (2013) 1 gr ağırlığındaki böcek sayısını 900 adet, İnaç ve Laz (2001) 1 gr ağırlığındaki böcek sayısını 635 adet geldiğini bildirilmişlerdir.

Ordu Ormancılık açısından Doğu Karadeniz Bölgesinin önemli bölgelerinde bir tanesi olup bu bölgedeki ibreli ağaçlarda Scolytinae'ye bağlı zararlı türlerin varlığı önemli seviyelerdedir. Bu konuda bölgede birçok çalışma yapılmış ve bu zararlılar yüzünden ormanlarda kayıplar tespit edilmiştir (Yiğit, 2017).

SONUÇ

Çalışma sonucunda ormanlarımızda son yıllarda zararlı hale gelmiş olan *O. erosus*'a karşı feromonla yapılan biyoteknik mücadelenin bundan önceki çalışmalarda ve bu çalışma ile uygun olabileceğini açıkça göstermektedir. Çünkü çalışmanın yapıldığı alanda yakalanan 451.296 adet böcek hiç de önemsenmeyecek bir rakam değildir ve mücadele sonuna kadar sürekli azalması mücadelenin başarılı olduğunu göstermiştir. Feromonla yapılan biyoteknik

mücadele çalışmasının başarılı olduğunu gösteren diğer bir gözlem ise 2015 yılındaki bu çalışmanın sonucu olarak; 2016yılında Çukurova Üniversitesi'ndeki ağaçlarda *O. erosus*'un zararı ile oluşabilecek kuruma ve tahribatın görülmemiş olmasıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada katkılarından dolayı Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü'ne Orman Bölge Müdürlüğü teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

Aytar, F., Sarıkaya, O., Avcı, M., 2008. Toros sediri ormanlarımızda önemli bir zararlı: Sedir kabuk böceği (*Orthotomicus tridentatus*). *Orman Mühendisliği Dergisi*, 45(1-3), 19-23.

Can, P., (2005). Türkiye ormanlarında son yıllarda görülen kabuk böcekleri (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae) sorunu üzerinde bir değerlendirme. *Orman ve Av Dergisi*, (4), 4-11.

Çanakçıoğlu, H., Mol, T., 1998. *Orman entomolojisi zararlı ve yararlı böcekler*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No: 4063, İstanbul, 208-263.

Jamaa, M.L.B, Lieutier, F., Yart, A., Jerraya, A., and Khouja, M.L., 2007. The virulence of phytopathogenic fungi associated with bark beetles *T. piniperda* and *O. erosus* in Tunusia. *Forest Pathology*, 37, 51-63.

İnaç, S., Laz, B., 2001. Kahramanmaraş Andırın kızılçam ormanlarında Akdeniz çam kabuk böceği (*Orthotomicus erosus* Woll.)'ne karşı feromon denemesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (1), 86-91

Mendel, Z. and Halperin, J., 1982 The biology and behaviour of *O. erosus* in Israel. *Phytoparasitica*, 10, 169-181.

Mercikoğlu, M., 1997. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü' nde Feromonla Biyoteknik Mücadele Çalışmaları, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 34(6), 25-31.

Schedl, K.E., 1961. Borkenkäfer aus der Türkei, II. Mitteilung 190. *Beitrag zur morphologie and systematik der Curculionoidea*, 34(12), 184-188.

Selmi, E., 1998. *Türkiye kabuk böcekleri ve savaşı*. İstanbul Üniversitesi Yayın No:4042 196 s.

Serez, M., 1985. Sentetik feromon "Ipslure" nin *Orthotomicus erosus* (Woll.) populasyonuna karşı kullanılması. *Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1-2), 41-47.

Serez, M., 1987. Bazı önemli kabuk böcekleriyle savaşta feromonların kullanılma olanakları. *Orman Fakültesi Dergisi*, 10 (1-2), 99-131.

Serez, M., & Zümreoğlu, A. (2001). Tarım ve Orman Zararlılarına karşı biyoteknik yöntemler. Dilek Ofset, Çanakkale, 107.

Şimşek, Z., ve Kondur, Y., 2006. The damage of bark beetles and the relations between certain tree properties in Uludag fir (Abies nordmanniana subsp.bornmulleriana Mattf.) at Ilgaz mountain Çankiri, Turkey. *Journal of Biological Sciences* 6 (6), 1017-1022

Varlı, S.V., & Sever, A., 2016. İstanbul Gaziosmanpaşa Ağaçlandırma Alanında Akdeniz Çam Kabuk Böceği *Orthotomicus erosus* Wollaston, 1857 (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae)'a Karşı Feromon Denemesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 1-10.

Yiğit, B. (2017). *Ordu ili ibreli ağaç türlerinde zarar yapan kabuk böcekleri (Curculionidae: Scolytinae)*. Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın-Türkiye.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Improvement of Field Capacity and Persistent Wilting Point of Sandy Loam Soil Treated with Hazelnut Husk Compost

Caner YERLI[1]

Abstract

In this study, it was aimed to investigate the field capacity and permanent wilting point, which show the basic hydraulic properties of the soil and are important soil moisture constants, by applying hazelnut husk compost at different rates to a sandy loam soil with low water holding capacity. For this purpose, hazelnut husk compost was applied to the soil at the rates of 0% (control) and 1%, 2%, 3%, 4% and 5% on a dry weight basis, and the soil and hazelnut husk compost mixtures were left to incubate for two months. After incubation, soil organic matter contents and field capacity and permanent wilting point values were determined in soil samples. The results showed that depending on increasing organic matter content of the soil with increasing hazelnut husk compost rates, field capacity of hazelnut husk compost at 1%, 2%, 3%, 4% and 5% ratios increased by 22.2%, 39.1%, 58.5%, 75.3% and 97.1%, respectively, compared to the control application and permanent wilting point increased by 30.1%, 42.0%, 60.8%, 83.2% and 117.1%, respectively. In addition, positive linear relationships of organic matter with the field capacity and permanent wilting point were determined in this study. As a result, considering the effect of hazelnut husk compost to improve the hydraulic properties of sandy loam soil and the applicability of hazelnut husk compost to agricultural soils as an environmental waste management model, it is suggested that hazelnut husk compost should be used as a waste material that increases the field capacity and permanent wilting point of the soil in agricultural soils and that more comprehensive studies should be carried out on this subject.

Keywords: Field capacity, hazelnut husk compost, persistent wilting point, sandy loam soil, soil hydraulic properties, soil organic matter

[1] University, Department, Orcid: Dr., Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University, Van, Turkey, 0000-0002-8601-8791

INTRODUCTION

In agricultural production, soil, water and plant are an interconnected process. Ensuring the cycle in this process in the best way deals with the management of agricultural production in a more intensive way. Especially considering that the soil is a water reservoir, the relationship between soil and water should be understood more clearly. Because plants benefit from the water in the soil and the slow release of water from the soil to the plant roots affects productivity as an important factor (Mbah, 2012). However, the increasing drought problem negatively affects the soil quality of many agricultural lands, especially in the agricultural lands of arid and semi arid regions (Al-Kaisi et al., 2013). The low clay and organic matter contents of the soils of these regions also weaken soil fertility by reducing the water holding capacity of the soil (Abdelfattah, 2013). Thus, including different practical options in agricultural production is of great importance for agricultural sustainability (Bhardwaj et al., 2007). For this reason, there is a need for applications that increase water retention and thus improve the properties of the soil.

Various soil conditioners, in synthetic or organic form, address the more efficient management of soil water, accompanying the location of water in the plant root zone on a large scale (Vijayalakshmi et al., 2012). However, the use of organic materials as soil conditioners instead of synthetic soil conditioners can also reduce soil pollution risks, thus providing environmental management. In addition, the evaluation of various organic wastes in the soil is an important issue that deals with both environmental and agricultural management, since it also considers waste management (Vadivel et al., 2014).

Hazelnut husk, which has high organic waste and improves soil properties when applied to soil, is a good soil conditioner (Caliskan et al., 1996). Compost obtained from hazelnut husk applied to the soil improves the properties of the soil in a way that increases the plant yield and increases the water holding capacity of the soil (Askin and Aygun, 2018). Approximately 33% of the harvested hazelnut amount produces hazelnut husk as a waste material (Bilgin et al., 2015). Every year, approximately 500 thousand tons of hazelnut husk waste (Ozenc and Sahin, 2018) is left in the field, burned or used as fuel after drying (Zeytin and Baran, 2003). However, the use of hazelnut husk as a soil conditioner, which has an important potential in terms of improving soil properties, will provide both to create a better production model by handling agricultural management and to conduct waste management in a more environmental way. However, since the high organic matter/nitrogen rate of hazelnut husk may adversely affect the biological conditions of the soil, it is suggested that it is more appropriate to use husk by composting (Caliskan et al., 1996).

Existing studies in the literature have examined the effects of different organic materials on the field capacity and permanent wilting point of the soil, but no study has been found in the literature examining the field capacity and permanent wilting point of a sandy loam soil applied with hazelnut husk compost. Thus, in this study hypothesizing the development of field capacity and permanent wilting point by applying hazelnut husk compost to sandy loam soil with low water holding capacity, was aimed to determine the field capacity and permanent wilting point, which are important hydraulic properties of the soil, by applying hazelnut husk compost at different rates to sandy loam soil.

MATERIAL and METHOD

The study was carried out in the laboratory of Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Van Yuzuncu Yil University. Pots with a diameter of 13 cm and a height of 11 cm with a volume of 1.5 liters were used in the study. In the study, which was designed as four replications, the soil with 0% (control) and 1%, 2%, 3%, 4% and 5% hazelnut husk compost on a dry weight basis was left to incubate for two months.

In this study, the soil with a sandy loam texture was especially preferred because of its low water holding potential. Hazelnut husk compost was used in this study considering both the rich content of husk and waste management. As a result of the mechanical analysis of the sandy loam soil (Demiralay, 1993), the sand, silt and clay content was 66.3%, 15.6% and 18.1%, respectively, and the organic matter content of the soil determined according to the Walkey-Black method (Nelson and Sommers, 1982) was low with 0.81%, and according to the EC and pH determined in the saturation extract (1:2.5), the soil was found to be unsalted with 0.62 dS m-1 and slightly alkaline with 7.17. With the same analysis approaches, organic matter, EC and pH contents of hazelnut husk compost were determined as 75.7%, 2.31 dS m-1 and 6.31, respectively.

The sifted air-dried soil was mixed homogeneously with hazelnut husk compost in the specified rates, transferred to pots and all pots completed to field (pot) capacity were left to incubate at room temperature for two months. After the incubation period was completed, field capacity and permanent wilting point were determined by sampling from each pot. For this purpose, the amount of moisture retained at 0.33 atm and 15 atm in undisturbed and disturbed soil samples, respectively, for field capacity and permanent wilting point, was determined with the help of a pressure membrane instrument (Klute, 1986). In addition, organic matter content was determined according to the Walkey-Black method (Nelson and Sommers, 1982) in the soil samples taken from the pots as a result of the study.

The data obtained from the study, which was carried out in a randomized factorial design, were analyzed with the General Linear Model and significant averages were separated using the Duncan multiple comparison test. For this purpose, the SPSS program (Ver. 23) was used and Pearson correlation analysis was also carried out to determine the relationship of field capacity and permanent wilting point with soil organic matter via the same program.

RESULT and DISCUSSION

The effect of hazelnut husk compost doses on the organic matter content of sandy loam soil was significant (Figure 1). Increasing doses of hazelnut husk compost provide more organic matter content to the soil, which can be considered as an expected effect related to the organic matter content of hazelnut husk compost. Alagoz et al. (2016) stated that the organic matter contribution to the soil with different materials increases the soil organic matter content, and the increasing doses of processed leonardite, processed chicken manure and garbage compost provide more organic matter to the soil. Tarakcioglu and Ozturk (2022) also reported that increasing amounts of hazelnut husk compost applied to the soil improved soil organic matter and as a result of this development, an increase in plant yield was observed.

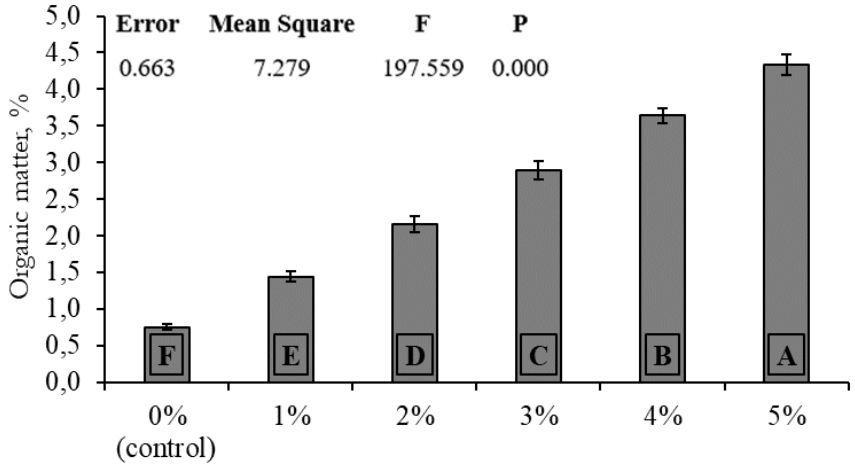


Figure 1. *Organic matter content of sandy loam soil treated with hazelnut husk compost*

The effects of hazelnut husk compost doses on the field capacity and permanent wilting point of sandy loam soil were significant (Figures 2 and 3). According to the control application, the field capacity of the soil applied hazelnut husk compost at the rates of 1%, 2%, 3%, 4% and 5% increased by 22.2%, 39.1%, 58.5%, 75.3% and 97.1%, respectively, while the permanent wilting point increased by 30.1%, 42.0%, 60.8%, 83.2% and 117.1%, respectively. The increasing doses of hazelnut husk compost improve the field capacity and permanent wilting point of the soil can be explained by the organic matter content of hazelnut husk compost. Organic matter can increase the water voids of the soil by keeping soil water within it, and increasing organic matter in the soil can encourage the formation of more pores, improving the amount of moisture retained at the field capacity and the permanent wilting point. The positive linear relationships of organic matter with field capacity and permanent wilting point in this study also support this situation (Figure 4).

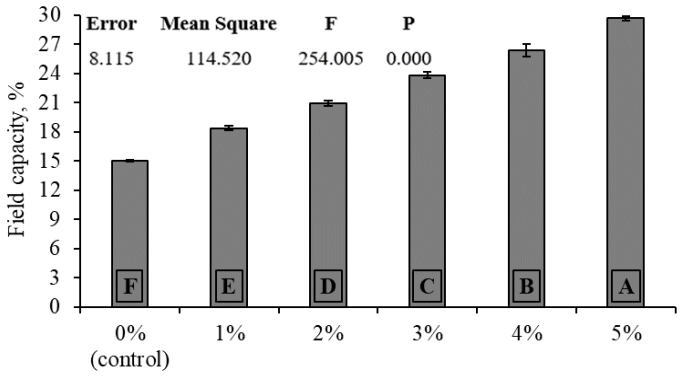


Figure 2. *Field capacity of sandy loam soil treated with hazelnut husk compost*

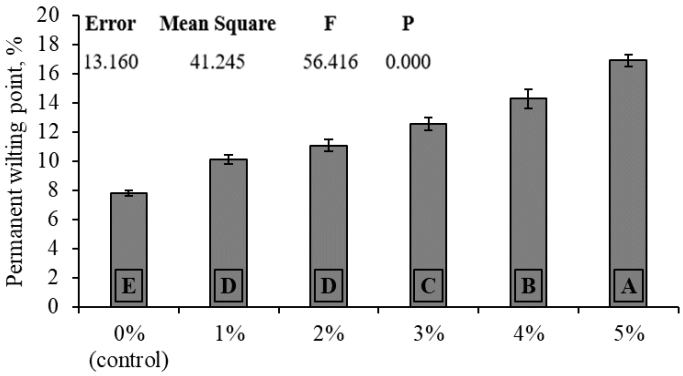


Figure 3. *Permanent wilting point of sandy loam soil treated with hazelnut husk compost*

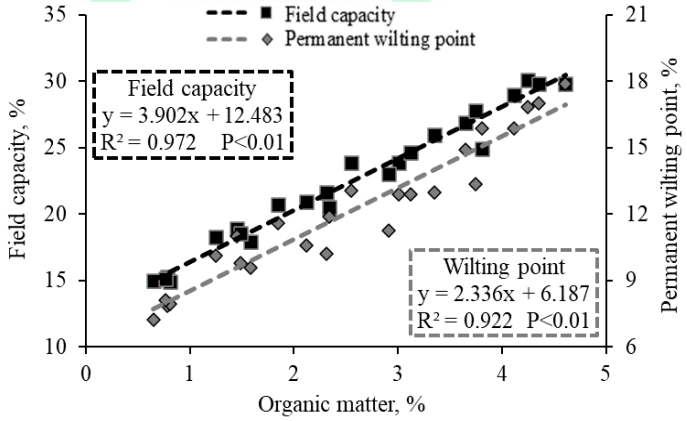


Figure 4. *Relationships of organic matter with field capacity and permanent wilting point*

Organic matter supports the increase of pores with a diameter of less than 30 µm, which are responsible for water retention in the soil (Emerson and McGarry, 2003). Organic matter improves water retention in the soil by making the soil structure stronger and more stable, thus increasing the field capacity by encouraging the development of mesopores filled with water in the field capacity (Karahan et al., 2014). The effect of organic matter on the permanent wilting point is similar, in addition to the organic matter showing positive significant relationships with field capacity and permanent wilting point (Gulser, 2004). Changing the soil organic matter content from 1% to 2% can increase the water storage of the soil by approximately 3 liters per 30 dm3 soil volume (Charles, 2015). Similarly, it was stated by Soil Quality Resources Concerns (1998) that a 1% increase in organic matter increases the water capacity of the soil by 1.5%. Increasing organic matter, especially in sandy soils, traps soil water and encourages the development of available water (Yilmaz and Alagoz 2008). Thus, this situation increases the field capacity and the permanent wilting point of the soil (Alaboz and Cakmakci, 2020). However, in general, the superiority of organic matter to improve field capacity is more dominant than the permanent wilting point (Hudson, 1994).

Improving the soil organic matter content with different soil conditioners provides an increase in the water holding ability of the soil. Mixing organic wastes with the soil improves the water holding capacity of the soil by making positive contributions to the physical and chemical properties of the soil (Candemir and Gulser, 2011). Different organic wastes applied to the soil increase the field capacity and permanent wilting point of the soil and the field capacity and permanent wilting point show more improvement with their increasing doses (Ozdemir et al., 2014). Alaboz and Cakmakci (2020) reported that increasing doses of the cockpit, applied as an organic matter additive to the soil, increased the field capacity of sandy loam soil by 14% to 57% and the permanent wilting point by 8 to 54%. The results of different studies also reported that similar to the findings of this study, the increased organic matter in the soil improved the field capacity and permanent wilting point of the soil (Angin and Yaganoglu, 2009; Candemir ve Gulser, 2011; Cikman et al., 2016; Kadioglu ve Canbolat, 2019). In addition, Zeytin and Baran (2003) reported that hazelnut husk compost applied to the soil positively affects the water retention of the soil, while Askin and Aygun (2018) pointed out that the effect of hazelnut husk compost applied to the soil to improve the field capacity and permanent wilting point of the soil increases with increasing doses.

CONCLUSION

In this study, in which the organic matter content, field capacity and permanent wilting point of the soil incubated for two months by applying hazelnut husk compost at different rates on a dry weight basis to a soil with a sandy loam texture were investigated, it was determined that the field capacity and permanent wilting point of the soil increased with increasing doses of hazelnut husk compost increasing the organic matter content of the soil and that organic matter showed positive linear relationships with field capacity and permanent wilting point. The results of the study showed that hazelnut husk compost is a good soil conditioner that improves the hydraulic properties of soils with sandy loam texture within the scope of increasing the water holding capacity of the soil. Thus, as a result of this study, it was found that it can be recommended to use hazelnut husk compost as a waste material that increases the field capacity and permanent wilting point of the soil, especially in sandy loam agricultural soils with low water holding capacity, and to carry out more comprehensive studies on this subject.

REFERENCES

Abdelfattah, M. A. (2013). Pedogenesis, land management and soil classification in hyper-arid environments: results and implications from a case study in the United Arab Emirates. *Soil Use and Management, 29*(2), 279-294.

Alaboz, P., & Cakmakci, T. (2020). Effect of cocopeat application on field capacity and permanent wilting point in sandy loam and clay loam soil. *Mediterranean Agricultural Sciences, 33*(2), 285-290.

Alagoz, Z., Yilmaz, E., & Okturen, F. (2006). Effects of organic material addition on some physical and chemical properties of soils. *Mediterranean Agricultural Sciences, 19*(2), 245-254.

Al-Kaisi, M. M., Elmore, R. W., Guzman, J. G., Hanna, H. M., Hart, C. E., Helmers, M. J., Hodgson, E. W., Lenssen, A. W., Mallarino, A. P., Robertson, A. E., & Sawyer, J. E. (2013). Drought impact on crop production and the soil environment: 2012 experiences from Iowa. *Journal of Soil and Water Conservation, 68*(1), 19A-24A.

Angin, I., & Yaganoglu, A. V. (2009). Application of sewage sludge as a soil physical and chemical amendment. *Ecology, 19*(73), 39-47.

Askin, T., & Aygun, S. (2018). Does hazelnut husk compost (HHC) effect on soil water holding capacity (WHC)? An environmental approach. *Eurasian Journal of Soil Science, 7*(1), 87-92.

Bhardwaj, A. K., Shainberg, I., Goldstein, D., Warrington, D. N., & J. Levy, G. (2007). Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal, 71*(2), 406-412.

Bilgin, S., Yilmaz, H., Kocer, A., Acar, M., & Dok, M. (2015). Pelleting of hazelnut husk and determination of pellet physical properties. *J. of Agricultural Machinery Science, 11*(3), 265-273.

Caliskan, N., Koc, N., Kaya, A., & Senses, T. (1996). *Obtaining compost from hazelnut husk*. Final Report, Hazelnut Research Institute, Giresun, Turkey.

Candemir, F., & Gulser, C. (2010). Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42*(1), 13-28.

Charles G. M. (2015). *Compost increases water holding capacity of droughty soils*. (15.03.2023). https://www.manuremanager.com/compost-increases-water-holding-capacity-of-droughty-soils-18241/

Cikman A., Monis, T., Nacar, A. S., Vurarak, Y., & Karanlik, S. (2016). Agricultural waste water requirements based on the Harran Plain compost soil physical properties of application and yield effect of sesame. *Cukurova Journal of Agricultural and Food Sciences, 31*(3), 131-138.

Demiralay, I. (1993) *Soil Physical Analysis*. Erzurum, Turkey: Ataturk Uni. Faculty of Agri. Publications.

Emerson, W. W., & McGarry, D. (2003). Organic carbon and soil porosity. *Soil Res., 41*(1), 107-118.

Gulser, C. (2004). Determination of field capacity and permanent wilting point with pedotransfer functions related to soil physical and chemical properties. *Ondokuz Mayıs University Journal of the Faculty of Agriculture (Anatolian Journal of Agricultural Sciences), 19*(3), 19-23.

Hudson, B. D. (1994). Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation, 49*(2), 189-194.

Kadioglu, B., & Canbolat M. Y. (2019). Hydrophysical properties of growing media prepared by addition of organic and inorganic materials to fine textured soil. *Ataturk University Journal of Agricultural Faculty, 50*(2), 107-114.

Karahan, G., Ersahin, S., & Ozturk, H. S. (2014). Field capacity dynamics affected by soil properties. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University, 30*(1), 1-11.

Klute, A. (1986). Water retention. A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods* (s. 635–662). USA: Agronomy Society of America and Soil Science Society America.

Mbah, C. N. (2012). Determining the field capacity, wilting point and available water capacity of some Southeast Nigerian soils using soil saturation capillary rise. *Nigerian J. of Biotechnology*, *24*, 41-47.

Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods* (s. 961–1010). USA: Agronomy Society of America and Soil Science Society America.

Ozdemir, N., Gulser, C., Ekberli, I., & Kop, O. T. (2014). Effects of conditioner applications in an acidic soil on some soil properties and yield. *J. of Soil Science and Plant Nutrition, 2*(1), 27-32.

Ozenc Bender, D. & Sahin, M. (2018). Usage of hazelnut husk compost as cover material in grass field facility. *Ordu University Journal of Science and Technology, 8*(1), 79-90.

Soil Quality Resources Concerns, (1998). *Avaible water capasity*. USDA Natural Res. Cons. Service, USA.

Tarakcioglu, C., & Ozturk, Y. (2022) Effect of hazelnut husk compost on growth and some nutrient content of grafted tomato plant. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 9*(4), 968-975.

Vadivel, R., Minhas, P. S., Kumar, S., Singh, Y., Nageshwar, R. D. V. K., & Nirmale, A. (2014). Significance of vinasses waste management in agriculture and environmental quality-Review. *African Journal of Agricultural Research, 9*(38), 2862-2873.

Vijayalakshmı, V., Nemichandrappa, M., Reddy, K. S., & Ayyanagowdar, M. S. (2013). Effect of polymers on moisture retention and soil water holding capacity. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 25*(4), 469-471.

Yilmaz, E., & Alagoz, Z. (2008). Organic matter soil water relationship. *Turkish Journal of Scientific Reviews, 1*(2), 15-21.

Zeytin, S., & Baran, A. (2003). Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils. *Bioresource Technology, 88*(3), 241-244.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Arazi Yönetimi için Parsel Tabanlı Arazi Değerlendirme Çalışması; Seyrek-Kesik Örneği

Nejat ÖZDEN[1]

Öz

Bu çalışma; İzmir ili, Menemen ilçesi, Seyrek ve Kesik bölgelerini kapsayan tarım arzilerinde 4700 ha'lık alanda yürütülmüştür. Çalışmanın amacını, belirlenen arazi kullanım türlerinin parsel düzeyinde uygunluk sınıflarının belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla; 1/5000 ölçekli ve parsel düzeyinde sayısal özellikli alan bilgileri altlık harita olarak, ILSEN bilgisayar modeli ise potansiyel arazi kullanım gruplarının ve tarımsal arazi kullanımı uygunluk sınıflarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bölgede öncelikli olarak toprak etüt ve haritalama çalışması gerçekleştirilmiş ve vadi arazi tipi içerisinde taşkın seddesi ve basin fizyografyada dağılım gösteren topraklar Entisol sırasına yerleştirilirken, iki alt sıra, iki büyük grup ile dört alt grup içeriğinde tanımlanmışlardır. Tanımlanan toprakların özellikleri ile toprak verimlilik değerlerinin bütünleşmesi sayesinde, saptanan arazi kullanım türleri haritalama birimleri ile karşılaştırılarak, arazi kullanım türlerinin alana uygunluk sınıfları belirlenmiştir. Sözü edilen sınıflar için alanda 19 farklı arazi kullanım türü, toprak ve iklim istekleri bakımından değerlendirilerek belirlenmiştir. Ayıca, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak, araştırma alanı içerisinde parsel düzeyinde potansiyel kullanım guruplarının dağılımını gösteren harita elde edilmiştir. Araştırma alanı topraklarının tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları göz önüne alındığında seçkin tarım arazisi olarak tanımlanabilen bir alan belirlenmemiştir. Alanın, %87'sini oldukça iyi tarım arazileri oluştururken, geriye kalan %13'ünü sorunlu tarım arazilerinin oluşturduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak etüt ve haritalama, ILSEN, arazi değerlendirme, CBS, Menemen

[1] Dr., International Agricultural Research and Training Center, Plant Nutrition and Soil Department, Orcid: 0000-0002-5508-8877

GİRİŞ

Arazi kullanımı planlaması, ülke arazilerinin fiziki planlamasından, çevre düzeni planlamasından bölge planlamasından, kentsel planlamaya, tarım topraklarını koruma temel ilkesi altında arazi kullanım planlamasına, uygun toprak işleme yöntem ve tekniklerine uzanan bir yığın önlemi gerekli kılmaktadır.

Ülkeler iklim ve toprak özelliklerine göre kendilerine özgü doğal ve kültür bitkileri çeşitlerine sahiptirler. Planlama amaçlı çalışmalarda temel veri olarak kullanılması gereken, mevcut ürün deseninin belirlenmesi için geniş alanları gözlemleme ve çeşitli haritaları yapmaya olanak sağlayan uydu görüntülerinden yararlanılmaktadır. Doğal kaynakları daha verimli ve etkin bir şekilde kullanabilmek için; ülkelerin toprak, su, bitki desenleri ile ilgili sayısal ve coğrafi özellikli veri tabanlarını oluşturmaları bir zorunluluk olmuştur. Arazi bilgi sistemi olarak tanımlanan bu özellikteki veri tabanı, belirli bir alanda bulunan arazi varlıkları (toprak, su, bitki, yerleşim vb.) ve bu varlıklara ilişkin öznitelik bilgilerinin coğrafi bilgi sistemi kapsamında bilgisayar ortamına aktarılması, sorgulanması ve güncellenen bilgilerin izlenmesi olarak tanımlanabilir. Gerek yersel veri toplama, gerekse uzaktan algılama teknikleri ile elde edilen bu bilgiler; tarımsal ve çevresel yönetimde karar alıcı organlara destek olup, kendi konumlarında belirli işlerin yapılmasını kolaylaştırdığı gibi, geleceğe yönelik planlama olanağı da sağlayan bilgi sistemleridir.

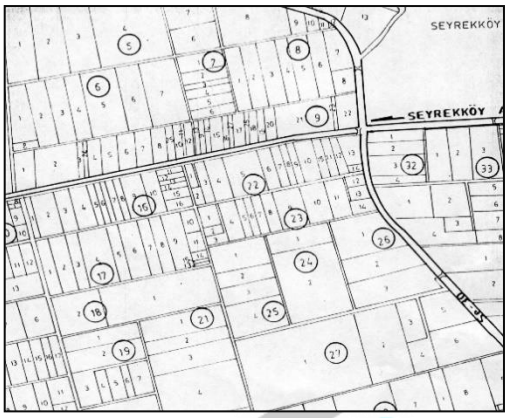
Bu araştırmada, Seyrek ve Kesik köyleri tarımsal arazilerindeki topraklarının revize toprak etüdü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu arazilerin, tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları, iklim özellikleri, üreticilerin sosyo-ekonomik koşulları ile mevcut tarımsal ürün desenleri ve bunlara alternatif oluşturabilecek diğer tarımsal ürünler belirlenmiştir. Sonuçta; coğrafi bilgi sistemi içerisinde katman mantığına göre bir veri tabanı oluşturularak parsel düzeyinde ürün deseni planlaması gerçekleştirilmiştir.

YÖNTEM

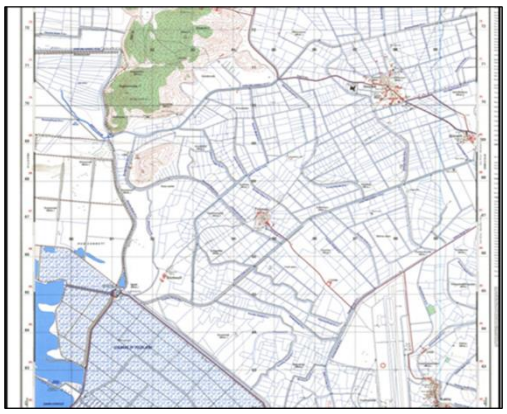
Menemen ili Seyrek-Kesik tarım alanlarında arazi yönetimi için parsel tabanlı arazi değerlendirmeye yönelik bu araştırma, laboratuvar ve arazi çalışmalarını içeren 4 aşamalı şekilde tamamlandı. Laboratuvar çalışmalarında, Menemen Ovası Sol Sahil sulama alanı içerisinde yer alan Seyrek ve Kesik köylerine ait tarımsal alanlara ilişkin sayısal altlık harita hazırlanması, toprakların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, arazi etütlerinde saptanan bilgilerin yorumlanması ve analizler ile uygun ürün desenlerinin belirlenmesi gibi işlemler gerçekleştirildi.

Sayısal Altlık Haritanın Hazırlanması

Bu aşamada, Seyrek-Kesik alanı ile ilgili tüm verilerin ilişkilendirilebileceği duyarlı bir sayısal altlık harita oluşturulmuştur. Bunun için; 1/5000 ölçekli kadastral haritalar, 1/25000 ölçekli topografya haritaları haritaları, A0 ebatlı bir tarayıcı kullanılarak raster format şeklinde bilgisayar ortamında dosyalanmıştır (Şekil 1, 2). CBS yazılımı kullanılarak ölçek ve koordinat bilgileri girilen (registration) ve geotiff formatlı şekle dönüşen kadastral paftalar yine aynı yazılım kullanılarak birleştirilmiş ve araştırma alanı mozaiği oluşturulmuştur. CBS özellikli yazılım ile paftalar üzerinde yer alan ırmak ve dere yatakları, sulama kanalları, yol ve yerleşim alanları ekran sayısallaştırması yöntemi ile çizilerek katmanlar şeklinde veri tabanına yüklenmiştir.



Şekil 1-1/5000 ölçekli kadastral harita



Şekil 2-1/25000 ölçekli topografya harita örneği

Toprak Haritası Revizyonu ve Bu Amaçla Toprak Örneklerinin Alınması

Araştırma alanında, Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından (1971) gerçekleştirilen toprak etüdleri sonucunda belirlenen fizyografik arazi gruplarında, ön arazi etüd çalışmaları gerçekleştirildi. Çalışmalar sonucunda; farklı toprak çeşitleri seri düzeyinde tanımlanarak isimlendirildi ve belirlenen serileri simgeleyecek tipik profillerden horizon esasına göre alınan toprak örneklerinde aşağıda belirtilen analizler laboratuvarda yapılmıştır. Etüt ve haritalamada temel haritalama ünitesi olarak toprak serileri kullanılmıştır. Çalışma alanında belirlenen farklı toprak serilerinin morfolojik özelliklerinin tanımı ve sınıflandırılması amacıyla her toprak serisini en iyi şekilde karakterize edebilecek örnek toprak profilleri tanımlanmış ve araştırma alanı toprakları revize edilerek sınıflandırılmıştır.

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri, laboratuvar koşullarında kurutularak 2 mm'lik elekten geçirildiler ve analize hazır şekle getirildiler (Jackson, 1956).

Toprakta renk tayini; laboratuvar ortamında ıslak ve kuru konuma getirilen örnekler üzerinde Munsell renk kartları kullanılarak belirlendi (Munsell Color Company, 1994).

Toprak dokusu (tekstür) tayini; tane büyüklük dağılımı ve bu bağlamda %kum, %mil, %kil kümeleri hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1962), kullanılarak saptandı ve bu veriler bünye üçgenine uyarlanarak toprak dokusu belirlendi (Black, 1965).

Volüm (hacim) ağırlık; hacmi belli çelik silindirlerle alınan yapısı bozulmamış toprak örneklerinde saptandı (Black, 1965).

Tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su tayini; tarla kapasitesindeki hacimsel su 1/3 atmosfer (4.83 PSİ) basıç altında, solma noktasındaki hacimsel su, 15 atmosfer (220 PSİ) basınç altında basınçlı tabak cihazı kullanılarak (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), yarayışlı su, tarla kapasitesi ile solma noktası farkından belirlendi (Black, 1965).

Toprak tepkimesi (pH) tayini; su ile doygun toprakta cam elektrotlu pH metre kullanılarak saptandı (Jackson, 1967).

Kireç tayini; Scheibler kalsimetresi kullanılarak CaCO3 içeriği yüzdesel olarak belirlendi (Schlichting ve Blume, 1966).

Suda çözünebilir toplam tuz tayini; su ile doygun toprakta elektriksel direnç ölçülerek yüzdesel olarak saptandı (Soil Survey Staff, 1951).

Organik madde tayini; toprak örneklerinin $K_2Cr_2O_7$ ve H_2SO_4 kullanılarak yaş yakma yöntemiyle belirlenen yüzde organik karbon içeriğinin 1,724 sabit sayı ile çarpılmasıyla yüzdesel olarak bulundu (Black, 1965).

Değişebilir katyonlar tayini; Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, K^+ amonyum asetat yöntemi ile me/100g olarak belirlendi (Kelley, 1951).

Veri Tabanı Oluşturulması

Araştırma alanına ait toprak haritası oluşturulduktan sonra her bir toprak serisine ait eğim, drenaj, bünye, erozyon, tuzluluk ve alkalilik, kayalık, taşlılık vb. temel özellikler öznitelik bilgisi olarak veri tabanına yüklenmiştir. Tarımsal parsellere ait mülkiyet bilgileri (tapu bilgileri, icar bilgileri gibi) İlçe Kadastro Müdürlüğü'nden sağlanmış ve kadastral veriler ile ilişkilendirilmiştir

Arazi Kullanım Tasarımı ve Potansiyel Arazi Kullanım Haritasının Oluşturulması

Arazi kullanım tasarımında araziler, tarımsal amaçla kullanımlarını sınırlayan toprak ve fizyografyaya ait özelliklerin etki ve çeşidine göre değerlendirilip sınıflara ayrılmışlardır. Arazi değerlendirilmesi yönteminde öncelikli olarak, temel toprak haritasında tanımlanmış olan her bir haritalama biriminin, çalışma alanında kullanılan ve kullanılması muhtemel olan her bir kullanım türüne uygunluğunu ayrı ayrı gösteren uygunluk sınıfları elde edilmiştir. Bu sınıflar içerisinden önerilen kullanım türü için en uygun kullanımlar kendi içlerinde gruplandırılarak potansiyel kullanım grupları ve haritası oluşturulmuştur. Bir sonraki aşamada, çalışma alanı toprak haritasındaki her bir haritalama biriminin tarımsal kullanım sınıfları ve haritası elde edilerek arazi değerlendirmesi işlemi tamamlanmıştır. Arazi değerlendirilmesinde, Anonymous (1977) tarafından yayımlanan ilkelerin Şenol ve Tekeş (1995) tarafından ülkemiz koşullarına uyarlanması ile geliştirilen ILSEN paket programı kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikli olarak bölgenin ekolojik, ekonomik, sosyolojik, meteorolojik ve fiziksel karakteristikleri göz önünde bulundurularak bölgeye adapte olmuş ve olabilecek değişik arazi kullanım türleri (AKT) belirlenmiş, sonrasında da bu AKT'lerinin en uygun şekilde uygulanmasını sağlayacak arazi karakteristikleri saptanarak, çalışma alanının toprak haritasında tanımlanmış olan haritalama birimlerinin (HB) sahip olduğu arazi karakteristikleri ve nitelikleri ile bunların farklı düzeyleri belirlenmiştir.

Araştırma alanında yer alan haritalama birimlerinin sahip olduğu arazi karakteristiklerinin farklı düzeylerine göre değerlendirmeye alınan AKT lerinin her biri için 1.00 ile 0.00 arasında değişen oransal beklenen ürün (OBÜ) değerleri elde edilmiş, bunun yanı sıra araştırma alanı için belirlenmiş olan AKT lerinin ekonomik analizleri yapılarak 0.00 ile 1.00 arasında değişen karlılık endeks (KE) değerleri hesaplanmış ve KE için, AKT'lerinin üretim değerleri ve maaliyetler Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğünden elde edilmiş ve bu verilere göre fayda masraf analizi yapılmıştır. Daha sonra, her bir HB ine ait arazi karakteristiği, OBÜ ve KE değerleri esas alınarak her bir HB'nin değerlendirmeye alınan AKT'ne uygunluğunu yansıtan fiziksel haritalama birim endeks (FHBE) değerleri hesaplanmış ve FHBE değerleri gruplandırılarak arazi uygunluk sınıflaması gerçekleştirilmiştir. HB için önerilen AKT'lerinde S1 ve S2 yani uygun ve orta uygun sınıflar kendi içlerinde gruplandırılarak potansiyel arazi kullanım grupları elde edildikten sonra haritalama birim endeks (HBE) değerleri, KE ile FHBE değerleri çarpılarak elde edilmiş, ve bunlar teker teker toplanarak toplam haritalama birim endeks (THBE) değeri hesaplanmıştır. En son aşamada ise HBE değerleri THBE değerlerine oranlanarak oransal haritalama birim endeks (OHBE) değerine ulaşılmıştır. Bu değerler bize tarımsal kullanıma uygunluk (TKUS) sınıflarını vererek arazi değerlendirmesi işlemini parsel düzeyinde gerçekleştirmemizi sağlamıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Toprak Haritası Revizyonu

Bu çalışmada, Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından 1971 yılında yapılan Menemen Ovası arazilerinin temel toprak etüdü revize edilerek, araştırma alanında arazi etüdleri gerçekleştirildi ve yeni toprak sınıflandırma dizgesindeki toprak taksonomik birimleri belirlendi.

1960'ların başlarında oluşturulan 7. yaklaşım dizgesi başlangıçtaki algılama güçlüklerine rağmen günümüzde en geçerli sınıflama dizgesidir. Bu dizgede topraklar pedonda saptanan tanı özelliklerine göre farklı birimler içerisinde tanımlanırlar ve topraklar yukarıdan aşağıya doğru sıra, alt sıra, büyük grup, alt grup, familya, seri gibi değişik birimler içerisine yerleştirilirler (Altınbaş, 1991).

Toprak özellikleri

Örnekleme sürecinde çevre ve toprağa ait eğim, arazi şekli, rölyef, arazi tipi, bitki örtüsü, şimdiki arazi kullanımı, taşlılık, kayalık, taban suyu seviyesi gibi doğal özellikler aşağıda tanımlandığı gibi arazi etüdleri sürecinde saptandı.

Toprakların laboratuvar çözümleme verileri

Arazi etüdleri, laboratuvar çözümleme verileri, önceden oluşturulan toprak etüdündeki bilgiler ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak araştırma alanı topraklarının vadi arazi tipi üzerinde beş farklı seride dağılım gösterdiği saptandı (Tablo 1, 2).

Tablo 1-Araştırma alanında yer alan ayrımlı toprak serileri ve dağılımları

Seri adı	Kapladığı alan (km^2)	Kapladığı alan (%)
Gediz	9.91	21.05
Eski Yatak	2.98	6.34
Günerli	7.30	15.51
Tuzcullu	7.75	16.46
Seyrek	19.14	40.65
TOPLAM	47.08	100.00

Tablo 2-Araştırma alanı arazilerinin fizyografik özellikleri, ana özdek ve toprak taksonomik birimleri

Arazi Tipi	Fizyografya	Ana Özdek	Seri	Toprak Sınıfı	Haritalama Birimi
Vadi	Taşkın seddesi	Alluvium birikimler	Gediz	Typic Xerofluvent	VSG
			Eski Yatak	Typic Xeropsamment	VSE
	Basin	Alluvium ince birikimler	Gürle	Aquic Xerofluvent	VBG
			Tuzcullu	Vertic Xerofluvent	VBT
			Seyrek	Typic Xerofluvent	VBS

Arazi Kullanım Planlamasının Oluşturulması

Arazi kullanım planlamasındaki en önemli etken arazilerin sahip olduğu niteliksel ve niceliksel özelliklerinin saptanmasıdır. Arazi özelliklerinin ve alansal büyüklerinin belirlenmesi ile mevcut kullanımlardan verimli olarak üretimi arttırılarak daha iyi bir biçimde yararlanılabilecek ve daha ekonomik alternatif kullanımlar önerilebilecektir. Bu bağlamda yapılan araştırma sonucunda aşağıda sunulan bulgulara ulaşılmıştır.

Arazi kullanım türlerinin (AKT) belirlenip tanımlanması

Arazi kullanım planlamasının yapılacağı araştırma alanı arazilerinin ekolojik ve sosyo-ekonomik koşularına uygun olarak 19 farklı arazi kullanım türü belirlenmiştir. Bu kullanım türlerinde 5 adedi bahçe bitkileri, 6 adedi tarla bitkileri ve 8 adedi de sebze bitkileri kullanım grubu altında tanımlanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3-Değerlendirmeye alınana arazi kullanım türleri (AKT)

Bahçe Bitkileri Kullanım Grupları		Tarla Bitkileri Kullanım Grupları		Sebze Bitkileri Kullanım Grupları	
K1	Bağ	K6	Buğday-Arpa	K12	Hıyar
K2	İncir	K7	Mısır	K13	Domates
K3	Armut	K8	Pamuk	K14	Karpuz
K4	Turunçgil	K9	Baklagil	K15	Kavun
K5	Zeytin	K10	Yem Bitkisi	K16	Patlıcan
		K11	Susam	K17	Biber
				K18	Soğan
				K19	Ispanak

Haritalama birimlerinin arazi özelliklerinin saptanması

Oluşturulan toprak haritasında sınırları belirlenmiş olan 5 farklı toprak serisinin üst toprak bünyesi, alt toprak bünyesi, alt toprakta kireç yüzdesi, toprak drenajı, vertik özellik, yüzey taşlılığı yüzdesi, pedon boyunca taş içeriği, ana özdek, fizyografya, eğim, toprak derinliği,yüzey kayalığı, katyon değişim kapasitesi, değişebilir sodyum yüzdesi gibi arazi ve toprak özellikleri belirlenerek kendi içerisinde alt sınıflara ayrıldılar (Tablo 4).

Tablo 4-Değerlendirmeye alınan toprak özellikleri ile bunlara ait alt sınıflar

Arazi Özelliği	Sınıf	Özellik
Üst toprak bünyesi	UTT1	SL
	UTT2	L, CL, SCL
	UTT3	SiC, C
Alt toprak bünyesi ve strüktürü	ATS1	SL
	ATS2	CL, SCL
	ATS3	C – Granüler
	ATS4	C – Köşeli Blok
Alt toprakta kireç yüzdesi	ATK1	Az
	ATK2	Orta
	ATK3	Çok
Drenaj	DRJ1	İyi
	DRJ2	Orta
	DRJ3	Fena
Vertik özellik	VRT1	Yok
	VRT2	Zayıf
	VRT3	Kuvvetli
Yüzey taşlılığı yüzdesi	YTA1	%1-3
	YTA2	%3-15
	YTA3	%15-50
Pedon boyunca taş içeriği	PTA1	Taşsız veya çok az
	PTA2	Orta
	PTA3	Çok taşlı
Ana özdek	AMA1	Andezit
	AMA2	Kalker, Marnlı kalker
	AMA3	Alluvium, Kolluvium

Fizyografya	FZY1	Yüksek araziler,
	FZY2	Kolluvium, Glaci
	FZY3	Alluvial, Basin
Eğim	EGM1	Düz-düze yakın
	EGM2	Hafif dalgalı düz eğim
	EGM3	Hafif eğim
	EGM4	Orta eğim
	EGM5	Dik eğim
Toprak derinliği	DER1	Çok derin
	DER2	Derin
	DER3	Orta derin
	DER4	Yüzeysel
	DER5	Çok yüzeysel
Yüzey kayalığı	YKA1	Kayasız
	YKA2	Az kayalık
	YKA3	Orta kayalık
	YKA4	Çok kayalık
Katyon değişim kapasitesi	KDK1	<16 me/100g
	KDK2	>16 me/100g
Değişebilir sodyum yüzdesi	ESP1	<%15
	ESP2	>%15

Arazi kullanım türlerinin (AKT) oransal beklenen ürün (OBÜ) değerlerinin belirlenmesi

Arazi kullanım türlerinin kullanım uygunluğunu sınırlayan veya optimum düzeyde olan arazi özelikleri için oransal beklenen ürün değeri, ilgili arazi kullanım türü için üst sınırı 1.00, alt sınır ise 0.00 olarak kabul edildi. Buna karşılık bir arazi kullanım türünün uygulanabilirliğini kısmen sınırlayan arazi özellikleri için sınırlamanın derecesine bağlı olarak 1.00 ile 0.00 arasında değerler verildi (Tablo x).

Haritalama birimlerinin karlılık endeks değerinin belirlenmesi

Araştırma alanında arazi kullanım planlama sonuçlarının daha uzun süreli olmasını sağlamak amacıyla belirgin ayrımlılıkları ortaya koyacak karlılık endeks verileri belirlenerek bilgisayar ortamına atıldı. Araştırma alanının iklim özellikleri, kimi arazi kullanım türlerinin iklim isteklerini tam olarak karşılamamakta veya bitkinin fizyolojik gelişmelerinde ve verimde azalmaya neden olan olumsuz etkisi olmaktadır. Bu durumu değerlendirmeye alma için arazi kullanım türleri için karlılık endeks değerleri belirlendi.

Haritalama birimlerinin arazi kullanım türlerine uygunluğu

Toprak haritasında belirlenen 5 farklı toprak haritalama birimi için arazi kullanım türlerinin uygunluğunu yansıtan fiziksel haritalama birim endeksleri (FHBE) ve uygunluk sınıfları belirlendi (Tablo 5, 6).

Tablo 5-Arazi kullanım türlerine uygunluğu yansıtan OHBE değerleri ve uygunluk sınıfları

Arazi Kulanım Türlerinin Uygunluk Sınıfları		OHBE Değerleri
S1	Çok uygun	1.00-0.90
S2	Orta uygun	0.89-0.75
S3	Az uygun	0.74-0.50
N1	Geçici uygun değil	0.49-0.25
N2	Devamlı uygun değil	0.24-0.00

Değerlendirmeye alınan arazi kullanım türleri bilgisayar ortamında gruplara ayrılarak haritalama birimlerinin fiziksel haritalama birim endeks verilerine göre her grup kendi içerisinde sınıflandırıldı ve kullanım alt sınıfları oluşturuldu (Tablo x).

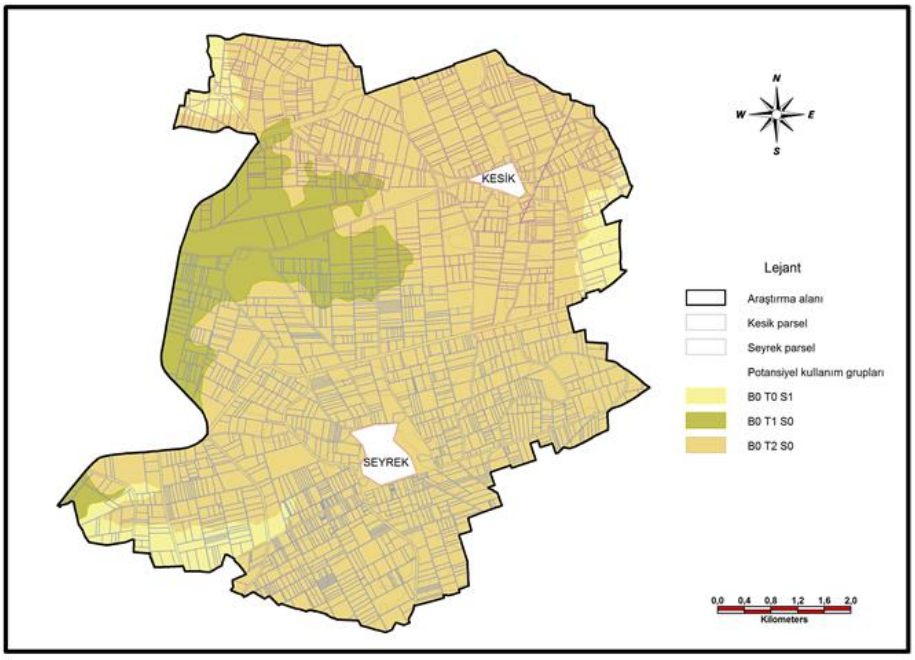
Tablo 6-Fiziksel haritalama birim endeks verilerine göre kullanım grupları ve alt sınıfları

1 No'lu Kullanım Grubu	
B0	Değerlendirmeye alınan kullanım türlerinin hiçbirine uygun değil
2 No'lu Kullanım Grubu	
T0	Baklagil, yem bitkisi, susam
T1	Pamuk, mısır
T2	Pamuk, mısır, buğday-arpa, baklagil, yem bitkisi, susam
3 No'lu Kullanım Grubu	
S0	Değerlendirmeye alınan kullanım türlerinin hiçbirine uygun değil
S1	Domates, kavun, hıyar

Bu arazi kullanım türleri içerisinde uygun ve orta uygun sınıfına giren kullanımlar kendi içlerinde gruplandırılarak potansiyel kullanım grupları Tablo 7'de gösterildiği şekilde elde edilmiş ve Şekil 3'te de gösterildiği üzere potansiyel arazi kullanım haritası hazırlanmıştır.

Tablo 7-Araştırma alanında yer alan HB'lerinin potansiyel kullanım grupları

Haritalama Birimi	Potansiyel Arazi Kulanım Grupları		
VBG	B0	T2	S0
VBS	B0	T2	S0
VBT	B0	T1	S0
VSE	B0	T0	S1
VSG	B0	T2	S0



Şekil 3. Potansiyel kullanım haritası

Uygunluk sınıflarının elde edilmesinde oransal beklenen ürün (OBÜ) ve arazi karakteristiklerinden yararlanarak hesaplamış olduğumuz fiziksel haritalama birim endeks değerleri ile kullanım türlerinin karlılık endeks değerlerinin çarpımı bize her bir haritalama birimi için bir endeks değeri (HBE) vermektedir. Arazi kullanım türleri için saptanan HBE

değerlerinin toplam endeks değerine oranlanmasıyla elde edilen oransal haritalama birim endeks değerleri (OHBE) ve bu değerlere göre bulunan tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları (TKUS) Tablo 8'de verilmiştir.

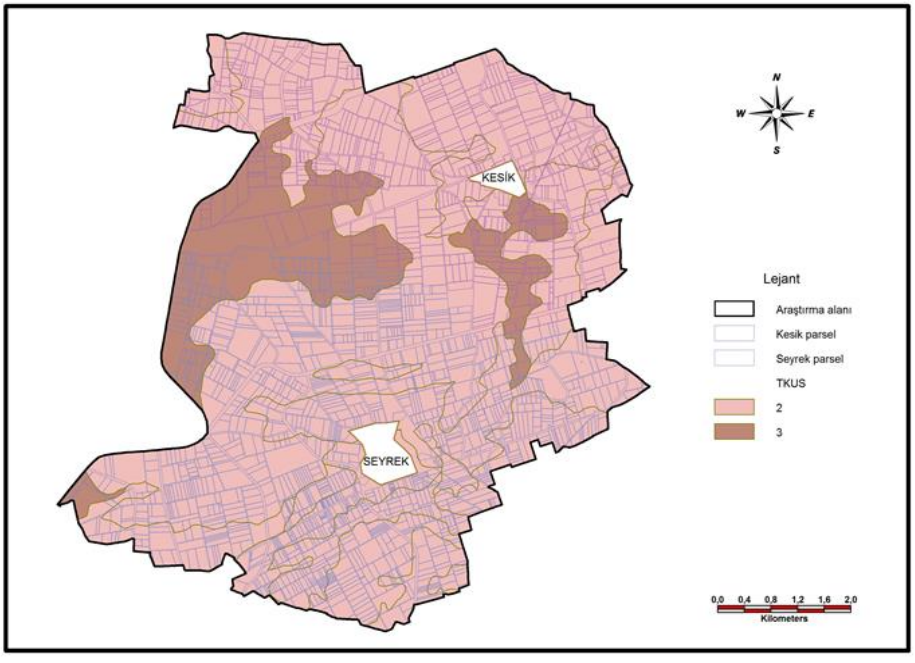
Tablo 8-Tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları (TKUS)

TKUS	TANIMI	OHBE
1	Seçkin tarım arazileri	1.00-0.90
2	Oldukça iyi tarım arazileri	0.89-0.75
3	Sorunlu tarım arazileri	0.74-0.50
4	Tarımda kullanımı sınırlı araziler	0.49-0.25
5	Tarım dışı araziler	0.24-0.00

Araştırma alanı arazilerinde saptanan farklı serilerdeki toprakların yukarıda belirtilen özelliklere göre bilgisayar ortamında saptanan TKUS'ları Tablo 9'da ve tarımsal kullanıma uygunluk haritası Şekil 4'te verilmiştir.

Tablo 9-Araştırma alanındaki HB'lerinin OHBE değerleri ve tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları (TKUS)

Haritalama Birimi	OHBE	TKUS
VBG	0.848	2
VBS	0.848	2
VBT	0.535	3
VSE	0.860	2
VSG	0.848	2



Şekil 4-Tarımsal kullanıma uygunluk (TKUS) haritası

SONUÇ

Son yıllarda hızla artan nüfus, plansız olarak gelişen kentleşme, sanayileşme, turizm, ulaşım, alt yapı hizmetleri ve benzeri nitelikli yatırımlar tarım topraklarının amaç dışı kullanımlarına yol açmıştır. Bir başka yönden nüfus artışına koşut olarak beslenme gereksinmesi de artacağından, tarım topraklarının üretim gizilgüçlerine uygun olarak

değerlendirilmesinin gereği açıkça görülmektedir. Gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakma sorumluluğu göz önünde bulundurulduğunda arazi kullanım planlamasının ne denli önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Bu araştırmada; Seyrek ve Kesik tarımsal arazilerinde parsel bazında arazi kullanım planlaması oluşturulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlar ve buna bağlı olarak sunulan öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Çalışma alanında, Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından 1970'li yıllarda yapılan toprak etüdü revize edilmiş ve toprakların yapısal özellikleri ve bunların yeni toprak taksonomisine (yedinci yaklaşım sınıflandırma dizgesine) göre sınıflandırılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Arazi etüd çalışmaları ile toprak birimlerinin sınırları kontrol edilerek, önceden saptanan serilerin dağılım gösterdiği alanlarda belirlenen noktalardan pedon çukurları açılırken, her bir pedonun ayrımlı horizonlarından alınan toprak örnekleri laboratuvarda analiz edilmiştir. Vadi arazi tipinde önceden saptanan altı seri üzerinde oluşum fgösteren topraklar Entisol sırasına yerleştirilmiş ve iki alt sıra, iki büyük grup ile dört alt grup içerisinde tanımlanmıştır.

Araştırmada seri bazında sınıflandırılan farklı haritalama birimlerinin potansiyel arazi kullanımları oluşturuldu. Bu amaçla arazi çalışmaları ile bölgenin sosyo-ekonomik koşulları ve ekolojisine uygun olan bitkilerle bunların toprak ve arazi istekleri belirlendi. bu amaçla toplanan tüm veriler ILSEN arazi kullanım programında bilgisayar ortamına aktarılarak arazi kullanım planlaması yapıldı. Bu bağlamda, her bir toprak haritalama birimi içerisine giren en uygun arazi kullanımları temel alınarak bitkisel ürün desenleri parsel bazında oluşturuldu.

Bilgisayar ortamına aktarılan, arazi ve toprak özelliklerini içeren verilere göre toprakların tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları oluşturuldu. Bu sınıflara göre 2. sınıfta 4, 3. sınıfta ise 1 adet toprak haritalama birimi yer almaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda araştırma alanı sınırları içerisinde, arazinin önerilen kullanım türlerine olan uygunlukları göz önüne alındığında seçkin tarım arazisi olarak tanımlanabilen bir alan bulunmamaktadır. Alanın %85.7'si oldukça iyi tarım arazisi olarak değerlendirilmiş olup, geriye kalan %14.30'u sorunlu tarım arazisi olarak değerlendirilmiştir.

Konum özelliği nedeniyle, çevre araziler üzerine kent baskısının süreceği anlaşılan Seyrek ve Kesik köyleri üretim potansiyellerinin değerlendirilmesi ve arazi kullanımını sürdürülebilir olması amaçlandığında arazi kullanım planlamasının önemi unutulmamalıdır. Makro ekonomik hedefler belirlenerek arazi kullanım planlaması uygulamaları ile tarım politikaları iyileştirilmelidir. Böylece tarım sektöründe yaşanan olumsuzluklar nedeniyle üreticinin mağdur olması ve işgücünü diğer sektörlere aktarmasının önüne geçilebileceği düşünülmelidir.

KAYNAKÇA

Altınbaş, Ü., 1991, Toprak Genetiği (Toprakların Bileşimi, Morfolojisi, Oluşumu ve Sınıflandırılması, Ders Notu (Teksir), Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.

Anonymous (1977). A Framework for Land Evaluation. Publication 22, Wageningen, The Netherlands.

Black, C.A. (1965) Methods of Soil Analysis Part I, Physical and Mineralogical Properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Jackson, M. L. (1956) Soil Chemical Analysis—Advanced Course, Mimeo. (Second printing, 1965). Published by the author, Dept. of Soil Science, University of Wis., Madison, Wis.

Jackson, M.L. (1967). Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, 498p.

Kelley, W.P. (1951). Alkali Soils, Their Formation, Properties and Reclamation, Reinhold Publishing Corporation, New York, USA.

Munsell Color Company (1994). Munsell Soil Color Charts,Revised Edition, Macbeth Division of Kollmorgen, NewWindsor, NY

Schlichting, E. ve Blume, H.P. (1966). Bodenkundliches praktikum. Verlag Paul Paney, Hamburg und Berlin, 121–125.

Şenol, S. ve Tekeş, Y., 1995. Arazi Değerlendirme ve Arazi Kullanım Planlaması Amacıyla Geliştirilmiş Bir Bilgisayar Modeli. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu, Cilt I. Yayın No:7-1995. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara.

Soil Survey Staff (1951). Soil Survey Manual. U.S. Dept. of Agric. Handb. 18. U.S. Govt. Print. Off. Washington, DC. 503 pp.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Kabakgillerde Kabak Sarı Mozaik Virüsü (ZYMV) ve Belirtileri

Nur ÜLGER[1]
Sıdıka GÖNÜL[2]
Büşra ÜLGER[3]

Özet

Virüsler dünyada ve ülkemizde tarım ürünlerinde yaygın olarak görülen en önemli zararlılardandır. Sebze yetiştiriciliği örtü altı ve açık arazi gibi tropik ve subtropik alanlarda yapılmaktadır. Üretimi etkileyen çeşitli hastalık ve zararlılar vardır. Bitki virüs hastalıkları, meyve kalitesini ve bitki sağlığını olumsuz etkileyerek verimde kayıplara sebep olmaktadır. Üretimde kalitesiz ürün ile verimdeki kayıplar ekonomik zararlara yol açmaktadır. Kabakgillerin insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Geniş konukçuya sahip olan kabak sarı mozaik virüsü (Zucchini yellow mosaic virus, ZYMV) kabakgillerde en yaygın görülen virüsler arasındadır. Kabakgiller familyasına ait olan konukçuları; kabak (*Cucubitaceae pepo*), hıyar (*Cucumis sativus*), kavun (*Cucumis melo*) ve karpuzdur (*Citrullus lanatus*). Potyviridae familyasında bulunan bir potyvirüs olan ZYMV, mekanik yollarla ve vektörü olan yaprak bitleri ile taşınabilmektedir. Enfeksiyon bulunan sebze üretim alanlarında, meyve şeklinde ve renginde anormallikler, yapraklarda mozaik leke oluşumu, bitkide sararma ve bodurlaşmaya sebep olmaktadır. Virüsü tanımlamak için yapılan teşhis çalışmalarında serolojik yöntemler olan RT-PCR ve ELISA testleri kullanılmaktadır. ZYMV ile mücadele için birçok çalışma yapılmıştır. Kimyasal mücadelesi yaprak bitlerine karşı yapılmaktadır. Bu nedenle mücadelede kimyasal mücadele etkin bir sonuç vermemektedir. Virüs hastalıklarının kimyasal mücadelesinin kısıtlı olması, ZYMV ile mücadelede dayanıklı çeşitlerin kullanımının, kültürel işlemlerin dikkatli yapılmasının önemini artırmaktadır. En etkili yöntem dayanıklı çeşit kullanımıdır. Bu derlemede, ZYMV'nin kabakgillerde neden oldugu zararlar ve mücadele yöntemleri araştırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Virüs, Kabakgiller, ZYMV, RT-PCR, DAS-ELISA

[1]Agricultural Engineer MSc., R&D Engineer, Nur, Ülger, Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş., 0000000332228037

[2] Agricultural Engineer, R&D Engineer, Sıdıka, Gönül, Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş., 0009000214703543

[3] MSc Student, Plant Biotechnology, R&D Engineer, Büşra, Ülger, Wageningen University, Multi Tohum Tar. San. Tic. A.Ş., 0009000777286640

Giriş

İnsan beslenmesinde yüksek besin değeri olan sebzelerin önemli bir yeri vardır. Kabakgil familyasının su, lif, vitamin ve mineral madde içeriği yüksek olması ile kalori değeri düşük olduğu için beslenmede tercih edilmektedir. Dünyadaki nüfus artışıyla beraber gıda tüketimi artmaktadır. Bu da insan beslenmesinde önemli rolü olan sebzelere talebin artmasına sebep olarak üretim miktarını etkilemektedir. Artan üretimle beraber elde edilen ekonomik gelir, ülkelerin ekonomik kalkınmasını desteklemektedir. Dünyada ve ülkemizde sebze yetiştiriciliği örtü altı ve açık arazi gibi tropik ve subtropik yerlerde yapılmaktadır (Budak, 2015). Çin, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'nden sonra Türkiye sebze yetiştiriciliğinde dördüncü sırada yer almaktadır. Sebze yetiştiriciliğinde üretim ve ekonomik açılardan önemli bir yere sahip olan ülkemiz, tohum ithalatında sebze tohumunda öne çıkmaktadır (Tuncer, 2019). Ülkemizde sebze üretimi 2022 yılındaki verilere göre 29 milyon tondur (TÜİK, 2022). Ülkemizde sebze yetiştiriciliğinde; domates, biber, hıyar, kabak, karpuz ve kavun yoğun bir şekilde üretilmektedir (Dikici, 2019). Dünyanın farklı yerlerinde kabakgil üretimi yapılmaktadır. Türkiye'de kabakgil familyasına ait kültüre alınmış üretimi yapılan ürünlerde birçok tip tercih edilmektedir.

Kabakgil familyasında yer alan kabağın tüketimi dünyada ve ülkemizde çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Gen merkezinin Amerika Kıtası olduğu bilinen (Altınay, 2017) kabak, 2n=40 kromozoma sahiptir. Kazık köke sahip olan kabak tek yıllık bir bitkidir. Latince ismi *Cucubitaceae pepo* 'dur. FAO verilerine göre kabak en fazla Çin, Ukrayna, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri ve İspanya'da üretilmektedir (FAO, 2021). Kabak ekolojik koşulara uygunluğu nedeniyle dünyada ve Türkiye'de geniş çapta üreticiliği yapılmaktadır (Ünlü, 2016). 2022 yılı verilerine göre kabak ülkemizde 90,362 ton üretilmedir (TÜİK, 2022). Kabak, n tüketimindeki yaygınlık ve hibrit tohumların kullanılmaya başlamasıyla üretim miktarında artış görülürken, ekonomik olarakda sebze üretiminde öne çıkmaktadır (Abak, 2021). Meyvelerinin hasadı elle yapılmaktadır. Kabak çeşitli meyve şekli ve yapısına sahiptir, bitkisi otsu ve palmiye şeklindedir (Paris, 2005). Tüketim bakımından önemli bir yere sahip olan kabak; tatlı, reçel, marmelat, çorba, turşu ve yemeklerde kullanılmaktadır. Karbonhidrat bakımından zengin (Paksoy ve Aydın, 2004) tohumları kuruyemiş, meyve ve artıkları ise hayvan yemi olarak kullanılabilmektedir (Balkaya, 2020). Kabak, A ve C vitaminleri, potasyum, karotenoidler ve lif bakımından zengindir. Kalorisi düşük olan kabak tohumları ise, kolesterol düşürücü etkiye sahip fitosteroller içerir ve triptofan amino asitleri açısından zengindir. Aynı zamanda bu sebzenin çeşitli kısımları ilaç endüstrisinde obezite, diyabet ve kanser tedavisinde de kullanılabilmektedir (Makni ve arkadaşları, 2008; Jiang ve Du, 2011; Saha ve arkadaşları, 2011; Kazım Abak, 2021).

Hıyar, kabakgiller familyasında bulunan tek yıllık bir bitkidir. Latince ismi *Cucumis sativus* olarak bilinen hıyar 2n=14 kromozoma sahiptir (Seçmen ve arkadaşları, 1997; Şığva, 2015; Abak, 2021). Hıyarın 90 adet türü ve 750 adet cinsi vardır (Tatlıoğlu, 1993). Anavatanı Hindistan olduğu bilinen hıyar, dünyaya buradan yayılmıştır (Kirkbride, 1993; Renner ve arkadaşları, 2007; Renner ve Schaffer, 2008; Şığva, 2015; Aktaş, 2019). Dünyada en fazla Çin, Türkiye, Rusya, Ukrayna ve Meksika'da üretimi yapılmaktadır (FAO, 2021). Ülkemizde oldukça fazla yetiştiriciliği yapılan hıyar, 2022 verilerine göre 1,938 milyon ton üretilmektedir (TÜİK, 2022). Hıyar meyveleri reçel, konserve ve turşu olarak tüketilirken taze olarak da tüketilebilmektedir (Şahin, 1985; Ova, 2002; Karamanlı, 2007; Üstünkaya, 2019). Kabakgiller familyasının en küçük genomuna ait olan hıyar 367 Mb uzunluğundadır (Han ve arkadaşları, 2008; Ren ve arkadaşları, 2009; Aydemir, 2009; Şığva, 2015). Hıyar kabakgil türlerinden en zayıf kök sistemine sahiptir. Kökler toprağın 10-20 cm derinliğinde bulunmaktadır (Günay, 2005; Eşiyok, 2012; Abak, 2021). İri yapraklı, köşeli gövdeli ve yan dalları

olan hıyar bitkisi, ipe alındığında gövdede oluşturduğu sülüklerle birbirine dolanarak tırmanma yeteneği kazanır (Sevgican, 1999; Günay, 2005; Şığva, 2015; Abak, 2021; Yurdakul, 2022).

Kabakgiller familyasına ait olan ekonomik değeri yüksek bir diğer bitki Kavun'dur, latince ismi *Cucumis melo* 'dur. Diploid olan kavun, 2n=24 kromozoma sahiptir (Dane ve Tsuchiya, 1976). Orijini net bilinmemekle beraber Afrika olduğu düşünülmektedir (Kerje T ve Grum, M. 2000; Mısır, 2012). 2021 yılı FAO verilerine göre kavun en fazla Nijerya, Sudan, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, İran ve Orta Afrika Cumhuriyeti'nde üretilmektedir (FAO, 2021). Kavun, Anadolu'nun Van bölgesinden dünyaya yayıldığı bilinmektedir (Kıpçak ve arkadaşları, 1951). Yetiştiriciliği açık arazi ve örtü altında yapılmaktadır (Abak, 2021). 2022 verilerine göre ülkemizde 1,587 milyon ton üretilmiştir (TÜİK, 2022). Kavunun tanımlanmış ve yabani kültüre alınmış çeşitli tipleri vardır (Pitrat ve arkadaşları, 2000). Kantalo, kışlık, acur, turşuluk, kokulu cep kavunları ve agrestis olmak üzere yedi farklı tipi olduğu bilinmektedir (Mısır, 2012). Kavun tek yıllık sürünen bir bitkidir ve sülükleri aracılığıyla tırmanabilir. Bitkinin gövdesi tüylerle kaplıdır ve bitki kazık köke sahiptir (Zitter ve arkadaşları, 1996; Yakupoğlu, Çoban, 2022). Uygun koşullarda bitki boyu 2-3 m'ye ulaşabilir. Bitkinin alt koltuğunda, koltuk altı tomurcukları yan dalları oluşturur (Abak, 2021). Kavunun çiçek yapısı erkek ve dişi olmak üzere iki tiptir. Dişi çiçekler monoik ve andromonoik yapıda olabilir. Meyvenin sarı veya turuncu etli, bol sulu bir yapısı vardır (Mancak, 2013).

Karpuz, kabakgiller familyasına ait olup latince ismi *Citrullus lanatus* 'dur ve diploid 2n=22 kromozoma sahiptir. Gen merkezinin Afrika olduğu bilinmektedir ve en fazla Orta Asya'da Çin'de üretimi yapılmaktadır (Altınay, 2017). Amerikalılar arasında da popüler olan karpuz Çin ve Rusya'dan sonra İspanyolların yardımıyla Amerika'ya yayılmıştır (Robinson ve Deckers-Walters, 1997). Dünyada en fazla karpuz üretimi sırasıyla Çin, Türkiye, Hindistan, Brezilya ve Cezayir'dir (FAO, 2021). Ülkemizde karpuz yetiştiriciliği çok önemli bir yere sahip olup 2022 yılında 3,394 milyon ton üretilmiştir (TÜİK, 2022). Tek yıllık bitki olan karpuzun yetiştiriciliği örtü altı ve açıkta yapılmaktadır (Karakurt, 2015). Yazlık bir sebze olan karpuz, insan sağlığı için faydalıdır (Sarı, 2006; Abak, 2021). Karpuzun en önemli meyve kalite özelliklerinden biri çekirdek boyutudur.

Bitki sağlığı birçok biyotik ve abiyotik etmene bağlıdır (Miteva ve arkadaşları, 2005; Bacelo ve Poshenrieder, 1990). Kabakgillerde enfeksiyona sebep olan 20'nin üzerinde virüs vardır. ZYMV bulaşık üretimde kalitede ve verimde azalmayla ekonomik kayba sebep olan en önemli virüslerin arasında yer almaktadır (Desbiez ve H. Lecoq, 1997). ZYMV hıyar (*Cucumis sativus L.*), kavun (*Cucumis melo L.*), kabak (Cucurbitaceae *pepo*) ve karpuzda (Citrullus *lanatus*) yaygın olarak görülerek üretimde önemli kayıplara sebep olmaktadır (Park ve arkadaşları, 2004; Lisa ve Leeoq, 1984; Purcifull ve arkadaşları, 1984; Park ve arkadaşları, 2004).

ZYMV, Potyviridae familyasında bulunan bir potyvirüstür (Lisa, 1981; Turan ve Erdinç, 2022). Kısa zaman da yayılma özelliğine sahip olan ZYMV patojeni üretim alanlarında ciddi verim ve ekonomik kayıplara sebep olur (Desbiez, C. Ve Lecoq, 1997). ZYMV'nin uzunluğu 750 nm, genişliği ise 11 nm olup ipliksi yapıdadır. Potyvirus olan bu virüs tek iplikli RNA moleküllerinden oluşmaktadır (Şığva, 2015; Ünlü, 2016; Topkaya, 2015). ZYMV'ye dayanıklılık için kabakgillerde çalışmalar yapılmıştır.

Kabakta yapılan çalışmalarda, çeşitli dayanıklılık genleri tespit edilmiştir. Bunlardan birisi de ZYMV'ye dayanıklılık geni olan *Zym*'dir. Farklı ırklarına dayanıklılık sağlayan gen bölgelerinden bazıları; *Zym* (Robinson ve arkadaşları, 1988), *Zym-0* (Munger ve Provvidenti, 1987; Brown ve arkadaşları, 2003; Pacher ve Kelley, 2004), *Zym-1*(Paris ve arkadaşları, 1988; Gilbert-Albertini ve arkadaşları, 1993; Paris ve Cohen 2000; Pacher ve Kelley 2004), *Zym-2* (Paris ve Cohen, 2000), *Zym-3*(Paris ve Cohen, 2000) 'tür.

Hıyarda, ZYMV'ye dayanıklılık çalışmaları *zym* lokusu incelenerek yapılmıştır (Perin ve arkadaşları, 2002). Park ve arkadaşları, 2004 yılında yaptıkları çalışmalarında hıyarda ZYMV dayanıklılıklarını karşılaştırmışlardır. (Park ve arkadaşları, 2004).

Kavunun genetik haritalaması, geliştirilen 100'den fazla moleküler işaretleyici ile yapılmıştır (Pitrat, 1991; Pitrat, 1994; Pitrat, 1998). Haritalamada ZYMV'ye dayanıklı *Zym-1* geni bulunmuştur (Pitrat, 1991). Virüsün farklı suşları ile farklı iki kalıtıma sahip olan ve ZYMV'ye dayanıklılık sağlayan dominant diallel *Zym* lokusu (Pitrat ve Lecoq, 1984) veya dominant üç tamamlayıcı lokus olan *Zym1*, *Zym-2* ve *Zym-3* (Danin-Poleg ve arkadaşları, 1997) genleri aynı 414723 PI'a sahip kavunda bulunmuştur (Lecoq ve Pitrat 1984; Desbiez ve Lecoq 1997; Desbiez ve arkadaşları 2002; Lecoq ve arkadaşları, 2002).

Karpuzda gen kaynakları taranarak ZYMV'ye dayanıklı aksesyonlar belirlenmiştir (Boyhan ve arkadaşları, 1992; Provvidenti 1991; Guner ve arkadaşları, 2008). Provvidenti 1991 yılında yaptığı çalışmasında Zimbabve'de karpuzda dört farklı ZYMV dayanıklılık aksesyonu tespit etmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda ZYMV dayanıklılığının virüsün türüne bağlı bazılarında ise bağlı olmadığını belirtmişlerdir. Provvidenti'nin 1986 yılında ZYMV dayanıklılığı hakkında yaptığı çalışmasında ZYMV dayanıklılığının virüs türüne bağlı olmadığını ve yüksek sıcaklıkta ekspresyon seviyesinin iyi olduğunu bildirmiştir.

Keşfi ve Kökeni

Potyvirus olan ZYMV, Avrupa'da ilk defa 1973 yılında İtalya'da kabak yetiştiriciliği yapılan alanlarda görülmüştür. 1981 yılında ilk defa Lisa ve arkadaşları tarafından tanımlanıştır (Çalışkan ve Kamberoğlu, 2010). 1973'te, kuzey İtalya'da yetiştirilen kabaklarda bilinen kabak virüslerinden farklı belirtiler olduğu gözlenmiştir (Desbıez ve LecoQ, 1997). Kuzey İtalya'da görülen bu hastalık 1979 yılında Güney İtalya'da da görülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucunda Akdeniz ülkelerinin 18'inde ZYMV görüldüğü bildirilmiştir (CABI/EPPO, 2003b; Dukic ve arkadaşları,2002; Papayiannis ve arkadaşları, 2005; Vucurovic ve arkadaşları, 2009). Keşfinden bu zamana kadar geçen sürede ZYMV, kabakgilleri en fazla etkileyen virüs olarak bilinmektedir (Lisa ve Lecoq, 1984). Enfekte bitkilerde ciddi bodurluk, sararma, yaprak ve meyvelerde şiddetli deformasyon, yapraklarda bükülme kloroz, bitki gelişiminde bozukluk, genç sürgünlerde iplikleşme, meyve şeklinde bozukluk ve çiçeklerde azalma (Blua ve Perring, 1989; Çalışkan ve Kamberoğlu, 2010) gibi semptomlar görülerek üretimde ciddi verim kayıplarına sebep olmaktadır. Bitkinin çeşidi, çevresel koşullar ve enfeksiyon zamanı semptomların şiddetini etkilemektedir (Örs, 2018).

ZYMV, özellikle kabak ve kavunlarda şiddetli epidemilere neden olmuştur ve kısa süre içinde dünyaya yayılmıştır (Topkaya, 2015).Tanımlandığı günden beri 50'den fazla ülkede tespit edilmiş olup (Desbiez ve Lecoq, 1997) dünya çapında kabakgil yetiştiriciliği yapılan alanlarda salgına neden olmaya devam etmektedir (Desbiez ve diğerleri, 2002; Grafton Cardwell ve diğerleri, 1996; Luis-Arteaga ve diğerleri, 1989; Ullman ve diğerleri, 1989; Topkaya, 2015; Abak, 2021). ZYMV, hıyar ve su kabağı üretim alanlarında dünyada ilk kez 1989 yılında Singapur'da görülmüştür. Avrupa, Asya, Afrika, Orta Doğu, Okyanusya, Kuzey ve Güney Amerika'daki birçok ülkede kabak yetiştiriciliği yapılan tarlalarda veya örtü altında olduğu gözlemlenmiştir (Desbıez ve Lecoq, 1997). Birçok Akdeniz ülkesinde de gözlemlenen ZYMV (Topkaya, 2015). İtalya, Türkiye, Cezayir, Mısır, Madagaskar, Mauritius, Fas, Reunion, Svaziland ve Tunus gibi ülkelerde görülmektedir. Türkiye'de ilk kez 1984 yılında Davis ve Yılmaz tarafından Adana'da tespit edilmiştir (Budak, 2015). ZYMV hızla yayılarak kabakta ciddi verim ve ekonomik kayıplara neden olan viral etmendir (Lovisolo, 1980; Lecoq, 1991; Yılmaz ve arkadaşları 1992; Yılmaz ve arkadaşları, 1994). Bitkiye erken dönemde bulaşan ZYMV üretimde %100 verim kaybına sebep olarak ekonomik kayıplar oluşturmaktadır.

Konukçu Aralığı ve Taşınma Yolları

Viral hastalıklar sebze üretiminde ciddi kayıplara sebep olmaktadır. Dünyada ZYMV'nin çok fazla yayılmasının bir başka nedeni de bitkisel üretim ve ticaretin küreselleşmesidir (Topkaya, 2015). ZYMV, Potyviridae familyasına ve Potyvirus cinsine ait bir virüstür. Konukçuları arasında *Cucurbita maxima (*helvacı kabağı), *Cucurbita moschata* (balkabağı), *Cucurbita pepo* (yazlık kabak), *Cucumis melo* (kavun), *Cucumis sativus* (hıyar) ve *Citrullus lanatus* (karpuz) yer alır (Günay,1993;Kazım Abak, 2021). Geniş konukçu aralığı (Karamanlı, 2007) yüzünden birçok sebze grubunu olumsuz yönde etkileyen ZYMV'nin vektörleri hızlı yayılmasını sağlayarak hastalığın önemini artırmaktadır (Özcan, 2015). Kabakgillerde zararlı 32 virüs ve virüs benzeri patojen vardır. Bu virüslerden ZYMV, kabakgil yetiştiriciliğinde ciddi ekonomik kayıplara sebep olmaktadır (Lovisolo, 1980; Çalışkan, 2010). Ülkemizin birçok bölgesinde kabakgil yetiştirilen bölgelerde ZYMV'ye rastlanılmıştır (Yilmaz ve Davis 1984; Yilmaz ve arkadaşları, 1994; Uçar ve Ertunç, 1998; Bostan ve arkadaşları, 2002; Sertkaya ve arkadaşları, 2004; Koklu ve Yilmaz, 2006; Kaya ve Erkan, 2007). ZYMV, yaprak bitleri tarafından mekanik olarak taşınmaktadır. Yaprak bitlerinin en az 26 farklı türü vardır (Lisa ve arkadaşları 1981; Topkaya, 2015). Aphididae takımından Myzus *persicae* ve A. *Craccivora* ile non persistent şekilde kolayca taşınırken, Aphis *gossypii*, A. *spireacola*, A. *middletoni*, Acyrthosiphon *kondoi*, Acyrthosiphon *pisum*, Lipaphis *eriysimi*, Macrosiphum *euphorbiae*, Uroleucon sp. ile de taşınabilmektedir. (Lisa ve Lecoq, 1984; Ullman, 1991; Özcan, 2015). Bitkilerin birçok kısmında bitki özsuyunu emmeleri, bitkiye toksik madde enjekte etmeleri, gal ve ur gibi yapıların oluşturmaları, fotosentezi engellemeleri ve bitkilerde şekil bozukluğu gibi zararlara sebep olmalarıyla viral hastalıkların vektörü olan yaprak bitleri, bitki gelişimini durdurarak ölümüne de sebep olabilmektedir (Muştu, 2018; Kasap, 2021). Konukçusu oldukları bitkilerin fizyoloji, fenoloji ve ekolojisine göre hızlı şekilde üreyebilir ve kolay uyum sağlayabilirler (Petterson ve arkadaşları, 2007; Kasap, 2021). Yaprak bitlerine ek olarak, virüs çok düşük oranda *Cucurbita pepo (L) var. Styriaca* ile de taşınabilmektedir (Karakurt, 2015). Mekanik olarak ve yaprak bitleri tarafından non-persistent yayılan ZYMV'nin (Topkaya, 2020), aynı zamanda tohumla taşınabildiği ihtimali tartışma konusudur (Schrijnwerkers ve arkadaşları, 1991; Fletcher ve arkadaşları, 2000; Tobias ve arkadaşları, 2008; Coutts ve arkadaşları, 2011b; Simmons ve arkadaşları, 2011; Özcan, 2015; Topkaya, 2015; Karakurt, 2015; Kızmaz, 2016).

Belirtileri

Kabakgil üretiminde ZYMV, verim ve kalite kaybına sebep olan önemli bir virüstür. Bu hastalık tarım sektöründe meyvede anormalliklere sebep olarak ekonomik kazancı düşürmektedir (Özcan, 2015). Özellikle kabakgil familyasına ait olan kabak, hıyar, kavun ve karpuz, ZYMV bulaşıklığında çeşitli belirtiler göstermektedir. Hastalığın belirtileri konukçuya ve enfeksiyonun evresine göre değişim göstermektedir (Jamie Komata, 2014). ZYMV geniş konukçu aralığına sahip olması nedeniyle çeşitli belirtilere sahiptir ve bu belirtiler kabakgil familyasına ait olan bitkilerde benzerlik göstermektedir. Belirtileri genellikle yapraklarda; sarı mozaik lekelenme, sararma, kıvrılma, deformasyon, damar açılması, bodurlaşma, çiçeklerde azalma, ayakkabı bağı semptomları, yeşil aksam ölümü, meyvede şekil bozuklukları ve renk bozukluğu şeklinde gözlemlenmektedir (Kamberoğlu, 2010; Jamie Komata, 2014; Özcan, 2015; Ünlü, 2016). Kabakta meyvede mozaik görüntüler, sararma, bodurlaşma, yapraklarda deformasyona sebep olurken sarı renk olan meyveler, parlak sarı beneklerle kaplanmakta ve renkleri olgunlaşmadığı için yeşil kalmaktadır (Desbiez ve Lecoq, 2012). Kavun ve karpuzda ilk belirtiler ise; boğum aralarında kısalma, yapraklarda deformasyon, kabarcıklar, enasyon, yapraklarda mozaik lekelenme,daralma, beneklenme ve meyvelerde düzensiz renklenmeler gözlemlenmektedir (Topkaya, 2015; Kızmaz, 2016). Bu familyanın dışında süs bitkileri olan

hatmi çiçeği, hezaren ve begonya ‘da zarara neden olduğu bildirilmiştir (Desbiez ve Lecoq, 2012; Topkaya, 2015). Ayrıca ZYMV’nin belirli sıcaklıklarda hıyar mozaik virüsü (cucumber mosaic virus, CMV) gibi bazı hastalıklarla beraber görüldüğünde belirtilerinin artabileceği bildirilmiştir (Desbiez ve Lecoq 1997; Jamie Komata, 2014).



Şekil 1. Kabakta ZYMV, İznik, Bursa, Haziran 2022



Şekil 2. Hıyarda ZYMV, Elmalı, Antalya, Temmuz 2022

Teşhis

Virüs hastalıklarının teşhisinde farklı test yöntemleri kullanılmaktadır. Belirtileri iyi bir gözlem sayesinde erken teşhis etmek ZYMV ile mücadelede son derece önemlidir. Çalışmalarda kullanılan teşhis yöntemlerinden birisi serolojik yöntemlerdir. Bu testler hastalığın fizyolojik özelliklerini incelenmek, virüsleri gruplandırmak ve ırklarına göre ayırmak amacıyla ıslah programlarında kullanılabilmektedir (Yorgancı, 2006). ZYMV’nin teşhisinde serolojik test kullanımında RT-PCR (Reverse transcription polimerase chain reaction) ve DAS-ELISA (Double antibody sandwich enzyme linked immunosorbent assay) testleri kullanılmaktadır (Desbiez ve Lecoq 2012). DAS-ELISA yönteminin özellikle yaprak

biti ile taşınan hastalıkların tespitinde önemli olduğu bildirilmiştir. Bu yöntem özgüllüğü ve kolay çoğaltılabilirliği nedeniyle tercih edilmektedir (LecoQ, 1997). DAS-ELISA ticari kitleri üretici firmalar tarafından tedarik edilebilmektedir.

Davis'in 1986 yılında, Türkiye'den alınan örneklerden ELISA ile yaptığı çalışmasında izolatların belirti ve etkisinin Mısır ve Connecticut izolatları ile benzer, Florida izolatı ile farklı olduğunu belirlemiştir (Davis, 1986). Katul ve Makkouk'un 1987 yılında, yaptıkları çalışmada Lübnan ve Suriye'de ELISA testleri sonucu ZYMV'nin bulunduğunu tespit etmişlerdir (Katul ve Makkouk, 1987). Aynı yıl Tayvan'da yapılan benzer bir çalışmada ise, Hseu ve arkadaşları ZYMV'nin en yaygın virüs olduğunu bildirmişlerdir (Hseu ve arkadaşları, 1987). Miller'ın 1989 yılında, Amerika Texas'da bulunan kavun örneklerinde yaptığı ELISA testlerinde ZYMV olduğunu tespit etmiştir (Miller, 1989). 1989 yılında, yapılan bir diğer çalışmada ise Meksika'daki kabakgil örneklerinde ELISA testleri yapılmış ve ZYMV'nin en yaygın görülen virüsler arasında bulunduğunu tespit edilmiştir (Delgadillo ve arkadaşları, 1989). 1993 yılında, Kosta Rika'da kavunda yapılan ELISA testi çalışmasının sonucunda örneklerde ZYMV olduğunu bildirilmiştir (Rivera ve arkadaşları, 1993). Rubies-Autonell ve arkadaşlarının, İtalya'nın orta ve kuzeyinde bulunan kavunlardan aldıkları örneklerde ZYMV enfektesi olduğunu tespit etmişlerdir (Rubies-Autonell ve arkadaşları, 1996). Suudi Arabistan'ın Riyad, Gassim ve Hail bölgelerinde 1997 yılında, Al-Saleh ve Al-Shahwan tarafından yapılan çalışmada kabakgil örneklerinde ZYMV'nin en yaygın virüs olduğunu makalelerinde bildirmişlerdir (Al-Saleh ve Al-Shahwan, 1997). Lisa ve arkadaşlarının 1997 yılında, açık arazi ve örtü altındaki kabaklardan aldıkları örneklerde ELISA testleri yapmışlar ve sonucunda ZYMV enfektesi olduğunu tespit etmişlerdir (Lisa ve arkadaşları, 1997). İspanya'da 1998 yılında, kavunda yapılan bir çalışmada ise, ELISA testleri sonucunda ZYMV'nin yayılımının az bölgede bulunduğu ve düşük oranda olduğu Luis-Arteaga ve arkadaşları tarafından belirlenmiştir (Luis-Arteaga ve arkadaşları, 1998). Gungoosingh-Bunwaree'nin, 2001 yılında kabakgillerde yaptıkları çalışmada ZYMV'nin en yaygın görülen hastalık virüs olduğunu bildirmişlerdir (Gungoosingh-Bunwaree, 2001). Şevik ve Sökmen'in 2001 yılında, Samsun'da bulunan kabakgillerden aldıkları örneklerde yaptıkları ELISA testleri sonucunda tüm örneklerde ZYMV olduğunu tespit etmişlerdir (Şevik ve Sökmen, 2001). Gu ve arkadaşlarının 2002 yılında, yaptıkları ELISA çalışmalarında Çin'in kuzeyinde kabakgillerde ZYMV olduğunu bulmuşlardır (Gu ve arkadaşları, 2002). Bostan ve arkadaşlarının 2002 yılında, Türkiye'nin Erzurum, Erzincan ve Artvin şehirlerinde yaptıkları çalışmalarında aldıkları tüm örneklerde ZYMV bulaşık olduğunu tespit etmişlerdir (Bostan ve arkadaşları, 2002). 2003 yılında Şevik ve Arlı-Sökmen'in, kabakgillerde yaptıkları çalışmada tüm örneklerin ELISA sonucunda ZYMV bulunduğunu görmüşlerdir (Şevik ve Arlı-Sökmen, 2003). Farhangi ve arkadaşlarının 2004 yılında, yaptıkları çalışmalarında ZYMV'nin test edilen virüsler içerisinde en sık görülen virüs olduğunu tespit etmişlerdir (Farhangi ve arkadaşları, 2004). Köklü ve Yılmaz'ın 2005 yılında, Türkiye'nin Trakya bölgesinde kavun ve karpuz üretim alanlarında çeşitli virüslerle yaptıkları çalışmalarında, ZYMV'nin en yaygın görülen virüsler arasında olduğunu tespit etmişlerdir (Köklü ve Yılmaz, 2005). Özaslan ve arkadaşlarının 2006 yılında, yaptıkları çalışmalarında Gaziantep'ten alınan 56 örnekten 22 tanesinde ELISA testi sonucunda ZYMV olduğunu belirlemişlerdir (Özaslan ve arkadaşları, 2006). 2006 ve 2007 yılında, İran'da yapılan ELISA çalışmalarında ZYMV tespit edilmiş ve en yaygın görülen virüs olduğunu bildirmişlerdir (Taheri, Massumi ve arkadaşları, 2006; Massumi ve arkadaşları,2007). Ko ve arkadaşlarının 2007 yılında yayınladıkları çalışmalarında, Güney Kore'nin Joennam ilinde bulunan kavun örneklerinde 101 bitkide 5 tanesinde ZYMV olduğunu tespit etmişlerdir (Ko ve arkadaşları, 2007). Mnari-Hattab ve arkadaşları 2008 yılında, kabakgillerde yaptıkları ELISA testi sonucunda, ZYMV'nin Tunus'ta en yaygın virüs olduğunu belirlemişlerdir (Mnari-Hattab ve arkadaşları, 2008). Bananej ve Vahdat 2008 yılında, ELISA ve RT-PCR ile yaptıkları çalışmalarında ZYMV tespit etmişlerdir (Bananej ve

Vahdat, 2008). Tobias ve arkadaşlarının 2009 yılında, yaptıkları çalışmalarında ELISA testleri sonucunda kabakgillerde ZYMV enfekteli bitkilere rastlamışlardır (Tobias ve arkadaşları, 2009). Vučurović ve arkadaşlarının 2009 yılında, çekirdeklik kabaklarda yaptıkları çalışmalarında, ELISA testleri sonucunda ZYMV'yi en sık görülen virüs olarak rapor etmişler (Vučurović ve arkadaşları, 2009). Karamanlı ve Kamberoğlu'nun 2010 yılında, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde kabakgillerde yaptıkları çalışmalarda ZYMV olduğunu ELISA yöntemi kullanarak saptamışlardır (Karamanlı ve Kamberoğlu, 2010). Suriye'de 2011 yılında, Mando ve arkadaşları tarafından kabakgillerde yapılan ELISA testlerinde ZYMV'nin en yaygın virüs olduğunu bildirmişlerdir (Mando ve arkadaşları, 2011). Yeşil ve Ertunç'un Konya'da 2012 yılında, kabakgillerde yaptıkları ZYMV çalışmalarında ELISA testleri yapmışlar ve sonucunda hıyar, kabak, karpuz, bal kabağı, kavun ve yılan kavunu bitkilerinde en yaygın virüs olduğunu bildirmişlerdir (Yeşil ve Ertunç, 2012). Vučurović ve arkadaşları, 2012 yılında yaptıkları çalışmada kabakgillerde yaygın görülen ZYMV'nin ilk defa Sırbistan'da karpuzda olduğunu tespit etmişlerdir (Vučurović ve arkadaşları, 2012). 2013 yılında ELISA ve RT-PCR kullanılarak kabakgillerde yapılan ZYMV tespiti çalışmasında Türkiye'nin Konya, Karaman ve Aksaray şehirlerinde ZYMV olduğu Yeşil ve Ertunç tarafından bildirilmiştir (Yeşil ve Ertunç, 2013). 2013 yılında Wen ve Nan'ın, Çin'de yaptıkları çalışmada Gansu eyaletinin Hexi bölgesinde kabakgillerden aldıkları 37 örnekte ELISA ve RT-PCR ile yaptıkları çalışmada ZYMV olduğunu saptamışlardır (Wen ve Nan, 2013). Yeşil'in 2014 yılında, çekirdeklik kabakta Türkiye'nin Konya şehrinde yaptığı çalışmasında ELISA testi sonucunda ZYMV'nin en yaygın virüs olduğunu bildirmiştir (Yeşil, 2014). Aynı yıl Türkiye'de yapılan benzer bir çalışmada Topkaya ve arkadaşları, kabakgil örneklerinde yaptıkları ELISA testi sonucunda Ankara ve Antalya'da test edilen bitkilerde ZYMV olduğunu bildirmişlerdir (Topkaya ve arkadaşları, 2014). 2014 yılında, Venezuela'da RT PCR kullanılarak Romay ve arkadaşları tarafından kabakgillerde yapılan çalışmada ZYMV'ye rastlamışlardır (Romay ve arkadaşları, 2014). 2015 yılında Vafei ve arkadaşları, tarafından İran'ın Batısında Lorestan bölgesindeki 249 adet hıyar bitkisinden aldıkları örneklerde ELISA testi sonucu örneklerin %10'unda ZYMV enfekteli bitki tespit etmişlerdir (Vafei ve arkadaşları, 2015). 2015 yılında yapılan bir başka çalışmada ise Kamberoğlu ve arkadaşları Türkiye'nin Adana ve Mersin şehirlerinde yaptıkları testler sonucunda ZYMV'nin en yaygın virüs olduğunu bildirmişlerdir (Kamberoğlu ve arkadaşları, 2015). Altınay'ın 2016 yılında, hıyar, kavun, karpuz ve kabakta yaptığı çalışması sonucunda Tekirdağ'dan aldığı 300 adet bitkiden %9'unda ZYMV olduğunu ELISA testleri ile belirlemiştir (Altınay, 2016).

Mücadelesi

Sağlıklı ve kaliteli bitki üretimi için virüs hastalıkları ile mücadele etmek önemlidir. Virüs hastalıkları kabak, hıyar, kavun ve karpuz gibi kabakgillerde kaliteyi ve verimi olumsuz etkileyerek ekonomik kayıplara yol açmaktadır (Ahmet Çat, 2016). Virüslerin zarar dereceleri konukçu bitkiye, çevre koşullarına, virüsün ırkına, vektörün bulunduğu yere göre değişebilmektedir (Lovisolo, 1980; Yılmaz ve arkadaşları,1992; Zitter ve arkadaşları, 1996; Sidek, 1999; Şevik ve Arlı-Sökmen, 2001; Erkan, 2011). Bitkilerde deformasyonlara neden olan viral hastalıklar bitkilerin gelişim süreçlerini olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda meyve oluşumunu engelledikleri ve anormal meyve oluşumuna sebep oldukları için pazarlanabilir ürün miktarını düşürmektedir (Özcan, 2015; Topkaya, 2020). Viral hastalıklar, enfeksiyon şekli, boyutu, kimyasal ve fiziksel yapısı, belirtileri , bitkide taşınması ve geçerli bir kimyasal mücadelesi olmaması nedeniyle son derece önemlidir (Ünlü, 2016).

Diğer virüs hastalıklarında olduğu gibi ZYMV'nin kimyasal mücadelesinin yapılamaması, kabakgil yetiştiriciliğinde (Özcan, 2015) kaliteli üretimi etkileyen, kontrolü zor bir hastalık olarak görülmektedir (Değirmenci, 2006; Özcan, 2015; Ünlü, 2016). Aynı zamanda, bitkide morfolojik ve fizyolojik değişiklere neden olarak verim kaybına sebep

olmaktadır (Lisa ve arkadaşları 1981; Lecoq ve Pitrat 1984; Lisa ve Lecoq 1984; Luis ve arkadaşları,1998; Lecoq ve arkadaşları, 2002; Şığva, 2015). Viral hastalıklarının dağılımı, yayılımı ve konukçu-virüs-vektör ilişkisi yıllar ve mevsimler değiştikçe farklılaşmaktadır (Karamanlı, 2007; Topkaya, 2020). Geniş bir konukçu dizisine sahip olan ZYMV, vektörü yaprak bitleri ile çok geniş alanlara yayılabilmektedir. Hastalığa sebep olan yaprak bitleri kolayca yayılabilme yeteneğine sahiptirler. Böylelikle yaprak bitleri tarım alanlarında hızla çoğalarak mücadeleyi zorlaştırmaktadır (Topkaya, 2015). Hastalık mekanik yollarla yayıldığı için yaprak bitlerinde kullanılan insektisitler, zararlının doğrudan etkisini önlemekte ve dolaylı olarak hastalığın yayılmasını geciktirmektedir. Bu nedenle kimyasal ilaç kullanımı ZYMV'ye etkili bir çözüm getirememektedir (Değirmenci, 2006). Çözüm olmamasının yanı sıra kullanılan kimyasal ilaçlara karşı hastalık etmenleri dayanıklılık geliştirmektedir (Değirmenci, 2006). Bu nedenle yeni kimyasal kullanımına başvurulmaktadır. Kimyasal ilaç kullanımı hem çevre hem de insan sağlığı açısından bıraktıkları kalıntılar sebebiyle olumsuz etkilenmektedir (Şığva, 2015).

Bu mücadelelere ek olarak, virüs hastalıkları ile mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar dayanıklı veya tolerant çeşitlerin kullanımı, (Ahmet Çat, 2016; Demirel, 2022) arazinin malç veya plastik örtülerle kaplanması, (Kamberoğlu, 2010) yabancı ot kontrolü (Ahmet Çat, 2016) enfeksiyon kaynaklarının yok edilmesi, (Demirel, 2022) vektörlerle yetiştiricilik yapılacak alanların kontrolü (Değirmenci, 2006; Ahmet Çat, 2016), karantina önlemlerinin uygulanması (Değirmenci, 2006) kültürel mücadele ve biyolojik preparatların kullanımı (Ahmet Çat, 2016) ve ekim dikim zamanının ayarlanması gibi yöntemler hastalığın zarar verme durumunu azaltabilmektedir (Güldür, 2006).

Wang ve arkadaşlarının 1991 yılında örtü altı koşullarında yaptıkları çalışmalarında kabak, hıyar, kavun bitkilerinde ZYMV etkilerini araştırmışlardır. ZYMV'nin zayıf bir varyantı olan ZYMV-WK kullanılmıştır. Fransa'dan şiddetli ZYMV suşundan elde edilen bu varyant ile Tayvan'daki kabakgil bitkilerinde çapraz koruma testleri yapılmıştır (Wang ve arkadaşları, 1991). Bu yöntem çapraz koruma (cross protection) olarak bilinmektedir (Ünlü, 2016). Çapraz koruma yöntemi son zamanlarda virüsün zararını en az seviyeye indiren bir yöntemdir (Güldür, 2006). Sera koşullarında yapılan çalışmalar sonucunda ZYMV-WK'nin Connecticut, Florida, Fransa ve Tayvan'dan gelen 4 şiddetli suşuna hıyar, kavun ve kabak ürünlerinde çapraz koruma sağladığını raporlamışlardır. Çapraz korumanın zayıf ırkın türetildiği Fransız ırkına karşı daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, hastalığın orta ve yüksek oranda olduğu kabak ile yapılan saha denemeleri sonucunda ZYMV-WK'nın ZYMV'nin Tayvan suşuna karşı iyi derecede çapraz koruma sağladığını bildirmişlerdir.

Son yıllarda yeni teknolojik yöntemlere ek olarak virüs hastalıkları ile mücadelede alternatif olabilecek bir yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Başarı ile uygulanan bu yöntemlerden birisi de Sistemik Kazandırılmış Dayanıklılık (SAR; Systemic Acquired Resistance) 'dır (Ünlü, 2016). Yöntem, bitkinin savunma mekanizmasının uyarılması üzerine kurulmuştur (Özcan, 2015). Bu görüş ilk kez 1933 yılında Chester adında bir bilim adamı tarafından ortaya atılmıştır ve bitkinin doğal savunma mekanizmasının, kendisini patojen saldırılarına karşı korumak için bir indükleyici tarafından uyarıldığı gerçeğine dayanmaktadır (Ünlü, 2016). Bu uyarıcılar bitkinin doğal savunma sistemini harekete geçirdiği için bitki aktivatörü olarak adlandırılmaktadır. Bitkilerin doğal besin maddelerinden daha iyi faydalanmasını, doğal savunma sisteminin aktivasyonunu sağlayan, verimini ve ürün kalitesini pozitif yönde etkileyen, stres koşulları ve dışarıdan gelecek zararlardan korunmasından, toprak yapısını düzenleyici, direnç artırıcı özellikleri olan maddelerdir. Bu yöntem bitkilerin savunma mekanizmalarını önceden harekete geçirerek patojenlerin saldırısına karşı daha dirençli hale getirmektedir. Fenolik bir bileşik olan salisik asit, uyarılmış dayanıklılıkta sinyal görevi sağlamaktadır. Patojen enfeksiyonundan sonra bitkilerde salisik asit seviyesinin arttığı gözlemlenmiştir (Yang ve ark.1997).

Nanoteknolojik kalsit, bitkiler tarafından kolayca alınabildiği için hastalıkların mücadelesinde kullanılan bir mineraldir. Nanoteknolojik kalsit uygulaması bitkilerin yapraklarına ve dokularına püskürtülerek uygulanmaktadır. Bu yöntem bitkinin fotosentezinin etkinliğini, enzim aktivitesini ve bağışıklığını arttırmaktadır (Şahin, 2017). Nanoteknolojik kalsit 'in bir diğer avantajlarından biri de havanın sıcak ve nemin az olduğu zamanlarda suyun daha az kullanılmasını sağlamasıdır. Aynı zamanda nanoteknolojik kalsit, uygulama yapılan bitkilerin dayanıklılığını, gelişimini, meyve kalitesini, meyvelerinin tadını, görünümünü ve dayanıklılığını olumlu yönde etkilemektedir.

Sonuç

Viral hastalıklar bitki ve meyveye zarar vererek önemli miktarda verim kayıplarına sebep olmaktadır. Virüslerin etkin bir şekilde kimyasal mücadelesinin yapılamaması ve kolay yayılmaları hastalıkla mücadeleyi zorlaşmaktadır. Virüs hastalıklarının yayılışı yıldan yıla ve çevre şartlarına göre değişiklik gösterdiği için, sebep oldukları zararları en aza indirmek amacı ile yayılımı gözlemlemek ve virüsleri tanımlamak son derece önemlidir (Topkaya, 2020). Farklı virüs ırklarının ayni konukçuda bulunabilmesi sebebi ile gözlemde şüphe duyulan bitkilerde mutlaka serolojik ve moleküler testler yapılmalıdır (Karamanlı, 2007; Çat, 2016). Kabakgillerde görülen ZYMV, en yaygın bilinen ekonomik ve pazar kaybına sebep olan viral hastalıklardan biri olarak bilinmektedir (Karamanlı, 2007). Virüs bitkiye erken dönemde bulaştığında %100 ürün kayıplarına neden olabilmektedir (Nome ve arkadaşları, 1974; Mansour ve AlMusa, 1982; Luis-Arteaga ve arkadaşları, 1989; Blua ve Perring, 1989; Ullman ve arkadaşları, 1991; Grafton-Cardwell ve arkadaşları, 1996; Desbiez ve Lecoq, 1997; Alonso-Prados ve arkadaşları, 1997; Dahal ve arkadaşları, 1997; Raccah,1999; Fletcher ve arkadaşları, 2000; Desbiez ve arkadaşları, 2002; Coutts ve arkadaşları, 2011). Geniş konukçu dizisine sahip olması ZYMV'nin yayılımını kolaylaştıran bir etmendir (Topkaya, 2015; Ünlü, 2016). ZYMV, kabakgillerde yapraklarda sararma, kabarcıklanma, enasyon, meyve şeklinde bozulma ile birlikte verim ve kalite kaybına neden olmaktadır. Hastalığın teşhisinde ise, iyi bir gözlem yapmak ve gözlem sonuçlarını DAS-ELISA ve RT-PCR serolojik testleri ile doğrulamak gerekmektedir. ZYMV'de kimyasal ilaç kullanımı sadece yaprak bitleri ile mücadele etmek için kullanılmaktadır, yayılımı durdurmamaktadır. Bunun yanı sıra dayanıklı çeşit kullanımı, kültürel işlemlerin zamanında ve iyi yapılması, vektör ve yabancı ot kontrolü, üretim alanlarının korunması ve çeşitli biyolojik preparat kullanımı tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

Ahmet Çat, N. Y. (2016). Antalya İli ve İlçelerindeki Örtüaltı Hıyar (Cucumis sativus L.) ve Kabak (Cucurbita pepo L.) Üretim Alanlarında Viral Etmenlerin Saptanması. Antalya.

Akdeniz, N. (1994). Çevre ve Enerji Politikaları. *Günümüzün Çevre Sorunları* (s. 174-188). Ankara: Birleşmiş Milletler Türk Derneği Yayınları : 18.

Aksay, C. S., Ketenoğlu, O., ve Kurt, L. (2005). Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. *S Ü Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, Sayı 25*, 29-41.

Altınay, N. (2017). Tekirdağ ilinde bazı kabakgil türlerinde virüs infeksiyonlarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ.

Altınay, N. (2017). Tekirdağ ilinde bazı kabakgil türlerinde virüs infeksiyonlarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ.

Aydemir, İ. (2009, Aralık). Yüksek Lisans Tezi. *A Thesis Submitted to the Graduate School of Engineering and Sciences of İzmir Institute of Technology in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of*.

Budak, E. (2015). Diyarbakır ili ve ilçelerinde üretilen üretilen kabakgillerdeki viral etmenlerin tanılanması ve yaygınlıklarının belirlenmesi. Şanlıurfa.

Cebeci, 2004: 121-122. (tarih yok).

Coşturoğlu, M. (1994). Dünyada Ekolojik Devrim, Türkiye'de Gökova'yı Çoraklaştırma Çılgınlığı. *Günümüzün Çevre Sorunları* (s. 79-142). Ankara: Birleşmiş Milletler Türk Derneği Yayınları:18.

Çalışkan, A. F. (2010). Kabak sarı mozayik virüsü (Zucchını yellow mosaıc vırus, ZYMV)'nün tanısı ve bitki aktivatörleri kullanılarak mücadele olanaklarının araştırılması.

Çoban, A. (2014). Doğa Toplum ve Yöntem. H. Reyhan, A. Mutlu, H. Doğan, & A. S. Reyhan içinde, *Sosyal Çevre Bilimleri* (s. 15-35). Ankara: Siyasal Kitabevi.

Değirmenci, K. (2006). Hıyarlarda Zucchini yellow mosaic virüs (ZYMV)'ün çapraz koruma (cross protection) ile kontrolü.

Demirel, S. (2022). Buğday (Triticum aestivum L.)'da ribozomu inaktive eden tritin protein geninin klonlanması, bakteriyel ifadesi,saflaştırılması ve kabak sarı mozaik virüs (zucchini yellow mosaic virus,ZYMV)'üne karşı antiviral etkisi. *Doktora Tezi*. Van.

Dikici, S. (2019, Ağustos). Uşak ilinde bazı kabakgillerde karpuz mozaik virüsü (wmv)nün serolojik yöntemle belirlenmesi ve biyoloji indeksleme çalışmaları. *Yüksek lisans tezi*. Uşak.

Doğan, T. G., ve Eby, G. (2013). *Uzaktan Bilgisayar Mühendisliği Eğitimi Sosyo-Teknik Kuram Çerçevesinde Esnek Bir Model Önerisi.* Ankara: Kültür Ajans.

Erkan, A. K. (2011). İzmir, Aydın, Manisa ve Balıkesir illerinde üretilen kabakgillerdeki viral etmenlerin tanılanması ve yaygınlıklarının belirlenmesi.

Erlat, E. (2009). *İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri.* İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları No: 155.

Erlat, E. (2009). *İklim Sistemi ve İklim Değişmeleri.* İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.

Furman, A., ve Yenigün, O. (2002). *The Environmental Dimension.* İstanbul: Boğaziçi University Pess.

G.Barry, R., ve Chorley, R. J. (1998). *Atmosphere, Weather and Climate (7th edn).* Londra: Routledge.

Güldür, K. D. (2006). Hıyarlarda Zucchini yellow mosaic virüs (ZYMV)'ün çapraz koruma (cross protection) ile kontrolü.

Jamie Komata, M. M. (2014, August). Zucchini Yellow Mosaic. *Department of Plant and Environmental Protection Sciences*.

Kamberoğlu, A. Ç. (2010). Kabak sarı mozayik virüsü (zucchını yellow mosaıc vırus,ZYMV)nün tanısı ve bitki aktivatörleri kullanılarak mücadele olanaklarının araştırılması.

Karakurt, M. Y. (2015). İstanbul ilinde karpuz ekim alanlarında cucumber mosaıc vırus (CMV) ve zucchini yellow mosaıc vırus (ZYMV)'nin yaygınlıklarının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ.

Karakurt, M. Y. (2015). İstanbul ilinde karpuz ekim alanlarında cucumber mosaıc vırus (CMV) ve zucchini yellow mosaıc vırus (ZYMV)'nin yaygınlıklarının araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Tekirdağ.

Karamanlı, A. (2007). Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC)'nde kabakgil yetiştirilen alanlarda hıyar mozayik virüsü (cucumber mosaıc vırus,CMV) ve kabak sarı mozayik virüsü (zucchını yellow mosaıc vırus,ZYMV)'nün surveyi. *Yüksek Lisans Tezi*. Adana.

Kasap, Ş. K. (2021). Çanakkale ilindeki yumuşak ve sert çekirdekli meyve bahçelerinde zararlı yaprakbitlerinin syrphid (Diptera: Syrphidae) predatörleri. Adana.

Kazım Abak, V. A. (2021). *Sebze Islahı.* Kazım Abak,Ahmet Balkaya,Ş. Şebnem Ellialtıoğlu,Eftal Düzyaman.

Keleş, R., Hamamcı, C., ve Çoban, A. (2012). *Çevre Politikası 7. Baskı.* Ankara: İmge Kitapevi Yayınları.

Kiehl, J. T., ve Trenberth, K. E. (1997). Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society (78-2),* 197-208.

Kızmaz, A. S. (2016). Diyarbakır ve Mardin İlleri Kabakgil Üretim Alanlarında Görülen Viral HastalıklarınYaygınlıklarının ve Etmenlerinin Belirlenmesi. Diyarbakır.

Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü. (2016, Mayıs 19). Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Web Sitesi : http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,44439/dunya-miras-listesine-alinma-kriterleri.html adresinden alındı

LecoQ, C. D. (1997). Zucchini yellow mosaic virus. France.

Lutgens, F. K., Tarbuck, E. J., & Tasa, D. (2013). *Essential of Geology 11. Basım, Çev. Ed: Cahit Helvacı.* Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Mancak, İ. (2013). Altınbaş grubu kavunlarının diğer kavunlarla akrabalık ilişkilerinin morfolojik ve moleküler yöntemlerle araştırılması. *Doktora Tezi*. Adana.

Mısır, Ü. (2012). Yerel kavun (Cucumis melo L.) varyetelerinde karakterizasyon çalışması. *Yüksek LİSans Tezi*. Aydın.

Muştu, D. Ö. (2018). Kayseri ili merkez ilçelerinde süs bitkileri üzerinde bulunan yaprakbitleri (Hemiptera: Aphididae)'nin parazitoitleri ve avcı Coccinellidleri.

Ova, G. (2002). Hıyar Turşularında Duyusal Kalite Karakteristiklerinin İrdelenmesi. İzmir.

Örs, F. (2018, Aralık). Malatya ili kavun ekiliş alanlarında görülen bazı önemli virüs hastalıklarının moleküler yöntemlerle araştırılması ve karakterizasyonu. *Yüksek Lisans tezi*.

Özcan, G. B. (2015). Bitki yaprak aktivatörü olarak mikronize CaCO3'ün kabak sarı mozayik virüsü (zucchını yellow mosaıc vırus,potyvirus) üzerine etkisi. Şanlıurfa.

Özcan, G. B. (2015). Bitki yaprak aktivatörü olarak mikronize CaCO3'ün kabak sarı mozayik virüsü (Zucchını yellow mosaıc vırus,potyvırus) üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*.

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1,* 47-65.

Paris, H. (2005). The genes of pumpkin and squash.

Sugden, D. E. (2014). James Croll (1821–1890): Ice, Ice Ages and the Antarctic Connection. *Antarctic Science 26(6) doi:10.1017/S095410201400008X,* 604–613.

Şahin, S. (2017). Antepfıstığında nanofiber bariyer yaprak gübresi nanoteknolojik kalsit ve kaolin uygulamalarının verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Şanlıurfa.

Şığva, H. Ö. (2015). Hıyarda (Cucumis sativus L.) kabak sarı mozayik virüsü (ZYMV)'ne karşı dayanıklılığı kontrol eden genle bağlantılı moleküler işaretleyicilerin belirlenmesi. *Doktora Tezi*. Bursa.

Talu, N. (2015). *Türkiye'de İklim Değişikliği Siyaseti.* Ankara: Phoenix Yayınevi.

Tekeli, İ., Algan, N., Türkeş, M., Vaizoğlu, S. A., Güler, Ç., Tekbaş, Ö. F., . . . Çobanoğlu, Z. (2010). *Türkiye Açışından Dünyada İklim Değişikliği.* Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları: 22.

Topkaya, Ş. (2015). Kabak sarı mozaik virüsü izolatlarının kodladığı genlerin diziliminin belirlenmesi ve moleküler karakterizasyonu. Ankara.

Topkaya, Ş. (2020). Kastamonu İli ve Çevresinde Kabakgil Yetiştirilen Alanlarda Enfeksiyon Oluşturan Viral Etmenlerin Saptanması.

Topkaya, Ş. (2020). Kastamonu İli ve Çevresinde Kabakgil Yetiştirilen Alanlarda Enfeksiyon Oluşturan Viral Etmenlerin Saptanması. *Gaziosmanpaşa bilimsel araştırma dergisi*.

Trenberth, K. E., ve Stepaniak, D. P. (2003). Seamless Poleward Atmospheric Energy Transports and Implications for the Hadley Circulation. *Journal of Climate https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3706:SPAETA>2.0.CO;2*, 1691-1705.

Tuncer, C. E. (2019). Rhizoctonia Species and Anastomosis Groups Isolated from. Erzincan, Turkey.

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen Đklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme . *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi 4(2)*, 1-32.

Ünlü, E. (2016, Temmuz). Türkiyede'ki su kabak (Lagenaria siceraria)'larında kabak sarı mozayik virüsüne (ZYMV) dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kayseri.

Ünlü, E. (2016, Temmuz). Türkiye'deki su kabak (Lagenaria siceraria)'larında kabak sarı mozayik virüsüne (ZYMV) dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Kayseri.

Üstünkaya, H. (2019, Nisan). Hatay ilinde cucurbitaceae familyasına ait bitkilerde yeni tanımlanan bazı virüslerin DAS-ELISA ve RT-PCR yöntemleriyle saptanması ve moleküler karakterizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*. Hatay.

Yorgancı, Ü. G. (2006). Bitki Virüslerinin Tanılanmasında Serolojik Yöntemlerin Kullanılabilirlikleri Yönünden İncelenmesi.

Yurdakul, H. (2022, Haziran). Hıyarda (Cucumis sativus L.) gynogenesis yoluyla haploid embriyo eldesini arttırmak üzere değişik uygulamaların etkisi. *Yüksek LİSans Tezi*. Antalya.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Su Ekosistemlerindeki Organik ve İnorganik Kirleticilerin Alglerle Fitoremediasyonu

Özlem YILMAZ[1]

Özet

Günümüzde endüstrileşme, hızlı nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve ve insanların bu gelişmelere olan ilgi ve eğilimleri giderek artmaktadır. Bu gelişmelere bağlı olarak birçok endüstrinin mevcut talebi karşılamak için yüksek kapasiteli ürünler üretmesi sonucunda çevre kirliliği ortaya çıkmaktadır. Var olan kirliliğe yenilerinin eklenmesiyle birlikte ekosistemlerin kendilerini yenileme gücü de giderek zayıflamaktadır. Sucul ekosistemler dünyanın birçok yerinde olduğu gibi ülkemizde de kirlilikten en çok zarar gören alanlardır. Endütriyel ve tarımsal faaliyetler, termik santraller, evsel atıklar, denizlerdeki taşımacılık faaliyetleri ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sızıntılar gibi birçok antropojenik etki su kirliliğine neden olmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan bu kirleticilerin nehir, göl, akarsu ve deniz gibi alanlara deşarjı, suda birçok fizikokimyasal ve biyolojik kirliliğe yol açmakla kalmayıp, aynı zamanda ilgili ortamda yaşayan su canlılarının yaşam döngüsünde olumsuz değişikliklere neden olmaktadır. Son zamanlarda alglerin kirlilik gidermedeki potansiyeli dikkatleri üzerine çekmekte ve bu alandaki çalışmalar artmaktadır. Fitoremediasyon, toprak veya sudaki ağır metaller, pestisitler gibi kirleticilerin bitkiler, algler veya çeşitli mikrororganizmalar aracılığı ile ortamdan uzaklaştırılması veya toksik etkilerinin ortadan kaldırılmasıdır. Fitoremediasyon yöntemi, kimyasal ve fiziksel giderim tekniklerine göre maliyeti düşük, çevre üzerinde zararlı ve olumsuz etkileri olmayan ve güneş enerjisi kullanıldığı için verimi yüksek, maliyeti düşük bir remediasyon yöntemi olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Bu kapsamda organik ve inorganik içerikli atık suların ve doğal suların ıslahında sıklıkla kullanılan alglerin kirletici giderim kapasiteleri ile ilgili bazı çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Algler, fitoremediasyon, sucul ekosistem, kirlilik, giderim

[1] Dr, Orcıd: *0000-0002-5329-559X*:

Giriş

Toprak ve su kaynakları endüstrileşme, kentleşme, yoğun insan faaliyetleri, trafik, tarım vb. yollarla kontamine olmaktadır. Bu kirlilik etkenleri ise çoğunlukla biyolojik ve fiziksel yöntemlerle parçalanamadıkları için doğal kaynaklarda uzun süre kalıcı olmaktadırlar. Su yaşam için en vazgeçilmez kaynaklardan biridir. Günümüzde pek çok kirleticiye maruz kalan su kaynakları ve giderek artan su kıtlığı ve su kalitesine ilişkin sorunlar tüm dünyanın ortak sorunu haline gelmiştir. Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme su kaynaklarının kullanım talebini ve bu kaynaklar üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda ciddi bir problem olarak görülen su kirliliği; katı veya sıvı nitelikte çeşitli maddelerin suyun fizikokimyasal yapısını bozmasıdır.

Kirleticilerin Özelliklerine Göre Su Kirliliği

Özellikle endüstri kaynaklı kirliliği, kirletici maddelerin türüne göre; fizyolojik, radyoaktif, kimyasal, fiziksel, ve biyolojik kirlilik şeklinde gruplandırmak mümkündür:

1. Fizyolojik Kirlilik; suyun tadının ve kokusunun değişmesidir
2. Kimyasal Kirlilik; su kaynaklarına karışan organik ve inorganik maddelerin neden olduğu kirliliktir.
3. Fiziksel Kirlilik; suyun, sıcaklık, renk, bulanıklık gibi özelliklerine etki eder.
4. Radyoaktif Kirlilik; nükleer denemeler ya da nükleer santral sızıntıları sonucu açığa çıkan ve atmosferde biriken radyoaktif maddelerin, yağışlarla su kaynaklarına karışmasıdır.
5. Biyolojik Kirlilik; patojen mantar, bakteri, alg ve benzeri organizmaların su ortamına karışmasıdır (Demirel, 2016: 10).

Su Kalitesinin bozulmasına neden olan kirleticiler ise noktasal kaynaklardan gelen kirleticiler (kentsel ve endüstriyel atık su deşarjları) ve yayılı kaynaklardan gelen kirleticiler (yağış suları ve yıkama suları gibi yüzeysel akış ile taşınanlar, gübre kullanımı, atmosferden ve ormanlardan gelen kirleticiler, yerleşim alanlarından gelen kontrolsüz yağış suları, katı atık depolama ve dökme alanlarından, maden sahalarından ve foseptiklerden yeraltı sularına karışan sızıntı suları, kirlenmiş tatlısu kaynaklarının doğal ortama yayılması) olarak sınıflandırılabilir (Toröz, 2010: 5).

Atık sulardaki nitrat, amonyum, fosfat vb. inorganik bileşikler, deniz ve göllerde zararlı mikroalglerin çoğalmasına neden olur. Tarımsal atık sularda bulunan azot ve fosfor ve endüstriyel deşarjlar ötrofikasyonun ana nedenidir. İçme sularında yüksek miktarda bulunan nitrat iyonları insan sağlığını doğrudan etkilediği için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle, mikroalglerle atık su arıtımı, düşük maliyeti ve verimliliği nedeniyle birçok küçük toplulukta inorganik besinleri ve/veya organik maddeleri uzaklaştırmak için kullanılmıştır (Tam ve Wong, 2000: 151; Thakur ve Kumar,1999: 70).

Su kirliliğine en önemli nedenlerinin başında ağır metaller gelmektedir. Ağır metaller küresel kirlilik faktörü olarak bütün canlılar üzerinde büyük tehlike oluşturmaktadır. Ağır metaller, çoğunlukla insan kaynaklı kirlilik sonucu yayılır ve maruz kalınan miktarlarına bağlı olarak insanlarda çok ciddi sağlık sorunlarına hatta ölümlere neden olabilirler (Kabata-Pendias ve Dudka 1991: 108; Özbolat ve Abdullah, 2016: 502). Bu metaller, canlıların gelişimlerinde olumsuz etkiler yaratan, ekolojik dengenin bozulmasına ve çevre kirliliğine neden olan temel etkenlerin başında gelmektedir. Ağır metallerle kirlenmiş alanların temizlenmesi ve iyileştirilmesinde kullanılan ekonomik olmayan, uğraş gerektiren geleneksel teknikler yerine son yıllarda uygun maliyetli ve çevre dostu fitoremediasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Arshad vd. 2008: 2187; Wen vd. 2017: 10).

Yüksek konsantrasyonlarda geniş alanlara yayılan kirleticilerin ortamdan uzaklaştırılması için için kullanılan arıtma sistemleri yeterli olmamakta ve ileri arıtım

mekanizmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ileri arıtma yöntemleri; İleri teknoloji, kalifiye personel, yüksek enerji ve kimyasalların kullanımını gerektirmesi nedeniyle işletme ve maliyet giderlerini artırarak uygulamada güçlükler yaşatmaktadır. Gelişmiş arıtma teknolojilerinin bu dezavantajları göz önüne alındığında fitoremediasyon yöntemi atık arazi ıslahında doğal bir ıslah sistemi olarak önemli avantajlara sahiptir (Kalkan vd., 2011: 107).

Bu çalışma kapsamında su ekosistemlerindeki organik ve inorganik kirleticilerin kökeni ve kirli suların algler tarafından fitoremediasyon yöntemi ile arıtımı, yöntemin avantaj ve dezavantajları ile kullanım alanları ele alınmıştır.

Fitoremediasyonun Tanımı

Fitoremediasyon, ortamdaki kirleticileri uzaklaştırmak veya nötralize etmek için hiperakümülatör organzmaların kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Raskin ve ark. 1997: 221). Farklı ıslah yöntemlerine göre maliyetinin düşük olması, estetik olması, uygulama kolaylığı ve uygulama süresinin kısa olması gibi birçok avantajı vardır. Aslında, teknolojinin potansiyel çok yönlülüğü, onun en güçlü potansiyel avantajlarından biridir. Fitormediasyon, toprak, su, çamur ve çökelti gibi ortamlardaki organik, inorganik, metal ve radyonüklid dahil olmak üzere birçok kirleticiyi hedefleyebilir (Glass, 1999: 1-3). Fitoremediasyon, ağır metalleri emmek için bitkiler, mantarlar veya algler kullanarak toprak ve su sistemlerini dekontamine etme işlemi olarak da tanımlanabilir. Son zamanlarda su bitkilerinin, özellikle mikro ve makro alglerin metalleri absorbe etme ve çevreden toksik elementleri alma ya da daha az zararlı hale getirme yeteneklerinden dolayı kullanımı büyük ilgi görmektedir (Mitra vd, 2012: 32).

Fitoremediasyonun ana prensibi, su bitkilerinin molekülleri dönüştürme ve onları biyota için kullanılabilir hale getirme, böylece kirli ortamın kendi kendini temizlemesine katkıda bulunma yeteneğidir (Lu vd., 2010: 96). Nitrojen ve fosfor gibi istenmeyen besin maddelerinin yanı sıra kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) giderilerek teknoloji tabanlı atık su arıtma tesislerinin faaliyetlerinde sucul veya yarı sucul bitkilerin kullanımı hala ümit vericidir (Rahman ve Hasegawa, 2011: 6; Schroder vd. 2007: 492).

Fitoremediasyon Türleri

Fitoremediasyon teknolojileri kirletici türlerine göre sınıflandırılır. Bu kirleticiler metal içerikli ise; fitostabilizasyon, fitofiltrasyon ve fitoekstraksiyon, organik kirletici içerikli ise; rizodegradasyon fitovolatilizasyon ve fitodegradasyon olmak üzere altı farklı sınıfa ayrılır (Aybar vd., 2015: 60).

1. Fitostabilizasyon tekniğinde, toprak, sediment veya çamurdaki yüksek metal miktarlarına toleranslı olan ve topraktaki metalleri sorpsiyon, çökeltme, kompleks oluşturma veya metal değerlerini indirgeme yoluyla hareketsiz hale getirebilen bitkiler kullanılmaktadır (Bert vd., 2008: 2; Kocaer ve Başkaya, 2003: 458).

2. Fitofiltrasyon: Kirleticilerin bitkiler tarafından kirli yüzey sularından veya atık sulardan uzaklaştırılmasıdır. Fitofiltrasyon; rizofiltrasyon (yüzey ve yer altı suyundaki kirleticilerin bitki kökleri ile uzaklaştırılması), blastofiltrasyon (fide kullanımı) veya caulofiltrasyon (kirleticilerin bitki sürgünleri ile uzaklaştırılması) olarak üçe ayrılır. Fitofiltrasyonda kirleticiler emilir veya adsorbe edilir, böylece ağır metallerin yeraltı sularına hareketi en aza indirilir (Ali vd., 2013: 872).

3. Fitovolatilizasyon: Toprak, sediment, çamur vay yer altı suyunda belirli metalleri çıkarmak ve daha sonra buharlaştırarak atmosfere salmak için bitkilerin kullanılmasıdır.

4. Fitoekstraksiyon: Metal uzaklaştırma özelliği olan bitkilerde toprak, sediment ve çamurdaki kirleticilerin kökler aracılığı ile alınarak bitkinin üst kısımlarına taşınmasıdır.

Bu yolla metallerin yanı sıra metalloidler ve radyonükleidler de uzaklaştıtlabilir (Hamutoğlu 2012: 244).

5. Bitki bozunması (fitodegradasyon) Bitki bozunması, metabolik doğası gereği, bitkilerin enzimlerle emdiği organik bileşiklerin parçalanması işlemidir (Komives ve Gullner, 2005). Bozunma, bitki alımı, taşınması, metabolik aktivite ve mikrobiyal aktivite yoluyla sediment, toprak, çamur, yer altı suyu veya yüzey suyunda gerçekleşebilir. Organik bileşikler, klorinat çözücüler, herbisitler ve fenollerin uzaklaştırılmasında kulanılabilir (Hamutoğlu 2012: 244).

6. Kök bölgesinde bozunma (rizodegredasyon): Toprak ve yer altı suyundaki mikroorganizmaların organik kirleticileri çözmesi (organik asit, alkol ve karbonhidrat), böylece mikrobiyal aktivite ile bitki gelişiminin teşvik edilmesidir (Yurdakul, 2015: 56-59).

Seçilen yöntemin başarısı, aşağıdaki özelliklere sahip bitki türlerinin uygun şekilde seçilmesine bağlıdır:

(1) kirlenmiş ortamda yüksek spesifik büyüme oranı,
(2) su ile temas halinde olan kısmın geniş spesifik yüzey alanı ve
(3) yüksek translokasyon potansiyeli (Nazir ve ark. 2011: 1932).

Son yıllarda fitoremediasyon çalışmaları yaygın olarak kullanılmaya başlanmış olup birçok kirletici üzerinde denenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Fitoremediasyon Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları

Fitoremediasyon yöntemi ile kirleticilerin arıtımı yeni bir teknoloji olmakla birlikte birçok avantajı ve dezavantajı bulunmaktadır. Çevresel ıslah adı altında diğer ıslah teknolojileri ile karşılaştırıldığında bu faktörler daha da anlaşılır hale gelecektir.

Fitoremediasyonun Avantajları;

- Diğer ıslah teknolojilerine ekonomik ve çevre dostudur,
-Doğal ortama zarar vermez,
- Hasadı kolaydır ve hasat sonrası sahada yeni bir bitki formasyonuna gerek duyulmaz,
- Bertarafi için fazladan bir sahaya ihtiyaç duyulmaz,
- Estetik olarak hoşnut edicidir,
- Yerinde ıslah özelliği ile kirleticilerin farklı bir alana taşınması gerekmez,
- Kirleticilerin geniş alanlara yayılmasını engeller,
- Birden fazla farklı kirletici aynı anda ortamdan uzaklaştırılabilir.

Fitoremediasyonun Dezavantajları;

Başarıya ulaşma hızı alanda kullanılacak bitkilerin, alana uyum hızına ve bitkinin kirleticiye olan direncine bağlıdır,

Tarımsal ekipmana ve işçiliğe gereksinim vardır,

- Yapraklarda biriken kirleticiler sonbaharda tekrar toprağa karışabilir,
- Islah süresi diğer yöntemlere göre uzundur,
- Kirleticilerin çözünerek yağışlarla toprağa karışma ihtimali vardır (EPA 1995).

Fitoremediasyonda Alglerin Kullanımı

Sucul sistemlerde organik kirleticilerin (pestisitler, PCB'ler, DDT…) ve ağır metallerin (Cd, Pb, Se, As…) birikmesi, birçok su ekosisteminin stabilitesini olumsuz yönde etkileyerek çevre ve organizmalar üzerinde ciddi sorunlara neden olabilmekte ve ayrıca hayvanlar ve insan sağlığı için zorluklar. Bu kirleticilerin birikmesi, yoğun antropojenik faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Bu kirlilik sorunları, kirleticileri çevreden uzaklaştırmak için algler veya

su bitkileri kullanan fitoremediasyon teknolojilerinin uygulanmasıyla kısmen çözülebilir (Chekroun ve Baghour, 2013: 873).

Primer su bitkileri olan algler, sucul ekosistemlerin en önemli canlı gruplarından biridir. Su ortamındaki birçok organizmaya besin sağlar ve fotosentetik olmaları nedeniyle oksijen üretirler. Algler üzerindeki toksik etkiler su ekosisteminin yapısını, işlevini ve geleceğini doğrudan etkileyebilir, bu da oksijenin ve birincil üretimin azalmasına yol açar (alıntılayan Çetin ve Mert, 2006: 631).

Çeşitli kirleticilerle kontamine suyun primer (mikroalg) ve sekonder su bitkilerini (vasküler bitki) kullanarak arıtımında; hidrofitlerin potansiyel güvenilirliğini değerlendirmek, duyarlılık, tolerans ve giderim verimi üzerine kirletici konsantrasyonunun etkisini ve akut toksisiteyi belirlemek için çeşitli biyodeneyler yapılmıştır (Yılmaz ve Taş, 2021: 131-143).

Sucul ortamların fitoremediasyonu için sucul makrofitler sıklıkla kullanılmaktadır. Sucul makrofitler ekositemin dengesi açısından oldukça önemlidir. Nispeten dirençli olan ve hem organik hem de inorganik kirleticileri metabolize etme potansiyeli yüksek olan su bitkileri fitoremediasyonda en iyi aracı sunar. Son zamanlarda, ötrofikasyonun, organik ve inorganik kirleticilerin biyolojik olarak izlenmesi için alglerin kullanımına artan bir ilgi vardır. Biyolojik izleme ötrofikasyonu ve organik ve inorganik kirleticiler için alglerin kullanılmasına artan bir ilgi var. Kahverengi alglerin, makroskobik yapılarından dolayı bazı metallerin aşırı birikmesinde etkili olduğu bulunmuştur. Rizosferle ilişkili alglerin doğrudan işlevi, bitki dokularında metal konsantrasyonunun ve/veya birikiminin değişmesi ve kök/gövde biyokütlesindeki artışa dolaylı olarak dahil olmasıdır. Alglerin çeşitli ağır metal iyileştirme ve detoksifikasyon mekanizmaları sergilediklerine inanılmaktadır, örn. ya metabolizma için düşük konsantrasyonlu alım yoluyla ya da aktif olmayan adsorpsiyon-biyosorpsiyon yoluyla ağır metal stresiyle uğraşırlar (Mahmood vd. 2015: 282). Örneğin, alglerin klorofil oluşumunu kullanarak, su sistemlerinden toplanan sudaki toplam nitrojen içeriğini spektrofotometrik olarak tahmin etmek mümkün olmuştur (Abe ve ark., 2004: 34) bu da bize ötrofikasyon seviyeleri hakkında bir fikir vermektedir (Ben Chekroun ve ark., 2013: 873).

Algler; ağır metallere karşı yüksek tolerans, hem ototrofik hem de heterotrofik olarak büyüme yeteneği, geniş yüzey alanı/hacim oranları, ve genetik manipülasyon potansiyeli dahil olmak üzere ağır metallerin seçici olarak uzaklaştırılması gibi onları ideal kılan birçok özelliğe sahiptir. Bazı algler, tolerans mekanizmalarının bir sonucu olarak ağır metalleri biriktirmek için yüksek bir kapasite gösterir ve birçok alg, ağır metallerle kompleksler oluşturabilen ve onları vakuollere aktarabilen fitoşelatinler ve metallotiyoninler sentezler (alıntılayan Suresh ve Ravishankar, 2013: 102). Makroalglerin dokularında metal biriktirme yetenekleri, deniz sistemlerinde metal mevcudiyetinin biyomonitörleri olarak yaygın kullanımlarına yol açmıştır (Gosavi ve ark., 2004: 26; Rainbow, 1995: 183).

Sucul ekosistemlerin biyolojik arıtımında hidrofitler (primer ve sekonder su bitkileri) hızlı büyüme oranı nedeniyle ortamdaki kirleticilerin gideriminde oldukça iyi bir potansiyele sahiptir. Dolayısıyla, pestisit ve ağır metaller gibi kirleticilerin bulaştığı sahalarda, önemli bir indikatör olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Örneğin bazı pestisitler algler üzerinde; suyu filtre ederek beslenen omurgasızlar, zooplankton ve balıklar gibi organizmalara oranla daha güçlü toksik etki gösterir (Kreutzweiser vd., 1998: 639; Milam vd., 2000: 342). Hidrofitlerin, su ortamındaki doğal bozunmalarına kıyasla pestisitleri biyolojik olarak biriktirme ve ortamın iyileştirilmesinde potansiyelleri yüksektir (Riaz vd., 2017: 896).

Farklı türler farklı giderim kapasitesine sahip olabilir bu nedenle fitoremediasyon için genelde hiperakümülatör bitkiler tercih edilmektedir Bu organizmalar hem organik hem de inorganik atıklar bünyelerine hapsedilebilir ve diğer birçok bitki türlerine kıyasla 100-1000 kat daha fazla kirleticiyi hiçbir toksisite göstermeden taşıyabilir. *Bacopa monnieri, Vallisneria americana, Lemna minor, Hydrilla verticillata, Salvinia natans, Myriophyllum spicatum,*

Typha latifolia, Phragmites phalaris, Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes ve *Nymphaea sp.* gibi bitkiler hiperakümülatör bitkilere örnek olarak verilebilir (alıntılayan Elkıran, 2016: 526).

Kahverengi algler (Phaeophyta), metallerin güçlü bir afinite gösterdiği hücre duvarlarındaki yüksek seviyelerde sülfatlanmış polisakkaritler ve aljinatlar nedeniyle özellikle verimli metal akümülatörleridir (Davis vd., 2003: 4325-4326).

Kültürü yapılan üç sucul makrofitin, *Lemna minor, Elodea canadensis* ve *Cabomba aquatica*'nın bakır giderme kapasitesini inceleyen (Olette ve ark. 2008:1414), su mercimeğinin (*Lemna minor*) Cu giderimi için *E. canadensis* ve *C.aquatica*'dan daha iyi potansiyel gösterdiğini bulmuşlardır.

Ag NP'lerinin *L. minor* üzerindeki toksisitesi ve *L. minor* tarafından absorbsiyonunun araştırıldığı bir çalışmada, *L. minor*'un AgNp için etkili bir bioremediasyon faktörü olduğu belirlenmiş ve AgNP konsantrasyonu arttıkça uzaklaştırma oranlarının da arttığı tespit edilmiştir (Üçüncü vd. 2014: 7).

Yeşil bir mikroalg olan *Dunaliella salina*'nın yüksek çinko biriktirme özelliğine sahip olduğu, bunusırasıyla bakır, kobaltın ve kadmiyumun izlediği görülmüştür, bu durumun fotosentezde hidrojen transferi olarak çinkonun öneminden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Liu vd., 2002: 548). Örneğin, su mercimeği (*Lemna gibba*), su ıspanağı (*Ipomonea Aquatica*) ve eğrelti otu (*Azolla pinnata*) gibi bitki türlerinin sırasıyla bor, krom ve manganez gibi metalleri fitoremedie ettiği bildirilmiştir (Chen vd., 2010: 3038; alınıtlama Lakra vd., 2017: 12; Marin ve Oron, 2007: 4583). Başka bir su mercimeği türü olan *Spirodela polyrhiza*, fosfat alım yolu yoluyla arsenik sorpsiyonunda etkilidir (Rahman vd., 2007: 493-499).

Ulothrix cylindricum (yeşil alg), 67,2 mg/g biyosorpsiyon kapasitesi göstermiştir. Bu sonuç *U. cylindricum*'un arsenik (III) biyosorpsiyonunun etkili ve uygun maliyetli bir yöntemi olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır (Tüzen vd., 2009: 571).

Arsenikle zenginleştirilmiş su kütlelerinin yakınında bulunan su sümbülü (*Eichhornia crassipes*) ve iki alg (*Chlorodesmis* sp. ve *Cladophora* sp.) arseniğe karşı toleranslarını belirlemek için kullanıldı ve arsenik alma etkinlikleri, böylece farklı konsantrasyonlardaki arsenikle zenginleştirilmiş atık sudaki organik kirliliği azaltır. Son olarak çalışma, alg türlerinin *Cladophora* sp. arsenik içeren atık suyu iyileştirmek için yeterlidir (Jasrotia vd. 2017: 894).

Fotosentez inhibitör grubu içerisinde yer alan s-triazin herbisitinin konsantrasyonlarının tahmin edilmesi için istiridye *Tapes philippinarum* ve makroalg *Ulva rigida* C.Agardh'ın kullanıldığı bir başka çalışmada bir biyoakümülasyon modeli geliştirilerek doğrulanmıştır (Carafa vd., 2009: 1048-1051).

Perez-Legaspi vd., (2016: 103) tarafından, *Nannochloris oculata* (Droop) D.J. Hibberd türünün ortamdan lindanı giderim potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada 0.1 ve 0.5 mg/L ortam konsantrasyonlarında *N. oculata* biyokütlesinde artış görülürken; ortamdaki lindan konsantrasyonunun sırasıyla % 73 ve % 68.2 oranında uzaklaştırıldığı belirlenmiştir.

Fitoremediasyondaki temel amaç kirliliğe neden olan maddeleri ortamdan uzaklaştırmaktır. Fitoremediasyonda kullanılan organizmalar kurutularak, yakılarak, kompost haline getirlerek ve ya geri dönüşüme sokularak imha edilebileceği gibi depolanarak uzaklaştırma işlemi gerçekleştirillebilir. (Kalkan vd., 2011: 104). Bunun yanı sıra hayvan ve bitki beslenmesinde yararlı olan bazı metaller yem veya gübre üretimine kullanılabilir.

Sonuç

Yeşil ıslah çalışmalarında uygulamada kullanılacak alternatif alg türlerinin biyodeneylerle belirlenmesi ve farklı yöntemlerin geliştirilmesi, fitoremediasyon teknolojilerinin kullanım imkanını arttırmaktadır. Fakat bu yöntemin, kirleticilerin ortamdan nihai olarak uzaklaştırmasını beklememek gerekir. Bu nedenle, transgenik türler geliştirmek için genetik mühendisliği kullanılarak alglerde organik ve inorganik kirleticilerin birikme olasılıklarının iyileştirilmesine ihtiyaç vardır. Çevreyi bu kirleticilerden korumak temel hedef

olmakla beraber kirlenmiş ortamları iyileştirmek sucul ekosistemlerin sürdürülebilirliği için gereklidir. Tüm bu olguları hayata geçirme olanağı sunan fitoremediasyon, araştırılmaya, geliştirilmeye ve uygulamaya değer bir teknolojidir.

Algler düşük seviyedeki kirleticilere tepkileri nedeniyle sucul ekosistemlerin biyolojik bütünlüğünün, fiziksel ve kimyasal yapısının belirlenmesinde sıklıkla kullanılan biyoindikatör organizmalardır. Bu canlılar bulundukları ekosistemlerdeki değişimlere karşı çok duyarlıdırlar ve çevresel kirleticiler yaşam alanındaki sıklık, verimlilik, tolerans, baskınlık ve çeşitlilik durumlarında değişimlere yol açar. Hızlı büyüme oranları, düşük maliyetli oluşları ve kolay bakım şartları onları fitoremediasyon ve kirlilik kontrolü için uygun bir alternatif haline getirir.

Su Çerçeve Direktifi'nde de yer alan tehlikeli ve kirletici madde/madde grupları ve metabolitlerin belirlenmesi, ekotoksikolojik verilerin tamamlanması, eksikliklerin giderilmesi, etkili kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi, sudaki toksik maddelerin ekosisteme ve bu ortamlardaki canlılara etkilerinin tespit edilmesi ülkemiz için önem arz etmektedir Bu amaçla alglerin atıksulardaki absorbsiyon potansiyellerine yönelik çalışmaların sayısı giderek artmakla birlikte birçok türün kirletici uzaklaştırma kapasitesi henüz yeterince aydınlatılamamıştır. Günümüzde su kaynaklarında kirliliğin; tarımsal faaliyetler, radyoaktif atıklar, evsel ve endüstriyel atıklar, petrol sızıntıları gibi faktörler nedeniyle hızla arttığı göz önünde bulundurulduğunda sucul ekosistemlerin biyolojik arıtımı için fitoremediasyonun ideal bir yöntem olacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Abe, K., Takizawa, H., Kimura, S., & Hirano, M. (2004). Characteristics of chlorophyll formation of the aerial microalga Coelastrella striolata var. multistriata and its application for environmental biomonitoring. *Journal of bioscience and bioengineering*, *98*(1), 34-39.

Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals—concepts and applications. *Chemosphere*, *91*(7), 869-881.

Arshad, M., Silvestre, J., Pinelli, E., Kallerhoff, J., Kaemmerer, M., Tarigo, A., ... & Dumat, C. (2008). A field study of lead phytoextraction by various scented Pelargonium cultivars. *Chemosphere*, *71*(11), 2187-2192.

Aybar, M., Bilgin, A., & Sağlam, B. (2015). Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, *1*(1-2), 59-65.

Bert, V., Lors, C., Laboudigue, A., Tack, K., Damidot, D., & Bureau, J. (2008, July). Use of phytostabilisation to remediate metal polluted dredged sediment. In *International Symposium on Sediment Management (I2SM)* (pp. 275-279). Mines de Douai.

Carafa, R., Marinov, D., Dueri, S., Wollgast, J., Giordani, G., Viaroli, P., & Zaldívar, J. M. (2009). A bioaccumulation model for herbicides in Ulva rigida and Tapes philippinarum in Sacca di Goro lagoon (Northern Adriatic). *Chemosphere*, *74*(8), 1044-1052.

Cetin, A. K., & Mert, N. (2006). Growth Rate of Scenedesmus acutus (Meyen) in Cultures Exposed to Trifluralin. *Polish Journal of Environmental Studies*, *15*(4).

Chekroun, K. B., & Baghour, M. (2013). The role of algae in phytoremediation of heavy metals: a review. *J Mater Environ Sci*, *4*(6), 873-880.

Chen, J. C., Wang, K. S., Chen, H., Lu, C. Y., Huang, L. C., Li, H. C., ... & Chang, S. H. (2010). Phytoremediation of Cr (III) by Ipomonea aquatica (water spinach) from water in the presence of EDTA and chloride: Effects of Cr speciation. *Bioresource Technology*, *101*(9), 3033-3039.

Davis, T. A., Volesky, B., & Mucci, A. (2003). A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. *Water research*, *37*(18), 4311-4330.

Demirel, M. (2016). Su kirliliğini önlemede bütünleşik havza yönetiminin etkisi: Büyük menderes havzasi örneği.

Elkıran, Ö. Removal of Heavy Metals from the Environment via Phytoremediation Green Reclamation Method. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, *44*(4), 525-533.

EPA, C. (1995). *remedial options at select metals-Contaminated Sites* (Vol. 6). EPA/540/R-95/512.

Glass, D. J. (1999). Economic patential of phytoremediation, Phyforemediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up the Environment. *John Wiley&Sans, New York, USA*.

Gosavi, K., Sammut, J., Gifford, S., & Jankowski, J. (2004). Macroalgal biomonitors of trace metal contamination in acid sulfate soil aquaculture ponds. *Science of the Total Environment*, *324*(1-3), 25-39.

Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A. B., Cansaran-Duman, D., & Aras, S. (2012). Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, *69*(4), 235-53.

Jasrotia, S., Kansal, A., & Mehra, A. (2017). Performance of aquatic plant species for phytoremediation of arsenic-contaminated water. *Applied Water Science*, *7*, 889-896.

Kabata-Pendias, A., & Dudka, S. (1991). Trace metal contents of Taraxacum officinale (dandelion) as a convenient environmental indicator. *Environmental Geochemistry and Health*, *13*, 108-113.

Kalkan, H., Orman, Ş., & Kaplan, M. (2011). Kirlenmiş Arazilerin Islah Edilmesinde Fitoremidasyon Tekniği. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, *25*(4), 103-108.

Kocaer, F.O., Başkaya, H.S., 2003. Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1): 121-131.

Komives, T., & Gullner, G. (2005). Phase I xenobiotic metabolic systems in plants. *Z Naturforsch*, *60*, 179-185..

Kreutzweiser, D. P., Gunn, J. M., Thompson, D. G., Pollard, H. G., & Faber, M. J. (1998). Zooplankton community responses to a novel forest insecticide, tebufenozide (RH-5992), in littoral lake enclosures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *55*(3), 639-648.

Kumar, P. N., Dushenkov, V., Motto, H., & Raskin, I. (1995). Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental science & technology*, *29*(5), 1232-1238.

Lakra, K. C., Lal, B., & Banerjee, T. K. (2017). Decontamination of coal mine effluent generated at the Rajrappa coal mine using phytoremediation technology. *International journal of phytoremediation*, *19*(6), 530-536.

Liu, Y., Yang, S. F., Tan, S. F., Lin, Y. M., & Tay, J. H. (2002). Aerobic granules: a novel zinc biosorbent. *Letters in Applied Microbiology*, *35*(6), 548-551.

Lu, Q., He, Z. L., Graetz, D. A., Stoffella, P. J., & Yang, X. (2010). Phytoremediation to remove nutrients and improve eutrophic stormwaters using water lettuce (Pistia stratiotes L.). *Environmental Science and Pollution Research*, *17*, 84-96.

Mahmood, Q., Mirza, N., & Shaheen, S. (2015). Phytoremediation using algae and macrophytes: I. *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 2*, 265-289.

Marín, C. M. D. C., & Oron, G. (2007). Boron removal by the duckweed Lemna gibba: a potential method for the remediation of boron-polluted waters. *Water Research*, *41*(20), 4579-4584.

Milam, C. D., Farris, J. L., & Wilhide, J. D. (2000). Evaluating mosquito control pesticides for effect on target and nontarget organisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *39*, 324-328.

Mitra, N., Rezvan, Z., Ahmad, M. S., & Hosein, M. G. M. (2012). Studies of water arsenic and boron pollutants and algae phytoremediation in three springs, Iran. *Int J Ecosys*, *2*(3), 32-37.

Nazir, A., Malik, R. N., Ajaib, M. U. H. A. M. A. M. D., Khan, N., & Siddiqui, M. F. (2011). Hyperaccumulators of heavy metals of industrial areas of Islamabad and Rawalpindi. *Pak J Bot*, *43*(4), 1925-1933.

Olette, R., Couderchet, M., Biagianti, S., & Eullaffroy, P. (2008). Toxicity and removal of pesticides by selected aquatic plants. *Chemosphere*, *70*(8), 1414-1421.

Özbolat, G., & Abdullah, T. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, *25*(4), 502-521.

Pérez-Legaspi, I. A., Ortega-Clemente, L. A., Moha-León, J. D., Ríos-Leal, E., Gutiérrez, S. C. R., & Rubio-Franchini, I. (2016). Effect of the pesticide lindane on the biomass of the microalgae Nannochloris oculata. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, *51*(2), 103-106.

Rahman, M. A., & Hasegawa, H. (2011). Aquatic arsenic: phytoremediation using floating macrophytes. *Chemosphere*, *83*(5), 633-646.

Rahman, M. A., Hasegawa, H., Ueda, K., Maki, T., Okumura, C., & Rahman, M. M. (2007). Arsenic accumulation in duckweed (Spirodela polyrhiza L.): a good option for phytoremediation. *Chemosphere*, *69*(3), 493-499.

Raskin, I., Smith, R. D., & Salt, D. E. (1997). Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Current opinion in biotechnology*, *8*(2), 221-226.

Riaz, G., Tabinda, A. B., Iqbal, S., Yasar, A., Abbas, M., Khan, A. M., ... & Baqar, M. (2017). Phytoremediation of organochlorine and pyrethroid pesticides by aquatic macrophytes and algae in freshwater systems. *International journal of phytoremediation*, *19*(10), 894-898.

Schröder, P., Navarro-Aviñó, J., Azaizeh, H., Goldhirsh, A. G., DiGregorio, S., Komives, T., ... & Wissing, F. (2007). Using phytoremediation technologies to upgrade waste water treatment in Europe. *Environmental Science and Pollution Research-International*, *14*, 490-497.

Suresh, B., & Ravishankar, G. A. (2004). Phytoremediation—a novel and promising approach for environmental clean-up. *Critical reviews in biotechnology*, *24*(2-3), 97-124.

Tam, N. F. Y., & Wong, Y. S. (2000). Effect of immobilized microalgal bead concentrations on wastewater nutrient removal. *Environmental Pollution*, *107*(1), 145-151.

Thakur, A., & Kumar, H. D. (1999). Nitrate, ammonium, and phosphate uptake by the immobilized cells of Dunaliella salina. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *62*(1), 70-78.

Thangavel, P., & Subbhuraam, C. V. (2004). Phytoextraction: role of hyperaccumulators in metal contaminated soils. *Proceedings-Indian National Science Academy Part B*, *70*(1), 109-130.

Toröz, İ. (2010). Hassas Alanların ve Kentsel Atıksu Arıtım Esaslarının Belirlenmesi, IWES 2. *Atık Teknolojileri Sempozyumu*, 4-5.

Tuzen, M., Sarı, A., Mendil, D., Uluozlu, O. D., Soylak, M., & Dogan, M. (2009). Characterization of biosorption process of As (III) on green algae Ulothrix cylindricum. *Journal of Hazardous Materials*, *165*(1-3), 566-572.

Üçüncü, E., Özkan, A. D., Kurşungöz, C., Ülger, Z. E., Ölmez, T. T., Tekinay, T., ... & Tunca, E. (2014). Effects of laser ablated silver nanoparticles on Lemna minor. *Chemosphere*, *108*, 251-257.

Vara Prasad, M. N., & de Oliveira Freitas, H. M. (2003). Metal hyperaccumulation in plants: biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic journal of biotechnology*, *6*(3), 285-321.

Wen, Z., Shi, L., Tang, Y., Shen, Z., Xia, Y., & Chen, Y. (2017). Effects of Pisolithus tinctorius and Cenococcum geophilum inoculation on pine in copper-contaminated soil to enhance phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation*, *19*(4), 387-394.

Yılmaz, Ö., & Taş, B. (2021). Feasibility and assessment of the phytoremediation potential of green microalga and duckweed for zeta-cypermethrin removal. *Desalination and Water Treatment*, *209*, 131-143.

Yurdakul, İ. (2015). Kirletilmiş topraklarda ve sularda bitkisel iyileştirme teknikleri ve önemi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *2*(1), 55-62.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Tekstil Atıklarından Elde Edilen Kompozit Malzemelerin Teknik ve Çevresel Açıdan Değerlendirilmesi

Mürvet MIHÇI[1]
Murat SOLAK[2]
Mert KILINÇEL[3]

Öz

Dünyada artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamak üzere hızla büyüyen endüstrileşme tehlikeli/tehlikesiz atık oluşumunun artmasına neden olmuştur. Bu süreçte geri dönüşüm, geri kazanım, tekrar kullanım gibi kavramlar çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması anlamında son derece önemlidir. Endüstrilerin üretim süreçleri sırasında oluşan birçok atık, hammadde olarak geri kazanılabilme, yeni ürünler üretilebilme ve katma değer sağlayabilme bakımından önemli potansiyele sahiptir. Atıkların farklı uygulamalarla yeniden kullanımları için kompozit malzeme elde edilmesi noktasında hem literatür hem de uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Kompozit malzemeler en az iki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşerek elde edilen yeni malzemeler ve kendini oluşturan bu malzemenin üstün özelliklerinin yeni malzemede yer aldığı ileri malzemeler olarak ifade edilmektedir. Bu malzemelerin yüksek mukavemete sahip olması ve hafif olması nedeniyle birçok (otomotiv, inşaat, spor malzemeleri vb.) sektörde kullanım imkânı bulunmaktadır. Kompozit malzemeler çeşitli matris ve takviye elemanlarından oluşmaktadır. Kompozit mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak termoset içerikli reçineler (epoksi, vinil ester ve polyester) kullanılmaktadır. Çalışmada, farklı tekstil atıkları ile farklı reçineler kullanılarak elde edilen kompozit malzemeler, bu malzemelerin mekanik, termal ve akustik gibi çeşitli özellikleri, üretiminde oluşabilecek zorluklar ve atık malzemelerden elde edilen kompozit plakaların çevresel sürdürülebilirliğe katkısı üzerine yapılan literatür çalışmaları araştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit, tekstil atığı, termoset reçine

[*1] Düzce Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Çevre Mühendisliği ABD, Düzce
[2] Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Düzce
[3] Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Düzce

1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde hızla artan nüfus, ihtiyaçların artmasıyla birlikte endüstrileşmeyi beraberinde getirmiş, bunun sonucunda da tehlikeli/tehlikesiz atık miktarlarının artmasına neden olmuştur. Bu süreç, geri dönüşüm, geri kazanım ve tekrar kullanım gibi çevresel sürdürülebilirlik parametrelerine olan ilginin artmasına neden olmuştur. Sanayileşme sonucu oluşan çeşitli atıkların, özellikle geri kazanımı zor olan atıkların hammadde olarak kullanılabilirliği konusunda yapılan Ar-Ge çalışmalarının artması ile atığın azaltılması ve/veya hammadde olarak geri kazanımında ciddi katkılar sağlanmaktadır.

Tekstil atıkları genellikle geri dönüştürülmek için daha fazla çaba gerektiren doğal kaynaklı malzemeler (pamuk, keten, yün) ve sentetik malzemeler (genellikle polyester) birleştirilerek elde edilir (Briga-Sá vd., 2013). 2030 yılında dünyadaki tekstil atığının kişi başına 17.5 kg olacağı düşünüldüğünde, tekstil atıklarının ikincil hammaddelere dönüştürülmesi oldukça önemlidir (Zunjarrao ve Bijoya Kumar, 2021).

Günümüz dünyasında yılda 100 milyar adet giysi üretilmekte ve bunların %33'ü satın alındığı ilk yıl içinde atılmaktadır Örneğin, Birleşik Krallık'ta, tekstil atığı 2005 ile 2010 arasında yılda yaklaşık 2 milyon ton artmıştır. ABD Çevre Koruma Ajansı'na göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl yaklaşık 26 milyar libre tekstil çöplüklere gitmektedir. Mevcut hızlı moda trendi, bireyleri daha fazla giysi tüketmeye ve daha kısa sürede kullanımının azalmasına teşvik ederek, yeni giysilere yönelik talebin artmasına ve yüksek hacimli tekstil atığının üretilmesine neden olmaktadır. Doğal kaynakların tükenmesi ve atık imha maliyetlerinin yükselmesi sebepleriyle, tekstil atıklarının geri dönüşümü tüm dünyada giderek önem kazanmaktadır. Günümüzde küresel ölçekte tekstil ve hazır giyim üretimi yıllık 80 milyon tonun üzerinde gerçekleşmektedir (Eser vd., 2016). Dünyada geri dönüştürülemeyen ve çöpe atılan tekstil atığı Avustralya'da giysi kullanım ve atık oranları nispeten yüksektir. Avustralya'da 2020 yılında yaklaşık 501 milyon kilogram tekstil ve giysi atılmıştır. Türkiye'de ise yıllık yaklaşık, 1 milyon 800 bin ton ürünün yılda yaklaşık 600 bin tonluk kısmı çöpe gitmektedir (Oğuz vd., 2022). Yakın zamanda uygulamaya giren kıyafet toplama kumbaralarıyla, yılda yaklaşık 40 bin ton giysi toplanarak geri kullanım için ayrıştırılmakta ve 10 bin tonluk bölümü geri dönüştürülebilmektedir. Çöpe giden tüm kıyafetlerin toplanması ve değerlendirilmesi durumunda, Ülkemizin yaklaşık 2.5 milyar dolarlık bir katma değer üretme potansiyeli bulunmaktadır (Mahbuba İmroz vd., 2023).

Yeni mühendislik uygulamalarıyla beraber bertarafa gidecek olan malzemelerin farklı uygulamalarda ve yeniden kullanımında kompozit malzemeler elde edilmesi noktasında hem literatür hem de uygulamada eksiklikler bulunmaktadır. Bu çalışmada, tekstil atıklarının kompozit plaka üretiminde kullanım potansiyeli ve bu atıkların geri kazanımının önemi araştırılmıştır. Termoset içerikli reçinelerle epoksi, vinil ester ve polyester reçinelerin malzemeler üzerinde oluşturduğu etkilerin belirlenerek, bu etkilerin mekanik, termal ve akustik davranışları konusunda literatürde yapılan araştırmalar incelenecektir.

2. TEKSTİL ATIKLARI

Dünya genelinde tekstil atıklarının artması, bu sektörden kaynaklanan kirliliğin artmasına neden olmaktadır. Bu kirliliğe çözüm üretilmesi atığın kaynağında azaltılması olarak görülse de atıkların geri dönüşümünü sağlayarak katma değerli yeni ürünlere dönüştürülmesi de son derece önemlidir (Shauhrat Singh vd., 2023). Tekstil atıklarının değerlendirmesi amacıyla sınıflandırma yapılmaktadır. Tekstil atıkları altı ana kategoride 44 alt ana kategoride toplanmaktadır. Evsel atıkların %4.4'lük kısmını tekstil atıkları oluşturmaktadır. Bu atıkların %65'i yeniden kullanılabilmekte/geri dönüştürülebilmekte, kalan kısmının geri kazanımı sağlanamamaktadır (Sabine vd., 2023).

3. TEKSTİL ATIKLARI İLE KOMPOZİT ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI

Tekstil atıkları ile elde edilen kompozit malzeme üretiminde kullanılan kimyasallar, termoset yapılı epoksi, vinil ester ve polyester reçinelerdir. Epoksi reçinelerin kullanım alanları polimer matrisli kompozit termoset plastiklerdir. Epoksi reçinelerin tercih edilme nedeni düşük sertlikte, iyi yapışması, dirençli olması, çevre açısından zararlı olmamaları ve yalıtım malzemesi olarak güçlü bir yapıya sahip olmalarıdır (Gu vd., 2012). Ayrıca, Polimer matrisli kompozitlerin kullanım süresi daha uzundur. Polimer reçinelerin avantajı, kalıplarda daha hızlı etkili olması, hafif ve sağlam olmalarıdır (Mihai vd 2021). Vinil ester reçineler ise, hafif, güçlü, korozyona karşı dirençli olmaları nedeniyle tercih edilmekte ve yapı malzemesi olarak kullanımının yanı sıra toplu taşıma araçlarında da kullanılmaktadır (Shaun ve Claudiu T., 2011).

Teknolojinin gelişmesiyle beraber kompozit plakalara olan ihtiyaç artmaktadır. Polimer kompozit plakalar, petrol, gaz ve otomotiv sektörlerinde çevre dostu olarak kullanılmaktadır (Takmaz vd., 2016). Kompozit malzemeler yüksek yoğunlukta olmaları nedeniyle farklı endüstrilerde tercih sebebidir (Balaban ve Toygar, 2022). Kompozit plakaların mermiye karşı yüksek dirence sahip olmaları ve kurşun geçirmez bir malzeme olmaları nedeniyle savunma sanayinde de kullanımı artmıştır (Yu Wang vd., 2022). Kompozit malzemeler havacılık, uzay, robot, kimya, denizcilik, raylı sistemler, rüzgar enerjisi, uzay ve havacılık, savunma sanayi, inşaat, yapı sektöründe, spor ekipmanları ve otomotiv sanayi gibi bir çok endüstriyel alanda kullanılmaktadır.

Tekstil atıklarının geri kazanımından elde edilen kompozit malzemeler hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan faydalıdır. Tekstil atıklarından geliştirilen kompozitler termal olarak güçlü bir yapıya sahiptir. Kompozit malzemeler mobilya ve inşaat sektöründe düşük maliyetli olması nedeniyle ahşap sektörü ile rekabet halindedir (Zunjarrao ve Bijoya, 2021). Endüstriyel üretim sonucu oluşan atıkların geri dönüşümü, insan sağlığı ve doğada sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir. Kompozit malzemeler çok çeşitli alanlarda kullanılabilmektedir. Bu malzemeler, sanayileşme ve kentleşmenin artmasıyla ortaya çıkan gürültü kirliliğinin önlenmesi amacıyla da kullanılabileceği düşünülmektedir (Tushar vd., 2022).

4. TEKSTİL ATIKLARINDAN ÜRETİLEN KOMPOZİT MALZEMELERİN PERFORMANSLARININ VE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Geri dönüştürülemeyen atıklar çevresel olarak alıcı ortamları (hava, su ve toprak) ve insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Tekstil atıklarının kompozit malzeme üretiminde kullanımı ile çevre kirliliğinin azaltılması ve atık yönetiminin sürdürülebilirliği sağlanabilir (Heura vd., 2022). Tablo 1'de literatürde tekstil atıklarının kullanımı ile elde edilen kompozit malzemeler ve özellikleri görülmektedir.

Tablo 1. Farklı tekstil malzemelerinden elde edilen kompozitlerin incelenmesi

Kullanılan Tekstil Malzeme	Kullanılan Reçine	İncelenen Özellik	Çevresel Etkisi	Referans
Atık elyaf	Epoksi	Termal iletkenlik, Akustik	%75 lif içeriğiyle, ses emilimi 2kHz ve 5kHz	Mahapatra vd., 2022
Atık denim kumaş	Polyester	Termal ve akustik	8 dB'ye kadar ses ve 2°C/W'ye kadar termal davranışı	Sezgin Hande vd., 2021
Atık karbon lif	Epoksi	Mekanik	Uzunlukları10 µm azaldı, çapı ise aynı kaldı	Aamer Khan vd., 2022
Atık Jüt	Epoksi	Termal, mekanik	%60 granit ve 4 kat jüt içeriğiyle, çekme mukavemetinde ~%16,eğilme mukavemetinde ~%5 ve darbe mukavemetinde ~%148 artış elde edilmiştir.	Ranjan Chaturvedi vd., 2022
İşlenmemiş tekstil atığı	Epoksi	Mekanik, dayanıklılık, eğme	5-6 oranında olmasında max eğilme performansı	Payam Sadrolodabaee vd., 2021

Mahapatra vd., 2022, tarafından yapılan çalışmada atık elyafın ve epoksi reçinenin kullanıldığı çalışmada elde edilen kompozit malzemenin termal iletkenlik ve akustik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada, lif malzeme miktarının %75 olması durumunda en etkin akustik özellik elde edilmiştir.

Sezgin Hande vd., 2021, tarafından yapılan çalışmada çeşitli sektörlerden temin edilen tekstil ve ambalaj atıklarının karışımı sonucu katma değeri yüksek olan kompozit paneller elde edilmiştir. Kompozit panel üretiminde takviye ve matris malzemesi olarak ayrı ayrı tekstil denim atıkları ve plastik ambalaj atık kullanımı olmuştur. Panellerin akustik ve termal davranışlarında hava geçirgenliği açısından incelemeler yapılmıştır. Akustik açıdan 8 dB'e kadar ses kaybı, termal açıdan ise 2°C/W'ye kadar alev geçiştirici özellikleri sunulmuştur.

Aamer Khan vd., 2022, tarafından yapılan çalışmada karbon lifler sentezlenmiştir. Sentezlenen karbon liflerinin mekanik özelliklerine ve yapısal özelliklerine bakılmıştır. Çekme özelliklerine bakılırken epoksi reçine farklı oranlarda ele alınmıştır. 600 °C'de sentezlenen karbon lifleri %1 oranında dolgu malzemesi ilave edilerek %56.77 ve saf epoksi ile karşılaştırıldığında %4 dolgu ağırlığında %93'lük çekme dayanımı elde edilmiştir.

Ranjan Chaturvedi vd., 2022, yapmış oldukları çalışmada, %60 oranında granit atığı ve jüt liflerinden kompozit malzemeler elde etmişlerdir. Reçine olarak kullanılan epoksi ile mekanik (çekme, eğilme, darbe) özellikleri incelenmiştir. Mekanik özellikleri bakımından sırasıyla çekme %16, eğilme %5 ve darbe %148 oranlarında artışlar elde edilmiştir. Yoğunlukta yüksek oranda artış olmasına rağmen kalınlıkta daha fazla oranda artış gözlenmiştir. Elektrik öz direncinde azalma olmasına karşın elde edilen kompozitler yalıtkan özelliklerini korumuştur. Elde edilen kompozit malzemelerin çevreye olumsuz bir durumu olmadığı belirtilmektedir.

Payam Sadrolodabaee vd., 2021, yaptıkları çalışmada tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu elde edilen inşaat sektöründe kullanımı sağlanan kompozitler üretmişlerdir. Bu kompozitlerin hem mekanik hem de dayanıklılık özellikleri incelenmiştir. Elde edilen tüm kompozitlerden, yapı malzemesi olarak kullanımı uygunluğu belirtilmiştir. TW kompozitin potansiyel bir yapı malzemesi olarak kullanılmasının uygulanabilirliği sağlanmıştır.

Tekstil atıkları ile elde edilen kompozit plakalarla çimento esaslı kompozit paneller üretilebilmektedir. Elde edilen panellerin mukavemetlerine bakılarak havalandırmalı cephelerde kullanımı sağlanmaktadır. Bu panellerin baştan sona kadar yaşam döngüleri değerlendirilerek havalandırmalı cephelerde kullanılan kompozitlerin mühendislik ve ticari malzemelerle karşılaştırması yapılmaktadır. Geri kazanım sonucunda elde edilen kompozitlerde 1 m^2'lik cepheyi kaplamak için kullanılan miktar 17 MPa, ticari malzemelerde kaplanan miktar 24 MPa'dır. Elde edilen yeni kompozit malzemeler çevresel açıdan önemli ölçüde ekonomiye katma değer sağlamaktadır (Prince Kumar vd., 2022).

Tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu elde edilen kompozitlerin yaşam döngüsü olarak değerlendirilmesinde çevresel sorunları belirlemede öncülük etmektedir. Pamuklu tekstil ürünlerinde %100 oranında pamuklu tek kişilik bir çarşafın üretim süreçlerinden başlayarak nihai ürün olarak tüketiciye ulaşmasından atık oluşumuna kadar geçen Yaşam Döngü Değerlendirme sürecidir. Bu süreçte SimaPro 8.0.4 adlı bir bilgisayar yazılımı içerisindeki CML-IA baseline metodu seçilerek yapılmıştır. Ürünün yaşam döngüsü süresince kullanım aşamasında en büyük çevresel etkiyi oluşturmuştur. Üretim aşamasında ise çevresel etki olarak boyalı ürün ile boyasız ürünün karşılaştırılmasında boyalı ürünün çevresel etkisinin en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir (Aydın, 2016).

Literatürde yapılan birçok çalışmada, atık malzemelerin kullanılması ile elde edilen kompozit malzemelerin teknik özelliklerinin incelendiği görülmektedir. Çevreci bir yaklaşım olarak kullanılan ve endüstriyel simbiyoz olarak değerlendirilebilecek olan bu tür çalışmalarda çevresel performansların yaşam döngüsü analizi ve/veya karbon ayak izi gibi çevreci tekniklerle değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

5. SONUÇ

Sanayileşmenin artmasıyla üretim süreçlerindeki ortaya çıkan atıklar, hammadde olarak geri kazanılabilme yeni mamuller üretilebilme ve katma değer sağlayabilme açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu tür özelliklere sahip sektörlerden biri de tekstil sektörüdür. Tekstil sektöründe oluşan atıkları ve termoset özellikli reçinelerin kullanımı ile üretilen kompozit plakalar birçok alanda kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yüksek dirence sahip, hafif ve ekonomik olmaları tercih sebebi olabilmektedir. Atık malzemeler ile elde edilen kompozit malzemenin kullanımının değerlendirilmesi akustik, mekanik, termal iletkenlik ve yanmazlık gibi parametrelerin incelenmesi ile yapılmaktadır. Tekstil atıklarının geri kazanımı sonucu elde edilen kompozit malzemelerin endüstriyel olarak kullanımı ekonomiye katma değer sağlamasının yanı sıra çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması adına da son derece önemlidir. Çeşitli tekstil atıkları ile elde edilen kompozit ürünlerin kullanım alanına göre özelliklerinin incelenmesi sonrası olası çevresel etkilerinin de incelenmesinin çevresel sürdürülebilirliğe katkısının değerlendirilmesi noktasında önemli olacağı düşünülmektedir.

Referanslar

Aamer K., Alberto T., Jalal A., Komal I., Massimo R., Mohammad M., Noor S., (2022), Low temperature synthesis of carbon fibres from post-consumer textile waste and their application to composites: An ecofriendly approach, *Diamond & Related Materials, 130 :* 109504.

Akgümüş D., Çay A., Çelik P. ve Eser B., (2016, April), Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları, *Tekstil ve Mühendis, 23 / 101:* 43-60.

Albert de la F., Josep C., Monica A. and Payam S., (2021), Characterization of a textile waste nonwoven fabric reinforced cement composite for non-structural building components, *Construction and Building Materials, 276* : 122179.

Alka M., Anam K., Asokan P., Manoj K. G., Prashant T., Ranjan C., Ravi P., Vijay K.T., (2022), Next-generation high-performance sustainable hybrid composite materials from silica-rich granite waste particulates and jute textile fibres in epoxy resin, *Industrial Crops & Products, 177 :* 114527.

Ana Briga-S., Anabela P., David N., Fernando C., Humberto V., Jorge P. and Nuno T.. (2013, January), Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution, *Construction and Building Materials, 38 :* 155-160.

Ansari Mohammed Dilsad I., Arihant A., Bhupender Kumar M., Prince Kumar M. and Vibhore Kumar R., (2022), A comprehensive review on textile waste valorization techniques and their applications, *Environmental Science and Pollution Research, 29* : 65962-65977.

Av. Ayvazoğluyüksel Ç., Av. Barbaryiğit M.Y., Elmas B., Huvaj K.T, Kurtulan İ., Kılınç İ. ve Kılınç G Oğuz L. and Yılmaz İ., (2022, Mart), www.tekstilisveren.org.tr, :453.

Aydın S., (2016), Pamuklu ev tekstil ürünlerinin üretim süreçleri ve nihai ürünlerin yaşam döngüsünün değerlendirilmesi, *Kurumsal Akademik Arşiv*, :37.

Balaban Cagla A., Toygar Evren M., (2022), Usage of Nanomaterials on Carbon Fibre/Epoxy Composites for Improvement of Their Material Properties, *Procedia Structural Integrity, 42* : 292-298.

Belay Taye W., Senthil Kumaran S. and Velmurugan P., (2021), Fabricated and analyzed the mechanical properties of textile waste/glass fiber hybrid composite material, *materials today: Proceedings, 46:* 7297-7303.

Berk Ö., Küçükali M., Öztürk B., Sezgin H., and Yalçın İ. E., (2021, July,1), Design of composite insulation panels containing 100% recycled cotton fibers and polyethylene/polypropylene packaging wastes, *Journal of Cleaner Production, 304* : 127132.

Bijoya Kumar B. and Zunjarrao K., (2021, May), Sustainable hybrid composites reinforced with textile waste for construction and building applications, *Construction and Building Materials, 284* : 122800.

Carol Sze L., Christrophe L., Guneet K., Liang D., Shauhrat Singh C., (2022,December), Sustainable process design for circular fashion: Advances in sustainable chemistry for textile waste valorisation, *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 39 :*100747.

Chaozhi Y., Yu W., Zhengxiang H., Zu X., Xin J., (2022, December), Polyurea-coated ceramic-aluminum composite plates subjected to low velocity large fragment impact, *materialstoday Communıcatıons, 10.1016* :104501.

Claudiu T. L. and Shaun C., (2011, August, 15) Science of The Total Environment Influence of temperatur on styrene emission from a vinyl ester resin thermoset composite material, *409(18)* : 3403-8.

Dinh Truong N., Eun Jin C., Ha Yeon K., Hyeun-Jong B., Yoon Gyo L. and Younho S., (2023, July), Converting textile waste into value-added chemicals: An integrated bio-refinery process, *Environmental Science and Ecotechnology*, *15* : 100238.

Erkan Ö., Takmaz A. ve Yücel E., (2016, March, 11),Cam Elyaf Takviyeli Plastik Kompozit Malzemenin Kenar Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi, *Duzce University Journal of Science and Technology*, *4* : 567-573.

Goretty Maria D., Komal H., Olaf W. Sabine W., (2023, March,), Textile waste in Ontario, Canada: Opportunities for reuse and recycling, *Resources, Conservation and Recycling*, *190* : 106835.

Gu R., Kumarappa S. and VN G.,(2012, June, 27), Mechanical and physical characterization of agricultural waste reinforced polymer composites, 1 Department of Mechanical Engineering, *BVB College of Engineering and Technology*, *3(5*) : 907-916

Heura V., Josep C., Laura G.-L., Maria Dolores A., Monica A., (2022), Cement composite plates reinforced with nonwoven fabrics from technical textile waste fibres: Mechanical and environmental assessment, *Journal of Cleaner Production*, *372* : 133652.

Imre K., Mihai-Paul T., and Vasile George C., (2021, May, 20) Development of fabric-reinforced polymer matrix composites using bio-based components from post-consumer textile waste, University Politehnica Timisoara, *Doctoral School, Timisoara/Hunedoara, Romania, 10.1016 :* 11927.

Lijing W.,Mahbuba İmroz H. and Rajiv P., (2023, October) Textile waste management in Australia: A review, *Textile waste management in Australia: A review*, *18* : 200154.

Subrata Kumar P., Suchismita S. and Tushar Kanta M., (2022), Thermal and acoustic properties evaluation of waste tire and textile reinforced epoxy composites, *materials today: Proceedings, 62 :* 5982-5986.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Recyclability of Packaging Waste: The Case of Pendik-Istanbul

Miraç Nur CİNER [1]
Mehmet Can SARIKAP [2]
Emine ELMASLAR ÖZBAŞ [3]
H. Kurtuluş ÖZCAN [4]
Sinan GÜNEYSU [5]
Atakan ÖNGEN [6]
Serdar AYDIN [7]

Abstract

With the recycling and recovery of packaging, our natural resources are protected, energy savings are achieved and thus the country's economy is contributed. With the recycling and recovery of packaging waste, not only does it contribute to the country's economy, but also the health of people and the environment. With the "Packaging Waste Control Regulation" published in the Official Gazette dated 26/06/2021 and numbered 31523, it is stated that it is essential to reduce the amount of waste to be disposed of by primarily reusing, recycling, recovering and/or using the packaging wastes as an energy source. Arrangement for collecting packaging wastes within a zero waste management system based on the provisions of the Zero Waste Regulation, taking material recycling as the primary basis for the recycling of packaging waste, not sending recyclable packaging waste to landfills, and not accepting recyclable packaging waste by landfill facilities. has been made. In this study, an evaluation of the recycling of packaging waste was made by using the data obtained from the Packaging Waste Separation Facility of Pendik Municipality, which has been operating since 2018. With the effect of the pandemic process in 2020, it was observed that there was a decrease in the amount of recycled packaging waste compared to 2018 and 2019.

Anahtar Kelimeler: Packaging waste, Recycling, Solid waste, Solid waste management

[1] Res. Asst., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0002-9920-928X
[2] Lec., Istanbul University-Cerrahpaşa, Project and Technology Office, Orcid: 0000-0002-5044-1184
[3] Assoc. Prof. Dr., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0001-9065-6684
[4] Prof. Dr., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0002-9810-3985
[5] Assoc. Prof. Dr., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0002-4875-101X
[6] Assoc. Prof. Dr., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0002-9043-7382
[7] Prof. Dr., Istanbul University-Cerrahpaşa, Environmental Engineering Department, Orcid: 0000-0002-0626-5224

INTRODUCTION

Waste is expressed as a residue with low value, unusable or useless in the process of use. According to UNEP, undesirable by the waste owner; It is defined as substances that the owner does not need, does not use, and needs to be purified and removed (Gökpur et al, 2019). waste in the European Union (EU); It is defined as "any substance or object that the owner throws, intends to throw, or is required to throw away" (Özcan, 2020-2021).

In the last 50 years, the economic importance of plastic has gradually increased. It is known that global plastic production has increased twenty-fold since the 1960s. Plastic production reached 322 million tons in 2015. Plastic production is expected to double again in 20 years. It is known that the annual production of plastic waste in Europe is 25.8 million tons (EU 2018).

There has been rapid growth in the production and use of plastics. Because plastics have a high strength-to-weight ratio, they can be easily formed into a wide variety of shapes, are impermeable to liquids, and highly resistant to physical and chemical degradation. Because of these properties, plastics are replacing traditional materials (e.g. concrete, glass, metals, wood, natural fibers and paper) in many applications (OECD 2018). At the same time, landfill and incineration rates in the management of plastic waste are quite high (31% and 39%, respectively). While landfilling for plastic waste has decreased in the last decade, incineration rates have increased (EU 2018).

One of the sources of pollution that creates ecological pressure on the environment and living life is solid waste. For this reason, the regular management and disposal of solid wastes is very important (Karamangil, 2008). Solid waste management hierarchy is presented in Figure 1.

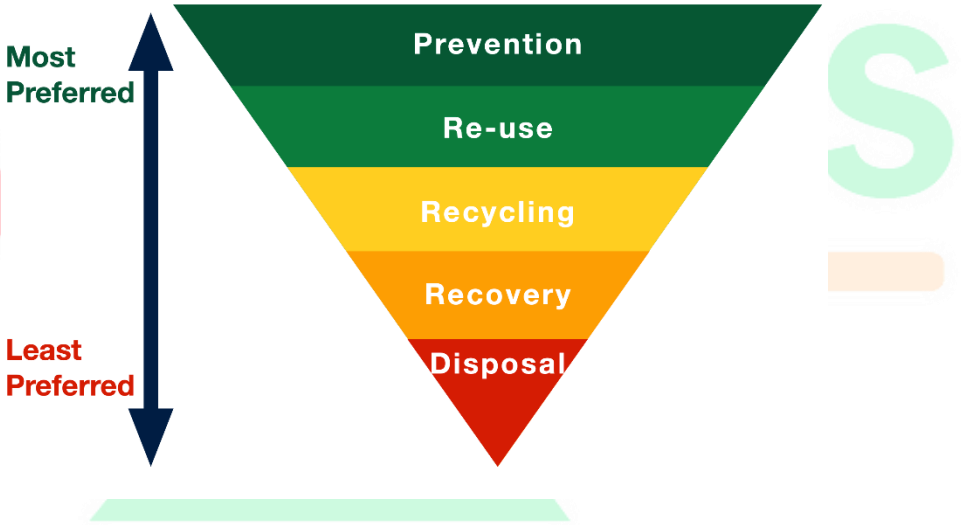


Figure 1. Waste management hierarchy

Recycle; It is the conversion of waste materials that can be reused into a second raw material after chemical or physical processes. The purpose of recycling is to prevent excessive use of resources, to ensure that wastes are separated at their sources and to reduce the amount of waste. As long as recycling is long-term, it is a very productive economic investment. As a result of the gradual depletion of raw materials and natural resources, many economic problems are encountered in the course of time. At this point, the contribution of recycling to the economy is one of the best possibilities. Many recycled waste materials prevent environmental pollution. Material Recovery; It is the process of bringing recyclable materials such as paper,

cardboard, plastic and glass in solid waste into the economy by subjecting them to physical processing without chemical and biological processing (Özcan, 2020-2021).

Zero Waste; It is a goal defined as a waste management philosophy that includes preventing waste, using resources more efficiently, preventing or minimizing waste generation by reviewing the causes of waste generation, and collecting and recycling waste separately at the source in case it occurs (Zero Waste, nd.). Zero Waste Regulation in Turkey entered into force by being published in the Official Gazette dated 12.07.2019 and numbered 30829. The purpose of the Zero Waste Regulation; It is the determination of the general principles and principles regarding the establishment, dissemination, monitoring, financing, development, recording and certification of the zero waste management system, which aims to protect the environment and human health and all resources in waste management processes in line with the effective management of raw materials and natural resources and sustainable development principles (MEU 2019).

When it comes to packaging, according to the Packaging Waste Control Regulation (2021), Packaging Waste Control Regulation, including the non-returnable, made of any material used for the transportation, protection, storage and sale of any product from the raw material to the processed product, from the producer to the user or the consumer. It covers all products within the framework of the criteria in Annex-1. Packaging waste, on the other hand, refers to any kind of packaging and packaging components that comply with the waste definition in the Waste Management Regulation published in the Official Gazette dated 2/4/2015 and numbered 29314 (MEU 2021). According to the Waste Management Regulation, waste; It is defined as any substance or material that is thrown or released into the environment or that has to be disposed of by the producer or the real or legal person who actually holds it (MEU 2015).

In 2020, the number of registered Packaging Waste Recycling Facilities in Istanbul is 158, and the number of registered packaging waste collection sorting facilities in Istanbul is 136 (MEUCC 2021).

According to the Regulation on Control of Packaging Wastes, it is ensured that at least annual recovery rates based on the material type given in Table 1 are reached throughout the country as of 2021 (MEU 2021).

Table 1. Recovery rates to be achieved according to the Packaging Waste Control Regulation (MEU 2021)

Years	Annual recycling rate based on material type (%) (including reprocessing)				
	Glass	Plastic	Metal	Paper/Cardboard	Wood
Until 2026	70	55	60	75	25
Until 2031	75	55	70	85	30
2031 and beyond	75	55	70	85	30

In Table 2, the amount of packaging waste collected and recycled packaging waste throughout Istanbul is given (MEUCC 2021).

Table 2. Packaging and packaging waste statistical results in Istanbul for 2019 (MEUCC 2021)

Packing Type	Amount of Packaging Waste Collected (kg)	Amount of Recycled Packaging Waste (kg)
Plastic	9.584.254	40.028.529
Metal	262.512	2.362.591
Composite	42.800	926.516
Paper/Cardboard	133.880.389	155.788.649
Glass	39.277.879	33.586.128
Wood	3.261.080	9.135.539
Mixture	224.764.143	0
Total	411.073.057	241.827.952

In this study, the data obtained from the Packaging Waste Separation Facility located in the Pendik district of Istanbul province were compiled and interpreted in terms of packaging waste recycling.

MATERİALS AND METHODS

Study Area

Geographical location coordinates Latitude: 40° 52' 46" N Longitude: 29° 15' 29" E Located in the North East of the Sea of Marmara, in the eastern half of Istanbul, Pendik is in the East; Tuzla, Kocaeli, Sultanbeyli in the North; Eagle in the West; It is surrounded by the Sea of Marmara in the south. Located on an area of 188.94 km^2, Pendik district has an island area of 23620 m^2 and a lake area of 10 km^2. There is a 13 km coastline (District Governor Pendik, nd.). Figure 2 shows the location of Pendik district in Istanbul.

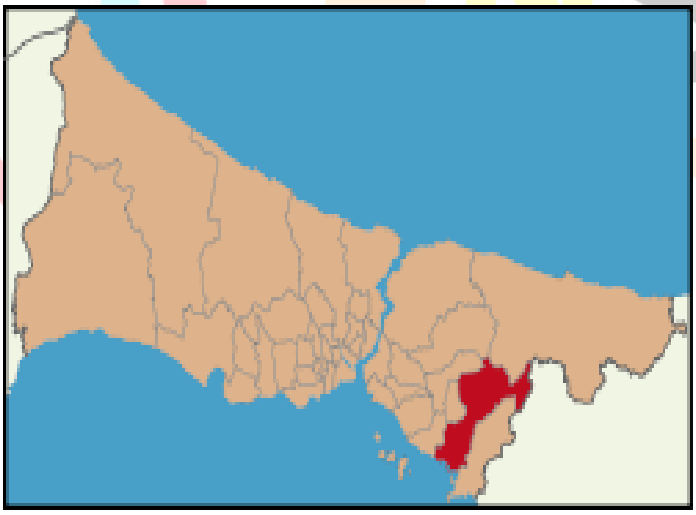


Figure 2. Pendik district map view (Wikipedia, 2023)

In Pendik, there is Turkey's first fully automatic Packaging Waste Collection and Separation Facility, which was established by the Municipality in 2018. The facility, which can sort 8 tons of packaging waste per hour, has a capacity of 2000 tons per month. At the facility, where it is assumed that 2,000 tons of packaging waste will be separated per month, at least 1000 tons of paper and cardboard, 700 tons of plastic, 200 tons of glass, 100 tons of metal are

recycled every month (Pendik Municipality, nd.). Figure 3 shows a photograph of the Packaging Waste Separation Plant.



Figure 3. Pendik District Packaging Waste Separation Facility (Pendik Municipality, nd.)

RESULTS

In line with the data received from the Pendik Municipality Packaging Waste Separation Facility, the amount of packaging waste recycled in the facility in 2018-2020 is given in Table 3. The facility did not recycle wood in the first year it was opened.

Table 3. Amount of Packaging Waste Recovered in the Facility by Years

Years	Paper/ Cardboard (Ton)	PET (Ton)	PE (Ton)	PVC (Ton)	PP (Ton)	Iron (Ton)	Aluminium (Ton)	Glass (Ton)	Wood (Ton)
2018	8583	203	923	22	301	177	25	89	0
2019	7661	305	1042	14	623	226	40	131	4
2020 (January-October)	5922.19	147.99	271.6	22.54	645.36	169.8	27.94	78.8	74.69

Recycled Waste Amounts of Pendik District by Years

When the data for 2018 is analyzed, the total amount of packaging waste arriving at the facility is 17119 tons. 10364 tons of these incoming wastes were recovered. It is seen that 61% of the packaging waste coming to the facility was recycled in 2018. 6755 tons of packaging waste that could not be recovered was sent to the sanitary landfill. The types and amounts of packaging waste recovered at this facility in 2018 are given in Table 4.

Table 4. Amount of Recovered Waste in Pendik District in 2018

Year 2018	Amount (Ton)
Recycled paper	8583
Recycled plastic	1449
Recycled glass	89
Recycled metal	202

According to 2019 data, the amount of packaging waste arriving at the facility is 21111.63 tons. 10041.81 tons of this packaging waste was recovered. It is observed that 48% of the packaging waste arriving at the facility was recycled in 2019. 11069.82 tons of non-recoverable packaging waste was sent to the sanitary landfill. The types and amounts of recycled packaging waste are given in Table 5.

Table 5. Amount of Recovered Waste in Pendik District in 2019

2019	Amount (Ton)
Recycled paper	7661
Recycled plastic	1983
Recycled glass	130.82
Recycled metal	266.18

The amount of packaging waste arriving at the facility in 2020 is 6797.49 tons. 4556.77 tons of these incoming wastes were recovered. 2240.72 tons of non-recoverable waste was sent to the sanitary landfill. Recovered packaging waste amounts for 2020 are presented in Table 6. When the values given in Table 5 are compared with the values given in Table 2, it is seen that approximately 5% (4.95%) of the amount of plastic waste, 11.26% of the metal amount, 4.92% of the paper amount, 4.92% of the glass amount, recovered throughout Istanbul in 2019. It is seen that 0.38 of them were recovered within the borders of Pendik Municipality.

Table 6. Amount of Recovered Waste in Pendik District in 2020

2020 (January - October)	Amount (Ton)
Recycled paper	3687.94
Recycled plastic	696.07
Recycled glass	50.84
Recycled metal	121.92

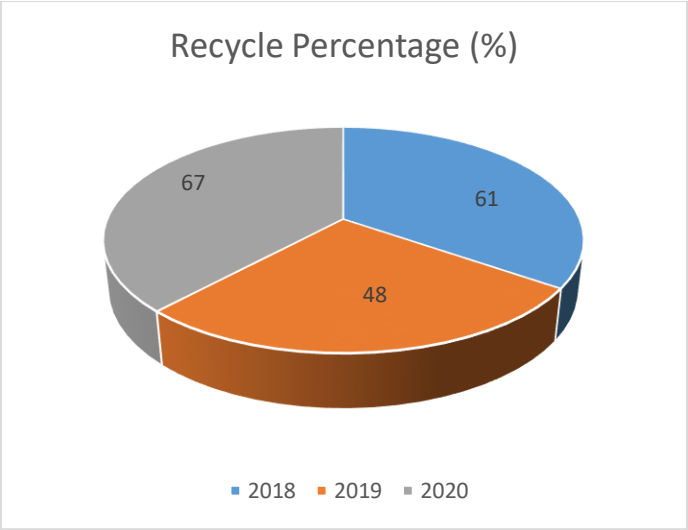


Figure 4. Recycling percentages of waste coming to the facility on a yearly basis

Figure 4 shows how much of the collected packaging wastes are recovered in Pendik district on a yearly basis. Although the data for the last 3 months for 2020 are missing, it has been observed that the recovery rate from the collected packaging waste is 67% higher than in other years.

CONCLUSIONS

The facility mostly recovered more waste in terms of tonnage in 2019 compared to 2018. In general, a decrease was observed in the amount of recycling (by weight) at the facility for 2020. It is thought that the reason for this is that people do not use glass, PET, aluminum, metal container wastes for other purposes and do not send them to recycling facilities due to the pandemic process. Although the amount of packaging waste recovered on a weight basis is lower in 2020 compared to other years, the recovery rate from collected packaging waste has increased compared to other years.

Due to the fact that Pendik Municipality has a Packaging Waste Collection Separation Facility and a 1st Class Waste Retrieval Center, domestic waste, packaging waste, non-hazardous waste and hazardous waste of domestic origin are managed throughout the district. Wastes that cannot be managed; consists of industrial hazardous wastes. Since waste management is a complex issue that needs to be addressed with many aspects, all participants must play an active role for a healthy waste management. After bearing the initial investment costs and establishing the collection system, the most important part is the establishment of an audit and self-control system for the sustainability of the system. With the separate collection system to be created according to the type of waste for the separate collection system at the source; Citizens should be aware of this and have active participation.

Acknowledgments: We would like to thank Pendik Municipality for their contribution to this study.

REFERENCES

EU 2018, A European Strategy for Plastics in a Circular Economy, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and The Commıttee of The Regions, Brussels.

Gökpur, H., Zıba, C. A., & Dolaz, M. (2019). Investigation of solid waste components in Dulkadiroğlu Region, Kahramanmaraş Province. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 7(2), 345-351. Doi: 10.21923/jesd.478540

Karamangil, N.P. (2008). *Türkiye'de ambalaj atıklarının karakterizasyonu geri kazanımı ve bertarafı*, Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü 114, Gebze.

MEU (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation), (2019). Zero Waste Regulation: 07.12.2019– 30829, Ankara, Turkey.

MEU (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation), (2021). Packaging Waste Control Regulation: 06.26.2021– 31523, Ankara, Turkey.

MEU (Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation), (2015). Waste Management Regulation: 04.02.2015– 29314, Ankara, Turkey.

MEUCC (Republic of Turkey Ministry of Environment, Urbanisation and Climate Change), (2021). İstanbul İli 2020 Yılı Çevre Durum Raporu. Istanbul, Turkey (In Turkish)

OECD 2018, Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade, Policy Perspectives OECD Environment Policy Paper No. 12.

Özcan, H. K. (2020-2021). Katı Atıkların Yönetimi Dersi. Istanbul, Avcılar, Turkey. *(In Turkish)*

Pendik Municipality, (n.d.). Ambalaj Atıkları Ayrıştırma Tesisi. Date of access: 02.05.2023, https://www.pendik.bel.tr/yer/detay/ambalaj-atiklari-ayristirma-tesisi (In Turkish)

T.R. District Governor Pendik, (n.d.). İlçenin Coğrafi Durumu. Date of access: 02.05.2023, http://www.pendik.gov.tr/cografya (In Turkish)

Wikipedia, (2023). *Pendik*. Date of access: 02.05.2023, https://tr.wikipedia.org/wiki/Pendik.

Zero Waste, (n.d.). Sıfır Atık Nedir? Date of access: 02.05.2023, https://sifiratik.gov.tr/sifir-atik/sifir-atik-nedir (In Turkish)

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Correspondence of Breaking Years with the El Nino and La Nina Years

Göknur Elif YARBAŞI KAYHANLAR[1]
Ali İhsan MARTI[2]

Abstract

The studies on climate parameters affected from meteorological events provide to have information about earth and its geographical regions. The Southern Oscillation (SO) including cold (La Nina) and warm (El Nino) phases is one of the most important oceanic-atmospheric event affecting the climate on earth. Recent studies proved that climate changes display considerable effects on the components of the hydrologic cycle. In this context, understanding the mechanisms controlling the variability of SO will also help us to understand the systems controlling the climate changes. The large-scale oscillations (pressure fluctuations) due to atmospheric movements within the hydrologic cycle are the climate anomalies having periodical characters. Therefore, the effects of the climate changes and climate anomalies on the water resources should be studied, and their future conditions should be observed and investigated. The purpose of this study was to determine the relationships between Southern Oscillation and the precipitation data of Black Sea Region of Türkiye. In order to find out the relationships, the homogeneity analysis methods of Standard Normal Homogeneity Test, Pettitt Test, Buishand Test, Von Neumann Test and Run Test were applied on the precipitation data of the Black Sea Region. As a result, the correspondence between the breaking years obtained from the homogeneity analyses and the warm/cold phase years of SO was determined as 59%.

Keywords: Southern Oscillation, precipitation, hydrologic cycle, climate anomaly, climate change.

[1] Ph. D. Student, Konya Technical University, Department of Civil Engineering, Orcid: 0000-0002-7323-8912
[2] Assist. Prof. Dr., Konya Technical University, Department of Civil Engineering, Orcid: 0000-0003-3440-6052

Introduction

Since climate is the main factor controlling the hydrological cycle, climate change due to various reasons also affects the hydrological cycle. Precipitation is the main source of variability in water balance since it is a most important highly-variable element of the hydrological cycle in terms of time and space. While large amounts of precipitation cause floods, the high temperatures observed with small amounts of precipitation will cause droughts.

Large-scale oscillations (pressure fluctuations) observed as a result of discontinuous atmospheric movement in very large areas are climatic anomalies with periodic character. This event can cause opposite conditions in terms of temperature and humidity in regions that are thousands of kilometers away from each other. In this context, the global atmospheric indices, whose effects on the hydrometeorological variables are frequently studied in recent years, have also become an important research topic. As a result, understanding the mechanisms controlling the variability of the Southern Oscillation, significant one of the global atmospheric oscillations, will also help us understand the systems controlling climate changes (Tosunoğlu, 2014).

The Southern Oscillation (SO) is a large-scale oscillation expressing the exchange of atmospheric pressure between the western and eastern Pacific Ocean at tropical latitudes and is considered as the most notable sign of inter-annual climatic changes. This event is defined as an air mass exchange between the Indonesian low-pressure and the Southeast Pacific high-pressure areas. Although the occurrence time period of the Southern Oscillation is not constant, its average occurrence period is about 2.5 years. The change in pressure is closely related to the fluctuations in wind strength, ocean currents, sea surface temperatures and precipitation events. SO is a combined ocean-atmosphere event located in the Tropical Pacific with its extreme phases of El Niño (warm phase) and La Nina (cold phase) phases. El Niño events correspond to higher-than-normal atmospheric pressure in the Southeast Pacific. La Nina events, on the other hand, express the opposite conditions of El Nino events (Kahya et al., 2006; Martı, 2007).

The term El Niño refers to the abrupt change in the direction of ocean currents and warmer surface water temperature observed every 2-5 years along the western coasts of South America where the effects of El Nino generally last 1-2 years. During these periods, the trade winds weaken in the tropical eastern Pacific Ocean and along the Peruvian coast, and the sea surface temperature rises by about 4–5°C. The Peruvian fishermen named this event as “El Nino” having the meaning of “little child” in the local language, which occurs mostly at the beginning of the year after observing warmer surface waters of the ocean (Martı, 2007; Tosunoğlu, 2014).

In some regions on the tropical Pacific Ocean, the conditions in which the sea water temperature is colder than the long-term average, this condition is called as “La Niña”, which means “little girl” in Spanish. La Nina periods are experienced as a result of the strengthening of the anticyclones over the tropical regions of the Eastern Pacific and the increase in their numbers (Martı, 2007; Tosunoğlu, 2014).

La Nina is characterized by unusual cold ocean surface water temperatures on the Central American side of the Equatorial Pacific region compared to El Niño. The unusual warm ocean surface temperatures in the eastern Pacific region of the equator are also characteristic

of El Nino. It is undoubtedly an important fact that El Niño is an important oscillation of a Tropical Pacific ocean-atmosphere system that has very important consequences for the weather around the world. In this respect, accurate meteorological observation data is very important (Kayhan and Alan, 2014).

The object of this study is to investigate the annual changes of precipitation in the Black Sea Region of Türkiye and to reveal its relations with the ocean-atmosphere event Southern Oscillation by using the monthly and annual long-term total precipitation (mm) data observed at the meteorology stations.

In this context, firstly, the stations that represent the precipitation regime of the Black Sea Region and whose data have sufficient length were determined. Trends and changes in the precipitation series of sufficient length data were determined by the homogeneity tests of Standard Normal, Pettittt, Buishand, Von Neumann and Run. The breaking years obtained from the homogeneity tests and the years of El Lino and La Nina events were compared, and the relationship between them was determined.

The atmospheric events that cause climate change and affect the existing water resources should be investigated in detail. In this context, many studies have been performed on the investigation of atmospheric events and climate parameters in Türkiye and in the world.

Martı (2007) investigated how Türkiye's streamflow, precipitation and temperature data were affected by the Southern Oscillation in the Tropical Pacific by using t-test. Within the scope of the study, the monthly average streamflow values measured at 78 streamflow observation stations uniformly distributed throughout Türkiye, the monthly total precipitation values measured at 94 precipitation observation stations, and the average temperature values measured at 62 temperature observation stations considering that the streamflow and precipitation data may have a possible relationship with temperature were used. According to the t-test results, while Türkiye was affected by the Southern Oscillation, the most anomalies were seen in the precipitation and streamflow data, respectively.

In the study of Karabörk and Kahya (2007), the categorized Southern Oscillation Index (SOI) and Multivariate ENSO Index (MEI) series were used to examine the wide range effects of SO on Türkiye's precipitation patterns. The correlation between SO indicators and Türkiye precipitation series was calculated using Spearman's Rho Analysis and the significance of the calculated correlations was tested at 0.01 level for station-based analysis and 0.05 for regional analysis. In some categories, precipitation was found to be correlated with SO indicators, especially at some stations in western Türkiye. Regional precipitation analyses revealed a clear and strong correlation structure with SO indicators categorized by large regions of Türkiye. It was also shown that the significant correlations are obtained not only for the extreme phases, but also for the neutral and moderate phases of SO.

Suhaila and Yusop (2017) applied Mann-Kendall analysis to investigate the trends of annual and seasonal temperature data in Malaysia Peninsula, and Pettitt analysis to determine the changing years of the data. As a result of this study, the changing years in Malaysia Peninsula were generally determined as 1996, 1997 and 1998 years that they were also indicated as the years in which an increasing trend was observed. The coincidence of the breaking years and the years in which the trend increased has been associated with the climatic events, namely El Nino and La Nina events. It has been determined that there has been an increase of 2.5 degrees in the last 32 years on the island where the increase in minimum

temperatures is higher than the increase in maximum temperatures, especially for many stations close to urban areas. The reason for this temperature increase was thought to be accelerated by the 1997/1998 El Nino events.

Andrade and Sellers (1988) focused on the impact of El Nino on seasonal and annual precipitation at 26 locations in Arizona and western New Mexico (USA) over an 86-year period from 1900 to 1985. They checked with the Mann-Whitney U-test whether the difference between precipitation amounts observed during El Niño periods and the precipitation observed under normal conditions in Arizona and New Mexico regions is statistically significant, and determined that El Nino events cause rainy seasons in these regions. They confirmed this result by correlating seasonal and annual precipitation for all 26 stations with the pressure difference between Tahiti and Darwin.

Material and Method

Material.

The most significant determinants of Türkiye's climate are the Mediterranean and Black Sea basins, the high mountains along the southern and northern coasts of the Anatolian Peninsula, and the Anatolian Plateau (Türkeş, 1996). Therefore, the Black Sea Region constituting the northern part of Türkiye was chosen as the research area in this study. The region takes its name from the Black Sea that completely surrounds the north of the country, constitutes 18% of Türkiye in terms of the area it covers. Located at 40o - 42o North Latitude and 30o - 42.5o East Longitude, the region has a length of approximately 1400 km from west to east and a width of 100 - 200 km in North-South direction. While the Eastern Black Sea Region receives the most precipitation and has the highest difference between the coast and the interior, the Central Black Sea Region is the section that receives the least precipitation and has the least difference between the coast and the interior. In this study, monthly total precipitation data obtained from 17 meteorological observation stations belonging to the city centers located in the Çoruh, Eastern Black Sea, Kızılırmak, Yeşilırmak and Western Black Sea basins of the Black Sea Region were used. The distribution of the stations operated by the General Directorate of State Meteorology Affairs is shown on the map in Figure 1. The necessary information about the stations and the studied periods are given in Table 1.



Figure 1- Distribution of the studied stations on the map

Table 1- Some characteristics of the investigated precipitation observation stations

Basin	Name of the Station	No of the Station	Latitude (^{0}K)	Longitude (^{0}D)	Elevation (m)	Period
Çoruh	Artvin	17045	41.1752	41.8187	613	1949-2017
	Bayburt	17089	40.2547	40.2207	1584	1929-2017
Eastern Black Sea	Giresun	17034	40.9227	38.3878	38	1929-2017
	Gümüşhane	17088	40.4598	39.4653	1216	1931-2017
	Ordu	17033	40.9838	37.8858	5	1929-2017
	Rize	17040	41.0400	40.5013	3	1929-2017
	Trabzon	17037	40.9985	39.7649	25	1928-2005
Kızılırmak	Kastamonu	17074	41.3710	33.7756	800	1930-2017
Yeşilırmak	Amasya	17085	40.6668	35.8353	409	1936-2017
	Çorum	17084	40.5461	34.9362	776	1929-2017
	Samsun	17030	41.3435	36.2553	4	1929-2017
	Tokat	17086	40.3312	36.5577	611	1933-2017
Western Black Sea	Bartın	17020	41.6248	32.3569	33	1965-2017
	Bolu	17070	40.7329	31.6022	743	1929-2017
	Düzce	17072	40.8437	31.1488	146	1963-2017
	Sinop	17026	42.0299	35.1545	32	1931-2017
	Zonguldak	17022	41.4492	31.7779	135	1931-2017

The years of the extreme phases of the Southern Oscillation used in the comparisons in the study are given in Table 2 (Kiladis and Diaz, 1989).

Table 2- List of the years of El Nino and La Nina events used in the study

El Nino											
1930	1940	1941	1951	1953	1957	1963	1965	1969	1972	1976	1982
1986	1987	1991	1994	1997	2002	2009	2015				
La Nina											
1933	1938	1942	1949	1950	1954	1955	1964	1970	1971	1973	1975
1985	1988	1995	1998	1999	2007	2010	2011				

Method.

Homogeneity tests.

Climate data does not always follow a normal distribution. And it is very important to have data belonging to the same population in terms of the safer analysis of the time series. In order for the series to be homogeneous, the data should come from the same population and the data should be completely independent from each other (Yerdelen, 2013).

The non-homogeneity of the precipitation data used in climate change studies poses a major problem. Changing the location of the measuring stations, exposure to environmental factors, instrument and adjustment errors affect the homogeneity of the climate data. For this reason, the homogeneity analysis of the precipitation data in climate change studies is important in terms of using statistical methods, trend analysis studies and facilitating the necessary tests.

In this study, Standard Normal Homogeneity, Pettitt, Buishand, Von Neumann and Run homogeneity tests, which are widely used in the literature, will be used to determine whether the series are homogeneous within themselves. The analysis results were evaluated for 95% significance level. The precipitation data obtained from 17 meteorological observation stations homogeneously distributed in the Black Sea Region were analyzed in the form of monthly and annual total precipitation data. In the applied hypothesis tests, it was accepted that the data sets had a similar distribution as the null hypothesis (H0), while there was a shift in the data set as the alternative hypothesis (H1).

Standard normal homogeneity test.

Yi (i=1,……n) represents the current n-year time series, and the "T(k)" statistics is calculated by Equation 1 to compare the average of the first "k" year of the time series with the average of the last "n-k" year;

$$T(k) = k\overline{Z_1}^2 + (n-k)\overline{Z_2}^2 \qquad k = 1, \ldots\ldots, n \tag{1}$$

The $(Z_1\ )^{-}$ ve $(Z_2\ )^{-}$ expressions in Equation 1 are determined by the aid of the following equations.

$$\bar{Z}_1 = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(Y_i - \bar{Y})/s \qquad ve \qquad \bar{Z}_2 = \frac{1}{n-k}\sum_{i=k+1}^{n}(Y_i - \bar{Y})/s \tag{2}$$

The "s" indicator shows the standard deviation of the series, and the "$\bar{Y}$" shows the mean of the series. If there is a break in the time series that starts in year k, the T(k) statistics gives results that maximize around year k. The final test statistics, the T0 value, is determined by choosing the maximum of the T(k) values. The null hypothesis that all Yi values come from a similar distribution is rejected if the T0 value exceeds the limit value at the chosen significance level, and it is concluded that the time series is not homogeneous. The limit value changes depending on the number of data which are given in Table 3. It has been stated that the Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) records are sensitive to the breaks that occur near the starting or ending points (Kahya et al., 2016).

Pettitt test.

This non-parametric method developed by Pettitt to determine the changing point in a time series can be used on a monthly or annual scale (Pettitt, 1979). Since it is a non-parametric approach, test statistics are calculated with their corresponding ranks (ri) instead of annual total precipitation values (Yi). While performing the test, the (Xk) statistics is calculated as follows (Equation 3);

$$X_k = 2\sum_{i=1}^{k} r_i - k(n+1) \qquad k = 1, \ldots\ldots, n \tag{3}$$

If there occurs a shift in the mean of the series around year "E", the Xk statistics passes through the maximum or minimum around year k=E. If the XE statistics chosen as the maximum of the absolute values of the Xk values exceeds a critical value depending on the

sample size, it is concluded that the homogeneity in the time series deteriorates. The critical values are given in Table 3. Compared to the SNHT test, the Pettitt Test (PT) is more sensitive to the breaks that occur in the middle years of the recordings (Che Ros et al., 2016).

Buishand test.

In the Buishand Test, which can determine the data that deteriorates the homogeneity in time series data with a peak break, the partial correction sum is expressed by Equation 4;

$$S_0^* = 0 \qquad S_k^* = \sum_{i=1}^{k}(Y_i - \bar{Y}) \qquad k = 1, \ldots\ldots, n \tag{4}$$

Here, the term Sk* denotes the partial sum of the given series. If there is no significant change in the mean of the tested series, the difference between Yi and Y will vary around zero. If a break occurs in year K, the Sk* value reaches a maximum or minimum around year k=K. The variation in the mean is based on the calculation of the R coefficient given in Equation 5.

$$R = (max\ S_k^* - min\ S_k^*)/\ s \qquad 0 \leq \mathrm{k} \leq \mathrm{n} \tag{5}$$

After the R coefficient is obtained, the Buishand Test statistics value (Q) is determined by the aid of the R/√n process and compared with the critical table value. The critical values are given in Table 3. If the value of the calculated test statistics is greater than the table value, it is concluded that the tested series is not homogeneous. The Buishand Test (BT) is also more sensitive to the breaks that occur in the middle years of the records, as is the Pettitt test. (Buishand, 1982; Cengiz, 2005)

Von Neumann Ratio test.

This test does not detect a specific place where the homogeneity is disturbed, that is, it does not give us information about the year that disturbed the homogeneity. The Von Neuman ratio N expressed by Equation 6 is defined as the ratio of the sum of the year-to-year averages to the value of the variance.

$$\mathrm{N} = \sum_{i=1}^{n-1}(Y_i - Y_{i+1})^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2 \tag{6}$$

The critical N values are given in Table 3. If the calculated N value is greater than the critical value, the data set is considered to be homogeneous (Winjgaard et al., 2003).

Table 3- The critical values of the homogeneity tests at 5% significance level

Homogeneity Tests	Length of time series (years)					
	20	**30**	**40**	**50**	**70**	**100**
SNHT (T_o)	6.95	7.65	8.10	8.45	8.80	9.15
Buishand (R/√n)	1.43	1.50	1.53	1.55	1.59	1.62
Pettitt (X_k)	57	107	167	235	393	677
Von Neumann (N)	1.30	1.42	1.49	1.54	1.61	1.67

Run (Swed-Eisenhart) homogeneity test.

The Run Test is used to check two assumptions; the data coming from the same population and independent from each other, or vice versa. According to the results of this test, if the data are from the same population and independent from each other, these series are called “simple random series”.

During the application of the Run Test, the data is ordered from smallest to largest and their median value is found. If the number of data is even, the average of the two middle values is used. It is obtained whether it is above or below the level determined in the data sets. The sum of the number of transitions from one of the data to the other, which is below or above the median value, gives the number of Runs. The desired value is for the data in the series to be consistently above or below the median value. The Run number is small if it falls above or below it for a long time that there may not be homogeneity in such series. The test statistics Z; is calculated with the expression in Equation 7, where the number of data is N, the number of Runs (change) is r, the number of those below the middle level is Na, over the middle level is Nu.

$$Z = \frac{r - \frac{2 * \mathrm{Na} * \mathrm{Nu}}{\mathrm{Na} + \mathrm{Nu}} + 1}{\sqrt{\frac{2 * \mathrm{Na} * \mathrm{Nu}(2 * \mathrm{Na} * \mathrm{Nu} - \mathrm{N})}{N^2(N-1)}}} \quad (7)$$

By comparing this value with the value in the distribution table, it is decided which of the two assumptions the data fits and whether it is homogeneous or not. If the z-value obtained is between ±1.96, the data is considered to be randomly distributed i.e. homogeneous (Swed and Eisenhart, 1943).

Discussion of Results

Homogeneity Check Results of the Precipitation Data.

The homogeneity tests in this study were carried out to investigate whether the precipitation data came from the same population. For a sample function to be homogeneous, the data set parameters should not change in time. In other words, the homogeneity test is the research of whether the parameters of different sub-sample functions obtained from the sample function are different from each other (Şen and Koçak, 1994).

The homogeneity checks of the precipitations of the stations were made on the monthly and annual total precipitation in the first stage. The monthly total precipitation values of 17 stations used in the study were subjected to Standard Normal Homogeneity, Pettitt, Buishand, Von Neumann and Run tests. After applying the homogeneity analyses at 95% significance level, it is seen that 22 of 204 data sets contain non-homogeneous records according to SNHT test, 31 data sets are not homogeneous according to Pettitt test, the homogeneity is disrupted in 16 data sets according to Buishand test, the homogeneity of records in 8 stations according to Von Neumann test is disturbed and according to the Run test, it was determined that the records in the 12 data sets were not homogeneous. When the SNHT, Pettitt, and Buishand tests are considered together, non-homogeneous records were determined at station 17033 in January,

February and March, at station 17030 in February, at station 17040 in March, at station 17085 in April, at station 17088 in September, at station 17086 in October. As a result of the five applied homogeneity analyses and considering all these criteria, it was determined that the non-homogeneous records are generally seen in February, March, April and October. The results of the homogeneity analyses of the annual total precipitation values determined in this study are summarized in Table 4. When the analysis results were studied more sensitively, it was also determined that there were non-homogeneous records in the stations of Ordu, Kastamonu, Amasya, Çorum and Sinop provinces of Black Sea Region.

Table 4- Homogeneity analysis results of the annual total precipitation data of the Black Sea Region

Name of the Station	Observation Period	Standard Normal Homogeneity Test	Buishand Test	Pettitt Test	Von Neumann Ratio Test	Run Test
Artvin	1949-2017	Accepted	Accepted	Rejected	Accepted	Accepted
Bayburt	1929-2017	Accepted	Rejected	Rejected	Accepted	Accepted
Giresun	1929-2017	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted
Gümüşhane	1931-2017	Accepted	Rejected	Accepted	Accepted	Accepted
Ordu	1929-2017	Rejected	Rejected	Rejected	Accepted	Accepted
Rize	1929-2017	Rejected	Accepted	Accepted	Rejected	Accepted
Trabzon	1928-2005	Accepted	Rejected	Accepted	Accepted	Accepted
Kastamonu	1930-2017	Rejected	Rejected	Rejected	Accepted	Accepted
Amasya	1936-2017	Rejected	Accepted	Rejected	Rejected	Accepted
Çorum	1929-2017	Rejected	Accepted	Rejected	Rejected	Accepted
Samsun	1929-2017	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted
Tokat	1933-2017	Rejected	Rejected	Accepted	Accepted	Accepted
Bartın	1965-2017	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted
Bolu	1929-2017	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted
Düzce	1963-2017	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted
Sinop	1931-2017	Rejected	Rejected	Rejected	Accepted	Accepted
Zonguldak	1931-2017	Rejected	Accepted	Accepted	Accepted	Accepted

Table 5 shows the maximum annual total precipitation data values of the stations which were calculated with Standard Normal, Buishand and Pettitt homogeneity tests and the years in which these maximum values were determined. From the statistical information given in Table 5, it was obtained that while the breaks captured by the Pettitt and Buishand tests mostly coincided with the middle of 1953-1986, according to the Standard Normal Homogeneity test, breaks were generally detected near the beginning and end of the study period. This reveals that the tests used in the study have relative sensitivities in capturing the breaking years. When the comparison results of the annual total precipitation values from Table 5, determined by the Standard Normal Homogeneity, Pettitt and Buishand tests, and the years of SO events were analyzed, it was determined that the years of the warm and cold phase events and the breaking years overlapped by 59%.

Table 5- Breaking years of the annual total precipitation data

Name of the station	SNHT		PETTITT Test		BUISHAND Test	
	T_o	Breaking year	X_k	Breaking year	$R/\sqrt{n}$	Breaking year
Artvin	7.941	***1987***	458	***1986***	1.514	***2015***
Bayburt	6.662	***1994***	**664**	***1986***	**1.785**	1947
Giresun	5.457	1934	400	***1999***	1.470	1959
Gümüşhane	4.783	1984	524	1984	**1.676**	***1938***
Ordu	**35.350**	***1949***	**1130**	***1949***	**2.556**	***1951***
Rize	**14.716**	***1933***	**580**	***1951***	1.543	***1951***
Trabzon	5.578	1996	448	***1987***	**1.749**	***1953***
Kastamonu	**19.168**	***2007***	**710**	1977	**1.770**	***1933***
Amasya	**11.329**	2003	**673**	1962	1.545	2017
Çorum	**11.597**	1966	**854**	1966	**1.684**	2017
Samsun	3.278	***2002***	356	***2002***	1.382	***1972***
Tokat	**10.276**	***1942***	496	***1953***	**1.648**	***1953***
Bartın	4.388	***1994***	218	***1994***	1.405	***1973***
Bolu	5.086	***1930***	494	1959	0.924	2017
Düzce	3.160	2001	194	2001	1.242	2001
Sinop	**10.266**	***1986***	**780**	***1986***	**1.643**	1931
Zonguldak	**14.580**	1931	234	2005	0.911	***1965***

Statistical values written in bold mean that the homogeneity is broken. The breaking years corresponding to the SO event are indicated in red.

Results and Discussion

Due to its geographical position, Türkiye is defined as one of the countries that will be mostly affected by climate change due to global warming. For this reason, the change of hydrometeorological variables should be observed carefully. Additionally, past atmospheric events should be investigated in terms of their relationships with the climatic events in order to make future projections about water resources, protect water resources and take the inventory of the country's water resources.

In this study, monthly total precipitation data obtained from 17 precipitation observation stations operated by the General Directorate of State Meteorology Affairs of the region were analyzed statistically, and comments were made on how the Southern Oscillation affected the precipitation parameters of the Black Sea Region.

As a result of the homogeneity analyses applied to determine whether the data came from the same population, it was determined that the non-homogeneous records were generally seen in February, March, April and October, and the peak points representing the breaking years were approximately 50% of the points where the index values were strongly positioned.

In this study, more comprehensive results can be determined by applying the changes obtained as a result of the monthly total precipitation data analyses to other climatic indicators

(flow, temperature, etc.). Moreover, similar analyses can be made for the other regions of Türkiye. Thus, the formation of climate changes and the effects of the Southern Oscillation can be observed on a larger scale, and an important contribution can be made to the water resources planning.

The performed and proposed studies will help people for the planning purposes of water resources by considering climate changes.

References

Andrade Jr. E.R., Sellers, W. D., 1988, El Niño and its effect on precipitation in Arizona and Western New Mexico, Journal of Climatology, 8 (4), 403-410.

Buishand, T. A., 1982, Some methods for testing the homogeneity of rainfall records, *Journal of Hydrology*, 58 (1-2), 11-27.

Cengiz, T., 2005, *Hydroclimatological analysis of Turkish lake levels*, Istanbul Technical University, Institute of Science, PhD Thesis.

Che Ros, F., Tosaka, H., Sidek, L. M. ve Basri, H., 2016, Homogeneity and trends in long-term rainfall data, Kelantan River Basin, Malaysia, *International Journal of River Basin Management*, 14 (2), 151-163.

Kâhya, E., Cığızoğlu, K., Dorum, A., Karabök, Ç.M., Kömüşcü, Ü.A., Cengiz, M.T., Martı, İ.A. ve Tarhan, M., 2006, Analysis of the Effects of El Nino and La Nina Events on the Characteristics and Distributions of Precipitation Time Series in Turkey, *Scientific and Technological Research Council of Turkey*, Project No: YDABAG 102Y146.

Kâhya, E., Arıkan, B.B. and Akdeniz, E., 2016, Homogeneity Analysis of Precipitation Series in Turkey, *Conference of International Congress on Advances in Civil Engineering*, September, 21-23.

Karabörk, M.Ç. and Kâhya, E., 2007, The links between the categorized Southern Oscillation indicators and precipitation patterns over Turkey, *Hydrology Days*, 87-89.

Kayhan, M. ve Alan, İ., 2014, The Relationship between Basin-based Precipitation and El Nino/La Nina, *General Directorate of Meteorology e-Library*, Ankara.

Kiladis, G. N. and Diaz, H. F., 1989, Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, 2 (9), 1069-1090.

Martı, A. İ., 2007, *Investigation of the Relationship Between Flow, Precipitation, and Temperature Data in Turkey with the Southern Oscillation*, Selçuk University, Institute of Science, Doctoral Dissertation, Konya.

Pettitt, A., 1979, A non-parametric approach to the change-point problem, *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 28 (2), 126-135.

Suhaila, J. and Yusop, Z., 2017, Trend analysis and change point detection of annual and seasonal temperature series in Peninsular Malaysia, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1, 1-17.

Swed, F. S. and Eisenhart, C., 1943, Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives, *The Annals of Mathematical Statistics*, 14 (1), 66-87.

Şen, Z. and Koçak, K., 1994, Application of Autoregressive Analysis to Homogeneity Testing, *I. National Hydrometeorology Symposium*, March 23-25, 1994, ITU-Istanbul.

Tosunoğlu, F., 2014, *Investigating the Relationship Between Atmospheric Oscillations and Meteorological and Hydrological Droughts in Turkey*, Atatürk University, Institute of Science, Doctoral Dissertation.

Türkeş, M., 1996, Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 16 (9), 1057-1076.*

Wijngaard, J., Klein Tank, A. and Können, G., 2003, Homogeneity of 20th Century European Daily Temperature and Precipitation Series, *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 23 (6), 679-692.*

Yerdelen, C., 2013, Trend Analysis of Annual Flows in the Susurluk Basin and Investigation of Change Point, *Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering, 15 (44), 77-87.*

Acknowledge

This study is based on M.Sc. Thesis of Göknur Elif YARBAŞI KAYHANLAR.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Comparison of PKWs with Same Weir Height

Burak ÇEŞMECİ[1]
Ali İhsan MARTI[2]

Abstract

Spillways are significant engineering structures constructed from past to present to perform their important functions within the water structures. There are many studies about linear weirs (sharp edged, wide-flange) placed on open channels to measure the discharge. In this study, three different D type PKW models with P=20 cm height were used to investigate the piano key weirs (PKW), types of PKW and the geometric parameters used for PKW. In order to find out the effect of the change in PK (the ratio of entrance key width to the exit key width, Wi/Wo) on the discharge efficiency, the weir height (P) and the weir length (L) were set constant. Hence, three different D type PKW models were designed with L=30 cm, P=20 cm and PK= 1.00, 1.25 and 1.50 values on which experimental and numerical analyses were made. While the experimental models were built and tested in a rectangular open channel in the laboratory, the numerical models were formed and analyzed in ANSYS-Fluent commonly used for Computational Fluid Dynamics (CFD) problems. The results of numerical and experimental studies were examined and compared on Discharge (Q)–Weir Head (H) and Discharge Coefficient (Cd)–Dimensionless Weir Head (H/P) diagrams. As a result of the studies, it was observed that the increase in PK value decreased the weir head which means a more efficient model was obtained.

Keywords: Spillway, CFD, ANSYS-Fluent, Open Channel, PKW.

[1] Lecturer, Isparta University of Applied Sciences, Department of Building Control, Orcid: 0000-0002-4470-0274
[2] Assist. Prof. Dr., Konya Technical University, Department of Civil Engineering, Orcid: 0000-0003-3440-6052

INTRODUCTION

Weirs are hydraulic structures constructed perpendicular to the flow direction in open channels, streams and dams for the safe downstream transmission of water. At the same time, weirs are the water structures designed to measure the flow rate and discharge the incoming large flows in flood conditions.

In the studies performed with the developing technology, it has been reported that the discharge capacity of water structures is proportional to the effective weir length (Lef) of the designed weirs. Today, new studies are carried out to increase the discharge capacity. In order to increase the effective crest length in weirs, studies have been carried out recently on piano key weirs (PKW), which are designed to resemble labyrinth weirs instead of linear weirs.

As in all studies, the design and operation of water structures must be correctly estimated. The interaction between the flow and the structure is also very important in water structures, and it is necessary to analyze this interaction correctly. Therefore, the analyses are done in two different ways, experimental and numerical. Experimental studies are carried out in an appropriate open channel in hydraulic laboratories. On the other hand, the numerical analyses are mostly executed by the computer programs based on Computational Fluid Dynamics (CFD).

The initial studies about the piano key weirs (PKW) were made by the leadership of HydroCoop for five years with more than 50 hydraulic tests. The first model tests were carried out at the National Hydraulics Laboratory (Laboratorie National d'Hydraulique Electricite France, LNH) in France in 1999, in Roorke University in India and Biskra University in Algeria in 2002. As a result of these tests, the shapes that will form the current geometry of the PKW were determined. (Kılıç, 2020:14)

The first studies in literature were made by Lempérière and Ouamane. The first model sample was developed as a rectangular weir in the plan from the geometry of the labyrinth weir where the purpose was to have a more economical weir model.

In this study, D-type PKW weirs with three different PK values (1.00, 1.25, 1.50) was formed with the weir height of P=20 cm and the weir width of L=30 cm. At first, the produced weir models were placed in the open channel in the laboratory, and H-Q measurements were made. Then, the same weir models were analyzed in ANSYS-Fluent program. At the end, the results of the experimental and numerical models were compared.

MATERIAL AND METHOD

Piano key weirs are designed as an alternative to labyrinth weirs. The PKWs are in general formed with rectangular plan. While the apex is vertical in labyrinth weirs, it is inclined in piano key weirs. Because of this feature, they are called “Piano Key Weirs” (Karaeren, 2014:23).

“Unit PKW” piano key expresses the repetitive geometries in weirs and consists of an inlet key, two half outlet keys and two side walls. Figure 1 shows a PKW cross-section and the “unit PKW”.

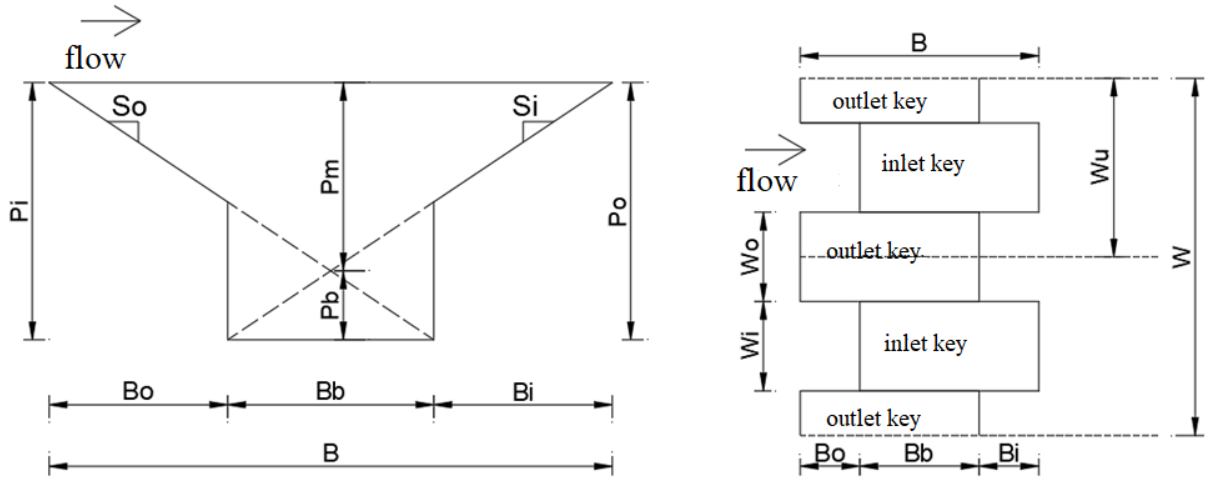


Figure 1. *PKW cross-section, unit PKW and the parameters*

PKWs are classified into four types (Type A, B, C and D) according to their different structural forms. These classifications are made by considering the basic structure and side structures of PKWs. Inlet key, outlet key and the consoles form the basic structure; the noses and the parapet walls in the design are optional side structures. The structure not having any cantilever at upstream and downstream is defined as D-type piano key weir (Lemperiere et al., 2011:20)..

In many studies carried out to investigate the discharge capacity, experiments were made in the laboratories to determine the effect of changes on the results in terms of geometric parameters. As a result of the studies, it has been determined that the main parameters that affect the discharge efficiency of the PKW are the effective weir length (L), weir height (Pi), key widths (Wi and Wo) and the lengths of the consoles (Bi and Bo). Here, the subscripts ‘ i ’ and ‘ o ’ represent the inlet and outlet keys, respectively.

Experimental and Numerical Study

Experimental parts of this study were carried out in the Hydraulics Laboratory of Civil Engineering Department of Konya Technical University. 3-D modeling and the analysis of the weir models studied in the laboratory were made with ANSYS-Fluent, a CFD-based software program, and the modeled channel-sluice flows were examined. The open channel in the laboratory shown in Figure 2 has a width of 60 cm, a depth of 50 cm and a length of 6 m. Discharge readings of the channel were made by the aid of an ultrasonic flowmeter. The weir heights at different flow rates were measured with the limnimeters located on the channel (Figure 3).



***Figure 2**. The open-channel used in the experimental studies*



***Figure 3.** The weir head reading and the limnimetre*

In this study, 3 different PKW models and 1 linear weir produced with water resistant 3 mm thick MDF materials were used (P=200 mm). The geometric information used in the study is given in Table 1

***Table 1.** Geometric parameter information used in the study*

Model	P_K	W_i (mm)	W_o (mm)	P (mm)	L(mm)	S_i(mm)	S_o(mm)
1	1.00	147	147	200	300	0.75	0.75
2	1.25	163.25	130.6	200	300	0.75	0.75
3	1.50	176.4	117.6	200	300	0.75	0.75

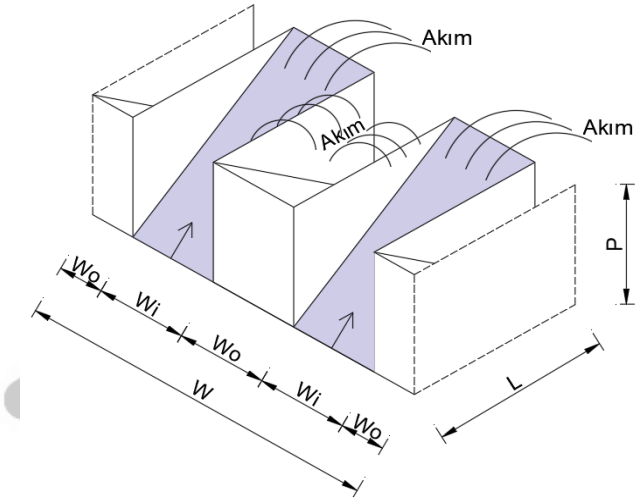
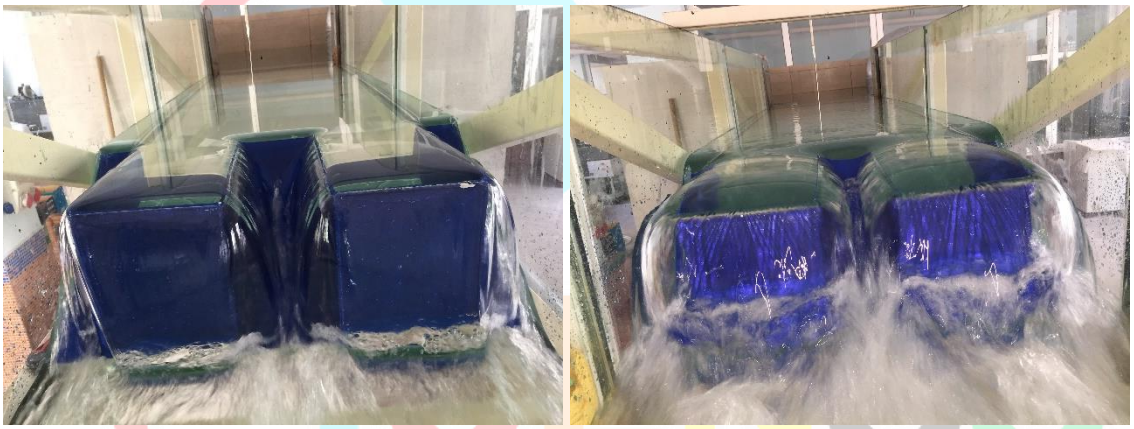


***Figure 4**. The D-type PKW model used in the study*



(a) *(b)*

***Figure 5**. Observed flows (a) Q= 6.52 l/s in Model 2 (b) Q=30.66 l/s in Model 3*

Analysis Stages in ANSYS-Fluent

Within the scope of this study, a successful software of ANSYS-Fluent program was used in the numerical analysis step. The models are first formed as 3D models by using AutoCAD program (Figure 6).

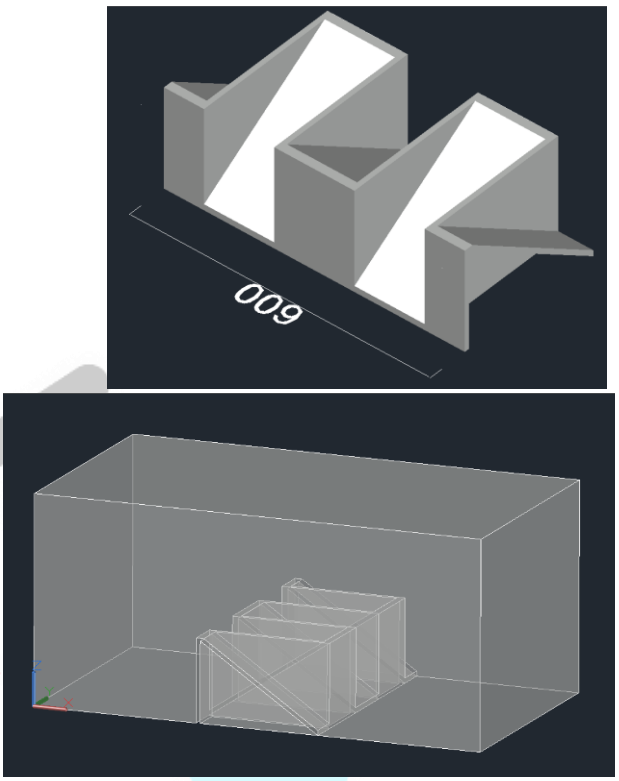


Figure 6. *Formation of 3-D models in AutoCAD program*

After the completion of the channel and weir geometry, the formed geometry using the mesh tab in Fluid Flow is divided into very small cells (mesh). The increase in mesh number causes smaller mesh sizes but increasing execution time due to increasing processes necessary for the execution of the analysis. Therefore, as a result of the preliminary studies, the ideal mesh size was selected as the 9 mm Cartesian mesh model. After the meshes are adjusted in ideal dimensions, the boundary conditions are defined including the upstream (inlet), downstream (outlet) and surfaces that water will contact during the flow in the channel.

In the last stage before the analysis, the physical parameters affecting the solution such as gravitational acceleration, surface tension, open air pressure and the fluid phases (water and air) were defined by the Volume of Fluid (VOF) method. In the numerical model solutions, the k-ε Realizable turbulence model is used. Mass flow inlet boundary condition was used to provide a certain water flow (flow rate) at the entrance of the model, and the flow rates (kg/s) used in this study were defined. At the outlet part of the model, the open-air pressure is defined as to provide a free downstream flow into the system. PISO was chosen as the analysis model. In our model, the air volume fraction value in the Initialization tab is set to "1" so that there is no water at the beginning, and it starts flowing with air.

In this study, 10000 iterations for the model analysis and a maximum of 20 iterations for time steps were made, and $\Delta t = 0.001$ sec. was determined as the fixed time step. A total of 27 analyses were performed for 3 models at 9 different flow rates (5-45 l/s) for each model. In Figure 7, the model images of the analysis results from different views can be seen.

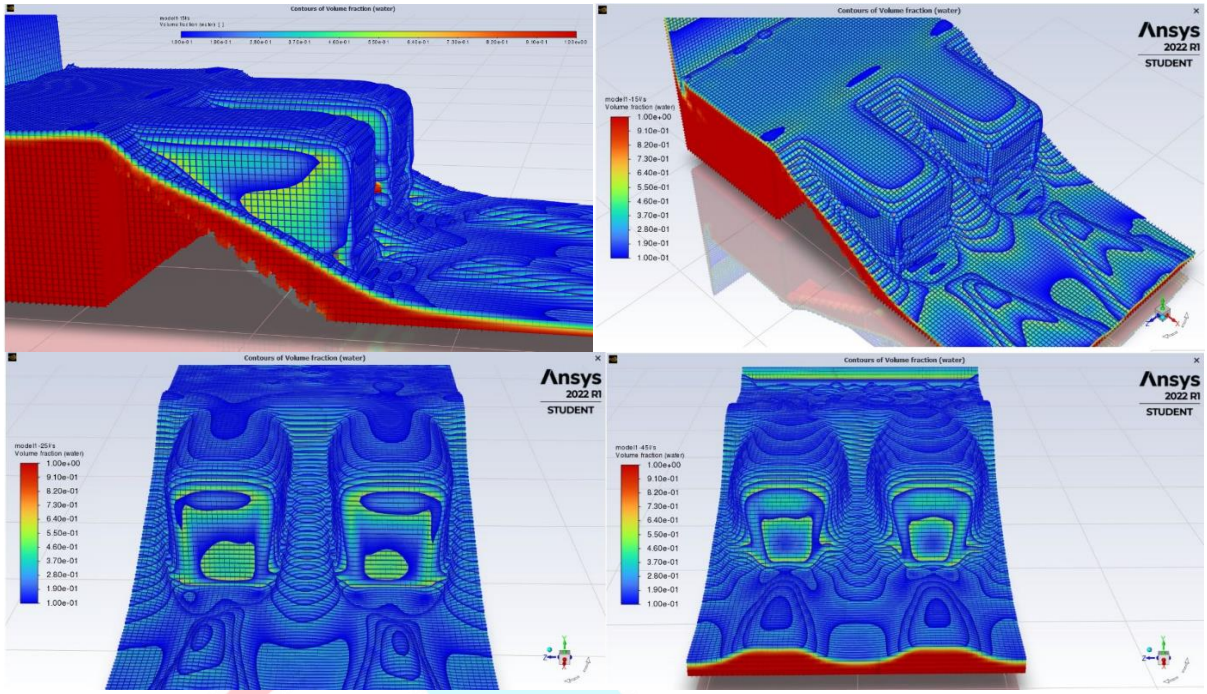


Figure 7. *Views from different flow rates as a result of the analysis*

DISCUSSION OF RESULTS

Experimental and numerical model studies were carried out using flow rates in the range of 0-45 l/s. Weir head readings were taken from 20 cm behind the weir surface by the aid of a limnimeter. The results obtained by the experiments and the Fluent analysis were compared and then evaluated.

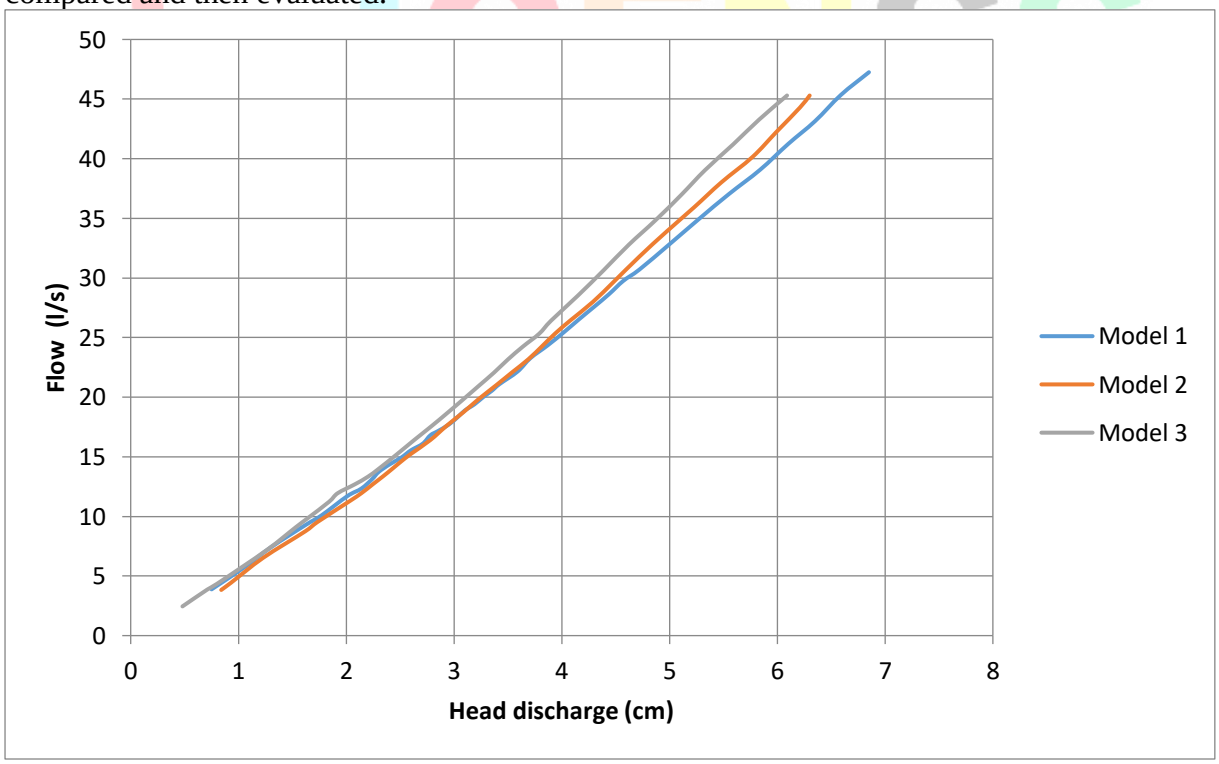


Figure 8*. Q-H values measured in PKW weir models-experimental study*

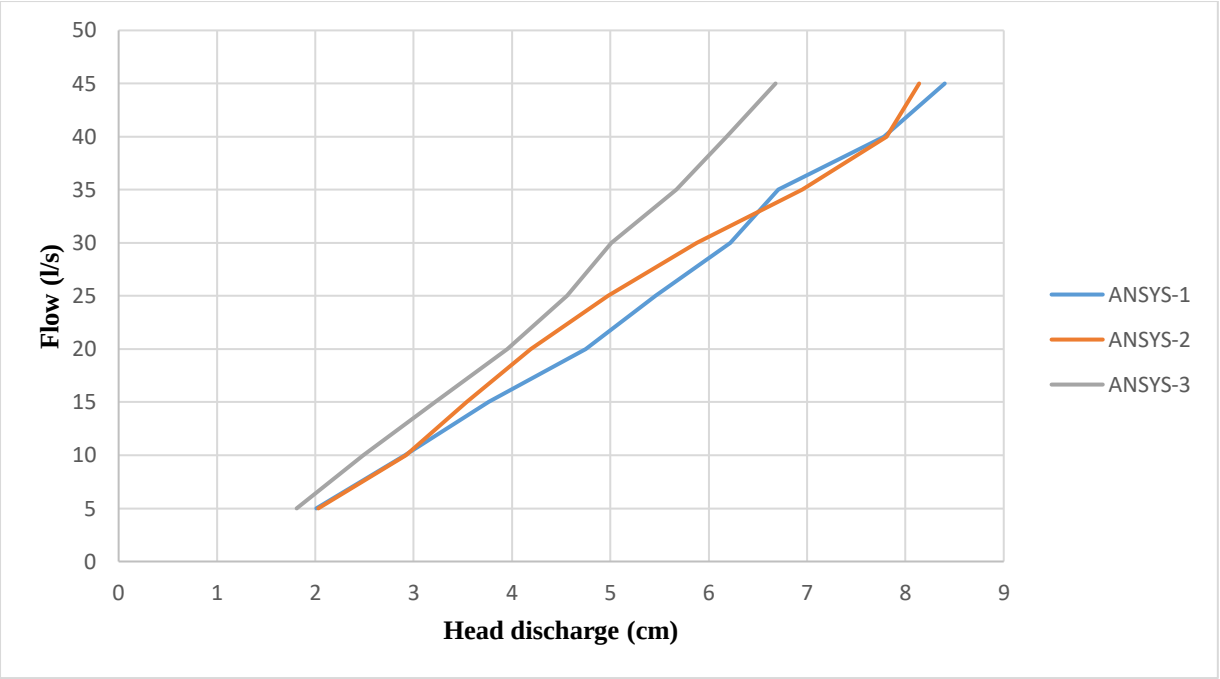


Figure 9. *Q-H values measured in PKW weir models-numerical analysis*

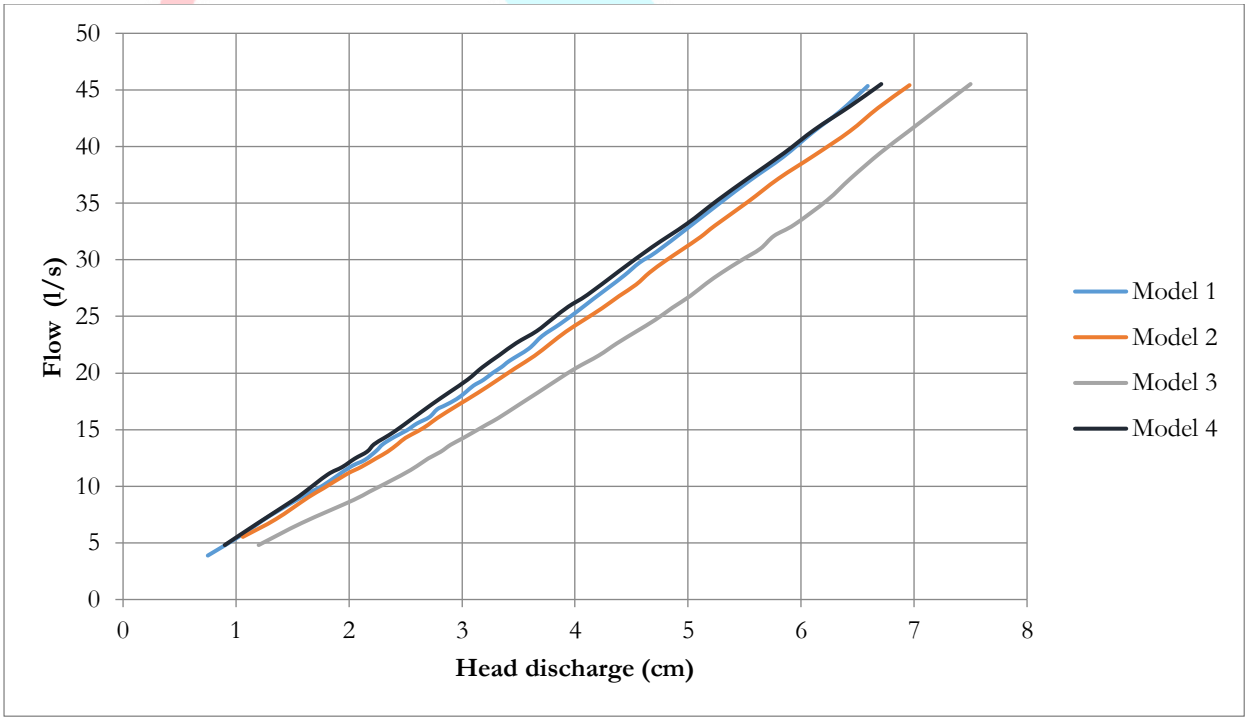


Figure 9. *Q-H values measured in PKW weir models-experimental study*

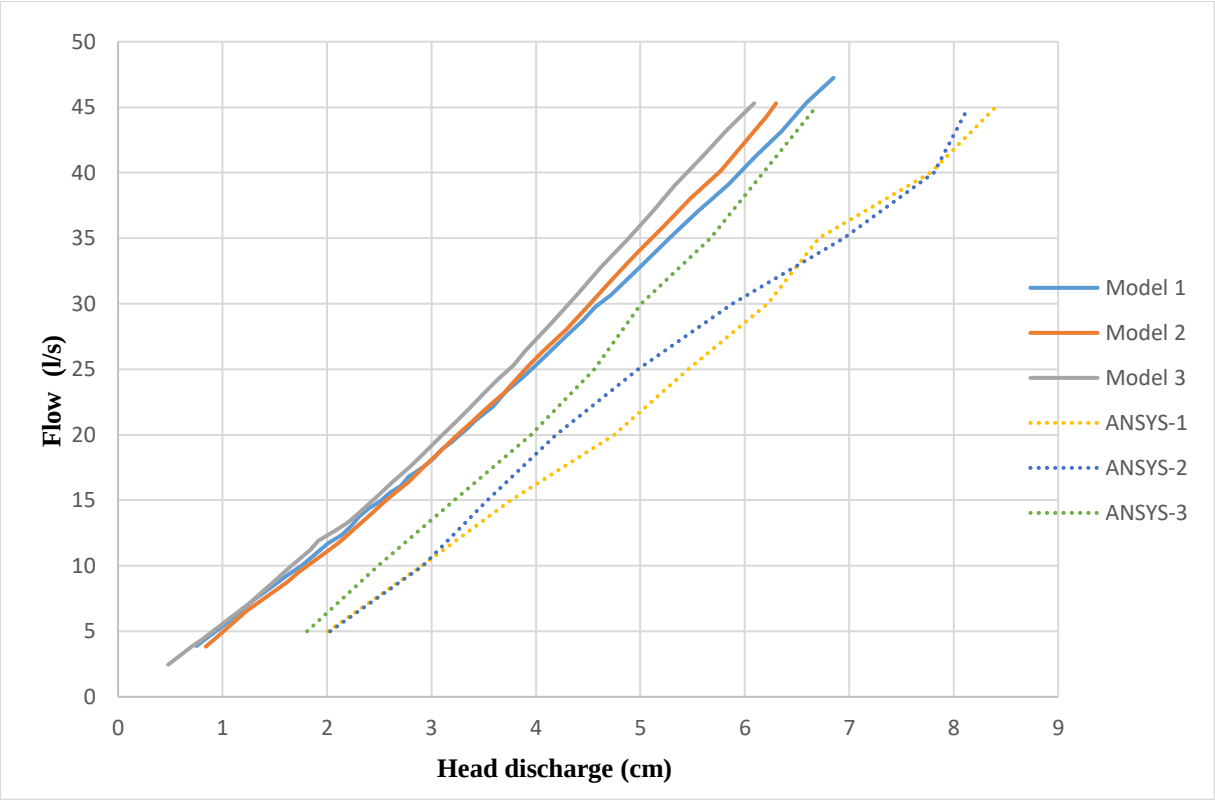


Figure 10. *Comparison of measured Q-H values in PKW weir models*

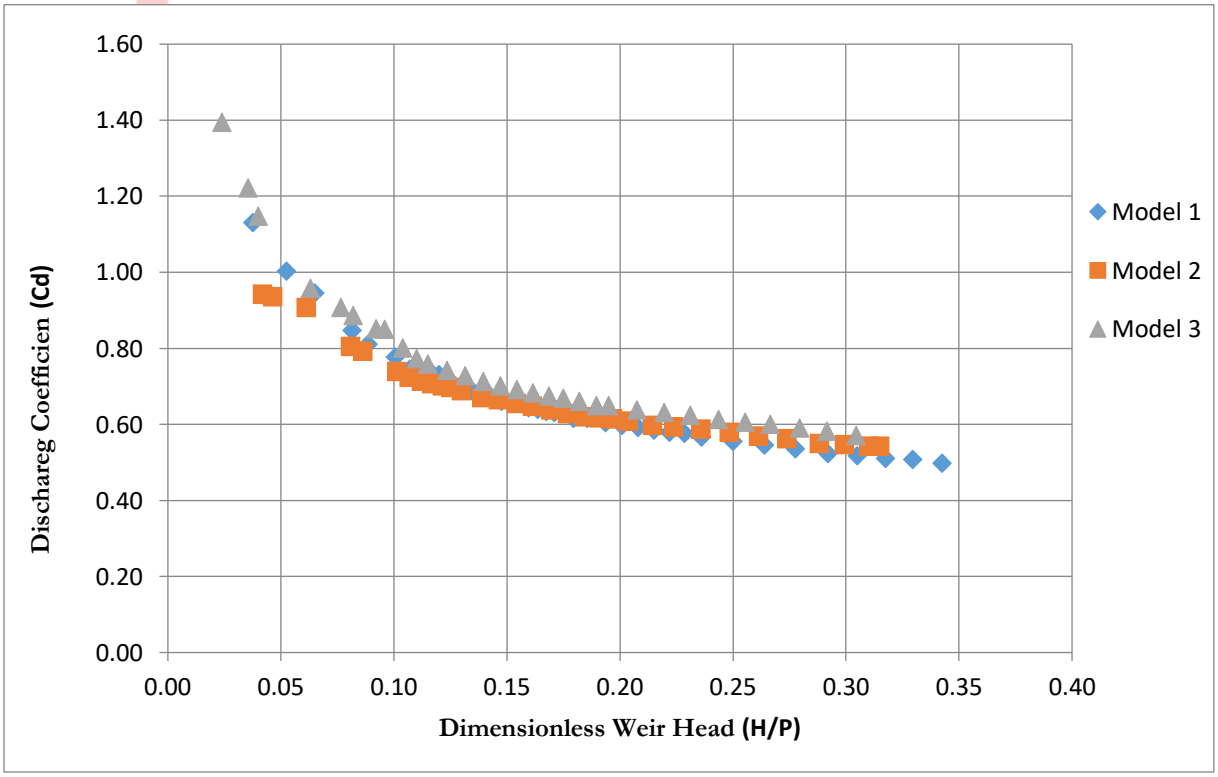


Figure 11. *Comparison of Cd-H/P in PKW weir models*

CONCLUSIONS

The experimental measurement values of the flow-sluice head obtained from the models with P=20 cm height, L=30 cm width and 3 different key widths are given in Figure 8. When we examine the values in the graph, it is seen that Model 3 is the most efficient weir. In this model group, the increase in the width of the input key (Wi) reduced the weir head, thus a more efficient model was obtained. In PKW models, Lnet = 178.8 cm and P = 20 cm. When the weir coefficients (Cd) are compared in these models, it is seen that the values are very similar to each other (Figure 11).

The experimental measurement values of the flow-sluice head obtained from the ANSYS-Fluent program are given in Figure 9. When we examine the values in the graph, it is seen that the most efficient weir is again Model 3. In the numerical analysis, it was observed that the weir head decreased with the increase in the width of the enter key (Wi).

The Q-H values of the experimental and numerical analysis results are compared in Figure 10. There are many parameters (mesh size, mesh geometry, number of iterations, etc.) that affect the analysis results. Therefore, the same values could not be obtained with the results obtained in the experimental study, but it is seen that the experimental study results and the numerical analysis results are parallel to each other (Figure 10). Model 3 (PK=1.50) was determined as the most efficient PKW model with respect to both experimental and numerical analysis results.

In this study, since it consists of PKWs with the same weir height and width, and the change of key widths does not cause any change in the Lnet value. Therefore, during the scope of this study, no evaluation could be made on the effect of the change in Lnet value on the results.

As a result of the study, the most efficient PK values are respectively obtained as 1.50, 1.25 and 1.00. Furthermore, in order to determine the optimum PK value depending on the increase in the width of the enter key, more effective results can be obtained by analyzing the same model series with larger PK values (PK >1.50).

REFERENCES

This study is based on M.Sc. Thesis of " The Numerıcal and Experımental Analysıs of The Effect of the Geometrıc Parameters on The Dıscharge Capacıty of The Pıano Key Weırs" Burak Çeşmeci

Karaeren D., 2014, Comparıson of Linear, Labyrinth And Piano Key Weırs To Increase The Discharge Capacity of Existing Spillways For a Given Head, Middle East Technical University, Institute of Science, M.Sc. Thesis, Ankara.

Kılıç Z., 2020, Piyano Tuşu Yan Savakların Hidrolik Karakteristiklerinin Sayısal ve Deneysel Analizi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ.

Lemperiere F., Vigny J. P., Ouamane A., 2011, General Comments on Labyrinth and Piano Key Weirs: The Past and Present, Proceed International Conference in Labyrinth and Piano Key Weirs Liège B, Boca Raton.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Comparison of D-Type PKWs with PK=1.00

Burak ÇEŞMECİ[1]
Ali İhsan MARTI[2]

Abstract

Existing within hydraulic structures and having various characteristics, spillways are the important parts of the water structures. Instead of commonly used sharp-edged or wide-flange weirs, this study considered D Type Piano Key Weirs (PKW) that are new trend weirs constructed on rivers or open channels nowadays. Four different models with P_K (W_i/W_o)= 1.00 value were formed in the study, where P_K is the ratio of entrance key width (W_i) to the exit key width (W_o). For constant P_K value, the effects of changing weir lengths (L) and heights (P) on the results were observed. Models were designed with same weir length but varying weir height, on the other hand the other set of models had the varying weir length but constant weir height. In order to determine the effects of designed models on the discharge efficiency, the different four PKW models were analyzed experimentally and numerically. While the experimental models were tested in a rectangular open channel in the laboratory, the numerical models were analyzed in ANSYS-Fluent software used for Computational Fluid Dynamics (CFD) problems. The numerical and experimental results were compared and evaluated using the diagrams of Discharge (Q)–Weir Head (H) and Discharge Coefficient (C_d)–Weir Head (H/P). Finally, it was determined that the increasing P and L values decreased the weir head that can provide big amount of discharges to be transferred more efficiently.

Keywords: Weir, Open Channel, CFD, Piano Key Weirs, ANSYS-Fluent

[1] Lecturer, Isparta University of Applied Sciences, Department of Building Control, Orcid: 0000-0002-4470-0274
[2] Assist. Prof. Dr., Konya Technical University, Department of Civil Engineering, Orcid: 0000-0003-3440-6052

INTRODUCTION

The water structures that are placed perpendicular to the flow section in the open channels, streams and dams which measure the discharge of the overlapping flow and evacuate the large flows coming from upstream safely during the flood periods are called “weirs”.

When the studies in the literature are examined, it was obtained that the effective length (Lef) change of the weirs in the hydraulic structures has great effects on the discharge capacity. Therefore, by newly developing technology, many efforts are spent to increase the discharge capacity of water structures. With further studies, labyrinth weirs are now being developed to increase the effective length of the weir instead of the sharp-edged and wide-headed weirs. Piano key weirs (PKW) have been introduced to the literature as a hydraulic model inspired by labyrinth weirs.

In order to get effective results, the design and working principles of water structures should be perceived correctly. Therefore, the interaction between the structure and the fluid is very important for hydraulic structures. In order to analyze this interaction correctly, experimental and numerical studies are carried out on water structures. Experimental studies are carried out in an appropriate open channel in hydraulic laboratories. On the other hand, the numerical analyses are mostly executed by the computer programs based on Computational Fluid Dynamics (CFD).

The initial studies about the piano key weirs (PKW) were made by the leadership of HydroCoop for five years with more than 50 hydraulic tests. The first model tests were carried out at the National Hydraulics Laboratory (Laboratorie National d'Hydraulique Electricite France, LNH) in France in 1999, in Roorke University in India and Biskra University in Algeria in 2002. As a result of these tests, the shapes that will form the current geometry of the PKW were determined. (Kılıç, 2020:14)

The first studies about PKWs were carried out by Lempérière and Ouamane. The first model examples are derived from the existing rectangular labyrinth weirs. These PKWs are economically designed to have a smaller seating area than that of labyrinth weirs.

In the scope of the study, 4 different PKW models with variable weir height and width were investigated. Models with weir heights of P=15, 20 cm, and the weir widths of L=20, 30 and 40 cm were determined. All models were produced according to D-type PKW weirs with PK = 1.00. Two different studies, i.e. experimental and numerical, were carried out and the effect of the change of the geometric parameters on the results was determined. While the experimental studies were carried out in an open-channel, the numerical analyses were executed in ANSYS-Fluent program. In addition, H-Q readings were done in both cases.

MATERIAL AND METHOD

Piano key weirs are designed as an alternative to labyrinth weirs. The PKWs are in general formed in rectangular plan. While the apex is vertical in labyrinth weirs, it is inclined in piano key weirs. Because of this feature, they are called “Piano Key Weirs” (Karaeren, 2014:23).

Instead of expressing the repetitive geometries of the piano key in the weirs, the structure consisting of an inlet key, an outlet key (two half outlet keys) and two side walls is called "Unit PKW". Figure 1 shows a PKW cross-section and a unit PKW.

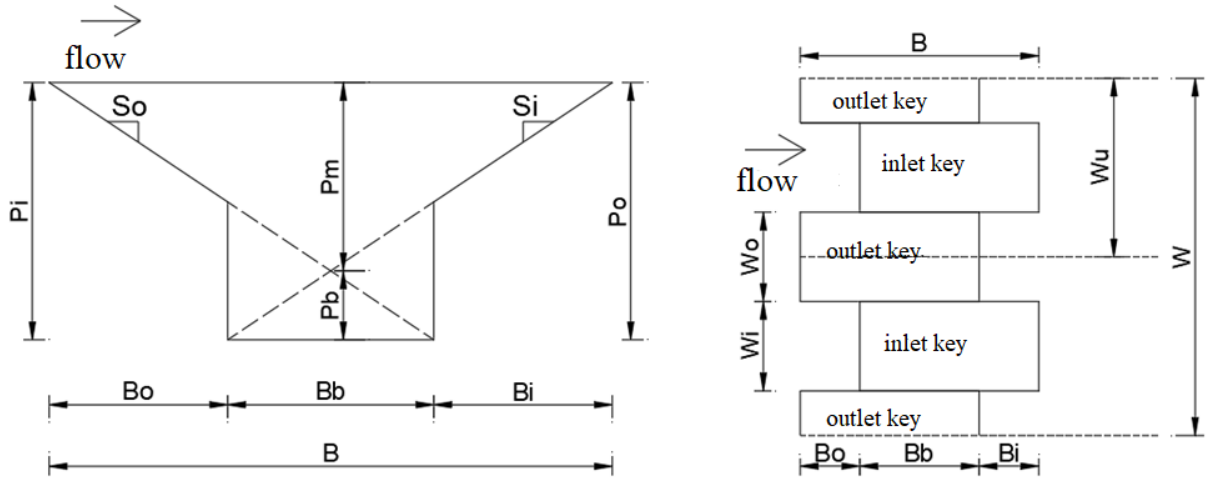


Figure 1. *PKW cross-section, unit PKW and the parameters*

Classifications of PKW are made by considering its basic structure (inlet key, outlet key and consoles) and the side structures (noses and parapet walls) in the optional design (Lemperiere et al., 2011: 20). In this study, the studies about D-type models were carried out, which do not contain consoles both upstream and downstream.

At the end of the experimental studies carried out in the laboratory, the variation of the geometric values of the PKWs became effective on the discharge capacity and caused to obtain various results. The studies in the literature say that the most effective parameters are the effective weir length (L), weir height (Pi), key widths (Wi and Wo) and the lengths of the consoles (Bi and Bo). Here, the subscripts ‘ i ’ and ‘ o ’ represent the inlet and outlet keys, respectively.

Experimental and Numerical Study

Experimental parts of this study were carried out in the Hydraulics Laboratory of Civil Engineering Department of Konya Technical University. 3-D modeling and the analysis of the weir models studied in the laboratory were made with ANSYS-Fluent, a CFD-based software program, and the modeled channel-sluice flows were examined. The open channel in the laboratory shown in Figure 2 has a width of 60 cm, a depth of 50 cm and a length of 6 m. Discharge readings of the channel were made by the aid of an ultrasonic flowmeter. The weir heights at different flow rates were measured with the limnimeters located on the channel (Figure 3).



Figure 2*. The open-channel used in the experimental studies*



Figure 3. *The weir head reading and the limnimetre*

In this study, 4 PKW models with different weir heights and widths were used. The weirs used in the experimental study were produced from 3 mm thick and water resistant MDF materials. The information about the models used in the study is given in Table 1.

Table 1. *Geometric parameter information used in the study*

Model	P_K	W_i (mm)	W_o (mm)	P (mm)	L (mm)	S_i (mm)	S_o (mm)
1	1.00	147	147	200	300	0.75	0.75
2	1.00	147	147	150	300	0.50	0.50
3	1.00	147	147	150	200	0.75	0.75
4	1.00	147	147	150	400	0.375	0.375

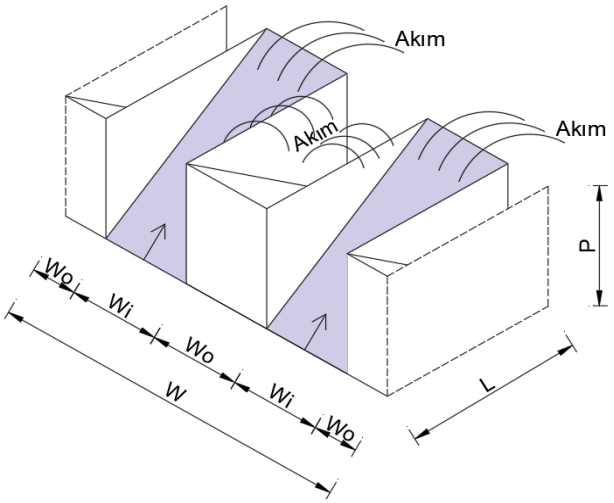
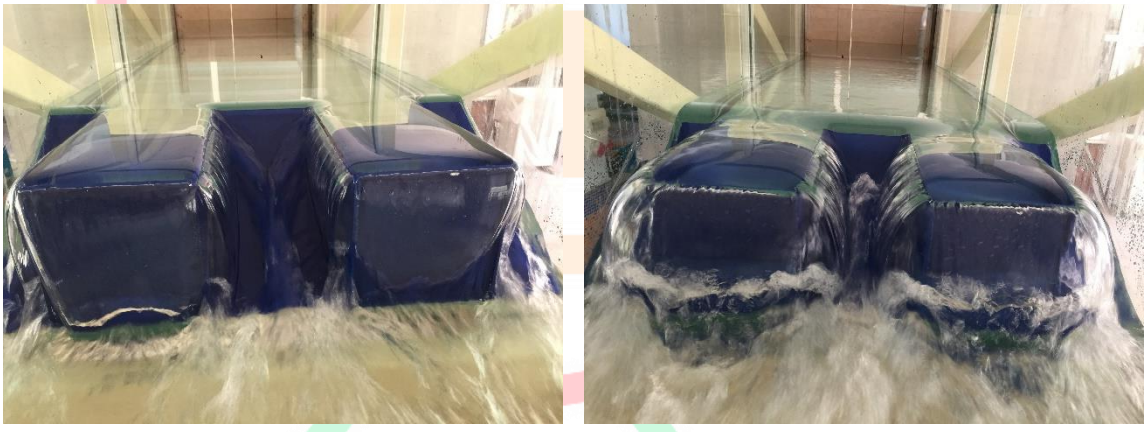


Figure 4*. The D-type PKW model used in the study*



(a) (b)



(c) (d)

Figure 5. *Observed flows (a) Q= 5.53 l/s in Model 1 (b) Q=20.42 l/s in Model 2 (c) Q=20.45 l/s in Model 3 (d) Q = 31.11 l/s in Model 4*

Analysis Stages in ANSYS-Fluent

In this study, ANSYS-Fluent program was used for numerical analyses. The weir models to be used in the analysis program were drawn in 3-D format in AutoCAD computer program.

After defining the channel and weir geometry by loading the required information to the ANSYS program, the geometry formed in Fluid Flow is divided into very small cells (mesh). Smaller mesh sizes are obtained by increasing the mesh number, but on the other hand, it increases the number of equations to be processed in the analysis and greatly increases the analysis time. Therefore, as a result of the preliminary studies, the ideal mesh size for the models of this study was determined as a 9 mm Cartesian mesh model. In order to set the flow and boundary conditions in the open channel, the upstream (inlet), downstream (outlet) and the surfaces (wall) that will be in contact with water and the internal flow region (interior) are defined.

The physical parameters affecting the solution such as gravitational acceleration, surface tension, open air pressure and the fluid phases (water and air) are defined by the Volume of Fluid (VOF) method. In this study, the k-ε Realizable turbulence model was chosen. Mass flow inlet boundary condition was used to provide water flow (discharge) in the open channel and the flow rates (kg/s) were defined before each analysis. In the downstream part of the channel, a free outlet flow was provided. PISO was chosen as the analysis model. In our model, the air volume fraction value in the Initialization tab is set to "1" so that there is no water at the beginning, and it starts flowing with air. In this study, 10000 iterations for the model analysis and a maximum of 20 iterations for time steps were made, and $\Delta t = 0.001$ sec. was determined as the fixed time step.

Totally 36 analyses were performed using the flow rates in the range of 5-45 l/s for 4 different weir models. In Figure 6, the model images of the analysis results from different views can be seen.

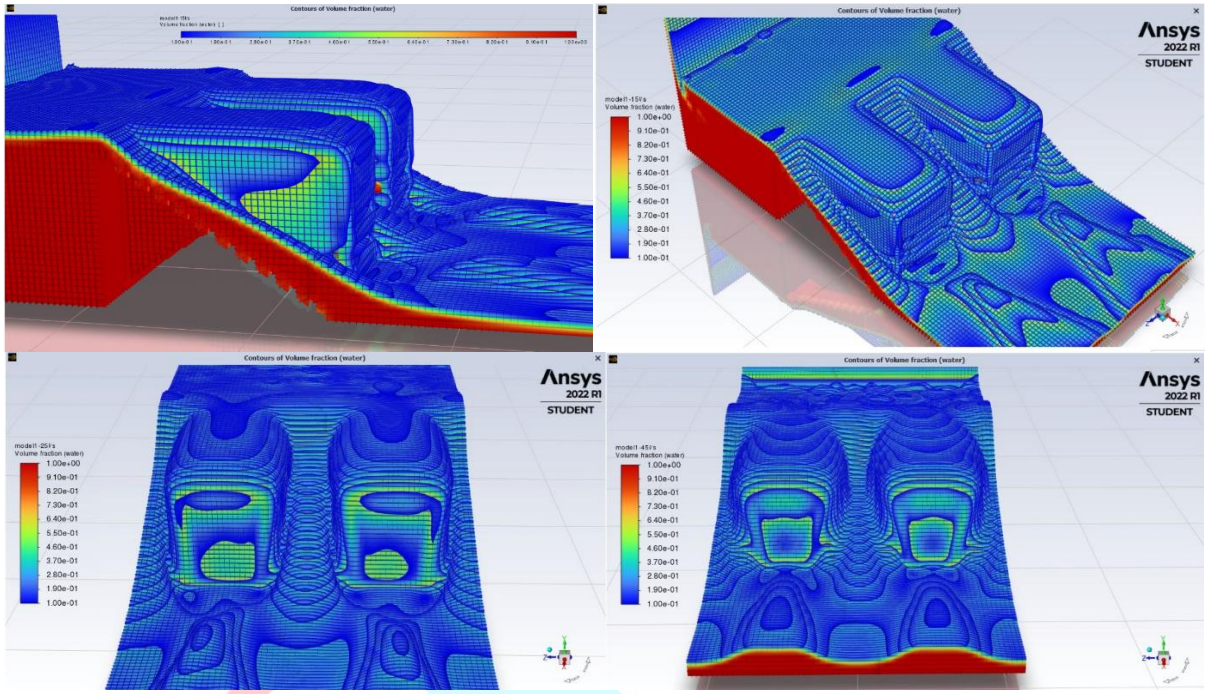


Figure 6. *Views of different flow rates as a result of the analysis*

DISCUSSION OF RESULTS

Experimental and numerical ANSYS studies were carried out at discharges in the range of 0-45 l/s. During the studies, the weir head readings were made 20 cm behind the weir using a limnimeter (Figure 7). The values obtained from the experimental studies and the computer program are compared and evaluated. The obtained results are given in the graphs below (Figure 8-11). As a result of the analyses, water surface profiles were drawn with the XY Plots tab. Here, according to the VOF method, full flow (water) corresponds to the value of 1, while completely empty mesh cells (air) show the value of 0. In order to read the value of the weir head, a linear graph is drawn by entering the coordinates of the point where we want to read the weir head (Figure 8).

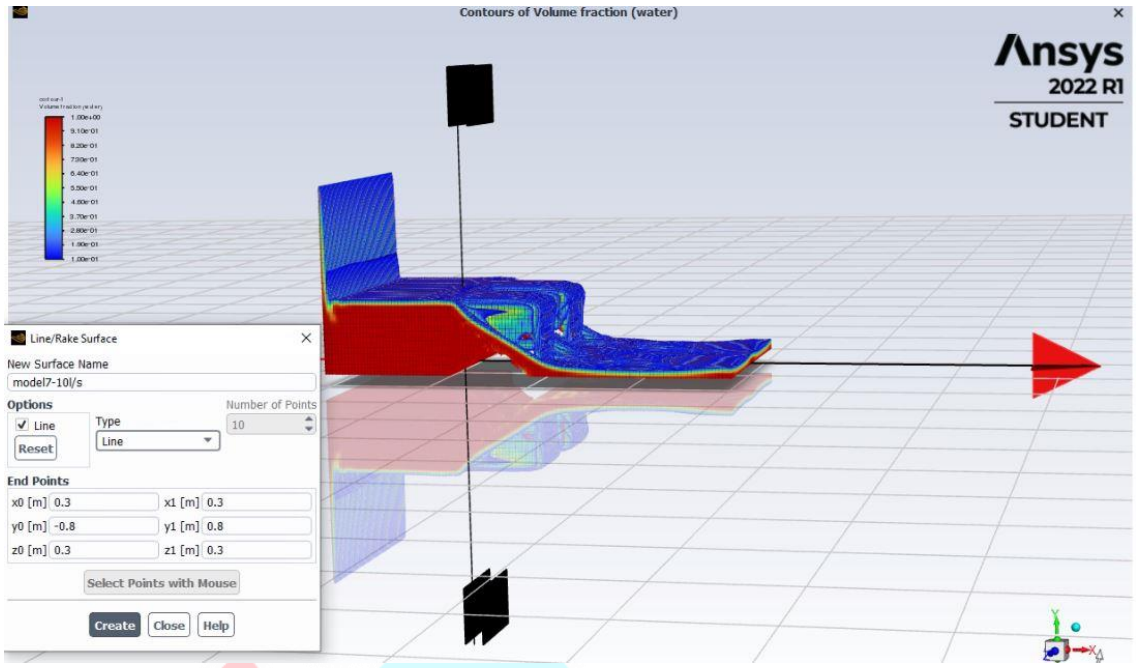


***Figure 7**. Determining the point the weir head is read in the ANSYS program*

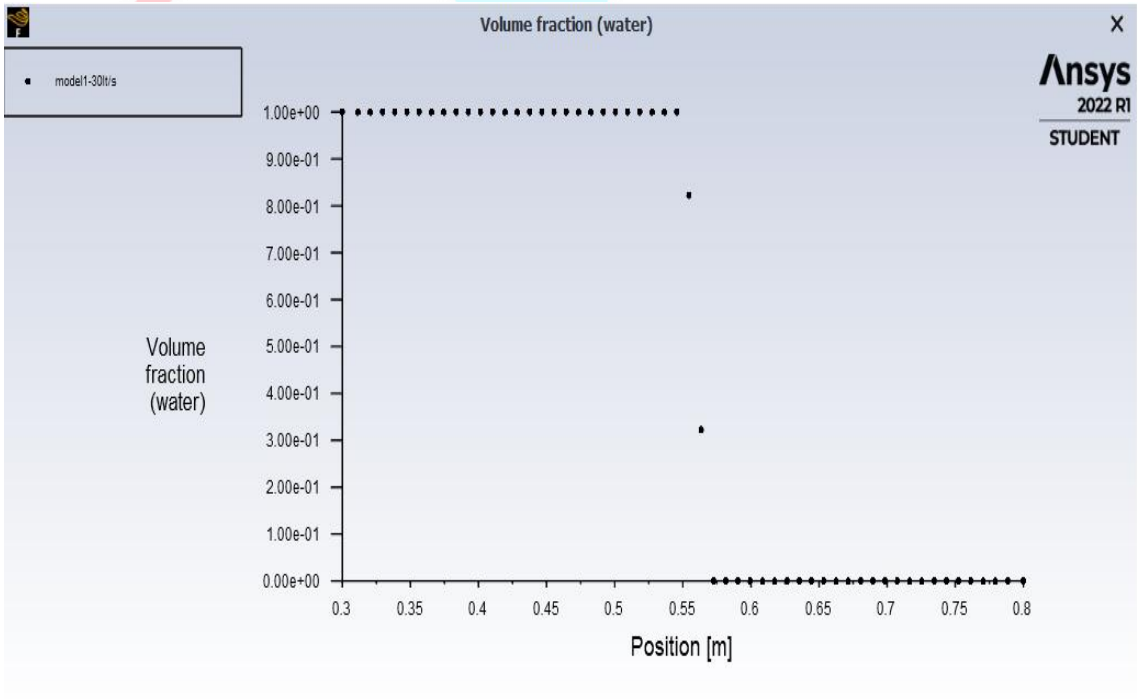


***Figure 8.** Water heights in Model 1 for 30l/s discharge*

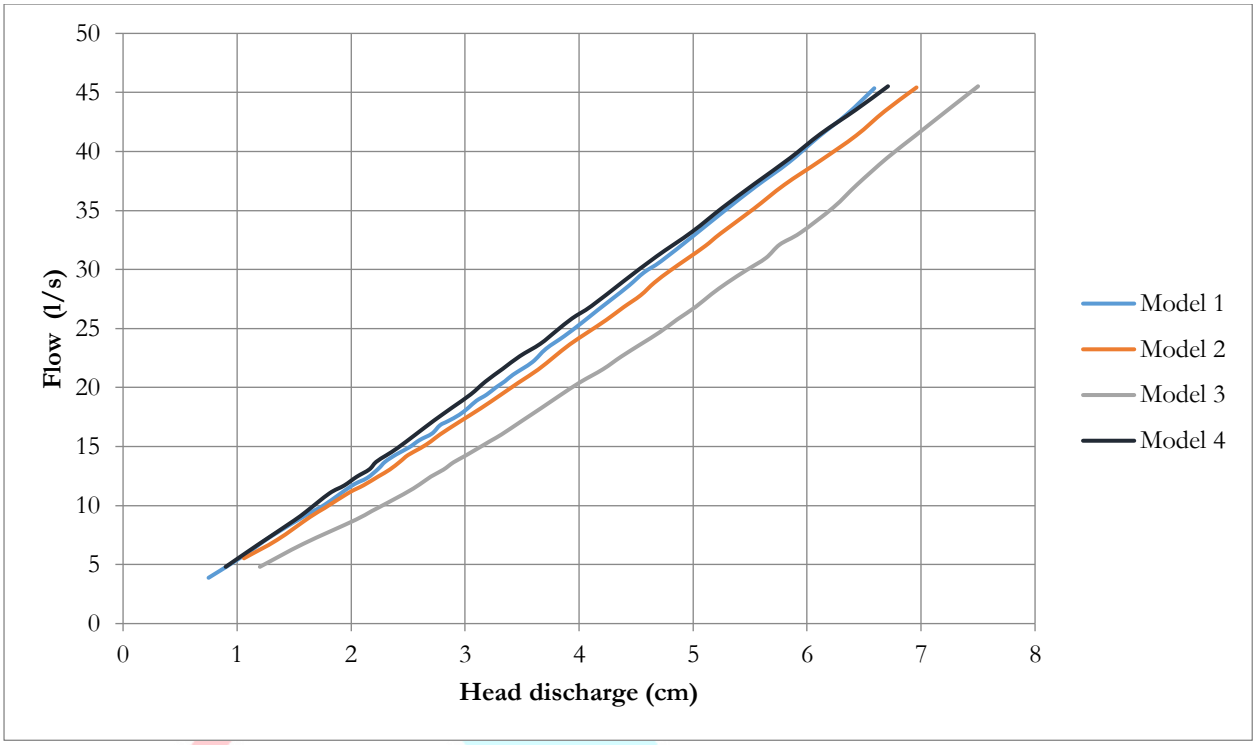


Figure 9. *Q-H values measured in PKW weir models-experimental study*

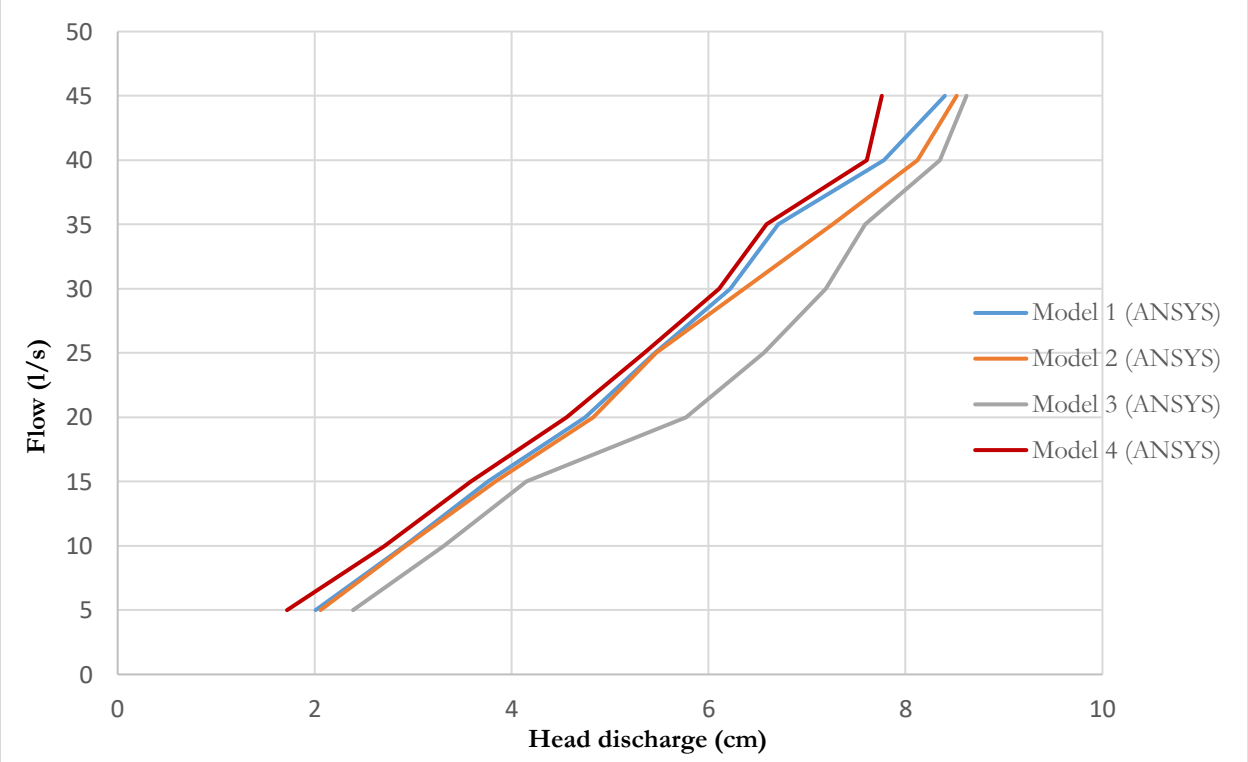


Figure 10. *Q-H values measured in PKW weir models-numerical analysis*

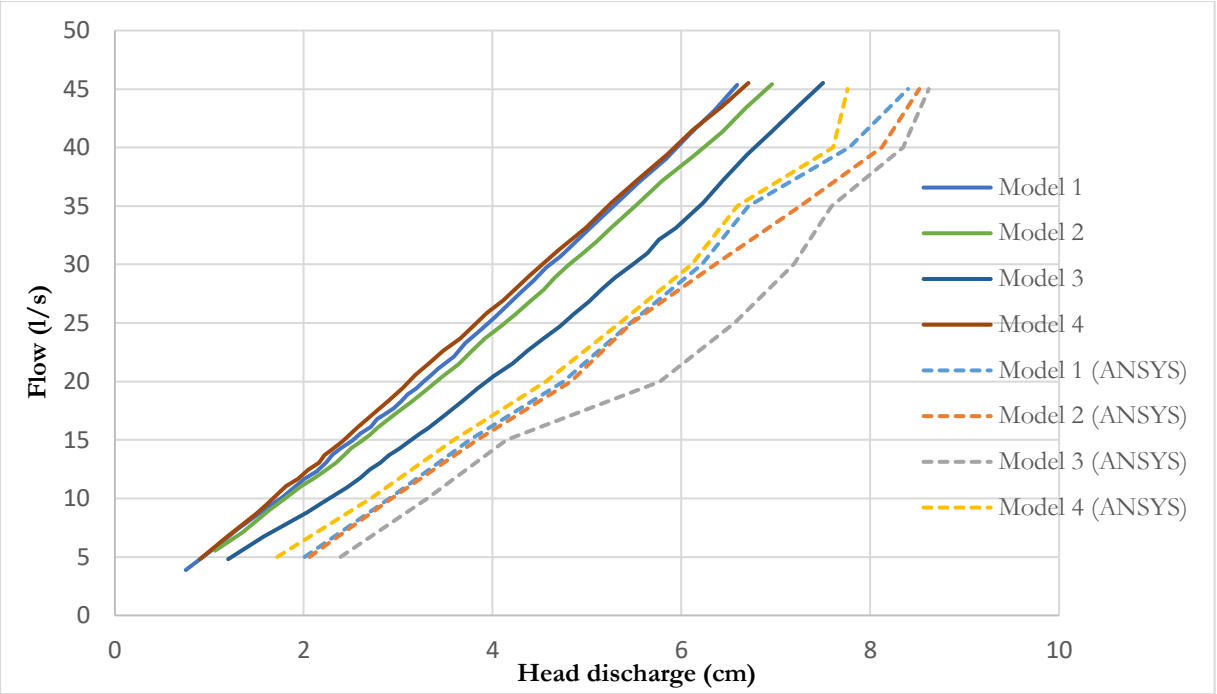


Figure 11. *Comparison of measured Q-H values in PKW weir models*

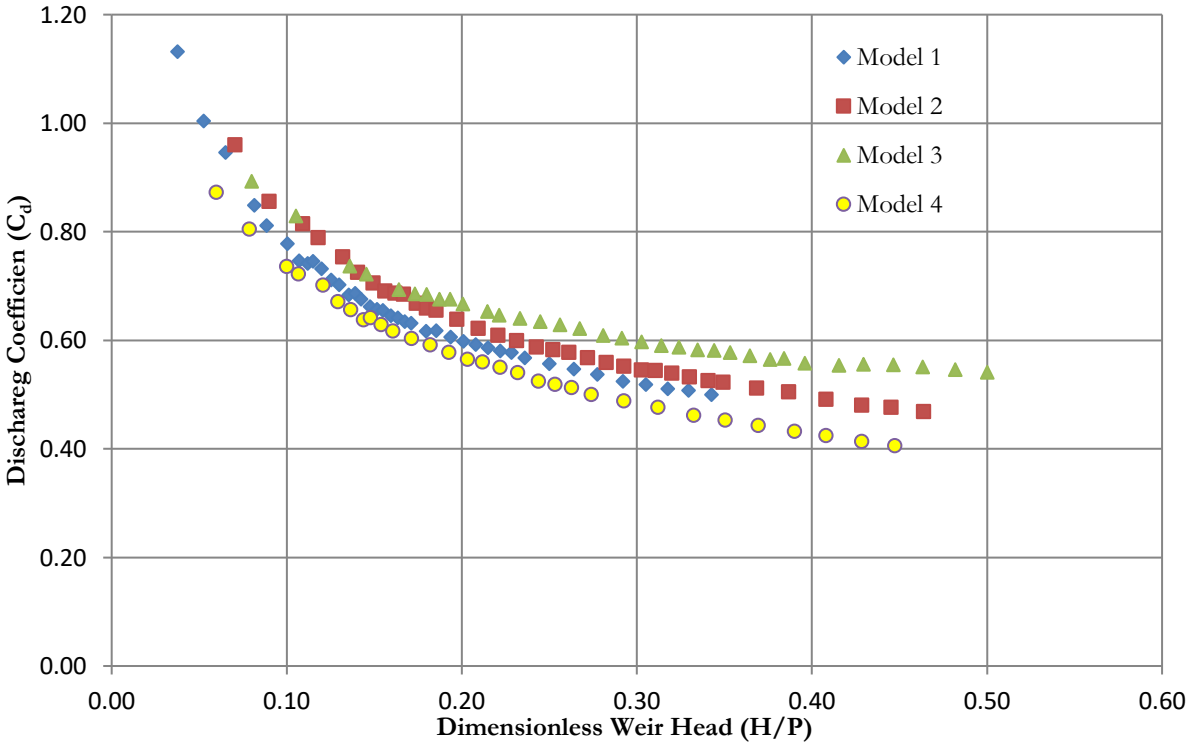


Figure 12. *Comparison of Cd-H/P in PKW weir models*

CONCLUSIONS

For PKWs determined as PK(Wi/Wo)=1.00, 4 different weir models with different weir heights (P=15 cm and 20 cm) and weir widths (L=20,30 and 40 cm) were formed. The results of the discharge-weir heads obtained in the experimental studies carried out on these different weir models are given in Figure 9.

For Models 2, 3 and 4, when the weir heights are kept constant at 15 cm and the weir widths change, the order from largest to smallest became as Model 4 (40cm) > Model 2 (30cm) > Model 3 (20cm), and the order of weir heads became as Model 4 < Model 2 < Model 3. Thus, in PK=1.00 models, a linear relationship has occurred between the weir heads and the increase in key lengths at constant weir height.

For Models 1 and 2, the 30 cm weir (key) length was kept constant and the weir (key) heights were changed. While the relationship between the weir heights was Model 1 (20cm) >Model 2 (15cm), there occurred a relationship between the weir heads as Model 1 < Model 2. Here, also, the increase in weir (key) height decreased the weir head.

When all the results shown in Figure 9 are examined, it is seen that the most efficient weir is Model 4. The least discharge performance is seen in Model 3.

The analysis results of the discharge-weir heads obtained from the ANSYS-Fluent program are given in Figure 10. When we examine the results in this graph, it is seen that the weir head decreases with the increase in the width of the weir and the increase in the height of the weir.

The Q-H values of the experimental and numerical analysis results are compared in Figure 10. There are many parameters (mesh size, mesh geometry, number of iterations, etc.) that affect the analysis results. Therefore, the same values could not be obtained with the results obtained in the experimental study, but it is seen that the results of the experimental study and the numerical analysis are similar to each other (Figure 11). Model 4 was determined as the most efficient PKW model according to the results of both experimental and numerical analysis.

Effective (net) weir lengths of 4 different types of the models were respectively determined as Lnet1= 178.8 cm, Lnet2= 178.8 cm, Lnet3= 138.8 cm, Lnet4= 218.8 cm. As a result of investigating the discharge coefficient and dimensionless weir head graphs, a more effective Cd coefficient was obtained with the increase in Lnet value seen in Figure 12.

REFERENCES

This study is based on M.Sc. Thesis of " The Numerıcal and Experımental Analysıs of The Effect of the Geometrıc Parameters on The Dıscharge Capacıty of The Pıano Key Weırs" Burak Çeşmeci

Karaeren D., 2014, Comparıson of Linear, Labyrinth And Piano Key Weırs To Increase The Discharge Capacity of Existing Spillways For a Given Head, Middle East Technical University, Institute of Science, M.Sc. Thesis, Ankara.

Kılıç Z., 2020, Piyano Tuşu Yan Savakların Hidrolik Karakteristiklerinin Sayısal ve Deneysel Analizi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ.

Lemperiere F., Vigny J. P., Ouamane A., 2011, General Comments on Labyrinth and Piano Key Weirs: The Past and Present, Proceed International Conference in Labyrinth and Piano Key Weirs Liège B, Boca Raton.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Dikdörtgensel Kolonların Davranışlarının Makine Öğrenmesi ile Tahminlenmesi

Emre MUMYAKMAZ[1]
Onur TUNABOYU[2]
Özgür YURDAKUL[3]
Talha ORHAN[4]

Öz

Teknolojinin gelişmesiyle her geçen gün daha da popüler olan makine öğrenmesi, inşaat mühendisliği alanında gerçekleştirilen çalışmaları da etkilemiştir. Bu kapsamda, tasarım aşamasında makine öğrenmesi ile yapılan tahminlerin geleneksel yöntemler ile hesaplanan kolon parametrelerine alternatif olup olamayacağı irdelenmiştir. 520 adet dikdörtgensel betonarme kolon test numunesine ait veri tabanındaki veriler ile tahminlemeler gerçekleştirilmiştir. Regresyon, Random Forest (RF) ve CatBoost makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak oluşturulan tahmin modelleri ile dikdörtgensel kolonlara ait maksimum kesme dayanımı, maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranı ve test sonucu hata tipi tahminlenmiştir. Tahmin modellerinin performansları Root Mean Squared Error (RMSE), R-Squared, Adjusted-R-Squared ve 10-Fold Cross Validation istatistiksel yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Maksimum kesme dayanımının %91,1, maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranının %69,1 ve hata tipinin %96 doğrulukla tahminlendiği gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca son kullanıcıların tahminleme yapabilmesi için kullanıcı dostu bir arayüz de geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi ile Tahminleme, Random Forest, CatBoost, Regresyon, Betonarme Kolon

[1] Orcid: 0000-0002-8996-6164
[2] Dr. Öğr. Üyesi Orcid: 0000-0001-6858-4290
[3] Dr. Öğr. Üyesi Orcid: 0000-0002-8128-0141
[4] Araş. Gör. Orcid: 0000-0002-3569-0297

Giriş

Yapay zekâ teknolojisinin gelişmesi sonucunda gerçek hayat problemlerinin çözümlerinde makine öğreniminin kullanıldığı çalışmalar yaygınlaşmıştır. Bu kapsamda inşaat mühendisliği alanında, yapay zekânın bir alt kolu olan makine öğrenmesi ile gerçekleştirilen uygulamaların sayısı da günümüzde oldukça fazladır. Örneğin, tasarım aşamasında kesme dayanımı tahmini, eksenel yük tahmini veya yapılara ait görseller üzerinden hasar tespiti gibi farklı çalışmalarda kullanılmaktadır (Caglar, 2009, s. 3225-3232; Karimipour, Mohebbi Najm Abad, & Fasihihour, 2021, s. 1-17; Hamidia, Mansourdehghan, Asjodi, & Dolatshahi, 2022, s. 2038-2050). Bu çalışmada geometrik ve materyalistik özellikleri belirtilen bir kolonun kesme dayanımının, kesme dayanım değerinin azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranının ve test sonucundaki hata tipinin farklı makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak tahminlenmesi hedeflenmiştir. Literatürde farklı tasarım standartlarında belirtilen ampirik formüllerin gerçek koşulları dahil ederek tahminleme gerçekleştirme performanslarının yetersiz olduğundan ve makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılarak bu durumun üstesinden gelinebileceğinden bahsedilen çalışmalara rastlanmıştır (Behesti Aval, Ketabdari, & Asil Gharebaghi, 2017, s. 13-23; Azadi Kakavand, Sezen, & Taciroglu, 2021, s. 1-3). Buna istinaden kolonlara ait gerçek geometrik ve materyalistik koşulları yansıtan bir veri tabanından beslenerek olabildiğince gerçekçi bir tahminleme yapan ve oldukça hızlı sonuç veren bir yöntem arayışında bulunulmuştur. Bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerle ilişkisini açıklayan fonksiyonu oluşturarak tahminleme yapan Linear Regression algoritması, rastgele oluşturulan çok sayıda karar ağacına ait tahminleri değerlendirerek genel bir tahminleme yapan Random Forest (RF) algoritması ve kategorik değişkenlerin işlenmesi esasına dayanarak tahminleme yapan Catboost algoritması kullanılarak tahminleme yapılmıştır.

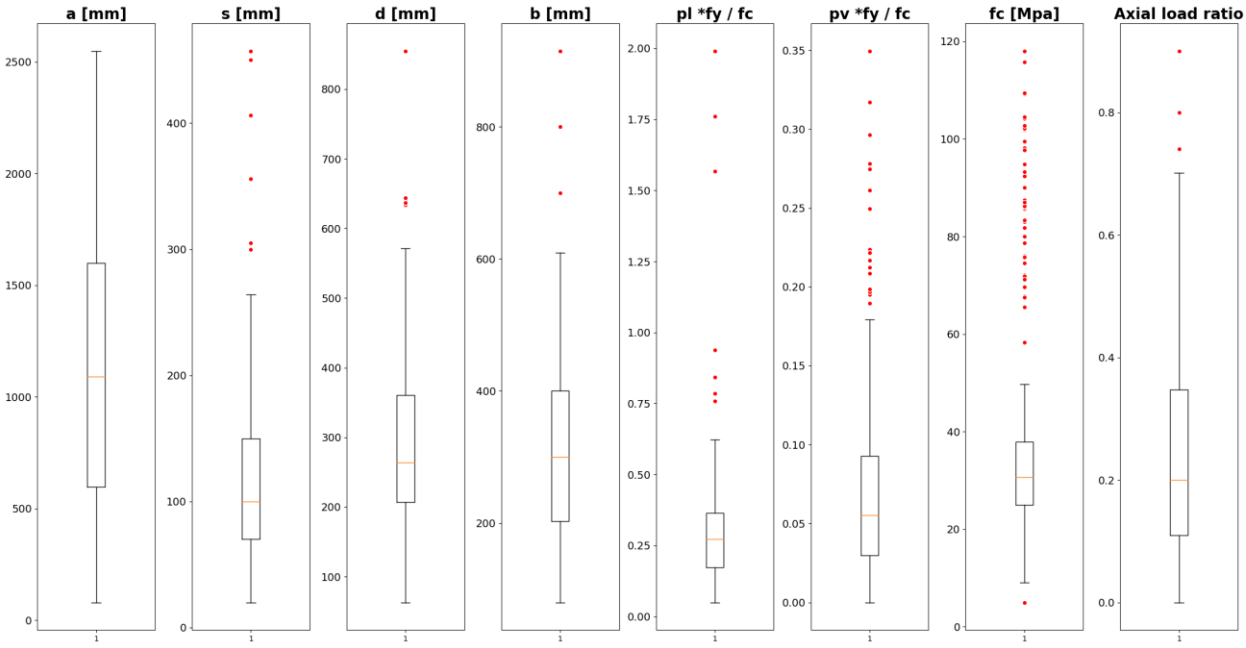
Literatür

Yapı mühendisliği alanından birçok farklı parametrenin tahmini için farklı makine öğrenmesi algoritmalarının kullanıldığı çalışmalar literatürde yer almaktadır. Örneğin, kolon kiriş birleşim bölgesindeki kesme dayanımı ve test sonucu birleşim bölgesinde gözlemlenen hata tipi RF algoritmasının yanı sıra farklı algoritmalar kullanılarak tahminlenmiştir (Mangalathu & Jeon, 2018, s. 85-94). Bir başka çalışmada ise betonarme kolonların öteleme oranları tahminlenirken geometrik yapılarının etkili olduğu ve doğru tahmin yapılmasını güçleştirdiğinin belirtilmesi üzerine makine öğrenmesi ve regresyon teknikleri kullanılarak çözüm arayışında bulunulmuştur (Luo & Paal, 2019, s. 935-950).Diğer bir çalışmada ise perde duvarların tekrarlı kuvvetler sonucunda göstermiş olduğu hata tipleri RF ve CatBoost algoritmalarının yanı sıra farklı makine öğrenmesi algoritmaları da kullanılarak tahminlenmiştir. (Mangalathu, Jang, Hwang, & Jeon, 2020, s. 1-10). Literatürde, makine öğreniminde regresyon yöntemleri kullanılarak tahminlenen taşıma kapasiteleri ve kesme dayanımı gibi parametrelerin farklı tasarım kodlarına göre hesaplanan değerlerle kıyaslandığı çalışmalara da rastlanmıştır (Feng, Liu, Wang, Jiang, & Liang, 2020, s. 1-13; Azadi Kakavand, Sezen, & Taciroglu, 2021, s. 1-3). Buna ek olarak, veri seti büyüklüğünün fazla olduğu farklı çalışmaların da gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir. Örneğin, büyük bir veri seti üzerinde kolon ve betonarme perdelerin test sonucu göstermiş olduğu hata tipleri RF algoritması kullanılarak tahminlenmiştir (Mangalathu, Hwang, & Jeon, 2020, s. 1-10). Farklı yapı elemanlarının

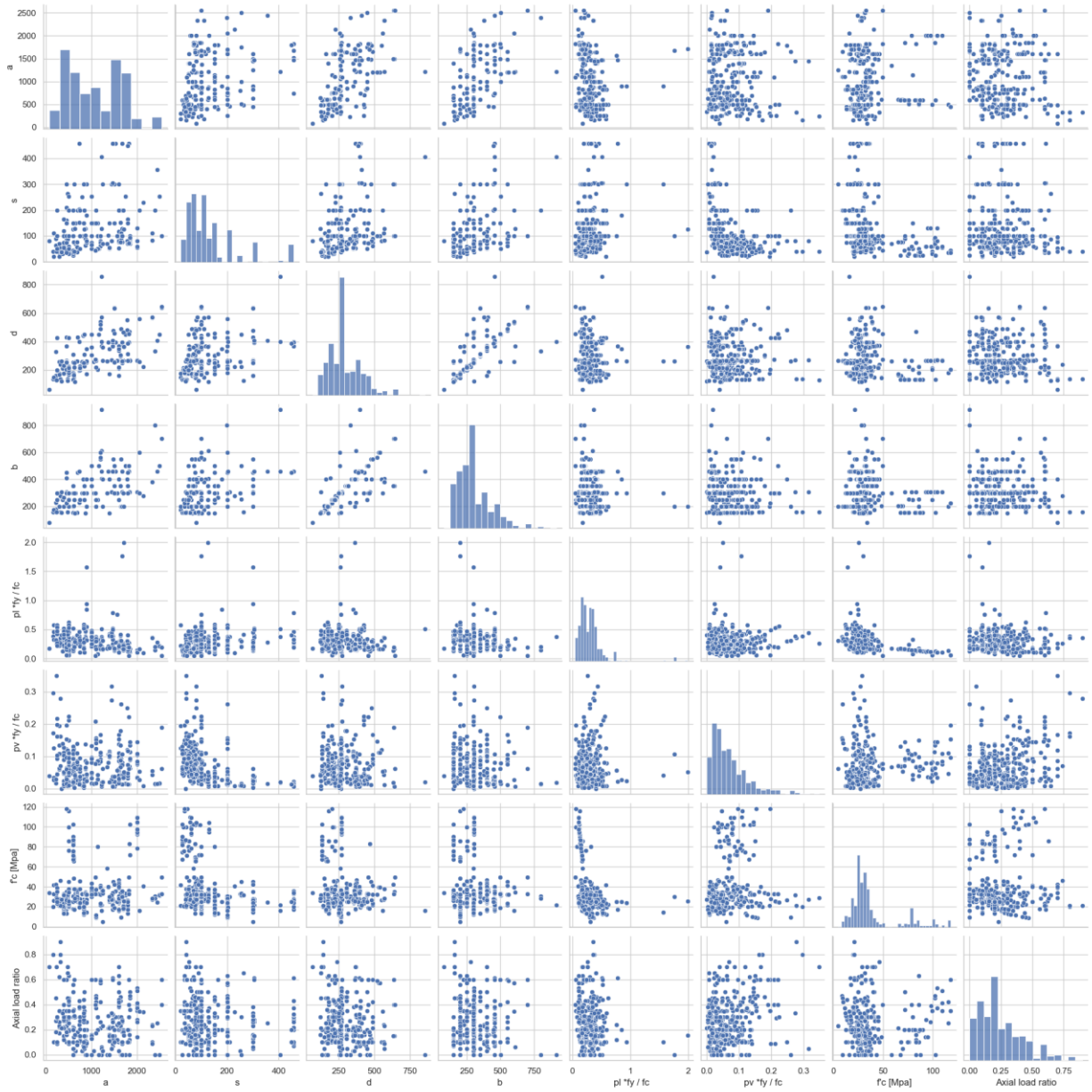
birleşim bölgelerindeki davranışların incelendiği çalışmalara da rastlanmıştır. Örneğin, temel-kolon birleşim bölgesinin hata tipleri RF ve CatBoost algoritmalarının yanı sıra farklı algoritmalarla tahminlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçların irdelenmesine ek olarak kullanıcıların kolayca tahmin yapabilmesi için bir arayüz de yazarlar tarafından geliştirilmiştir (Kabir, Hasan, & Billah, 2021, s. 1-10). Yapısal elemanlarının performanslarının makine öğrenmesi yoluyla tahmini sırasında gerçekçi koşulların yansıtılması için farklı bileşen koşullarının da dahil edildiği çalışmalara da literatürde yer verildiği görülmüştür. Örneğin, donatıları korozyon etkisindeki kolonların yük taşıma kapasiteleri Catboost ve RF algoritmalarının yansı sıra farklı makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak tahminlenmiştir (Xu, Hong, Zhang, Hou, & Wu, 2022, s. 1-3). Bu çalışmalara ek olarak farklı ortam koşullarının yansıtıldığı çalışmaların da literatürde mevcut olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, yangına maruz bırakılan betonarme kolonların taşıma kapasitesi ve çeşitli dayanım parametrelerindeki etkiler RF algoritması kullanarak incelenmiştir (Naser & Kodur, 2022, s. 1-3). Güçlendirilmiş yapısal elemanların farklı parametrelerinin de tahmin edildiği çalışmalara da rastlanmıştır. Örneğin FRP donatılı kolonların eksenel yük kapasitesini Regresyon, Catboost ve RF algoritmaları kullanarak tahminlenmiştir (Cakiroglu, Islam, Bekdaş, Kim, & Geem, 2022, s. 3225-3232).

Yöntem

Çalışmanın veri seti, daha önce gerçekleştirilmiş dikdörtgensel kolon test numunelerinin literatürden toplanmasıyla oluşturulmuştur. Literatürde bulunan NEES ACI 369 Column Database ve PEER Structural Performance Database veri tabanlarından yararlanılmıştır (Berry, Parrish, & Eberhard, 2004; Ghannoum, ve diğerleri, 2012). Ek olarak günümüze kadar yapılan dikdörtgensel kolon çalışmaları incelenmiş ve toplamda 520 adet dikdörtgensel betonarme kolon test numunesi verisine sahip çalışma veri seti oluşturulmuştur. Çalışmalar incelenirken bazı verilere ulaşılamamıştır. Bu kapsamda veri tabanında mevcut bulunan diğer verilere uyum sağlaması açısından bulunamayan tasarım kesme dayanım değerleri ACI 369R-11 referans alınarak hesaplanmıştır. Ek olarak, maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranının bulunamadığı çalışmalarda ise web-plot digitizer programı kullanılarak deney verileri dijitalleştirilmiş ve dijitalleştirilen bu değerler üzerinden öteleme oranı hesaplanmıştır. Son olarak test sonucundaki hata tipinin çalışmalarda belirtilmediği durumlarda ise kolon kesme kapasite oranı hesaplanarak hata tipi belirlenmiştir. Kolon kesme kapasite oranının 1'den küçük olması durumunda kesme(shear) hatası, 1'den büyük olduğu durumda ise hata tipi eğilme(flexural) hatası olarak sınıflandırma yapılmıştır. Oluşturulan veri setindeki girdi parametrelerine ait verilerin dağılımları kutu grafikleri olarak **Şekil-1**'de verilmiştir. Ek olarak parametrelerin birbirlerine göre olan ilişkilerinin gözlemlenebilmesi için eşli grafikler ve histogram grafikleri Şekil 2'de verilmiştir.



***Şekil 1**: Veri setindeki girdi parametreleri ve kesme dayanımı verilerine ait kutu grafikleri*

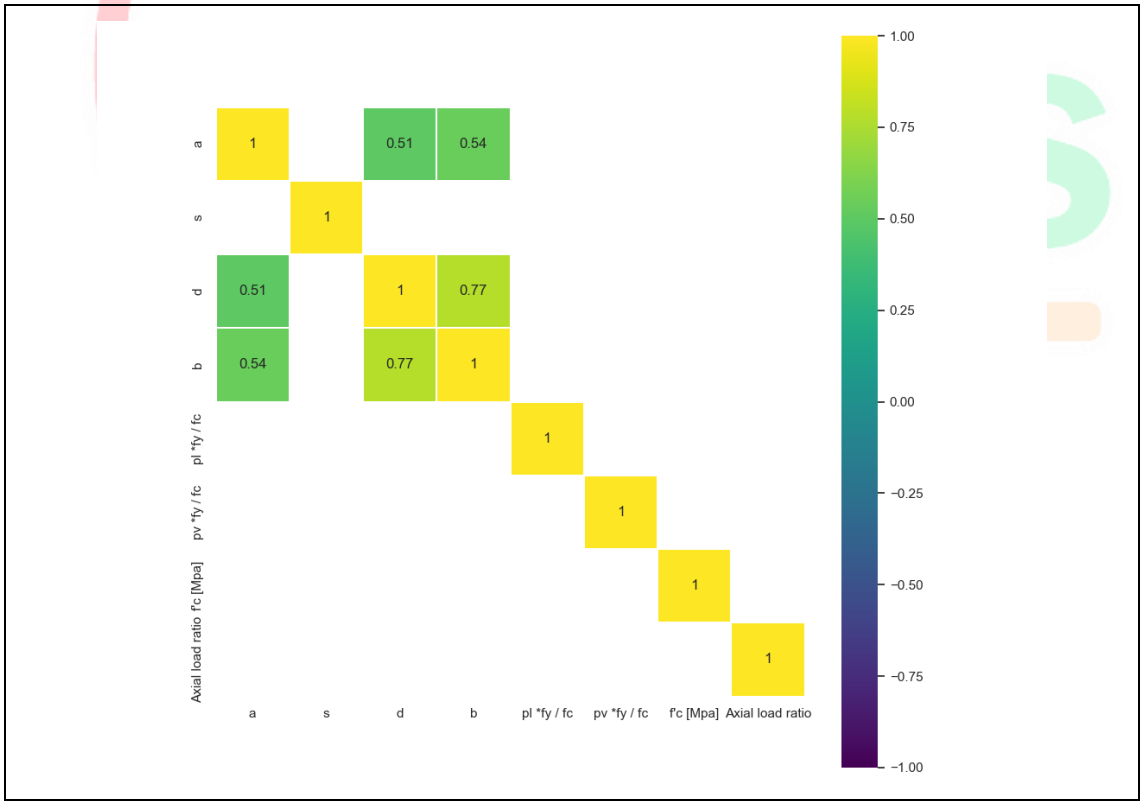


***Şekil 2**: Veri seti eşli grafikleri ve parametre histogram grafikleri*

Tahmin için kullanılan parametreler arasındaki ilişkiler her ne kadar grafiksel gösterilmiş olsa da Spearsman korelasyon değerleri üzerinden de ayrıca değerlendirilmiştir. Tahminlemede kullanılan tüm parametrelerin ikili korelasyon değerleri **Şekil-3**'te verilmiştir. Öte yandan korelasyon değeri 0.50'den fazla olan parametreler **Şekil-4**'te verilmiştir. Kesme açıklığı a, efektif derinlik d ve kolon genişliği b değerlerinin ikili korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Efektif derinlik ve kolon genişliği arasındaki değerin yüksek çıkmasının dikdörtgensel veri seti içerisinde kare kolonların da bulunması sonucunda gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Öte yandan kolon genişliği ve efektif derinliğin kesme açıklığı ile olan yüksek korelasyonu belirli bir nedene dayandırılamamıştır. Bu nedenle oluşturulan veri tabanındaki parametrelerin etkin bir tahminleme yapacağı değerlendirilmiştir.



***Şekil 3**: Tüm parametrelerin ikili korelasyon değerleri*



***Şekil 4:** Spearsman korelasyon değeri 0.50'den büyük parametreler*

Çözüm Yaklaşımı

Çalışmada tahminleme yapmak üzere makine öğrenimindeki Regresyon, CatBoost ve RF algoritmaları kullanılmıştır. Veri setinden hareketle öncelikle kesme dayanımı, ardından kesme dayanımının yüzde seksen değerine karşılık gelen öteleme oranı, son olarak test sonucunda gözlemlenmesi beklenen hata tipi tahminlenmiştir. Kesme dayanımı ve kesme dayanımının yüzde seksenin karşılık gelen öteleme oranı tahminlenirken regresyon ve RF algoritmaları kullanılmıştır. Öte yandan test sonucundaki hata tipinin tahminlenmesinde ise RF algoritmasına ek olarak CatBoost algoritması kullanılmıştır.

1 Regresyon Nedir?

Regresyon, tahmini yapılmak istenen bir değişkenin tahminlemesinde kullanılan değişkenler ile arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak tahminleme yapılmasını sağlayan bir istatistik tekniği olarak tanımlanabilir. Tipik bir regresyon örneği, bir tahminlenen(bağımsız) değişken bir de tahminlemede kullanılan(bağımlı) değişkenden oluşur (Dangeti, 2017). Yanı sıra tahminlemek için birden çok değişkenin kullanıldığı regresyon(multivariate) teknikleri de bulunmaktadır. Ek olarak, bağımsız değişken ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı durumlar için de farklı regresyon yöntemleri bulunmaktadır. Çalışma kapsamında ise multivariate regresyon tekniği kullanılmıştır.

2. CatBoost Nedir?

Boosting algoritmaları veri seti üzerinde algoritmaların iç yapısının değiştirilmeden tekrarlı şekilde uygulanmak suretiyle performansın iyileştirilmesi esasına dayanır (Schapire & Freund, 2012). CatBoost algoritması ise kategorilere ayrılmış veri setleri üzerinden hareketle Prokhorenkova ve arkadaşları tarafından geliştirilen bir algoritmadır (Prokhorenkova, Gusev, Vorobev, Dorogush, & Gulin, 2018). Algoritma, diğer boosting algoritmalarından farklı olarak minimal variance örnekleme tekniğine sahiptir. Minimal variance örnekleme tekniğinde ayrım seviyesinde değil de ağaç seviyesinde ağırlıklı örneklemeler gerçekleştirilir. Bu durum küçük veri setlerindeki aşırı uyum sorununun önüne geçilmesini sağlar (Thai, 2022).

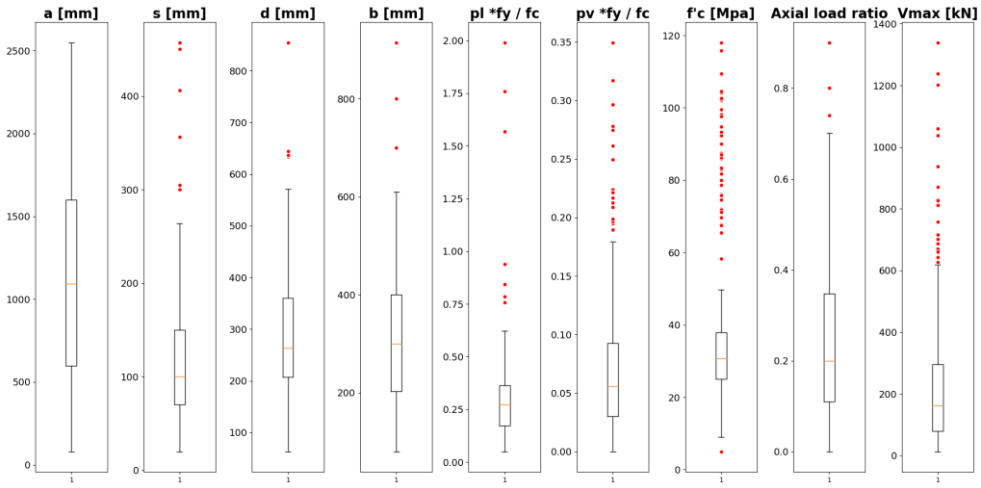
3. Random Forest Nedir?

Her birini rastgele değişkenlerin oluşturduğu ağaçlar topluluğu üzerinden tahminleme yapılmasını sağlayan algoritma olarak tanımlanabilir. Tahminlenen değerin gerçek değere kıyasla ne derece farklı olduğunu ölçen bir kayıp fonksiyonu vasıtasıyla tahmin performansın iyileştirilmesi esasına dayanır. Sınıflama problemlerinde topluluk tahminleyicisi en sık tahminlenen sınıf olurken regresyon problemlerinde ise algoritmadaki topluluğun ortalaması olarak belirlenir (Zhang & Ma, 2012). Elde edilen topluluk tahminleyicisi üzerinden tahminler gerçekleştirilir.

Maksimum kesme dayanımının tahmini

Çalışma kapsamında oluşturulan veri tabanı, maksimum kesme dayanımının tahmini için kullanılmıştır. Girdi parametrelerinin ve test verisinin çıktısını oluşturan Vmax değerlerinin kutu dağılım grafikleri **Şekil-5**'te verilmiştir. Tahminleme için Python programlama dili ve Sklearn kütüphanesinden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında

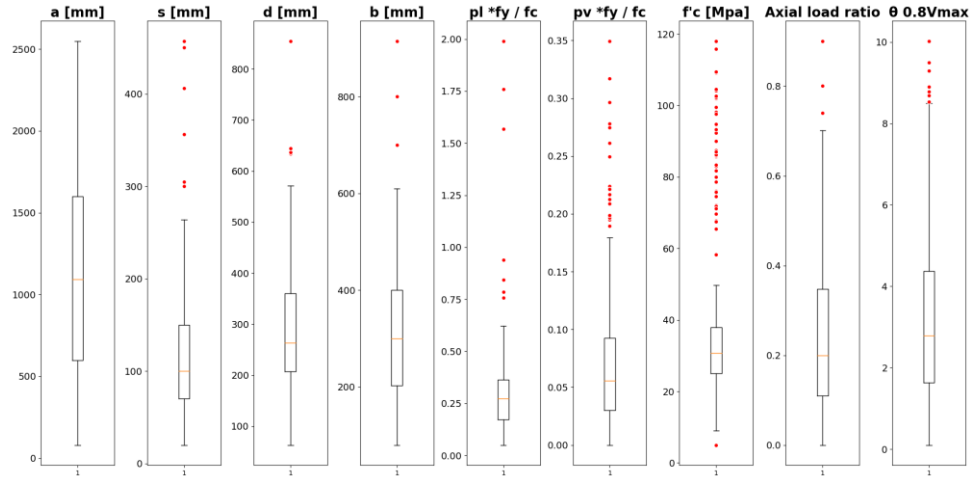
gerçekleştirilen tüm makine öğrenimi modellerinde olduğu gibi mevcut veri setinin %20'si test verisi olarak kullanılmış geri kalan kısım ise modeli eğitmek için kullanılmıştır. Öncelikle doğrusal regresyon modelinde tahminlemeler yapılmış ardından RF modeli eğitilerek tahminlemeler yapılmıştır. Son olarak RF algoritmasına ait parametreler Sklearn kütüphanesi kullanılarak optimize edilmeye çalışılmış ve tekrardan tahminlemeler yapılmıştır. Oluşturulan makine öğrenmesi modellerinin tahminleme performansları RSME (Root Mean Squared Error), R-Squared, Adjusted R-Squared ve 10-Fold Cross Validation istatistiksel yöntemleri kullanılarak irdelenmiştir.



***Şekil-5**: Vmax tahmini için kullanılan girdi parametreleri ve Vmax değerlerinin dağılım grafikleri*

Maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranının tahmini

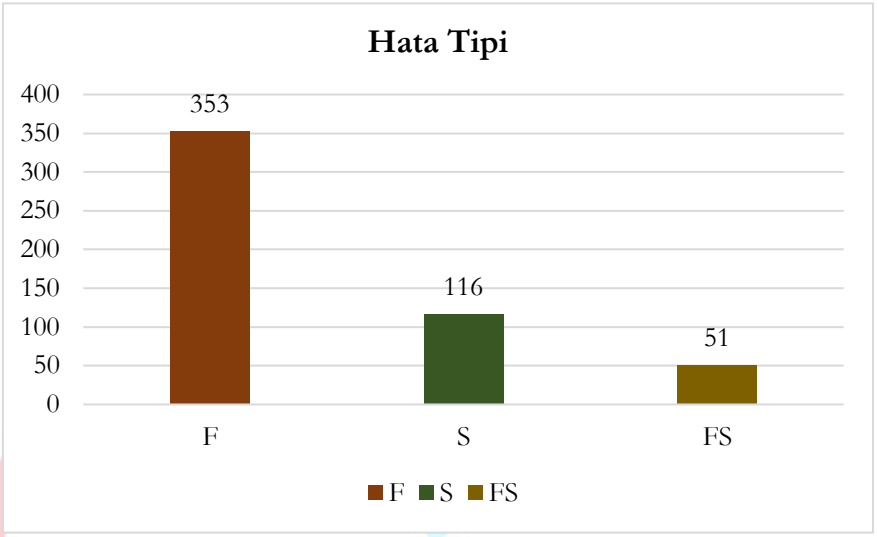
Maksimum kesme dayanımının tahmininde olduğu gibi maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranının tahmininde de aynı yöntem izlenmiştir. Girdi parametrelerinin ve test verisinin çıktısını oluşturan değerlerinin kutu dağılım grafikleri **Şekil-6**'da verilmiştir.



***Şekil-6**: θ 0.8Vmax tahmini için kullanılan girdi parametreleri ve θ 0.8Vmax değerlerinin dağılım grafikleri*

Hata tipinin tahmini

Hata tipinin tahminlenmesinde makine öğrenmesi yöntemlerinden sınıflama yaklaşımı benimsenmiştir. Veri setinde bulunan hata tipleri eğilme (F: Flexural), kesme (S: Shear) ve hem eğilme hem kesme (FS: Flexural-Shear) olarak sınıflandırılmıştır. Hata tipine göre sınıflandırılmış kolon test numunesi sayıları **Şekil-7**'de paylaşılmıştır. RF ve CatBoost algoritmaları Sklearn ve catboost kütüphaneleri kullanılarak makine öğrenmesi modelleri eğitilmiştir. Eğitilen modeller confusion matrix istatistik yöntemi kullanılarak irdelenmiştir.



***Şekil-7**: Hata tipine göre veri setinde bulunan kolon test numunesi sayıları*

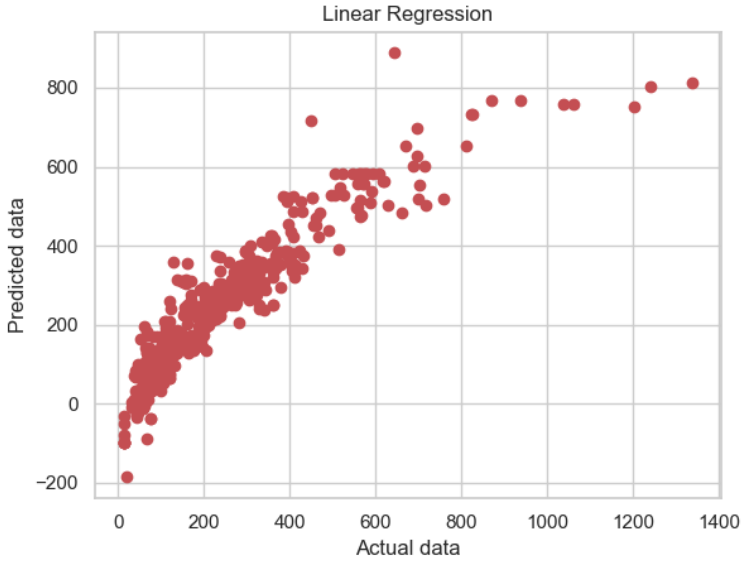
Tahmin Sonuçları

Python programlama dilinde ilgili kütüphaneler kullanılarak veri setine dayalı tahmin modellerinin değerlendirme sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde tahminleyici modellerin (Vmax ve θ 0.8Vmax) değerlendirilmesinde RSME (Root Mean Squared Error), R-Squared, Adjusted R-Squared ve 10-Fold Cross Validation, sınıflayıcı modelin değerlendirilmesinde (F-S-FS) ise confusion matrix istatistiksel yöntemleri kullanılmıştır. RMSE, tahminlenen değerin gerçek değerlere göre ortalama olarak ne derecede farklı olduğunu ölçmeye yarayan bir metriktir. R-Squared ise oluşturulan tahmin modelinin, verilerin ne kadarı açıkladığını belirlilik katsayısı üzerinden ölçen bir performans metriği olarak tanımlanmaktadır. Adjusted R-Squared, tahmin modeline eklenen terimlerin fazla değişkenlik etkisi sonucunda genel performansı etkilemesi sorununun önüne geçmek üzere R-Squared performans metriğinin geliştirilmiş halidir. K eş alt gruba bölünen veri setine ait her bir alt veri grubunun teste tabi tutulması esasına dayanan yöntem ise K-Fold Cross Validation olarak tanımlanmaktadır. Confusion matrix istatistiksel yöntemi ise doğru ve yanlış sınıflandırılan veri sayıları üzerinden Precison, Recall ve F1-Score metriklerinin hesaplanmasını sağlayan matris şeklindeki bir değerlendirme yöntemidir.

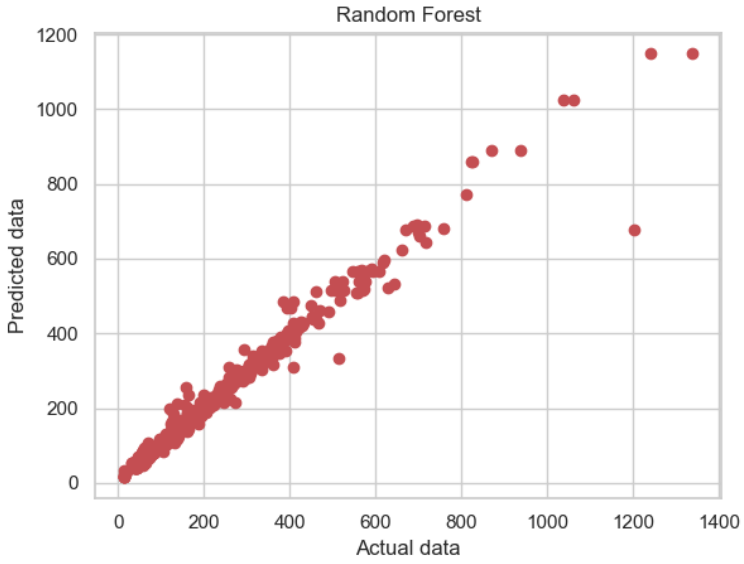
Vmax ve θ 0.8Vmax tahminleme modellerinde hem test hem de eğitim veri setleri için RSME,

R-Squared, Adjusted R-Squared ve 10-Fold Cross Validation değerlendirme sonuçları **Tablo 1** ve **Tablo 2**'de sırasıyla verilmiştir. Tablolardan da görülebileceği üzere Vmax ve θ 0.8Vmax tahmininde sırasıyla %91,1 ve %69,1 olmak üzere en yüksek doğruluklara RF

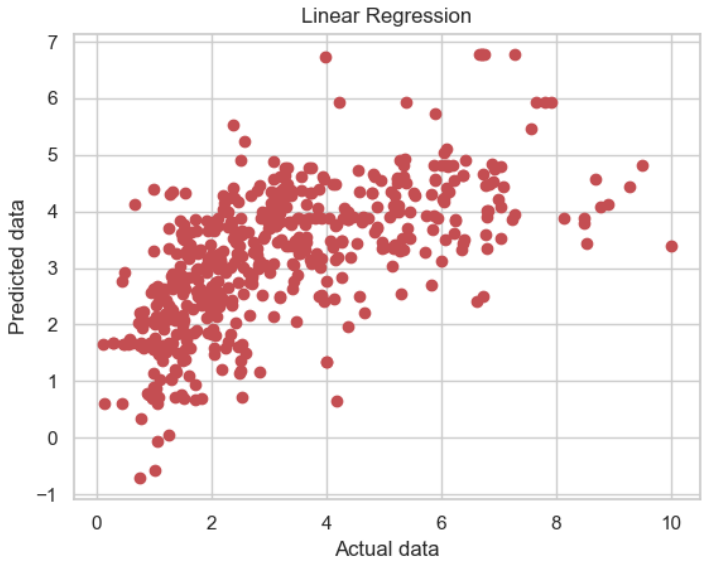
algoritmasıyla tahminlenen modellerin sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Tablolara ek olarak maksimum kesme dayanımı (Vmax) ve (Θ 0.8Vmax) tahmininde, regresyon ve RF algoritmaları kullanılarak oluşturulan makine öğrenmesi modellerinin tahminlenen değerleri ve tahmin değerlerine karşılık veri setindeki gerçek değerlerin gösterildiği grafikler sırasıyla **Şekil-8**, **Şekil-9**, **Şekil-10** ve **Şekil-11**'de verilmiştir. Öte yandan sınıflama modeline ait confusion matrisleri ise **Tablo-3**, **Tablo-4** ve **Tablo-5**'te verilmiştir. Matrisler incelendiğinde en iyi algoritmanın %96,0 doğruluk oranına sahip CatBoost algoritması olduğu sonucuna varılmıştır.



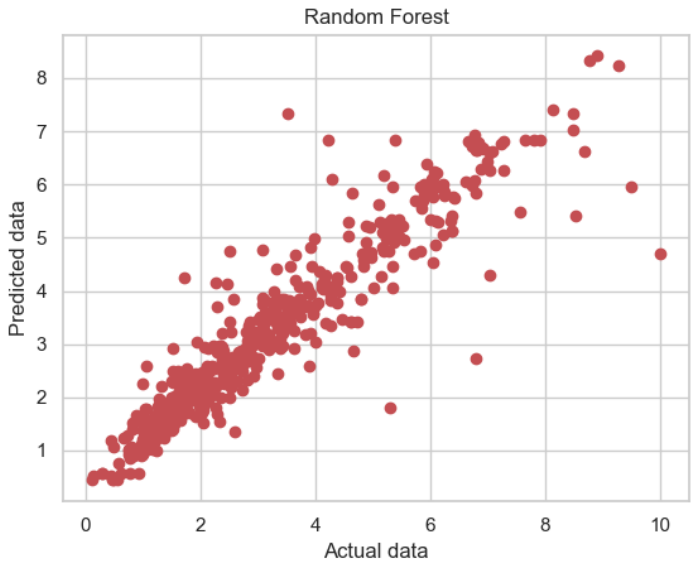
***Şekil 8**: Vmax doğrusal regresyon tahmin değerlerine karşılık gelen veri seti Vmax değerleri*



***Şekil 9**: Vmax RF tahmin değerlerine karşılık gelen veri seti Vmax değerleri*



Şekil 10: *Θ 0.8Vmax doğrusal regresyon tahmin değerlerine karşılık gelen veri seti Vmax değerleri*



Şekil 11: *Θ 0.8Vmax RF tahmin değerlerine karşılık gelen veri seti Vmax değerleri*

Tablo 1*: Vmax Tahmin Doğrulukları*

Model	RMSE (training)	R-squared (training)	Adjusted R-squared (training)	RMSE (test)	R-squared (test)	Adjusted R-squared (test)	10-Fold Cross Validation
Regression	68,71	0,87	0,86	88,22	0,84	0,83	0,851
RF	20,52	0,99	0,99	61,05	0,92	0,92	**0,911**
RF-opt	22,42	0,99	0,99	64,41	0,92	0,91	0,906

***Tablo 2**: θ 0.8$Vmax$ Tahmin Doğrulukları*

Model	RMSE (training)	R-squared (training)	Adjusted R-squared (training)	RMSE (test)	R-squared (test)	Adjusted R-squared (test)	10-Fold Cross Validation
Regression	1,46	0,40	0,39	1,68	0,39	0,34	0,358
RF	0,44	0,95	0,94	1,31	0,63	0,60	**0,691**
RF-opt	0,42	0,95	0,95	1,33	0,62	0,59	0,686

***Tablo-3**: F-S-FS Sınıflama Doğrulukları RF*

RF	Precision	Recall	F1-score
0 - Flexure	0,95	1,00	0,97
1 - Flexure-Shear	0,8	0,57	0,67
2 - Shear	1,00	0,91	0,95
Accuracy			**0,95**
Average	0,92	0,83	0,86
Weighted average	0,95	0,95	0,95

***Tablo-4**: F-S-FS Sınıflama Doğrulukları RF-opt*

RF-opt	Precision	Recall	F1-score
0 - Flexure	0,93	1,00	0,96
1 - Flexure-Shear	0,8	0,57	0,67
2 - Shear	1,00	0,83	0,9
Accuracy			**0,93**
Average	0,91	0,8	0,84
Weighted average	0,93	0,93	0,93

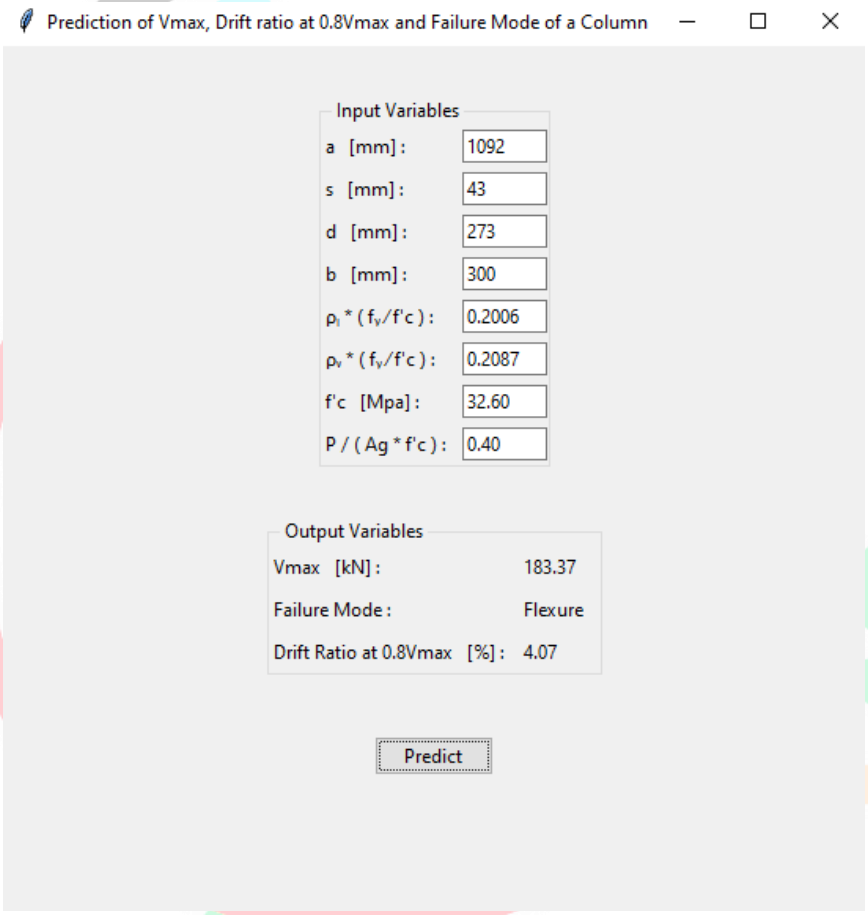
***Tablo-5**: F-S-FS Sınıflama Doğrulukları CatBoost*

CatBoost	Precision	Recall	F1-score
0 - Flexure	0,96	1,00	0,98
1 - Flexure-Shear	0,86	0,86	0,86
2 - Shear	1,00	0,87	0,93
Accuracy			**0,96**
Average	0,94	0,91	0,92
Weighted average	0,96	0,96	0,96

Arayüz

Kesme dayanımı, kesme dayanımının yüzde seksenindeki öteleme oranı ve hata tipinin tahmini gerçekleştirmek üzere modellere ait girdi parametrelerinin kullanarak kolayca tahmin yapılabilmesini sağlayan kullanıcı dostu bir arayüz geliştirilmiştir. Böylece araştırmacılara farklı koşulları barındıran ve gerçek verilere dayanan tahminleme yapma olanağı sunulmaktadır. Arayüzde her model için girdi sağlayan 8 parametrenin girişi yapıldıktan sonra "Predict" tuşuna basıldığı takdirde ekranın ilgili bölümünde tahmin sonuçları yazdırılmaktadır.

İlgili arayüze ait ekran görüntüsü **Şekil 12**'de verilmiştir. Arayüzün arka planında Vmax ve θ 0.8Vmax değerlerinin tahmini için RF, hata tipinin tahmini içinse CatBoost algoritmaları kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen arayüz, bir tasarım programı olmayıp yalnızca son kullanıcılara bir fikir vermesi amacıyla geliştirilmiştir. Jin ve arkadaşlarının betonarme kolonlara ait kesit büyüklüğünün basınç kuvveti altındaki eğilme performanslarını incelemiş olduğu çalışmadaki CC-3-0.4 numaralı test numunesin parametreleri programa sağlandığında elde edilen Vmax değeri 183,37 kN, hata tipi "Flexure" ve θ 0.8Vmax değeri %4,07 olarak tahminlenmiştir. Çalışma sonucunda Jin ve arkadaşlarının elde ettikleri Vmax değeri 180,58 kN, hata tipi "Flexure" ve θ 0.8Vmax değeri %4,31'dir (Jin, Zhang, Han, Li, & Du, 2019, s. 456-470).



***Şekil 12**: Çalışma kapsamında geliştirilen tahminleme arayüzü*

Sonuç ve Değerlendirme

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında son yıllarda ön plana çıkan ve yapay zekanın alt grubu olan makine öğrenmesi kavramı yapı mühendisliği alanında uyarlanmıştır. Dikdörtgensel kesite sahip kolonların maksimum kesme dayanımı, maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranı Random Forest algoritmasını kullanarak tahminlenmiştir. Buna ek olarak test sonucu gözlemlenmesi beklenen hata tipi CatBoost algoritması kullanılarak tahminlenmiştir. Tahminlenen değerler için doğruluk oranları sırasıyla %91,1, %69,1 ve %96'dır. Oluşturulan modellerin maksimum kesme dayanımı ve hata tipinin tahminlerine ait performanslar oldukça

yüksek ve tatmin edici olarak gözlemlenmiştir. Öte yandan maksimum kesme dayanımının azalmaya başladığı noktadan sonra yüzde yirmi azaldığı noktaya karşılık gelen öteleme oranı tahmininde Random Forest algoritmasının yaklaşık %30,9'luk bir hata oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu noktada farklı makine öğrenmesi algoritmalarının denenerek tahmin performansının iyileştirilebilmesinin yanı sıra hata oranının düşürülebilir olduğu düşünülmektedir. Gelecekteki araştırmacıların farklı girdiler sağlaması üzerine modellerin yeniden oluşturularak tahmin performanslarının iyileştirebilmesi muhtemeldir. Ayrıca farklı makine öğrenmesi algoritmalarıyla da daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Son olarak paylaşılan veri seti güncellenerek daha fazla veri ile gerçeğe daha da yakın tahminlerin yapılabilir olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Azadi Kakavand, M. R., Sezen, H., & Taciroglu, E. (2021). Data-driven models for predicting the shear strength of rectangular and circular reinforced concrete columns. *Journal of Structural Engineering, 147*. doi:https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002875

Behesti Aval, S. B., Ketabdari, H., & Asil Gharebaghi, S. (2017). Estimating Shear Strength of Short Rectangular Reinforced Concrete Columns Using Nonlinear Regression and Gene Expression Programming. *Structures, 12*, s. 13-23. doi:https://doi.org/10.1016/j.istruc.2017.07.002

Berry, M., Parrish, M., & Eberhard, M. (2004). *PEER Structural Performance Database.* Berkeley: Pacific Earthquake Engineering Research Center University of California.

Caglar, N. (2009). Neural network based approach for determining the shear strength of circular reinforced concrete columns. *Construction and Building Materials, 23*(10), s. 3225-3232. doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.06.002

Cakiroglu, C., Islam, K., Bekdaş, G., Kim, S., & Geem, Z. W. (2022). Interpretable Machine Learning Algorithms to Predict the Axial Capacity of FRP-Reinforced Concrete Columns. *Materials, 15*(8).

Dangeti, P. (2017). *Statistics for Machine Learning.* Birmingham: Packt Publishing.

Feng, D. C., Liu, Z. T., Wang, X. D., Jiang, Z. M., & Liang, S. X. (2020). Failure mode classification and bearing capacity prediction for reinforced concrete columns based on ensemble machine learning algorithm. *Advanced Engineering Informatics, 45*. doi:https://doi.org/10.1016/j.aei.2020.101126

Ghannoum, W., Sivaramakrishnan, B., Pujol, S., Catlin, A. C., Fernando, S., Yoosuf, N., & Wang, Y. (2012). NEES: ACI 369 Rectangular Column Database. Network for Earthquake Engineering Simulation (NEES). doi:https://doi.org/10.4231/D36688J50

Hamidia, M., Mansourdehghan, S., Asjodi, A. H., & Dolatshahi, K. M. (2022). Machine learning-based seismic damage assessment of non-ductile RC beam-column joints using visual damage indices of surface crack patterns. *Structures, 45*, s. 2038-2050. doi:https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.09.010

Jin, L., Zhang, S., Han, J., Li, D., & Du, X. (2019). Effect of cross-section size on flexural compressive failure of RC columns monotonic and cyclic tests. *Engineering Structures*, s. 456-470.

Kabir, M., Hasan, A. S., & Billah, A. M. (2021). Failure mode identification of column base plate connection using data-driven machine learning techniques. *Engineering Structures, 240*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112389.

Karimipour, A., Mohebbi Najm Abad, J., & Fasihihour, N. (2021). Predicting the load-carrying capacity of GFRP-reinforced concrete columns using ANN and evolutionary strategy. *Composite Structures, 275*. doi:https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114470

Luo, H., & Paal, S. G. (2019). A locally weighted machine learning model for generalized prediction of drift capacity in seismic vulnerability assessments. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 34*(11), s. 935–950. doi:https://doi.org/10.1111/mice.12456

Mangalathu, S., & Jeon, J. S. (2018). Classification of failure mode and prediction of shear strength for reinforced concrete beam-column joints using machine learning techniques. *Engineering Structures, 160*, s. 85-94. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.01.008

Mangalathu, S., Hwang, S. H., & Jeon, J. S. (2020). Failure mode and effects analysis of RC members based on machine-learning-based SHapley Additive exPlanations (SHAP) approach. *Engineering Structures, 219*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110927

Mangalathu, S., Jang, H., Hwang, S. H., & Jeon, J. S. (2020). Data-driven machine-learning-based seismic failure mode identification of reinforced concrete shear walls. *Engineering Structures, 208*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110331

Naser, M. Z., & Kodur, V. K. (2022). Explainable machine learning using real, synthetic and augmented fire tests to predict fire resistance and spalling of RC columns. *Engineering Structures, 253*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113824

Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: unbiased boosting with categorical features. *32nd Conference on Neural Information Processing Systems.* Montreal, Canada.

Schapire, R. E., & Freund, Y. (2012). *Boosting Foundations and Algorithms.* Massachusetts: The MIT Press.

Thai, H. T. (2022). Machine Learning for structural engineering: A state of the art review. *Structures, 38*, s. 448-491. doi:https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.02.003

Xu, J. G., Hong, W., Zhang, J., Hou, S. T., & Wu, G. (2022). Seismic performance assessment of corroded RC columns based on data-driven machine-learning approach. *Engineering Structures, 255*. doi:https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.113936

Zhang, C., & Ma, Y. (2012). *Ensemble Machine Learning: Methods and Applications.* New York: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9326-7

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Investigation of Interface Friction of Loose Pumice Sand and Concrete with Direct Shear Test

İbrahim YİĞİT [1]

Abstract

In the design of geotechnical structures such as shallow foundations, deep foundations and retaining structures, it is essential to know the friction at their contact surface with the soil. For this reason, there are many laboratory studies in the literature examining the friction between various soil types and building materials such as wood, steel and concrete used in geotechnical structures. However, there is an inadequacy of the literature on the investigation of the friction between the pumice sand and the concrete interface. Nevertheless, in the design of geotechnical structures in settlements built on pumice soil sections such as Isparta, it is necessary to examine the friction between the pumice soil and concrete interface. Because of the large void ratio and the ability to crush easily under external loads, pumice sand's mechanical behavior may differ from other soil types. Factors affecting the friction between granular soils and building materials can be listed as confining pressure, surface roughness of the building material, granulometry of the soil, shape and fabric of the soil grains. The direct shear box test, in which some of these factors can be controlled, is widely used for laboratory investigation of interface friction. In this study, the friction between the loosely prepared pumice sand and the concrete interface was investigated using the direct shear box test with a square section of 60x60mm. The interface friction angle of pumice sand-concrete and the internal friction angle of the pumice sand were found to be 33° and 36° respectively.

Keywords: Direct shear test, loose pumice sand, concrete, interface friction, internal friction

[1] Dr., Isparta University of Applied Sciences, Civil Engineering Department, Orcid: 0000-0001-5485-9222

INTRODUCTION

In the design of geotechnical structures, it is necessary to know the interface friction on the contact surfaces with the soil. There are many studies involving the determination of the interface friction angle between building materials that are used in the construction of geotechnical structures and various soil types.

Potyondy (1961) carried out a comprehensive study in which he investigated the internal friction angle of dry and saturated sand samples and the interface friction between sand - steel, wood and concrete samples in a 60x60 mm square section direct shear box test. Author stated that the interface friction varies depending on the particle size distribution, water content, normal stress, type of construction material used and surface roughness. However, in all cases, the interface friction angle is obtained smaller than the internal friction angle of the sand. Bosscher and Ortiz (1987) studied the interface friction between sand - sandstone, limestone, granite and concrete. They stated that the interface friction depends on the surface roughness of the building material and with the increase in the surface roughness, the interface friction angle approaches the internal friction angle of the sand. Uesugi et al. (1990) investigated the interface friction between sand and concrete by applying cyclic loading in the simple shear box test. They stated that the maximum coefficient of friction between sand and concrete depends on the surface roughness of the concrete and the mean grain diameter of the sand. The authors stated that a shear band is formed at the sand-concrete interface, and the maximum shear stress ratio in this shear band is smaller than that in the dense sand sample. Nevertheless, they noted that the friction at the sand-concrete interface is characteristically similar to the friction between the sand and the rough steel sample.

In this study, internal friction of pumice sand and interface friction of it with concrete was investigated by using direct shear box test.

MATERIALS AND METHOD

The gradation curve of the pumice sand used in this study is given in Figure 1. The gradation curve shows a well-graded distribution. Chemical properties of pumice sand from Isparta region used in this study are given in Table 1.

Table 1 – Chemical properties of Gelincik pumice sand (Çimen et al. 2020)

Content	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3
%	5.3	1.1	17.1	60.9	0.2	5.0	3.0	0.3	0.1	3.2

The concrete slab manufactured to be used in this study is given in Figure 2.a. The 28-day compressive strength of concrete was obtained as 25 MPa from the results of the one-dimensional loading test performed on the cube specimens produced from the same concrete mixture. The concrete slab, which has a very rough surface, placed in the lower cell of the shear box is given in Figure 2.b. The top cell of the shear box is added to this is given in Figure 2.c. The pumice sand placed in the upper cell of the shear box is given in Figure 2.d. Shear box tests were carried out according to ASTM D3080 standard.

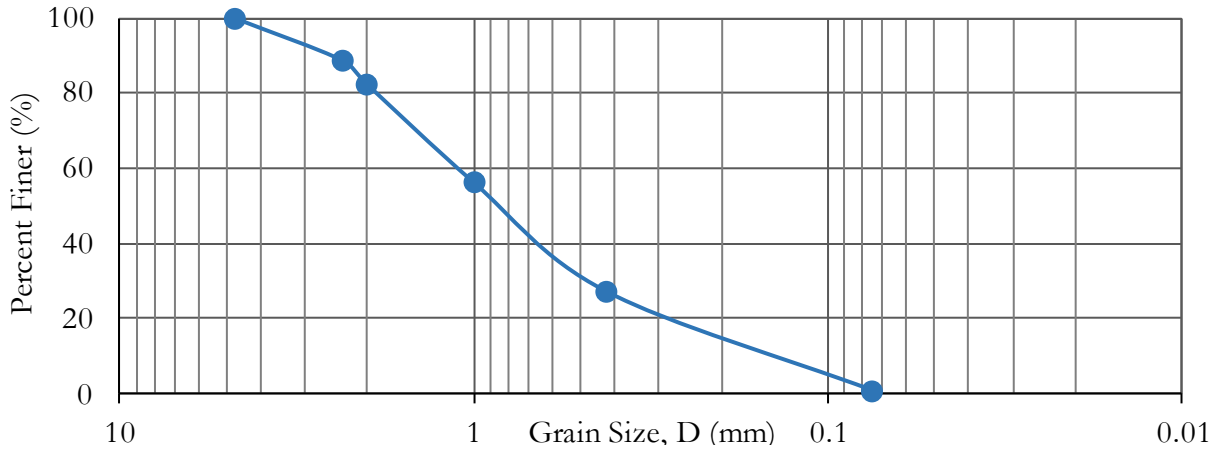


Figure 1 Gradation curve of the pumice sand.



Figure 2 a) Concrete slab, b) Concrete slab in the base cell, c) Concrete slab in the base cell with top cell, d) Top cell filled with pumice sand

RESULTS AND CONCLUSIONS

The results of the shear box test performed with pumice sand samples are given in Figure 3. From these test data, the internal friction angle of the pumice sand was calculated as 36°. The results of the shear box test using pumice sand and concrete slab are given in Figure 4. From these test data, the interface friction angle between pumice sand and concrete slab was calculated as 33°.

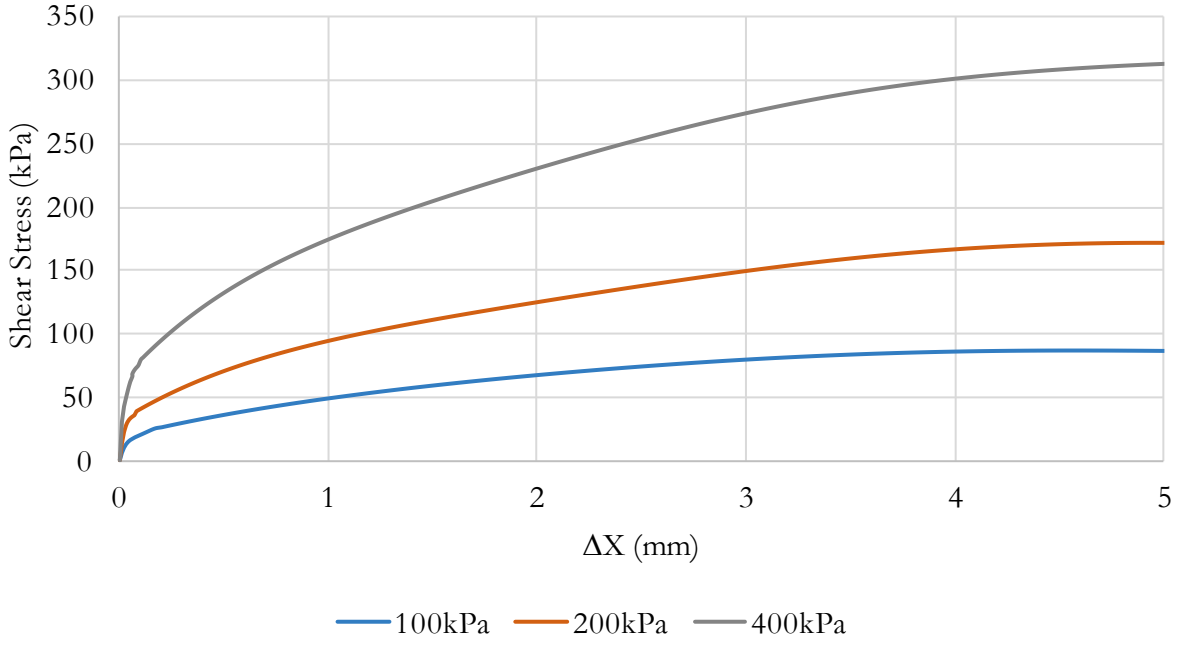


Figure 3 Direct shear box test results of pumice sand samples

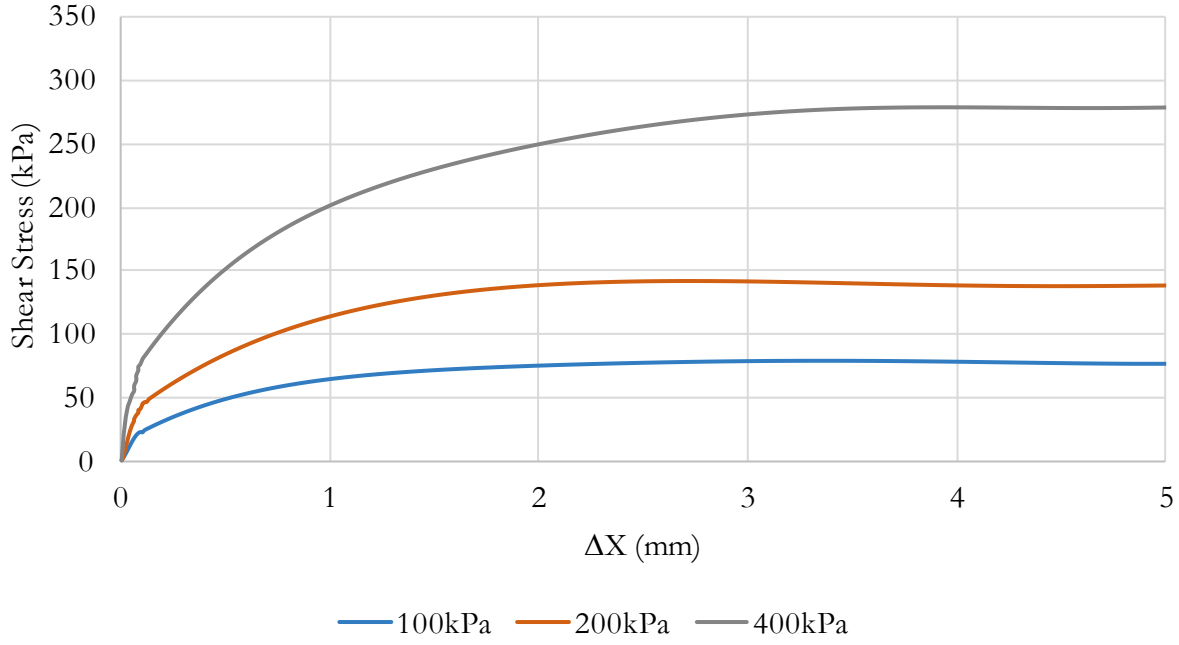


Figure 4 Direct shear box test results of pumice sand and concrete interface

The internal friction angle of the pumice sand and the interface friction angle between the pumice sand and the concrete were investigated using the direct shear box test. The experiments were carried out under normal stresses of 100, 200 and 400 kPa. The internal friction angle of the pumice sand and the interface friction angle between the pumice sand and concrete were found to be 36° and 33°, respectively. The ratio of the interface friction angle to the internal friction angle found is similar to the ratio of the sand and concrete interface friction angle to the sand internal friction angle presented by Potyondy (1961). The variation of the concrete surface roughness and soil mean grain size, which are stated in the literature to have a great effect on the interface friction angle, are not taken into account. The effect of these variables should be added as a parameter in future studies.

ACKNOWLEDGE

The author would like to thank to Prof. Dr. Metin Davraz and Dr. Nuri Işıldar who are the employees of Süleyman Demirel University Natural and Industrial Building Materials Application and Research Center (SDU DEYMAM) for their help in the manufacture of the concrete slabs used in this study.

REFFERENCES

ASTM, D. (2011). Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions. D3080/D3080M, 3(9).

Bosscher, P. J., & Ortiz G, C. (1987). Frictional properties between sand and various construction materials. Journal of geotechnical engineering, 113(9), 1035-1039.

Çimen, Ö., Dereli, B., & Keleş, E. (2020). Üç farklı bölgeye ait pomzanın yüksek plastisiteli kile etkisinin karşılaştırılması. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 9(1), 427-433.

Potyondy, J. G. (1961). Skin friction between various soils and construction materials. Geotechnique, 11(4), 339-353.

Uesugi, M., Kishida, H., & Uchikawa, Y. (1990). Friction between dry sand and concrete under monotonic and repeated loading. Soils and Foundations, 30(1), 115-128.

3TH INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Freeze-Thaw Effect on the Strength of Cohesive Soil

Nazlı Ece ÖZ[1]
Mehmet Şükrü ÖZÇOBAN[2]
Murat GÜLEN[3]

Abstract

Freeze-thaw due to temperature changes affects physical and mechanical properties of soils such as clay, silt and fine sand. The reduction in soil strength can cause damage on structures like roads, earth fill, dam, piles, foundation etc. Therefore it is of importance to determine strength changes due to freeze-thaw before design. In this study, laboratory work was carried out to investigate the cycle number and confining pressure impact on the strength of a cohesive soil subjected to freeze-thaw. A clay soil with low plasticity whose optimum water content and maximum dry unit weight were determined by standart compaction test was exposed to 0, 1, 5 and 10 freeze-thaw cycles at optimum water content. After every freeze-thaw cycle, unconfined compression test and triaxial compression test (UU) at various confining pressures were conducted to determine strength of soil. As a result a significant decrease in strength was observed while the number of freeze-thaw cycle increased. In addition, greater strength values were achieved as the confining pressure raised from 0 kPa to 400 kPa. Decrement rates of soil strength were obtained for both of the mentioned tests. While unconfined compression tests showed that the strength was varied between %39 and %61, it was varied between %29 and %63 in triaxial compression tests. It was observed that the confining pressure has a slight impact on strength whereas the cycle number has a significant effect.

Keywords: Freeze-thaw, cycle number, unconfined compression test, triaxial compression test, strength

[1] Civil Engineer, Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, 0009-0003-0391-8001
[2] Assoc. Prof., Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, 0000-0003-3521-0633
[3] Res. Asst., Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, 0000-0003-4143-9266

1.Introduction

The most important condition of making an economically and realistic design of geotechnical structures such as tunnels, piles, earth fills, roads is to correctly determine physical and mechanical properties of soil. Changes in these soil properties determined at the design stage must be predicted during the service life of the structures. Physical and mechanical properties of soils can be affected in time due to internal and external parameters like stress changes, capillarity, wetting-drying, changes in chemical structure, climate, temperature differences (Bell, 1992: 2). Especially in cold regions, soils are subjected to freeze-thaw due to temperature differences between day and night (Qi et al., 2006:245). Hence observing the behaviour of the soil subjected to freeze-thaw is crucial. Freeze-thaw impact on soils' consistency limits, permeability, void ratio, modulus of elasticity and strength has been investigated by many different researchers (Konrad and Samson, 2000: 857-869, Korshunov et al., 2021: 1-9, Meeravali et al., 2020: 1304-1309 Simonsen et al., 2002: 28-50, 2020: 1304-1309, Viklander, 1998: 471-477, Wang et al., 2015: 51-65).

The water between soil particles freezes when temperature drops below zero. As the water freezes, its volume increases, makes the pores between particles expand and cause cracks and fissures to occur (Othman and Benson, 1993: 236-237). During thawing in noncohesive soils, these cracks can be healed to some level due to particle movements. But in clays this is not possible because of cohesion. Freeze-thaw behaviour of fine grained till can be explained in regards to initial void ratio. As soil thaws consolidation occurs. In initially loose soils volume decreases and soil condenses. On the contrary, the initially dense soils increases in volume and soil becomes loose (Viklander, 1998: 475) (Figure 1.1). This change in soil skeleton leads bonds between the soil particles weaken, so that reduce the soil strength.

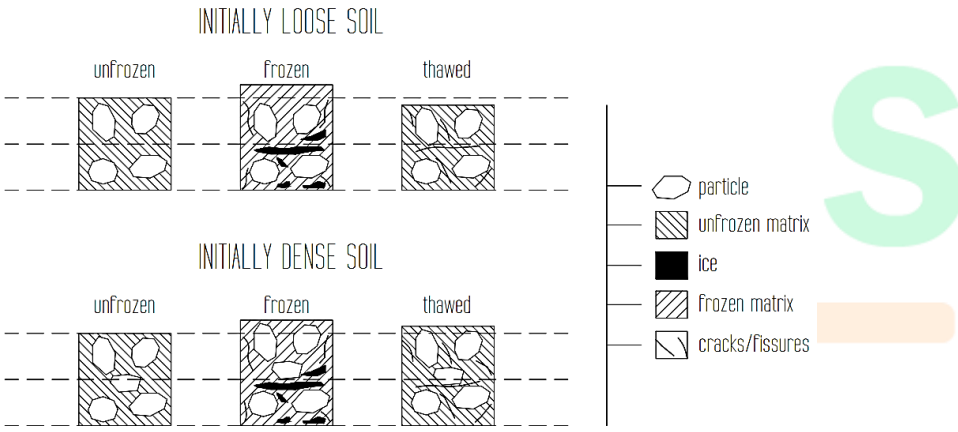


Fig. 1 Freeze-thaw effect on soil skeleton (Viklander, 1998: 475)

Previous researches of freeze-thaw effect on soil strength parameters due to change in soil skeleton under different conditions are summarized in Table 1 below.

Table 1 *– Previous researches*

Reference	Soil type	Consistency limits (%)		Compaction parameters		Water content of compacted sample	Experiment type	Cycle number	Threshold cycle
		LL (%)	PL (%)	w_{opt} (%)	□ (g/cm3)				
Liu et al., 2021: 3-7	CL	31.2	20.6	-	-	18 and 22	Triaxial test (UU)	0, 1, 3, 6, 10, 15	6 for %18 3 for %22
Meeravali et al., 2020: 1305-1306	CI	38	17	28	1.46	28	UCT*	0, 1, 3, 5, 7	Not mentioned
Lu et al., 2019: 43-51	CL	38.4	23.5	20.2	1.65	18.2, 20.2 and 22.2	Triaxial test (UU)	0, 1, 3, 5, 7	3
Tang et al., 2018: 198-206	MH	53	38	21.5	1.65	27	Triaxial test (CU)	0, 1, 3, 5, 9	5
Li et al., 2018: 161-162	CL	26.29	18.24	13	1.91	13	UCT	0, 1, 3, 5, 7, 10	Not mentioned
Liu et al., 2016: 24	SM	25.7	17.4	12.9	1.93	12.9	Triaxial test (UU)	0, 1, 3, 7, 9, 12	Not mentioned
Zhang et al., 2015: 201-210	ML	29.69	18.42	12.6	1.91	12.6	Triaxial test (UU)	0, 1, 3, 5, 7	3
Jing et al., 2013: 44-45	CL	33.3	22.6	-	-	wopt for all samples	Triaxial test (UU)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	4
	CL	35.48	19.5						
	CL	41.71	19.78						
Li et al., 2012: 73-74	CL	26.9	18.7	16.1	1.91	16.1	UCT Triaxial test (UU)	0, 2, 5, 11, 21, 31	Not mentioned

*Unconfined compression test

As can be seen in the table above, mentioned researchers have investigated the freeze-thaw effect on soil strength considering different soil types, water contents, cycle numbers, devices etc. According to table peak strength reduction, threshold cycle, achieved between 3 - 6 freeze-thaw cycles. Besides peak strength reduction determined to be between %29 - %85 which is quite a wide range. This is brought about because of different experiments performed and parameters considered such as freezing rate, freezing temperature, chemical structure of the soil, soil and system type.

In this study unconfined compression tests and triaxial compression tests (UU) at 100 kPa, 200 kPa and 400 kPa confining pressures were performed on a low plasticity clay exposed to 0, 1, 5 and 10 freeze-thaw cycles to investigate the role of cycle numbers and various confining pressures. Then work results were compared to those mentioned in the literature.

2.Experimental Procedure

2.1.Material

In this study, a cohesive soil was subjected to various experiments in Yıldız Technical University Geotechnical Laboratory. Liquid limit (LL), plastic limit (PL) and specific gravity (Gs), parameters defining the index properties, of a commercially procured clayey soil were obtained according to ASTM D6913, ASTM D4318, ASTM D7928 as 47.10%, 24.82% and 2.64 respectively. Soil classification using plasticity chart was made and the soil class was determined as CL which is a low plasticity clay (Fig. 2).

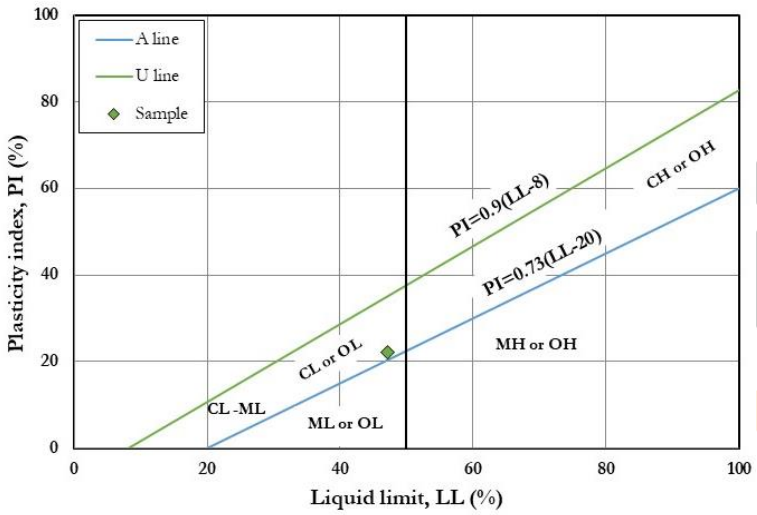


***Fig. 2** Plasticity chart*

Compaction test result was shown in Fig. 3 below. Optimum water content (OWC) and maximum dry unit weight were found via compaction curve as 21.5% and 15.72 kN/m^3.

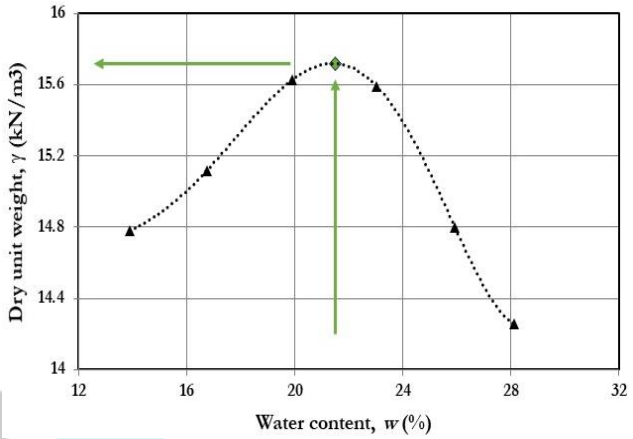
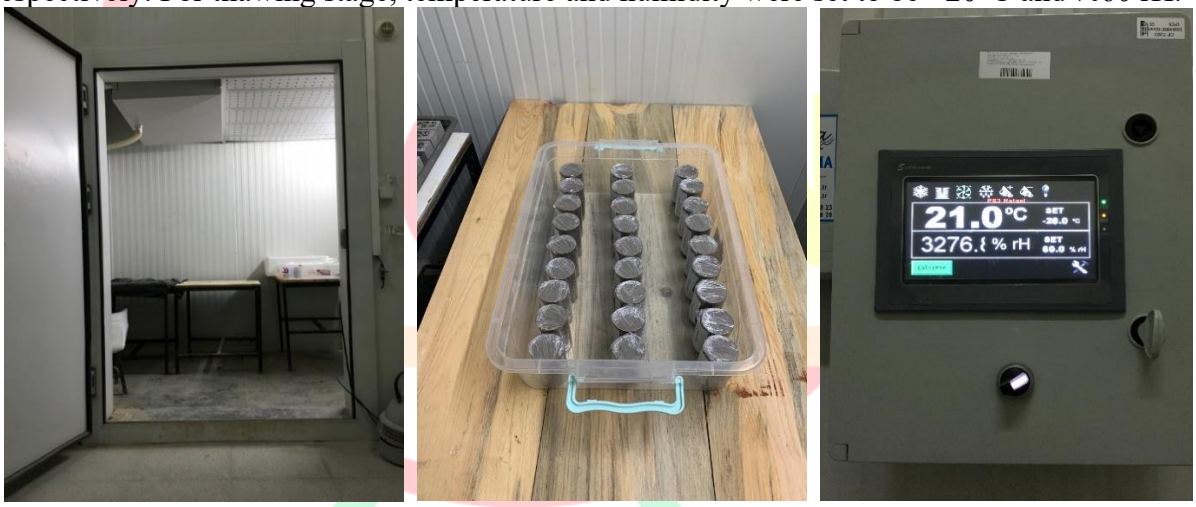


Fig. 3 *Compaction curve*

2.2.Sample Preparation

Soil was mixed with OWC at maximum dry unit weight and standard proctor tests were carried out. Samples were extracted via extruder and 38 mm wide and 76 mm long cylinder rings. Diameters, lengths and weights of the samples were measured and noted down before placing in the cabin. All the samples were wrapped to make sure there was no connection with free water. Then samples placed inside the freeze-thaw cabin in plastic trays to prevent samples from sticking the surface (Fig. 4). Each freeze-thaw cycle lasted 2 days, 1 day of freezing and 1 day of thawing. During freezing, temperature and humidity were set to be -20°C and %0 rH respectively. For thawing stage, temperature and humidity were set to be +20°C and %60 rH.



a **b** **c**

Fig. 4 *Freeze-thaw equipments a)cabin b)wrapped samples c)monitor*

Control group wasn't exposed to any freeze-thaw cycle, whereas the experiment group was subjected to 1, 5 and 10 freeze-thaw cycles to investigate the change in soil strength. Both frozen and thawed samples were subjected to experiments. Since melting was taken into account, only unconfined compression test was performed on frozen samples. During the experiments, the plates placed on the top and bottom of the samples were cooled to prevent melting.

Unconfined compression tests were performed on every sample at the end of freeze-thaw cycles according to ASTM D2166 standards. To observe the confining pressure impact, triaxial compression tests (UU) according to ASTM D2850 standards at 100 kPa, 200 kPa and

400 kPa confining pressures were performed on thawed samples. Deviator stress – axial strain graphs were drawn separately for both tests and results were discussed.

3.Results and Discussion

3.1.Unconfined Compression Test Results

Fig. 5 indicates deviator stress – axial strain curves of samples subjected to 0, 1, 5 and 10 freeze-thaw cycles. As voids expanded due to freeze-thaw cycles (Othman and Benson, 1993: 236-237) soil strength decreased. With increased freeze-thaw cycles this reduction in soil strength continued until it stabilized after 5th cycle. According to Figure 3.1 peak strength values of thawed samples after 0, 1, 5 and 10 cycles were obtained as 151.3 kPa, 91.98 kPa, 66.45 kPa and 58.97 kPa respectively. So that the reduction rates were found as %39.21, %56.08 and %61.02 after 1, 5 and 10 cycles compared to control group.

The strength of frozen samples has showed an extreme jump and was slightly affected from increasing freeze-thaw cycles (Fig. 5). Peak strength values found to be 672.32 kPa, 596.21 kPa and 580.36 kPa after 1, 5, 10 freeze-thaw cycle. In comparison with control group, the strength growth was found between %283.58 and %344.36. After each freeze-thaw cycles, strength of thawed and frozen was compared and the increments were found as %630.94, %797.23 and %884.16.

In addition soil behaviour has shifted to a more ductile state as soil exposed to freeze-thaw cycles. Experimental samples subjected to freeze-thaw cycles haven't shown peak strength values whereas control samples have (Fig. 5).

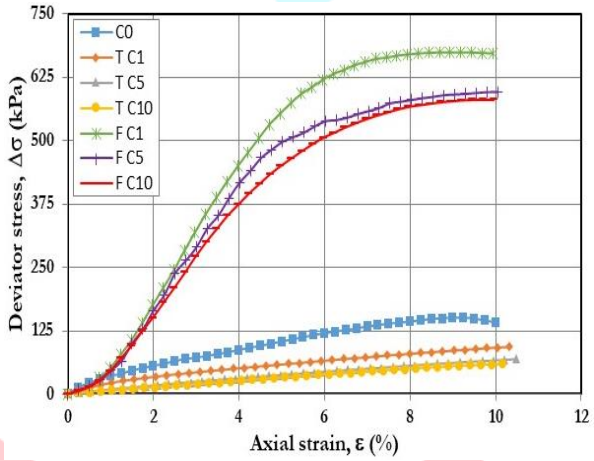


***Fig. 5** UCT results*

3.2.Triaxial Compression Test Results

Fig. 6 represents deviator stress – axial strain curves of samples exposed to 0, 1, 5, 10 freeze-thaw cycles at 100 kPa, 200 kPa and 400 kPa confining pressures respectively. Generally a decrease was seen as the number of freeze-thaw cycles increased. Strength values after 1 and 5 cycles were slightly different whereas there was a significant reduction after 5th cycle. However the same behaviour wasn't encountered after unconfined compression tests.

When only the 400 kPa confining pressure considered, decrement rates of the soil strength after 1, 5, 10 cycles compared to control group were found to be %16.93, %17.45 and %49.50 respectively.

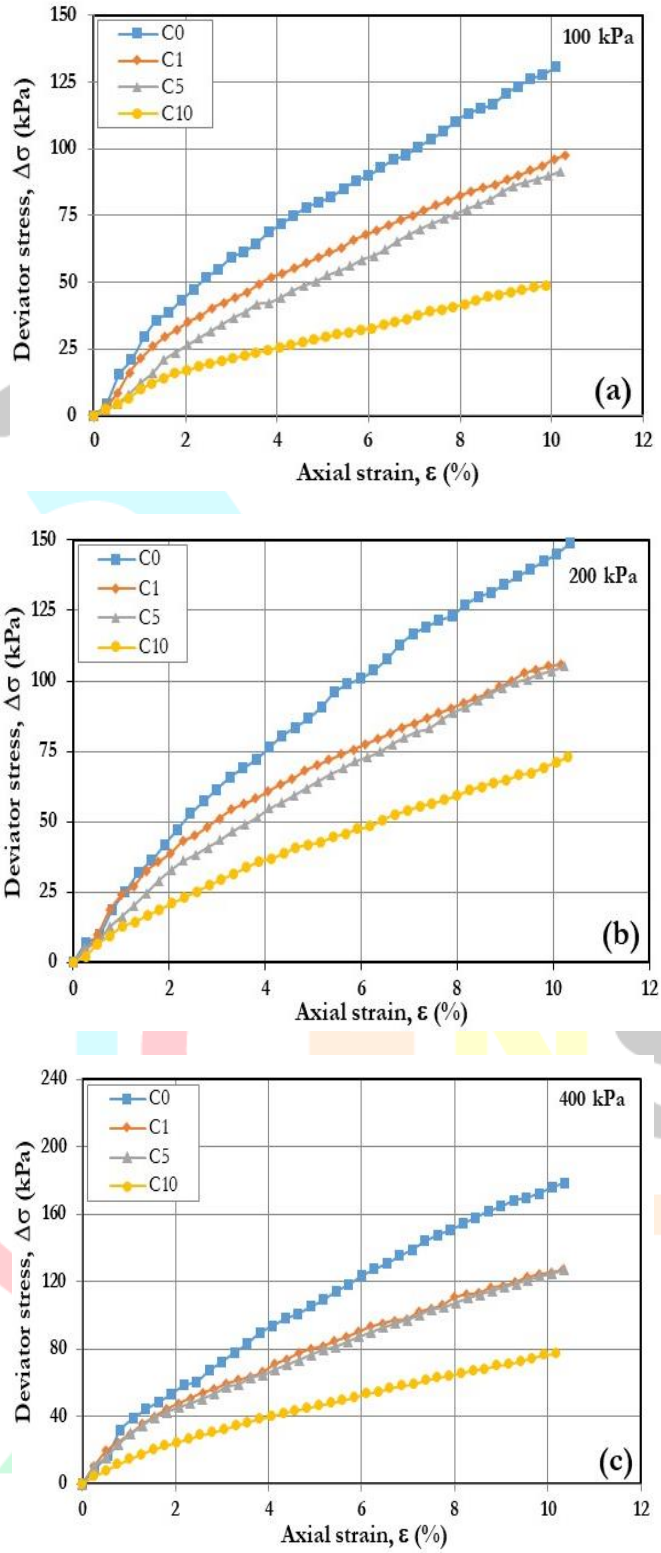


Fig. 6 *UU results at various confining pressures a)100 kPa b)200 kPa c)400 kPa*

3.3.Impact of Confining Pressure

Effect of confining pressure on soil strength was shown in Fig. 7 for 1, 5 and 10 cycles of freeze-thaw respectively. Although there wasn't a similar trend for each cycle, a

generalization that greater soil strength values achieved with increased confining pressure can be made.

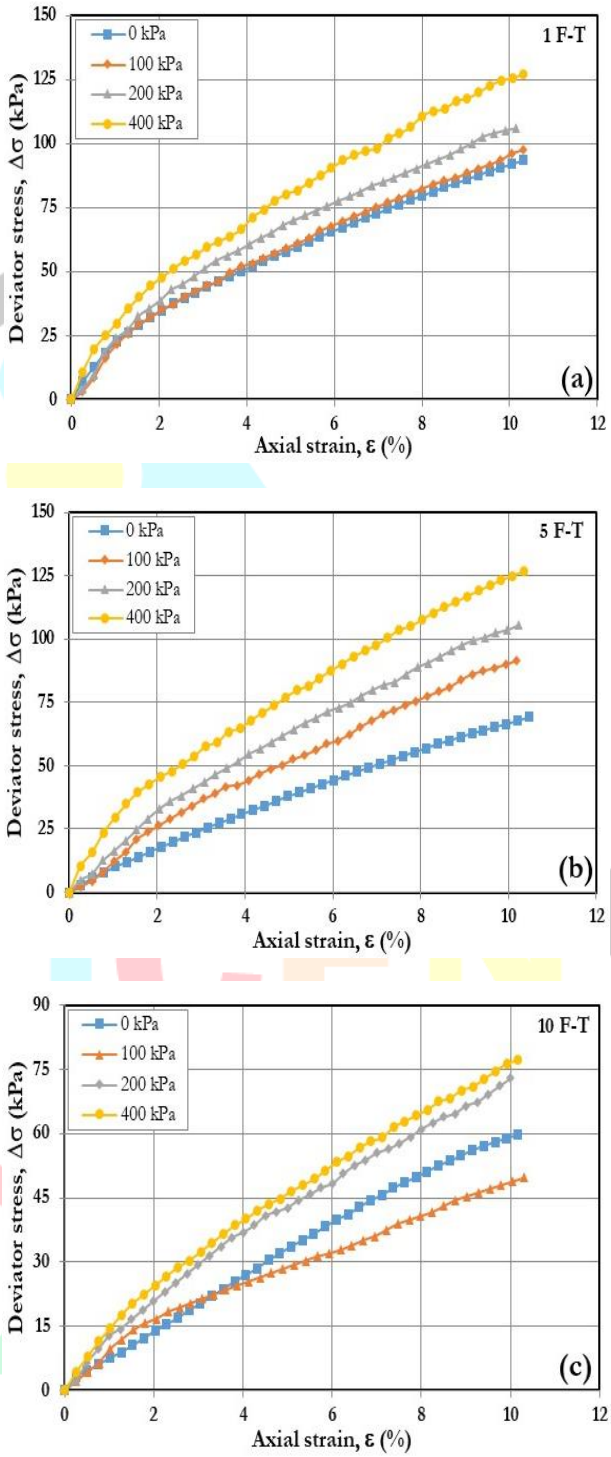


Fig. 7 *Effect of confining pressure after a)1 F-T b)5 F-T c)10 F-T*

4.Conclusion

In this study, laboratory work was carried out to investigate the cycle number and confining pressure impact on the strength of a cohesive soil subjected to freeze-thaw. A CL class soil at OWC was exposed to various freeze-thaw cycles. After the cycles, UCT performed on

both frozen and thawed samples, while the UU tests were carried out on only thawed samples at different confining pressures. The change of strength and soil behaviour was observed via drawn deviator stress – axial strain graphs. Results are pointed out below:

- For both performed tests, a significant reduction on soil strength was observed as the number of freeze-thaw cycles increased. Greatest reduction on strength was achieved after 10 cycles as %61.02 for unconfined compression test and %62.59 for triaxial compression test.
- It was found out from the stress-strain graphs of UCT that the soil behaviour shifted to a more ductile state after freeze-thaw cycles whereas no behaviour difference was observed according to UU test results. This was because the soil skeleton improves to some extent with increasing confining pressure.
- Given the experiments performed at different confining pressures, soil strength reduction was found to be variable. Decrement in the soil strength was observed to stabilize after the 5^{th} freeze-thaw cycle according to UCT results. However the significant reduction in soil strength has occurred after 10^{th} freeze-thaw cycle taking UU results into consideration.
- The strength of thawed samples was significantly affected by the number of cycles, while the strength of frozen samples has changed slightly. In comparison to control group, strength growth was obtained to be between %283.58 - %344.36. In addition to this strength of the thawed and frozen samples compared after 1, 5, 10 freeze-thaw cycles and the strength growth was determined as %630.94, %797.23 and %884.16 respectively.
- Deterioration of the soil skeleton due to freeze-thaw cycles was healed to some extent with increased confining pressure values. Healed state of the sample has been somewhere between thawed sample and control sample. Hence greater strength values were achieved as the confining pressure increased from 0 kPa to 400 kPa.

Acknowledgement

The authors are thankful to Ahmet Serdar KÖŞELİ and Ali YÜKSEL who provided full support.

References

Bell, F. G. (1992). *Engineering properties of soils & rocks 3rd. ed.* Butterworth Heinemann.

Jing, W., Xiaolong, Q., Chunli, W., & Yiming, X. (2013). Experimental research on shear strength of subgrade soil and plasticity index under different freeze-thaw cycles. *Applied Mechanics and Materials Vols 256-259* , 43-47.

Konrad, J.-M., & Samson, M. (2000). Hydraulic conductivity of kaolinite–silt mixtures subjected to closed-system freezing and thaw consolidation. *Canadian Geotechnical Journal Vol. 37*, 857-869.

Korshunov, A. A., Doroshenko, S. P., Nevrozov, A. L., & Boldyrev, G. G. (2021). Effect of freezing and thawing on soil permeability: newly equipment and experimental results. *Journal of Physics: Conference Series 1928*, 1-9.

Li, G., Ma, W., Zhao, S., Mao, Y., & Mu, Y. (2012). Effect of freeze-thaw cycles on mechanical behavior of compacted fine-grained soil. *Cold Regions Engineering 2012: Sustainable Infrastructure Development in a Changing Cold Environment*, 72-81.

Li, G., Wang, F., Ma, W., Fortier, R., Mu, Y., Mao, Y., & Hou, X. (2018). Variations in strength and deformation of compacted loess exposed to wetting-drying and freeze-thaw cycles. *Cold Regions Science and Technology 151*, 159-167.

Liu, J., Chang, D., & Yu, Q. (2016). Influence of freeze-thaw cycles on mechanical properties of a silty sand. *Engineering Geology 210*, 23-32.

Liu, K., Ye, W., & Jing, H. (2021). Shear strength and microstructure of intact loess subjected to freeze-thaw cycling. *Advances in Materials Science and Engineering*.

Lu, Z., Xian, S., Yao, H., Fang, R., & She, J. (2019). Influence of freeze-thaw cycles in the presence of a supplementary water supply on mechanical properties of compacted soil. *Cold Regions Science and Technology 157*, 42-52.

Meeravali, K., Alla, S., Syed, H., & Ruben, N. (2020). An analysis of freeze-thaw cycles on geotechnical properties of soft-soil. *Materials Today: Proceedings 27*, 1304-1309.

Othman, M. A., & Benson, C. H. (1993). Effect of freeze-thaw on the hydraulic conductivity and morphology of compacted clay. *Canadian Geotechnical Journal Vol.30*, 236-246.

Qi, J., Vermeer, P. A., & Cheng, G. (2006). A review of the influence of freeze-thaw cycles on soil geotechnical. *Permafrost and Periglac. Process. 17*, 245–252.

Simonsen, E., Janoo, V. C., & Isacsson, U. (2002). Resilient properties of unbound road materials during seasonal frost conditions. *Journal of Cold Regions Engineering Vol.16*, 28-50.

Tang, L., Cong, S., Gneg, L., Ling, X., & Gan, F. (2018). The effect of freeze-thaw cycling on the mechanical properties of expansive soils. *Cold Regions Science and Technology 145*, 197-207.

Viklander, P. (1998). Permeability and volume changes in till due to cyclic freeze/thaw. *Canadian Geotechnical Journal 35*, 471-477.

Wang, T.-l., Liu, Y.-j., Yan, H., & Xu, L. (2015). An experimental study on the mechanical properties of silty soils under repeated freeze–thaw cycles. *Cold Regions Science and Technology 112*, 51–65.

Zhang, F., Jing, R., Feng, D., & Lin, B. (2015). Mechanical properties and an empirical model of compacted silty clay subjected to freeze-thaw cycles. *Innovative Materials and Design for Sustainable Transportation Infrastructure*, 200-212.

INTERNATIONAL
CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL
SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Alüminyum Cephe Kaplama Sistemlerinin Eğilme Kapasitesinin Artırılması

Ömer Faruk YELEK[1]
Ferit ÇAKIR[2]
Selçuk DOĞRU[3]

Öz

Giydirme cephe sistemleri günümüzde birçok farklı yapı türünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, giydirme cephe sistemlerinin yapıya kazandırdığı estetik görünüş ve sağladığı üstün performans kriterleri sayesinde birçok modern yapıda tercih edilmeye başlanmıştır. Bu sistemlerin tarihi sürecinde çeşitli malzemeler kullanılsa da günümüzde alüminyum ve camdan oluşan kaplama sistemleri genel olarak en çok tercih edilen sistemler haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında alüminyum dış cephe kaplama sistemlerinin eğilme davranışı incelenmiş ve cephe sistemlerinin eğilme kapasitelerinin artırılmasına yönelik araştırmalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında alüminyum dış cephe kapama sistemlerinde sıklıkla kullanılan 6 adet farklı profil enkesiti belirlenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi ile bu en kesitlerin eğilme kapasiteleri belirlenmiştir. Ardından, en düşük eğilme kapasitesine sahip profil üzerinde malzeme özellikleri değiştirilerek sistemin eğilme kapasitesinin artırılması sağlanmıştır. Bu yöntemle giydirme cephe projelendirmelerinde genel kullanımda olan profillerin taşıma kapasitelerini aştığı durumlarda farklı malzeme özelliklerine sahip alaşımlarla sistemlerin eğilme kapasitelerinin artırılabileceği ve proje kısıtlarına göre kesitlerde değişiklik yapılamayacağı durumlarda bu yaklaşımın tercih edilebilir bir yaklaşım olacağı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Giydirme Cephe, Alüminyum Profil Sistemler, Eğilme Kapasitesi, Güçlendirilmiş Kesit

[1] M.Sc. Öğrencisi, Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
[2] Prof. Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0002-9641-2004
[3] Dr. Erbay Alüminyum A.Ş., Ar-Ge Departmanı, Orcıd: 0000-0003-4901-4967

Giriş

Giydirme cephe sistemleri, binaların dış yüzeylerini kaplamak için kullanılan modern bir yapı teknolojisidir. Bu sistemler, binalara estetik bir görünüm kazandırmak, koruma sağlamak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılır. Bu sistemler, çeşitli malzemelerin kullanılmasıyla tasarlanır ve binalara modern, şık ve dikkat çekici bir görünüm kazandırır. Giydirme cephe sistemleri, sadece görsel açıdan değil, aynı zamanda işlevsellik açısından da büyük avantajlar sunar. Binaları çevresel etkenlere karşı korur ve uzun ömürlü olmalarını sağlar. Su, rüzgâr, güneş ışığı, hava kirliliği gibi faktörlere karşı dayanıklı malzemeler kullanılarak binaların dış yüzeyleri korunur ve bakım maliyetleri azaltılır. Giydirme cephe sistemleri, tarihçesine baktığımızda ilk kez 1820 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Pensilvanya eyaletinde bulunan Philadelphia şehrindeki bir banka binasının cephesini kaplamak amacıyla kullanılmıştır (Şenkal, 2022). Bu tarihten itibaren giydirme cephe sistemleri, mimarlık ve inşaat sektöründe popüler hale gelmiş ve sürekli olarak yeniliklerle geliştirilmiştir. Günümüzde birçok modern yapıda yaygın bir şekilde kullanılan bu sistemler, estetik, işlevsellik ve enerji verimliliği açısından önemli bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Giydirme cephe sistemlerinin günümüze kadar ki gelişme sürecinde yapı elemanı olarak cam, prekast beton, terra-cotta, ince porselen seramik, kompakt lamine ahşap, taş, bakır, titanyum, çinko, paslanmaz çelik ve alüminyum kaplama elemanları kullanılmıştır. Çeşitli malzemelerin kullanılmasının yanı sıra yaygın olarak alüminyum malzemesi cam ile kompozit olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde giydirme cephelerin imalatında yoğun bir şekilde kullanılan alüminyum malzemesinin tercih edilme nedenleri cephe tasarımında esneklik sağlaması, kolay işlenebilir olması ve profil halinde kullanılabilmesidir. Alüminyumun giydirme cephe sistemlerinde tercih edilmesinin diğer etmenlerinden alüminyum malzemesinin 2,7 g/cm3 yoğunluğu ile diğer yapı elemanı olarak kullanılan çelik, bakır ve çinko gibi metal malzemelere kıyasla daha hafif olması imal edilirken işlenebilmesine ve şantiyeye ulaştırılmasında kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca aşınmaya karşı dayanıklı, çevreci, az enerji ile kalite kaybı olmaksızın geri dönüştürülebilir, ısıya karşı iyi bir reflektör sunan ve cephesinde kaplama yapılan binanın nefes almasına engel teşkil etmeyen bir malzeme olması alüminyumun tercih edilmesinde önemli hususlar sağlamaktadır (Shams, 2019; Doğru et al., 2022). Bu bilgiler doğrultusunda yaygın olarak kullanılan alüminyum giydirme cephe sistemlerinin bina ömrü boyunca istenilen performansı sağlamasını, sistemin stabil bir şekilde statiğini korumasını, yapısal elemanlarının dış yüklere ve çevresel etmenlere karşı tasarım hesaplarında kullanılan standartlardan bazıları ülkemizde de kullanılmaktadır. Bu tasarım standartlarından yaygın olarak Aluminum Design Manual 2020 : 2020 : Design of aluminium structures, The Aluminum Association (AA), USA ve EN 1999-1-1 : 2021 : Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules, The European Committee for Standardization, Belgium standartları kullanılmaktadır. Avusturalya'da da ADM standardına benzer AS/NZS 1664 standardı kullanılmaktadır. Bu standartlar alüminyum giydirme cephe sistemlerinin tasarım aşamasında mimar ve mühendisler tarafından kullanılarak yapılan analizler sonucunda sistemin statik durumu belirlenir ve analiz sonucuna göre uygun malzemeler seçilerek sistem imal etmeye hazır hale getirilir.



Şekil 1. Dış Cephe Kaplama Örnekleri (Google Images)

Giydirme Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması

Giydirme cephe sistemleri, genellikle ikincil taşıyıcı eleman olmakla birlikte düşeyde yalnızca kendi ağırlıklarını taşıyacak, rüzgâr ve deprem yükleri gibi yanal yükleri ana taşıyıcı elemanlara aktaracak ve sıcaklık, nem ve rutubet gibi çevresel etkilere karşı dayanıklı olacak şekilde tasarlanırlar. Alüminyum giydirme cephe sistemleri yapılan araştırma sonucunda kullanılan malzeme, sistem bileşenleri arasındaki ilişki, imalat ve montaj yöntemleri gibi farklı etmenler göz önünde bulundurularak yapıldığı görülmektedir. Şenkal (2022)'e göre ağırlığı 100 kg/m^2'den fazla olan yani beton esaslı panellerden oluşan sistemler "Ağır Asma Giydirme Cephe", ağırlığı 100 kg/m^2'den düşük olan yani giydirme cephe bileşenlerinin binanın taşıyıcı sistemi üzerine montajlandığı saydam ya da mat camlardan üretilen panel türü ise "Hafif Asma Giydirme Cephe" olarak iki farklı sınıfta nitelendirilmektedir (Şenkal, 2002). Alüminyum giydirme cephe sistemleri bu çalışma kapsamında imalat ve montaj koşulları göz önünde bulundurularak Çubuk Sistemler, Panel Sistemler ve Yarı Panel Sistemler olmak üzere üç başlık altında incelenmektedir. Bu sistemler Tablo 1'de karşılaştırılmış ve birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları sunulmuştur. Tablo 1'de yapılan karşılaştırmalara göre sektör bazında bakıldığında montajlanmasına göre yapılan üç sınıf giydirme cephe türünden panel sistem cepheler ve çubuk sistem cepheler avantajları nedeniyle daha çok tercih edilmektedirler.

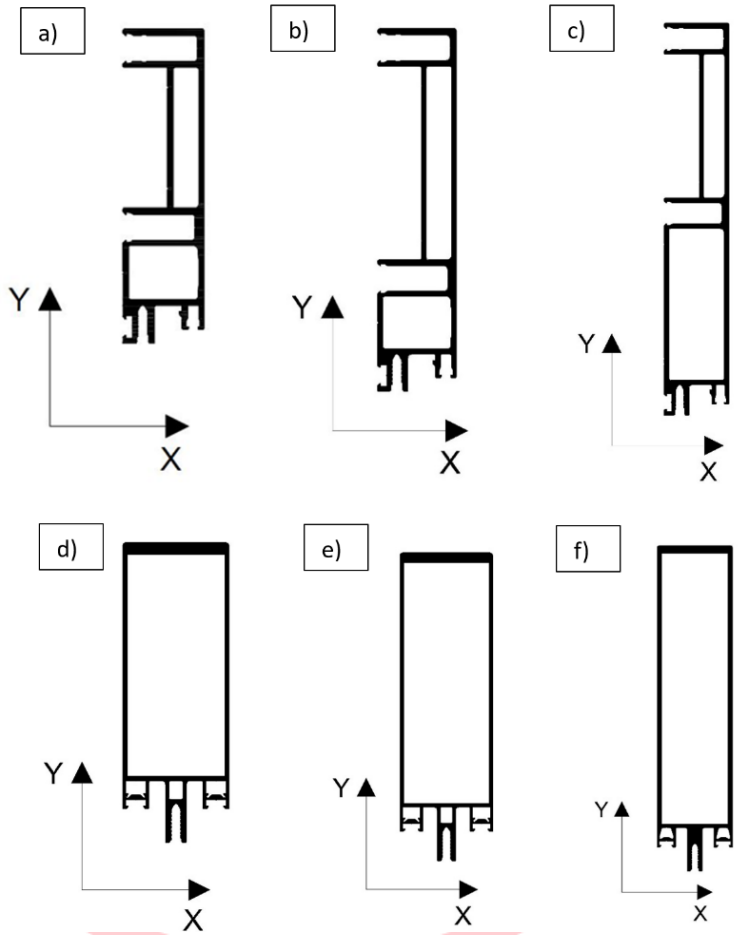
Tablo 1 - Giydirme cephe sistemlerinin karşılaştırılması (Ağdemir, 2017)

Çubuk Sistem	Yarı Panel Sistem	Panel Sistem
Profiller Şantiyede Birleştirilir.	Profiller Şantiyede Birleştirilir.	Paneller fabrikada hazırlanır
Şantiyede panel haline getirilen cam paneller şantiyede taşıyıcı ızgaraya bağlanır	Fabrikada panel haline getirilen cam paneller şantiyede taşıyıcı ızgaraya bağlanır	Cam paneller fabrikada hazırlanır ve fabrikada taşıyıcı çerçeveye montajlanır
Rijit bir sistemdir	Çubuk sisteme göre esnektir	Esnek bir sitemdir
Yarı panel ve panel sistemine göre düşük maliyetlidir.	Panel sisteme göre ekonomik, çubuk sisteme göre pahalıdır	Maliyeti yüksektir
İnce işçilik gerekir	Çubuk sisteme göre daha az işçilik isterken panele göre daha çok işçilik ister	İnce işçilik gerekmez
Hatalı montaja müdahale kolaydır.	Çubuk sisteme göre zor, panel sisteme göre kolaydır	Hata ve hasar durumunda telafisi zordur
Montaj süresi uzundur	Montaj süresi çubuk sistemden az panel sistemden uzundur	Montaj süresi kısadır
Montaj sırasında iş yükü fazladır	Çubuk sistemle aynı iş yüküne sahiptir.	Daha az insan gücü, daha çok makine gücü gerekir
Malzemenin şantiyede hasar görme olasılığı yüksektir.	Şantiyede hasar görmeden depolanır	Malzeme şantiyeye modül olarak geldiği için hasar görme olasılığı düşüktür
Montaj için iskelet gerekir	Montaj için vinç gerekir	Montaj için vinç gerekir
Yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu zayıftır.	Yatay hareketlere karşı doğru ve ekonomik bir çözümdür	Yatay ve düşey hareketlere karşı uyumu daha iyidir
İşçilik hata oranı yüksektir	İşçilik hata oranı çubuk sistemden az, panel sistemden yüksektir	Fabrikada hazırlandığı için hata oranı azdır

Alüminyum Giydirme Cephe Sistemi Eğilme Davranışı

Alüminyum giydirme cephe sistemleri, binaların dış yüzeylerinde estetik bir görünüm sağlamak, koruma ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla sıklıkla tercih edilen bir yapı teknolojisidir. Bu sistemlerin performansını analiz etmek ve optimize etmek için mühendislik hesaplamaları ve simülasyonları kullanılır. Bu çalışma kapsamında alüminyum giydirme cephe

sistemi eğilme davranışını belirlemek amacıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılmış ve giydirme cephe sistemlerinde çoğunlukla tercih edilen 3 adet çubuk cephe sistemi ve 3 adet panel cephe sistemi olmak üzere 6 adet kesit analiz edilmiştir (Şekil 2). Çalışma kapsamında ANSYS Workbench yazılımı kullanılmış ve non-linear analizler yapılarak kesitlerin eğilme davranışları belirlenmiş ve kapasite eğrileri çıkarılmıştır. Analizlerin ilk aşamasında kesitlerin basitleştirme çalışmaları yapılmış ve sonlu elemanlar analizinde hata verme olasılığı yüksek olan konstrüktif bölümler sadeleştirilmiştir. Basitleştirme çalışmalarında sistemin atalet momentinin en fazla ± %1 farklılık olacak şekilde sadeleştirilmesine dikkat edilmiş ve eğilme davranışına etki edebilecek bölümlerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Basitleştirme çalışmaları sonrasında oluşturulan karşılaştırma verileri Tablo 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışma Kapsamında Dikkate Alınan Kesitler, Erbay Alüminyum Schüco a) UDC35-125,
b) UDC35-155, c) UDC35205, d) FWS50-125, e) FWS50-150, f) FWS50-200

Tablo 2 – Basitleştirme Çalışmaları Sonucunda Elde Edilen Kesit Özellikleri

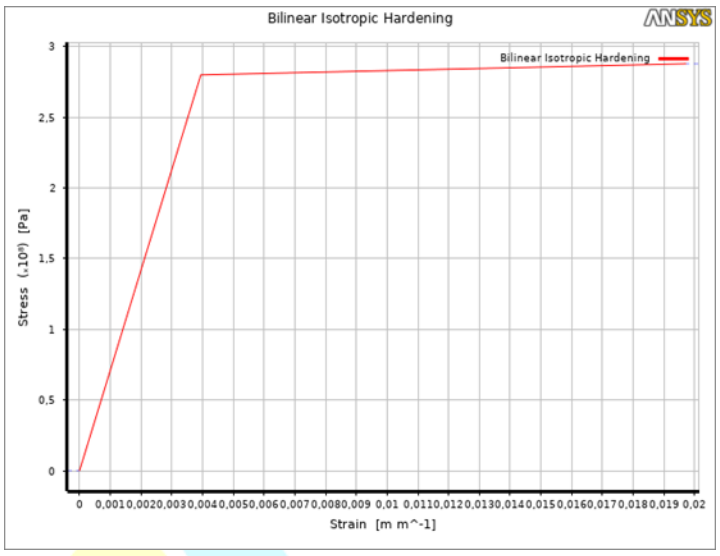
Poz	Kesit Özellikleri	Orijinal Kesit	Basitleştirilmiş Kesit	Fark
FWS50-125	A (mm^2) :	1132,05	1131,60	**% 0.04**
	I_x (mm^4) :	2788007,01	2793263,09	**% 0.19**
FWS50-150	A (mm^2) :	1232,47	1232,02	**% 0.04**
	I_x (mm^4) :	4240492,11	4246518,25	**% 0.14**
FWS50-200	A (mm^2) :	1858,39	1859,76	**% 0.07**
	I_x (mm^4) :	9736420,24	9762704,53	**% 0.27**
UDC35-130	A (mm^2) :	1095,68	1096,83	**% 0.1**
	I_x (mm^4) :	2071691,39	2088170,05	**% 0.8**
UDC35-155	A (mm^2) :	1210,68	1211,83	**% 0.09**
	I_x (mm^4) :	3290447,09	3313264,26	**% 0.69**
UDC35-205	A (mm^2) :	1541,06	1546,46	**% 0.35**
	I_x (mm^4) :	6765655,78	6811491,85	**% 0.68**

Sonlu Elemanlar Analizleri

Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık yapı sistemlerini daha küçük ve daha basit parçalara bölerek bu parçaları matematiksel modellerle temsil eden bir analiz yaklaşımıdır. Alüminyum giydirme cephe sistemleri için, yapısal bileşenlerin (paneller, destek elemanları, bağlantı elemanları vb.) eğilme davranışını analiz etmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Analizlerin ilk aşamasında malzeme tanımlama çalışmaları yapılmış ve bu aşamada Schüco profiline özgün malzeme tanımlaması yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizlerinde kullanılan malzeme özellikleri Tablo 3'te sunulmuştur. Analizlerde non-linear davranış gözlemlenmesi amacıyla doğrusal olmayan bilinear isotropic hardening malzeme modeli tanımlanmış ve Şekil 3'te verilen gerilme-şekil değiştirme eğrisi kullanılmıştır.

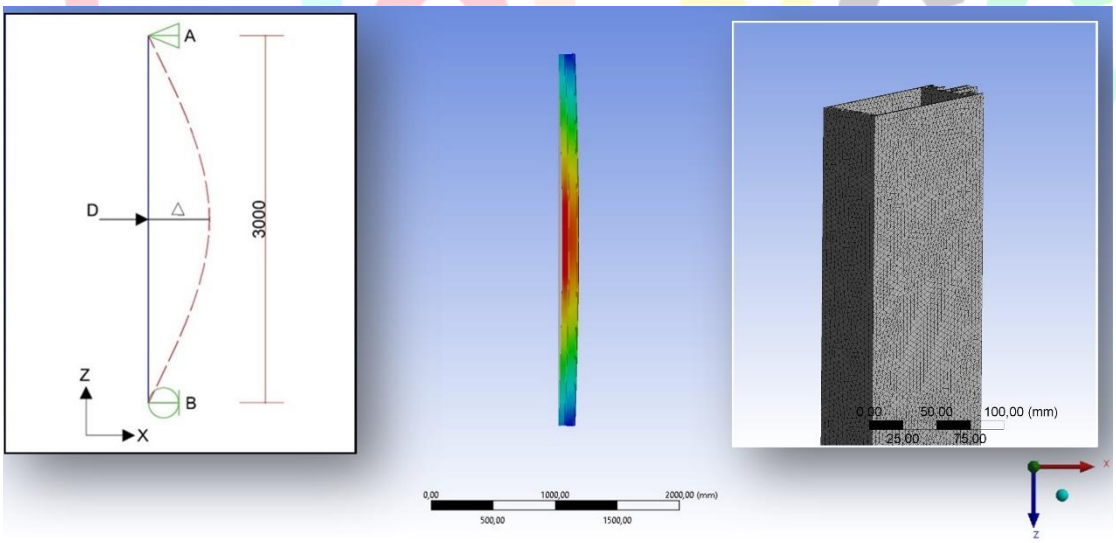
Tablo 3 - Sonlu Elemanlar Analizlerinde Kullanılan Malzeme Özellikleri

Malzeme Bilgileri	Özellik Değerleri	Birim
Yoğunluk, ρ	2770	Kg/m^3
Elastisite, E	$7,1x10^{10}$	Pa
Possion Oranı, υ	0,33	
Hacim Modülü, e	$6,96x10^{10}$	Pa
Kesme Modülü, G	$2,669x10^{10}$	Pa
Akma Dayanımı, σ	280	MPa
Tanjant Modülü	500	MPa

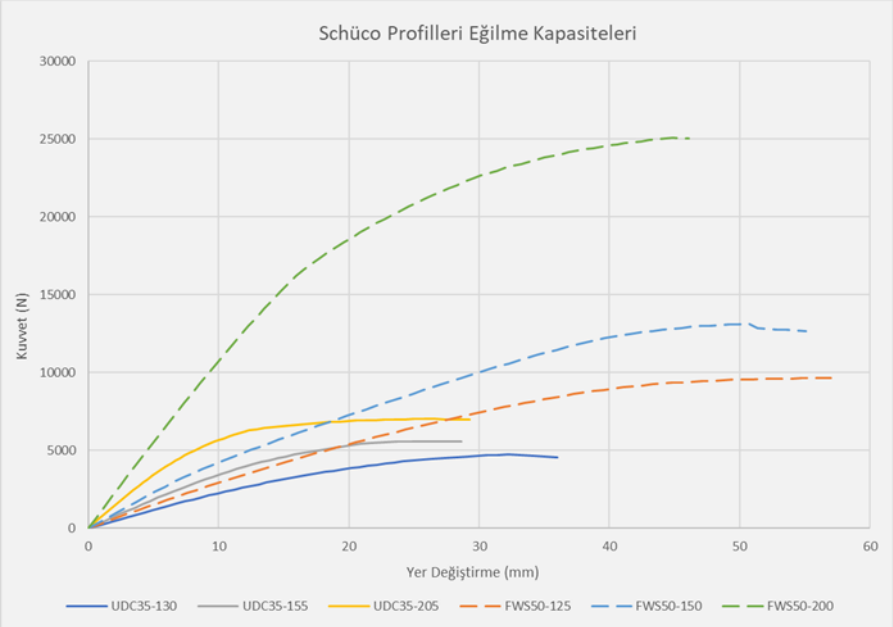


Şekil 3- Doğrusal Olmayan Malzeme Modeli

Çalışma kapsamında incelenen kesitlerin sonlu elemanlar modeli oluşturulurken tüm kesitlerin aynı sınır şartlara ve aynı yükseklik oranlarına sahip olmasına dikkat edilmiş ve sistem ağırlık merkezinden artımsal olarak itilerek itme analizi yapılmıştır. Şekil 4'te sistemin sınır şartları ve oluşturulan sonlu elemanlar modeli sunulmuştur. Çalışma kapsamında yapılan non-linear itme analizleri sonucunda sistemlerin yük-deplasman grafikleri hazırlanarak kapasite eğrileri çıkarılmış (Şekil 5) ve bu grafikler dikkate alınarak her bir kesitin maksimum şekil değiştirme miktarı (Lu,max), yönetmeliklere göre izin verilebilir şekil değiştirme miktarı (L/200), taşıma yükü ve enerji sönümleme kapasiteleri hesaplanmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar Tablo 4'te özetlenmiştir.



Şekil 4. Kesitlerde Sınır Şartları ve Sonlu Elemanlar Modeli



Şekil 5. Kesitlerin Yük-Deplasman Eğrileri

Tablo 4- Sonlu Elemanlar Analizleri Sonucunda Elde Edilen Sonuç Değerler

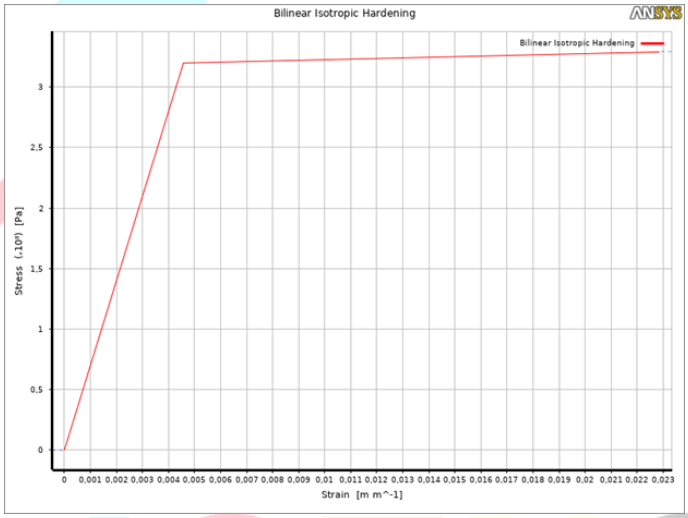
Poz	Konum	Yer Değiştirme	Taşıma Yükü	Enerji Sönüm Kapasitesi
UDC35-130	L/200	15 mm	3152,7 N	25249,5 J
	$L_{u,\,max}$	32,2 mm	4756,5 N	96676,5 J
UDC35-155	L/200	15 mm	4591,6 N	38239,3 J
	$L_{u,\,max}$	26,04 mm	5578,7 N	96512,88 J
UDC35-205	L/200	15 mm	6575,2 N	63471,3 J
	$L_{u,\,max}$	25,81 mm	7009,7 N	$1{,}4x10^5$ J
FWS50-125	L/200	15 mm	4221,4 N	32803,6 J
	$L_{u,\,max}$	56,27 mm	9633,9 N	$3{,}6x10^5$ J
FWS50-150	L/200	15 mm	5798,7 N	47314,56 J
	$L_{u,\,max}$	50,66 mm	13137 N	$4{,}18x10^5$ J

Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Eğilme Kapasitesinin Artırılması

Çalışmanın ikinci bölümünde sonlu elemanlar analizleri sonucunda elde edilen eğilme kapasiteleri incelenmiş ve en kötü davranışı sergileyen UDC35-130 kesitinin eğilme kapasitesinde iyileştirme yapılmasına yönelik çalışmaya geçilmiştir. Bu aşamada gelenlikle malzeme değişikliği, kesit değişikliği, ve ilave güçlendirme takviyelerinin kullanılması gibi yaklaşımlar bulunmasıyla birlikte bu çalışma kapsamında yalnızca malzeme değişikliği dikkate alınmış ve sistemin malzemesi değiştirilerek eğilme kapasitesinin artırılmasına çalışılmıştır. Bu aşamada alüminyum malzeme kullanımından vazgeçilmemiş ancak farklı alaşımlara yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda akma ve kopma değeri diğer alaşımlara göre yüksek olan 7075 T6 alaşımı kullanılmıştır. 7075 T6 alaşımına ait malzeme özellikleri Tablo 5'de ve gerilme-şekil değiştirme eğrisi Şekil 6'da verilmiştir.

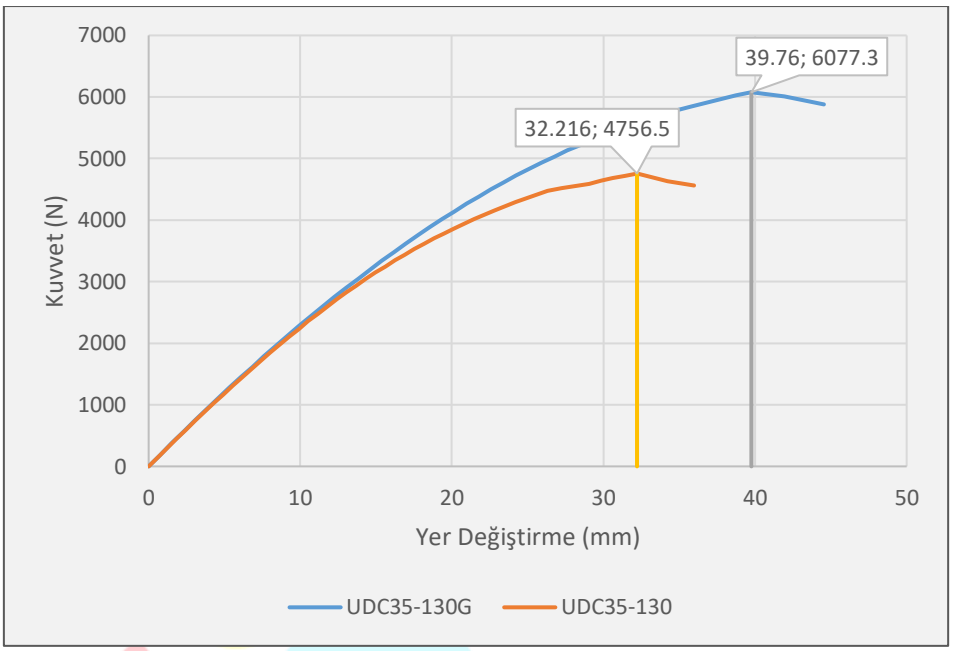
Tablo 5 – Eğilme analizinde kullanılan Schüco profili için yeni malzeme bilgileri

Malzeme Bilgileri	Özellik Değerleri	Birim
Yoğunluk, ρ	2810	Kg/m^3
Elastisite, E	$7,2x10^{10}$	Pa
Possion Oranı, υ	0,33	
Hacim Modülü, e	$7,058x10^{10}$	Pa
Kesme Modülü, G	$2,71x10^{10}$	Pa
Akma Dayanımı, σ	460	MPa
Tanjant Modülü	748	MPa



Şekil 6. 7075 T6 Alaşımına Ait Bilinear Isotropic Hardening Gerilme-Şekil Değiştirme Grafiği

Malzeme özellikleri değiştirilmiş kesite ait sonlu elemanlar analizlerinde sistemin sınır şartları, yükleme durumu ve profil yükseklikleri çalışmanın birinci aşamasındaki kabullere göre yapılmıştır. Bu kapsamında sistem ağırlık merkezinden itilerek doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiş ve yeni kesite ait eğilme kapasitesi çıkarılmıştır. Ardından bu eğri çalışmanın ilk bölümünde elde edilen kapasite eğrisi ile karşılaştırılmış ve iyileştirilmiş kesit (UDC35-130G) ile normal kesit (UDC35-130) için karşılaştırma grafiği ve tablosu hazırlanmıştır (Şekil 7 ve Tablo 6). Şekil 7 ve Tablo 6'dan görüleceği gibi sistemin malzeme özelliklerinde yapılan değişiklikler eğilme kapasitesinde gözle görülür bir artış sağlamış ve özellikle sistemin enerji sönümleme kapasitesi %50'den daha fazla artmıştır. Sistemde meydana gelen maksimum deplasmanlara bakıldığında ise malzeme özellikleri değiştirilen kesitin başlangıç kesitine göre %23.4 daha fazla deplasman yapabildiği ve %27.8 daha fazla taşıma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. UDC35-130G ve UDC35-130 Kesitlerine Ait Kapasite Eğrileri

Tablo 6 – UDC35-130G ve UDC35-130 Karşılaştırma Tablosu

	İlk Durum	**Son Durum**	**Fark**
	UDC35-130	UDC35-130G	
I_x, Atalet Momenti	2088170,05	2088170,05	-
Maks. Yer Değiştirme	32,22 mm	39,76 mm	%23,4
Maks. Kuvvet	4756,5 N	6077,3 N	%27,8
Maks. Enerji Emme Kapasitesi	96676,5 J	149500 J	%54,6

Sonuçlar

İnşaat sektörü günümüzde hızla büyümekte olup yapıların dış görünüşlerine verilen önem giderek artmaktadır. Özellikle yapıların estetik ve güzel görünümü sağlamak için farklı cephe sistemleri kullanılmakta ve yapıların cephelerine giydirme sistemler yapılmaktadır. Bu kapsamda, binaların estetiğini ve koruyucu işlevlerini sağlamak için yaygın olarak tercih edilen alüminyum cephe kaplama sistemleri dikkat çekmektedir. Bu çalışma kapsamında alüminyum dış cephe kaplama sistemlerinde çoğunlukla tercih edilen altı farklı kesite ait eğilme davranışları incelenmiş ve bu kesitler içinde en kötü eğilme davranışına sahip olan kesit üzerinde eğilme kapasitesini artırmaya yönelik çalışma yapılmıştır. Çalışmada sistemin malzeme özelliklerinde değişiklik yapılarak yapısal davranışında iyileştirilme sağlanmış ve herhangi bir kesit değişikliği olmadan sistemin eğilme kapasitesi artırılmıştır. Çalışma sonucunda alüminyum cephe kaplama sistemlerinin eğilme kapasitesini artırmak için farklı malzeme özelliklerine sahip alaşımları kullanılması yönteminin faydalı olacağı görülmüştür. Ayrıca, proje kısıtlarına bağlı olarak kesitlerde değişiklik yapılamadığı durumlarda bu yaklaşımın tercih edilebilir bir çözüm olduğu gösterilmiştir.

Kaynaklar

Ağdemir, A. (2017). Giydirme cephe sistemleri ve kaplama elemanlarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Doğru, S. Çakır, F. Akbaş, B. (2022). Structural Evaluation of Unitized Curtain Wall Systems by Using Inter-Story Drift Test. Challenge Journal of Structural Mechanics. *(3)*. 17-26.

Shams, K. A. (2019). Alüminyum Giydirme Cephe Sistemlerinde Tasarım ve Uygulama İlkeleri: Polonya Örnekleri Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Şenkal, F. (2002). Yapıda Giydirme Cephe Sisteminin Kullanımında Optimal Konfor Koşullarının Sağlanması İçin Performans Kriterlerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Analytical Modeling of Flexural Dominant Reinforced Concrete Columns

Erkan BICICI[1]

Abstract

Modeling of reinforced concrete (RC) columns is a critical topic for evaluating performance of RC structures. There have been several attempts and modeling technique for the calculation of lateral displacement of RC columns under lateral and axial loading. In this study, four different methods are used to model and analyze a flexural dominant RC column. An open-source structural analysis software is utilized. The envelope of lateral load-displacement relationship is calculated for a previously tested RC specimen. Four different parameters are focused in the envelope relation; i) peak lateral strength, ii) corresponding displacement for peak strength, iii) stiffness of the column and iv) lateral strength at the end of the analysis. The calculated four parameters for different models are compared with the experimental results for positive and negative loading sides.

Keywords: reinforced concrete structures; reinforced concrete columns; flexural-dominant columns; OpenSees;

[1] Dr. Ögr. Üyesi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Orcid: 0000-0003-0612-2845

Introduction

Modeling of a reinforced concrete (RC) structures is a challenging topic for researchers. The behavior of RC structures should be understood under seismic loading to prevent catastrophic event. To accurately model whole structure, modeling at element level should be defined well. Columns may be the most vital part of the structures because the failure of column may lead partially or entirely collapse of the structure. However, the failure of the beam has local effect on the structure.

There are several methods and software for analytical modeling of an RC column. Modeling RC columns designed without following seismic requirements needs additional attention due to having dominant shear displacement. The shear displacement component of total lateral displacement may up to 40% for non-seismic RC columns. Controversially, for the columns designed by following seismic requirements, for the flexural-dominant columns, the shear displacement can be less than 10% of total displacement (Lehman and Moehle, 2000). Thus, the shear displacement for a well-designed RC column can be ignored. Analyzing and modeling non-seismically designed (non-ductile) RC columns are beyond the scope of this study.

This study focuses on the modeling and analyzing flexural-dominant RC columns. There are several methods to calculate lateral force-displacement relationship of the columns. In this study, a previously tested RC column, Specimen-7 tested by Takana (1990), is studied for different kinds of modeling. The specimen was created as expected to experience flexural-dominant behavior. Having adequate transverse reinforcement and 135^{o} hooks at the ends of reinforcement provide flexural behavior. The column was created as cantilever, one end free and one end fixed, and tested under quasi-static cyclic loading and constant axial loading.

In this study, Open System for Earthquake Engineering Simulation, OpenSEES, is a software developed for structural analysis using finite element modeling by Pacific Earthquake Engineering Research Center (McKenna, 1997) is utilized for modeling and analyze. Four different modeling methods are considered, the analytical results for the methods are calculated and compared with the experimental measurements. For the comparison, four parameters, lateral peak strength and corresponding lateral displacement, stiffness of column and the lateral strength at the end of the analysis are studied. Finally, advantages and disadvantages of each method are discussed.

Tested Specimen

In this study, a previously tested column Specimen-7 by Takana (1990) is modeled in OpenSees and analyzed under monotonic and constant axial loading. The column was tested as cantilever column, fixed at one end of the column and other is free. The column is 550 mm square column (Figure 1). The column has 12 No.20 equally distributed longitudinal reinforcement over the cross-section of the column. Additionally, No.12 four legs transverse reinforcement is provided in the column. Transverse reinforcement is located with spacing of 90 mm at the fixed end of the column (Figure 1).

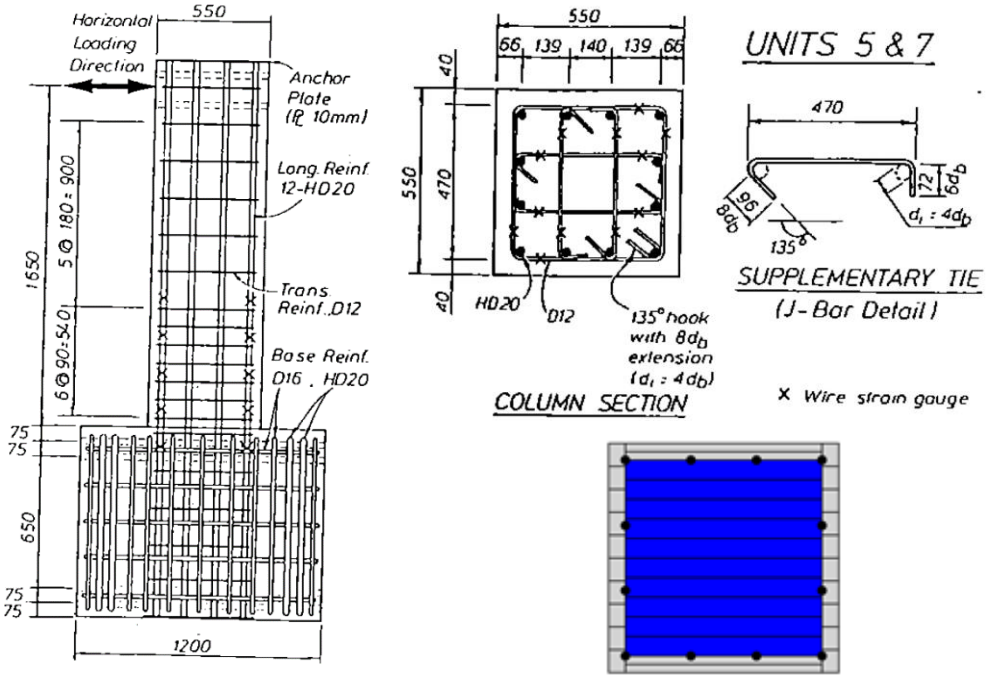


Figure 1: Details of tested specimen (Specimen-7) by Takana (1990).

The tested length of the column is 1650 mm and test is conducted under quasi-static cyclic loading. Furthermore, a compressive axial load is applied during the experiment. The axial load is 30% of its axial capacity (30% $f_c' \cdot A_g$; where f_c' is compressive strength of concrete and A_g is area of cross section). In terms of material properties, the column was constructed with a concrete having compressive strength of 32 MPa. Additionally, the yield strength of longitudinal reinforcement bars is 515 MPa.

Analytical Model

The described RC column is modeled by using an open-source structural analysis software (OpenSees, Mckenna, 2004). The column is created by using uniaxial material models. The usage of bi- and tri-axial materials requires more parameters to accurately simulate both material models and relation between materials. Finite element analysis with multi axial material model (3D model) also needs more complicated software. Providing accuracy by keeping simplicity is also a focus of this study. Thus, OpenSees can be a wisely choice for both modeling and analyzing the RC column's analytical model.

The created cross-section in OpenSees for the specimen is shown in Figure 1. The section has been modeled with three different materials; i) confined concrete, ii) unconfined concrete, and iii) reinforcing steel. The compressive strength of unconfined concrete was reported as 32 MPa (Takana, 1990). To calculate compressive strength of confined concrete, previously developed model by Mander et. al (1989) is used. After applying the developed equation, the compressive strength of confined concrete is calculated as 42 MPa. Furthermore, the yielding strength of reinforcing steel was reported as 515 MPa. The strain-stress relationship of materials in the cross-section of the column is modeled with material options

available in OpenSees material library. *Concrete01* and *Concrete 04* are used to simulate stress-strain relationship of unconfined and confined concrete, respectively. Additionally, reinforcing steel behavior is modelled with bilinear relation which is obtained by *Steel01*. Finally, it should be noted that the analytical model is conducted with considering P-Delta effect.

The cross-section properties of the column are same for all types of macro models. The previously tested column is modeled with four different macro model (Figure 2). The models are named as; bare, fixed, rigid, and spring models.

In the Bare Model, a flexural element having the length of the experiment specimen (1650 mm, Figure 1) is created with the previously described cross-section. The one end of the flexural element is created as fixed at all degree of freedom while the top of the element is free (Figure 2a). The monotonic displacement history is applied at the top of the element (free end). Then, the base reaction for all displacement is recorded. The calculated lateral load-displacement relationship for Bare Model is shown in Figure 3.

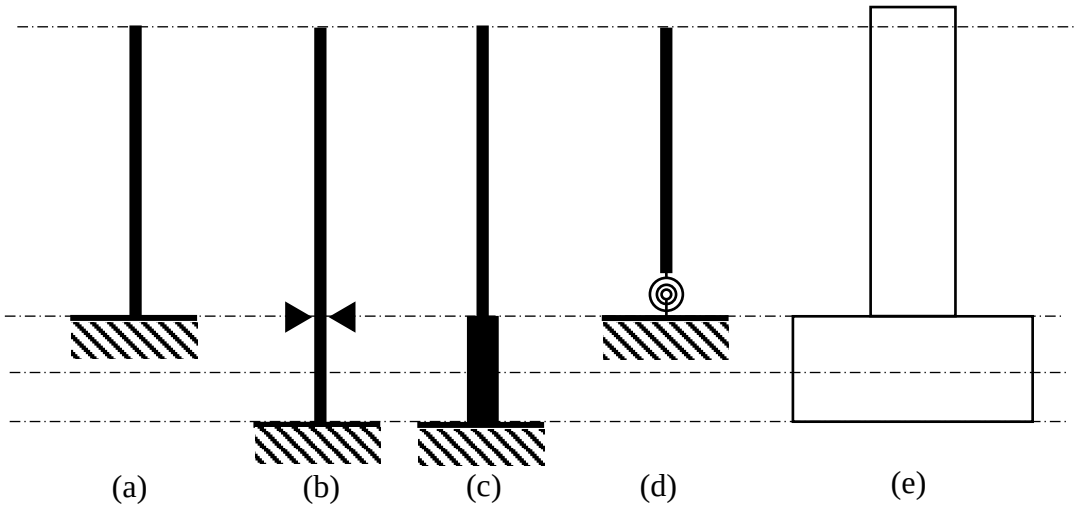


Figure 2: Representations of analytical models for an RC column; a) bare column model, b) laterally fixed end model, c) rigid end model, d) spring model, and e) experiment.

In the Fixed Model, a flexural element is created having the length of whole specimen including the foundation (2600 mm, Figure 1). The element is fixed at the bottom end free at the top. However, in this modeling technique, lateral displacement is fixed at the top of the foundation (Figure 2b). The displacement history is applied at the top of the element, and the sum of the reactions at the top and bottom of the foundation is calculated. The relationship of lateral load-displacement calculated with Fixed Model is shown in Figure 3.

In the Rigid Model, same with Fixed Model, the length of the flexural element is the length of the whole specimen including foundation. However, in this approach, the foundation is modeled as rigid element (Figure 2c). The bottom of rigid element is fixed while the top of the flexural element is free. The displacement history is applied at the free end of flexural element and reaction forces at the fixed end of the rigid element is recorded. The calculated relationship of lateral load-displacement is shown in Figure 3.

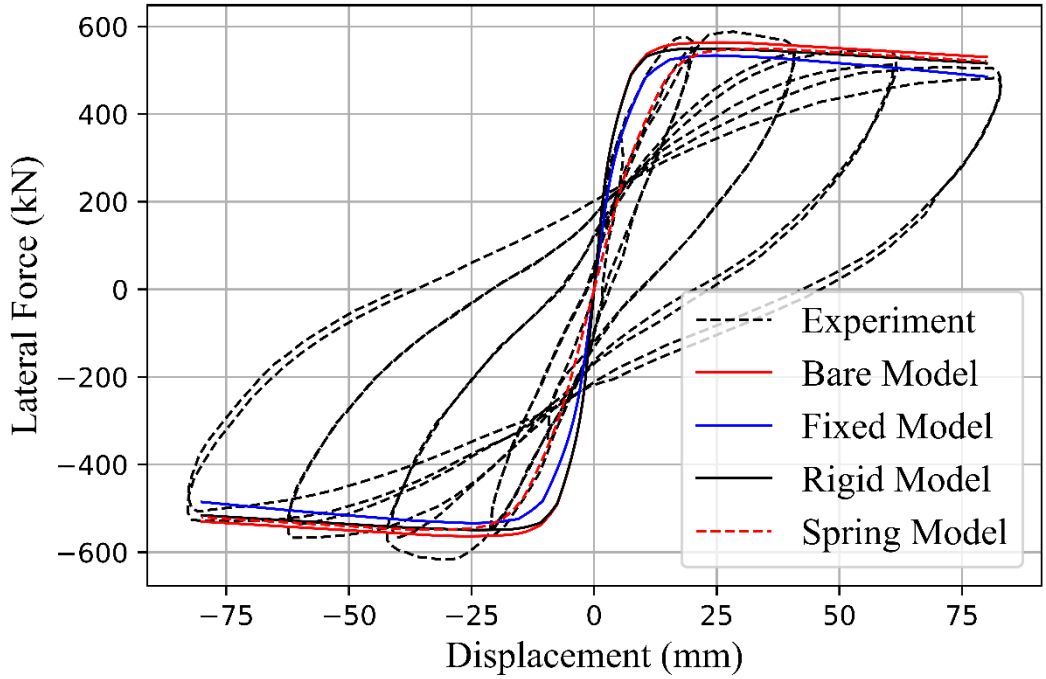


Figure 3: The calculated and measure lateral load-displacement relationship of the specimen.

In the application of Spring Model, like bare model, the length of the flexural element is set as the top of the foundation to the loading point (1650 mm, Figure 1). However, in this modeling, at the fixed end of the flexural element, a *zero-length* spring is applied to simulate strain accumulation at the foundation-column connection and elongation of the longitudinal bars. The applied spring is considered as elastic. To calculate the stiffness of the spring, a formulation developed by Elwood and Eberhard (2009) is used.

$$k_{slip} = \frac{8u}{d_b f_s} EI_{flex}$$

where; $u = 1.0\sqrt{f_c'}$ is bond stress, d_b is longitudinal bar diameter and f_s is tension stress of longitudinal bars assumed as yield strength. Additionally, EI_{flex} is effective stiffness of the column which can be calculated from moment-curvature analysis of the section. The top displacement and base reaction relationship of spring model is shown in Figure 3.

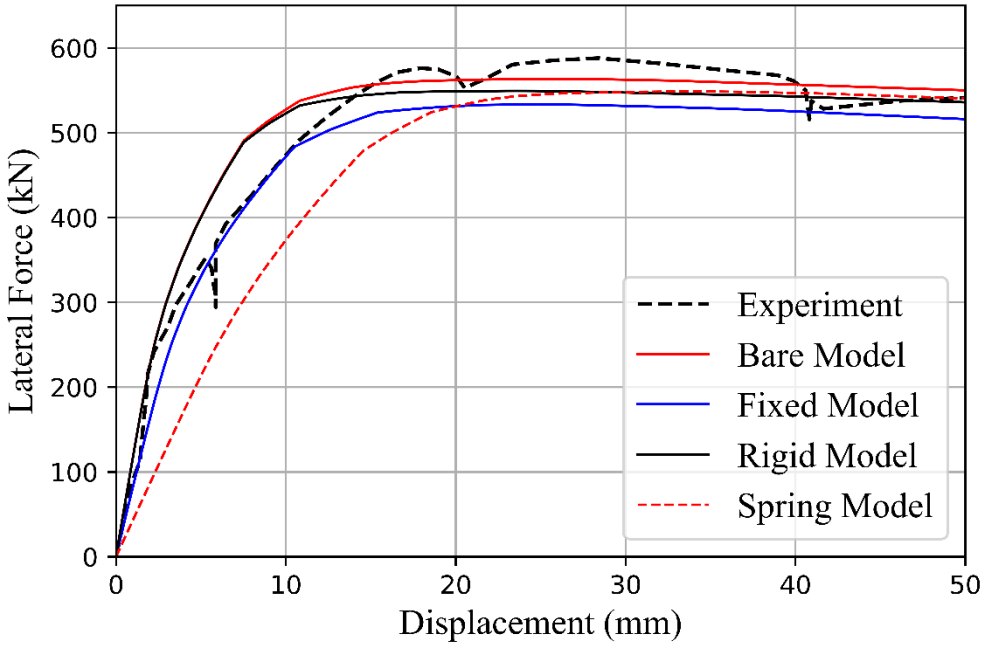


Figure 4: The calculated and measure lateral load-displacement envelope relationship of the specimen for positive loading side.

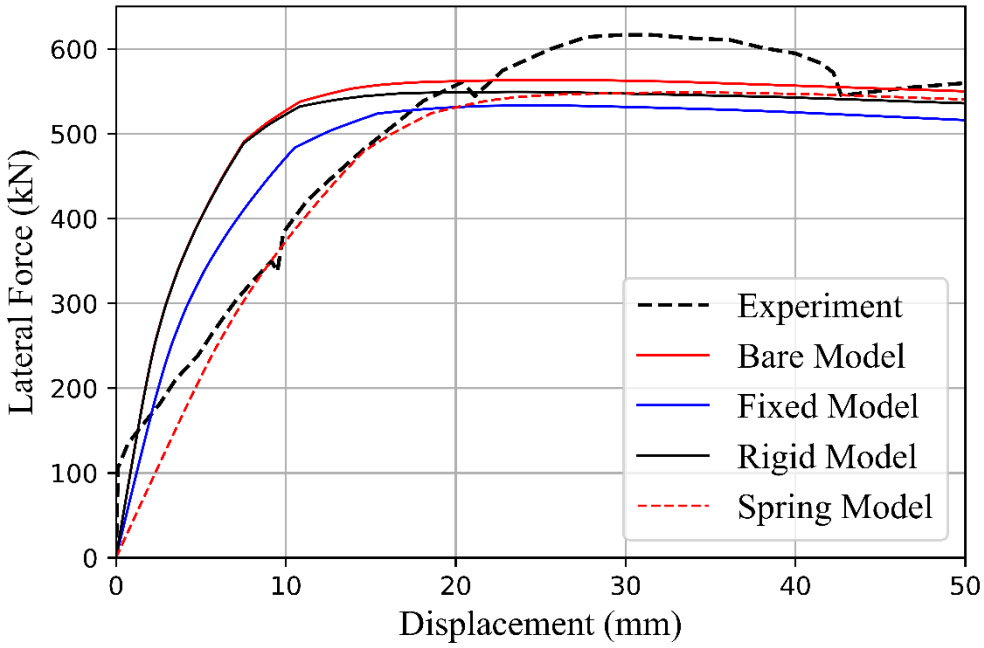


Figure 5: The calculated and measure lateral load-displacement envelope relationship of the specimen for negative loading side.

The calculated lateral load-displacement relationship for all modeling types are shown in Figure 3 with experimental cyclic result of the tested specimen. Furthermore, the calculated

and measured lateral load-displacement relationships for envelope are compared in Figure 4 and 5 for positive and negative loading side, respectively.

Results and Discussion

Figure 4 and 5 provides better insight for the results of the modeling types. Besides, Table 1 summarizes results of the analysis in terms of peak strength, displacement corresponding peak strength, stiffness of the column, and lateral strength at the end of analysis. Furthermore, Table 2 shows comparison of each terms with experimental data for positive and negative loading sides.

Table 1: Results of Quasi-static Analysis with Different Types of Modeling

	Peak Strength [kN]	Displacement for Peak Strength [mm]	Stiffness of Column [kN/mm]	Lateral Strength at End [kN]
Experiment Positive Side	588	28.4	20.70	448
Experiment Negative Side	616	29.8	20.67	509
Bare Model	563.5	25.9	21.76	530
Laterally Fixed Model	533.76	24.8	21.52	485.43
Rigid End Model	549.4	23.6	23.28	515.78
Spring Model	548.67	30.1	18.23	520.1

According to Table 1, calculated peak strengths with all types of modeling techniques are underestimated compared with experimental results for both positive and negative loading sides. The peak strength calculated with Bare model is the closest to the experimental results as can be seen in Table 2. However, in terms of the displacement corresponding to the peak strength, the best calculation comes from the Spring Model.

Table 2: Comparison of calculated parameters with measured parameters. (Cal/Exp)

	Peak Strength [%]		Displacement for Peak Strength [%]		Stiffness of Column [%]		Lateral Strength at End [%]	
	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative	Positive	Negative
Bare Model	95.83%	91.48%	91.20%	86.91%	105.08%	105.25%	118.30%	104.13%
Laterally Fixed Model	90.78%	86.65%	87.32%	83.22%	103.95%	104.12%	108.35%	95.37%
Rigid End Model	93.44%	89.19%	83.10%	79.19%	112.44%	112.62%	115.13%	101.33%
Spring Model	93.31%	89.07%	105.99%	101.01%	88.04%	88.18%	116.09%	102.18%

The stiffness of the column is overestimated with all tested models except Spring model. According to the Table 2, it can be concluded that the more accurate way to calculate the stiffness of the column may be the Laterally Fixed Model. The lateral strength at the end of analysis calculated by Laterally Fixed Model is also closest to the experimental results.

Conclusions

The calculation of response of RC columns under both lateral and axial loading is still a critical research field. To diminish the effect of catastrophic event such as earthquake, the behavior of RC structures should be well understood. The evaluation of entire structure requires

an accurate element level calculation. In this view, this study focuses on the analytical modeling of flexural-dominant RC columns. A previously tested RC specimen is modeled and analyzed with four different modeling techniques. The calculations of each models are compared with the experimental results. The results are studied in four critical parts as; i) peak strength, ii) displacement for peak strength, iii) stiffness of the columns, and iv) the lateral strength at the end of the analysis. An open-source structural analysis software is used for both modeling and analysis.

According to the comparison of calculated and measured parameters, Bare Model may be the better option to calculate the peak strength. The calculation of the displacement at the peak strength is achieved by Spring Model. However, when it comes to the stiffness of the columns, Laterally Fixed Model calculates the closest to the experiment. Laterally Fixed Model is also shows the best performance for the calculation of the lateral strength at the end of the analysis. The results of this study can be provide a useful insight about how to calculate the response of RC columns. The accurate model for columns may lead accurate estimation of the behavior of the entire structure.

References

Elwood, K.J., and Eberhard, M.O., (2009) “Effective stiffness of reinforced concrete columns,” ACI Structural Journal, Vol.106, No.4, pp.476-484.

Lehman D.E., Moehle J.P., (2000) “Seismic performance of well-confined concrete bridge columns.” Report No. PEER-1998/01, Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Mander, J.B., Priestly, M.J.N., and Park, R., (1988) “Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete,” Journal of Structural Engineering, ASCE Vol.114, No.8, pp.1804-1826.

McKenna, F., Fenves, G.L., and Scott, M.H., (2004) “Open system for earthquake engineering simulation.” Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

Tanaka, Hitoshi. 1990. “Effect of Lateral Confining Reinforcement on the Ductile Behavior of Reinforced Concrete Columns.” Ph.D. Dissertation, Christchurch, University of Canterbury, pp.458.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

The Mechanical Behavior of Sand at a High Degree of Saturation

Safi Nashat Safi ALJALIL[1]
Murat Ergenekon SELÇUK[2]

Abstract

Soil behavior can be affected by many internal and external factors. As a result of these effects, the physical and engineering properties of the soil vary. For granular soils, the degree of saturation has a great influence as well as the grain size and grain shape properties. Since the high degree of saturation affects the behavior of soil grains unpredictably, it is considered one of the worst cases in geotechnical engineering in design and practice. The shear behavior also shows great changes according to the degree of saturation. As the soil approaches the full saturation degree, the bonds between the soil particles become stronger, while the bonds become weaker as they move away from the full saturation degree. This study investigated the variation of shear strength depending on the degree of saturation. Well-graded fine sands were prepared in different degrees of saturation (dry, 90%, 95%, and fully saturated). Small-scale direct shear tests were applied to the prepared samples under 3 different normal stresses (50, 100, and 200 kPa). Peak and residual behavior were observed in all direct shear tests. Depending on the peak shear stresses obtained as a result of the experiments, internal friction angle and cohesion, which are the shear strength parameters, were determined from the Mohr-Coulomb failure envelope. As a result, the variation of the shear behavior of the fine sands depending on the saturation rate was presented with graphics, and the variation of the internal friction angle and cohesion according to the saturation rate was explained. In addition, while the relationship between the degree of saturation and particle arrangement is observed, the optimum time required to saturate the sand samples has been determined.

Keywords: partially saturated, behavioral change, shear strength, particle arrangement.

[1] Civil Engineer, Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineer, Orcid: 0009-0006-9741-9589
[2] Assistant Professor, Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineer, Orcid: 0000-0003-1890-7965

1.Introduction and literature review

1.1.Introduction

The scope of the study is the mechanical behavior of partially saturated sand at high percentages, it will carry out the main aspects that geotechnical engineers are mostly concerned with which is shear strength and its relationship with the angle of friction and the deformation stress. These mechanical properties will be practically examined with direct share apparatus in order to observe closely the behavioral change due to the change in the degree of saturation.

when the soil sample is fully saturated nearly all the voids are filled with water, where adhesion and cohesion resist the shear, meanwhile if the sample is affected by evaporation due to temperature Or water leak the water leaves behind an empty void, this vacuum spaces have less pressure than the atmosphere. Particles are pulled, sucked, and stuck together due to suction, Therefore this phenomenon theoretically proves that the shear strength should be stronger.

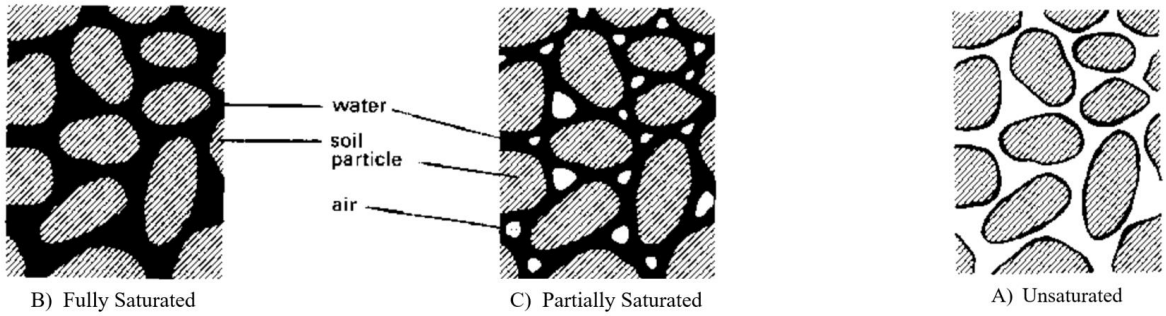


Figure 1 Some soil moisture characteristics

As shown in Figure 1 there is different soil form with the presents of water in A)fully saturated case the water is fully surrounding the particles leaving no vacuum to cause suction but in C) unsaturated there is no water to create a bridge between the particles meanwhile B)Partially saturated reflects how the water is creating this bridge bond between particles and tends to bind them together due to suction caused by the vacuum spaces.

Many studies have been conducted about the mechanical behavior of unsaturated soils in the past years. Most attention has been concentrated on fine-grained soils where the consequences of partial saturation are expected to be more significant. In geotechnical fields, wherever largely unsaturated soils are predominant, the principles and classical ideas of saturated soils are not any further consistent. For several reasonable geotechnical issues information on the influence of water content on the coupled hydraulic-mechanical behavior is of major interest, as a result of the amount of water in soils is dynamically drastically their constituent behavior. Water in the soil acts both as a lubricant and as a binding agent among the soil particulate materials, thereby influencing the structural stability and strength of soil and geologic materials (Carter, 2008, p:939).

The aim of this study is to observe the shear strength for multiple remolded samples with different degrees of saturation between the range of 85 to 100 degrees of saturation, each sample went through the Direct shear test with controlled normal stresses 50 kPa, 100 kPa, and 200kPa to observe the relation between the mechanical behavior and the saturation rate. This area concerns the geotechnical field because the soil is the main root of the foundations and superstructures, and assuring its stability plays the main role to elongate their life span, and each soil goes through this saturation and evaporation process that affects its bearing capacity, so studying sand can help in reflecting the behavior change that happens in most soil. The

interaction between water particles and soil particles causes volume change which leads to expansion and dilation. To create such an environment close to reality a special direct shear box was prepared to prevent water leakage from the sample.

1.2.literature review

Unsaturated soils were the scope of study of many researchers as it is considered difficult and unpredictable behavior due to the wide range of it has, so meanwhile every researcher tries to cover a part to help other researchers in understanding what areas should be carried on, the upcoming chapter will try to focus which area is needed to be studied.

Shear strength is the strength of a material or component against the lateral load applied to it where the particles tend to slide and cause failure in the structure, the failure point is considered its shear strength along which the structure could resist. Shear strength for soil is examined by Direct shear test where the soil is molded in the two-layered direct shear box and pressure is applied by direct shear apparatus in a parallel direction on each layer, so the soil sample particle tends to resist the force the resistance force is called shear strength.

1.2.1.Variation of shear strength of the silty sand with a degree of saturation

Variation of shear strength of the silty sand with a degree of saturation for different initial vertical net stresses of 50, 100, and 200 kPa at relative densities of 0%; 40%; 70%; and 90%. (R. Imam, 2018 p:4) Note: Numbers in the legend are from left to right: relative density, and vertical net stresses, respectively). An increase in shear strength with vertical stress and a nonlinear trend in shear strength with a degree of saturation is observed.

The effective stress in unsaturated soils is affected by the matric suction and degree of saturation. There are a number of models that present different equations for determining the effective stress in unsaturated soils. (Khalili, 2004, pp:115-126) proposed the following equation for the determination of effective stress in unsaturated soils:

$$\sigma' = (\sigma - u_a) - \sigma^s \qquad (2.1)$$

1.2.2.Shear strength of different degrees of saturation

Shear test results in Figure 2 show results of maximum shear strength (τ_{max}), cohesion (c), and friction angle (ϕ) for each water content. Values of maximum shear strength at 10 % water content were slightly higher than those at 9%, but notably higher than those at 11 % water content. The friction angle was the lowest (7.47 °) at 11 % water content and the highest (13.4 °) at 10 % water content. At 9 % the friction angle reached 9 °. Cohesion was descending with the rise of water. (Bláhová, 2013, p:1585).

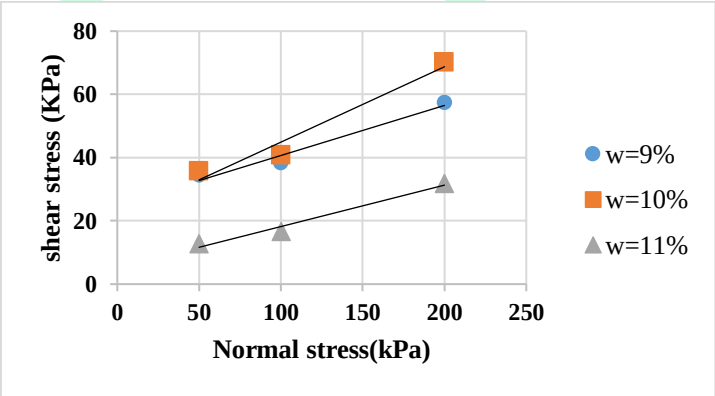


Figure 2 Shear strength of different degrees of saturations

Water content	c(kPa)	φ(°)	Ƭmax50kN	Ƭmax100kN	Ƭmax200kN
9%	24.84	9,00	34.39	38.22	57.32
10%	21.00	13,40	35.7	40.8	70.1
11%	5.09	7,47	12.74	16.56	31.85

2.Material used and experimental procedures

The upcoming section will discuss the side experiments required before proceeding with the main procedure and the sample preparation and the material's properties that were used in the test.

2.1.Material properties

Sieve analysis was used to find the grain size distribution curve for the used soil sample as shown in Figures 3 and 4. were well-graded loose sand as shown in the physical parameters in Tables 1 and 2.

Properties	Sand
Gs	**2.67**
γ_{dry} (kN/m^3)	**15.38**
γ_{sat} (kN/m^3)	**19.45**
e_{nat}	**0.70**
e_{min}	**0.47**
e_{max}	**0.83**
D_r %	**34.71**

Table 1 Physical Parameters



Figure 3 well graded sand

Classification	Sand
D60	**0.58**
D30	**0.31**

D10	**0.13**
Cc	**1.27**
Cu	**4.46**

Table 2 soil Classification

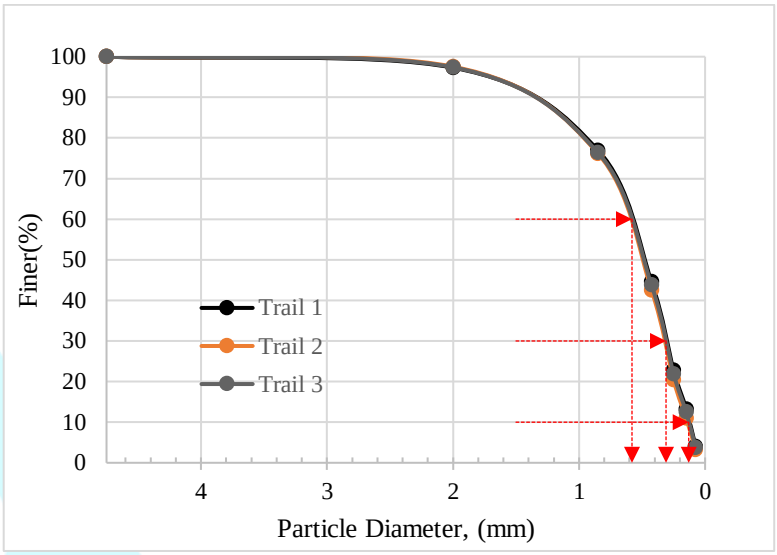


Figure 4 Sieve analysis graph

2.2.Experimental Procedure

2.2.1.Sieve analysis

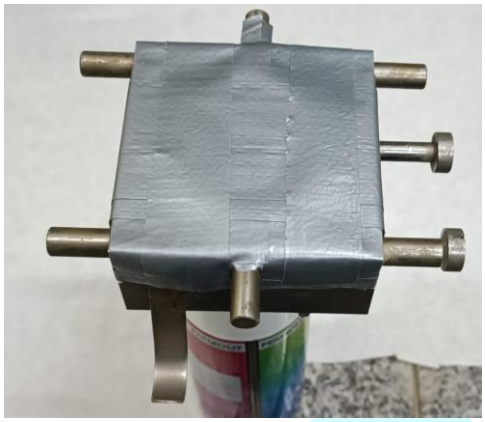
Sieve analysis was performed to determine the particle size distribution of the used soil. The sieves used (#4, #8, #16, #30, #40, #50, #100, #200) as shown in Fig 6. (500 gm) of oven-dried sand sample was used in the sieving process. The sand is then poured into sieves and placed in a shaker for ten minutes after which each sieve is weighed along with the residue. Then, the collected data are graphed as shown in Figure 4 and (D60, D30, D10, Cu, and Cc) evaluated as shown in Table 2 above.

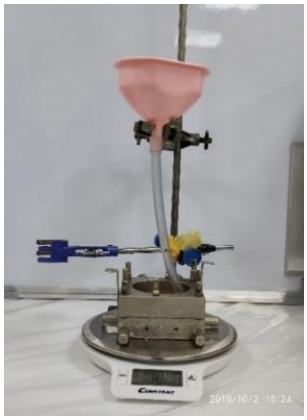
2.3.Modified Direct shear test

Direct shear apparatus was used linked with DataSystem DS7 (Version 1.046) is the software used to take readings on the computer.



Figure 5 Direct shear apparatus





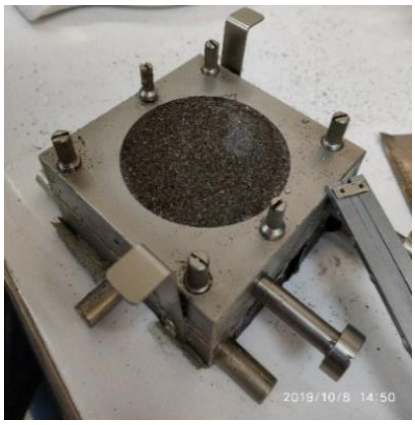


Figure 6 Modified Direct shear *Figure 7 Pluviation technique* *Figure 8 Wet sample preparation*

2.4. Modified Direct shear box preparation

The drain holes at the bottom and gaps between the two halves of the shear box were sealed by a layer of silicon grease and tape as shown in figure 6. To make sure the box did not leak water, the box was filled with water and left overnight. There were no losses in water observed. After preparing the box an empty direct shear test was run to ensure that the silicon and the tape don't show any shear resistance.

2.5.Sample preparation

The layering method (pluviation technique) was used to find the dry unit weight of the soil used as shown in Figure 7 The direct shear box was used for the calculation. The test was conducted by placing the oven-dried sand into the box using a funnel with a circular motion from a zero-height surface.

The fully saturated sample was prepared by using the water pluviation technique. This was done by pouring a required mass of oven-dried sand (168 gm) into the box using a funnel. The required amount of water to saturate the mentioned mass of sand was (44.5 gm). This gave a void ratio of 0.68. figure 8.

A partially saturated sample was prepared by using the same techniques mentioned above for a fully saturated sample, because every partially saturated sample was prepared fully saturated but then left alone for a few days to let dry to control its saturation with temperature. While observing its saturation via tracking its weight with a formula as below:

$$S\,e = G_s\omega \tag{2.10}$$

$$S = \frac{G_s\frac{m_w}{m_s}}{e}, \quad m_w = m_{total} - m_{box} - m_s \tag{2.11}$$

e is constant with controlled pouring techniques, G_s is constant

ω is observed via tracking the change in weight of the sample as explained above.

3.Test results and discussion

3.1.Direct shear tests prepared

Dry sample	Sr=90%	Sr= 95%	Fully saturated
σ = (50)	σ = (50)	σ = (50)	σ = (50)
σ = (100)	σ = (100)	σ = (100)	σ = (100)
σ = (200)	σ = (200)	σ = (200)	σ = (200)

Table 3 Direct sheat test prepared

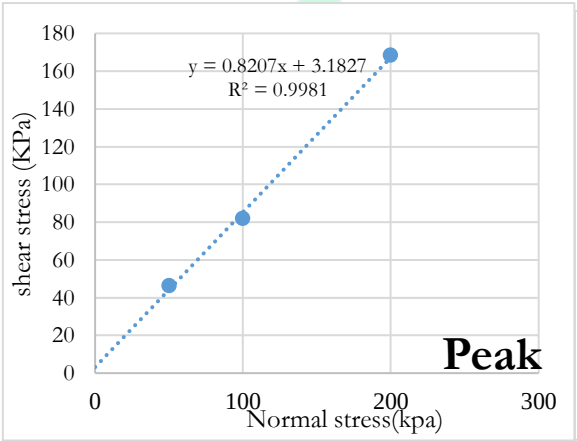
3.2.Physical and shear strength parameters

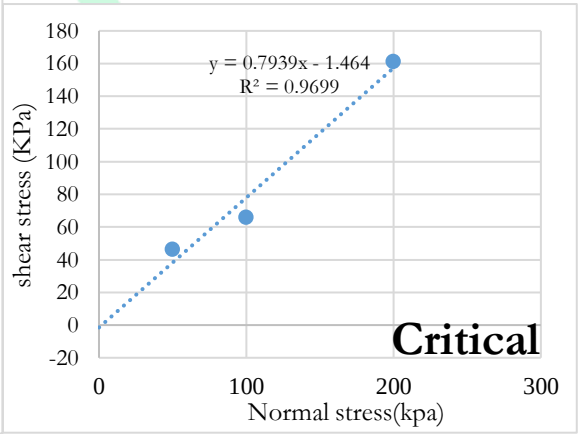
Shear strength parameters	c, (kPa)	3.18
	$\phi_{peak-\ dry,}$ (degrees)	39.40
Physical properties	Gs	2.67
	γ_{dry} (kN/m^3)	15.38
	γ_{sat} (kN/m^3)	19.45
	Void ratio, e	0.70
	Coefficient of uniformity, cu	4.46
	Coefficient of curvature, cc	0.96
	e_{min}	0.5
	e_{max}	0.85
	Relative density %	34.71

Table 4 Physical and shear strength parameters

3.3.Shear strength parameters for each saturation degree

3.3.1.Fully dry



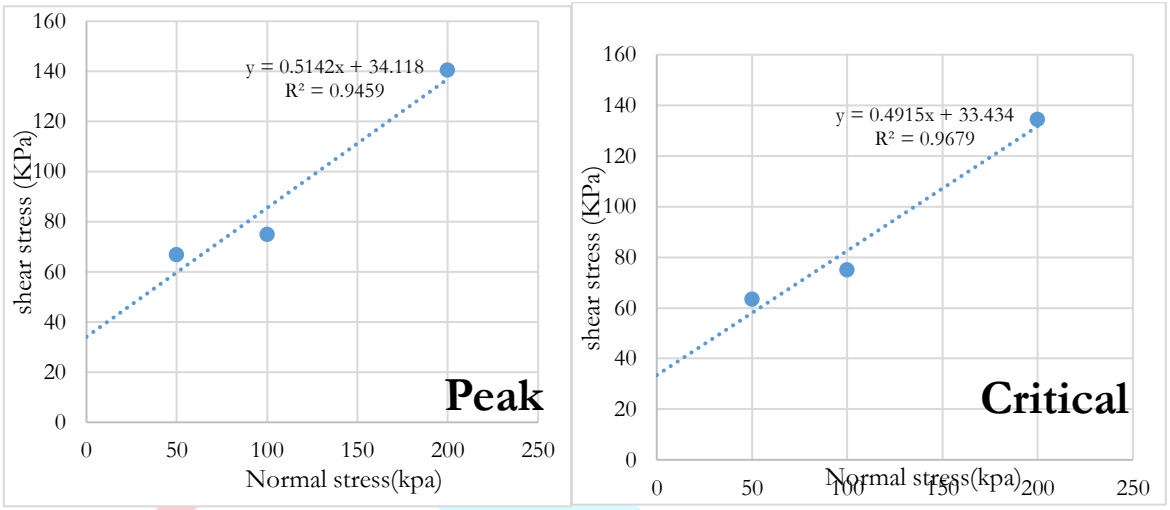


C (kPa)	3.18
Phi (ϕ)	39.40

C (kPa)	0.10
Phi (ϕ)	38.47

Figure 9 Failure envelope for dry condition

3.3.2.Partially saturated (90% degree of saturation)

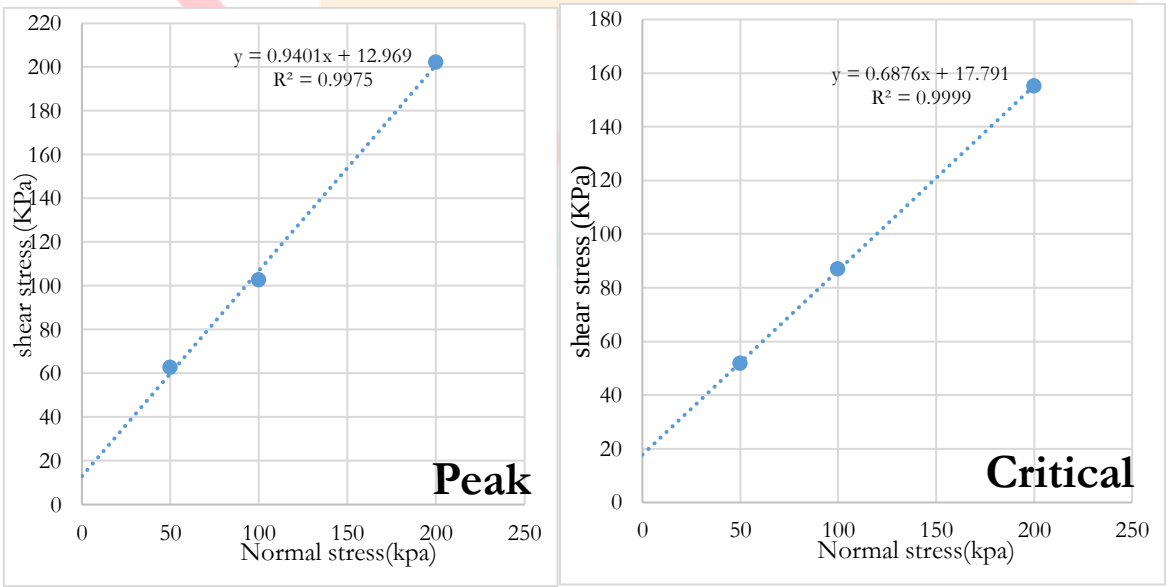


C (kPa)	34.12
Phi (ϕ)	33.36

C (kPa)	33.43
Phi (ϕ)	30.13

Figure 10 Failure envelope for 90% saturation condition

3.3.3.Partially saturated (95% degree of saturation)

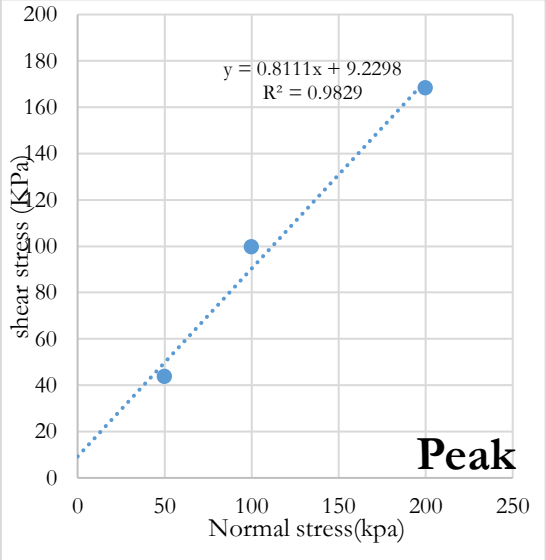


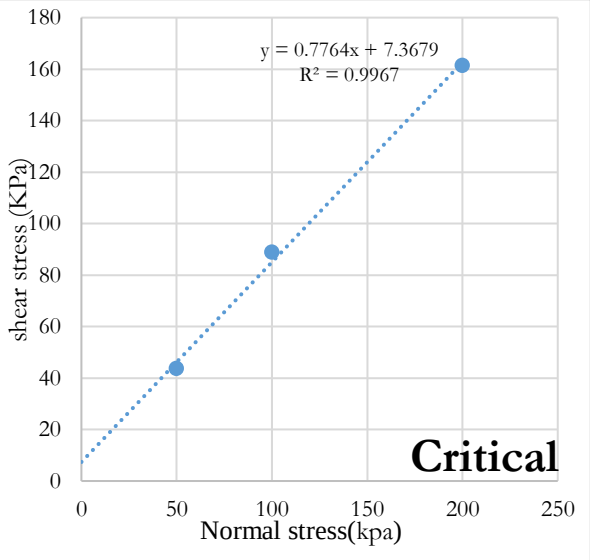
C (kPa)	12.97
Phi (ϕ)	43.25

C (kPa)	17.79
Phi (ϕ)	34.53

Figure 11 Failure envelope for 95% saturation condition

3.3.4.Fully saturated (100% degree of saturation)





C (kPa)	9.23
Phi (ϕ)	39.07

C (kPa)	7.37
Phi (ϕ)	37.84

Figure 12 Failure envelope for fully saturated condition

4.Conclusions

The mechanical behavior of fine-grained soils or sands at high saturation degrees continues to be of great geotechnical interest, as soils in this state are sensitive. Shear strength was the scope of this study as the Direct shear tests were conducted some remarkable results were perceived. Shear strength didn't show an observable pattern at 50 KPa the dry and fully saturated samples showed the highest peak for shear strength and even the dilation behavior was similar, meanwhile the 90% and 95% degrees of saturation had a similar behavior showing lower shear strength peak and higher dilation. At 100 KPa the fully saturated and the 95% saturated degree showed a higher peak for shear strength meanwhile the dilation was different, the 90% and 95% saturation degrees showed no dilation. At 200 KPa the 95% degree of saturation showed the highest shear strength peak and dilation meanwhile no dilation was observed in dry and 90% saturation degree samples.
Peaks are observed at various times. The peak delay is due to the time it takes for particles to stabilize as they climb one after the other also compression and rearrangement of the particles at the onset of shear causes expansion in which the particles rise to the next particle or clump of aggregated particles.

The angle of friction was observed to be highest at the 90% saturation degree sample, on the other hand, the 95% saturation degree sample showed the lowest angle of friction and highest cohesion compared to dry, fully saturated, and 90% saturation degree, this behavior was highlighted hence they used sample is sand with a very low percentage of silt, so the test was repeated again but similar results were perceived in both samples. all the samples were prepared exactly the same way in a controlled environment and with the same repetitive techniques to minimize human and machine error, each sample preparation was prepared at a

full saturation degree and left until it reaches the required saturation degree after that left for overnight to ensure the homogeneous distribution of the water in the sample

In conclusion, this behavior was mostly due to the suction in between the particles which creates a vacuum space tends to create a bond between particles similar in strength to the cohesion found in clay, As the water content in the void between sand particles decreases due to temperature, suction occurs, affecting sand behavior and increased strength compared to a fully dry state of the same material. In addition, the surface tension of the water surface also influences the strong behavior.

References

Bláhová, K. Š. (2013). influence of water content on the shear strength parameters of clayey soil in relation to stability analysis of a hillside in brno region. brno region: Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, p:1585.3

Carter, M. a. (2008). Soil sampling and methods of analysis. Pinawa, Manitoba: Canadian Society of Soil Science, p:939 2

Khalili, N. G. (2004). Effective Stress in Unsaturated Soils: Review with New Evidence. International Journal of Geomechanics, pp:115-126 3

R. Imam, S. V. (2018). Shear strength of unsaturated sand at different relative densities, p:4 3

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Self-healing Performance of Geopolymers with Construction and Demolition Waste-based Precursors

Hüseyin ULUGÖL [1]
İsmail Özgür YAMAN [2]
Mustafa ŞAHMARAN [3]

Abstract

This study focuses to evaluate the self healing performance of geopolymer composites developed with completely construction and demolition waste (CDW)-based materials. Also, granulated blast furnace slag (S) was replaced with CDW to see the effect of additional calcium content on self healing capability. Although sodium hydroxide was considered as the essential chemical activator, however, sodium silicate and calcium hydroxide were added to the system to see the effect of additional calcium and silicate species on self healing ability. Some specimens were cracked with preloading and all specimens were exposed to wetting-drying procedure. At the beginning of the study and constant days, electrical impedance and water absorption rates were measured. According to the results, the chemical content of geopolymer directly affects self healing performance. Slag replacement increases the stability of self healing. The existence of both sodium hydroxide, sodium silicate and calcium hydroxide increases the rate of reactions and consumes species that were expected to take the role in the self healing process. Although Na_2CO_3 is determined as a result of efflorescence, however continuing geopolymerization provides a more stable self healing performance. According to this, the self healing behavior of geopolymer composites is similar to the self healing capability of ECCs.

Keywords: Geopolymer composite, self-healing, water absorption, electrical impedance, construction and demolition waste

[1] Dr., Ankara Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-0186-3145

[2] Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Orcıd: 0000-0001-6489-6852
[3] Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-7549-096X

Introduction

Although the increase in the demand for concrete production is a known fact, the need for raw materials is also increasing in this context. Although durable, readily available, and easily formable concrete has been widely used, the environmental effects of its production have led scientists to develop different alternative binders. Such that, the cement industry is the third-largest sector in charge of carbon dioxide emission (Andrew 2017). Zhang and Xu (2010) also stated that 1.7 tons of raw materials were consumed per 1 ton of Portland cement clinker production.

Geopolymers and alkali-activated materials have been attained a place in the literature as an alternative binding material. In the literature, studies on the alkali-activation of mainstream precursors such as metakaolin (Poulesquen, Frizon, and Lambertin 2011), ground granulated blast furnace slag (Manjunath, Narasimhan, and Umesha 2019), natural pozzolans (Ibrahim et al. 2017), and fly-ash are (Ding, Dai, and Shi 2016; X. Zhao et al. 2019) readily available. However, instead of these materials currently used by the cement industry, construction and demolition waste (CDW), which has become an important environmental problem, has also become a popular subject for geopolymer development. According to Wahlstrom et al. (2020), European Union countries have generated 374×10^6 tons of CDW. Although CDWs can be utilized in some geotechnical applications such as soil applications (Suluguru et al. 2019), landfilling (J. Zhang et al. 2020), road foundations (Tavira et al. 2020), however, these materials still need to be eliminated. One of the efficient ways to eliminate CDW-based materials is to utilize them in alkali-activation. According to recent studies, concrete waste (Robayo-Salazar, Rivera, and Mejía de Gutiérrez 2017; Mahmoodi et al. 2021), glass waste (Vafaei and Allahverdi 2017), brick waste (Mahmoodi et al. 2020b), and ceramic waste (Mahmoodi et al. 2020a) may be used as raw material for geopolymerization.

One of the drawbacks of geopolymers is the tendency of crack formation. Slag-based alkali-activated materials with high calcium content are more likely to crack because of the calcium sodium silicate formation (Singh et al. 2015; Fernández-Jiménez and Puertas 2002). Self-healing is a mitigation technique for binders that tend to crack because of the excessive loads or durability issues. Engineered Cementitious Composites (ECC) is a proven binding phase for self-healing (Şahmaran and Li 2010). The micromechanical design provides strain-hardening behavior and multiple micro-crack formations to ECC. Limited crack opening introduces self-healing and seals cracks. According to the literature, different crack openings are offered as optimum crack openings such as 5-10 µm (Jacobsen, Marchand, and Homain 1995), 100 µm (Reinhardt and Jooss 2003), 200 µm (Edvardsen 1996), 300 µm (Clear 1985). Recent studies exhibit that strain-hardening behavior is not limited to ECCs. Researches on the fiber-reinforced geopolymers and Engineered Geopolymer Composites (EGC) have been conducted in some aspects. Silva and Thaumaturgo (2003) showed that fiber addition to geopolymer increases fracture toughness.

Steel mesh utilization introduces yielding behavior like metals to geopolymers (Zhao et al. 2007). Sun and Wu (2008) showed that while 1% of PVA fiber addition to fly-ash-based NaOH activated geopolymer raises ductility six times, higher percentages of fiber reduce workability. Also, it is shown that the impact toughness of metakaolin-based geopolymers can be increased from 209 kJ to 1177 and 1833 kJ when 1% and 2% PVA fiber is incorporated

(Yunsheng et al. 2008). While 10% of fly-ash replacement with metakaolin raises impact toughness through nucleation site effect provided by fly-ash; however, further increments in the amount of fly-ash replacement decrease impact toughness because of the decrement in the amount of metakaolin which is known as a better precursor for geopolymerization.

Lee et al. (2012) investigated mechanical properties of slag-based geopolymers, reinforced with PVA fiber and activated with sodium silicate, sodium sulfate, and calcium hydroxide. 4.7% of ductility and a clear strain-hardening is obtained for EGCs with both Na_2SO_4 and $Ca(OH)_2$. Another popular precursor, which is fly-ash, is studied by Ohno and Li (2014). In this study, a combination of NaOH and Na_2SiO_3 is used as alkaline activator and 2% of PVA fiber is utilized. Multiple micro-crack formations are obtained with maximum and average crack openings of 117 μm and 45 μm, respectively. Also, fly-ash-based EGCs have a tensile ductility of 4%. Researches in the literature evaluating the self-healing performance of EGCs are so much less. Kan et al. (2019) assess the self-healing capacity of PVA fiber-reinforced EGCs with metakaolin and fly-ash. Specimens are preloaded and cracks smaller than 25 μm are formed. After the self-healing period, tensile ductility values between 6-8% are achieved and a clear strain-hardening behavior is observed. SEM analyses referred that healed cracks are filled with geopolymerization products as a result of continuing geopolymerization.

According to Guo and Yang (2020), slag addition to fly-ash-based geopolymer raised ductility and tensile strength of EGC; however, it resulted in larger crack openings and less number of cracks because of the higher toughness. Also, sodium carbonate formation is reported as a healing agent on the internal surfaces of healed cracks. Calcium carbonate is also determined as a filling material in healed cracks of alkali-activated slag-based fiber-reinforced composites (Zhang, Suleiman, and Nehdi 2020). According to the studies in the literature, EGCs with mainstream precursors have self-healing results similar to ECCs. This study concentrates on the self-healing performance of EGCs with CDW content. While doing this, transportation properties (electrical impedance [EI] & water absorption [WA]) were used to analyze self-healing performance. Also, this study concentrated on the self-healing performance of specimens preloaded under flexural loading, not tensile loading, as many studies do in the literature.

Materials and Method

Selected CDW-based materials, which are concrete waste (C), glass waste (G), roof tile waste (RT), hollow brick waste (HB) and red clay brick waste (RCB) were obtained from an urban transformation site. Also, blast furnace slag (S) was added some specimens. CDW-based materials were individually crushed in a jawbreaker and then ground in a ball mill. The milling process (ball configuration & milling time) was optimized for clayey materials. Oxide compositions of CDW-based materials and slag can be seen in Table 1. Clayey materials (bricks and tile) have similar chemical compositions. Because of their relatively higher Al_2O_3 and SiO_2 content, they are supposed to release reactive silica and alumina species. Concrete waste with its higher CaO content also has 19.7% of CO_2 due to the carbonation of concrete's service life. Although glass waste has 53.8% SiO_2 content, which may be supposed to be an important silica source; however, it should be noted that the reactivity of precursor is also dependent on mineralogical structure.

Table 1 *– Chemical contents of all raw materials*

Oxide (%)	HB	RT	RCB	G	C	S
SiO_2	39.7	42.6	41.7	53.8	37.4	32.1
CaO	11.6	10.7	7.7	17.8	21.2	36.1
CO_2	7.8	7.5	8.0	8.6	19.7	9.1
Al_2O_3	13.8	15.0	17.3	4.4	10.7	11.2
Fe_2O_3	11.8	11.6	11.3	0.7	3.8	0.6
K_2O	1.6	1.6	2.7	0.5	2.2	0.8
Na_2O	1.5	1.6	1.2	8.7	2.0	0.3
MgO	6.5	6.3	6.5	4.2	1.3	5.6
MnO	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1
SO_3	3.4	0.7	1.4	0.2	0.9	1.2

Calcium hydroxide ($Ca(OH)_2$), sodium silicate (Na_2SiO_3) and sodium hydroxide (NaOH) were used as alkaline activators with different combinations. Recycled concrete aggregate was utilized as sand. According to the pre-studies, a combination of nylon-mono (NM) and polyethylene (PE) fibers with the ratios of 0.75% and 1.25% respectively, was used as fiber content. A laboratory mixer was used to mix specimens. In the beginning, precursors were mixed for a constant time and then NaOH solution was added. If the specimen has Na_2SiO_3 or $Ca(OH)_2$, they were incorporated into mixture after the addition of NaOH. Finally, fiber content was added to the mixture. According to the pre-studies, the amount of roof tile, red clay brick, hollow brick, glass and concrete are 30, 17, 23, 10 and 20%, respectively. However, the amount of slag in specimens with slag replacement was 20%. Specimens have the same sand to binder ratio and water to binder ratios of 0.35. Fiber amount was determined as 0.75% NM and 1.25% PE. The first group of EGCs with activated NaOH and Na_2SiO_3 is named HS. The second group contains both NaOH, Na_2SiO_3 and $Ca(OH)_2$ is named HSC. The third group consists of NaOH and $Ca(OH)_2$ is called HC. All groups have specimens with and without ground granulated blast furnace slag content. Specimens have slag is pointed out S in its name. All EGC designs can be seen in Table 2.

Prismatic specimens with the dimensions of 240 × 80 × 15 mm^3 were produced for observational determination of self-healing by an optical microscope with a magnification capacity of 125×. Cylindrical specimens with dimensions of Ø100 × 200 mm^3 were produced for cutting disc specimens (Ø100 × 50 mm^3) from cylindrical ones. Compressive strength was determined through cubic specimens with 50 mm sides. Although NaOH was the main alkaline activator, Na_2SiO_3 and $Ca(OH)_2$ were also included in some specimens to observe their effects on self-healing performance. One day after pouring, specimens were demolded and curing was performed at laboratory conditions (23 ± 2 °C, 50% ± 5% relative humidity) for 7 days. After the curing period, some specimens were pre-cracked and others left sound. All specimens were exposed to a rapid healing process through wetting-drying cycles.

***Table 2** – EGC designs according to alkaline activator and slag content*

Amount, by weight	HS-S	HS	HSC-S	HSC	HC-S	HC
	(First group)		(Second group)		(Third group)	
Slag	20%	-	20%	-	20%	-
Na	6%	6%	6%	6%	10%	10%
NaOH	107 g	107 g	107 g	107 g	179 g	179 g
Na_2SiO_3	214 g	214 g	214 g	214 g	-	-
$Ca(OH)_2$	-	-	2%	2%	6%	6%

To observe the self-healing through change in transportation properties (electrical impedance & water absorption) were measured before pre-cracking, after pre-cracking and certain times (7^{th}, 21^{st}, 56^{th} and 90^{th} days) after the self-healing process started. Electrical impedance results were measured with a resistance measurement device with a frequency of 1 kHz. Water absorption measurements were performed according to ASTM C1585-11 (2011). Specimens were firstly dried in oven and weighted. Specimens in which sides were coated with a insulation material to make water contact on the just bottom of the specimen was placed in water. Weight measurements were made at certain times of 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 25, 36, 49, 64, 81, 120 and 360 minutes. The slope of the graphic of l [mm] to time ($sec^{1/2}$) was determined as the water absorption rate. l indicates the ratio of mass change to cross-section area of disc and water density.

Results

Compressive strength values of specimens are presented in Table 3 as an average value of three different specimens. Almost all EGCs with GGBFS replacement have higher strength than the equivalent specimen without slag content. It is because slag replacement fastens alkali-activation reactions by promoting the formation of an amorphous structure (Li and Liu 2007). HSC-S and HSC have the highest strength results than other specimens. That is attributed to the fact that the existence of sodium silicate and calcium hydroxide together provides system calcium, sodium and silicate species which could increase the rate of reaction. The third group (HC-S and HC) has lower strength results than other specimens. That is attributed to the non-existence of sodium silicate in the system.

***Table 3** – Compressive strength values (MPa)*

Day	HS-S	HS	HSC-S	HSC	HC-S	HC
7	24.2	18.4	28.2	20.4	18.9	13.6
28	37.5	26.0	42.1	28.7	25.2	25.6
90	40.3	30.7	53.5	32.8	30.7	27.8

Table 4 lists the electrical impedance measurements of all specimens. While pore properties and structure affect the electrical impedance of cement-based binders (Spragg et al. 2013), the electrical impedance of geopolymers are dependent on more parameters. Zeng and Wang (2016) stated that sodium, potassium and calcium ion concentrations have a direct effect on EI results. Also, Hanjitsuwan (2014) mentioned that OH^- concentration and water raise the electrical conductivity of geopolymer and then reduce EI. According to Somna et al. (2011)

changes in the pore solution of geopolymer may affect electrical properties. When $Al(OH)^-$ species dissolved, alkali metal cations balance the electrical charge. Alkali cations also balance silica species. Thus, in a constant time, electrical properties can be varied due to the chemical content of geopolymer. For cementitious binding materials, another parameter that affects EI is maturity. EI results of cement-based binders are increased in time, paralleling to decrement in pore volume. However, according to Zhang et al. (2017), geopolymer pore volume may increase over time such that a geopolymer with a 6.2% of porosity at the 7th day has 20.6% of porosity at the 28th day. Also, according to Provis and van Deventer (2009) after water takes a role in alkali-activation, it may be released back to the system. Therefore, increasing maturity may lead to reduce EI of geopolymers.

Table 4 – *Electrical impedance results (kΩ)*

Day	HS-S		HS		HSC-S		HSC		HC-S		HC	
	Snd	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**
	1.9	4.7	1.7	1.5	15.4	12.7	3.9	16.8	1.6	4.4	7.5	9.2
7	2.4	5.7	0.7	4.0	14.8	19.6	2.8	16.2	1.6	4.4	5.2	9.2
	2.3	6.8	1.0	1.2	11.4	20.6	4.6	15.8	1.7	4.4	5.0	12.4
	5.9	5.8	5.5	7.9	22.4	23.5	37.3	31.3	3.1	7.6	21.2	21.6
14	6.2	7.4	8.3	11.7	20.5	31.1	44.0	42.0	4.3	12.6	18.0	19.8
	6.5	8.9	7.8	9.3	24.6	29.5	39.9	32.9	7.2	14.9	23.2	31.2
	8.7	8.1	8.4	12.8	21.5	30.2	61.5	42.0	41.4	72.6	31.8	29.8
28	7.6	9.0	10.4	11.8	27.5	35.1	58.6	49.2	42.5	63.5	24.0	28.0
	9.1	10.5	11.9	13.8	26.3	32.9	67.8	47.5	47.1	69.1	33.6	34.0
	10.4	11.6	4.5	5.7	13.3	18.9	69.5	41.5	88.9	77.3	27.4	26.0
56	9.2	9.5	4.2	8.5	16.6	25.0	71.0	50.0	64.4	77.0	25.4	23.1
	10.9	11.3	4.0	6.1	14.0	19.9	75.1	49.5	89.8	78.0	33.1	26.3
	12.6	12.3	7.4	6.7	6.2	19.1	34.6	27.3	128.0	103.0	27.7	25.2
90	11.0	9.7	8.7	10.2	6.5	23.7	38.9	38.0	84.4	129.0	22.9	23.1
	12.4	12.4	7.1	7.4	6.0	20.4	37.2	34.6	100.0	148.0	29.5	34.7

Snd – Sound, Pre – Preloaded

EI results of sound EGCs fall after the 7th day. HS-S and HC-S have reverse exponential increments until 90 days. EI of HS, HSC-S and HC decreased after the 28th day and started to increase again until the 90th day. EI of HSC decreases after the 56th day. The EI values of HS, HSC-S, HC and HSC reduced paralleling to increment in pore structure after 28 days, in accordance with Zhang et al. (2017), who stated that the porous structure of geopolymer could increase over time. HS, HSC-S, and HC have rapid increments in EI values at the 14th and 28th days. Efflorescence is thought to increase EI values rapidly because of the Na_2CO_3 formation, which is filling pores and cracks. According to Kan et al. (2019), wetting-drying periods fasten efflorescence. However, EI increments caused by the efflorescence may be deceptive. Because Na_2CO_3 formed after efflorescence can also be dissolved in water. Therefore rapid increments in the EI values of HS, HSC-S, HSC, and HC are attributed to deceptive efflorescence. Another factor that caused rapid EI increment is that efflorescence consumes Na^+ ions in the matrix. HS-S and HC-S have no efflorescence in the context of EI values. Specimens with slag content have early geopolymerization reactions of slag forming C-N-A-S structure. Yang et al. (2012) mentioned that geopolymer with fly-ash and slag content activated with Na_2SiO_3 result in C-

N-A-S formation, which binds free Na^+ ions at early time and inhibit the formation of efflorescence.

Table 5 presents water absorption values as an average of three specimens. Different from EI results, WA is not dependent on so many parameters. Pore volume, size and connectivity affect the WA results of geopolymers like cement-based binders. Paralleling to a few parameters affecting WA, results are not complex as EI values. In this context, all specimens have a peak point in which WA has its highest value, and then decrements are seen after this point. Although WA increments are expected paralleling to increasing maturity, decrements after a specific point have attributed the decrements in pore volume in accordance with Zhang et al. (2017) and Jang & Lee (2016). Specimens with slag replacement (HS-S, HSC-S, and HC-S) have higher absorption rate values than the same specimens without slag replacement. This situation depicts that slag replacement makes specimen denser and decreases porosity in accordance with Li and Liu (2007) (Li and Liu 2007), who stated that slag replacement to geopolymer with fly-ash content decrease porosity.

***Table 5** – Water absorption results ($mm/m^{1/2}$)*

Days	HS-S		HS		HSC-S		HSC		HC-S		HC	
	Snd	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**	**Snd**	**Pre**
7	0.096	0.064	0.202	0.103	0.160	0.133	0.160	0.110	0.092	0.033	0.131	0.071
14	0.114	0.084	0.386	0.396	0.188	0.173	0.253	0.264	0.094	0.063	0.150	0.088
28	0.139	0.092	0.455	0.460	0.182	0.158	0.333	0.340	0.129	0.083	0.165	0.119
56	0.134	0.095	0.387	0.339	0.167	0.129	0.305	0.303	0.132	0.076	0.128	0.077
90	0.125	0.090	0.375	0.325	0.149	0.091	0.274	0.266	0.124	0.075	0.125	0.076

Snd – Sound, Pre – Preloaded

Conclusion

In this study, the self-healing performance of EGCs with CDW-based material content was investigated. The following conclusions can be were drawn:

- Slag replacement with CDW-based materials accelerates geopolymerization rates of EGCs and causes more stable self-healing.
- Both electrical impedance and water absorption tests were determined to result in different results because of the several parameters affecting measurements, such as EI.
- These techniques are suggested to be used together with other techniques for the more reliable evaluation of self-healing performance in EGCs.

References

Andrew, R. M. (2017). Global CO_2 emissions from cement production. Earth System Science Data Discussions, 1–52. https://doi.org/10.5194/essd-2017-77

Clear, C. A. (1985). The Effects of Autogenous Healing upon the Leakage of Water through Cracks in Concrete. Cement and Concrete Association, 31.

Ding, Y., Dai, J. G., & Shi, C. (2016). Mechanical properties of alkali-activated concrete: A state-of-the-art review. Construction and Building Materials, 127, 68–79. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.121

Edvardsen, C. K. (1996). Water permeability and self-healing of through-cracks in concrete. DAfStb Bull, 455.

Fernández-Jiménez, A., & Puertas, F. (2002). The alkali-silica reaction in alkali-activated granulated slag mortars with reactive aggregate. Cement and Concrete Research, 32(7), 1019–1024. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(01)00745-1

Ibrahim, M., Megat Johari, M. A., Rahman, M. K., & Maslehuddin, M. (2017). Effect of alkaline activators and binder content on the properties of natural pozzolan-based alkali activated concrete. Construction and Building Materials, 147, 648–660. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.163

Jacobsen, S., Marchand, J., & Homain, H. (1995). Sem Observations of the Microstructure of Frost Deteriorated and Self-Healed Concretes. Cement and Concrete Research, 25(8), 1781–1790.

Li, Z., & Liu, S. (2007). Influence of Slag as Additive on Compressive Strength of Fly Ash-Based Geopolymer. Journal of Materials in Civil Engineering, 19(6), 470–474. https://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2007)19:6(470)

Mahmoodi, O., Siad, H., Lachemi, M., Dadsetan, S., & Sahmaran, M. (2020a). Development of ceramic tile waste geopolymer binders based on pre-targeted chemical ratios and ambient curing. Construction and Building Materials, 258, 120297. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120297

Mahmoodi, O., Siad, H., Lachemi, M., Dadsetan, S., & Sahmaran, M. (2020b). Optimization of brick waste-based geopolymer binders at ambient temperature and pre-targeted chemical parameters. Journal of Cleaner Production, 268, 122285. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122285

Mahmoodi, O., Siad, H., Lachemi, M., Dadsetan, S., & Sahmaran, M. (2021). Development of normal and very high strength geopolymer binders based on concrete waste at ambient environment. Journal of Cleaner Production, 279, 123436. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123436

Manjunath, R., Narasimhan, M. C., & Umesha, K. M. (2019). Studies on high performance alkali activated slag concrete mixes subjected to aggressive environments and sustained elevated temperatures. Construction and Building Materials, 229, 116887. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116887

Poulesquen, A., Frizon, F., & Lambertin, D. (2011). Rheological behavior of alkali-activated metakaolin during geopolymerization. Journal of Non-Crystalline Solids, 357(21), 3565–3571. https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2011.07.013

Reinhardt, H. W., & Jooss, M. (2003). Permeability and self-healing of cracked concrete as a function of temperature and crack width. Cement and Concrete Research, 33(7), 981–985. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01099-2

Robayo-Salazar, R. A., Rivera, J. F., & Mejía de Gutiérrez, R. (2017). Alkali-activated building materials made with recycled construction and demolition wastes. Construction and Building Materials, 149, 130–138. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.122

Şahmaran, M., & Li, V. C. (2010). Engineered cementitious composites: Can composites be accepted as crack-free concrete? Transportation Research Record, 2164, 1–8. https://doi.org/10.3141/2164-01

Singh, B., Ishwarya, G., Gupta, M., & Bhattacharyya, S. K. (2015). Geopolymer concrete: A review of some recent developments. Construction and Building Materials, 85, 78–90. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.036

Spragg, R. P., Bu, Y., Snyder, K. A., Bentz, D. P., & Weiss, J. (2013). Electrical Testing of Cement-Based Materials: Role of Testing Techniques, Sample Conditioning, and Accelerated Curing. 23. https://doi.org/10.5703/1288284315230

Suluguru, A. K., Surana, S. R., GuhaRay, A., Kar, A., & Muktinutalapati, J. (2019). Experimental Investigations on Building Derived Materials in Chemically Aggressive Environment as a Partial Replacement of Soil in Geotechnical Applications. Geotechnical and Geological Engineering, 37(2), 947–963. https://doi.org/10.1007/s10706-018-0662-0

Tavira, J., Jiménez, J. R., Ledesma, E. F., López-Uceda, A., & Ayuso, J. (2020). Real-scale study of a heavy traffic road built with in situ recycled demolition waste. Journal of Cleaner Production, 248. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119219

Vafaei, M., & Allahverdi, A. (2017). High strength geopolymer binder based on waste-glass powder. Advanced Powder Technology, 28(1), 215–222. https://doi.org/10.1016/j.apt.2016.09.034

Yunsheng, Z., Wei, S., Zongjin, L., Xiangming, Z., Eddie, & Chungkong, C. (2008). Impact properties of geopolymer based extrudates incorporated with fly ash and PVA short fiber. Construction and Building Materials, 22(3), 370–383. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.08.006

Zhang, J., Ding, L., Li, F., & Peng, J. (2020). Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China. Journal of Cleaner Production, 255, 120223. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120223

Zhang, L. V., Suleiman, A. R., & Nehdi, M. L. (2020). Self-healing in fiber-reinforced alkali-activated slag composites incorporating different additives. Construction and Building Materials, 262(2020), 120059. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120059

Zhao, Q., Nair, B., Rahimian, T., & Balaguru, P. (2007). Novel geopolymer based composites with enhanced ductility. Journal of Materials Science, 42(9), 3131–3137. https://doi.org/10.1007/s10853-006-0527-4

Zhao, X., Liu, C., Wang, L., Zuo, L., Zhu, Q., & Ma, W. (2019). Physical and mechanical properties and micro characteristics of fly ash-based geopolymers incorporating soda residue. Cement and Concrete Composites, 98(February), 125–136. https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.02.009

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Çevre Dostu Ulaşım Araçlarının Kullanımı (**Use of Environmentally Friendly Transportation Vehicles)**

Nuriye KABAKUŞ[1]
Merve EYÜBOĞLU[2]

Özet

Son yıllarda artan nüfus, doğal kaynaklardaki azalma, atık üretiminin artması, doğal afetler ve hava kirliliği gibi çevre sorunları sürdürülebilirlik kavramına olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Ulaşım sistemlerinden kaynaklanan karbondioksit emisyonları da bu çevre sorunlarını iyice artırmaktadır. Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi ise toplumlar için güvenli, konforlu, ekonomik ve çevre dostu bir ulaşım standardı sağlamalıdır. Bu standardı oluşturmanın yolu, ulaşım sistemlerini iyileştirmekten ve geleneksel motorlu taşıtlar yerine çevre dostu ulaşım araçları tercih etmekten geçmektedir. Böylece çevre geri dönüşü olmayan zararlardan korunur ve gelecek nesillere daha yeşil bir çevre miras bırakılarak yaşam kalitelerine katkı sağlanır. Bu bağlamda, ülkelerin ulaşım kaynaklı kirliliği azaltmak ve çevre dostu araç sayısını artırmak için politikalar geliştirmesi gerekmektedir. Bu çalışmada seçilen 15 Avrupa ülkesinin çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımı incelenmiştir. Çevre dostu ulaşım araçı olarak ülkelerin elektrikli araç sayısı ve bisiklet kullanımı kriterleri ele alınmıştır. Avrupa ülkeleri arasında elektrikli araç sayısı en fazla olan ülke Fransa iken en az elektrikli araç sayısı bulunan ülke Finlandiya dır. Bisiklet kullanımında ise Hollanda birinci sırayı alırken, Türkiye bisiklet kullanımında son sırada yer almaktadır. Sonuçta, elde edilen veriler üzerinden gerekli çıkarımlarda bulunularak, çevre dostu araçların kullanımını artırmaya yönelik teşvik edici politikaların ülkeler tarafından sürdürebilir kalkınma hedeflerine ivedilikle eklenmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, çevre dostu ulaşım araçları, elektrikli araç sayısı, bisiklet kullanımı

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Atatürk Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi, Orcıd: 0000-0002-8479-6733
[2] Yüksek İnşaat Mühendisi, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orcıd: 0000-0002-7008-3150

GİRİŞ

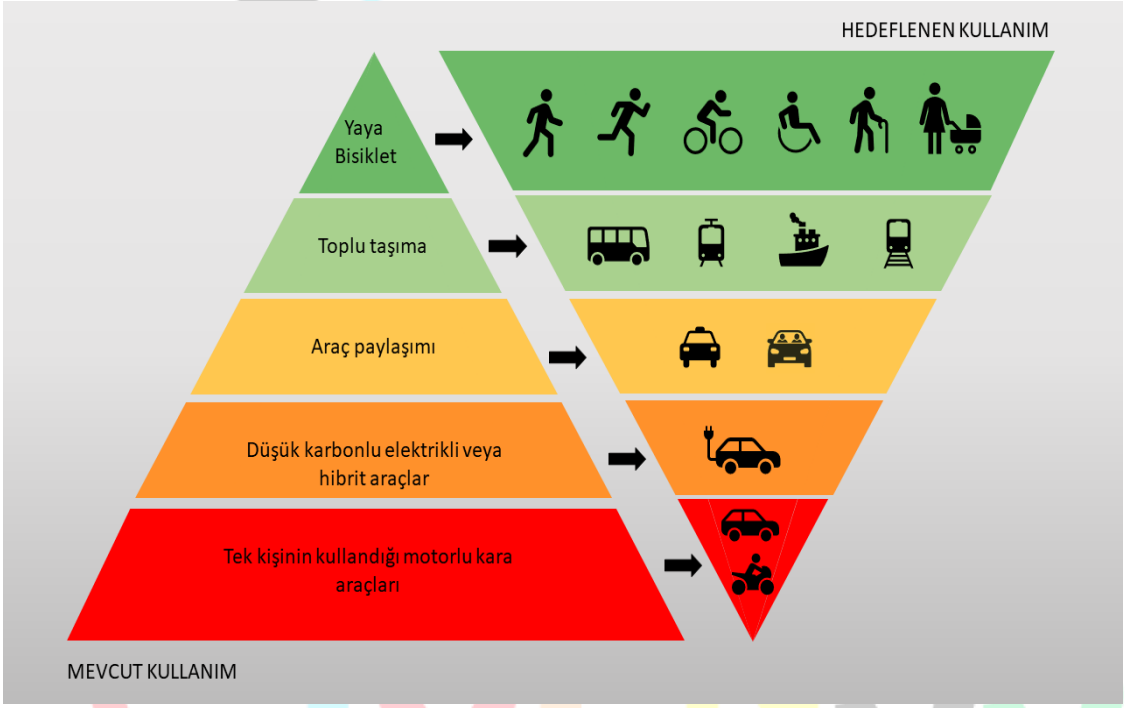
Tarihsel süreç boyunca birçok faktörün etkileşiminin ürünü olan ulaşım, insan yerleşimlerinin kurulmasında, konumlandırılmasında ve büyümesinde temel güçlerdendir (Vuchic, 1981: 1). Sanayi devrimi ile birlikte gelişen makineleşme ve beraberinde getirdiği motorlu taşıtlar ulaşım açısından büyük önem taşımaktadır. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin büyük şehirlerinde toplumsal eşitsizlik ve dengesizlikler, çevresel bozulmalar ve ekonomik boyuttaki farklılıklar birçok problemleri beraberinde getirmiştir. Bahsi geçen olguların artan yoğunluğu ve uzun vadede olumsuz etkileriyle geri döndürülemez olmaları uluslararası kuruluşlar da olmak üzere birçok paydaşı sürdürülebilirlik ve yeşil ulaşım kavramları üzerinde yoğunlaştırmıştır.

Sürdürülebilirlik temelde şimdiki neslin ihtiyaçlarına cevap verirken gelecek nesil içinde gereksinimlere karşılık verme durumunu içermektedir (Black, 2003: 12). Yeşil ulaşımın sürdürülebilirliğe katkısı çok önemlidir. Sürdürülebilir kentiçi ulaşım, çevre dostu ulaşım türlerinin yaygınlaşması, enerji verimliliğini odağına alan, maliyet yatırımlarının yapıldığı, kaza azaltıldığı, toplumun tümüne erişebilen, ulaşım maliyetinin ödenebilir seviyede olduğu bir sistemdir (Cirit, 2014: 2; Öztürk, 2017: 18). Bu doğrultuda ulaşım sistemlerinin insanlara sağladığı faydaların yanında doğurduğu olumsuzlukların kontrol altına alınması veya azaltılması sürdürülebilir yeşil ulaşım politikaları ile sağlanabilir.

Yeşil ulaşım yaklaşımı sayesinde idari organlar ekonomik boyutta güçlendirilmekte, doğal kaynaklar daha aktif bir şekilde sürece dahil edilmekte, sera gazı emisyonları azaltılmakta, çevrenin korunması sağlanmakta ve daha temiz bir çevre yaratılmaktadır. Bu kapsamda yeşil ulaşım, toplu taşımanın araba yerine tercih edilmesi, çevre dostu alternatif yakıtların kullanılması, bisiklet kullanıcıları için bisiklet yollarının kullanımının teşvik edilmesi, araçların egzozlarına susturucular takılarak gürültünün önlenmesi, halkı yeşil faaliyetler konusunda bilinçlendirme, toplu taşıma biletlerinde geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Sürdürülebilir enerji, doğru zaman, doğru altyapı ve düşük maliyetle yürütülen, ulaştırma faaliyetlerinin çevreye zararlı unsurlarını uygulamalarıyla ortadan kaldıran bir faaliyet olarak tanımlanabilir. (Gültaş, 2015: 76). Bu sebeplerden dolayı yeşil ulaşımın eriştiği platformlar birçok açıdan insanlığa hizmet etmektedir. Bu nedenle, yeşil ulaşımın kullanımı, sürdürülebilir bir geleceğe doğru ilerlemek için önemli bir adımdır.

Günümüzde özellikle büyük şehirlerde büyük sorun haline gelen motorlu taşıt sayısındaki artış ve buna bağlı olarak her geçen gün büyüyen hava kirliliği, trafik sıkışıklığı ve trafik kazaları gibi olumsuzlukları azaltmak için sürekli toplu taşıma kullanımı cazip hale getirilmeye çalışılmaktadır. Fakat toplu taşıma ve çevre dostu diğer ulaşım araçlarının kullanımına yönelik teşviklere rağmen, insanlar tek kişilik araç kullanımına devam etmektedir. Bu da, yolculuk süresi ve kazalar, gürültü kirliliği-hava kirliliği oranlarındaki yükseliş gibi trafik sorunlarının devam etmesine ve insan sağlığına yönelik tehditlerin artmasına sebep olmaktadır (Farahani et al., 2013: 281; Cascetta et al., 2015: 35; Hatefi, 2018: 111). Bu amaçla, ülkelerin yatırım politiklarında büyük ölçüde yer alan sürdürülebilir ve erişilebilir ulaşım sistemleri ile bu sorunların azaltılması hedeflenmektedir. Böylece, insanların çevreye en az zararı verecek, güvenli, konforlu, ekonomik ve çevre dostu ulaşım modları seçmeleri için olanak sağlanmaktadır.

Şekil 1'de günümüzdeki ulaşım araçlarının kullanımı ile sürdürülebilir bir çevre için gelecekteki hedeflenen ulaşım araçlarının kullanım öncelikleri yeşil ulaşım piramidin de sunulmuştur. Ulaşım araçları, yeşil ulaşıma katkı derecesine göre yaya, bisiklet, toplu taşıma, taksi-nakil aracı, birden fazla kişinin bindiği otomobil (araç paylaşımı) ve tek kişilik araçlar yeşil ulaşım piramidinde ifade edilmektedir. Yaya trafiği ve bisiklet en yeşil, en öncelikli, diğer bir deyişle sürdürülebilirlik için en çok kullanılması istenen ulaşım seçeneğidir. Kullanımının en az olması istenen en düşük öncelikli ulaşım seçeneği ise tek kişilik araçların trafikteki kullanımıdır. Toplumda yaya ulaşımı ve bisiklet kullanımı gürültü kirliliğini azaltarak sağlıklı bireylerin yer aldığı toplulukların oluşmasına katkı sağlamaktadır (Öztürk, 2017: 18).



Şekil 1. *Yeşil ulaşım piramidi*

Ulaşım, insan yaşamının en önemli işlevlerinden ve ihtiyaçlarından biridir. Günlük yaşamımızda bu ihtiyacı yerine getirirken çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek, çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımının artması sürdürülebilir ve yeşil ulaşım açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, seçilen Avrupa ülkelerinin çevre dostu ulaşım araçları kullanımını karşılaştırmak ve sürdürülebilir yeşil ulaşım hedefleri doğrultusunda bu çevre dostu araçların yaygınlaşması için önerilerde bulunmaktır.

MATERYAL-METOT

Çalışma alanı Türkiye, Almanya, Fransa, İtalya, Avusturya, Belçika, Danimarka, İspanya, Hollanda, İsveç, Finlandiya, Polonya, Çek Cumhuriyeti, İrlanda, Portekiz'den oluşan 15 Avrupa ülkesini kapsamaktadır Bu çalışmada, sürdürülebilir yeşil ulaşım için önem arz eden güvenilir, ekonomik ve çevre dostu özellikleri nedeniyle seçilen Avrupa ülkelerinin, elektrikli araç sayısı ve bisiklet kullanımı elde edilen veriler doğrultusunda incelenmiştir.

Elektrikli Araç Sayısı

Petrol rezervlerinin azalması ve çevre kirliliğine olan duyarlılığın artmasıyla gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde elektrikli araçlar gündeme gelmiştir. Bu noktada yaşanan teknolojik yenilikler ulaşım sektöründe elektrikli araçlar için yeni bir çağ açmaktadır. Küresel çapta teknolojik gelişimi ve gelecekteki potansiyel seviyesi hala tamamlanmamıştır. Sürekli değişen ve gelişen elektrikli otomobiller sürdürülebilirlik ve yeşil ulaşım bağlamında önemli bir basamaktır. Elektrikli araçlar tümü elektrikli araçlar, hibrit elektrikli araçlar ve yakıt hücreli elektrikli araçlar olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (Ehsani et al., 2003: 11). Şekil 2'de elektrikli araç örneği sunulmuştur.



Şekil 2. *Elektrikli araç (Anonim, 2019a)*

Elektrikli araçlar sıfır egzoz emisyonu, sessiz çalışma, hızlı batarya şarjı, düşük yakıt ve işletme maliyetleri, düşük yakıt masrafı, az yakıt tüketimi sonucu düşük egzoz emisyonu, petrole bağımlılığın olmaması ve rejeneratif frenleme ile geri enerji kazanımı gibi birçok avantaja sahip olmasına rağmen kısıtlı menzil, batarya teknolojisindeki eksiklikler, kamusal alanlarındaki şarj istasyonu alt yapı yetersizlikleri, yüksek üretim maliyetleri, kısıtlı yedek parça ve batarya maliyeti gibi de dezavantajlara sahiptir (Özbay ve diğ.,2020; 40). Bu avantaj ve dezavanatajların araştırılmasına ek olarak bazı çalışmalarda çevrenin durumuna, elektrikli ulaşımın geliştirilmesindeki küresel eğilimlere ve elektrikli ulaşımın gelişmesiyle ilgili sorunlara, olası çözümlere (Solovieva et al, 2022: 2919) odaklanılmıştır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının sayısının yeterli olması ve istasyonların uygun konumlara kurulması insanlara kaliteli hizmet sunması açısından son derece önemlidir. İşletme sahipleri, kamu kurumları veya özel girişimler tarafından kurulabilen şarj istasyonları, elektrikli araç sahiplerine güvenli ve uygun bir şekilde şarj etme imkanı sağlamalıdır. Son yıllarda artan elektrikli araç sayısına bağlı olarak elektrikli araç şarj istasyonları için yer seçimi çalışmalarına olan ilgi de artmıştır. Literatürde teknoloji ve ekonomi açısından elektrikli araç şarj istasyonları ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Hızlı şarj istasyonlarının konum optimizasyonunu modeli ve optimum konum planlama şemaları (Nie and Ghamami, 2013: 175; Asamer et al., 2016: 239), dağıtım ağı ve şarj istasyonu için iki katmanlı optimizasyon modeli (Wang, 2017: 2168), elektrikli araç şarj ekipmanının üretimi, nakliyesi ve kurulumu olmak üzere üç aşamada şarj istasyonları için yaşam döngüsü analizi ile CO2, NOx, SOx ve CO

emisyonları açısından elektrikli ve benzinli araçların karşılaştırılması (Nansai et al., 2001: 251) bu çalışmalardan bazılarıdır. Şekil 3' te elektrikli araç şarj şebekesi gösterilmiştir.



Şekil 3. *Elektrikli araç şarj şebekesi (Anonim, 2021a)*

Bisiklet Kullanımı

Nüfusun hızlı artışı, teknolojide yaşanan ilerlemeler, köyden kente göç gibi birçok etmenden dolayı kentler büyümeye başlamıştır. Kentlerin büyümesiyle yolculuk mesafesi de artmış ve bu sorunu karşılamak için motorlu taşıt sayısı da artmıştır. Motorlu taşıtların artmasındaki en büyük paya otomobiller sahiptir. Sağlık ve güvenlik açısından insan odaklı, ekonomik, doğa dostu, sürdürülebilir ve herkes için erişilebilirlik yönünden oldukça kullanışlı bir ulaşım aracı olan bisiklet, şehir içi trafik sorunlarında önemli çözüm yollarından biri olarak görülmektedir (Cengiz ve Kahvecioğlu, 2016: 55). Ekonomik olarak sürdürülebilir trafikte bisiklet sürmek; petrol ürünlerine bağımlılığı en aza indirerek ve bireysel motorlu araç kullanıcılarının altyapı işletme maliyetlerini ve park etme ihtiyaçlarını azaltarak ortak bir fayda sağlamaktadır (Schiller et al., 2010: 141). Toplumsal-sosyal açıdan sürdürülebilir ulaşım, bisiklet kullanımının tüm maliyetlerinin karşılanması ve herkes için erişilebilirliğin sağlanması, sokakta yaşama, yaşam kalitesinin artırılması, trafik sıkışıklığının önlenmesi gibi pek çok avantajı da içermektedir (Eryiğit 2012: 4; Yavuz 2016: 38).



Şekil 4. *Bisiklet kullanımı (Anonim, 2015)*

Bisiklet yolları, toplu taşıma hatları, yaya kaldırımları ve araç trafiğiyle uyumlu bir şekilde tasarlanması kullanım artması açısından son derece önemlidir. Bisiklet sürücülerinin güvenliği için işaretlemeler, işaret levhaları ve aydınlatma gibi unsurlar da dikkate alınmalıdır (Şekil 4). Bisikletlerin diğer ulaşım modlarıyla entegrasyonunu güçlendirilerek paylaşımlı bisiklet istasyonlarının toplu taşıma hatlarının yakınında konumlandırılması ile bisikletlerin daha geniş bir kitle tarafından kullanımı sağlanmaktadır (Alkılınç,2021; 475).

Toplu taşıma ve bisiklet yoluyla erişilebilirliğin önemine odaklanarak ulaşım eşitliğini değerlendirilmeli ve hizmet alanları, iş yerleri, restoranlar, kiliseler, kütüphaneler, parklar, çok amaçlı yollar ve okullar gibi fırsatlara erişilebilirlik farkını belirlemek için istatistik yöntemleri, coğrafi haritalama teknikleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılmalıdır (Chen and Wang ,2020: 1).

ARAŞTIRMA BULGULARI

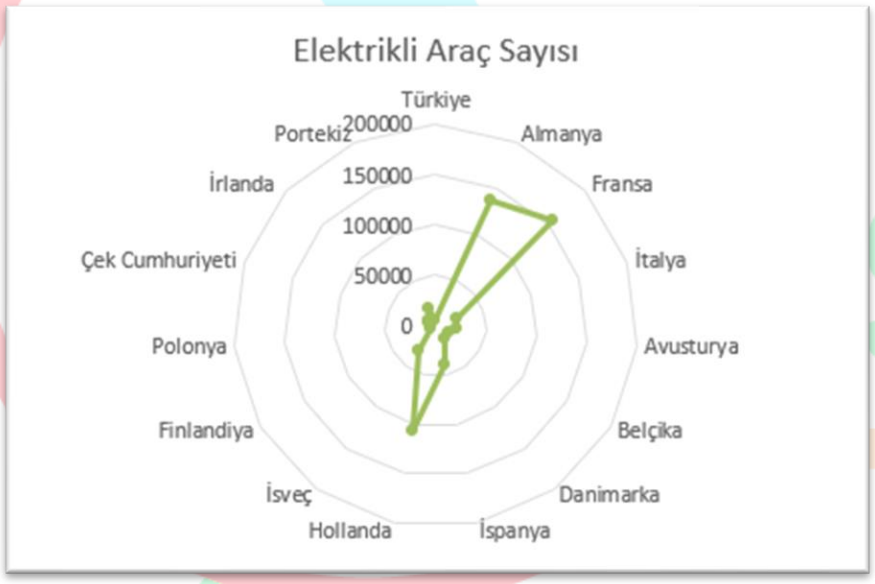
Ulaşımda yaşanan teknolojik gelişmelerden biri fosil yakıtlara alternatif olarak elektrikli araçların kullanımı olduğu söylenebilmektedir. Elektrikli araçlar, ulaşımdan kaynaklanan kentsel atmosferik kirlilik emisyonunun azaltılmasında ve düşük karbonlu ulaşımın geliştirilmesinde hayati bir rol oynayan çevreci bir teknolojidir (Guo and Zhao, 2015: 391). Çevreci olan bu araçlar yeşil ulaşımda önemli yer tutmaktadır. Ulaşım sistemlerinin genişlemesi ve yol altyapısının hızlı gelişimi akıllı ulaşım sistemlerini gündeme getirmiştir. Elektrikli araçların gün geçtikçe yaygınlaşması uzun vadede sürdürülebilirlik kavramını ve doğal kaynak sonuçlarını da beraberinde sürüklemiştir. Nüfusun fazlalaştığı ve araç yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde elektrikli araçlar sürdürülebilirlik bağlamında önem taşımaktadır. Elektrikli araçların Türkiye'de üretimi uluslararası ticaret ve kalkınma gibi ekonomik etkilerinden dolayı stratejik bir öneme sahiptir.

Ülkelerin elektrikli araç sayıları incelendiğinde, 155125 elektrikli araç sayısı ile en fazla olan ülke Fransa, 4830 elektrikli araç sayısı ile en az olan ülke Finlandiya'dır (Tablo 1). Tablo 1'de verilen elektrikli araç sayısına elektrikli hibrit araç sayıları dahil değildir.

Tablo 1. *Elektrikli Araç Sayısı Verileri (Anonim, 2021b)*

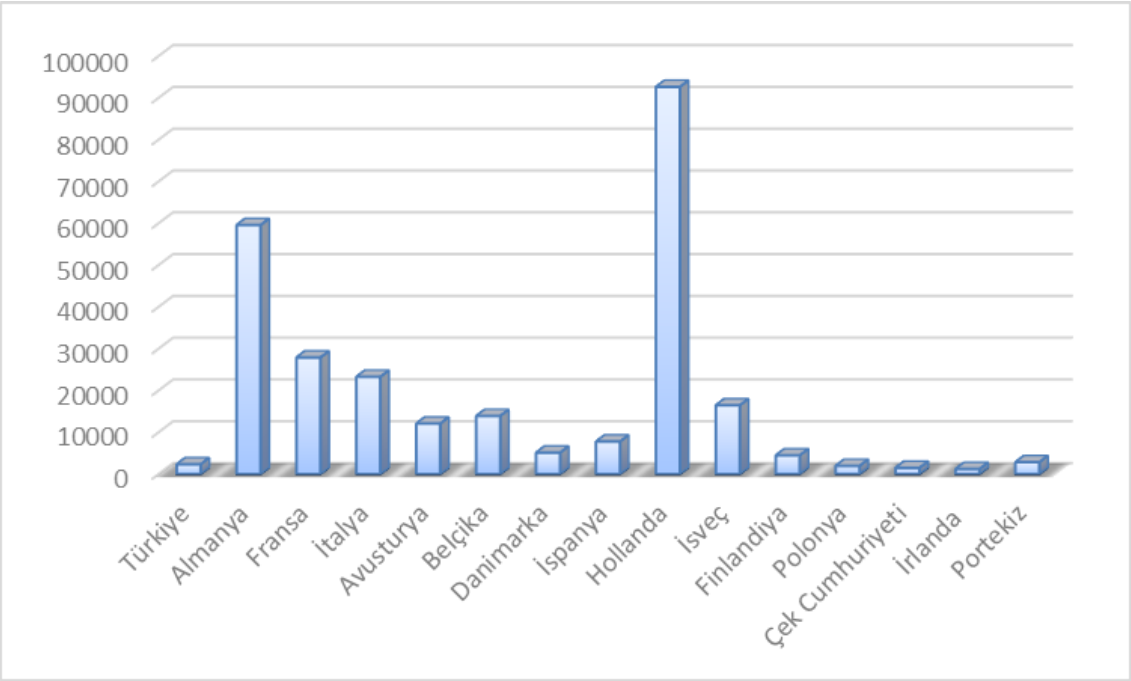
Ülkeler	**Elektrikli Araç Sayısı**
Türkiye	4869
Almanya	136617
Fransa	155125
İtalya	22728
Avusturya	20831
Belçika	15338
Danimarka	15507
İspanya	39453
Hollanda	106558
İsveç	30343
Finlandiya	4830
Polonya	5196
Çek Cum.	8180
İrlanda	8590
Portekiz	18139

Şekil 5'de ülkelerin elektrikli araç sayıları gösterilmiştir.



Şekil 5. *Ülkelerin elektrikli araç sayısı*

Ülkelerin elektrikli araç şarj istasyonu sayıları ise Türkiye 2322, Almanya 59550, Fransa 27870, İtalya 23246, Avusturya 12057, Belçika 13871, Danimarka 5105, İspanya 7756, Hollanda 92601, İsveç 16436, Finlandiya 4443, Polonya 1939, Çek Cumhuriyeti 1469, İrlanda 1177, Portekiz 2821'dir (Anonim, 2021b). Şarj istasyonu bakımından Hollanda ilk sırayı, İrlanda ise son sırayı almaktadır (Şekil 6).

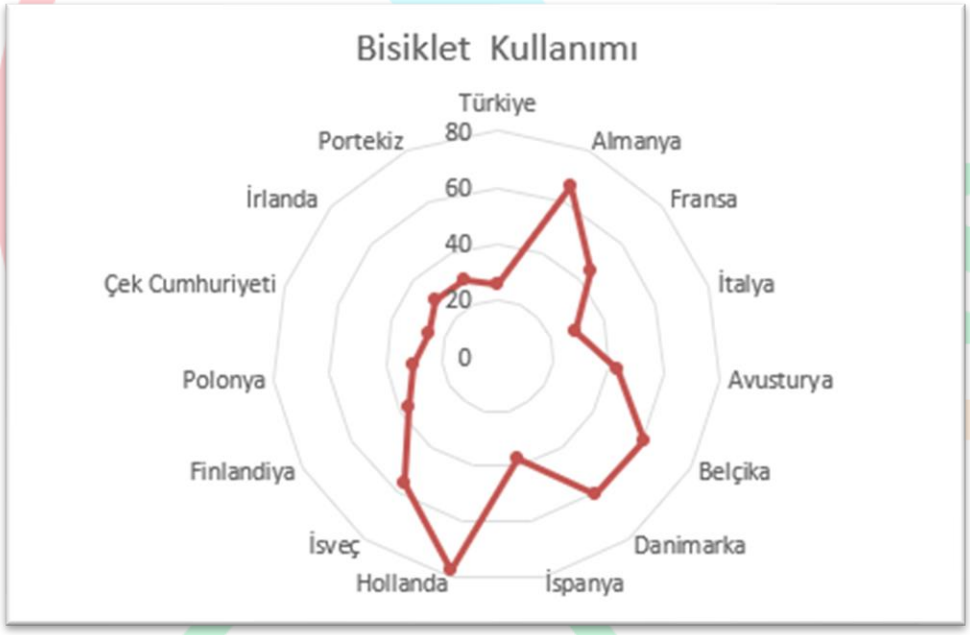


Şekil 6. *Ülkelerin elektrikli araç şarj istasyonlarının sayısı (Anonim, 2021a)*

Çevre sorunlarından kaynaklı son yıllarda bisiklet kullanımına ilgi artmıştır. Yeşil ulaşım politikaları yayaya öncülük vermekle beraber yayadan sonra en önemli olarak bisiklet kullanımı üzerinde odaklanmıştır. Bisiklet kullanmanın sadece ekolojik anlamda değil ekonomik anlamda da faydası bulunmaktadır. Yakıt tasarrufu, enerji verimliliği, vergi ödememe durumu, yapım ve bakım maliyetleri açısından ise sürdürülebilirliği ele almaktadır. En fazla bisiklet kullanımının olduğu ülke 77,84 puan ile Hollanda, en az bisiklet kullanımının olduğu ülke ise 25,48 puan ile Türkiye'dir (Tablo 2). Şekil 5'de ülkelerin bisiklet kullanımı gösterilmiştir. Hollanda'da bisiklet kullanımının fazla olmasına sebep olan parametrelerden bazıları; coğrafi yapısının düz olması, merkezinde birçok tarihi şehrin bulunması ve yüzölçümünün küçük olmasıdır. Bu tarihi şehirlerde dar sokakların varlığı araç kullanımı zorlaştırması ve park sorununu artırmasından dolayı Hollanda'da bisiklet kullanımı yaygınlaşmıştır (Anonim, 2018). Dünyadaki birçok ülkeye göre topoğrafya ve iklim açısından avantajlı olan ülkemizde, bisiklet kullanımının halen yaygınlaşmamasının başlıca nedenleri, bisiklet kullanımının yerel yönetimler tarafından desteklenmemesi ve bir ulaşım aracı olarak kabul görmemesidir (Karaşahin vd., 2017; 105).

Tablo 2. *Bisiklet Kullanım Verileri (Anonim, 2019b)*

Ülkeler	**Bisiklet Kullanımı(COYA Global Bicycle Cities Index)**
Türkiye	25,48
Almanya	65,93
Fransa	45,45
İtalya	29,24
Avusturya	43,12
Belçika	60,51
Danimarka	60,46
İspanya	37,68
Hollanda	77,84
İsveç	55,88
Finlandiya	36,62
Polonya	30,06
Çek Cum.	25,87
İrlanda	29,97
Portekiz	29,51



Şekil 7. *Ülkelerin bisiklet kullanımı*

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyamızda artan nüfus, endüstri sektöründeki hızlı büyüme ve gelişme, fosil yakıt kullanımı, tarım faaliyetleri gibi insan kaynaklı olumsuz etkiler, küresel ısınma, iklim değişikliği, hava ve su kirliliği gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Ülkeler, yenilebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar, çevre dostu üretim yöntemleri, enerji verimliliği, birçok alanda yapılan geri dönüşüm çalışmaları ile bu çevresel sorunlarla mücadele etmeye çalışmaktadır. Bu mücadele kapsamında ülkelerin sürdürülebilir kalkınma çalışmalarının

odağındaki alanlardan biri de sürdürülebilir ulaşımdır. Sürdürülebilir bir ulaşım sistemi oluşturma hedefine ulaşmak, çevre dostu ulaşım araçlarının kullanımının artırılması ve ulaşım kaynaklı çevresel etkileri azaltması ile sağlanabilir. Bu çalışmada 15 Avrupa ülkesinin (Türkiye, Almanya, Fransa, İtalya, Avusturya, Belçika, Danimarka, İspanya, Hollanda, İsveç, Finlandiya, Polonya, Çek Cumhuriyeti, İrlanda, Portekiz) çevre dostu ulaşım araçları kullanımı incelenmiştir. Bu ülkelerin yeşil ulaşım piramidinde de en üstte yer alan ve en çevreci ulaşım seçeneğinden biri olan bisiklet kullanımı karşılaştırıldığında Hollanda'nın ilk sırada yer aldığı görülmüştür. Yaya ve bisikletten sonra gelen diğer çevre dostu ulaşım aracı olan elektrikli araç sayısı bakımından bu ülkeler karşılaştırıldığında ise Fransa birinci sıradadır. Bu iki çevre dostu ulaşım aracı kullanımı bakımından ülkemizin Avrupa ülkeleri karşısında son sıralarda yer almasından dolayı sürdürülebilir kalkınma stratejilerimizin tekrar gözden geçirilmesi ve bir an önce uygulamaya alınması gerekmektedir.

Çevre dostu ulaşım araçlarının sağladığı faydalardan dolayı kullanımının artırılması için öneriler:

1. Ülkelerin, bisiklet kullanıcıları ve yaya trafiği için daha güvenli ve kullanışlı bir altyapı sağlamaya yönelik gerekli yatırımları yapması gerekmektedir. Bisiklet yolları, bisiklet park yeri, yaya kaldırımları ve yaya öncelikli kavşaklar gibi altyapıların planlamasının ve projelendirilmesinin iyi yapılması insanları bisiklet kullanmaya ve yürümeye yönlendirebilir.
2. Belediyeler araç trafiğinin azaltılması, bisiklet yollarının genişletilmesi, yaya kaldırımlarının geliştirilmesi ve bisikletlere vergi indirimi sağlanması gibi uygulamalarla insanları bisiklet kullanmaya ve yürümeye teşvik edebilir.
3. Bisiklet kullanımı, güvenli sürüş teknikleri ve trafik kuralları gibi konuları içeren seminerler ve workshoplar, insanların bisiklet kullanmaya ve yürümeye olan güvenlerini artırabilir. Bisiklet kullanımının ve yaya trafiğinin çevre dostu ve sağlıklı bir seçenek olduğunu vurgulayan kampanyalar ve etkinlikler düzenlemek, bu ulaşım yöntemlerine olan ilgiyi artırabilir.
4. İş, okul ve alışveriş merkezleri gibi etkinlik alanlarının bisiklet veya yaya ile kolayca erişilebilir olması bisiklet kullanımının ve yaya trafiğinin artmasına katkıda bulunabilir.
5. Elektrikli araçlar, hava kirliliği ve sera gazı emisyonlarındaki azalmaya katkı sağladığından dolayı belediyeler ve yerel yönetimler, elektrikli araçların kullanımını teşvik etmek için özel ayrılan şeritler ve öncelikli park yerleri gibi düzenlemeler ile özel trafik yönetimi planları geliştirebilirler.
6. Elektrikli araç sayısının artması için şarj istasyonu altyapısının geliştirilmesi, insanların araçlarını şarj edebilecekleri yerlerin sayısının artırılması, şarj istasyonlarının kurulması ve konumlandırılması uygun mühendislik teknikleri ile desteklenmelidir.
7. Ülkeler elektrikli araçların fiyatını düşürmek, vergiden muaf etmek ve şarj istasyonu kurulumuna teşvik etmek gibi eylemlerle elektrikli araç sayısının artmasına katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak, çevre dostu ulaşım araçlarının yaygın olarak kullanılması sürdürülebilir bir geleceğe doğru atılan önemli ve etkili bir adımdır. Böylece çevresel etkileri azaltarak ve enerji verimliliğini artırarak, gelecek nesillere daha sürdürülebilir, daha sağlıklı, daha temiz ve daha yaşanılabilir bir ekosistemin miras bırakılmasına katkı sağlanır.

Bilgilendirme

Bu çalışma Nuriye Kabakuş danışmanlığında Merve Eyüboğlu tarafından hazırlanan "Türkiye'nin Sürdürülebilir ve Yeşil Ulaşım Açısından Avrupa Ülkeleri Arasındaki Yerinin ÇKKV Yöntemleri ile Belirlenmesi" başlıklı Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Anonim, 2015. Yaşanabilir çevre ve sürdürülebilir şehirler için bisiklet yolu. Erişim Tarihi: 12.12.2022, https://meslekihizmetler.csb.gov.tr/yasanabilir-cevre-ve-surdurulebilir-sehirler-icin-bisiklet-yolu-haber-20439

Anonim, 2018. Bisiklet ve kalkınma. Ka Dergisi, 3(10), Ankara. Erişim Tarihi: 16.03.2023, https://www.ka.org.tr/dosyalar/file/Yayinlar/KA-Dergi/KaDergi_S10.pdf

Anonim, 2019a. İngilterede elektrikli araç şarj istasyonu sayısı, benzin istasyonunu geçti. Erişim Tarihi: 13.12.2022, https://yesilekonomi.com/ingilterede-elektrikli-arac-sarj-istasyonu-sayisi-benzin-istasyonunu-gecti

Anonim, 2019b. Küresel bisiklet şehirleri. Erişi. Tarihi: 24.05.2022, https://www.coya.com/bike/index-2019

Anonim, 2021a. Elektrikli araç şarjının şebekeye etkisi ve akıllı şarj çözümleri. Erişim Tarihi: 13.12.2022 https://medium.com/ieee-trsb-pes/elektrikli-ara%C3%A7-%C5%9Farj%C4%B1n%C4%B1n-%C5%9Febekeye-etkisi-ve-ak%C4%B1ll%C4%B1-%C5%9Farj-%C3%A7%C3%B6z%C3%BCmleri-b%C3%B6l%C3%BCm-3-3f9c5dcc2289

Anonim, 2021b. Avrupa'da kişi başına kaç araç düşüyor? Türkiye'de durum ne? Erişim Tarihi: 04.05.2022, https://tr.euronews.com/2022/08/05/avrupada-kisi-basina-kac-arac-dusuyor-turkiyede-durum-ne

Alkılınç, E., Cenani, Ş., Çağdaş, G. (2021). Bisiklet paylaşım istasyonlarının belirlenmesi: CBS tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(2), 471-489. doi: 10.25092/baunfbed.893434

Asamer, J., Reinthaler, M., Ruthmair, M., Straub, M., Puchinger, J. (2016). Optimizing charging station locations for urban taxi providers. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 85, 233-246. doi: 10.1016/j.tra.2016.01.014

Black, W. R. (2003), Sustainable Transport And Potantial Mobility, Transportation - A Geopraphical Analysis, Newyork, 317.

Cascetta, E., Cartenì, A., Pagliara, F., Montanino, M. (2015). A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods. Transport policy, 38, 27-39. doi: 10.1016/j.tranpol.2014.11.005

Cengiz, T., & Kahvecioğlu, C. (2016). Sürdürülebilir kent ulaşımında bisiklet kullanımının Çanakkale kent merkezi örneğinde incelenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(2), 55-66.

Chen, N., Wang, C. H., (2020). Does green transportation promote accessibility for equity in medium-size U.S. cites?. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 84(3):1-18. doi: 10.1016/j.trd.2020.102365

Cirit, F., (2014). Sürdürülebilir kentiçi ulaşım politikaları ve toplutaşıma sistemlerinin karşılaştırılması. Uzmanlık Tezi, Kalkınma Bakanlığı, Yayın Nu:2891

Ehsani, M., Gao, Y., Emadi, A. (2003). Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: fundamentals, theory, and design. University of West Florida: CRC press.

Eryiğit, S., (2012). Sürdürülebilir Ulaşımın Sosyal Boyutunda Bisikletin Yeri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 85.

Farahani, R. Z., Miandoabchi, E., Szeto, W. Y., Rashidi, H. (2013). A review of urban transportation network design problems. European journal of operational research, 229(2), 281-302. doi: 10.1016/j.ejor.2013.01.001

Guo, S., Zhao, H. (2015). Optimal site selection of electric vehicle charging station by using fuzzy TOPSIS based on sustainability perspective. Applied Energy, 158, 390-402. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.08.082gou

Gültaş, P., Yücel M., 2015. Yeşil lojistik: Yeşil ulaşım hizmetleri Malatya Büyükşehir Belediyesi örneği. Akademik Yaklaşımlar Dergisi, 6(2), 70-83.

Hatefi, S. M. (2018). Strategic planning of urban transportation system based on sustainable development dimensions using an integrated SWOT and fuzzy COPRAS approach. Global Journal of Environmental Science and Management, 4(1), 99-112. doi: 10.22034/gjesm.2018.04.01.010

Karaşahin M., Uz V.E., Gökalp İ., Doğru E. (2017). Kullanıcılarına Göre Bisiklet: Bir Ulaşım Aracı. https://www.imo.org.tr/TR,83949/kullanicilarina-gore-bisiklet-bir-ulasim-araci---mustafa-karasahin-volkan-emre-uz-islam-gokalp-ebru-dogru.html

Nansai, K., Tohno, S., Kono, M., Kasahara, M., Moriguchi, Y. (2001). Life-cycle analysis of charging infrastructure for electric vehicles. Applied energy, 70(3), 251-265. doi: 10.1016/S0306-2619(01)00032-0

Nie, Y. M., Ghamami, M. (2013). A corridor-centric approach to planning electric vehicle charging infrastructure. Transportation Research Part B: Methodological, 57, 172-190. doi: 10.1016/j.trb.2013.08.010

Schiller, P. L., Bruun, E. C., Kenworthy, J. R. (2010). An introduction to sustainable transportation: Policy, planning and implementation. Earthscan.

Solovieva, A., Litvinova, T., Litvinov, A., (2022). Green Transport As A Tool For Improving The Quality of Life of The Kuban Population. Transportation Research Procedia, 63, 2914-2920. doi: 10.1016/j.trpro.2022.06.339

Özbay, H., Közkurt, C., DALCALI, A., Tektaş, M. (2020). Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 34-50.

Öztürk, E.A., (2017). Sürdürülebilir Kentsel Ulaşım Endeksi, Transist 2017 Bildiri Kitabı, 18-24.

Vuchic, V. R., (1981). Urban Public Transportation: Systems and Technology. University of Michigon, 673, USA.

Wang, X., Zhao, J., Wang, K., Yao, J., Yang, S., Feng, S. (2017). Multi-objective double-layer charging optimization of electric vehicles considering user satisfaction and distribution network safety. Power Grid Technol, 41, 2165-2172. doi: 10.13335/j.1000-3673.pst.2016.3334

Yavuz, B., (2016). Sürdürülebilir Ulaşım Kapsamında Bisiklet Ulaşımının İzmir Bornova İlçesinde İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Numerical Investigation Of Behavior A Single Pile Subjected To Negative Skin Friction Due To Change In Fill Load And Water Level

Ikram Razzaq ALDHAYDAN [1]
Murat TONAROĞLU [2]

Abstract

This paper aims to present a study in order to show the effects of the change in groundwater level and surcharge load on negative surface friction, the position of neutral plane, and drag loads to be developed for a pile. To do so, at first, one selected soil profile was studied by using Plaxis 3D software to investigate the effects caused by surcharge load and water level. The soil profile choosen is composed of clayey soils that were designated by clay 1 and clay 2 respectively. In addition, a single pile (D=120 cm and L=32 m) was taken into account depending on the depth of layers encountered at the site under investigation in the numerical analyses. The results obtained from the analyses performed in this study were presented in the form of figures. From the figures,it can be concluded that the change in the magnitude of surcharge load and similarly the lowering the water level within the soil profile at the site of interest can affect the value of negative skin friction (NSF), the value of dragload.

Keywords: Negative skin friction, drag load, PLAXIS 3D, Neutral plane, Single pile.

[1] Civil Engineer, Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineering, 0009-0009-3947-4450 :
[2] Asst. Prof., Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineering, 0000-0002-6145-5493:

1.Introduction

Deep foundations are used to support heavy loads (both vertical and horizontal), mitigate/or eliminate possible problems related to excessive or differential settlement, provide stability for slopes and so on. Pile foundations are known for their ability to support heavy loads, resist settlement, remain stable, and adapt to different soil conditions. Due to these characteristics, it is have become a popular choice for many construction projects (Madhav MR et al, 2009;1(1):97-112).

Pile foundation has a vast application in the domain of the construction industry because it helps in transferring the heavy load from the superstructure to a larger depth in the soil(Morsy MS et al, 2022). Deep foundations are necessary for situations where a shallow foundation would not provide enough support due to potential settlement or environmental hazards. These deep foundations are typically created using piles, which are driven, pushed, or constructed in situ. Different types of piles include bored piles, cast-in-situ piles, drilled-shafts, caissons, auger casts, and buried piles. Essentially, deep foundations are a type of support system used to ensure the stability and safety of a structure (Fellenius B,2017).

Piles are thin and long structures that are used to transfer the weight of a building or structure through soft soil or water to stronger materials like rock or stiff soil. They can support the weight of the structure either by compression or tension. However, sometimes the surrounding soil settles more than the pile, which causes negative skin friction. This frictional force can cause extra load on the pile, which may lead to a failure of the structure supported on the piles. Therefore, negative skin friction must be considered when designing piles(Tien NT., 2006;43(4):409-430). The different methods for analyzing negative skin friction on piles, which refers to the downward force that soil exerts on a pile as it settles or consolidates. The two main methods mentioned are empirical methods, which are based on past experience and observations, and numerical methods, specifically the finite element method, which uses computer models to simulate soil behavior and interactions with the pile. The advances in computer technology and geotechnical modeling have made it possible to create more accurate simulations of soil properties and how they interact with piles.

This paper presents the numerical analyses of the piles subjected to negative skin friction under both surcharge loading and changing of the groundwater level.

2.Concept of Negative Skin Friction

Negative friction will be produced where the surrounding soil exhibits a downward movement with respect to the pile shaft, and this effect can cause excessive settlement of the piles with severe damage of the structure (Fellenius B, 2006;43(4):409-430).

Negative skin friction is a phenomenon that occurs when the soil surrounding a pile settles more than the pile itself. This can happen due to various reasons like the weight of a surcharge placed on the soil, lowering of the groundwater table, or soil reconsolidation after pile driving. Negative skin friction can also occur in materials like gravel that do not compress much and are placed over soft, consolidating clays. The settling of the soil increases the

effective stresses on the pile shaft, leading to an increase in pile shaft friction (Lam SY et al, 2013;139(6):956-968.).

Due to the relative vertical displacement between the pile underweight and the surrounding soil, skin friction develops on a pile shaft. The developing skin frictions will therefore have the opposite sign (negative skin friction) from skin friction at the lower section of the pile along the length of the pile when the settlement of the pile is less than the settlement of the surrounding soil (pile soil). As a result, Figure .1(Kouretzis G,2018), shows that the friction along the upper half of the piles will increase the external loads rather than increasing the resistance of the piles. Due to axial shortening and/or point penetration caused by the increased axial load, it may also result in enhanced pile settlement (Bowles JE,1988).

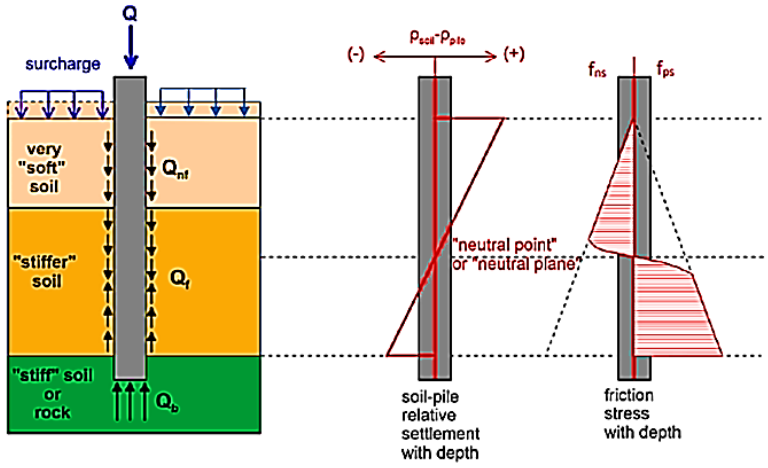


Figure 1. Pile-soil relative displacement and friction stresses distribution with depth(Bowles JE,1988).

3.Location of Neutral Point Plane

To determine the amount of negative skin friction, one must find the neutral plane location, the point at which pile settlement equals surrounding soil settlement. The neutral plane for end-bearing piles would be near the compressible stratum base (Figure 2a). For pile friction, were many ways to estimate of neutral plane position, as suggested by the authors (Tomlinson M and Woodward J, 2014), the neutral plane depth ratio varies between (0.5 and 0.67) (Matyas EL , 1994;31(4):591-597). It is observed that the neutral point in the middle of the pile, where the strength of the soil increased with depth. When no structural loads are applied to the pile, the neutral point lies in the lowest third of the pile in uniform soils where the shear strength grows linearly with depth, as shown in Figure (2b) (Kouretzis G,2018).

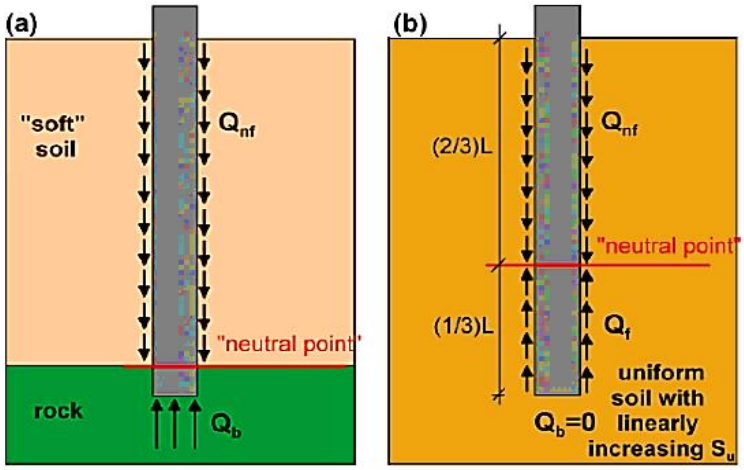


Figure 2. Neutral point location (a) end bearing pile on bedrock. (b) Friction pile, before application of any loads on the pile (Kouretzis G,2018).

4.Finite Element Modelling

The finite element method is preferred to study the behavior of piles subjected to the negative skin friction effect. To do so, in this study, Plaxis program has been used. In the numerical analyses, the reinforced concrete piles were modeled with an embedded pile element. In the analyses, at first, one site was studied. The material properties of the soil layers at this site were shown below in Table 1. The behavior were modeled by the Mohr-Coulomb Model in the numerical analyses. .

Table 1. Material properties of site

Properties	**Clay1**	**Clay2**	**Pile**
Depth (m)	10.5	29.5	32
γ (kN/m3)	19	19	25
E (kPa)	4500	11000	20E6
ν	0.4	0.4	0.18
c’ (kPa)	4	14	-
Ø	24	24	-
Dimeter (m)	-	-	1.2

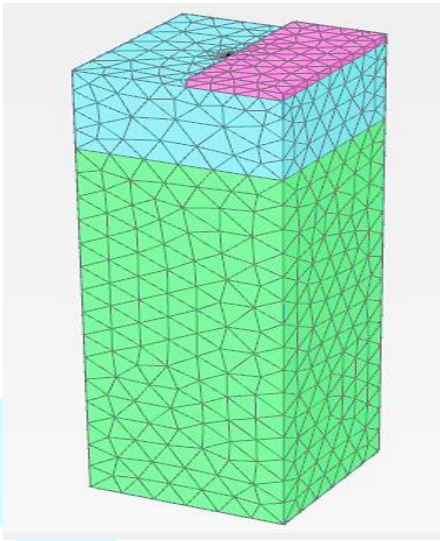


Figure 3. Plaxis 3D finite element mesh used in the analysis in site

5.Verifacation of the Modelling

The negative skin friction behavior on the edge of the pile was verification by Comparing the results of the current investigation with the results obtained by (Lee et al. 2002;52(5):325-335.). The model includes of two soil layers with a central concrete pile. 10 nodded of triangular element mesh is considered for pile and soil. The relatively fine mesh is considered near soil pile interface and it becomes coarser as it moves away from the pile. The constituent model used for defining soil is Mohr coulomb. The top layer of soil is soft clay with a depth of 20 m. The bottom layer of soil is sandy and has a depth of 5 meters. The concrete pile rests on the top surface of the sand. Table 3 represents the design parameters used for the verification study.

Table 3. Properties of material using by Lee et al(2002)

Properties	Soft Clay	Bearing Sand	Pile
Depth (m)	20	5	20
γ (kN/m3)	18	20	25
E (kPa)	5000	50000	2E6
ν	0.3	0.3	0.3
c' (kPa)	3	0.1	-
Ø	20	35	-
Ψ (0)	0.1	10	
K_0	0.65	0.5	1

Note:
Groundwater table is considred at surface.
Hydrostatic water pressure distribution is assumed.

The distribution of shear stress for the friction pile was compared with the distribution of the friction pile obtained by Lee et al (2002) Figure 3, where was noted that there is a very

good agreement between the results, and therefore we can say that the numerical model of this study has been validated.

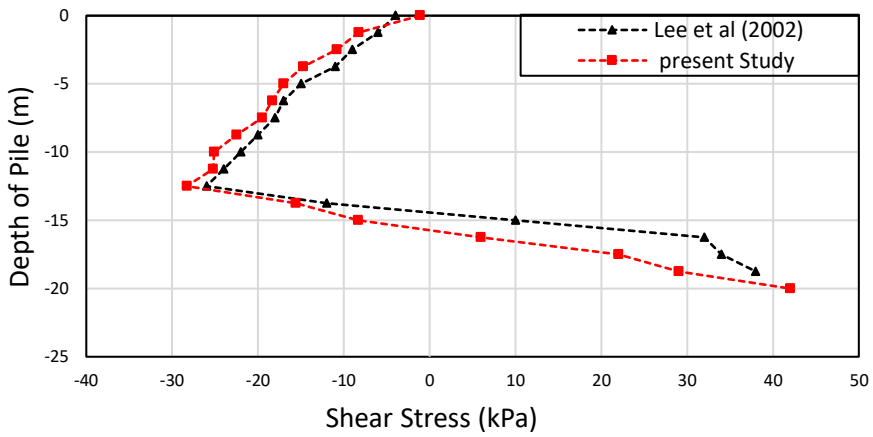


Figure 5. Distribution of shear stress for friction pile

6.Results and Discussions

After the numerical modeling has been validated, the effect of the change in the magnitude of a surcharge load caused by a fill and groundwater level on skin friction and the values of drag load were studied by using Plaxis 3D for the selected site.

6.1.The effect of change in the magnitude of the surcharge load on NSF in site under investigation

The change of the values of skin friction for the pile of interest under different heights of surcharge (filling load) by assuming that groundwater level is at three different levels; on the groundsurface, then 1 m and 4 m below the groundsurface. Figure 5a- c shows the skin friction distribution of the pile depth according to the different surcharge loads.

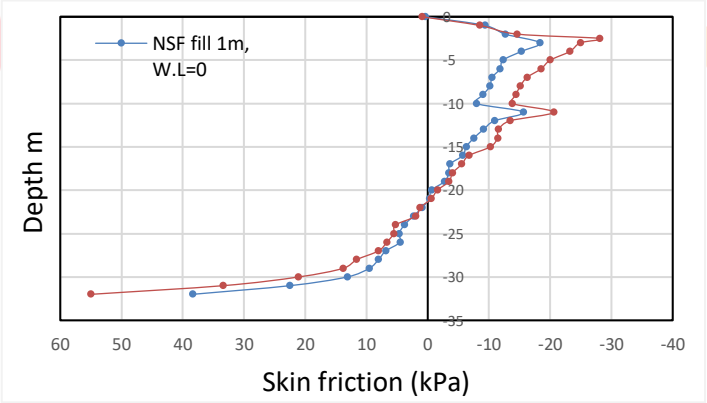


Figure 5a. Distribution of skin friction pile at WL =0

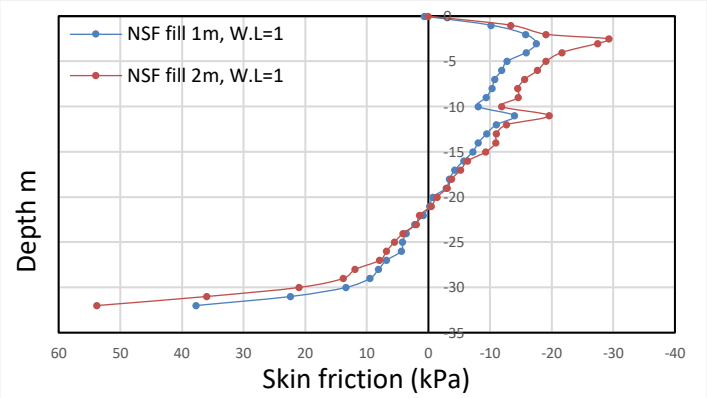


Figure 5b. Distribution of skin friction pile at WL =1m

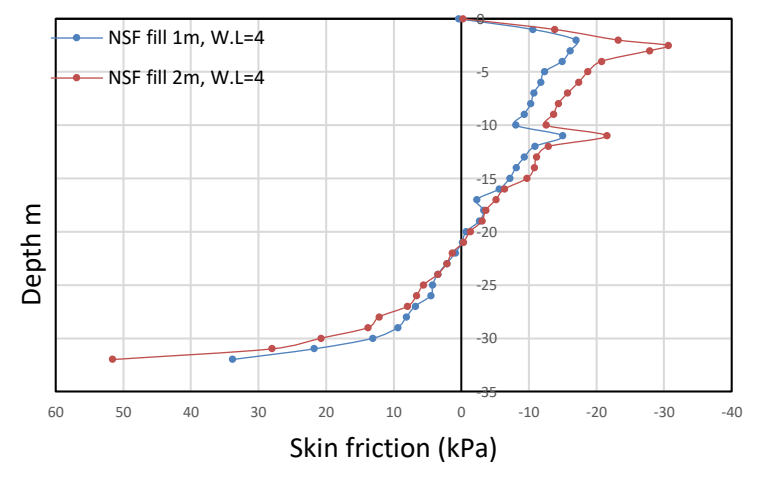


Figure 5c. Distribution of skin friction pile at WL =4m

Figure 5a, for the groundwater level in the surface of soil, when the filling load is increased from 1 m to 2 m, we will notice that the neutral plane (NP) level change is very small, and that the value of the negative skin friction (NSF) at the filling load of 1 m was 18.3 kPa, where it increases to 28.1 kPa by increasing the filling load to 2 m. While at the level of the natural groundwater of the site1, which was 1m, the neutral plane (NP) level increases very small, in the case of increasing the filling load from (1 to 2) m. The value of negative skin friction (NSF) increases from 17.5 kPa to 29.5 kPa with an increase in the filling load from 1 to 2 m, as shown in Figure 5b. In the case of lowering the groundwater level to 4 m, the value of the neutral plane (NP) level also is very small change, and the value of the negative skin friction (NSF) increases from 16.6 kPa to 30.6 kPa when the filling load is increased from 1 to 2 m, as shown in Figure 5c.

6.2.Dragload distribution of pile in the site

The distribution of the dragload across the pile was investigated for different groundwater levels with changing filling loads. Figure 6a-c illustrates the values of the dragload for pile , as its value increases from 648.66 kN to 852.4 kN at the groundwater level in the soil surface with an increase in the filling load from 1m to 2m as shown Figure 6a. And

in the natural groundwater level equal 1m, dragload value was 580.27 kN at fill load 1m, while its value increase to 813.26 kN when increase the fill load to 2m as Figure 6b. In the same way, the dragload increase value from 621.72 kN to 892.5 kN at change fill loading from (1 to 2) m respectively at groundwater level was 4m, as shown Figure 6c.

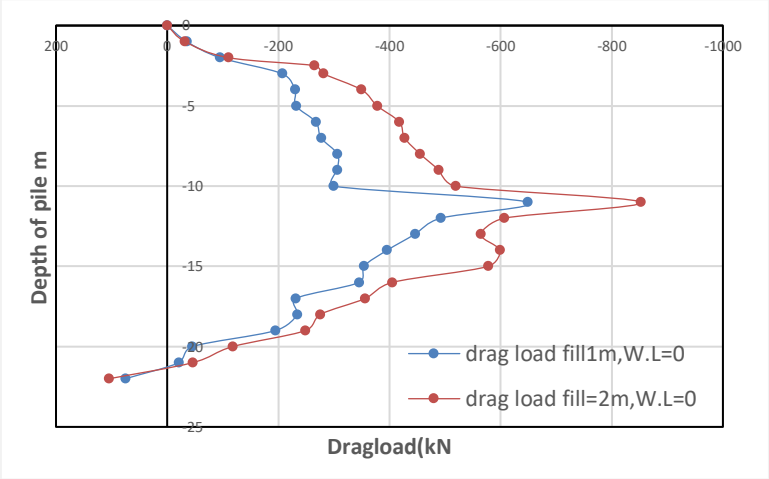


Figure 6a. Distribution of dragload of pile at WL =0

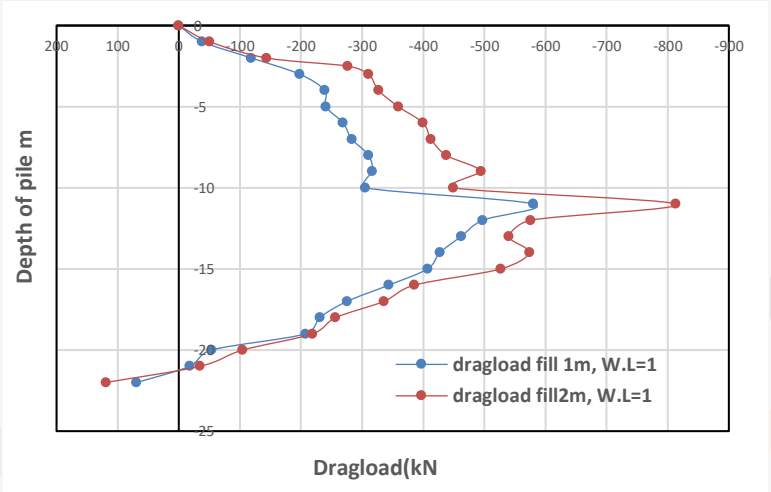


Figure 6b. Distribution of dragload of pile at WL =1m

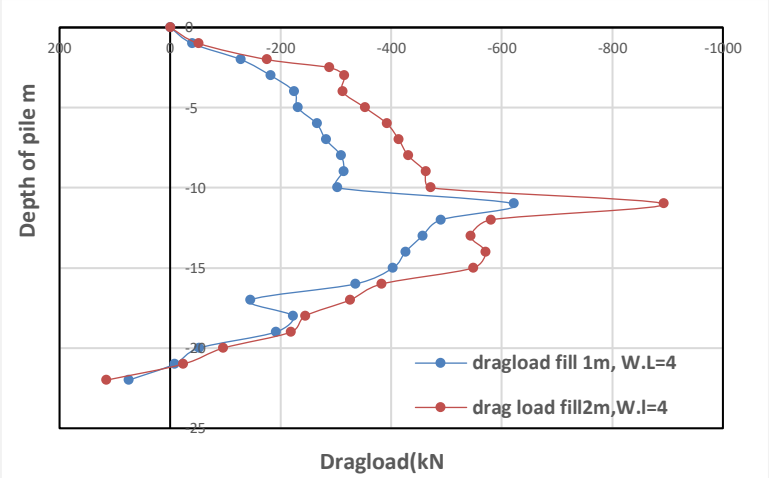


Figure 6c: Distribution of dragload of pile at WL =4m

7.Conclusion

In this paper, a study on the effects of changing the water level and surcharge load on the values of skin friction, dragload and the location of neutral plane. To do so, a series of numerical analyses were performed by using Plaxis 3D program on a soil profile of sandy clay soil for three different levels of groundwater and two different heights of surcharge.

From these numerical solutions, it was shown that the location of neutral plane did not change remarkably under the effect caused by the change in the levels of water and the heights of load. However, as water level was lowered and the surcharge load was increased, the maximum values of negative skin friction were observed to have increased. In addition, the values of dragloads exhibited significant differencies under the conditions studied.

.

References

Madhav MR, Sharma JK, Sivakumar V. Settlement of and load distribution in a granular piled raft. Geomech Eng. 2009;1(1):97-112.

Morsy MS, El-Mossallamy YM, Salah A. Evaluation of passive pile analysis methods using three-dimensional finite element analysis. Geomech Geoengin. Published online 2022:1-17.

Fellenius B. Basics of Foundation Design. Lulu. com; 2017.

Tien NT. Design of piles in cohesive soil. Published online 1981.

Fellenius BH. Results from long-term measurement in piles of drag load and downdrag. Can Geotech J. 2006;43(4):409-430.

Lam SY, Ng CWW, Poulos HG. Shielding piles from downdrag in consolidating ground. J Geotech Geoenvironmental Eng. 2013;139(6):956-968.

Kouretzis G. Fundamentals of Geotechnical Engineering and their Applications. Univ Newcastle, Aust Ed. Published online 2018.

Bowles JE. Foundation Analysis and Design.; 1988.

Tomlinson M, Woodward J. Pile Design and Construction Practice. CRC press; 2014.

Matyas EL, Santamarina JC. Negative skin friction and the neutral plane. Can Geotech J. 1994;31(4):591-597.

Lee CJ, Bolton MD, Al-Tabbaa A. Numerical modelling of group effects on the distribution of dragloads in pile foundations. Geotechnique. 2002;52(5):325-335.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

"Anında Hızlı Sinirsel İşleme Modeli Kullanılarak 2 Boyutlu Görüntülerden 3 Boyutlu Nesnelerin Elde Edilmesi"

ADEM ALPASLAN ALTUN[1]
ZAINAB MOHAMMED HASAN SABER ALAZDAEE[2]

Abstract

The paper you are referring to presents a NeRF-based framework for rendering photo-realistic immersive virtual scenes in virtual reality (VR). The framework is designed to enable users to freely move their heads to explore complex real-world scenes in VR. The authors evaluate the performance of the framework by benchmarking three different NeRF scenes at different scene complexities and resolutions.

The authors report that their framework can achieve a frame rate of 30 frames per second with a resolution of 1280x720 pixels per eye, using super-resolution techniques. They also discuss potential applications of their framework, such as in architecture, design, and entertainment.One of the main contributions of this paper is that it evaluates the performance and suitability of NeRF implementations for VR, which has been largely unexplored in the research community. The authors provide an open source implementation of their framework, which can be used by researchers and developers to further explore the combination of NeRF and VR.

Overall, this paper presents a promising framework for rendering photo-realistic immersive virtual scenes in VR using NeRF, and provides a valuable contribution to the research community by evaluating the performance and suitability of NeRF for VR applications.

This passage describes a new approach for reducing the cost of training and evaluating neural graphics primitives, which are parameterized by fully connected neural networks. The approach uses a versatile new input encoding that allows for the use of a smaller network without sacrificing quality. The smaller network is augmented by a multiresolution hash table of trainable feature vectors whose values are optimized through stochastic gradient descent.

The multiresolution structure of the hash table allows the network to disambiguate hash collisions, making for a simple architecture that is easy to parallelize on modern GPUs. The system is implemented using fully-fused CUDA kernels with a focus on minimizing wasted bandwidth and compute operations. This approach achieves a combined speedup of several orders of magnitude, enabling training of high-quality neural graphics primitives in a matter of seconds, and rendering in tens of milliseconds at a resolution of 1920x1080.Overall, this new

[1] Porf DR , Selcuk University,Techology faculty, Computer Engineering Department, 0000-0002-3960-5141
[2] Selcuk University,Techology faculty, Computer Engineering Department, 0009-0002-7008-6738

approach represents a significant improvement over existing methods for training and evaluating neural graphics primitives, which can be costly in terms of both time and computational resources. By reducing these costs, the approach makes it possible to train and render high-quality neural graphics primitives more quickly and efficiently, which could have important implications for a wide range of applications in areas such as computer graphics, virtual reality, and gaming.

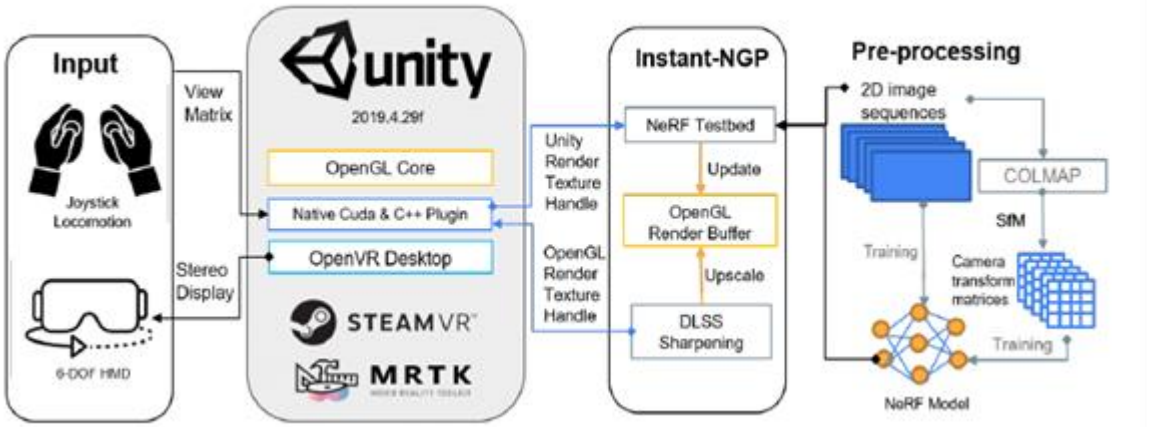
Keywords: Neural Radiance Field , Instant Neural Graphics Primitives , Immersive Experiences , Free-viewpoint Videos , Image Synthesis, Neural Networks, Encodings , Hashing, GPUs, Parallel Computation, Function Approximation

GİRİŞ

Dünya. Gerçek dünya ortamlarının bu tür doğru 3B temsilleri çeşitli sürükleyici VR uygulamaları için çok önemlidir. Örneğin, sürükleyici gazetecilik (Weil vd.,2010);(krüger ve westermann,2003), robot teleoperasyonu (Bacher vd, 2022), kültürel katılım (chmidtd vd,2019) ve eğlence (Rogers vd,2022), doğru bir foto-gerçekçi 3D'den yararlanabilir Sabit bir bakış açısına sahip 360 derecelik bir video yerine kullanıcıların özgürce hareket edebildiği gerçek dünyanın temsili. Bununla birlikte, gerçek ortamların görüntülerini veya videolarını aldıktan sonra, son teknoloji ürünü 3B yeniden yapılandırma boru hatları fotogrametri (westoby vd ,2012) veya eşzamanlı yerelleştirme ve haritalama (Durrant-Whyte,Baily,2006) özellikle büyük ölçekli uygulamalar için uygulanabilirliğini sınırlıyor sahneler (kegeleirs vd ,2021). 3D sahne rekonstrüksiyonu için diğer yöntemler, ışık algılama ve mesafe belirleme (Reutebuch,Andersen,Gaughey,2005) veya yapılandırılmış ışık sensörleri (Gupta vd ,2011) gibi pahalı donanımlara dayanır. Ayrıca, bu tekniklerin çoğunda manuel son işleme gereklidir. Sonuç olarak, yüksek kaliteli 3B sahne rekonstrüksiyonu için geleneksel işlem zaman alıcıdır ve 3B modelleme alanında uzman bilgisi gerektirir. Son zamanlarda, nöral ışıma alanı (NeRF) (Mildenhall vd,2022);(Müller vd,2022), birden fazla 2B görüntüye ve yalnızca kamera pozlarına dayalı fotogerçekçi 3B sahnelerin yüksek kalitede yeniden oluşturulmasını sağlayan bir yöntem olarak hızla ortaya çıktı. Mildenhall ve ark(Mildenhall vd,2022). , tek bir sahneyi eğitmek için kapsamlı hesaplama gerektirir, M¨uller ve ark.



Şekil 1 – Anlık nöral grafik ilkelleri (instant-ngp) çerçevesinden standart değerlendirme tilki sahnesinin gösterimi Unity motoru kullanılarak başa takılan bir ekran için işlenen DLSS desteği.



Şekil 2 – Bireysel süreçleri soldan sağa gösteren çerçevemizin sistem mimarisi

Girişten başlayarak, VR giriş cihazlarından ve HMD'den bir görünüm matrisi hesaplanır. Bu görünüm matrisi daha sonra, instant-ngp arka ucuna olduğu kadar son işlemeye bir iletişim katmanı sağlayan yerel Unity eklentisine uygulanır. Instant-ngp arka ucu, sağlanan dokuyu güncelleyerek NeRF aracılığıyla birim işlemeyi gerçekleştirir. Ön işleme,model eğitimini ifade eder,.

NeRF yazılım sistemlerinin mevcudiyetindeki bu mevcut boşluğu kapatmak için, orijinal instant-ngp çerçevesinin (Müller vd,2022)Unity'ye entegrasyonla bir uyarlaması olan sürükleyici instant-ngp'yi geliştirdik, VR araştırma ve geliştirme için en yaygın kullanılan oyun motorlarından biridir. Sistemimiz, Derin Öğrenme Süper Örnekleme (DLSS) "(developer.nvidia,2022)" desteğiyle Unity'de iki yüksek çözünürlüklü NeRF görüntüsünü eş zamanlı olarak işleyerek, bir stereoskopik video görünürlüğü (VST) oluşturur) VR'deki NeRF sahnesinin. Ek olarak, sürükleyici instant-ngp, serbest bakış açısı keşfine, sınırlayıcı kutunun manuel olarak ayarlanmasına ve bir sahnenin altı serbestlik derecesi (DoF) manipülasyonuna olanak tanır. Bildiğimiz kadarıyla, bu, Unity tabanlı sanal gerçeklik için ilk açık kaynaklı NeRF çerçevesidir.Çalışmamızın katkıları şu şekilde özetlenebilir:

• İşleme için ilk açık kaynaklı çerçeveyi sağlıyoruz sürükleyici fotogerçekçi sinirsel grafik ilkel sahneler saniyede 30 kare (fps) civarında kare hızlarını destekleyen VR'de.

• Önerilen çerçevemizi, farklı sahne karmaşıklıkları ve kareye ilişkin çözünürlükler için değerlendiriyoruz zamanlamalar ve kare hızları. Bu belgenin geri kalanı aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır. 2. Bölüm, NeRF ve serbest bakış açısı videolarıyla ilgili çalışmaya devam ediyor. Bölüm 3 sistemimizin ve çerçevemizin mimarisini ve kullanılabilir özelliklerini açıklamaktadır. 4. Bölüm, kıyaslama performansının sonuçlarını gösterir sürükleyici instant-ngp sistemimizin. 5. Bölümde sistemler ve sınırlamaları ele alınmaktadır. Bölüm 6, çalışmamızı sonuçlandırıyor ve VR için NeRF'in gelecekteki çalışmaları hakkında bir genel bakış sunuyor.

En teknolojik gelişmelerde olduğu gibi, 3D görüntüleme, insanı taklit etmeye dayanır. yetenekleri. İnsan stereoskopik görüntülemesi, dünyanın biraz farklı iki projeksiyonuna dayanır. sol ve sağ gözlerde dünya. Mekandan kaynaklanan bu küçük fark, gözler arasındaki yer değiştirme, binoküler eşitsizlik olarak adlandırılır. İnsan beyni yapabilir bu iki görüntüyü yatay eşitsizlikle birleştirin ve 3B derinlik algısı oluşturun . Bu nedenle, 2B'den 3B'ye görüntü dönüştürme teknikleri yatay eşitsizliğe bağlıdır tek görüntüden yeni görüntüyü oluşturmak için tahmin.

2D-3D video dönüştürme, belirli bir videonun stereo ikiz çerçevesini oluşturmayı ifade eder. sahnenin tahmini derinliğine göre yatay piksel kaydırmaları uygulayarak kare, ardından

eşitsizlik süreksizliklerini düzeltmek için delik doldurma. Vardiya miktarı (eşitsizlik) her pikselin derinliği doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle derinlik haritası tahmini süreci, 2B çerçevelerden stereoskopik video oluşturmanın en zorlu kısmıdır.

2B'den 3B'ye dönüştürme işlemi 2 adımdan oluşur: Belirli bir görüntü için derinlik tahmini ve ardından derinlik sorgu oluşturma.

NERF

Rastgele bakış açılarından foto-gerçekçi görüntüler oluşturmak, yalnızca 3D sahne geometrisini anlamakla kalmaz, aynı zamanda sofistike ışık taşıma olgusundan kaynaklanan karmaşık bakış açısına bağlı görünümü de gerektirir. Bunu başarmanın bir yolu, uzaydaki her noktadan geçen ışığı doğrudan modelleyen bir 5B plenoptik fonksiyon (Boletsis, Cedergren,2019) (veya kendimizi dışarıda sınırlarsak 4B ışık alanı (Collet vd ,2015) oluşturmaktır. ilgilenilen nesnelerin dışbükey gövdesi). Ne yazık ki, böyle bir plenoptik işlevi fiziksel olarak ölçmek pratikte genellikle mümkün değildir. Alternatif olarak, Yeni Görünüm Sentezi (NVS) farklı bakış açılarından çekilmiş küçük bir görüntü grubundan görünmeyen görünümler oluşturmayı amaçlar. Son zamanlarda, Nöral Parlaklık Alanları (NeRF)(Deng vd ,2022);(Durrant-Whyte , Bailey ,2006);(Group,"openxr,2022") ve Çok Düzlemli Görüntüler (MPI) (Ruder vd ,2017);(Huang vd,2017);(Jones,2017);(Kajiye,Von Herzan,1984);(Gelegres);(Krüger), seyrek bir görüntü setinde hacimsel sahne temsilini optimize ederek, sahneyi yeni bakış açılarından, etkileyici görsel kaliteyle yeniden oluşturun, buna aynasallık ve şeffaflık gibi gelişmiş görünüme bağlı efektler dahildir.

Bu yöntemler için bir sınırlama, görüntülerin kamera parametrelerinin gerçek senaryolarda nadiren erişilebilen eğitim süresi, örneğin cep telefonu ile çekilen görüntüler. Uygulamada, bu yöntemler genellikle kamera parametrelerini geleneksel tekniklerle önceden hesaplar. Örneğin, NeRF ve türevleri (Deng);(Durrant-Whyte , Bailey); (Group,"openxr,2022") ;(Gupta) , tahmin etmek için COLMAP'ı (Bacher,Leemans,steinicke) kullanır.

Bu ön işleme adımı, ek karmaşıklık getirmenin dışında, potansiyel olarak hatalı olabilir veya homojen bölgeler, hızlı değişen görünüme bağlı görünüm veya doğrusal denklemlerdeki son derece belirsiz dejenere çözümler nedeniyle başarısız olabilir. kamera yörüngeleri (Martin-Braulla vd,2021);(Mildenhall vd);(Müller vd).

Bu makaledeki amacımız, bilinmeyen kamera parametreleriyle öne bakan sahneler için yeni görüntü sentezini araştırmaktır. Kamera pozlarını ve gerçekleri öğrenilebilir parametreler olarak ele alan ve bunları bir 3B sahne temsiliyle (Şekil 3'de gösterildiği gibi) birlikte optimize eden bir çerçeve olan NeRF öne bakan bir kurulumda çekilen görüntüler için, sistemimiz

1) her görüntü için kamera parametrelerini tahmin etmek üzere ve 2) hacimsel bir sahne temsilini öğrenmek için eğitilebilir.

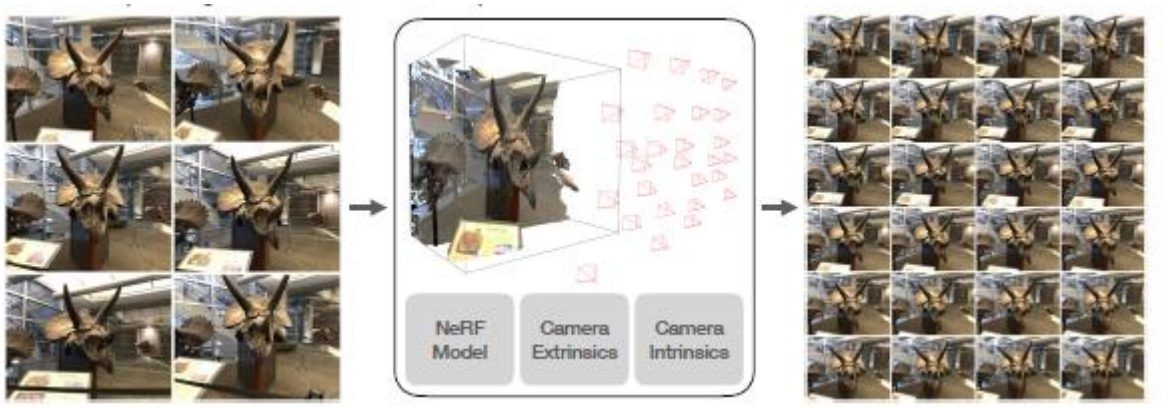
Fotometrik yeniden oluşturma kaybı yoluyla, kamera parametreleri için ön işleme adımını kaldırırken mevcut iki aşamalı COLMAP-NeRF ardışık düzenleriyle karşılaştırılabilir yüksek doğrulukta NVS sonuçları elde eder.

Kapsamlı bir değerlendirme oluşturmak için yöntemin iki ek katkısını sağlıyoruz:

1) kamera parametresi tahminini ve yeni görünüm sentez kalitesini karşılaştırmak için Blender Forward Facing (BLEFF) adlı yüksek kaliteli, yol izlemeli sentetik bir veri kümesi sunuyoruz. , gelecekteki araştırmalar için genel erişilebilir;

2) yöntemimiz ve COLMAP-NeRF çeşitli kamera hareketleri altında kapsamlı analizler gerçekleştirerek, her iki sistemin de ±20 ye kadar döndürme ve ±20% öteleme pertürbasyonlarını tolere edebildiğini gösteriyoruz.

Giriş Resimleri Optimize Edilmiş Parametreler Yeni Görünümler



Şekil 3 – Poz denetimi olmadan yeni görünüm sentezi için NeRF tabanlı bir çerçeve olan NeRF Spesifik olarak, yöntemimiz, bir NeRF modelini eğitirken bir dizi ileriye bakan girdi görüntüsünün kamera pozlarını ve iç özelliklerini ortaklaşa optimize eder.

Ek karmaşıklık getirmenin dışında, potansiyel olarak hatalı olabilir veya homojen bölgeler, hızla değişen görünüme bağlı görünüm veya oldukça belirsiz kamera yörüngelerinden alınan doğrusal denklemlerdeki dejenere çözümler

nedeniyle basitçe başarısız olabilir (Martin-Braulla vd,2021);(Mildenhall vd);(Müller vd).

NERF V-SLAM ve SfM'nin sınırlamaları, Derin Sinir Ağı (DNN) tabanlı teknikler için aktif bir araştırma alanıdır (Chen ve diğerleri, 2020). NeRF (Mildenhall ve diğerleri, 2020; Martin-Brualla ve diğerleri, 2021) gibi teknikler, SfM kıyaslamaları için yeni bir standart belirlemiştir, ancak bu teknikler hala geleneksel SfM ile aynı sınırlamalardan muzdariptir çözümler: yeniden oluşturma algoritmasının başlayabilmesi için tüm verilerin mevcut olması gerekir, algoritma bilinen veya tahmini kamera konumlarına dayanır ve çözümün optimize edilmesi biraz zaman alır. Bu, aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Geçen yıl piyasaya sürülen en son teknikler, genellikle Sinirsel İşleme olarak adlandırılan yeni DNN öğrenme yöntemlerinin yoğun 3B görseller oluşturmak için gerçek zamanlı olarak nasıl çalıştırılabileceğini gösteriyor. Bu performans sorunları şu şekildedir: çözüldüğünde, birçok görsel grafik uygulaması için çok sayıda yeni özellik etkinleştirilebilir. Birçok ilgili NeRF tekniği, fotogrametriye çok benzer şekilde, görüntü koleksiyonlarından 3B veriler oluşturmanın önemli ölçüde yeni bir yoludur. . Berkley ve Google araştırmacıları tarafından yazılan bu NeRF ışın izleme teknikleri, bir sahnenin yeni görünümlerini oluşturur ve ek işlemlerle sahnenin 3B geometrisini tahmin etmek için kullanılır. Bir NeRF yöntemi aşağıdaki adımları içerir: bir sahnenin yeni görünümleri ve ek işleme ile sahne 3D geometrisini tahmin etmek için. Bir NeRF yöntemi aşağıdaki adımları içerir: bir sahnenin yeni görünümleri ve ek işleme ile sahne 3D geometrisini tahmin etmek için. Bir NeRF yöntemi aşağıdaki adımları içerir:

1. 3B konum bakış açısından bir yer gerçeği kaynağı görüntüsüyle başlayın.
2. Algoritma, görüntünün her bir pikselinden geçen geometrik ışınları 3B uzaya kadar izler.
3. Her ışında oklüzyonu dikkate alır ve DNN tarafından öğrenilen rengi (parlaklığı) toplar.
4. Bu işlem, her piksel için toplam renk bilgisini tahmin eder.
5. Pek çok piksel için birçok izleme ışını birlikte yeni bir işlenmiş görüntü tahmini oluşturur.
6. DNN, temel gerçek ile tahmini görüntü arasındaki hatayı en aza indirmeyi öğrenir.
7. Eğitim için girdi olarak kullanılan tüm görüntüler için tekrarlayın.

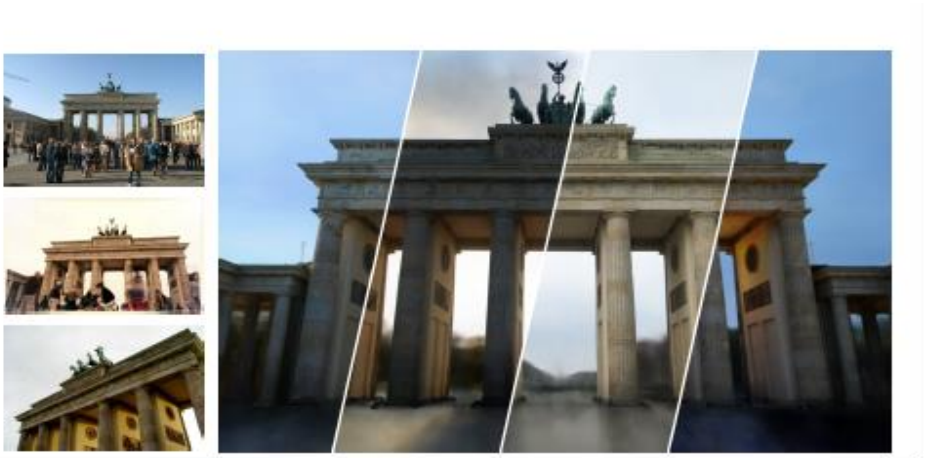
NeRF, uzayda farklı 3B konumlardan yayılan rengi temsil etmeyi öğrenir. Bu çalışma, "NeRF in the Wild: Neural Radiance Fields for Unstrained Photo Collections" (Martin-Brualla, 2021) ve diğer birçok büyülenmiş araştırmacının çalışması. Bu geliştirilmiş teknikler, tamamen gerçekleştirilmiş 3D görsel sahneler oluşturabilir, ancak bunun birkaç dezavantajı vardır. Haritalamayla en alakalı olan NeRF mimarileri, 3B yapıyı yalnızca 3B alan boyunca bir ızgarayı kapsayan çizgiler aracılığıyla hesaplayabilir. Bu, tam bir 3B geometri ağını hesaplamak için pahalıdır ve çoğunlukla dokular, çokgenler, nokta bulutları ve vokseller için geleneksel 3B grafik işleme stratejileriyle uyumsuzdur.

Bu teknikler yalnızca statik bir küme için araştırılmış olsa da bir DNN tarafından tamamıyla öğrenilebilen görüntülerin, bu teknikleri yeni görüntü girdileriyle artımlı olarak yeniden eğitmek, böylece yapıyı yeni gözlemlenen bir ortam durumuyla güncellemek mümkün olabilir. Yakın zamanda yayınlanan bir çalışmada, Block-NeRF tekniği (Tancik vd.,2022) kullanılarak mahalle ölçeğinde bir şehir yeniden inşa edilmiştir. Nöral işleme teknikleri, hızı azaltıp gerçek zamanlı performansa yaklaşırken ölçekte artan performans gösteriyor.

NeRF'nin burada ele aldığımız temel sınırlaması, onun dünyanın geometrik, maddi ve fotometrik olarak statik olduğu, dünyanın yoğunluğunun ve parlaklığının sabit olduğu varsayımıdır. Bu nedenle NeRF, aynı konum ve yönde çekilmiş herhangi iki fotoğrafın aynı olmasını gerektirir. Bu varsayım, turistik yerlere ait büyük ölçekli internet fotoğraf koleksiyonları gibi birçok gerçek dünya veri setinde ciddi şekilde ihlal edilmektedir. İki fotoğrafçı aynı yerde durup aynı yer işaretini fotoğraflayabilir, ancak bu iki fotoğraf arasındaki sürede dünya önemli ölçüde değişebilir : arabalar ve insanlar hareket edebilir, inşaat başlayabilir veya bitebilir, mevsimler ve hava değişebilir, güneş gökyüzünde hareket edebilir vb. Aynı anda ve yerde çekilen iki fotoğraf bile önemli farklılık gösterebilir: pozlama, renk düzeltme ve ton eşlemenin tümü kameraya ve kameraya bağlı olarak değişebilir. rötuş. Vahşi doğadaki fotoğraf koleksiyonlarına NeRF'i saf bir şekilde uygulamanın ciddi gölgelenme, aşırı yumuşatma ve başka yapaylıklar sergileyen hatalı rekonstrüksiyonlara yol açtığını göstereceğiz.

Bu zahmetli işlerin üstesinden gelmek için senaryolar için, NeRF'nin katı tutarlılık varsayımlarını gevşeten bir uzantısı olan NeRFW'yi sunuyoruz. İlk olarak, pozlama, aydınlatma, hava durumu ve son işleme gibi görüntü başına görünüm değişikliklerini modelliyoruz. öğrenilmiş düşük boyutlu bir gizli uzayda. Çerçeveyi takip etmek Üretken Gizli Optimizasyonun [3], her giriş görüntüsü için bir gömülü görünümü optimize ediyoruz, böylece NeRF-W'ye, öğrenerek görüntüler arasındaki fotometrik ve çevresel varyasyonları açıklama esnekliği sağlıyoruz tüm fotoğraf koleksiyonunda paylaşılan bir görünüm temsili. Öğrenilen gizli alan, tablo 3,(b)'de gösterildiği gibi çıktı işlemelerinin görünümünün kontrolünü sağlar. İkinci olarak, sahneyi paylaşılan ve görüntüye bağımlı öğelerin birleşimi olarak modelliyoruz, böylece sahne içeriğinin denetimsiz "statik" ve "geçici" bileşenlere ayrışmasını sağlıyoruz. Yaklaşımımız geçici öğeleri veriye bağlı bir belirsizlik alanıyla birlikte ikincil bir hacimsel parlaklık alanı kullanarak modeller, ikincisi, değişken gözlem gürültüsünü yakalar ve statik sahne gösterimi üzerindeki geçici nesnelerin etkisini daha da azaltır. Optimizasyon, geçici görüntü içeriğini tanımlayabildiğinden sadece statik bileşeni görüntüleyerek yeni görünümlerin gerçekçi görünümlerini sentezleyebiliriz.

NeRF-W'yi birkaç bileşene uyguluyoruz vahşi kültürel yer işaretlerinin fotoğraf koleksiyonlarına meydan okuyor ve yeni bakış açılarından ayrıntılı, aslına uygun görüntüler üretebildiğini gösteriyor, önceki son teknolojiyi büyük bir farkla aşıyor PSNR ve MS-SSIM'de. Önceki çalışmalardan farklı olarak, modelimizden alınan işlemeler, geniş kamera yörüngeleri için bile pürüzsüz görünüm enterpolasyonu ve zamansal tutarlılık sergiliyor.



Şekil 4 - (a) Fotoğraflar (b) Görüntüler

Nöral Radyans Alanları (NeRF). Son zamanlarda, Mildenhall ve ark. [31], NeRF'yi bir dizi pozlanmış giriş görüntüsünden statik, karmaşık sahnelerin yeni görünümlerini sentezlemek için önerdi. Anahtar fikir, bir sahnenin sürekli ışıma alanını bir çok katmanlı algılayıcı (MLP) ile modellemek ve ardından görüntüleri sentezlemek ve geri yaymak için farklılaştırılabilir hacim oluşturma yapmaktır. fotometrik hatalar. NeRF, sadeliği ve olağanüstü performansı nedeniyle vizyon topluluğunda büyük ilgi gördü [68, 34, 40, 36, 65]. Ayrıca fotogerçekçi yeniden aydınlatma için yansıtma modellemesi[3, 50] ve dünyanın hareketini bütünleştiren dinamik sahne modellemesi [25, 63, 39] gibi pek çok cephede genişletildi. . En son çalışmaları ayrıca MLP'yi önceden eğitmek için büyük bir veri topluluğundan yararlanmaya çalışarak parlaklık alanını tek bir görüntüden anlamayı yetenek sağladı [16, 67, 41, 45].

Yukarıdaki NeRF tabanlı modellerle etkileyici sonuçlar elde edilmiş olsa da, bunların ortak bir dezavantajı vardır: pozlanmış görüntülerin gerekliliği. Önerdiğimiz BARF, böyle bir gereksinimin üstesinden gelmemize izin veriyor. Kabadan inceye doğru basit bir demet ayarlama tekniğiyle, kusurlu kamera pozlarından (video sekanslarının bilinmeyen pozları dahil) kurtulabileceğimizi ve NeRF temsilini öğrenebileceğimizi gösteriyoruz aynı anda. Çalışmamızla eşzamanlı olarak NeRF-- [60], bilinmeyen kamera pozlarını tahmin etmek için ampirik, iki aşamalı bir boru hattı tanıttı. Yöntemimiz BARF, aksine.

2B GÖRÜNTÜDEN 3B MODELLEME

Gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği ve gün geçtikçe çalışmalarda kendine yer bulan görüntüleme cihazları; dünya yüzeyinin haritalanması ve fotoğraflanması için çeşitli alternatifler sunmaktadır. Geçmiş senelerle kıyaslandığında doğru sonuç vermesi ve sürekli güncellenmesi popülerliğini de hızla arttırmaktadır. Bu gelişmeler ışığında insanlarda da bu teknolojinin en iyisini ve en kalitelisini kullanabilme arzusu oluşmaktadır. Bir nesne ya da objeyi üç boyutlu temsil edebilmek için kullanılacak verilerin yüksek çözünürlüğe sahip ve güncel olması oldukça önemlidir. Sonuç ürün için kullanılması planlanan görüntülerin ekonomik olarak elde edilmesi, elde edilecek ürünün de detaylı ve yüksek doğrulukta olması da oldukça önem arz etmektedir. Tüm bu beklentilerin karşılanması için farklı yöntemler geliştirilmiştir (Liu vd,2019).

Fotogrametri bu yöntemlerden biridir. Bu yöntem özel kameralar aracılığıyla farklı konumlardan çekilen fotoğrafların çeşitli yöntemlerle değerlendirilmesi sonucunda yeryüzü hakkında bilgi edinmeyi sağlar. Bu fotoğraflarla yeryüzü daha anlaşılır hale gelir. Fotogrametrinin özellikleri göz önünde bulundurulduğunda olumlu ve olumsuz özelliklere

sahiptir. Bu yöntemle toplanan veriler, üretilen haritalar hatta üç boyutlu modeller yüksek doğruluğa sahip olmasına karşın yapılan işlemlerin süresi uzun ve maliyeti yüksektir (Sitmann vd,2019).

Genel olarak iki boyutlu görüntüleri üç boyutlu modellere dönüştürmek için birden çok sebep olabilir. Gerçek dünyadaki nesneleri değerlendirirken iki boyutlu görüntülerden bu nesneleri anlamaya çalışmak oldukça güç ve zordur. Bu noktada, üç boyutlu modeller oluşturmak için çeşitli algoritmalar geliştirilmiş ve algoritmaların çözümlenmesi sonucunda oluşturulan üç boyutlu modellerin doğruluğu, maliyeti, zaman tasarrufu sağlaması ve çıktı modelinin detaylı olması gibi unsurlar önem kazanmıştır (Isawi, 2016). Çok farklı disiplinler tarafından üzerinde çalışılan üç boyutlu yüzey modeli oluşturma, bu çalışmalarında sonucu olarak çeşitli teknik ve yöntemlerin gelişmesini sağlamıştır. Üç boyutlu yüzey modeli oluşturma yöntemlerini, pasif ve aktif yöntemler olarak iki başlık altında toplayabiliriz. Pasif yöntemlerde yalnızca objeye ait renkli görüntüler kullanılarak üç boyutlu modeller oluşturulmaktadır. Aktif yöntemlerde ise, obje üzerine yansıtılan ek bir kaynak sayesinde elde edilen görüntülerden derinlik bilgisi çıkarılabilir (Niemeyer vd,2019);(Wang,Yang,2018)'(Müller).

2 Üç boyutlu yüzey oluşturulması yöntemlerinde, modellenecek obje ya da yüzeyin görüntüleneceği ortam ve koşullar, yöntem seçiminde, yöntemin başarılı olmasında en önemli koşuldur. Algoritmaların çözümlenmesi, kullanılacak yazılım bu koşullara bağlı olarak çalışmanın planlama aşamasında belirlenmelidir (Müller).

HerKamera parametreleri ve birbirlerine göre konumları bilinen kameralardan geriçatım konusunun kısa bir özeti tartışılmıştır. Uygulamada sadece iki ya da üç kamera kullanılacak ise, kameraların konumlarını sabitleyip birbirlerine bağıl konumlarını hesaplamak mümkündür. Fakat kamera sayısı arttıkça bu işlem pratiklikten uzaklaşır. Bu problemi aşmak için sabit kameraların gördüğü dönen platformlar kullanılabilir fakat teknolojiyi gündelik hayata uygulayabilmek ve basit kameraların çektiği görüntüleri dahi kullanabilmek için kameraların parametrelerinin ve birbirlerine göre konumlarının görüntülerden hesaplanması gerekmektedir. Bu işleme blok dengeleme [13] denilmektedir.

Blok dengelemede amaç, üç boyutlu bir noktanın farklı görüntülerdeki izdüşümünün mekânsal hatasını minimize etmektir Öncelikle görüntülerde birbirinin eşleniği olan noktalar bulunur. Eşlenik noktaların bulunmasında yerel tanımlayıcı olarak sıklıkla SIFT kullanılmaktadır [38]. Eşlenik noktalar bulunduktan sonra döngülü olarak bu noktalara izdüşümü olabilecek üç boyutlu noktalar ve bunların izdüşümünü gerçekleştiren projeksiyon matrisleri hesaplanır

Evet, doğru söylüyorsunuz. Yoğun steryo ile elde edilen modeller geometrik olarak doğru olabilir, ancak görsel olarak tatmin edici olmayabilir. Gölgeler, nesnelerin derinlik algısında önemli bir rol oynar ve iki boyutlu bir görüntüyü üç boyutlu olarak algılamamızı sağlar. Bu nedenle, 3B modellerin daha gerçekçi görünmesi için, bu modellerin üzerine gerçek görüntülerin dokularının yerleştirilmesi oldukça etkili bir yöntemdir.

Doku giydirme (texture mapping) teknolojisi, bilgisayar oyunları gibi alanlarda sıklıkla kullanılır. Bu yöntemde, daha az detaylı olan bir modelin üzerine, daha detaylı bir görüntünün doku olarak yerleştirilmesiyle modelin gerçekçilik düzeyi artırılır. Bu, modelin yüzeylerine gerçekçi renk, desen ve detayları eklemek suretiyle, modelin daha gerçek dünyadaki nesnelere benzer bir görünüm kazanmasını sağlar.

Doku giydirme, bilgisayar grafikleri alanında oldukça yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemle, gerçek dünyadan elde edilen fotoğraflar, haritalar veya diğer görüntülerin modeller üzerinde kullanılması mümkündür. Böylece, daha detaylı ve gerçekçi bir görüntü elde edilir.

Bu yöntem, bilgisayar oyunlarındaki karakterler, manzaralar veya nesnelerin görünümlerinin iyileştirilmesinde sıklıkla kullanılır. Aynı zamanda sanal gerçeklik ve

artırılmış gerçeklik uygulamalarında da kullanılan bir teknolojidir. Doku giydirme, görsel olarak daha tatmin edici sonuçlar elde etmek ve kullanıcıya daha gerçekçi bir deneyim sunmak için önemli bir araçtır.

İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Serbest bakış açısı videoları (FVV'ler), sürükleyici VR için 360 derecelik videoların önemli bir uzantısıdır, çünkü izleyiciler sahnede serbestçe gezinebilir ve görünüm yönlerini ve sahne içindeki konumları (Collet vd,2015). Bugünün VR için FVV'lerinin çoğu, tüm 360 derecelik görüş alanını(FoV) merkezdeki tek bir noktadan yakalayan kameralara dayanmaktadır (Scaramuzza,2014). Bu nedenle, 360 derece videolar yalnızca üç DoF görüntüleme deneyimini, yani yön değişikliklerini desteklerken, konum değişiklikleri desteklenmez. Altı DoF FVV videosu oluşturmaya yönelik diğer yöntemler genellikle şunla 3B sahne rekonstrüksiyonu (Collet vd,2015);(Huang,2017). Tam altı DoF FVV'yi destekleyen yalnızca seyrek görüntü bilgisinden yeni görünümler sentezlemek için VR, bilgisayar görüşü ve bilgisayar grafiği topluluklarında önemli bir araştırma sorunu olmaya devam ediyor. Son zamanlarda, bir NeRF araştırmasındaki çığır açan buluş, görünüm sentezi ve verimli FVV oluşturma için yeni olanaklar sunuyor (Midenhall). NeRF alttaki sahneyi bir sinir ağı aracılığıyla temsil etmek için sürekli bir hacimsel sahne işlevi kullanır, uzamsal konumu ve görüntüleme yönünü girdi olarak alır. Nokta bulutu hesaplaması gerektiren geleneksel 3B ölçüm tekniklerinin aksine, NeRF her rengi tahmin etmek için hacimsel bir gösterimi (Kajiya vd,1984) öğrenir hacimsel uzamsal giriş konumundaki (Midenhall). hacimsel yoğunluğu ve görünüme bağlı yayılan parlaklığı öğrenerek piksel. Oluşturma sonuçları uzaysal giriş konumunun yüksek frekanslı bir sinyale kodlanmasıyla daha da iyileştirilebilir. Bu konum kodlaması sinir ağının düşük boyutlu alanlardaki yüksek frekanslı işlevleri öğrenmesini sağlar[30], öyle ki yüksek çözünürlüklü, foto-gerçekçi 3D sahne yeniden yapılandırma mümkün olur. NeRF'ye dayalı çeşitli görünüm sentezi tekniklerinin hızlı gelişimi, dinamik sahneler için hacimsel FVV (Pumarola vd,2021), büyük- ölçekli sahneler (Tancik vd,2022) ve hacimsel sahne sınırlandırılmamış fotoğraflara dayalı rekonstrüksiyon (Martin-Braulla vd). Ayrıca, NeRF araştırmasının bir uzantısı olan instant-ngp, neRF'nin gerçek zamanlı bir uygulamasını sağlar (Müller). Uzamsal konumu kodlamak için yeni bir karma işlevi sunarak yüksek kaliteli nöral grafik ilkellerinin saniyeler içinde eğitilmesini sağlar. NeRF, VR uygulamaları için muazzam potansiyeller vaat ederken, orada bugüne kadar VR topluluğunda NeRF kullanımına ilişkin çok sınırlı araştırma yapılmıştır. Bir istisna, yakın zamanda NeRF için önceden oluşturulmuş bir işleme yaklaşımı öneren Deng ve arkadaşlarının çalışmasıdır (Deng). Ancak, şu anda instant-ngp için bir VR uygulaması yoktur. Ayrıca, VR sistemlerine entegrasyon için açık kaynaklı NeRF çerçeveleri bulunmamaktadır. Nihayet,rı gerektirir: yoğun ortamlar için hesaplama açısından pahalı bir çevrimdışı ön işleme aşaması .

SÜRÜKLEYİCİ ANINDA-NGP ÇERÇEVESİ

Sistem Mimarisi

Çerçeveye Genel Bakış: Şekil 2, çerçevemizin mimarisine genel bir bakış sunar. Sıkıştırılmış hacimsel sahne temsili önceden eğitilmiş bir instant-ngp modeline dayalı bir NeRF 3D sahne oluşturur. Unity uygulaması, VR HMD'nin yanı sıra denetleyicilerinin altı DoF izlemesinden gelen girdileri kullanır. Bu dönüşümlere dayalı olarak, instant-ngp örneğine kamera dönüşünü ve ötelenmesini açıklayan karşılık gelen bir görünüm matrisi uygulanır ve sahne buna göre işlenir. Son olarak, Unity OpenVR masaüstü eklentisi işlenen içeriği VR HMD'de görüntüler.Görüntü Ön İşleme: Bir dizi sırasız 2B görüntüden bir 3B sahnenin sinirsel parlaklık temsilini oluşturmak için , kamera pozların tahmin edilmesi gerekir. Gerekli dönüştürme matrisleri tipik olarak, 3D'yi yinelemeli olarak yeniden oluşturabilen hareket

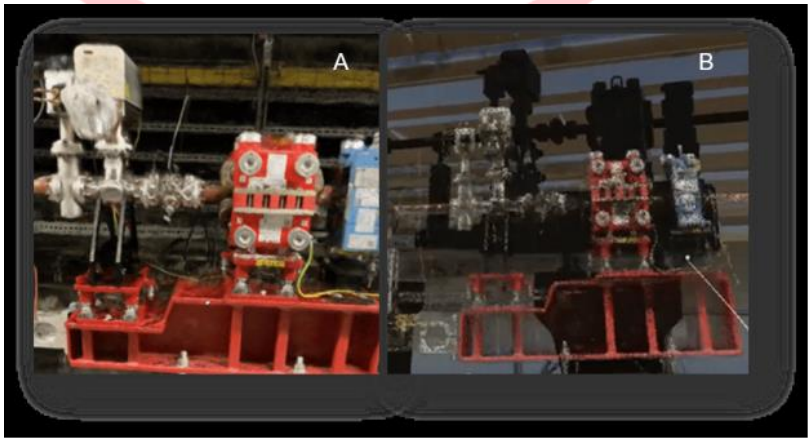
(SfM) algoritmasından(Schönberger ,Frahm,2016) genel amaçlı bir yapıyı entegre eden COLMAP (Schönberger ,Frahm,2016)gibi geleneksel fotogrametri araçları kullanılarak hesaplanır. Kamera, ortak özelliklerin çıkarılmasına dayalı olarak dönüşür. NeRF sahnenin kesin konumsal kodlanması için doğru kamera pozu tahminine bağlıdır. Bu nedenle, giriş görüntüleri kümesinden makul bir sahne örtüşmesi neRF sahne rekonstrüksiyonunun ve işlemenin kalitesi için önemlidir(Müller). Instant-ngp için önerilen girdi görüntü boyutu, bir yeniden yapılandırma hedefine veya alana odaklanan seyrek görünümlerle 50-150 görüntü arasındadır (Müller).Unity Uygulaması: Ana VR uygulaması, OpenVR Masaüstü çalışma zamanı [27] ile Unity tarafından yürütülür. Şu anda orijinal instant-ngp çerçevesi (Müller),hem Linux hem de Windows platformları için destek sağlamak üzere OpenGL kullanarak render bağlamı oluşturur.

Her ne kadar Khronos Group tarafından önerilen OpenXR, platformlar arası VR için fiili standart [6], bugüne kadar, OpenXR Oculus Quest 2 gibi birçok popüler VR başlığının çalışma zamanı

Unity Windows platformlarında OpenGL'yi desteklememektedir. Instant-ngp'nin OpenGL'ye bağımlılığına uyum sağlamak için farklı VR donanımına erişmek için kullandığımız çalıştırma zamanı, Steam VR2 ile birlikte çalışan OpenVR'nin bir yedeğidir. Bu nedenle çerçevemiz şu anda hem OpenVR hem de OpenVR ile uyumlu Unity 2019.4.29f1 sürümünde çalışmaktadır. br masaüstü ve OpenGL grafik API'si. Instant-ngp Yerel Unity Eklentisi: Unity ile instant-ngp uygulaması arasında doğrudan iletişimi desteklemek için yerel bir Unity C++ eklentisi geliştirdik, önceden derlenmiş dinamik bağlantı kitaplıkları aracılığıyla instant-ngp'ye (DLL) arabirimlerle bir Unity çalışma zamanı sağlar.

Hem Unity Windows VR uygulaması hem de instant-ngp OpenGL üzerinde çalıştığı için, çalışma zamanının başlangıcında göz başına tek bir işleme arabelleği başlatılır ve Unity uygulaması ve bir anlık -ngp örneği. Unity'de işleme dokusunu güncellemek için, yalnızca yerel işaretçi tutamaçlarının, yerel bir C++ işlev çağrısı aracılığıyla instant-ngp işleme arabelleğinde paylaşılması gerekir. İşleme dokusu tanıtıcılar benzer şekilde olay geri aramalarını tetiklemek için verimli bir şekilde Unity'ye geri gönderilebilir. Ayrıca, Nvidia DLSS desteğine sahip cihazlar süper çözünürlük ve örneklemeyi etkinleştirebilir ve işleme arabelleği Unity çalışma zamanından doğrudan ölçeklendirilebilir.

Stereo İşleme: Oluşturma arabelleği aynı anda işler Kullanıcıların gözleri arasındaki farklı mesafelere uyum sağlamak için herhangi bir gözbebeği mesafesi (IPD) değerine ayarlanabilir yatay ayrımla konumlandırılan iki Unity kamera dokusu. Bu sürükleyici bir deneyimle sahnenin stereoskopik olarak algılanmasını destekler. İşleme çözünürlüğü ve hedef kare hızı, farklı GPU donanımının performans kapasitesine göre serbestçe ayarlanabilir.



Şekil 5– Bir sahnenin mevcut bir soyut geometrik temsilini, örneğin bir 3B CAD modeli büyütmek için çevrimdışı hacimli görüntü dilimlerini kullanma örneği

Altı DoF VR Etkileşimi

Altı DoF Keşfi VE'de sorunsuz, kesintisiz hareketi desteklemek için, çerçevemiz, kullanıcıların doğal yürüyüşle veya denetleyici tabanlı<br olarak seyahat edebildiği sürekli hareket özelliğini uygular. sabit kullanım için navigasyon [1]. Denetleyici tabanlı sürekli hareket, VE aracılığıyla basit bir hareket tarzını sağlayabilirken, duyusal çatışmalardan dolayısıyla hareket hastalığına da yol açabilir [8]. Bu olası çatışmaları azaltmak için birçok sürükleyici VR oyunu basit bir "nokta ve ışınlanma" tekniği uygular [8]. yol noktası seçimi için geometrik çarpışma verilerinin eksikliği, dolayısıyla, geleneksel VR ışınlama desteği, ek önlemler gerektirir. Altı DoF Manipülasyonu Egosantrik çevrimiçi nöral grafik işleme yeteneğine ek olarak, çerçevemiz ayrıca hacimli görüntü dilimlerinin 3D manipülasyonunu da destekler.

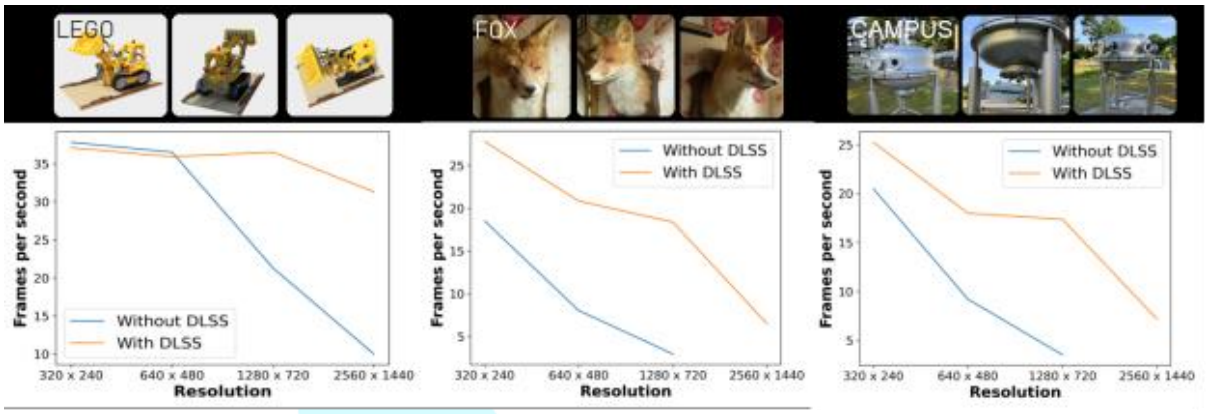
Bu dilimler, orijinal hacmin iki boyutlu eksen hizalı düzlemi boyunca yoğunluk değerleridir. Instant-ngp çerçevesi bu tür hacim verilerini doğrudan üretebildiğinden, görüntü dilimlerini doğrudan dışa aktarabilir ve bunları Unity uygulamasına içe aktarabiliriz. Unity çerçevemiz, Unity Volume Rendering paketinden (“github”,S)uyarlanan doğrudan hacim ışın dökümü algoritmasını (Krüger,Westerman,2001) destekler. Kullanıcılar, yeniden ölçeklendirmek, döndürmek ve yeniden konumlandırmak için denetleyiciler aracılığıyla hacim verileriyle etkileşim kurabilir ve bu verileri işleyebilir. Şekil 3B'de gösterildiği gibi, sahnenin minyatür bir temsili ve 3B sahnenin dışmerkezli bir perspektif aracılığıyla manipüle edilmesi, kullanıcılara büyük ölçekli bir deneyim yaşarken sahneye genel bir bakış sağlar NeRF ortamı. Ayrıca Şekil 3, endüstriyel bir CAD modeli gibi mevcut bir soyut geometrik 3D yapıyı büyütmek için çevrimdışı hacimli görüntü dilimlerinin nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Instant-ngp tarafından oluşturulan hacim verileri, 3D geometrilerle tamamen örtüşecek şekilde manipüle edilebilir ve hem gerçekçi dokulara hem de geometrilere sahip bir dijital ikiz oluşturur.

PERFORMANS KIYASLAMASI

Karşılaştırma Kurulumu

Çerçevemizin genel performansını değerlendirmek için kıyaslama yaptık çerçeve zamanlamalarının ortalama, en hızlı %25'lik üst dilimini ve en yavaş %25'lik alt parçasını. Çerçevemizi farklı izleme koşullarında değerlendirmek için üç farklı sahne karmaşıklığı kullandık. En az karmaşıklığa sahip sahne, 800 800 piksel çözünürlüklü 100 görüntü ve eksenle hizalanmış bir sınırlayıcı kutu (AABB) içeren orijinal NeRF kağıdının (Midenhall) Lego modelidir. boyutu 2. Orta boyutlu sahne, 1920 1080 piksel çözünürlüğe ve AABB boyutu 4 olan 50 görüntü içeren instant-ngp (Müller)tilki sahnesidir. En karmaşık kampüs olarak adlandırılan sahne, topladığımız özel bir veri kümesidir. br çeşitli görüntüleme koşullarında çerçevemizi değerlendirmek için farklı sahne karmaşıklıkları. En az karmaşıklığa sahip sahne, 800 800 piksel çözünürlüklü 100 görüntü ve eksenle hizalanmış bir sınırlayıcı kutu (AABB) içeren orijinal NeRF kağıdının (Midenhall) Lego modelidir. boyutu 2. Orta boyutlu sahne, 1920 1080 piksel çözünürlüğe ve AABB boyutu 4 olan 50 görüntü içeren instant-ngp (Müller)tilki sahnesidir. En karmaşık kampüs olarak adlandırılan sahne, topladığımız özel bir veri kümesidir. br çeşitli görüntüleme koşullarında çerçevemizi değerlendirmek için farklı sahne karmaşıklıkları. En az karmaşıklığa sahip sahne, 800 800 piksel çözünürlüklü 100 görüntü ve eksenle hizalanmış bir sınırlayıcı kutu (AABB) içeren orijinal NeRF kağıdının (Midenhall) 16 Lego modelidir. boyutu 2. Orta boyutlu sahne, 1920 1080 piksel çözünürlüğe ve AABB boyutu

4 olan 50 görüntü içeren instant-ngp (Müller)17 tilki sahnesidir. En karmaşık kampüs olarak adlandırılan sahne, topladığımız özel bir veri kümesidir.



Şekil 6– DLSS desteği olan ve olmayan farklı çözünürlüklere sahip üç farklı veri kümesi için kare hızlarının çizimi (bkz. Bölüm 4.1). Veri kümeleri için

seçtiğimiz: Lego (solda), tilki (ortada) ve kampüs (sağda).

Tablo 1: Milisaniye cinsinden kare zamanlamaları (solda) ve kare başına saniye cinsinden kare hızı (sağda) DLSS etkin/devre dışı ile ölçülen tüm veri kümeleri (bkz.

Bölüm 4.1). Ölçülebilir veri üretmeyen tüm çalıştırmalar DNF olarak işaretlenir. Daha düşük bir çerçeve süresinin tercih edildiğini unutmayın.

	Frame timings						Frame rates					
	DLSS enabled			DLSS disabled			DLSS enabled			DLSS disabled		
Resolution\Scene	Lego	Fox	Campus	Lego	Fox	Campus	Lego	Fox	Campus	Lego	Fox	Campus
320 x 240	26.94	35.98	39.65	26.44	54.03	48.85	37.11	27.79	25.22	37.82	18.51	20.47
640 x 480	27.83	48.02	55.6	27.38	124.34	108.59	35.93	20.83	17.99	36.52	8.04	9.21
1280 x 720	27.38	54.41	57.58	46.95	338.05	282.57	36.53	18.38	17.37	21.30	2.96	3.54
2560 x 1440	31.93	153.68	138.82	100.14	DNF	DNF	31.32	6.51	7.20	9.99	DNF	DNF

Arka planda yoğun bilgi içeren birden çok nesne içerir. 4032 3024 piksel çözünürlüğe ve 16 AABB boyutuna sahip 126 görüntü içerir.

Üç farklı açıda giriş görüntülerinin bir örneği Şekil 6'te gösterilmektedir. Çerçevemizin dört farklı çözünürlük seviyesinde ne kadar iyi performans gösterdiğini ayrıca değerlendirdik: 320 240, 640 480, 1280 720 ve 2560 1440. DLSS etkin olan ve olmayan tüm sahnelere ve çözünürlüklere karşı. Önyargıyı azaltmak için,her karşılaştırmayı üç kez çalıştırdık ve dahili önbelleğe almayı önlemek için her karşılaştırmadan sonra Unity'yi yeniden başlattık

. Her çalıştırma için, uygulamayı en az bir dakika çalıştırdık ve yalnızca görselin yoğun olduğu alanları inceledik çerçevenin gerçekçi bir kullanımını simüle etmek için bilgiler.

Veri akışı performansını güvence altına almak için bir bağlantı kablosuyla bağladığımız 1920 1832 yerel oluşturma çözünürlüğüne sahip bir Oculus Quest 2 seçtik. Unity profiler3 ve Profiler Analyzer4'ü kullandık; bunlar her karenin zamanlamasını yakalayabilir ve bunları doğrudan Unity'de analiz edebilir. Tüm veriler Quadro RTX 8000 GPU, i7 4730K CPU ve 16GB RAM'e sahip bir bilgisayarda ölçülmüştür. 4.2 Karşılaştırma Sonuçları Şekil. , üç kıyaslama sahnesi için fps cinsinden ölçülen göz başına işleme çözünürlüğüne karşı kare hızını çizer. Her grafik, DLSS desteği olan ve olmayan kare hızı performansı trendini gösterir.

Tablo 4, her ölçüm sonucunu kare hızı ve kare zamanlamalarını sıralar ve ikincisi milisaniye (ms) cinsinden ölçülür. Hem kare açısından en yüksek performans (tüm sahnelerin ortalaması) zamanlamalar ve kare hızı, DLSS etkinleştirildiğinde 320 240 olan en düşük çözünürlük için ölçülmüştür. Artan oluşturma çözünürlüğü ile kare hızları düştü ve kare zamanlamaları arttı.

Ayrıca, sahne temsili için daha yoğun hacim bilgisi nedeniyle sahne karmaşıklığı arttıkça işleme hızı ve kare hızı düştü. Sonuç olarak, DLSS destekli Lego sahnesi en iyi performansa sahipti ve ölçülen çözünürlükten bağımsız olarak 30 fps'nin üzerinde sabit bir ortalama kare hızı. Bu, göz başına 2560 1440'a kadar Lego sahnesinin gerçek zamanlı sürükleyici NeRF oluşturmasına olanak tanır. Daha büyük sahnelerde, işleme süresi ve kare hızı mevcut GPU özelliğiyle sınırlanabilse de, DLSS desteği eklemek performansı önemli ölçüde iyileştirdi, böylece çerçevemiz düşük gecikmeli, yüksek orta ve daha büyük sahneler için 20 fps'de makul kare hızlarıyla çözünürlükte işleme.

SINIRLAMALAR

Çerçevemiz, VR'de NeRF sahneleri oluşturma olasılığını ortaya çıkarsa da, mevcut uygulamada hala bazı sınırlamalar bulunmaktadır.İlk olarak, NeRF içindeki ayrı nesnelerle doğrudan etkileşim sahne henüz mümkün değil, bu da VR deneyiminin etkileşimini sınırlayabilir. Örneğin, bir ışınlanma yol noktası belirtmek için herhangi bir çarpışma verisi olmadığından bu, ışınlanma yoluyla hareket etmeyi zorlu hale getirir. Yürüyen küp algoritması gibi yöntemler kullanılarak hacimsel yoğunluktan çokgen bir ağ oluşturmak mümkün olsa da, oluşturulan ağ şu anda sınırlı kaliteye sahiptir ve bu nedenle doğruluğu sınırlayabilir. fizik etkileşimleri.

Bir NeRF sahnesinde doğru fiziksel çarpışma ve etkileşimlerin nasıl oluşturulacağı zorlu bir araştırma sorusu olmaya devam ediyor. Mevcut çerçevenin ikinci ana sınırlaması, kare hızlarında 30'un altına bir düşüş gözlememizdir. orta ve yüksek karmaşıklıktaki sahneler için fps. Bunun, tensör işleme birimleri gibi özel donanım kullanılarak veya daha yüksek hesaplama yetenekleri sağlayan daha güçlü GPU'lar kullanılarak etkisiz hale getirilip getirilemeyeceğini değerlendirmek için ek kıyaslamalar gerekli olacaktır. Foveated işleme

Deng ve diğerlerinin önerdiği gibi performansı da iyileştirebilir. . (Deng). orta ve yüksek karmaşıklıktaki sahneler için kare hızlarında 30 fps'nin altına düşüş gözlemledi. Bunun, tensör işleme birimleri gibi özel donanım kullanılarak veya daha yüksek hesaplama yetenekleri sağlayan daha güçlü GPU'lar kullanılarak etkisiz hale getirilip getirilemeyeceğini değerlendirmek için ek kıyaslamalar gerekli olacaktır. Foveated işleme Deng ve diğerlerinin önerdiği gibi performansı da iyileştirebilir. . (Deng).orta ve yüksek karmaşıklıktaki sahneler için kare hızlarında 30 fps'nin altına düşüş gözlemledi. Bunun, tensör işleme birimleri gibi özel donanım kullanılarak veya daha yüksek hesaplama yetenekleri sağlayan daha güçlü GPU'lar kullanılarak etkisiz hale getirilip getirilemeyeceğini değerlendirmek için ek kıyaslamalar gerekli olacaktır.

Foveated işleme Deng ve diğerlerinin önerdiği gibi performansı da iyileştirebilir. (Deng).

SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA

Bu yazıda, VR ortamlarında sürükleyici NeRF için bir anlık nöral grafik ilkelleri uygulaması sunduk. Farklı karmaşıklıklara ve farklı çözünürlüklere sahip sahnelerin bir karşılaştırması, 38 fps'ye kadar kare hızlarını ortaya çıkardı, bu da yaklaşımımızı özellikle küçük boyutlu sahneleri işlemek için uygun hale getirdi. Fotogrametri gibi diğer tekniklerle karşılaştırıldığında çerçevemiz gerçek dünyadaki 3B ortamların yalnızca kısıtlamasız 2B görüntülerden hızlı dijitalleştirilmesini sağlar. Ayrıca, NeRF'i bir 3B sahne temsili olarak kullanmak, sahne verilerini sıkıştırabilir, çünkü orijinal olarak yakalanan (potansiyel olarak büyük ölçekli) ortamların giriş görüntüleri ortamlar depolanabilecek ağ ağırlıklarına çevrilir daha az bellek kullanımıyla. Önerdiğimiz sistemin gelecekteki birden fazla uzantısı var.

Kıyaslamamız nesnel sistem performansı ölçümlerini kapsarken ampirik bir kullanıcı değerlendirmesi, daha fazla bilgi sağlayabilir oluşturulan sürükleyici NeRF sahnelerinin algısı,

örneğin varlık, hareket hastalığı, algılanan derinlik ve boyutlar, uzamsal yönelim ve ayrıca indüklenen hareket hastalığı açısından. Özellikle, nokta bulutu veya ağ tabanlı tekniklerle bir karşılaştırma sürükleyici NeRF'nin farklı gereksinimlere sahip uygulama alanları için uygunluğunu doğrulamak için önemli olacaktı r. Ayrıca şunu da görüyoruz: fotoğraf gerçekliğinde büyütme elde etmek için NeRF'yi diğer sürükleyici VR deneyimleriyle birleştirme potansiyeli örneğin VE, NeRF işleme sonuçlarını yüksek çözünürlüklü stereoskopik VST ile birleştirerek. NeRF işleme sonucunu yalnızca soyut bir sahne temsili sergileyen bir geometrik modelle birleştirmek gibi diğer füzyon türleri, örneğin bir CAD modeli sahip bir sanal ortam oluşturabilir. hem foto-gerçekçi dokular hem de fizik etkileşimleri için doğru bir çokgen ağ.

Unity'ye dayalı yaklaşımımızın mevcut uygulaması çeşitli HMD'ler ve sensörler için uzantılara olanak tanır, örneğin,önceden hazırlanmış oluşturma, dinamik görüş alanı veya kullanıcı etkileşimi.

KAYNAKÇA

L.KE , R.TİM, S.SUSANNE, B.REİNCHARD,S.FRNK Immersive Neural Graphics Primitives ,2022

C. Boletsis and J. E. Cedergren. Vr locomotion in the new era of virtualreality: An empirical comparison of prevalent techniques. Adv. Hum. Comput. Interact., 2019:7420781:1–7420781:15, 2019.

A. Collet, M. Chuang, P. Sweeney, D. Gillett, D. Evseev, D. Calabrese, H. Hoppe, A. G. Kirk, and S. Sullivan. High-quality streamable freeviewpoint video. ACM Transactions on Graphics (TOG), 34:1 – 13, 2015.

P.Weil, N. de la Pe˜na, J. Llobera, E. Giannopoulos, A. Pom´es, B. Spanlang, D. Friedman, M. V. Sanchez-Vives, and M. Slater. Immersive journalism: Immersive virtual reality for the first-person experience of news. PRESENCE: Teleoperators and Virtual Environments, 19:291– 301, 2010.

N. Deng, Z. He, J. Ye, B. Duinkharjav, P. Chakravarthula, X. Yang, and Q. Sun. Fov-nerf: Foveated neural radiance fields for virtual reality. IEEE transactions on visualization and computer graphics, PP, 2022

H. F. Durrant-Whyte and T. Bailey. Simultaneous localization and mapping: part i. IEEE Robotics & Automation Magazine, 13:99–110, 2006.

K. Group. Openxr overview. https://www.khronos.org/openxr/, 2022. M. Gupta, A. K. Agrawal, A. Veeraraghavan, and S. G. Narasimhan.Structured light 3d scanning in the presence of global illumination. CVPR 2011, pp. 713–720, 2011.

E. R. Høeg, K. Ruder, N. C. Nilsson, R. Nordahl, and S. Serafin. An exploration of input conditions for virtual teleportation. 2017 IEEE Virtual Reality (VR), pp. 341–342, 2017.

J. Huang, Z. Chen, D. Ceylan, and H. Jin. 6-dof vr videos with a single 360-camera. 2017 IEEE Virtual Reality (VR), pp. 37–44, 2017.

S. Jones. Disrupting the narrative: immersive journalism in virtual reality. Journal of Media Practice, 18:171 – 185, 2017.

J. T. Kajiya and B. P. Von Herzen. Ray tracing volume densities. ACM SIGGRAPH computer graphics, 18(3):165–174, 1984.

M. Kegeleirs, G. Grisetti, and M. Birattari. Swarm slam: Challenges and perspectives. Frontiers in Robotics and AI, 8, 2021.

J. H. Kr¨uger and R. Westermann. Acceleration techniques for gpubased volume rendering. IEEE Visualization, 2003. VIS 2003., pp. 287–292, 2003.

K. Li, R. Bacher, W. P. Leemans, and F. Steinicke. Towards robust exocentric mobile robot tele-operation in mixed reality. 2022.

R. Martin-Brualla, N. Radwan, M. S. M. Sajjadi, J. T. Barron, A. Dosovitskiy, and D. Duckworth. Nerf in the wild: Neural radiance fields for unconstrained photo collections. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 7206–7215, 2021.

B. Mildenhall, P. P. Srinivasan, M. Tancik, J. T. Barron, R. Ramamoorthi, and R. Ng. Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. In ECCV, 2020.

T. M¨uller, A. Evans, C. Schied, and A. Keller. Instant neural graphics primitives with a multiresolution hash encoding. ACM Trans. Graph., 41(4):102:1–102:15, July 2022. doi: 10.1145/3528223.3530127

Nvidia. Deep learning super sampling (dlss) technology. https://developer.nvidia.com/rtx/dlss, 2022.

A. Pumarola, E. Corona, G. Pons-Moll, and F. Moreno-Noguer. Dnerf: Neural radiance fields for dynamic scenes. 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 10313–10322, 2021.

D. Rajon and W. E. Bolch. Marching cube algorithm: review and trilinear interpolation adaptation for image-based dosimetric models. Computerized medcal imaging and graphics : the official journal ofbthe Computerized Medical Imaging Society, 27 5:411–35, 2003.

S. E. Reutebuch, H.-E. Andersen, and R. J. McGaughey. Light detection and ranging (lidar): an emerging tool for multiple resource inventory.Journal of Forestry, 103:286–292, 2005.

K. Rogers, S. Karaosmanoglu, M. Altmeyer, A. Suarez, and L. E. Nacke. Much realistic, such wow! a systematic literature review of realism in digital games. CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2022.

D. Scaramuzza. Omnidirectional camera. In Computer Vision, A Reference Guide, 2014.

S. Schmidt, G. Bruder, and F. Steinicke. Effects of virtual agent and object representation on experiencing exhibited artifacts. Computers & Graphics, 83:1–10, 2019.

J. L. Sch¨onberger and J.-M. Frahm. Structure-from-motion revisited. In Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016.

J. L. Sch¨onberger and J.-M. Frahm. Structure-from-motion revisited. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 4104–4113, 2016.

V. Software. Openvr github repository. https://github.com/ValveSoftware/openvr, 2022.

V. Software. Unity volume rendering. https://github.com/mlavik1/UnityVolumeRendering, 2022.

M. Tancik, V. Casser, X. Yan, S. Pradhan, B. Mildenhall, P. P. Srinivasan, J. T. Barron, and H. Kretzschmar. Block-nerf: Scalable large scene neural view synthesis. 2022 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 8238–8248, 2022.

M. Tancik, P. P. Srinivasan, B. Mildenhall, S. Fridovich-Keil, N. Raghavan, U. Singhal, R. Ramamoorthi, J. T. Barron, and R. Ng. Fourier features let networks learn high frequency functions in low dimensional domains. ArXiv, abs/2006.10739, 2020.

M. J. Westoby, J. Brasington, N. F. Glasser, M. J. Hambrey, and J. M. Reynolds. 'structure-from-motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, 179:300–314, 2012.

Movafeghi, A., Yahaghi, E., & Mohmmadzadeh, N. Design detection in cultural heritage Lorestan plate using the shape-from-shading method, Insight-NonDestructive Testing and Condition Monitoring, 57(10), 576-579. (2015).

Liu, S., Li, T., Chen, W., Li, H.: Soft rasterizer: A differentiable renderer for imagebased 3D reasoning. In: ICCV (2019).

Sitzmann, V., Thies, J., Heide, F., Nießner, M., Wetzstein, G., Zollh¨ofer, M.: Deepvoxels: Learning persistent 3D feature embeddings. In: CVPR (2019)ddd.

Niemeyer, M., Mescheder, L., Oechsle, M., Geiger, A. Differentiable volumetric rendering: Learning implicit 3D representations without 3D supervision. In CVPR (2019).

Burns, J. H. R., Delparte, D., , Comparıson Of Commercıal Structure-From-Motıon Photogrammety Software Used For Underwater Three-Dımensıonal Modelıng of Coral Reef Envıronments, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 1–3 Mart 2017, Yunanistan, 127-131 (2018).

Wang, Z., & Yang, Y., , Single-shot three-dimensional reconstruction based on structured light line pattern, Optics and Lasers in Engineering, 106, 10-16 (2018).

Thomas Müller, Fabrice Rousselle, Alexander Keller, and Jan Novák. Neural Control Variates. ACM Trans. Graph. 39, 6, Article 243 (Nov. 2020), 19 pages. https: //doi.org/10.1145/3414685.3417804.

Thomas Müller, Fabrice Rousselle, Jan Novák, and Alexander Keller. 2021. Real-time Neural Radiance Caching for Path Tracing. ACM Trans. Graph. 40, 4, Article 36 16 pages. https://doi.org/10.1145/3450626.3459812(Aug. 2021),

Thomas Neff, Pascal Stadlbauer, Mathias Parger, Andreas Kurz, Joerg H. Mueller, Chakravarty R. Alla Chaitanya, Anton S. Kaplanyan, and Markus Steinberger. 2021. DONeRF: Towards Real-Time Rendering of Compact Neural Radiance Fields using Depth Oracle Networks. Computer Graphics Forum 40, 4 https://doi.org/10.1111/cgf.14340 (2021).

Kingma, D.P., Ba, J. Adam: A method for stochastic optimization. In ICLR (2015).

Loper, M.M., Black, M.J. OpenDR: An approximate differentiable renderer. In ECCV (2014).

Tercan, E., Sanal Model Ölçme ve Canlandırma, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 81. (2012),

INTERNATIONAL
CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL
SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Urbancode UDeploy Yazılım Aracının Bilişsel Gezinti Yöntemi ile Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi

Halil TAHMAZ[1]
Pınar ONAY DURDU[2]

Öz

Günümüzde dijitalleşmenin her alanda yaygınlaşmasıyla yazılım araçlarına olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Yazılım geliştirme süreçlerinde yazılım destek araçlarının kullanımı oldukça fazla tercih edilmektedir. Yazılım kalite özelliklerinden biri olan kullanılabilirliğin sağlanması, bu yazılım destek araçlarının yazılım geliştirme süreçlerine olumlu katkı sağlaması açısından önemlidir. Bu çalışma kapsamında yazılım dağıtım araçlarından Urbancode UDeploy aracı seçilmiş ve uzman tabanlı değerlendirme yöntemlerinden bilişsel gezinti yöntemi uygulanarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. İlk olarak değerlendirmeyi yapmak için senaryolar ve görevler geliştirilmiştir. Bu görevler, görevi gerçekleştirmek için gerekli tüm temel aksiyonları içermekte olup sırasıyla sistem erişimi, dağıtım süreci, içeriğe erişim ve yardım kategorileri altında gruplandırılmıştır. Değerlendirme sırasında bu görevler yerine getirilirken bazı kullanılabilirlik sorunları ortaya çıkmıştır. Değerlendirme yapılırken araştırma için tasarlanan değerlendirme formlarından yararlanılmıştır. Bilişsel gezinti yöntemi ile yapılan değerlendirme sonucuna göre Udeploy yazılım aracına ait beş kullanılabilirlik problemi tespit edilmiştir. Sıklıkla karşılaşılan kullanılabilirlik sorunlarından bazıları şu şekilde sıralanabilir; bazı fonksiyonların uygulama arayüzünde yeterince görünmemesi, arayüzde gereksiz parametrelerin karmaşıklığa neden olması, fonksiyon ve menü isimlerin yeterince açık olmamasıdır. Tespit edilen tüm problemlerin ciddiyet dereceleri tespit edilip tablo halinde gösterilmiştir. Son olarak belirlenen kullanılabilirlik sorunlarının önem dereceleri tespit edilmiş ve aracın kullanılabilirlik düzeyi orta olarak değerlendirilmiştir. Araştırma sonunda yazılım dağıtım aracının arayüz tasarımını ve genel kullanılabilirliğini geliştirmek için tespit edilen sorunlara ilişkin öneriler de sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: kullanılabilirlik, kullanılabilirlik değerlendirmesi, bilişsel gezinti yöntemi, yazılım geliştirme, yazılım dağıtım aracı

[1] Yüksek lisans Öğrencisi, Kocaeli Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0009-0008-8932-463X
[2] Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0000-0002-0439-1702

1. GİRİŞ

Yazılım araçlarına duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Yazılım sistemlerinin kalitesi ve güvenilirliği, bilgisayarlar hakkındaki tartışmalarda en yaygın konular arasındadır. Yapılan araştırmalarda bir yazılım uygulamasında bulunması gereken ana kalite özellikleri, fonksiyonellik, güvenilirlik, kullanılabilirlik, etkililik, bakım yeteneği ve korunabilirliği ve taşınabilirlik olarak belirtilmiştir. (Losavio, Chirinos, Lévy, Ramdane-Cherif, 2003). Bu özelliklerden kullanılabilirlik birçok yazılım kalite modelinin kapsamında yer alan ana başlıklardan biri olarak öne çıkmaktadır (Xenos, 2001).

Kullanılabilirlik kavramı aynı zamanda İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) alanının da ana araştırma konuları arasında yer almaktadır. Alan yazında kullanılabilirlik kavramına yönelik olarak pek çok tanım bulunmaktadır (Nielsen, 1994, Shneiderman, 2000). Bu tanımlardan en kapsayıcı olarak kabul edileni Uluslararası Standartlar Enstitüsünün (International Standarts Institute (ISO)) (2010) tanıma göre kullanılabilirlik, bir uygulamada belirlenen görevlerin, hedef kullanıcı kitlesi tarafından, belirli şartlar altında etkili, verimli ve memnuniyet verici bir şekilde gerçekleştirilmesi olarak açıklanmaktadır.

Kullanılabilirlik konusunda ortaya çıkan problemleri tespit etmek için farklı yaklaşımlar ve yöntemler kullanılmaktadır. Her problemin kendine özgü farklı çözüm yolları olacağı için bunun sonucu olarak birçok farklı kullanılabilirlik değerlendirme yöntemi ortaya çıkmıştır. Kullanılabilirlik değerlendirme yöntemi, son kullanıcının bir yazılım ürünüyle etkileşimi ve/veya nasıl kullanılacağı ile ilgili kullanım verilerinin toplanması için iyi tanımlanmış bir dizi faaliyetten oluşan bir prosedürdür. Literatürde bazı araştırmacılar kullanılabilirlik değerlendirmek için kullanılan yöntemleri temel olarak; ampirik yöntemler ve inceleme yöntemleri olarak iki farklı sınıflandırmaya ayırmıştır. Ampirik yöntemler, gerçek son kullanıcılardan kullanım verilerinin alınmasına ve analiz edilmesine dayanır. İnceleme yöntemleri ise, uzman değerlendiriciler veya tasarımcılar tarafından gerçekleştirilir (Fernandez, Insfran, Abrahão, 2011). Diğer taraftan kullanılabilirlik değerlendirme yöntemlerini Çağıltay (2018) dört temel kategori ile sınıflandırmaktadır. Bunlar, tasarım rehberleri kullanımı, uzman değerlendirmesi (sezgisel kullanımı), kullanıcı testleri ve model temelli yaklaşımlardır. Tasarım rehberleri kullanımının temel anlayışı arayüz tasarımında standardizasyon sağlanmasıdır. Uzman değerlendirmesi ise kullanılabilirlik uzmanı tarafından gerçekleştirilen testlerdir ve uzman kullanıcının bakış açısından arayüz anlaşılmaya çalışılır. Kullanıcı testlerinde belirli bir grup kullanıcı tarafından test gerçekleştirilir. Model temelli yaklaşımlar ise genellikle teoriler üzerine kuruludur.

Yazılım projelerinde yazılım üretkenliğini, kalitesini ve teslim sürelerini iyileştirmek için yazılım destek araçlarının yazılım geliştirme sürecinde kullanılması faydalı olarak değerlendirilmektedir (Mockus, 2007). Geliştirme süreci içinde yer alan pek çok aşamadan biri olan yazılım dağıtımı yazılımın farklı ortamlara aktarılması için kullanılan bir süreçtir. Bugünün yazılımları genellikle karşılıklı olarak birbirlerine hizmet sunan veya kullanan çok sayıda bileşenden oluşur. Bu tür bileşenler genellikle dağıtık, heterojen ortamlara dağıtılır ve bu da yazılım dağıtımının karmaşıklığına katkıda bulunur. Yazılım dağıtımı, kısaca yazılımın edinilmesi ve yürütülmesi arasındaki süreçler olarak tanımlanabilir (Dearle, 2007).

Yazılım dağıtımı da kendi içinde Şekil 1'de gösterilen çeşitli aşamalardan oluşan bir süreçtir. Kendi içinde de planlama, geliştirme, test, dağıtım ve izleme gibi detaylı adımları bulunan böyle bir sürecin etkin şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaya yönelik olarak yazılım organizasyonlarında çeşitli destekleyici yazılımlar kullanılmaktadır. Urban Code Udeploy, Jenkins, Teamcity, Code Deploy, ve AWS bu amaçla yaygın olarak kullanılan yazılımlardan bazılarıdır.



***Şekil 1**. Dağıtım Süreci*

Yazılım geliştirme süreci içerisinde kullanılan araçların kullanılabilirlik bakış açısıyla değerlendirilerek geliştirilmesi, bu araçların benimsenmesi sürecini hızlandırarak kullanıcı ve araç arasında anlamlı bir bağ oluşturacağı düşünülmektedir (Birant, Kut, 2020). Bu araştırma çalışması kapsamında, yazılım dağıtım araçlarından biri olan UrbanCode Udeploy aracının kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Değerlendirmede uzman-temelli değerlendirme yöntemlerinden bilişsel gezinti kullanılmıştır. Belirtilen yazılım dağıtım aracının seçilmesi, yazılım geliştirme sektöründe bilinen ve çok sayıda farklı firmada kullanılan bir araç olması ve araştırma çalışması kapsamında uygulanabilirliğinin ve erişiminin kolay olması nedenlerine dayalıdır. Yazılım dağıtım sürecinde kullanılan araçların kullanılabilirlik açısından değerlendiren araştırmaların az sayıda olması araştırmanın önemini göstermektedir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Yazılım destek araçları ile ilgili alan yazında yer alan çeşitli güncel kullanılabilirlik araştırmaları vardır. Bu çalışmalardan bazıları Tablo 2'de çalışmalarda değerlendirmeye tabi tutulan aracın hangi yaşam döngüsü aşamasını desteklediği, hangi araç olduğu, değerlendirmede kullanılan yöntem ve varsa değerlendirmede yer alan katılımcı sayısı bilgilerine göre özetlenerek sunulmaktadır.

Bu kapsamda yapılan araştırma çalışmaları incelendiğinde daha çok tümleşik geliştirme ortamları (Weber, Zoitl, and Hußmann, 2019), modelleme araçları (Safdar, Iqbal and Khan, 2015) ve proje yönetimi ve izleme araçlarının (Alomar, Almobarak, Alkoblan, Alhozaimy, Alharbi, 2016) değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Yazılım dağıtım araçları üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Diğer taraftan değerlendirmede kullanılan yöntem olarak kullanıcı çalışmaları ön plana çıkarken (Safdar, Iqbal and Khan,2015), (Kuusinen, Petrie and Fagerholm, 2016), (Planasa, Cabotba, 2019) uzman temelli değerlendirmenin kullanıldığı (Weber, Zoitl, and Hußmann, 2019) çalışmalar da mevcuttur.

Tablo 2 - *Yazılım Destek Araçlarının Kullanılabilirlik Değerlendirmesini İçeren Güncel Çalışmalar*

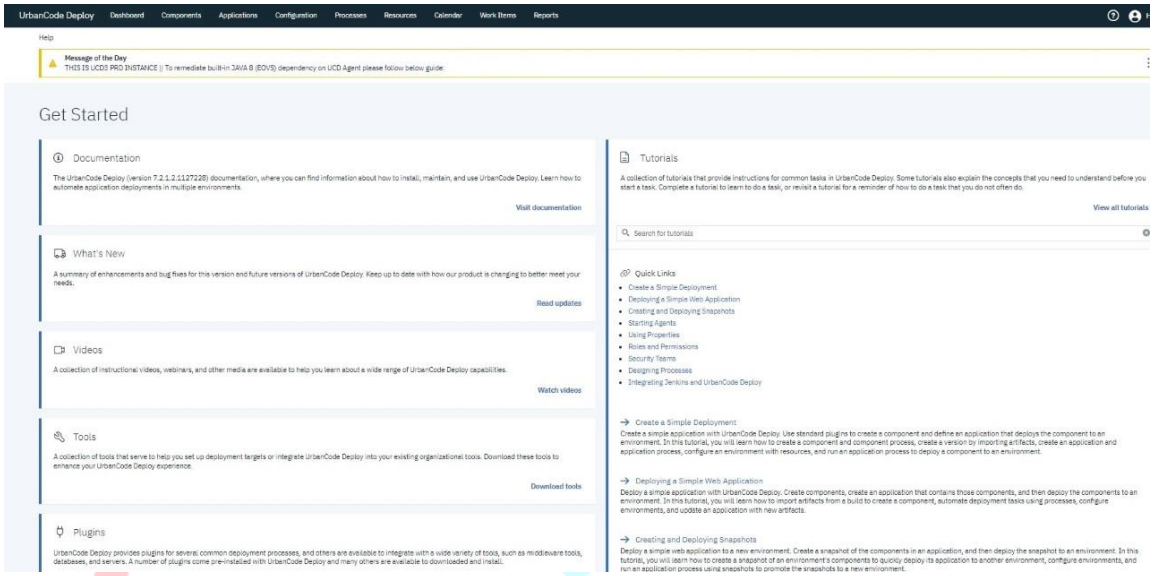
Çalışma	Yazılım Geliştirme Yaşam Döngüsü Aşaması	Araç	Yöntem	Veri toplama aracı	Katılımcı Sayısı
(Safdar, Iqbal and Khan,2015)	Analiz	Modelleme Aracı • IBM RSA • MagicDraw • Papyrus	Kullanıcı Testi	• Vaka Çalışması • Anket	30 kişi
(Alomar, Almobarak, Alkoblan, Alhozaimy Alharbi, 2016)	Analiz, Geliştirme, Test ve İzleme	Yazılım Proje Yönetim ve İzleme Aracı • JIRA VersionOne • AgileZen ZebraPlan	Uzman Değerlendirmesi + Kullanıcı Testi	• Nielsen Sezgisel Değerlendirme • SKÖ Ölçeği	Uzman temelli 5 kişi Son Kullanıcı 17 kişi
(Kuusinen, Petrie and Fagerholm, 2016)	Yazılım Geliştirme	Derleme Aracı: • Qt Creator	Kullanıcı Testi	• SDF Ölçeği • İçsel Motivasyon Envanteri • Short AttrakDiff-2 • DEXI	57 kişi
(Weber, Zoitl, and Hußmann, 2019)	Yazılım geliştirme	Açık kaynaklı tümleşik geliştirme ortamı : • Eclipse 4diac	Uzman Değerlendirmesi + Kullanıcı Testi	• Sezgisel Değerlendirme • Odak Grup • Mülakat • Anket • Uzaktan Deney	Uzman değerlendirme 1 kişi, Nielsen Sezgisel değerlendirme 5 kişi, Odak grup 8 kişi Görüşme 5 kişi Uzaktan deney 9 kişi
(Planasa, Cabotba, 2019)	Analiz	Yazılım Modelleme Araçları: MagicDraw, Papyrus	Kullanıcı Testi	• Deney Yöntemi	45 öğrenci

3. YÖNTEM

3.1. Değerlendirilecek Yazılım Aracı

Araştırmada kullanılacak olacak olan UrbanCode UDeploy, geliştirme, test ve üretim gibi farklı ortamlara uygulama dağıtma ve yayınlama sürecini otomatikleştiren bir yazılım aracıdır. Yazılım teslim sürecini kolaylaştırmak ve farklı platformlar ve ortamlarda tutarlı, tekrarlanabilir ve denetlenebilir sürümler sağlamak için tasarlanmıştır. Udeploy'un temel

özellikleri arasında otomatik dağıtım, dağıtım otomasyonu, yapılandırma yönetimi, sürüm düzenleme, devops araçları ile entegrasyon, uyumluluk ve denetim sağlamak bulunmaktadır. Genel olarak, UrbanCode Udeploy, yazılım teslim sürecini otomatikleştirmek ve yazılım sürümlerinin verimliliğini ve kalitesini artırmak için güçlü bir araçtır. Udeploy ana ekran ara yüzü Şekil 2'de gösterilmiştir.

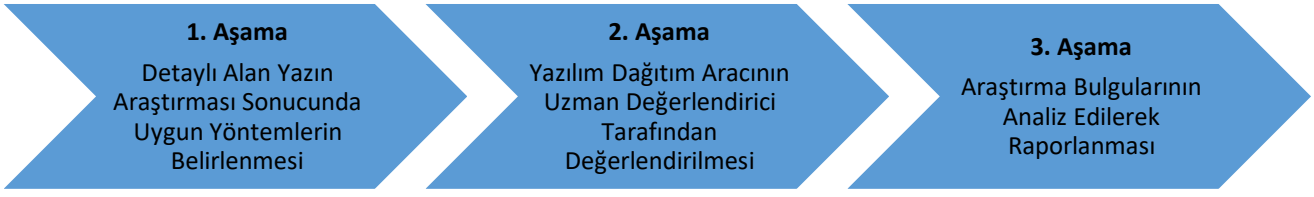


***Şekil 2**. Udeploy Arayüzü*

3.2. Bilişsel Gezinti Yöntemi

Araştırma belirli değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemeye ve tanımlamaya yönelik olarak tasarlanmıştır. Bu araştırma kapsamında yazılım dağıtım araçlarından biri olan UrbanCode Udeploy aracının uzman-temelli değerlendirme araçlarından bilişsel gezinti yöntemi kullanılarak kullanılabilirlik değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu değerlendirmeyi gerçekleştirebilmek için Şekil 3'te görülen 3 adımlı bir araştırma süreci belirlenerek takip edilmiştir.

Çalışmanın başında gerçekleştirilen detaylı alan yazın araştırmasına dayalı olarak değerlendirmede kullanılacak uygun yöntem belirlenmiştir. İkinci adımda bu yöntem kullanılarak belirlenen yazılım dağıtım aracının değerlendirilmesi uzman araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Son aşama olarak da değerlendirme bulguların dayalı olarak bulgular analiz edilerek raporlanmıştır.



***Şekil 3**. Uygulanan Araştırma Süreci*

Araştırmada kullanılabilirlik ile ilgili araştırma yöntemlerine yönelik ön-araştırma gerçekleştirilmiş olup, değerlendirme için öncelikle uzman temelli yöntemlerin kullanılmasına odaklanılmıştır. Uzman temelli yöntemler içinde; analitik yöntemler, yorumlama, sezgisel değerlendirme ve bilişsel gezinti yöntemi gibi farklı yöntemler mevcuttur.

Çalışmada bu yöntemlerden Bilişsel Gezinti (BG)(CW-Cognitive Walkthrough) yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu yöntem birbirlerini takip eden bir seri eylemin ayrıntılı olarak incelenmesini ve keşif yoluyla öğrenmeyi odak noktası olarak alan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Lewis, Wharton, 1997). BG yönteminde bir değerlendirici, ara yüzü, tipik bir ara yüz kullanıcısının gerçekleştirmesi gereken görevleri gerçekleştirmek için kullanırken değerlendirir. Ara yüzün eylemleri ve yanıtları, yöntemin bilişsel modeli, kullanıcının beklentileri ile kullanım gerçekliği arasındaki farklar (yani ara yüzün gerçekten gerektirdiği adımlar) ile ilgili sorulara verilen yanıtlar aracılığıyla kullanıcının hedef ve bilgilerine göre ara yüzün değerlendirilmesi gerçekleştirilebilir (Mahatody, Sagar, Kolski, 2010[).

BG yönteminin avantajları arasında, son kullanıcılardan bağımsızlık, tasarımcıların potansiyel bir kullanıcının bakış açısını benimsemelerine yardımcı olma, sistemle etkileşimden kaynaklanan sorunların etkili bir şekilde tanımlanması ve kullanıcıların amaçlarını ve varsayımlarını tanımlamaya yardımcı olma yeteneği yer alır. Ayrıca esnek, hızlı ve yapması kolay olduğundan erken geliştirme aşamalarında da kullanılabilir. Dezavantajları arasında ise, olası sıkıcılık ve yanlış görev seçimi, düşük seviyeli ayrıntılara vurgu yapılması ve son kullanıcının dahil olmaması nedeniyle doğal bir önyargı tehlikesi yer alır (Holzinger, 2005). Çalışmada uzman temelli değerlendirmeyi gerçekleştiren tek bir uzman değerlendirici yer almıştır. Bu uzman bilgisayar mühendisliği derecesine sahiptir. Ayrıca yazılım sektöründe grafiksel ve grafiksel olmayan yazılım mühendisliği araçlarını yazılım geliştirme süreci kapsamında kullanım tecrübesi bulunmaktadır. Aynı zamanda uzman değerlendirici İnsan Bilgisayar Etkileşimi alanında çeşitli kullanılabilirlik değerlendirmesi araştırmaları da gerçekleştirmektedir.

Araştırmada BG değerlendirmesinde kullanılmak üzere Tablo 3'te gösterilen kullanım senaryosu hazırlanmıştır. Kullanım senaryosu içinde görev kodları ve detaylı görev listesi yer almaktadır. Belirtilen görevler ilgili yazılımın kullanımı sırasında son kullanıcıların potansiyel olarak kullandığı kritik görevlere karşılık gelecek şekilde belirlenmiştir.

Tablo 3- *BG Yönteminde Kullanılacak Kullanım Senaryosu*

Konu	**Senaryo Kapsamı**	**Görev Kodu**	**Görev Listesi**
Sistem Erişimi	Sistemde oturum açma / oturum kapatma	G1	Sisteme kimlik bilgileriniz ile oturum açın
		G2	Sistemde oturumu kapatın
Dağıtım Süreci	Dağıtımın yapılması	G3	Dağıtımı yapılacak UAT test uygulamasını bularak seçin.

		G4	UAT test ortamını seçin
		G5	UAT uygulamasının dağıtımı yapılacak test bileşenlerini ve belirtilen prosesi seçin
		G6	UAT test bileşenlerin sürüm bilgisini seçin
		G7	Dağıtım sürecini başlatın
		G8	Dağıtım prosesini onaylayın.
İçeriklere Ulaşma	Belirtilen sayfalara ulaşılması	G9	Uygulama özellikleri sayfasına ulaşın
		G10	Çevresel geçişler sayfasına ulaşın
		G11	Geçmiş dağıtım arşivine ulaşın.
Yardım	Yardım isteği	G12	Yardım dokümanına ulaşın

Araştırma için hazırlanan senaryo listesinde yer alan her bir görev Tablo 4'te yer alan değerlendirme formu aracılığıyla ayrı ayrı değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Görevin gerçekleşip gerçekleşmediği ulaşılamadı, düşük oranda başarıldı, kısmen başarıldı, büyük oranda başarıldı ve tamamen başarıldı şeçenekleri ile değerlendirilmiştir. Ayrıca uzman değerlendiricinin uygulama sırasında aşağıdaki dört temel soruyu evet/hayır şeklinde cevaplaması istenmiştir.
Bunlar;

Soru 1: Kullanıcılar doğru sonuca ulaşmaya çalışır mı?

Soru 2: Kullanıcılar doğru işlemin mevcut olduğunu fark ederler mi?

Soru 3: Kullanıcılar doğru eylem ile elde etmeye çalıştıkları sonucu ilişkilendirir mi?

Soru 4: Eylem gerçekleştirildikten sonra, kullanıcılar hedefe doğru ilerleme kaydedildiğini görür mü ?

Değerlendirme sonrasında ise değerlendiricinin görev ile ilgili yorumları ve bazı temel soruları (Lewis, Rieman, 1993) cevaplaması istenmiştir. Cevaplaması istenen sorular; "En zor adım neydi? Neden?, Uygulamanızı hızlı bir şekilde nasıl yapacağınızı öğrenmek için kullanıcıların sahip olması gereken temel bilgiler nelerdir?, Hangi adımlar/eylemler geliştirilebilir? ,Hangi sistemin yanıtları geliştirilebilir?, Neler iyi çalışıyor?" şeklinde listelenebilir.

Tablo 4 - *Araştırmada Kullanılan Değerlendirme Formu*

Senaryo Kapsamı	**Adımlar**	**Görev gerçekleşti mi ?**					**Soru 1:** Kullanıcılar doğru sonuca ulaşmaya çalışır mı?	**Soru 2:** Kullanıcılar doğru işlemin mevcut olduğunu fark ederler mi?	**Soru 3:** Kullanıcılar doğru eylem ile elde etmeye çalıştıkları sonucu ilişkilendirir mi?	**Soru 4**: Eylem gerçekleştirildikten sonra, kullanıcılar hedefe doğru ilerleme kaydedildiğini görür mü?
		Ulaşılmadı	Düşük Oranda Başarıldı	Kısmen Başarıldı	Büyük Oranda Başarıldı	Tamamen	Evet / Hayır	Evet / Hayır	Evet / Hayır	Evet / Hayır
Sistemde oturum açma	Sisteme kimlik bilgileriniz ile oturum açın									
Sorular/ Yorumlar	En zor adım neydi? Neden? Uygulamanızı hızlı bir şekilde nasıl yapacağınızı öğrenmek için kullanıcıların sahip olması gereken temel bilgiler nelerdir? Hangi adımlar/eylemler geliştirilebilir? Hangi sistemin yanıtları geliştirilebilir? Neler iyi çalışıyor?									

Bilişsel Gezinti Yöntemi ile sorunlar bulunduktan sonra, bulunan sorunların düzeyini belirlemek ve önem derecesi ölçmek için "Şiddet Derecelendirme Ölçeği" kullanılmıştır. (Khairat, Priyadi, Adrian, 2022)

Görev adımları değerlendirilirken Tablo 5'te yer alan şiddet dereceleri, görev gerçekleştirme derecesi ve problem ciddiyet ilişkisini gösteren tablodan yararlanılarak Kullanılabilirlik problemlerinin ciddiyet skorları ortaya çıkmıştır. Görevin gerçekleşme durumu 'Ulaşılamadı' olarak belirtildiyse problemin çok büyük ciddiyet derecesine sahip olduğu ve ciddiyet skorunun 4 olduğu tespit edilmiştir. 'Düşük oranda başarıldı' olarak belirtildiyse problemin ciddiyet derecesinin büyük ve ciddiyet skorunun 3 olduğu tespit edilmiştir, 'Kısmen başarıldı' olarak belirtildiyse problemin ciddiyet derecesinin orta ve ciddiyet skorunun 2 olduğu tespit edilmiştir. 'Büyük oranda başarıldı' olarak belirtildiyse problemin ciddiyet derecesinin küçük ve ciddiyet skorunun 1 olduğu tespit edilmiştir. 'Tamamen başarıldı' olarak belirtildiyse bir problem tespit edilememiştir ve ciddiyet skorunun 0 olduğu ortaya koyulmuştur.

Tablo 5- *Şiddet Derecesi, Görev Gerçekleştirme Derecesi ve Problem Ciddiyet Derecesi İlişki Tablosu*

Görevin Gerçekleşme Derecesi	**Problem Ciddiyet Derecesi**	**Ciddiyet Skoru**	**Açıklama**
Ulaşılmadı	Çok büyük	4	Kullanılabilirlik felaketi, ürün dağıtılmadan önce bu sorun giderilmelidir.
Düşük Oranda Başarıldı	Büyük	3	Asıl sorun kullanılabilirlik, iyileştirmeler yapmak önemli çünkü tamir önceliği yüksek.
Kısmen Başarıldı	Orta	2	Küçük kullanılabilirlik sorunu, onarım için düşük öncelik.
Büyük Oranda Başarıldı	Küçük	1	Kozmetik problemler, araştırma için zaman kalmadıkça problemlerin düzeltilmesine gerek yoktur.
Tamamen Başarıldı	Problem Yok	0	Kullanılabilirlikte sorun veya kusur yok

Araştırma uzman temelli değerlendirme grafiksel ve grafiksel olmayan yazılım mühendisliği araçlarına aşina olan tek bir uzman tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.3. Veri Analizi

Çalışmada elde edilen verileri analiz etmek için nitel araştırma yöntemlerinden faydalanılmıştır. Nitel araştırmanın amacı araştırma konusuna ilişkin daha küçük örneklemler kullanılarak daha detaylı ve derinlemesine bilgi edinmektir (Kurtuluş, 2010, Patton, 1990). Nitel araştırma yöntemlerinde gözlem, yapılandırılmış veya yarı yapılandırılmış görüşme, odak grup görüşmesi, içerik analizi gibi veri toplama yöntemleri kullanılabilmektedir. (Baltacı, 2019). Araştırmada içerik analiz yöntemi kullanılmıştır İçerik analizi metinden geçerli çıkarımlar yapmak için bir dizi prosedür kullanan bir araştırma yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Weber, 1989).

Araştırmada kullanılan değerlendirme formu ile yazılım aracı detaylı olarak analiz edilerek yazılım aracına ait kullanılabilirlik değerlendirmesi değerlendirici uzman tarafından yapılmış ve uzmanın değerlendirme formunda almış olduğu notları üzerinden içerik analizi gerçekleştirilerek incelenen yazılımdaki kullanılabilirlik problemleri belirlenmiştir. Ayrıca tespit edilen problemlere ilişkin olası çözüm önerileri de sonuç bölümünde sunulmuştur.

4. BULGULAR

Bilişsel gezinti yöntemi ile yapılan değerlendirme sonucuna göre Udeploy yazılım aracına ait beş kullanılabilirlik problemi tespit edilmiştir. Bu problemlerin 1'i küçük, 4'ü orta kullanılabilirlik problemi olarak ortaya çıkmıştır. Tablo 6'da her problem ayrı ayrı kodlanarak, hangi görev ve görev adımında gerçekleştiği ile değerlendiricin problemle ilgili detaylı açıklaması ve belirlenen ciddiyet derecesi gösterilmektedir.

Değerlendirilen uygulamada tespit edilen ciddiyeti orta olarak belirlenen kullanılabilirlik problemleri; uygulama ekranındaki bazı fonksiyonların yeterince görünür olmaması, kullanılmayan gereksiz parametrelerin karmaşıklığa yol açması, fonksiyon ve menü

isimlerinin yeterince açık olmaması olarak ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan ciddiyeti küçük olarak değerlendirilen kullanılabilirlik problemi ise bazı seçim alanlarının zorunlu bir alan gibi görünmediği için zorlukla fark edilmesidir.

Tablo 6. *Udeploy Kullanılabilirlik Problemleri*

Problem Kodu	Görev Kodu	Görev Adımı	Tespit Edilen Problem	Problemin Ciddiyet Derecesi
UDP_1	G5	İlgili uygulamanın dağıtımı yapılacak bileşenleri seçin	Uygulama ekranında "Dağıtım" adı altında bir menü adımı olmaması nedeniyle sayfaya erişimde zorluk yaşandı.	Orta (2)
UDP_2	G6	İlgili bileşenlerin sürüm bilgisini seçin	Dağıtımı yapılacak versiyon seçim alanı zorunlu bir alan gibi görünmediği için bu alan zorlukla fark edilerek bulunabildi ve versiyon girişi yapılabildi. Ayrıca alan seçilmeden ilerlenebildiği ve dağıtım adımına geçilebildiği farkedildi.	Orta (2)
UDP_3	G8	Dağıtım prosesini onaylayın	Uygulama dağıtımı başlatıldıktan sonra onay sayfasında dağıtım işleminin onaylanması alan çok açık bir şekilde farkedilebilecek seviyede olmadığı görüldü.	Orta (2)
UDP_4	G9	Uygulama özellikleri sayfasına ulaşın	İlgili sayfaya erişim alanı güçlükle bulunabildi, sayfanın yerinin tam olarak nerede olduğu bilgisi sezgisel olarak net anlaşılmadığı için sayfaya erişim adımında zorlanıldı.	Orta (2)
UDP_5	G10	Çevresel geçişler sayfasına ulaşın	İlgili sayfaya erişim alanı güçlükle bulunabildi, sayfanın yerinin tam olarak nerede olduğu bilgisi sezgisel olarak net anlaşılmadığı için sayfaya erişim adımında zorlanıldı.	Orta (2)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma kapsamında günümüzde kullanımı ve yaygınlığı her geçen gün artan, yazılım dağıtım aşamasında kullanılan yazılım destek araçlarından Udeploy aracının bilişsel gezinti yöntemi ile kullanılabilirlik değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı yazılım destek aracına ait kullanılabilirlik problemlerinin ortaya çıkarılması ve bu problemler için çözüm önerilerinin sunulmasıdır. Çalışma kapsamında uzman temelli değerlendirme yöntemlerinden bilişsel gezinti yöntemi kapsamında uzman değerlendiricinin uygulaması için bir görev listesi oluşturulmuş ve listede yer alan görevlerin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Görevler gerçekleştirilirken uzman değerlendirici her bir görev için değerlendirme formu

doldurmuştur. Daha sonra bu formlar analiz edilerek kullanılabilirlik problemleri tespit edilmiştir.

Değerlendirilen uygulamada tespit edilen büyük kullanılabilirlik probleminin bulunmaması nedeniyle genel olarak uygulamanın kullanılabilirliğinin orta düzeyde olduğu ifade edilebilir. Tablo 7'de tespit edilen kullanılabilirlik problemleri ve bu problemlere ait çözüm önerileri yer almaktadır. Ana ekrana dağıtım sayfasına erişim için bir menü tasarlanması UDP_1 kodlu problemin çözümünde fayda sağlayacaktır. Test edilmiş versiyonun dağıtım öncesinde görünmesi UDP_2 kodlu problem için, onay butonunun tasarlanması UDP_3 kodlu problem için, uygulamanın index haritasının bulunması ise UDP_4 ve UDP_5 nolu problem için geliştirme önerisi önerilmiştir.

Tablo 7. *Udeploy Kullanılabilirlik Problemlerine Yönelik Geliştirme Önerileri*

Görev Adımı	Problem Kodu	Tespit Edilen Problem	Geliştirme Önerileri	Problemin Ciddiyet Derecesi
İlgili uygulamanın dağıtımı yapılacak bileşenleri seçin	UDP_1	Uygulama ekranında "Dağıtım" adı altında bir menü adımı olmaması nedeniyle sayfaya erişimde zorluk yaşandı.	Ana ekranda dağıtım sayfasına erişim için bir menü adımı olması daha kullanılabilir ve erişimi kolay bir yaklaşım sağlayacaktır.	Orta (2)
İlgili bileşenlerin sürüm bilgisini seçin	UDP_2	Dağıtımı yapılacak versiyon seçim alanı zorunlu bir alan gibi görünmediği için bu alan zorlukla fark edilerek bulunabildi ve versiyon girişi yapılabildi. Ayrıca alan seçilmeden ilerlenebildiği ve dağıtım adımına geçilebildiği farkedildi.	İlgili versiyonun test edilip edilmediği uygulama üzerinde açık bir şekilde görünmüyor, bunun dağıtım başlamadan test edilmiş versiyon olarak görünmesi dağıtımın ilerleyen aşamasında hata alınmasının önüne geçecektir.	Küçük (1)
Dağıtım prosesini onaylayın	UDP_3	Uygulama dağıtımı başlatıldıktan sonra onay sayfasında dağıtım işleminin onaylanması alan çok açık bir şekilde farkedilebilecek seviyede olmadığı görüldü.	Bu alan buton şeklinde sayfada açık bir şekilde belirtilebilir	Orta (2)
Uygulama özellikleri sayfasına ulaşın	UDP_4	İlgili sayfaya erişim alanı güçlükle bulunabildi, sayfanın yerinin tam olarak nerede olduğu bilgisi sezgisel olarak net anlaşılmadığı için	Web sitesinin index haritasının bulunması ve bu sayfalara erişimin harita üzerinden sağlanabilmesi faydalı olabilir.	Orta (2)

		sayfaya erişim adımında zorlanıldı.		
Çevresel geçişler sayfasına ulaşın	UDP_5	İlgili sayfaya erişim alanı güçlükle bulunabildi, sayfanın yerinin tam olarak nerede olduğu bilgisi sezgisel olarak net anlaşılmadığı için sayfaya erişim adımında zorlanıldı.	Web sitesinin index haritasının bulunması ve bu sayfalara erişimin harita üzerinden sağlanabilmesi faydalı olabilir.	Orta (2)

Araştırmanın kısıtlarının başında Bilişsel Gezinti yönteminin tek bir uzman değerlendirici tarafından uygulanması gelmektedir. Araştırmanın zaman ve kaynak kısıtları nedeniyle araştırmanın uygulanması bir uzman değerlendirici ile sınırlı tutulmuştur Yazılım dağıtım araçlarının kullanılabilirlik değerlendirilmesi üzerine çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Gelecek çalışmalarda kullanıcı çalışması veya farklı kullanılabilirlik değerlendirme yöntemleri içeren çalışmalar da yapılarak kullanılabilirlik konusundaki bulgular desteklenebilir ve güçlendirilebilir. Araştırma konusunun yeni bir konu olması sebebiyle bu çalışmanın ileride yapılacak diğer araştırma çalışmalara bir temel olması amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

Alomar, N., Almobarak, N., Alkoblan, S., Alhozaimy, S., & Alharbi, S. (2016). Usability engineering of agile software project management tools. In Design, User Experience, and Usability: Design Thinking and Methods: 5th International Conference, DUXU 2016, Held as Part of HCI International 2016, Toronto, Canada, July 17–22, 2016, Proceedings, Part I 5 (pp. 197-208). Springer International Publishing.

BALTACI, A. (2019). Nitel araştırma süreci: Nitel bir araştırma nasıl yapılır?. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5(2), 368-388.

Birant, K., & Kut, R. A. (2020). Bir Gelişimsel Yazılım Geliştirme Metodolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 22(66), 741-748.

Cagiltay, K. (2018). Teoriden pratiğe insan—bilgisayar etkileşimi ve kullanılabilirlik mühendisliği.

C. Lewis, C. Wharton,"Cognitive walkthroughs", Handbook of Human-Computer Interaction, Editör: Helander M., Landauer T.K., Prabhu P., Amsterdam: Elsevier, 717-732, 1997

Dearle, A. (2007, May. Software deployment, past, present and future. In Future of Software Engineering (FOSE'07) (pp. 269-284). IEEE.

Fernandez, A., Insfran, E., & Abrahão, S. (2011). Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study. *Information and software Technology*, *53*(8), 789-817.

Holzinger, A. (2005). Usability engineering methods for software developers. Communications of the ACM, 48(1), 71-74.

Internet: International Organization for Standardization (ISO), Ergonomics of Human-System Interaction- Part 210: Human Centred Design for Interactive Systems, https://www.iso.org/standard/77520.html, 2019

Khairat, M. I. S. B., Priyadi, Y., & Adrian, M. (2022, January). Usability Measurement in User Interface Design Using Heuristic Evaluation & Severity Rating (Case Study: Mobile TA Application based on MVVM). In 2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) (pp. 0974-0979). IEEE.

Kurtuluş, K. (2010). Araştırma yöntemleri, İstanbul : Türkmen, sf. 35.

Kuusinen, K., Petrie, H., Fagerholm, F., & Mikkonen, T. (2016). Flow, Intrinsic Motivation, and Developer Experience in Software Engineering. 104–117. DOI: http://dx. doi. org/10.1007/978-3-319-33515-5_9.

Lewis, C., & Rieman, J. (1993). Task-centered user interface design. A practical introduction.

Losavio, F., Chirinos, L., Lévy, N., & Ramdane-Cherif, A. (2003). Quality characteristics for software architecture. Journal of object Technology, 2(2), 133-150.

Mahatody, T., Sagar, M., & Kolski, C. (2010). State of the art on the cognitive walkthrough method, its variants and evolutions. Intl. Journal of Human–Computer Interaction, 26(8), 741-785.

Mockus, A. (2007). Software support tools and experimental work. In Empirical Software Engineering Issues. Critical Assessment and Future Directions: International Workshop, Dagstuhl Castle, Germany, June 26-30, 2006. Revised Papers (pp. 91-99). Springer Berlin Heidelberg.

Nielsen, J. (1994). Usability engineering. Morgan Kaufmann

Nielsen, J. (1994, April). Enhancing the explanatory power of usability heuristics. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 152-158).

Patton, M. Q. (1990). Qualitative evaluation and research methods. SAGE Publications, inc.

Planas, E., & Cabot, J. (2020). How are UML class diagrams built in practice? A usability study of two UML tools: Magicdraw and Papyrus. Computer Standards & Interfaces, 67, 103363.

Safdar, S. A., Iqbal, M. Z., & Khan, M. U. (2015). Empirical evaluation of UML modeling tools–a controlled experiment. In Modelling Foundations and Applications: 11th European Conference, ECMFA 2015, Held as Part of STAF 2015, LAquila, Italy, July 20-24, 2015. Proceedings 11 (pp. 33-44). Springer International Publishing.

Shneiderman, B. (2000). Universal usability. Communications of the ACM, 43(5), 84-91.

Weber R P (1989) Basic Content Analysis, Sage, London.

Weber, T., Zoitl, A., & Hußmann, H. (2019, September). Usability of development tools: A case-study. In 2019 ACM/IEEE 22nd International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems Companion (MODELS-C) (pp. 228-235). IEEE.

Xenos, M. (2001, November). Usability perspective in software quality. In Usability Engineering Workshop, The 8th Panhellenic Conference on Informatics with International Participation, Southern Cyprus.

Yin, R. K. (1994). Case study research: Design and methods (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.

INTERNATIONAL CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Comparative Analysis of Supervised, Unsupervised, Semi-Supervised, and Reinforcement Learning Methods for Data Loss Prevention

Ahmet VURAL[1]
Barış ÇELİKTAŞ[2]

Özet

Veri Kaybını Önleme (DLP), veri kaybını, hassas verilerin güvenli olmayan veya uygun olmayan bir şekilde paylaşılmasını, transferini veya kullanılmasını engelleyen bir güvenlik çözümüdür. DLP ayrıca Genel Veri Koruma Yönetmeliği (GDPR) ve diğer düzenleyici gereklilikler gibi düzenlemelere uyum sağlamamıza yardımcı olmaktadır.

DLP'nin temel amacı hassas verilerin sızmasını önlemek ve böylece veri sahiplerinin itibarlarını korumak, maliyetleri azaltmak ve iş sürekliliğini sağlamaktır. DLP, veri sızmasını engellemek veya önceden belirlenmiş veri sınıflandırma politikaları kullanarak olayları kaydetmek için bir dizi kural kullanan bir uygulamadır. Bu etiketler genellikle bir program tarafından tanımlanan bilgilere dayalı olarak oluşturmakta ve uygulamaktadır.

Bu çalışmamız, DLP sistemlerinde denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve takviyeli öğrenme yöntemlerinin kullanımına odaklanmakta olup, veri sınıflandırması için makine öğrenme algoritmaları aracılığıyla verilerin işlenmesi ve kullanılmasıyla veri ihlallerini ve ihlallerini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmamızda, makine öğrenme yöntemlerinin yeteneklerine dayalı olarak en uygun seçenekler değerlendirilecektir.

Çalışmanın bulguları, denetimli öğrenme yöntemlerinin karşılaştırmalı analizinin DLP için en etkili yaklaşım olduğunu önermektedir, ancak yarı denetimli ve güçlendirme öğrenme yöntemleri sınırlı etiketli veri olduğunda kullanışlı olabilmektedir. Çalışma ayrıca makine öğrenme algoritmaları kullanarak otomatik olarak DLP prensiplerinin oluşturulmasının faydalarını içermektedir. El ile hazırlanan sınıflandırmaların otomatikleştirilmesiyle, sistemin daha verimli olması ve yanlış pozitif değerlerin en aza indirilmesi beklenmektedir.

Özetle, bu çalışma kullanıcıların veri işleme standartları veya alışkanlıklarını makine öğrenmeyle birleştirerek bu etiketlerin ve verilerin DLP kurallarında kullanılmasını mümkün kılmaktadır. El ile yapılan manuel sınıflandırma, makine öğrenme ile otomatikleştirilebilir, bu da daha iyi kontrollerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Makine öğrenme ve DLP aynı anda kullanıldığında, veri sınıflandırması hatalı olmadan gerçekleştirilecek ve yanlış pozitif alarm sayısı azalacaktır. Dosyaların yapısı ve içeriği kullanıcı alışkanlıklarına göre doğru bir şekilde belirlenecek, ilgili kuralların doğruluğu ve güvenilirliği sağlanacaktır. Kullanıcılar belirli algoritmalar aracılığıyla izlenecek, dosya içeriğinde en sık kullanılan veriler raporlanabilecek

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Işık Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0009-0001-2443-2719
[2] Dr. Öğr.Üyesi, Işık Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-2865-6370

ve bunun şirket riski olarak kabul edilebilir olup olmadığı belirlenebilecektir. Sonuç olarak, kurum ve kuruluşlar, veri koruma politikalarını daha verimli ve kullanılabilir hale getirebilecek ve veri kaybı riskini azaltabilecek ve düzenlemelere tabi kişisel verileri kontrol altına alabilecektir.

Anahtar Kelimeler (Keywords): Veri Kaybı Önleme (Data Loss Prevention)

Denetimli Öğrenme (Supervised Learning), Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning), Yarı Denetimli Öğrenme (Semi-Supervised Learning), Takviyeli Öğrenme (Reinforcement Learning)

GİRİŞ

Veri sızıntısı, günümüzde önemli bir güvenlik sorunudur. Bu sorun, hassas ve değerli verilerin izinsiz olarak elde edilmesi veya ifşa edilmesidir. Veri sızıntısı, kurumlar için finansal, hukuki ve itibari riskler oluştururken, bireylerin gizliliğini tehlikeye atar ve güvenlerini zedeler.

2022 Veri İhlalinin Küresel Maliyeti raporu, IBM tarafından gerçekleştirilen bir çalışmanın sonucunda yayınlanmıştır. Rapora göre, bir veri ihlalinin küresel ortalama toplam maliyetinin 4,35 milyon dolar olarak hesaplandığı görülmektedir. (IBM, 2022, Cost of a Data Breach Report)

Makine öğrenimi teknikleri, veri sızıntısını tespit etme ve önleme çabalarında önemli bir araç haline gelmiştir. Makine öğrenimi, büyük veri kümelerinde gizli desenleri tanımlanmaktadır. Bu yeteneklerini kullanarak, makine öğrenimi algoritmaları, anormal aktiviteleri belirleme ve olası veri sızıntılarını tahmin etme konusunda etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Sonuç olarak, bu bildiri, veri sızıntısının önlenmesi üzerine makine öğrenimi odaklı bir yaklaşım sunacak ve mevcut güvenlik yöntemlerini güçlendirmek için yeni bir çerçeve sunacaktır. Bu çalışmanın sonuçları, şirketlerin ve bireylerin veri güvenliğini artırmak ve veri sızıntısı sorununu daha etkili bir şekilde çözmek için kullanılabilecek önemli bilgiler sunacaktır.

YÖNTEM

Bu bildiride, makine öğrenimi tekniklerinin veri sızıntısını önleme üzerindeki potansiyelini inceleyeceğiz. Çalışmamız iki ana hedefe odaklanacaktır.

Veri sızıntısının belirlenmesi: Veri sızıntısını önlemek için kullanılan yöntemlerin nasıl çalıştığını ve yazılımlara nasıl uyarlandığına odaklanılacaktır.

Veri sızıntısının önlenmesi: Makine öğrenimi algoritmalarının kullanımıyla, güvenlik önlemleri ve erken uyarı sistemlerini güçlendirmek ve veri sızıntılarını daha etkili bir şekilde engellemek için hangi yöntemlerin kullanılacağını tespit etmek. Bu çalışma, makine öğrenimi tabanlı bir veri sızıntısı önleme çerçevesi sunacak ve kurumların veri güvenliği konusunda daha güçlü bir konuma geçmelerini sağlayacaktır.

ARA BAŞLIKLAR

Veri kaybı Önleme (Data Loss Prevention) nedir?

Veri Kaybı Önleme (DLP), hassas verilerin güvenli ve uygunsuz şekilde paylaşılmasını, aktarılmasını veya kullanılmasını engellemeyi amaçlayan bir güvenlik çözümüdür. DLP ayrıca Genel Veri Koruma Yönetmeliği (GDPR) ve diğer düzenlemelere uyum sağlamaya yardımcı olmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

DLP çözümleri, merkezi politikalara dayanan verilerin derin içerik analizi yoluyla tanımlanması, izlenmesi ve korunması amacıyla dinlenen, hareket halindeki ve kullanımdaki verileri kapsayan bir yaklaşım sunmaktadır. (Mogull,2010,6)

DLP'nin temel amacı, hassas verilerin sızdırılmasını önleyerek, veri sahiplerinin itibarını, maliyetlerini ve iş sürekliliğini korumaktır. DLP, belirlenen veri sınıflandırma politikalarına uyulmasını sağlayan bir dizi kural ve olay kaydı oluşturma uygulamasıdır. Bu

etiketlemeler genellikle bir program tarafından tanımlanan bilgilere göre gerçekleştirilir ve uygulanmaktadır.

DLP (Veri Kaybını Önleme) çözümleri, iki önemli amaç için kullanılmaktadır. Birincisi, yetkisiz bir kullanıcının gizli verilere erişmesini tespit etmek ve önlemek için kullanmaktır. Bu şekilde, hassas bilgilere izinsiz erişim ve veri hırsızlığı gibi risklerin önlenmesine yardımcı olmaktadır. İkincisi, gizli verilerin yanlışlıkla paylaşılmasını engellemek için kullanılmaktadır. DLP çözümleri, hassas bilgilerin yanlışlıkla yanlış kişilere gönderilmesini veya hatalı bir şekilde paylaşılmasını tespit eder ve bunu önlemek için uygun politika ve kontrolleri uygular. Böylece, veri güvenliği ve gizliliği sağlanır. (Tahboub ve Saleh, 2014)

Kuruluşlara giriş ve çıkış yapan verilerin sayısal formu günümüzde oldukça yüksek bir seviyededir. Bir kuruluş, milyonlarca e-posta gönderip alır ve yüzlerce hatta binlerce dosyayı kaydedip aktarabilir. Müşteriler, iş ortakları, yöneticiler ve hissedarlar, kuruluşların hassas verilerini korumasını bekler.Kurumsal veriler, bir işletme için en önemli varlıklardan biridir ve bu nedenle korunmaları büyük önem taşır. Veri sızıntısı, istenmeyen bilgi yayılmasını ifade eder. Özel ve hassas verilerin yetkisiz kişilerle kasıtlı veya kasıtsız olarak paylaşılması, bilgi güvenliği için ciddi bir sorundur. Sızdırılan veriler, müşteri sadakatinin ve çalışanların güveninin kaybedilmesine, rekabet avantajının kaybedilmesine, siyasi krizlere ve hatta şirketin kapanmasına kadar birçok zarara neden olmaktadır.

Veri sızıntılarını DLP (Veri Kaybını Önleme) sistemleri yardımıyla doğru bir şekilde tespit edebilmek için öncelikle verinin durumunu ve verinin hassas nitelikli/gizli veri olup olmadığını belirlemek gerekmektedir. DLP sistemleri, durağan veri (Data-at-Rest), kullanımda olan veri (Data-in-Use) ve hareket halindeki veri (Data-in-Motion) olmak üzere üç farklı durum için çözümler sunmayı amaçlamaktadır.

Durağan veri (Data-at-Rest): Bu veriler, henüz kullanılmayan ve hareket halinde olmayan verileri ifade eder. Veri tabanlarında, dosya ve ağ sunucularında, bulut depolama alanlarında, dosya yönetim sistemlerinde veya veri depolama cihazlarında depolanır. Bu tip verilerin yetkisiz kişilerce erişimi, çalınması veya değiştirilmesini engellemek için veri şifreleme veya erişim kontrolü gibi güvenlik önlemleri alınır. DLP sistemleri, bu içeriklerin nerede tutulduğunu belirleyerek depolanan hassas içerikleri tespit etmek için içerik keşif özelliğini kullanılmaktadır. (Securosis, 2010; Shabtai vd., 2012)

Kullanımda olan veri (Data-in-Use): Bu veriler, herhangi bir kullanıcı veya yazılım tarafından etkileşimde olan verileri ifade eder. Ofis dosyaları, veri tabanı erişimleri, bulut uygulamaları veya mobil uygulamalar tarafından kullanılan veriler buna örnek verilebilir. Uç nokta ile ilgili DLP sistemleri, bu verileri korumak ve kullanıcı bu verilerle etkileşime girdiğinde verileri izlemek için kullanılır. Kopyala-yapıştır işlemleri, ekran görüntüsü alma, USB, CD-DVD veya akıllı telefona aktarma, yazdırma ve fakslama gibi faaliyetleri izleyerek hassas verilerin kurum dışına çıkarılmasını engellemeye çalışmaktadır. (Securosis, 2010) (Shabtai vd., 2012)

Hareket halindeki veri (Data-in-Motion): Bu veriler, kurum içinde bir yerden bir yere giden veya internet yoluyla kurum dışına giden verileri ifade etmektedir. Hareket halindeki

veriler için geliştirilen DLP çözümleri, iletişim kanalları vasıtasıyla ağ üzerinden bilinen veya bilinmeyen protokoller kullanılarak gönderilen verilerin organizasyon tarafından belirlenen politikalar doğrultusunda incelenerek hassas veri olup olmadığını tespit etmek için kullanılmaktadır. (Al-Sanabani, 2016) (Shabtai vd., 2012)

Bu şekilde, DLP sistemleri farklı durumlardaki veri sızıntılarını tespit etmek ve önlemek için çeşitli yaklaşımlar ve özellikler sunmaktadır.

Veri kaybı önleme (DLP) metotları nelerdir ve nasıl çalışır?

DLP çözümünü anlamak için içerik farkındalığı ve bağlamsal analiz önemlidir. Eğer içerik bir kelime veya sayı ise, içeriğin bulunduğu dosyanın iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. İçerikler, sınıflandırma mantığına göre etiketlenir ve etiketlenen veriler, belirlenen kurallarla engellenir veya kayıt altına alınmaktadır.

DLP uygulamalarında birden fazla içerik inceleme yöntemi bulunmaktadır. Bunlar şunlardır:

a.Kural tabanlı / Normal ifadeler (Rule-Based/Regular Expressions)

Kural tabanlı / Normal ifadeler , DLP çözümlerinde kullanılan ve hassas verileri belirli bir kalıp veya kurallarla tanımlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, kurumların hassas verilerini tanımlamalarına, izlemelerine ve veri sızıntısını engellemelerine yardımcı olmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örneğin, bir kurumun T.C. Kimlik numaralarını belirlemek için Kural tabanlı / Normal ifadeler kullanmasını düşünelim. DLP çözümü, TCN'leri belirleyen kuralları içeren bir kural kümesi oluşturur (örneğin, "XXXXXXXXXXX" şeklinde bir format). Daha sonra, DLP çözümü belirtilen kurallara uymayan tüm verileri tespit ederek izler veya veri sızıntısını engeller. Eğer bir çalışan, bu verileri bilinçsiz veya kasıtlı olarak paylaşırsa, DLP çözümü otomatik olarak uyarı verir ve veri sızıntısını önlemek için gerekli adımları atar.

Yapılandırılmamış veriler, kelime veya PDF dosyalarını, elektronik tabloları ve biçiminin anlamının önemli bir bileşeni olmadığı her türlü kaydı içerir. DLP (Veri Kaybını Önleme), ilk olarak bir kuruluş genelinde en önemli veya riskli alanlardaki bilgi varlıklarını keşfeder ve ardından Hareket, Dinlenme ve Bitiş Noktası olmak üzere üç önemli bağlamda ilgili politikalarla veri önleme uygulamaya başlar (Liu,Kuhn, 2010)

Bu şekilde, Kural tabanlı / Normal ifadeler kullanarak DLP teknolojisi, kurumların hassas veri kaybını önlemelerine ve veri güvenliği politikalarını etkin bir şekilde uygulamalarına yardımcı olur.

b.Veritabanı parmak izi (Database fingerprinting)

Veritabanı parmak izi, veritabanında bulunan verilerin benzersiz özelliklerini belirleyerek hassas verilerin tespit edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, veritabanındaki verilerin içeriğini veya yapısını değiştirmez; ancak verilerin belirli özelliklerini analiz etmektedir. Bu özellikler arasında veritabanı şeması, veri türleri, alan adları, veri uzunlukları ve diğer faktörler bulunmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örnek olarak, bir kurumun müşteri verilerini içeren bir veritabanı düşünelim. Veritabanında müşterilerin isimleri, adresleri, telefon numaraları ve kredi kartı bilgileri gibi hassas veriler bulunmaktadır. Bir Veri Kaybını Önleme (DLP) çözümü, bu veritabanını tarayarak hassas verileri tespit edebilir. Bu tespit edilen hassas verilerin özellikleri bir parmak izi olarak kaydedilir. Daha sonra, DLP çözümü bu parmak izlerini veritabanındaki yeni

verilerle veya yeni oluşturulan belge veya veritabanlarıyla karşılaştırarak potansiyel veri sızıntılarını tespit eder. (Mogull,2010,8)

Veritabanı parmak izi, kurumların hassas verilerin tespiti ve izlenmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, veritabanındaki verilerin izlenmesini ve korunmasını kolaylaştırır ve kurumların veri kaybını önlemek için gerekli adımları atmasına yardımcı olmaktadır.

c.Tam dosya eşleştirme (Exact file matching)

Tam dosya eşleştirme, belirli dosyaların içeriğini tarayarak hassas verilerin tespit edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli dosyaların adı, konumu ve türü gibi özelliklerini kullanarak uygulanmaktadır. Örneğin, Microsoft Office belgeleri, PDF dosyaları, e-postalar veya veritabanı yedekleme dosyaları gibi dosyalar bu yöntemle taranmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örnek olarak, bir kurumun çalışanlarının belirli bir projeyle ilgili dokümanlarını izlemesi gerektiğini düşünelim. Bir Veri Kaybını Önleme (DLP) çözümü, bu belgelerin tam adını, konumunu veya dosya türünü belirleyerek içeriklerinde belirli kelimeleri veya kelime öbeklerini tespit etmektedir. Bu yöntem sayesinde, kurumun hassas bilgilerin bulunduğu belgeleri tespit etmesi ve gerekli önlemleri alması daha kolay hale gelmektedir. (Mogull,2010,8)

Örneğin, "...xxx\xxxx\xxxx\projeler" klasörü altındaki ".pdf", ".doc", "*.xls" dosyalarının içeriğinde "Proje", "Proje maliyeti", "Proje adımları" gibi kelimeler geçiyorsa, bu dosyaların paylaşımını engelleyen bir kural tanımlayalım. DLP çözümü, belirtilen dizinde, ilgili dosya uzantısında ve dosya içeriğinde ilgili kelimelerin bulunması durumunda dosyaların paylaşımını engellemektedir.

Tam dosya eşleştirme, kurumların hassas verilerinin tespiti ve izlenmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli dosyalarda hassas verilerin tespit edilmesini ve veri kaybının önlenmesini kolaylaştırmaktadır.

d.Kısmi belge eşleştirme (Partial document matching)

Kısmi belge eşleştirme , belirli bir gruptaki belgelerin içeriğini tarayarak hassas verilerin tespit edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, dosya türüne veya dosya adına bağlı olmayıp, birçok dosya türü için kullanılmaktadır. Örneğin, Microsoft Office belgeleri, PDF dosyaları, e-postalar veya veritabanı yedekleme dosyaları gibi dosyalar bu yöntemle taranmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örnek olarak, bir kurumun çalışanları, hassas veriler içeren bir Microsoft Word belgesinin sadece bir kısmını kopyalayarak yeni bir belge oluşturur. Kısmi belge eşleştirme yöntemi, bu yeni belgedeki kopyalanan hassas verileri tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, belirli kelimeleri veya kelime öbeklerini tespit etmenin yanı sıra, bu kelimelerin belgenin hangi bölümünde yer aldığını da belirlemektedir. (Mogull,2010,8)

Kısmi belge eşleştirme , kurumların hassas verilerinin tespiti ve izlenmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli belgelerde yer alan hassas verilerin tespit edilmesini kolaylaştırmakta ve veri kaybının önlenmesine yardımcı olmaktadır.

e.Kavramsal / Sözlük (Conceptual/Lexicon)

Kavramsal / Sözlük yöntemi, belirli kavramlar veya kavramlarla ilişkili terimlerin bir listesini kullanarak hassas verilerin tespit edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli dosyaların içeriğini tarama veya dosya isimleriyle sınırlama gibi kısıtlamalara bağlı kalmadan, belirli kavramlar ve terimlerle ilişkili hassas verilerin tespitine odaklanır. Bu yöntem, e-postalar, belgeler, sunumlar ve diğer veri türlerinde kullanılmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örnek olarak, bir kurumun müşterileriyle ilgili hassas verileri tespit etmesi gerektiğini düşünelim. Kavramsal / Sözlük yöntemi, "kredi kartı numarası", "müşteri adı", "müşteri hesap numarası" gibi belirli kavramlar ve bu kavramlarla ilişkili terimleri içeren bir liste kullanarak, bankanın veritabanında belirli alanlarda bu hassas verilerin tespit edilmesini sağlamaktadır. (Mogull,2010,9)

Kavramsal / Sözlük yöntemi, kurumların hassas verilerin tespiti ve izlenmesinde etkili bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli kavramlar ve bu kavramlarla ilişkili terimleri kullanarak hassas verilerin tespit edilmesini kolaylaştırır ve veri kaybının önlenmesine yardımcı olmaktadır.

f.İstatistiksel analiz (Statistical analysis)

İstatistiksel analiz, DLP sistemlerinde kullanılan bir tekniktir ve hassas verilerin tespiti için istatistiksel bir analiz yapmayı sağlar. Bu analiz, bir belgenin veya veri kaynağının içeriğindeki özelliklerin istatistiksel olarak değerlendirilmesini sağlar. (Trellix,DLPDataSheet)

İstatistiksel analiz yöntemi, belirli bir veri türü veya kategori için beklenen bir dağılım veya davranış modelini belirlemektedir. Ardından, bu modele uymayan öğeleri veya verileri tespit ederek hassas verilerin tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. (Mogull,2010,9)

Örneğin, bir kurumun DLP sistemi, çalışanlar tarafından paylaşılan belgelerin içeriğini analiz etmek isteyebilir. Bu durumda, İstatistiksel analiz yöntemi kullanılarak belirli bir belge türü için beklenen sözcük sayısı, kelime sıklığı, cümle uzunluğu ve diğer özellikler belirlemektedir. Bu veriler daha sonra, belirli bir belgenin özellikleriyle karşılaştırılarak hassas verilerin tespit edilmesi sağlamaktadır.

İstatistiksel analiz yöntemi, DLP sistemlerinin yanı sıra spam filtreleri ve virüs tarama yazılımlarında da kullanılmaktadır. Bu yöntem, özellikle büyük veri setlerinde analiz yapmayı ve hassas verilerin tespitini kolaylaştırmayı sağlayan faydalı bir araçtır. (Mogull,2010,9)

Ancak, İstatistiksel analiz yöntemi, veri setindeki istatistiksel anormallikleri tespit etme yeteneği nedeniyle yanlış pozitif sonuçlar üretebilir. Bu nedenle, bu yöntem yalnızca diğer DLP teknikleriyle birlikte kullanılmalı ve sonuçlar insan gözü tarafından incelenerek doğrulanması gerekmektedir.

g.Önceden oluşturulmuş Kategoriler (Pre-built categories)

Önceden oluşturulmuş kategoriler, DLP sistemleri tarafından önceden tanımlanmış hassas veri kategorileridir. Bu kategoriler, kullanıcılara hassas verilerin hangi veri türleri veya kategorileri altında sınıflandırılabileceği konusunda yardımcı olmaktadır. (Trellix,DLPDataSheet)

Örneğin, bir DLP sistemi, TC kimlik numarası, kredi kartı numarası veya tıbbi kayıt gibi hassas verileri içeren belgeleri tespit etmek için önceden oluşturulmuş kategoriler kullanabilir. Bu yöntem, hassas verileri belirli veri türleri için önceden tanımlanmış şablonlar veya imzalar kullanarak tespit etmeyi kolaylaştırmaktadır.

Önceden oluşturulmuş kategoriler yöntemi, DLP sistemleri kullanıcılarına esneklik sağlar ve hassas veri kategorilerini otomatik olarak tespit etmeyi kolaylaştırır. Bu yöntem ayrıca, belirli bir sektör veya endüstrideki hassas veri kategorilerine göre özelleştirilebilmektedir. (Mogull,2010,9-10)

Ancak, önceden oluşturulmuş kategoriler yöntemi, her hassas veri kategorisi için önceden tanımlanmış bir şablon olmadığında yetersiz kalabilir. Bu nedenle, bu yöntem diğer DLP teknikleriyle birlikte kullanılmalı ve sistem yöneticileri tarafından düzenli olarak güncellenmesi sağlanmalıdır.

Makine Öğrenmesi (Machine Learning)

Makine Öğrenmesi, bilgisayarların verileri anlama, öğrenme ve tahmin etme yeteneği kazandığı bir yapay zeka alt alanıdır. Bu teknoloji, çeşitli algoritmaları ve ilişkileri belirlemek için veriler üzerinde öğrenme sürecini kullanır. Böylece, veri analizi yapmak ve gelecekteki olayları tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Makine öğrenmesi teknikleri, veri madenciliği, istatistik, yapay sinir ağları ve doğal dil işleme gibi diğer disiplinlerle yakından ilişkilidir. Bu teknikler kullanılarak, önceden eğitilmiş verileri kullanan bir makine öğrenmesi modeli gelecekteki olayları tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Makine öğrenmesi teknolojisi, arama motorlarından öneri sistemlerine, görüntü ve nesne tanıma sistemlerinden otonom araçlara kadar birçok alanda uygulanmaktadır.

Makina öğrenme çeşitleri nelerdir?

a. Denetimli öğrenme (Supervised learning)

Denetimli öğrenme (Supervised learning), bir girdi ve veri çifti kullanılarak çalışan bir öğrenme yöntemidir. Bu yöntemde, bir veri seti belirli bir çıktıya sahiptir. Model, girdi verildiğinde çıktıyı tahmin etmeyi öğrenmektedir. Çıktıların otomatik olarak toplanması zor olabilir bu nedenle bir insan tarafından çıktıların toplanması gerekmektedir. (Goodfellow vd.,2015,103)

Denetimli öğrenme, veri setindeki tüm öğelerin ilişkili etiketlere sahip olduğu bir öğrenme yöntemidir. Giriş verileri ve etiketler, eğitim sürecinin önemli bileşenleridir. Denetimli öğrenme performansını artırmak için genellikle büyük miktarda etiketli veriye ihtiyaç vardır. Ancak, etiketleme süreci zaman alıcı ve insan gücü gerektiren bir işlemdir. Genel olarak, etiketleme maliyeti veri setinin büyüklüğüyle doğrusal olarak artmakta ancak model performansındaki iyileşme veri setinin boyutuyla alt lineer bir ilişkiye sahiptir. (Kaplan, vd., 2020)

Bu nedenle, etiketleme maliyetini azaltmak için çeşitli yöntemler önerilmektedir. Transfer öğrenme, yarı denetimli öğrenme ve kendinden denetimli öğrenme gibi teknikler, etiketlenmemiş verilerin kullanımıyla etiketleme maliyetini düşürmeyi hedeflemektedir. Bu yöntemler, var olan etiketli verileri daha verimli kullanarak model performansını artırabilir veya sınıflandırma görevinde etiketlenmemiş verilerin kullanılmasını sağlayarak etiketleme maliyetini azaltıp bu şekilde, daha az etiketli veri kullanılarak da iyi performans elde edilmektedir. (V. R. de Sa,1994)

Örneğin, bir ürünün satış fiyatını tahmin etmek için ürünün özellikleri (girdi) ve satış fiyatları (çıktı) verilmektedir. Model, bu verileri kullanarak ürün özellikleri ve satış fiyatı arasındaki ilişkiyi anlar ve gelecekteki ürünlerin fiyatlarını tahmin etmektedir.

Denetimli öğrenme, sınıflandırma (classification) ve regresyon (regression) olmak üzere iki temel kategoriye ayrılır. Sınıflandırma, verilerin belirli bir sınıfa atanmasını içerir (örneğin, resimlerdeki nesnelerin tanınması). Regresyon ise bir çıktı değerinin (örneğin, bir ürünün satış fiyatı) tahmin edilmesini sağlamaktadır. (Goodfellow vd.,2015,98-99)

b. Denetimsiz öğrenme (Unsupervised learning)

Denetimsiz öğrenme (Unsupervised learning), etiketlenmemiş veri setlerinde kullanılan bir öğrenme yöntemidir. Bu yöntemde, veri setindeki yapılar ve ilişkiler otomatik olarak keşfedilmektedir. (Goodfellow vd.,2015,103)

Denetimsiz öğrenme, veriler arasındaki örüntüleri ve benzerlikleri belirlemek için kullanılmaktadır. Bu örüntüler, veri setindeki benzer veri noktaları arasındaki mesafelere dayanır. Yani, benzer veri noktaları birbirine daha yakın olacaktır. (Goodfellow vd.,2015,143)

Örneğin, bir müşteri veri setindeki benzer müşteri profillerini gruplamak için kullanılmaktadır. Bu, müşterilerin satın alma alışkanlıkları ve demografik özellikleri gibi faktörlere dayanarak yapılmaktadır. Bu yöntem, pazarlama stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Denetimsiz öğrenme büyük miktarda etiketlenmemiş veriyi analiz etmek için bir çözüm sunmaktadır. Bu yöntemler genellikle veri setlerindeki kalıpları keşfeder ve bilgi çıkarımı yapar. Bununla birlikte, birçok denetimsiz öğrenme yöntemi, kullanıcıların altta yatan karar verme süreçlerini anlamalarını zorlaştırmaktadır. Özellikle alan uzmanı olmayan kullanıcılar için, bu modeller siyah kutular gibi davranır. Yani, modelin nasıl kararlar verdiği ve sonuçları nasıl ürettiği hakkında açıklayıcı bir yol sunulmaz. Bu durum, modelin geliştirilmesine kullanıcının katılımını sınırlamaktadır ve modelin hata ayıklama sürecine kullanıcı girdisi entegrasyonunu kısıtlamaktadır. Ayrıca, kullanıcıların bu modellere olan güvenini azaltmaktadır. Bu siyah kutu davranışı, denetimsiz öğrenme modellerinin ortamlarında kullanılmasını engellemektedir. Kullanıcılar, modellerin nasıl çalıştığını anlamadıkları için güvenli bir şekilde kullanmak konusunda tereddüt ederler. Bu sorunu çözmek için, şeffaf makine öğrenimi teknikleri geliştirilmektedir. Bu teknikler, modellerin karar verme süreçlerini açıklayabilme yeteneği sağlar. Yani, kullanıcılara modelin hangi özelliklere dayandığını ve nasıl sonuçlar ürettiğini anlatır. Böylece kullanıcılar, modelin kararlarını sorgulamakta ve güvenli bir şekilde kullanılmaktadır. (Morichetta, vd. 2019) (Sokol,Flach, 2020)

Transparan makine öğrenimi yaklaşımları, denetimsiz öğrenme modellerinin kullanılabilirliğini ve kabul edilebilirliğini arttırmaktadır. Kullanıcıların modeli anlamalarını sağlar ve karar verme sürecine daha fazla katılımını teşvik eder. Bu da denetimsiz öğrenme modellerinin gerçek dünya uygulamalarında daha yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

Denetimsiz öğrenme yöntemleri arasında kümeleme (clustering), boyut azaltma (dimensionality reduction) ve anormal veri tespiti (anomaly detection) gibi yöntemler bulunmaktadır. (Goodfellow vd.,2015,100)

Bu yöntemler, veri analizi alanında kullanılır ve bilgi işlem, biyomedikal görüntüleme, doğal dil işleme, sosyal ağ analizi gibi birçok alanda uygulanmaktadır.

Takviyeli öğrenme (Reinforcement learning)

Takviyeli öğrenme (Reinforcement learning), bir ajanın belirli bir ortamda belirli bir hedefi gerçekleştirmek için öğrenmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde, ajan, ortamdan gelen sinyal ve ödüllerle birlikte belirli bir eylem kümesi içinden en iyi eylemi seçmektedir. (Goodfellow vd.,2015,143)

Takviyeli öğrenme, bir ajanın deneme-yanılma yöntemiyle öğrenmesini sağlamaktadır. Ajanın başlangıçta ne yapması gerektiği bilinmez, ancak her eylem sonrasında aldığı geri bildirimler sayesinde hedefe giden en iyi yolu öğrenmektedir. (Goodfellow vd.,2015,104)

Takviyeli öğrenme (Reinforcement Learning), karmaşık ortamlarda ajan davranışını modellemek için kullanılan önemli bir yapay zeka tekniğidir. (Liu, vd. 2021) Takviyeli öğrenme modelleri, bir ajanın belirli bir ortamda hedeflerini maksimize etmek için nasıl hareket etmesi gerektiğini öğrenmek için kullanılmaktadır. (Dimakopoulou, Roy,2018) Takviyeli öğrenme, ajanın çevresiyle etkileşim kurarak deneyim biriktirdiği bir süreçtir. Ajan, çevresel durumları gözlemleyerek ve belirli eylemler gerçekleştirerek bu deneyimleri elde etmektedir. Cui,Wang,2021) Ardından, bu deneyimleri kullanarak en iyi eylem seçimi için bir strateji geliştirir. Ajan, hedefine ulaşmak için çevreyle etkileşime girerken zamanla daha iyi bir şekilde öğrenmektedir. Ancak, takviyeli öğrenme modellerinin bilinen bir kısıtlaması, dinamik ve belirsiz koşullara uyum sağlamanın zorluğudur. Çünkü çevredeki değişiklikler ve belirsizlikler, operasyonel karmaşıklığı arttırmaktadır. Bu nedenle, takviyeli öğrenme tabanlı ajanların sürekli olarak yeni koşullara ve değişen çevre şartlarına uyum sağlama yeteneği önemlidir. Bu zorluğu aşmak için, takviyeli öğrenme modellerinde çeşitli geliştirmeler ve yöntemler uygulanmaktadır. Örneğin, hızlı ve etkili öğrenme için daha gelişmiş algoritmalar, deneyim

biriktirme ve yeniden kullanma teknikleri, daha iyi hedef belirleme stratejileri ve keşif-exploitation dengelemesi gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır. (Qu, vd., 2020), (Long, vd.,2018),

Ayrıca, takviyeli öğrenme modelleri genellikle simülasyon veya sanal ortamlarda eğitilmekte ve daha sonra gerçek dünya uygulamalarına uygulanmaktadır. Bu, gerçek ortamların riskli ve maliyetli olabileceği durumlarda ajanın deneyim kazanmasını sağlamaktadır. (Cao, vd.2019)

Sonuç olarak, takviyeli öğrenme, karmaşık ve belirsiz koşullarda ajanların karar verme yeteneklerini geliştirmek için güçlü bir araçtır. Ancak, dinamik koşullara uyum sağlama zorluğu, ileri araştırma ve geliştirmelerin devamını gerektiren bir konudur. (Heuillet, vd. 2022)

Örneğin, bir robotun bir ortamda hareket etmesi gerektiği durumda takviyeli öğrenme kullanılmaktadır. Robot, ortamdan gelen verileri (örneğin, sensör verileri) ve hedefe ne kadar yaklaştığını belirleyen ödüllerle birlikte en iyi hareketleri seçmektedir. Bu yöntem, otomatik araç sürüşü, robotik, oyunlar gibi birçok alanda uygulanmaktadır.

Takviyeli öğrenme, denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenme yöntemlerinden farklıdır. Denetimli öğrenmede doğru cevaplar verilirken, denetimsiz öğrenmede doğru cevaplar verilmez. Takviyeli öğrenmede ise öğrenme, ortamdan gelen geri bildirimlerle gerçekleşir.

c. Yarı Denetimli öğrenme (Semi-Supervised learning)

Yarı Denetimli öğrenme (Semi-Supervised learning), hem etiketli hem de etiketlenmemiş veri setlerinin birlikte kullanıldığı bir öğrenme yöntemidir. Bu yöntemde, sınıflandırma veya regresyon gibi bir görev için başlangıçta sadece bir kısmı etiketli verilerle çalışılır. Daha sonra, etiketlenmemiş veriler kullanılarak model daha da geliştirilir. Yani, etiketli veriler modelin başlangıç noktasını oluştururken, etiketlenmemiş veriler modelin genelleme yeteneğini artırır. (Goodfellow vd.,2015,104)

Örneğin, bir müşteri veri setinde, bazı müşterilerin satın alma geçmişi hakkında bilgiye sahipken, diğer müşteriler hakkında bilgi bulunmayabilir. Yarı Denetimli öğrenme, etiketli verileri kullanarak müşterileri belirli kategorilere ayırmayı hedeflerken, etiketlenmemiş verileri kullanarak daha spesifik gruplamalar yapabilmektedir.

Bu yöntem, etiketli verilerin sınırlı olduğu durumlarda kullanışlıdır ve insanların manuel olarak etiketleme yapması gereken durumlarda da kullanılmaktadır. Örneğin, tıbbi görüntülerin sınıflandırılması için yarı denetimli öğrenme uygulanmaktadır.

DLP ve Makine Öğreniminin birlikte kullanılması

DLP ve ML'nin birlikte kullanımı, hassas verilerin kaybını önlemek için etkili bir araçtır. DLP, verilerin nasıl kullanılabileceği konusunda geniş bir perspektif sunar ve hassas verilerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. ML ise bu verileri analiz ederek veri ihlallerini izlemek ve anormal davranışları tespit etmek için kullanılmaktadır.

Örneğin, bir şirket, çalışanların kişisel verilerini korumak için DLP teknolojisini kullanabilir. ML algoritmaları, verileri analiz ederek hesapları hacklemeye çalışan dolandırıcıları veya sahtekarları tespit etmek için kullanılabilir. Bu şekilde, DLP ve ML'nin birlikte kullanımı, veri kaybını önlemeye yardımcı olurken, çalışan bilgilerinin güvenliğini sağlamaktadır.

DLP ile denetimli öğrenme metodu incelendiğinde, etiketlenmiş verilerin takibinin kontrol edilmesinin daha kolaylaştığı ve False Positive alarmların azaldığı görülmüştür. Bu yöntemde, veri girişi yapıldığında makine çıktıyı tahmin edebilmekte ve gizli veri içeren belgeleri etiketlemektedir.

DLP ile denetimsiz öğrenme metodu ise etiketlenmiş verilerin kullanıldığı bir çalışma mantığına sahiptir. Ancak, bu yöntemde yeni oluşturulan verilerin gözden kaçırma riski olduğundan DLP ile çalışmaya uygun değildir. Mevcut bir DLP sisteme entegre edilebilir ve önceden oluşturulmuş veri sınıflandırmalarına benzer verileri sınıflandırabilirmektedir.

DLP ile takviyeli öğrenme metodu ise ortamdaki verileri bir ajan yardımıyla öğrenmeyi sağlar. Ancak, hassas verilerin sınıflandırılmasında sorunlar yaşanabileceği ve veri sızmasına neden olabileceği için dikkatli kullanılması gereken bir yöntemdir.

DLP ile yarı denetimli öğrenme metodu ise etiketli verilere dayanarak etiketlenmemiş verilerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Bu yöntem, denetimli öğrenme metoduyla benzerlik göstermektedir ve DLP ile birlikte kullanıldığında sorun yaşanmamaktadır.

Çalışma bulguları, denetimli öğrenme metoduyla DLP'nin en etkili yaklaşım olduğunu göstermektedir. Yarı denetimli ve takviyeli öğrenme metodlarının ise sınırlı sayıda etiketli veri olduğunda faydalı olabileceği görülmektedir. Denetimsiz öğrenme metotunun ise uygun bir şekilde çalışmadığı belirlenmiştir.

DLP metotlarının Makine Öğrenim metotları ile uyumu

a. DLP ve denetimli öğrenme

DLP için supervised learning kullanılarak yapılan bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

E-posta İçeriği Analizi: Bir kurumun DLP sistemi için e-posta içeriğini analiz etmek üzere denetimli öğrenme kullanılabilir. Önceden etiketlenmiş e-postaları kullanarak, model e-postaları otomatik olarak sınıflandırmayı ve hassas veri içeren e-postaları tespit etmeyi öğrenmektedir. Böylece, hassas verilerin e-posta yoluyla sızmasını önlemek için bir filtreleme mekanizması oluşturulabilmektedir.

Dosya İçeriği Kontrolü: Kurum içindeki belirli dosyalarda hassas verilerin bulunup bulunmadığını tespit etmek için denetimli öğrenme kullanılabilir. Önceden etiketlenmiş dosyaları kullanarak bir model eğitilerek, dosyalardaki metin veya içerikte hassas veri olup olmadığı tahmin edebilmektedir. Bu sayede, kuruluşun ağından geçen dosyaları otomatik olarak tarayarak hassas verilerin sızmasını engellemek mümkün olmaktadır.

Veri Aktarımı İzleme: Denetimli öğrenme kullanarak, veri transferi sırasında veri paketlerini izleyerek ve analiz ederek DLP sistemi geliştirilebilir. Önceden etiketlenmiş veri paketlerini kullanarak bir model eğitilerek, paketlerin içeriği ve yapısı analiz edilmektedir. Bu şekilde, hassas verilerin izinsiz bir şekilde ağdan çıkış yapmasını tespit etmek ve önleyici önlemler almak mümkün hale gelmektedir.

Web İçeriği Filtreleme: Denetimli öğrenme yöntemlerini kullanarak, web sayfalarının içeriğini analiz ederek DLP sistemi geliştirilebilir. Etiketlenmiş web sayfalarını kullanarak bir model oluşturulur ve bu modeli kullanarak web içeriğinde hassas verilerin bulunup bulunmadığı tespit edilmektedir. Böylece, bu tür sayfalar engellenmektedir.

b. DLP ve denetimsiz öğrenme

DLP için denetimsiz öğrenme kullanılarak gerçekleştirilen bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

Anomali Tespiti: Denetimsi öğrenme algoritmaları, normal veri kalıplarını öğrenerek anormal davranışları tespit etmek için kullanılmaktadır. DLP amacıyla, verilerdeki anormallikleri belirlemek için denetimsiz öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Örneğin, bir şirkette çalışanların veri kullanım alışkanlıklarını izleyen ve beklenmeyen veri hareketlerini tespit eden bir sistem oluşturulmaktadır. (Goodfellow vd.,2015,100)

Veri Sınıflandırması: DLP, hassas verilerin doğru şekilde sınıflandırılmasını gerektirir. Denetimsiz öğrenme, veri kümesini otomatik olarak sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, bir şirketin DLP politikalarını uygulamak için e-posta içeriklerini analiz eden bir sistem, denetimsiz öğrenme algoritmalarını kullanarak e-postaları otomatik olarak hassas veya gizli veri içeren ve içermeyen kategorilere ayrımaktadır. (Goodfellow vd.,2015,98)

Veri İlişkileri ve Bağlantıları: DLP'nin temel amacı, hassas verilerin izinsiz erişime karşı korunmasıdır. Denetimsiz öğrenme algoritmaları, veri setlerindeki gizli ilişkileri ve bağlantıları ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, bir şirketin müşteri verilerini korumak için denetimsiz öğrenme algoritmaları kullanarak, müşteri bilgilerinin başka veri kaynaklarıyla nasıl ilişkilendirildiğini ve potansiyel güvenlik riskleri belirlenmektedir.

Veri İzleme: DLP politikalarının etkinliğini değerlendirmek için veri izleme gereklidir. Denetimsiz öğrenme algoritmaları, büyük miktarda veriyi analiz ederek potansiyel veri kaybı veya ihlal durumlarını tespit etmektedir. Örneğin, bir şirketin ağ trafiğini izlemek için denetimsiz öğrenme algoritmaları kullanılarak, şüpheli veri akışları veya anormal aktiviteler belirlemektedir.

c. DLP ve takviyeli öğrenme

DLP için takviyeli öğrenme kullanarak yapılan bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

E-posta Filtreleme: Bir şirket, çalışanların e-postalarını kontrol etmek ve potansiyel olarak hassas veriler içeren mesajları tespit etmek için bir DLP sistemi kullanabilir. Takviyeli öğrenme, e-postaları otomatik olarak analiz etmekte ve potansiyel olarak tehlikeli mesajları tespit etmek için bir ödül sistemiyle optimize edilmiş bir model oluşturmaktadır.

Veri İçeren Dosyaların Algılanması: Bir DLP sistemi, ağ trafiğini veya depolama sistemini izleyerek hassas veriler içeren dosyaları tespit edebilir. Takviyeli öğrenme, dosyaların içeriğini analiz ederek potansiyel olarak hassas veriler içeren dosyaları tespit etmek için bir model eğitmektedir.

Veri Erişim İzinleri: Takviyeli öğrenme, bir şirketin ağı veya veri tabanında yetkisiz erişim girişimlerini tespit etmek için kullanılmaktadır. Bir DLP sistemi, kullanıcıların hassas verilere yetkisiz erişim denemesini tespit edilmekte ve bu tür girişimleri engellemek için uygun önlemleri almaktadır.

Veri İhlali Tespit ve Önleme: Takviyeli öğrenme, bir şirketin ağındaki anormal etkinlikleri izleyerek potansiyel veri ihlallerini tespit etmektedir. Model, normal etkinlik desenlerini öğrenerek anormal davranışları tespit etmek için bir ödül sistemiyle optimize olmaktadır.

d. DLP ve yarı denetimli öğrenme

DLP için yarı denetimli öğrenme kullanarak yapılan bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

E-posta Spam Filtresi: Yarı denetimli öğrenme kullanarak, etiketli veri kümesinde yer alan spam ve spam olmayan e-postaların yanı sıra etiketsiz veri kümesindeki e-postaları da kullanarak bir e-posta spam filtresi geliştirilmektedir. Etiketli veriler, kullanıcılar tarafından

spam veya spam olmayan olarak işaretlenmiş e-postaları içerirken, etiketsiz veriler, bu etiketlere sahip olmayan yeni e-postaları içermektedir. Yarı denetimli öğrenme algoritması, etiketsiz verileri kullanarak spam e-postalarını tespit etmek için mevcut etiketli verilere dayalı bir model geliştirmektedir.

Veri Sızma Tespiti: Yarı denetimli öğrenme kullanarak, etiketli veri kümesinde yer alan ve hassas verileri içeren kaynaklar tanımlanmakta ve etiketsiz veri kümesindeki kaynakları sızma belirtileri açısından analiz edilmektedir. Bu şekilde, yarı denetimli öğrenme algoritması, etiketli verilerden elde edilen bilgilere dayanarak potansiyel sızma vakalarını tespit etmekte ve önleyici önlemler almanıza yardımcı olmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma, kullanıcıların veri işleme standartlarını veya alışkanlıklarını makine öğrenimi ile birleştirerek, bu etiketlerin ve verilerin DLP kurallarında kullanılmasını hedeflemektedir. Manuel olarak gerçekleştirilen sınıflandırma süreci, makine öğrenimi ile otomatik hale getirilerek daha iyi kontrol imkanı sunmaktadır. Makine öğrenimi ve DLP'nin birlikte kullanılması, veri sınıflandırmasının hatasız bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamakta ve yanlış pozitif alarm sayısının azalmasına neden olmaktadır. Dosyaların yapısı ve içeriği, ilgili kuralların doğruluğuna ve güvenilirliğine uygun bir şekilde kullanıcı alışkanlıklarına uygun olarak belirlenmektedir. Kullanıcılar, dosya içeriğinde en sık kullanılan verileri raporlayabilen ve şirket riski olarak kabul edilen verileri belirleyebilen özel algoritmalar aracılığıyla izlenmektedir. Şirket, veri koruma politikalarını daha verimli ve kullanıcı dostu hale getirerek veri kaybı riskini azaltmakta ve mevzuata tabi kişisel verileri kontrol edebilmektedir.

KAYNAKÇA

Trellix. (2023). Data Loss Prevention Datasheet.

IBM (2022) , Cost of a Data Breach Report.

Ian Goodfellow, Aaron Courville, Yoshua Bengio (2015). Deep Learning.

Mogull, R.,(2010) Understanding and Selecting a Data Loss Prevention Solutions.

S. Liu and R. Kuhn, (2010) "Data Loss Prevention," in IT Professional.

Tahboub, R., & Saleh, Y. (2014). Data leakage/loss prevention systems (DLP). Paper presented at the Computer Applications and Information Systems (WCCAIS), 2014 World Congress on.

Al-Sanabani, H. (2016). Eklentiler Kullanarak Veri Kaybını Engelleme. (Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi, YÖK Ulusal Tez Merkezi.

Securosis, L. (2010). Understanding and Selecting a Data Loss Prevention Solution. Securosis, LLC

Shabtai, A., Elovici, Y., & Rokach, L. (2012). A Survey of Data Leakage Detection and Prevention Solutions. In P. N. Stan Zdonik, Shashi Shekhar (Series Ed.)

V. R. de Sa, ‘‘Learning classification with unlabeled data,’’ in Proc.Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol. 6. San Mateo, CA, USA:Morgan Kaufmann, 1994, pp. 112–119.

J.Kaplan, S. McCandlish, T. Henighan, T. B. Brown, B. Chess, R. Child,S. Gray, A. Radford, J. Wu, and D. Amodei, ‘‘Scaling laws for neurallanguage models,’’ 2020

Morichetta, P. Casas, and M. Mellia, ‘‘Explain-it,’’ in Proc. 3rd ACM CoNEXT Workshop Big DAta, Mach. Learn. Artif. Intell. Data Commun. Netw. (Big-DAMA), 2019

K. Sokol and P. Flach, ‘‘Explainability fact sheets: A framework for systematic assessment of explainable approaches,’’ in Proc. Conf. Fairness, Accountability, Transparency, Jan. 2020, pp. 56–67

J. Liu, U. Jain, R. A. Yeh, and A. Schwing, ‘‘Cooperative exploration for multi-agent deep reinforcement learning,’’ in Proc. 38th Int. Conf. Mach. Learn. (Proceedings of Machine Learning Research), vol. 139, M. Meila and T. Zhang, Eds. PMLR, Jul. 2021, pp. 6826–6836. 836

M. Dimakopoulou and B. Van Roy, ‘‘Coordinated exploration in concurrent reinforcement learning,’’ in Proc. 35th Int. Conf. Mach. Learn. (Proceedings of Machine Learning Research), vol. 80, J. Dy and A. Krause, Eds. Jul. 2018, pp. 1271–1279

Z. Cui and Y. Wang, ‘‘UAV path planning based on multi-layer reinforce842 ment learning technique,’’ IEEE Access, vol. 9, pp. 59486–59497, 2021.

C. Qu, W. Gai, M. Zhong, and J. Zhang, ‘‘A novel reinforcement learning based grey wolf optimizer algorithm for unmanned aerial vehicles (UAVs) path planning,’’ Appl. Soft Comput., vol. 89, Apr. 2020,

P. Long, T. Fanl, X. Liao, W. Liu, H. Zhang, and J. Pan, ‘‘Towards optimally decentralized multi-robot collision avoidance via deep reinforce850 ment learning,’’ in Proc. IEEE Int. Conf. Robot. Autom. (ICRA), May 2018,pp. 6252–6259.

Z. Cao, Q. Xiao, and M. Zhou, ‘‘Distributed fusion-based policy search for fast robot locomotion learning,’’ IEEE Comput. Intell. Mag. , vol. 14, no. 3, pp. 19–28, Aug. 2019.

A. Heuillet, F. Couthouis, and N. Diaz-Rodriguez, ‘‘Collective explainable AI: Explaining cooperative strategies and agent contribution in multiagent reinforcement learning with Shapley values,’’ IEEE Comput. Intell. Mag.,vol. 17, no. 1, pp. 59–71, Feb. 2022.

S. Ju, G. Zhou, M. Abdelshiheed, T. Barnes, and M. Chi, ‘‘Evaluating critical reinforcement learning framework in the field,’’ in Artificial Intelligence in Education, I. Roll, D. McNamara, S. Sosnovsky, R. Luckin, and V. Dimitrova, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2021, pp. 215–227.

B. Mirchevska, C. Pek, M. Werling, M. Althoff, and J. Boedecker, ‘‘High864 level decision making for safe and reasonable autonomous lane changing using reinforcement learning,’’ in Proc. 21st Int. Conf. Intell. Transp. Syst. (ITSC), Nov. 2018, pp. 2156–2162.

M. Riedmiller, A. Merke, D. Meier, A. Hoffmann, A. Sinner, O. Thate, and R. Ehrmann, ‘‘Karlsruhe brainstormers—A reinforcement learning approach to robotic soccer,’’ in RoboCup 2000: Robot Soccer World Cup IV, P. Stone, T. Balch, and G. Kraetzschmar, Eds. Berlin, Germany: Springer, 2001, pp. 367–372

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Real and Original Environment-based Machine Learning Modeling: A Study on DDoS Behavior Detection

Kadir İlker BUDAK [1]
Ayşe Nurdan SARAN [2]

Abstract

With the developing technology, many services are offered online. Online services have many advantages. These advantages can be generalized as ubiquitous access to services, reduced processing time, and elimination of physical intensity.Attackers aim to disrupt services with DDOS (Distributed Denial of Service) attacks. First, they set up a zombie network consisting of millions of devices, which they seized by different methods. Then, requests are made to the victim system by zombie devices and system resources are consumed. Thus, the systems become unusable. In the article, a study has been conducted to detect and prevent these attacks. In the study, 2 different data sets are used and the packages are examined using artificial intelligence. Harmful packages in all traffic has been tried to be detected. Similar studies has been examined and improvements have been made at important points.

Keywords/: Denial of Service Attack, Botnet, DDOS Attack Detection, Zombie Computer

[1] Bilgisayar Müh., Çankaya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği
[2] Dr. Öğr. Üyesi., Çankaya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği:

Introduction

With the developing technology, many services are offered online. These advantages can be generalized as ubiquitous access to services, reduced processing time, and elimination of physical intensity. One of the methods frequently used by attackers to interrupt these services is DOS (Denial of Service) attacks. In DOS attacks, the attacker aims to render the systems unusable by sending excessive requests and traffic to the systems. Such attacks are mostly made from a single source. In order to circumvent the security measures taken against these attacks, it is necessary to present the attack as if it is sending requests from different sources. These attacks are called DDOS (Distributed Denial of Service) attacks. In order to ensure that the attacks come from different sources, a botnet network called Zombie should be established. This way, commands are sent to other devices in the botnet network through a computer called the administrator, allowing millions of devices to send valid requests to a single resource. The way to stop the attack is to detect this attack, which is hidden in legal traffic, from different sources.

Gaurav provides information on the definition and types of DDoS attacks, followed by examining the effects and damages caused by such attacks. Subsequently, various methods and approaches used for detecting DDoS attacks are discussed. The advantages, disadvantages, and application areas of each approach are thoroughly examined in the article using an academic perspective. (Gaurav, 2022)

In 2012, Alomari et al. focused on the risk of DDoS attacks in services and services running on servers. Different attack models and botnet-based DDoS attacks are discussed in the article. They classified botnets according to DDoS attacks. (Alomari, Manickam, Gupta, Karuppayah, & Alfaris, 2022)

Two different approaches have emerged for botnet detection. Botnet detection systems such as signature-based, threshold-based, and ranking-based, which are traditional methods, and new generation, behavior-based botnet detection systems based on artificial intelligence.

Traditional methods approaches adopt the understanding of detecting and blocking an attack through known traffic.

The signature-based detection system is a traditional method that is used for known pests. These attacks are designed to detect known attacks using signatures and effectively detect known attack types without generating false alarms. Buczak et al. stated that the database had to be manually updated with rules and signatures and could not detect new (zero-day) attacks (Buczak & Guven, 2015)

Another important botnet detection system is the behavior-based system. As a result of the analysis made with artificial intelligence, it is determined whether the traffic is harmful or not.

The proposed system is designed to detect DDoS attacks using machine learning algorithms. The system processes network traffic data using feature extraction methods and is trained with machine learning algorithms. Subsequently, simulations are conducted in different scenarios to test the system's performance. The simulations conducted with the proposed system demonstrate higher accuracy rates than other methods. Furthermore, the system is specifically designed to be used in cloud environments, considering scalability and ease of use (He, Zhang, & Lee, 2017)

Attackers make attacks with different characteristics from different sources each time. More dynamic Machine Learning method, threats can be detected much faster and easier than the traditional method. (Priya, 2020)

Method

In the thesis, a study has been carried out for DDOS detection by using datasets with known harmful and harmless traffic and artificial intelligence models.

2.1 Dataset

Two different datasets have been used in the study.

The first dataset is the CTU-13 dataset prepared by CTU University and used in similar studies. This dataset contains network packets from 13 known DDOS attacks.

The other dataset is the dataset created in the virtual environment. Harmful and harmless traffic is generated by the devices created in the virtual environment, and the captured traffic is recorded.

2.1.1 Virtual Dataset Scenerios.

There are more than 120 features in the dataset created with the "Argus" capture tool. The effects of suitable features on the results have been examined in 6 different scenarios:

Table 1: *Features of Scenario*

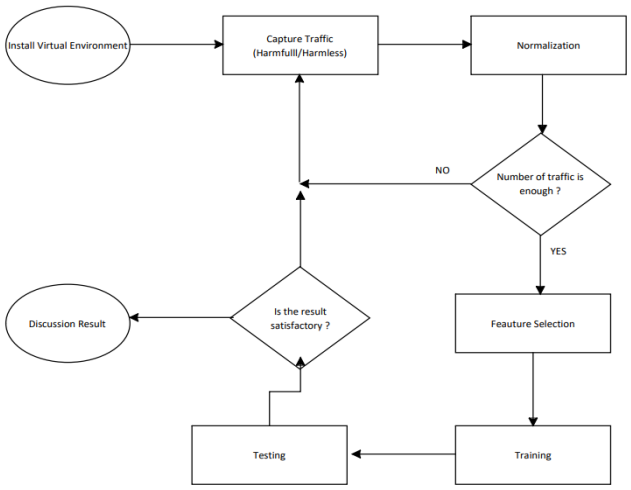
Scenario	Features
1	SrcAddr, DstAddr, Proto, Sport2, Dport2, SrcBytes, Label
2	SrcAddr, DstAddr, Proto, Sport2, Dport2, SrcBytes, sMeanPktSz, dMeanPktSz, Label
3	SrcAddr, DstAddr, Proto, Sport2, Dport2, SrcBytes, Load, Dir, State, Label
4	Proto, Sport2, Dport2, Cause, Dir, State, Label
5	Proto, Sport2, Dport2, SrcBytes, sMeanPktSz, dMeanPktSz, Label
6	Total of 17 features

2.3 Normalization

The created datasets may not be in a suitable format for ML models. The normalization process has been performed in order to convert the datasets to the form to be used in ML models.

2.4 Applied Method

The workflow of the study is shown in the image below.



- First, the virtual environment is set up.
- Harmful and harmless traffic between devices is captured and a dataset is created.
- Normalization operations are applied to the created dataset.
- In the dataset, feature selection is made.
- Then artificial intelligence algorithms are passed through training and testing steps.
- Necessary improvements are made to the result

Results

Table 2: *Results For CTU-13 Datasets*

Dataset	Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
CTU13-2	Random Forest	0.9989	0.9978	0.9977	0.9977	0.9978
CTU13-2	K-NN	0.9862	0.9967	0.9967	0.9967	0.9967
CTU13-2	Decision Tree	0.9700	0.9971	0.9971	0.9971	0.9971
CTU13-2	Naive Bayes	0.9889	0.9566	0.9673	0.9858	0.9566
CTU13-2	Support Vector	0.9870	0.9780	0.9710	0.9680	0.9780
CTU13-6	Random Forest	0.9986	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
CTU13-6	K-NN	0.9985	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993
CTU13-6	Decision Tree	0.9964	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
CTU13-6	Naive Bayes	0.9955	0.9940	0.9942	0.9948	0.9940
CTU13-6	Support Vector	0.9990	0.9980	0.9991	1.0000	1.0000
CTU13-9	Random Forest	0.9983	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975
CTU13-9	K-NN	0.9836	0.9962	0.9962	0.9962	0.9962
CTU13-9	Decision Tree	0.9636	0.9968	0.9968	0.9968	0.9968
CTU13-9	Naive Bayes	0.9584	0.9752	0.9745	0.9739	0.9752
CTU13-9	Support Vector	0.0710	0.9870	0.9860	0.9850	0.9870
CTU13-10	Random Forest	0.9996	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
CTU13-10	K-NN	0.9962	0.9985	0.9986	0.9986	0.9985
CTU13-10	Decision Tree	0.9992	0.9997	0.9997	0.9998	0.9997
CTU13-10	Naive Bayes	0.9845	0.9975	0.9975	0.9975	0.9975
CTU13-10	Support Vector	0.9440	0.9820	0.9790	0.9780	0.9820
CTU13-12	Random Forest	0.9996	0.9969	0.9969	0.9969	0.9969
CTU13-12	K-NN	0.9648	0.9893	0.9888	0.9885	0.9893
CTU13-12	Decision Tree	0.9661	0.9966	0.9965	0.9965	0.9966
CTU13-12	Naive Bayes	0.8429	0.9672	0.9663	0.9655	0.9672
CTU13-12	Support Vector	0.1290	0.9820	0.9770	0.9770	0.9820

Table 3: *Multiple Regression Result For CTU-13 Datasets*

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
Random Forest	0.9988	0.9922	0.9921	0.9920	0.9922
K-NN	0.9844	0.9820	0.9820	0.9819	0.9820
Decision Tree	0.9851	0.9924	0.9924	0.9924	0.9924
Naive Bayes	0.9643	0.8968	0.9079	0.9303	0.8968
Support Vector	0.5670	0.9020	0.8720	0.8470	0.9020

Table 4 *: Regressions For Virtual Datasets Scenarios*

	AUC (average)
Scenario - 1	0.96548
Scenario - 2	0.96370
Scenario - 3	0.98988
Scenario - 4	0.99142
Scenario - 5	0.96371
Scenario - 6	0.99821

Table 5: *Comparison for CTU Dataset*

Other Studies	Random Forest	K-NN	Decision Tree	Naive Bayes	Support Vector
Botnet Attack Detection using Machine Learning (Alshamkhany, ve diğerleri, 2020)		91	99.91	97.10	100
Analyzing Machine Learning-based Feature Selection for Botnet Detection (Safitri, Ahmad, & Hostiadi, 2022)	96.9	99.56	99.18	99.5	89.68
Botnet Detection Approach Using Graph-BasedMachine Learning (Alharbi & Alsubhi, 2021)		99	99	95	
Deep learning-based classification model for botnet attack detection (Abdulghani Ali Ahmed, 2022)			95.2	98.5	99.5
An adaptive multi-layer botnet detection technique using machine learning classifiers (Khan, ve diğerleri, 2019)		93.9		75	
Multilayer Framework for Botnet Detection Using Machine Learning Algorithms (Ibrahim, Anuar, & Selama, 2021)		92.2			85.95
Studies Results	99.84	99.60	99.80	97.81	98.54

Discussion and Results

3.1 CTU-13 Dataset Results

In CTU-13 Dataset, selected 5 different datasets were processed on the models with the same parameters.

When the results are examined in Table 2, it is seen that the Random Forest algorithm is the most successful, and Naive Bayes is the most unsuccessful algorithm. The factor that positively affects the Random Forest algorithm result is that there is sufficient data for the subtrees and most of the results obtained from the trees are correct. It can be said that this is the biggest factor in Random Forest's success.

K-NN and Decision Tree algorithms also showed successful results. These algorithms also show that they can be used for the prediction of botnet behavior.

Naive Bayes has been giving very bad results before parameter tuning. Although there has been a serious improvement after parameter tuning, it took the last place among the models. The feature of the Naive Bayes algorithm is that it creates a pattern among the data and compares this pattern with the test data. It can be said that the estimation result is bad because it could not correctly establish the pattern between the pattern and the test data.

Table 3 shows the results of the data with a total of 6 features in terms of accuracy. Decision Tree gave the most accurate results among 5 malicious and 1 harmless traffic.

The success of the Decision Tree is that it can make more accurate predictions with a tree structure in multi-output problems.

In this scenario, the most unsuccessful algorithm is the Naive Bayes algorithm.

3.2 Local Dataset Results

The purpose of modeling with different features is to see how the features affect the result. The features of the scenarios are stated above.

Scenario 6 where 17 features can be used has been tested. The best prediction result has been achieved in this scenario. The use of all features has increased the success of the models in decision-making. However, it has also negatively affected the use of resources.

Scenario 2 and scenario 5 were also set as good examples to examine the IP address. Their difference has been whether the IP address has been used or not. Similar results were obtained in both scenarios. Although the IP address is the most important property for network packets, it has been seen that the IP address is not an important factor in machine learning algorithms.

For scenario 3, properties showing the status of the network packet are taken into account. Although better results were obtained than the reference scenario, it has been not among the best.

3.3 Other Studies Results

Similar scenarios studies in the literature were examined. The common points of the studies are that they have been studied with the CTU-13 dataset and the CA (Classification Accuracy) value is used for the evaluation results.

Compared to results;

First of all, as a summary of our work, we can say that Random Forest, K-NN, and Decision Tree algorithms are successful.

Similar results are seen among studies, except for Ali Ahmed et al. (Abdulghani Ali Ahmed, 2022)

The Random Forest algorithm, which emerged as the most successful algorithm, has not been studied by most researchers. The reason is estimated to be the advanced version of the Decision Tree algorithm. However, according to our experiments, it gave better results than the Decision Tree algorithm.

There are differences between studies when the least unsuccessful algorithms are considered.

Conclusion

This study, it is aimed to detect DDOS attacks, which are one of the biggest dangers of IT infrastructure. This approach aims to examine packets at the network level and to classify them correctly with artificial intelligence. The main motivation of the study is algorithms, feature selection, and parameter selection.

In the study, the CTU-13 dataset and the dataset created in the local environment were used. With the globally accepted CTU-13 data set, the level of the study has been increased and it has been possible to compare it with other studies. Studies were completed on 5 different groups within the data set.

In the locally created dataset, 17 features that can be used for the study were selected and the effects of different variations and features on the result were discussed.

Parameter selection is an important issue for ML algorithms. In order to increase the accuracy of the result, it is necessary to determine the best parameter set. For this purpose, parameter tuning has been made at the beginning of the study and continued with the determined parameter set.

In the second part, a study has been conducted on 5 different malicious traffic groups selected in the CTU-13 dataset. Data cleaning (missing or noisy data, outlier value regulation, etc), data transformation (attribute selection, min-max normalization, etc), and data balancing (undersampling data, the balanced weight, etc) processes are applied to each dataset.

Then, the data sets were processed with 5 algorithms and the results were examined. It ranked at the top of the Random Forest algorithm with a rate of 99.84%. In second place is the Decision Tree algorithm with a rate of 99.80%. Similarly, multiple regression has been applied to a data set with all malicious data. The aim here is to make the most appropriate estimation according to the type of malicious traffic. As a result of multiple regression, Decision tree, and random forest algorithms gave the best results. These two algorithms are a continuation of each other. The source of success is the decision tree algorithm. A decision tree splits large amounts of data and establishes simple decision mechanisms. They have also been successful in detecting malicious traffic. The random forest consists of a combination of many decision trees. The algorithm with the worst results in the study is the Naive Bayes algorithm. Naive Bayes calculates a probability for each element. When calculating probability, each feature is considered independent of each other. It is thought that it gives the worst result because the relations between the variables cannot be modeled.

In the third chapter, using the features taken from the local dataset, experiments were made with different features in 6 different scenarios. It has been tried to examine how the properties used affect the result.

It has been determined that the features given in the CTU-13 dataset are limited and the accuracy rate of the estimation made with these limited features is low.

Working with 17 features determined as available gave the best results, but considering the number of instances in the dataset and the processing power required for calculations, it is estimated that it will require a serious resource.

Another important result is that the scenario where the IP address, which is the most important feature of the network packets, is not used gives better results. It can be concluded that using the IP address does not make a positive contribution.

REFERENCES

Abdulghani Ali Ahmed, W. A. (2022). Deep Learning-based Classification Model For Botnet Attack Detection.

Alharbi, A., & Alsubhi, K. (2021). Botnet Detection Approach Using Graph-Based Machine Learning.

Alomari, E., Manickam, S., Gupta, B. B., Karuppayah, S., & Alfaris, R. (2022). Botnet-Based Distributed Denial of Service (DDoS) Attacks on Web Servers: Classification and Art.

Alshamkhany, M., Alshamkhany, W., Mansour, M., Khan, M., Dhou, S., & Aloul, F. (2020). Botnet Attack Detection using Machine Learning.

Buczak, A. L., & Guven, E. (2015). A Survey of Data Mining and Machine Learning Methods for Cyber Security Intrusion Detection.

Gaurav, A. (2022). A Comprehensive Survey on DDoS Attacks on various Intelligent Systems and It's Defense Techniques.

He, Z., Zhang, T., & Lee, R. B. (2017). Machine Learning Based DDoS Attack Detection from Source Side in Cloud.

Ibrahim, W. N., Anuar, S., & Selama, A. (2021). Multilayer Framework for Botnet Detection Using Machine Learning Algorithms.

Khan, R., Zhang, X., Kumar, R., Sharif, A., Golilarz, N. A., & Alazab, M. (2019). An Adaptive Multi-Layer Botnet Detection Technique Using Machine Learning Classifiers.

Mark A. Hall, I. H. (2016). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.

Nandi, S., Phadikar, S., & Majumder, K. (2020). Detection of DDoS Attack and Classification Using a Hybrid Approach.

Priya, S. (2020). Machine Learning based DDOS Detection.

Safitri, W. A., Ahmad, T., & Hostiadi, D. P. (2022). Analyzing Machine Learning-based Feature Selection for Botnet Detection.

INTERNATIONAL CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Yazılım Hata Tahmini

Özge ŞEN KAYA[1]
Sinem BOZKURT KESER[2]

Özet

Gün geçtikte yaygınlaşan ve birçok sistemde kullanılan yazılımlar; kaliteli olması ve hata içermemesi açısından büyük önem taşımaktadır. Yazılımların kalitesi ve yazılımlarda hata bulunmaması hem yazılım geliştiricilerin hem de yazılımın sunulduğu son kullanıcıların değer verdiği konular arasında yer alır. Yazılımların kaliteli olması ve içerisinde hata barındırmaması için yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları, makine öğrenmesi algoritmaları ile yazılımdaki kusur tahminine odaklanmıştır. Bu çalışmada NASA PROMISE veri deposunda yer alan CM1, MC1, MC2, MW1, KC1, KC2, KC3, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 ve JM1 veri setleri kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları ile yazılımdaki kusurların tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada; J48, Rastgele Orman, LMT (Lojistik Ağaç Modeli), OneR, PART, Logitboost, Çok Katmanlı Algılayıcılar ve Basit Lojistik Regresyon algoritmaları kullanılmıştır. Veri kümelerinde yer alan sınıf eşitsizliğinden dolayı F-Ölçütü metriği ile performans değerlendirilmesi yapılmıştır. J48 algoritması ile CM1 veri setinde 0,85 değeri, MC2 veri setinde 0.70 değeri, PC5 veri setinde 0,73 değeri, JM1 veri setinde 0,74 ve KC1 veri setinde 0,73 F-Ölçütü değerleri elde edilmiştir. Rastgele Orman algoritması ile MC1 veri setinde 0,97 F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Basit Lojistik Regresyon ile KC3 veri setinde 0,80 değeri, PC2 veri setinde 0,96 değeri ve MW1 veri setinde 0,88 F-Ölçütü değeri kaydedilmiştir. PART algoritması ile PC4 veri setinde 0,88 ve PC3 veri setinde 0,85 F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Çok Katmanlı Algılayıcılar ile PC1 veri setinde de 0,91 oranında F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre en iyi performans MC1 veri setinde elde edilen 0,97 oranında F-Ölçütü değeridir.

Anahtar Kelimeler: Yazılım hata tahmini, sınıflandırma, makine öğrenmesi.

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-4713-7536
[2] Dr. Öğretim Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-8013-6922

Giriş

Günümüzde yaygın olarak kullanılan birçok makinenin, mobil uygulamaların ve e-ticaret sitelerinin temel yapıtaşını yazılımlar oluşturmaktadır. Yazılımlar, farklı görevleri yerine getirme amacı taşıyan birçok farklı alanda kullanılabilen makine komutlarıdır. Hayatımızın her alanında mevcut olan yazılımlar, insan hayatını kolaylaştıran yapılardır. İki ana başlık altında yazılımlar incelenmektedir. Bu başlıklar; bilgisayar yazılımları ve elektronik yazılımlar olarak ayrılmaktadır. Elektronik yazılımlar, elektronik bir cihaza bir işlemi yaptırmak için programlanan yazılımlardır. Bilgisayar yazılımları ise, programlar ve verilerin temelini oluşturduğu bilgisayar sistemleri tarafından kullanılan yazılımlardır.

Bilgisayar donanımları, düşük maliyet içeren hata oranları ile üretilebilirken günümüzdeki yazılımların maliyetleri ve hata oranları yüksek düzeylere ulaşmıştır (Ural et al., 2008). Bu maliyetlerden dolayı şirketler zarara uğrayabilmektedir. Yazılım hatalarının son kullanıcıya ulaşmadan önce çözülerek, kaliteli ve hatasız bir şekilde sunulması büyük önem teşkil etmektedir. Bir yazılımın kalitesi; yazılımın güvenirliği, işlevselliği, kullanılabilirliği, performans düzeyi, kullanışlılığı ve yeterliliği gibi bileşenlerden oluşmaktadır (Kurtel et al.,2011). Bu bileşenler dikkate alınarak yazılım kalitesini sağlayan yazılım testleri yapılmaktadır. Bu testler ile yazılımlardaki hatalar tespit edilebilmekte ve yazılımın kalitesi artırılabilmektedir.

Bu çalışmada, yazılım sistemlerinde yer alan hataların tespiti için makine öğrenmesi tabanlı bir model önerilmiştir. Bu modelin amacı, yazılımda yer alan hataların tespitini yaparak elde edilen performans sonuçlarının değerlendirilmesidir. Makine öğrenmesi yöntemleri birçok alanda kullanılan insan aracılığı olmadan büyük verilerin analizi gerçekleştirmeye yarayan yöntemlerdir. Yazılım hata tespitinde makine öğrenmesi yöntemleri birçok literatür çalışmasında kullanılmış popüler bir konudur. Yazılım hata tespiti için yapılan bu çalışmada NASA'nın PROMISE veri deposunda yer alan CM1, MC1, MC2, MW1, KC1, KC2, KC3, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 ve JM1 veri setleri kullanılmıştır. Bu veri setleri içerisinde yer alan hatalı kayıtların tespiti için makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılmıştır. WEKA içerisinde yer alan karar ağacı tabanlı algoritmalardan J48, Rastgele Orman, LMT (Lojistik Ağaç Modeli), OneR, PART ile; topluluk öğrenme algoritmalarından Logitboost ve Çok Katmanlı Algılayıcılar (*Multilayer Perceptron*) ve Basit Lojitstik Regresyon algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmalar ile yapılan analizlerde veri setinin sınıf eşitsizliği nedeniyle daha doğru sonuçlar elde edebilmek için F-Ölçütü performans metriği kullanılmıştır. Deney sonuçları kapsamında her bir veri setinde uygulanan makine öğrenmesi algoritmaları ile değerler elde edilmiş ve analizleri yapılmıştır. J48 algoritması ile CM1 veri setinde 0,85 değeri, MC2 veri setinde 0.70 değeri, PC5 veri setinde 0,73 değeri, JM1 veri setinde 0,74 ve KC1 veri setinde 0,73 F-Ölçütü değerleri elde edilmiştir. Rastgele Orman algoritması ile MC1 veri setinde 0,97 F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Basit Lojistik Regresyon algoritması ile KC3 veri setinde 0,80 değeri, PC2 veri setinde 0,96 değeri ve MW1 veri setinde 0,88 F-Ölçütü değeri kaydedilmiştir. PART algoritması ile PC4 veri setinde 0,88 ve PC3 veri setinde 0,85 F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Çok Katmanlı Algılayıcılar ile PC1 veri setinde de 0,91 oranında F-Ölçütü değeri elde edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre en iyi performans MC1 veri setinde elde edilen 0,97 oranında F-Ölçütü değeridir.

Literatür Çalışmaları

Yazılım hata tespitinde literatürde birçok çalışma mevcuttur ve popüler bir konudur. 2017 yılında yayınlanan ve incelenmiş ilk çalışmada, hataya neden olan bileşenlerin tespit edilmesi amacıyla, hata kayıtlarının denetimsiz öğrenme teknikleri ile kümelenmesi yöntemi izlenmiştir. 1200 hata kaydı içeren kontrol yazılımında kümeleme işlemi için K-En Yakın

Komşu ve Sonek Ağacı algoritmaları kullanılmıştır. Yapılan hata analizinde, hataların %78'ini başarı bir şekilde sınıflandırıldığı tespit edilmiştir (Polat, 2017).

2020 yılında yapılan bir diğer çalışmada, yinelenen hata raporlarının otomatik olarak tespit edilmesi amacıyla makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak birleşik bir yöntem önerilmiştir. Önerilen bu yöntem ile tekil yöntemlere göre başarı %7.2 artırılmıştır. Çalışmada Eclipse Platform, Eclipse JDT ve Mozilla Thunderbird hata veri setleri kullanılmıştır. Önerilen yöntemde TF-IDF, Doc2Vec ve Universal Sentence Encoder yöntemleri birleştirilmiştir (Yüksel ve Çetin, 2020).

Bir diğer çalışmada, yazılım hata kestirimi problemini gidermek için Yapay Sinir Ağı ve Yapay Arı Kolonisi kombinasyonu, Lojistik Regresyon tabanlı Bender Metot ve Naive Bayes algoritmaları kullanılmıştır. NASA PROMISE veri deposunda yer alan KC1, KC2, CM1, PC1 ve JM1 veri setleri kullanılmıştır (Arar, 2016).

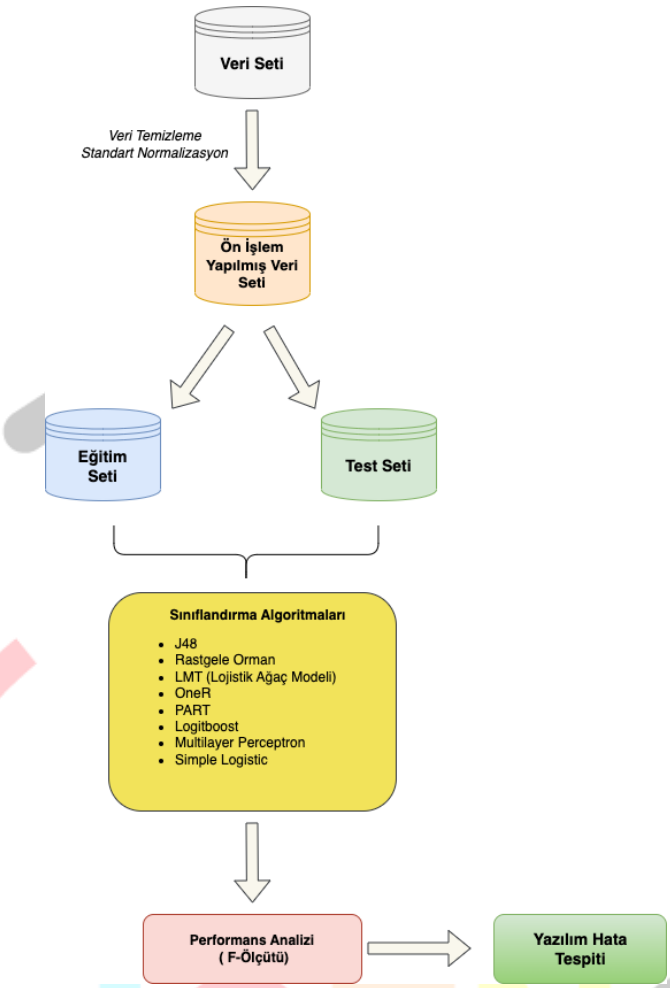
Çetiner yapmış olduğu çalışmada, 10 farklı makine öğrenmesi algoritması kullanarak yazılım hatası tahmin sistemleri hakkında karşılaştırılmalı bir analiz yapmıştır. Bu çalışmada NASA'nın PROMISE veri deposundan alınan CM1, KC1, KC2, JM1 ve PC1 veri kümeleri kullanılmıştır. Bu veri kümelerine Karar Ağacı, Naif Bayes, K-En Yakın Komşu, Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman, Ekstra Ağaçlar, Adaboost, Gradyan Artırma olmak üzere 10 farklı makine öğrenmesi algoritması ile çalışılmıştır. Çapraz doğrulama yaklaşımı ile Rastgele Orman algoritmasının kullanıldığı öğrenme modellerinin, kullanılan veri kümelerinde daha iyi performans verdiği tespit edilmiştir (Çetiner, 2020).

İncelenen bir diğer literatür çalışmasında NASA veri setlerinde ön işleme olarak veri dengeleme *(data balancing*) yöntemi kullanılmış, veri dengeleme sonrasında K-En Yakın Komşu, Destek Vektör Makineleri, Rastgele Orman ve J48 algoritmaları kullanılmıştır. Veri setlerinde yer alan sınıf dengesizliği problemine de değinilerek bu problemi çözmek adına SMOTE, Borderline SMOTE, Safe-SMOTE ve A-SUWO *(adaptive semi-unsupervised oversampling)* methodlarına yer verilmiştir.

Makine öğrenmesi tekniklerinin yazılım hata tahmini üzerindeki önemini vurgulayan diğer bir çalışmada, kullanıma açık veri setlerinde karşılaştırmalı analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz ile SMOTE yönteminin üzerinde durularak yazılım hata tahminini iyileştirilmesi konusunda çalışılmıştır. Karar Ağacı, Torbalama (*Bagging*), İstifleme (*Boosting*), Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri, Çok Katmanlı Algılayıcılar (*Multilayer Perceptron*) kümeleme algoritmaları kullanılarak performans değerleri karşılaştırılmıştır.

YÖNTEM

Bu çalışmada NASA PROMISE veri deposunda yer alan CM1, MC1, MC2, MW1, KC1, KC2, KC3, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 ve JM1 veri kümeleri ile makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak yazılım hatalarının sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Veri kümelerinde yer alan verilerde boş karakterlerin temizlenmesi, verilerin makine öğrenmesi yöntemlerinin amacına uygun şekilde çalışması için düzenlenmesi yapılmıştır. İkinci adım olarak düzenlenen veri kümeleri standart normalizasyon işleminden geçirilmiştir. Daha sonra veri kümeleri eğitim ve test seti olarak ayrılmıştır. Veri setlerine J48, Rastgele Orman, LMT (Lojistik Ağaç Modeli), OneR, PART, Logitboost, Çok Katmanlı Algılayıcılar (*Multilayer Perceptron*) ve Basit Lojistik Regresyon (*Simple Lojistic*) algoritmaları uygulanarak F-Ölçütü performans değerleri elde edilmiştir. Çalışmada önerilen model Şekil 1 ile gösterilmiştir.



***Şekil 1**. Uygulama modeli*

NASA PROMISE veri deposundan alınan 13 veri kümesi hatalı ve hatasız olarak etiketlenmiş yazılım kod kayıtlarını içerisinde barındırır. Hatalı kayıtlar yazılımdaki hata içeren kod kesimlerine işaret etmektedir. Veri kümesinde yer alan bu kayıtların veri önişleme ile analizi yapılarak makine öğrenmesi algoritmaları uygulanmıştır. Standart normalizasyon işleminden geçirilen veri kümeleri, veri bütünlüğünü sağlamıştır ve gereksiz veri tekrarını önleyerek veri bozulmasını önlemiştir.

Karar ağacı algoritmaları

J48 algoritması

En bilinen karar ağacı algoritmalarından J48 algoritması, bilgi kuramından yararlanarak karar ağacını optimize etmeyi amaçlamaktadır. J. Ross Quinlan tarafından geliştirilen bu algoritma C4.5 algoritması temeline dayanmaktadır. Bu algoritma, verilerden ilgili özellikleri seçmek için otomatik işlem yeteneğine sahiptir ve zayıf karar ağacı dallarını kesmek için etkin bir budama işlemi gerçekleştirmektedir (Alan et al., 2018).

Rastgele orman algoritması

Birden fazla karar ağacı üzerinden her bir karar ağacının eğitilerek farklı modeller üretilip sınıflandırılmasını sağlayan algoritma çeşididir. En başarılı sınıflandırma algoritmalarından biri olarak bilinmektedir. 2001 yılında Leo Breiman tarafından geliştiren bu algoritmada, en uygun dallara bölünmeyi sağlayacak değişken tüm değişkenler arasından

rastgele seçilmiş az sayıda değişken tarafından belirlenir (Ekelik ve Altaş, 2019). Rastgele orman algoritmasında öncelikli olarak orijinal veri setinden eğitim veri seti oluşturulur. Daha sonra her bir eğitim veri seti için bir ağaç üretilir. Son olarak bu ağaçların çoğunluk oyunu kullanarak sınıflandırma işlemi yapar (Akmaz, 2022).

LMT algoritması

Karar ağacı ile lojistik regresyon modellerini bir araya getiren algoritmadır. Bu algoritmada C4.5 algoritması mantığında genişletilir. LMT algoritmasında ilk adımda başlangıç ağacı yetiştirme işlemi yapılır. Daha sonra LMT algoritmasındaki ayırma kriterleri ile ağaç ayırma işlemi yapılır ve bu C4.5 algoritması ile aynı mantıkta yapılır. Bu ayırma işlemi düğümde 15 örnek kalana ve faydalı bir ayırma yapılana kadar devam etmektedir (Onan, 2014).

OneR algoritması

Tüm sınıflar içerisinde mümkün olan en iyi sonucu döndürecek olan sınıfı seçen algoritma türü olup ZeroR algoritmasının genişletilmiş bir versiyonu olarak bilinmektedir (Taşçı ve Şamlı, 2020). Bu algoritma bir özelliği test ederek kural ağaçları oluşturan WEKA'da rules sekmesinin alt başlıklarında bulunan algoritmalardan biridir (Sebik ve Bülbül, 2018).

PART algoritması

C4.5 ve RIPPER algoritmalarının geliştirilmesiyle ortaya çıkan karar ağacı tabanlı bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Her bir karar ağacı yinelemesinde en iyi yaprağını bir kural haline getirerek çalışır. Bir karar ağacının bölümlere ayırarak incelenmesi stratejisini, kurallara özgü ayırarak incelenmesi olarak inceleyen bir algoritma olup hesaplama performansı ve sonuçların verimli olduğu da bir yöntemdir (Deniz, 2021).

Logitboost algoritması

Jerome Friedman, Trevor Hastie ve Robert Tibshirani tarafından geliştirilen bir yükseltme algoritması çeşididir (Bilgin, 2021). Logitboost algoritması, Adaboost algoritması ile aynı mantıkta lojistik regresyon gerçekleştiren bir yöntemdir. Aralarındaki tek fark, Adaboost algoritmasında üstel kayıp en aza indirgenme amaçlanırken, Logitboost algoritmasında lojistik regresyon farkı en aza indirgenmek amaçlanmaktadır.

Çok katmanlı algılayıcılar

Birçok girdi değerini alarak tek bir çıktı değeri üreten basit sinir hücreleri ağı temeline dayanan bir algoritmadır. Çıktıyı oluştururken girdilerde yer alan ağırlıklarına uygun olarak lineer bir kombinasyon oluşturmaktadır. Tek katmanlı algılayıcıların doğrusal olmayan problemlerin çözümünde başarısız olmasının üzerine geliştirilen bir yöntemdir (Ayşe ve Berberler, 2017).

Basit lojistik regresyon

Bir ikili değişkeni bulmak için, başka bir değişken kullanarak tahmin işlemi gerçekleştiren istatiksel bir yöntemdir. Simple logistic algoritmasında tek bir bağımsız kullanılır ve çıktı tahmin edilir. Bu yöntemde amaç, istatistikte kullanılan diğer model yapılandırma teknikleri ile aynıdır. En az değişkeni kullanarak en iyi uyuma sahip olacak şekilde bağımlı ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlayabilen ve biyolojik olarak kabul edilebilir bir model kurmaktır (Bircan, 2004).

BULGULAR

Bu çalışmada NASA PROMISE veri deposunda alınan CM1, MC1, MC2, MW1, KC1, KC2, KC3, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 ve JM1 veri kümeleri ile yazılım hatalarının tahmin edilmesi amacıyla makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Üzerinde çalışan veri seti ön işlemeden geçirilerek makine öğrenmesi algoritmalarının kullanılabileceği bir duruma getirilmiştir. Yazılım hata tahmininde makine öğrenmesi, veri madenciliği ve derin öğrenme yöntemleri ile işlemler yapılmaktadır. Çalışmada veri ön işleme yöntemi olarak standart normalizasyon kullanılmıştır. Veri kümelerine J48, Rastgele Orman, LMT (Lojistik Ağaç Modeli), OneR, PART, Logitboost, Çok Katmanlı Algılayıcılar ve Basit Lojistik Regresyon sınıflandırma algoritmaları olmak üzere çeşitli makine öğrenmesi teknikleri denenmiştir ve elde edilen performans sonuçlarının analizi yapılmıştır. Tablo 1'de elde edilen en iyi performans değerlerinin F-Ölçütü metriği ile oranları gösterilmiştir.

WEKA, veri madenciliği ve verinin işlenmesi için kullanılan açık kaynaklı bir araçtır. İçerisinde birçok yöntemi barındırmaktadır. Bu yöntemler verinin sınıflandırılması, ön işlemesi, kümelenmesi gibi yöntemlerdir. Bu çalışmada WEKA aracından yararlanılarak veri ön işlemesi ve sınıflandırması işlemleri yapılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarını değerlendirirken F-Ölçütü metriği kullanılmıştır. Recall ve precision performans değerlerinin harmonik ortalaması alınarak bu değer elde edilmektedir. Recall değeri, bir deneyde doğru pozitif yönde tahmin edilen değerlerin, doğru pozitif tahminler ve yanlış negatif yönde tahmin edilen değerlerin toplamına bölünmesi ile elde edilmektedir (TP/(TP+FN)). Precision değeri ise, bir deneyde doğru pozitif yönde tahmin edilen değerlerin, doğru pozitif ve yanlış pozitif yönde tahmin edile değerlerin toplamına bölünmesi ile elde edilmektedir (TP/(TP+FP)).

Tablo 1. Veri setlerinden elde edilen en iyi performans değerleri

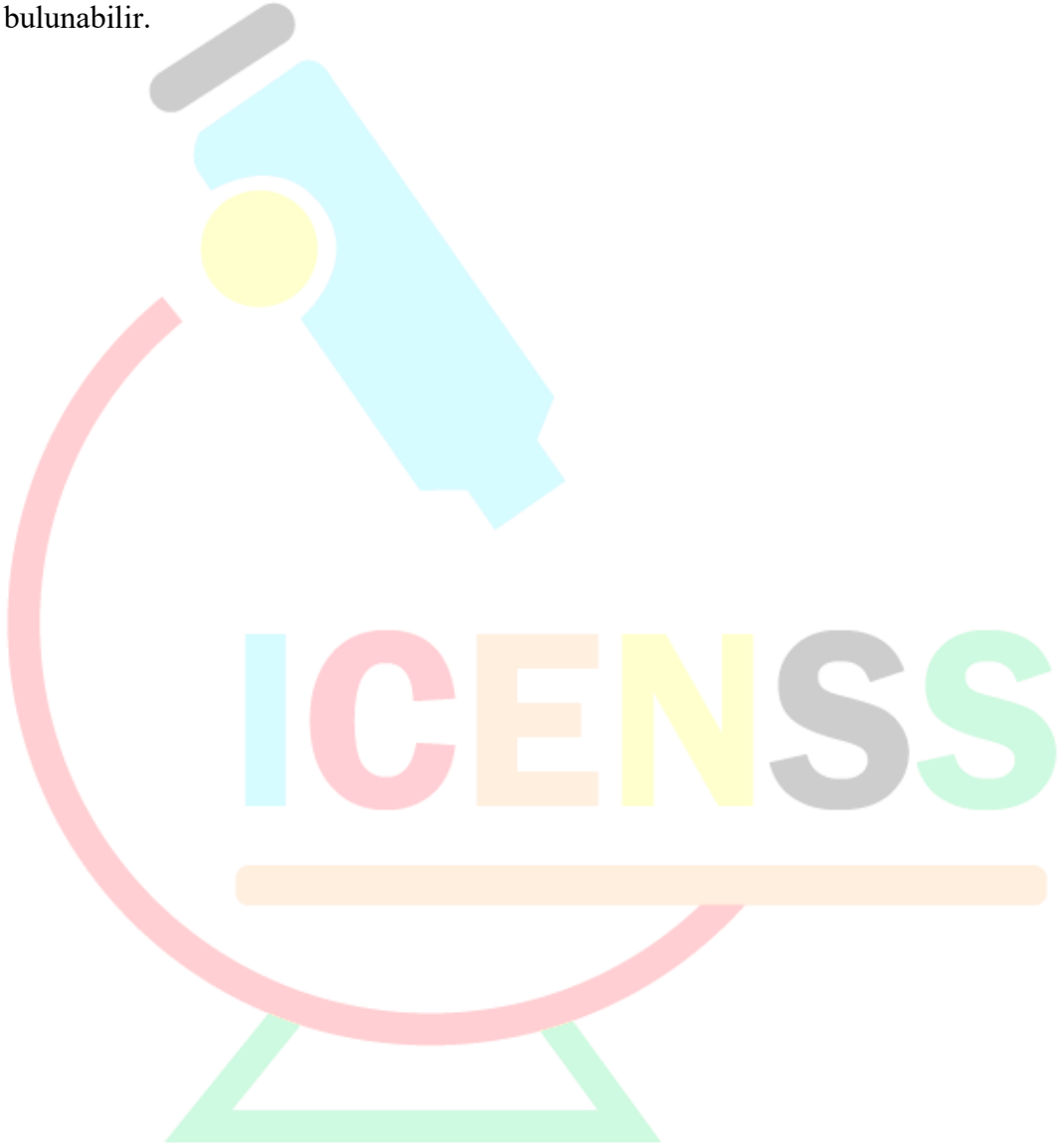
Veri Seti	Makine Öğrenmesi Algoritması	F-Ölçütü Değeri
CM1	J48	0.85
MC1	Rastgele Orman	0.97
MC2	J48	0.70
MW1	Logitboost	0.88
KC1	J48	0.71
KC2	Logitboost	0.76
KC3	Logitboost	0.79
PC1	Çok Katmanlı Algılayıcılar	0.91
PC2	Basit Lojistik Regresyon	0.96
PC3	PART	0.85
PC4	PART	0.88
PC5	J48	0.73
JM1	J48	0.74

Tablo 1'den elde edilen sonuçlara göre veri setlerinde karar ağacı tabanlı algoritmaların daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Rastgele Orman algoritması ile en yüksek performans değerine ulaşılmıştır. Yazılım hata tahmininde birçok literatür çalışması mevcuttur. Bu çalışmalarda farklı makine öğrenmesi algoritmaları ile çalışılmıştır. Bu çalışmada ise, literatürde az değinilmiş ya da hiç değinilmemiş farklı algoritmalar tercih edilmiştir.

SONUÇ

Günümüzün popüler konularından birisi olan yazılım, içerisinde hata barındırmaması açısından önem taşımaktadır. Son kullanıcıya sunulan yazılımların kalitesini, ihtiyaçların doğru sunulması ve hata içermemesi oluşturur. Literatürde popüler bir konu olan yazılım hata

tespiti, bu çalışmada NASA PROMISE veri setinden faydalanarak makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırmadan elde edilen performans sonuçları analiz edilerek yüksek performans değerlerinin karar ağacı tabanlı algoritmalarda elde edildiği görülmüştür. Elde edile en iyi değer 0.97 F-Ölçütü metriği ile MC1 veri setinde ve Rastgele Orman algoritması ile elde edilmiştir. Bu sonuçlardan ve bazı veri setlerinde yer alan sınıf dengesizliği problemi incelenerek gelecekteki çalışmalarda örnekleme yöntemleri ile veri setlerindeki problemi çözülmesi planlanmaktadır. Bu çalışmada literatürden farklı makine öğrenmesi algoritmaların sınıflandırma aşamasında kullanılması ve oluşturulan modelin performans analizlerinden elde edilen sonuçlar, bu alanda çalışan kişilerin çalışmalarına katkıda bulunabilir.



Kaynakça

Akmaz, D. (2022). Stockwell Dönüşümü, ONE-R Özellik Seçme Yöntemi ve Rastgele Orman Algoritması ile Güç Kalitesi Bozulumu Sinyallerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *34*(1), 267-276.

Alan, M. & Yeşilyurt, C. (2018). Farklı Veri Setleri Üzerinde Smo Ve J48 Algoritmalarinin Sınıflandırma Sonuçlarının Karşılaştırılması. *İşletme Bilimi Dergisi*, 6 (3), 199-213.

Arar, Ö. F. (2016). *Makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yazılım hata kestiriminin iyileştirilmesi* (Doktora Tezi). Sakarya Üniversitesi, Türkiye.

Aytuğ, O. N. A. N. (2015). Şirket iflaslarının tahminlenmesinde karar ağacı algoritmalarının karşılaştırmalı başarım analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *8*(1).

Ayşe, A. R. I., & Berberler, M. E. (2017). Yapay sinir ağları ile tahmin ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için arayüz tasarımı. *Acta Infologica*, *1*(2), 55-73.

Bilgin, G. (2021). Makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak erken dönemde diyabet hastalığı riskinin araştırılması. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, *4*(1), 55-64.

Bircan, H. (2004). Lojistik regresyon analizi: Tıp verileri üzerine bir uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (8), 185-208.

Çetiner, M. (2020). *Makine öğrenmesi yöntemleri ile yazılım hata tahmini* (Master's thesis). İstanbul Kültür Üniversitesi/Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı/Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı), Türkiye.

Deniz, S. S. Kural Tabanlı Sınıflandırma Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Veri Bilimi*, *4*(3), 72-80.

Ekelik, H., & Altaş, D. (2019). Dijital Reklam Verilerinden Yararlanarak Potansiyel Konut Alıcılarının Rastgele Orman Yöntemiyle Sınıflandırılması. *Journal Of Research İn Economics*, *3*(1), 28-45.

Kurtel, K., & Şaban, E. R. E. N. (2011). Yazılım mimarisinin kalite gereksinimleri: yazılım güvenilirliği. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 4(1).

Polat, S. (2017). Yazılım Hata Kayıtlarının Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Kümelenerek, Hataya Sebep Olan Bileşenlerin Tespit Edilmesi. *Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu Kitabı (ss. 444-453), Düzenleyen Atılım ve Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi. Alanya*, *18*, 20.

Sebik, N. B., & Bülbül, H. İ. (2018). Veri Madenciliği Modellerinin Akciğer Kanseri Veri Seti Üzerinde Başarilarinin İncelenmesi. *Tübav Bilim Dergisi*, *11*(3), 1-7.

Taşçı, M. E., & Şamlı, R. (2020). Veri madenciliği ile kalp hastalığı teşhisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 88-95.

Ural, E., Umut, T., & Feza, B. (2008). Nesneye dayalı yazılım metrikleri ve yazılım kalitesi. *Yazılım Kalitesi ve Yazılım Geliştirme Araçları Sempozyumu*.

Yüksel, A., & Çetin, A. (2020). Yinelenen Hata Kayıtlarının Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri ile Tespit Edilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(5), 45-51.

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

API Güvenlik Testi Araçlarının Karşılaştırmalı Analizi: Özellikler, Yetenekler ve Performans Değerlendirmesi

Onur ÇARKCIOĞLU [1]
Barış ÇELİKTAŞ [2]

Özet

Uygulama programlama arayüzleri (API'ler), diğer uygulamalar arasındaki iletişimi kolaylaştıran bileşenlerdir. API'ler, modern web uygulamalarının ayrılmaz bir parçasıdır ve uygulamaların birbirleriyle iletişim kurması ve veri alışverişi yapması için bir araç sağlar. Web uygulamaları ve kullandıkları API'ler, kötü niyetli bilgisayar korsanları için hem çekici hem de kolay erişilebilir hedeflerdir. Bu nedenle, bu uygulamanın güvenliğini sağlamak ve verilerin bütünlüğünü ve gizliliğini korumak çok önemlidir.

API servisleri, kullanılabilecek birçok araç için güvenlik testlerine sahiptir. Bu uygulamalardan bazıları ücretsiz olarak kullanılabilen açık kaynak kodlu projelerken, bazıları ise güvenlik odaklı firmaların sunduğu ticari çözümlerdir. Bu bölümde, Postman, Burp Suite, OWASP ZAP, JSON Web Token Toolkit, Security Code Scan, araştırma sırasında kullanılan araçlardan ve bu çalışma sırasında gerçekleştirilen testlerden bazılarıdır.

API servislerinin güvenlik testi için kullanılabilecek birçok araç bulunmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları ücretsiz olarak kullanılabilen açık kaynak kodlu projelerken bazıları da güvenlik odaklı kuruluşların sunduğu ticari çözümlerdir. Bu bölümde, araştırma sırasında kullanılan araçların detaylı analizleri ve testleri yapılacak olup API testleri açısından avantajlı ve dezavantajları yanları ortaya konnacaktır. Böylece daha güvenli Web uygulamaları ve API geliştirme süreçlerine olumlu katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: API Testing, Burp Suite, OWASP ZAP, Postman, RESTful API

[1] Student, Işik University, Cyber Security
[2] Cyber Security Program Coordinator, Işik University,

1.Giriş

Giderek daha fazla yeni hizmet geliştirildikçe ve eski hizmetler web tabanlı çözümleri kullanmak üzere uyarlandıkça, modern web uygulamalarının ve uygulama programlama arayüzlerinin önemi muazzam bir şekilde arttı. Bu, güvenlik açısından kendi zorluklarını da beraberinde getirir. Web uygulamalarının ve API'lerin herkese açık doğası nedeniyle, kötü niyetli saldırganlar için çok çekici hedefler olabilirler.

Ürün geliştirme genellikle bir uygulamanın arka planında olanlardan ziyade son kullanıcılar tarafından görülebilen şeylere odaklanmaya çalıştığından, API ile ilgili güvenlik açıkları gözden kaçabilir. Bir uygulamanın güvenliğini sağlamak, geliştiricilerin kritik son tarihlerle karşı karşıya kalması veya bir güvenlik açığı riskinin tam olarak anlaşılmaması nedeniyle de zor olabilir.

Diğer birçok uygulama türünde olduğu gibi API'ler, kötü niyetli bir saldırganın normalde erişmelerine izin verilmemesi gereken hassas verilere veya işlevlere erişmesine izin verebilecek çok sayıda farklı güvenlik açıklarıyla karşı karşıya kalabilir. Bir API uygulamasının ve işlediği hassas verilerin güvenliğini sağlamak için; güvenlik, uygulamanın test edilmesinde ve genel kalite güvencesinde kilit bir unsur olmalıdır.

Bu çalışmanın amaçlarını gerçekleştirmeyi ve araştırma sorularını cevaplamayı amaçlayan tek bölümden oluşmaktadır. Bu bölüm API güvenlik testine girmekte ve bu çalışmanın bir parçası olarak yapılan testler sırasında incelenen ve kullanılan farklı yaklaşımları ve araçları açıklamaktadır.

Yöntem

Bir REST API'sinin geliştirilmesi, potansiyel güvenlik tehditlerini test etmeye yoğun bir şekilde odaklanmalıdır. Test, manuel ve otomatik yöntemlerle çeşitli şekillerde yapılabilir. Bir API uygulamasının güvenliği, örneğin birim testini ve kod analizi araçları ve bulanıklaştırma araçları gibi güvenlik testi araçlarının kullanımını içerebilir.

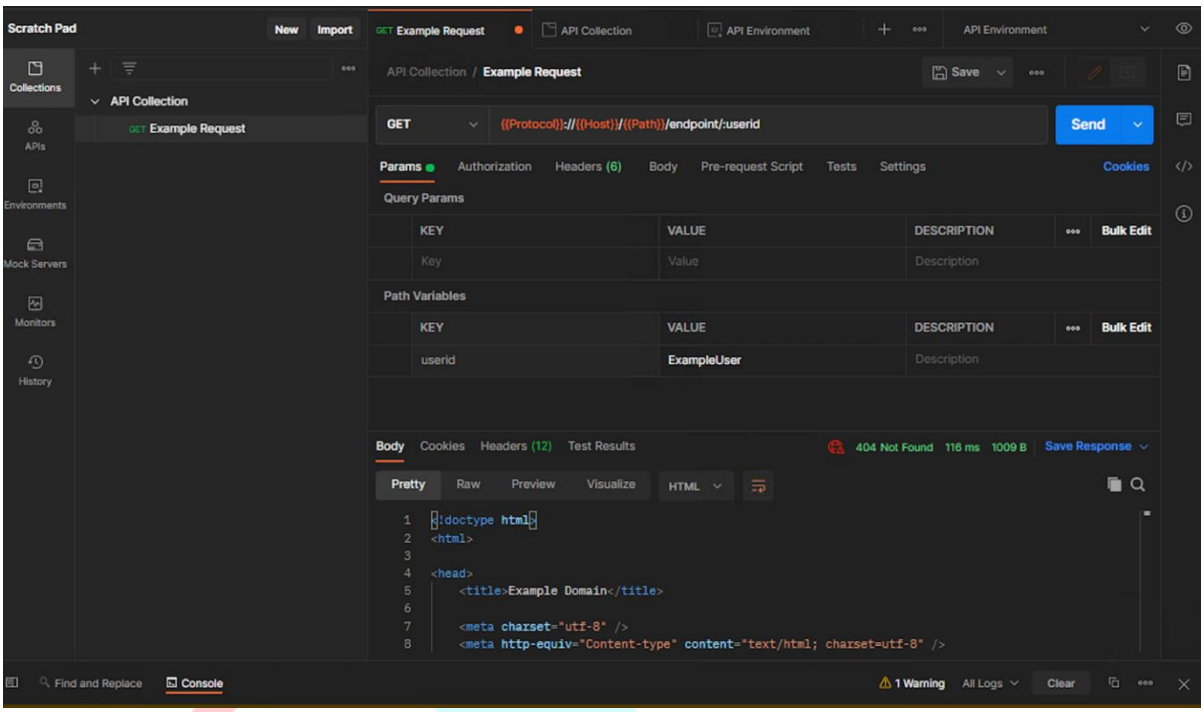
Bu çalışmanın amacı, REST tabanlı API çözümlerinde ne tür güvenlik açıklarının bulunduğunu, bunların ne kadar yaygın olduğunu ve nasıl test edilebileceğini incelemektir. Bu amaca ulaşmak için API güvenlik testine yönelik farklı yaklaşımları, API güvenlik testi amaçları için kullanılabilecek mevcut araçları, yaygın API tehditlerini ve güvenlik açıklarını ortaya koyarak daha güvenli web uygulamaları geliştirilmiş olacak ve saldırganların tehditlerinin hedefi olma ihtimali en aza indirgenmiş olacaktır.

2. API Güvenlik Testindeki Araçlar

Aşağıda API güvenlik testinde yaygın olarak kullanılan Postman, Burp Suite, OWASP ZAP, JSON Web Token Toolkit, Security Code Scan araçları ortaya konmuştur.

2.1 Postman

Postman, API uygulamalarının geliştirme ve test sürecini basitleştirmek için tasarlanmış bir API platformudur. Postman'ın temel özellikleri ortamların, koleksiyonların, değişkenlerin ve otomatikleştirilebilir test senaryoları oluşturulmasını içerir. Postman içindeki koleksiyonlar, API isteklerinin, parametrelerin, açıklamaların ve testlerin dışa aktarılabilir tek bir formatta birleştirilmesine olanak tanır, daha sonra sürüm kontrolünde saklanabilir ve bir ekip içindeki geliştirme sürecini basitleştirir. Değişkenler, kullanıcının senaryoları ve istekleri içindeki değerleri depolamasına ve yeniden kullanmasına olanak tanır. Ortamlar, test amacıyla ortama özgü bir değer kümesini gruplandırmak ve kaydetmek için kullanılan bu değişkenlerin koleksiyonlarıdır.



Şekil 1: Postman Uygulaması

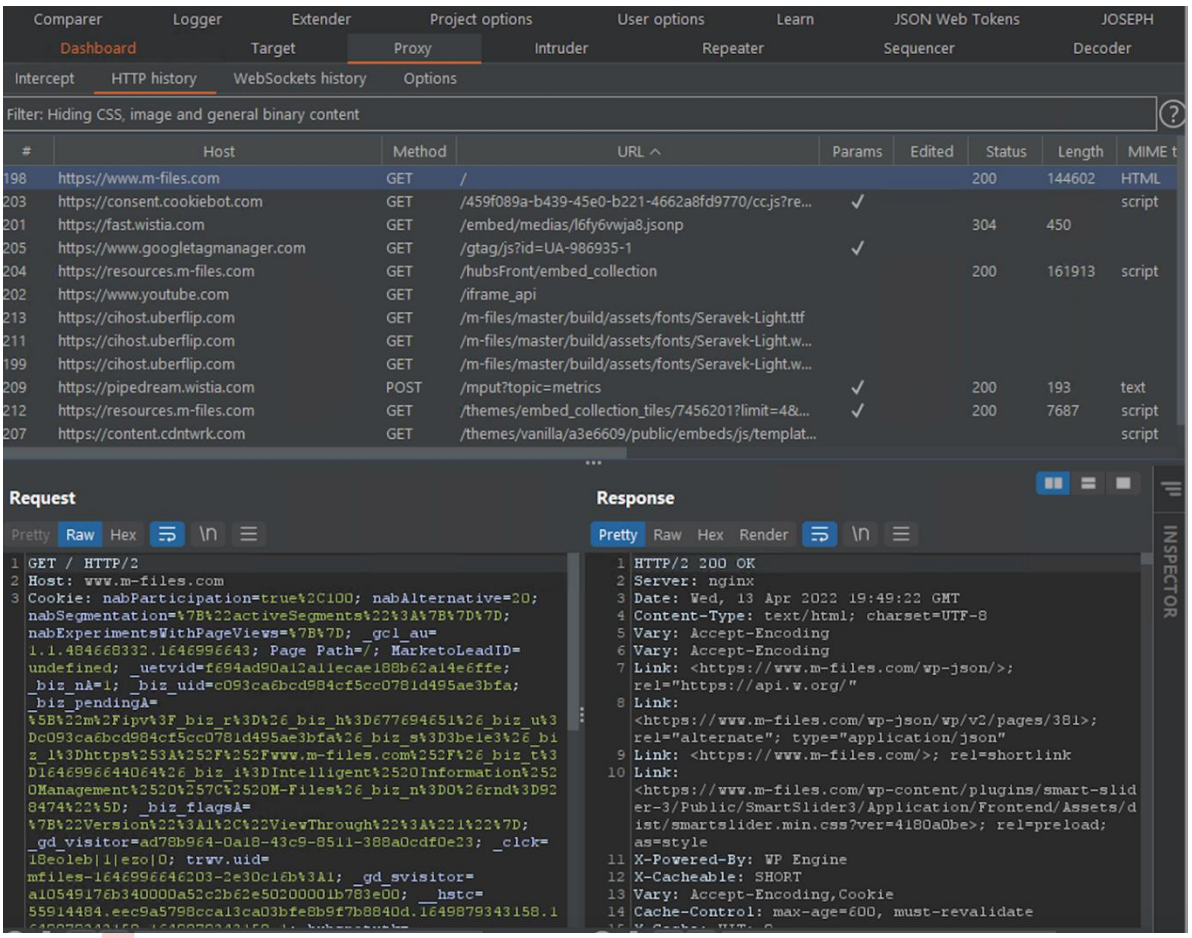
Postman, özelleştirilmiş parametrelerle önceden yapılandırılmış API isteklerinin koleksiyonlarını kaydetmek için kullanılabilir ve bu nedenle, API uç noktalarının manuel olarak test edilmesi için uygun bir araçtır. Postman ile istekler, çeşitli test durumlarını kapsayacak şekilde kolayca değiştirilebilir ve yanıtlar, bir API uygulamasıyla ilgili olası sorunları bulmak için incelenebilir. Dokümantasyon, API koleksiyonlarına da entegre edilebilir ve böylece farklı uç noktaların davranışı, amaçlanan şekilde çalışması için gözden geçirilebilir.

Bu çalışmada Postman, diğer araçlarla birlikte yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Güvenlik testi amaçları için çok yararlı bir araç olduğu değerlendirilmektedir, çünkü bir HTTPS proxy kullanacak şekilde yapılandırılabilir ve Burp Suite gibi araçların kullanılmasına izin verir, bu araçlar daha sonra API yanıtlarını otomatik olarak gözden geçirerek API'nin bulunduğu noktaları keşfetmek için kullanılabilir uygulama potansiyel olarak savunmasız olabilir.

2.2 Burp Suite

Burp Suite, PortSwigger tarafından geliştirilen ve web uygulamalarının derinlemesine güvenlik testlerini sağlayan bir güvenlik ve sızma aracıdır. Farklı kullanım durumları için birçok özellik ve iyi genişletilebilirlik içerdiğinden, en yaygın kullanılan web uygulaması güvenlik testi araçlarından biridir. (PortSwigger, "Burp Suite - Application Security Testing Software")

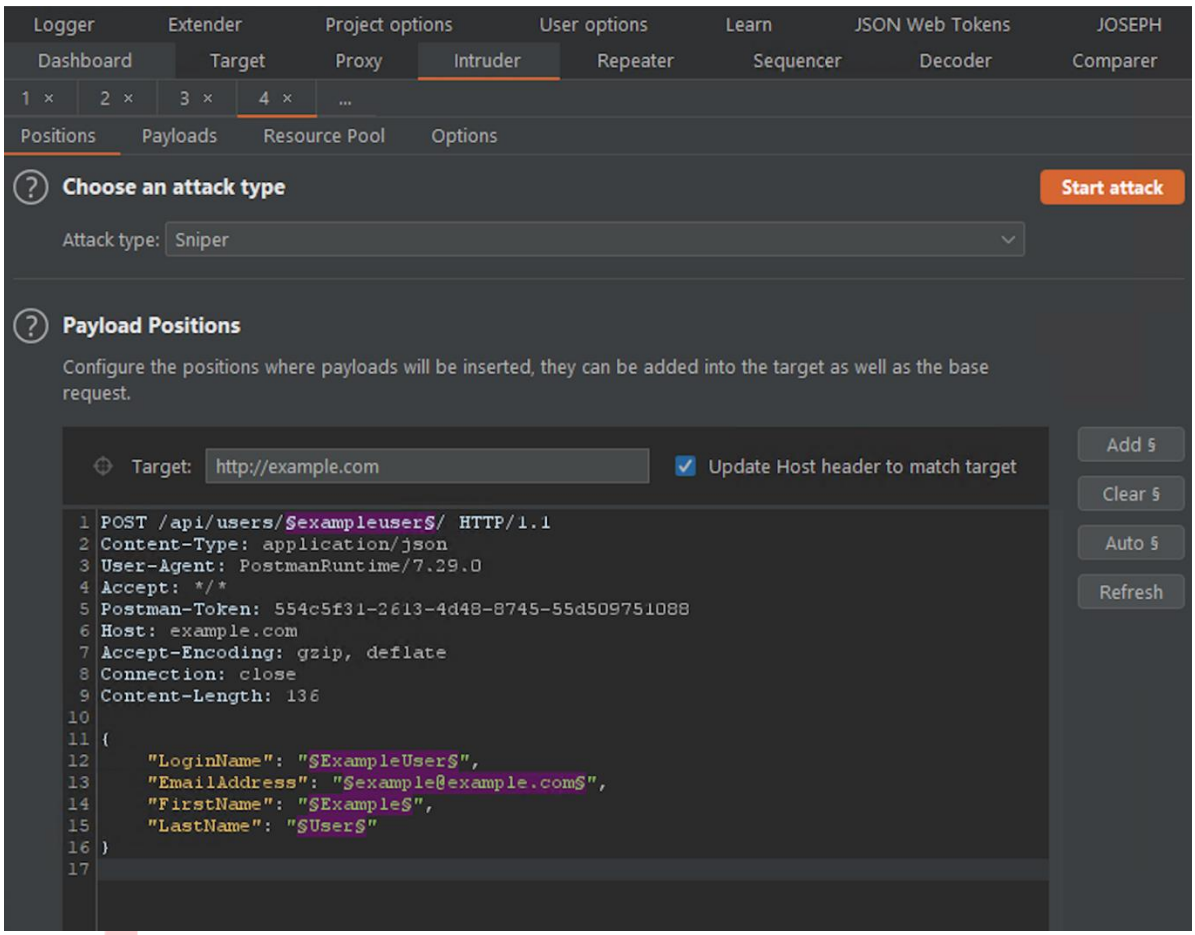
Burp Suite'in özellikleri arasında HTTP(S) isteklerinin durdurulması ve analizi, saldırı yüzeylerinin açığa çıkarılması, hedef uygulamaların ve güvenlik özelliklerinin değerlendirilmesi, manuel güvenlik testinin kolaylaştırılması, otomatik güvenlik taramaları ve uygulama bulanıklaştırma yer alır. Burp Suite, web uygulamalarının otomatik olarak taranması ve sonuçların otomatik olarak değerlendirilmesi, ilgili web uygulaması güvenlik açıklarına bağlantı verilmesi ve raporların oluşturulması için kullanılabilir.



Şekil 2: HTTPS Proxy olarak Burp Suite

Burp Suite'in en kullanışlı özelliklerinden biri, bu istekleri incelemek ve düzenlemek için diğer uygulamalardan gelen HTTP trafiğini vekil sunucu vasıtasıyla yakalama yeteneğidir. HTTP kullanan çoğu program, bir proxy kullanacak şekilde yapılandırılabilir ve trafik, Burp Suite aracılığıyla kolayca vekil sunucuya tabi tutulabilir. Bilgisayardaki tüm trafiğin vekil sunucuya bağlanması gerekiyorsa, bu işlem işletim sistemi düzeyinde de yapılabilir.

Bu çalışması sırasında Burp Suite, Postman ve JSON Web Token Toolkit ile birlikte kullanılmıştır. İstekleri Burp Suite aracılığıyla vekil sunucu yapmak, isteklerin ve yanıtların derinlemesine incelenmesine olanak tanır. Burp, şüpheli işlemleri otomatik olarak uyarabilir ve örneğin, bir enjeksiyon güvenlik açığının mümkün olabileceği yerleri önerebilir.

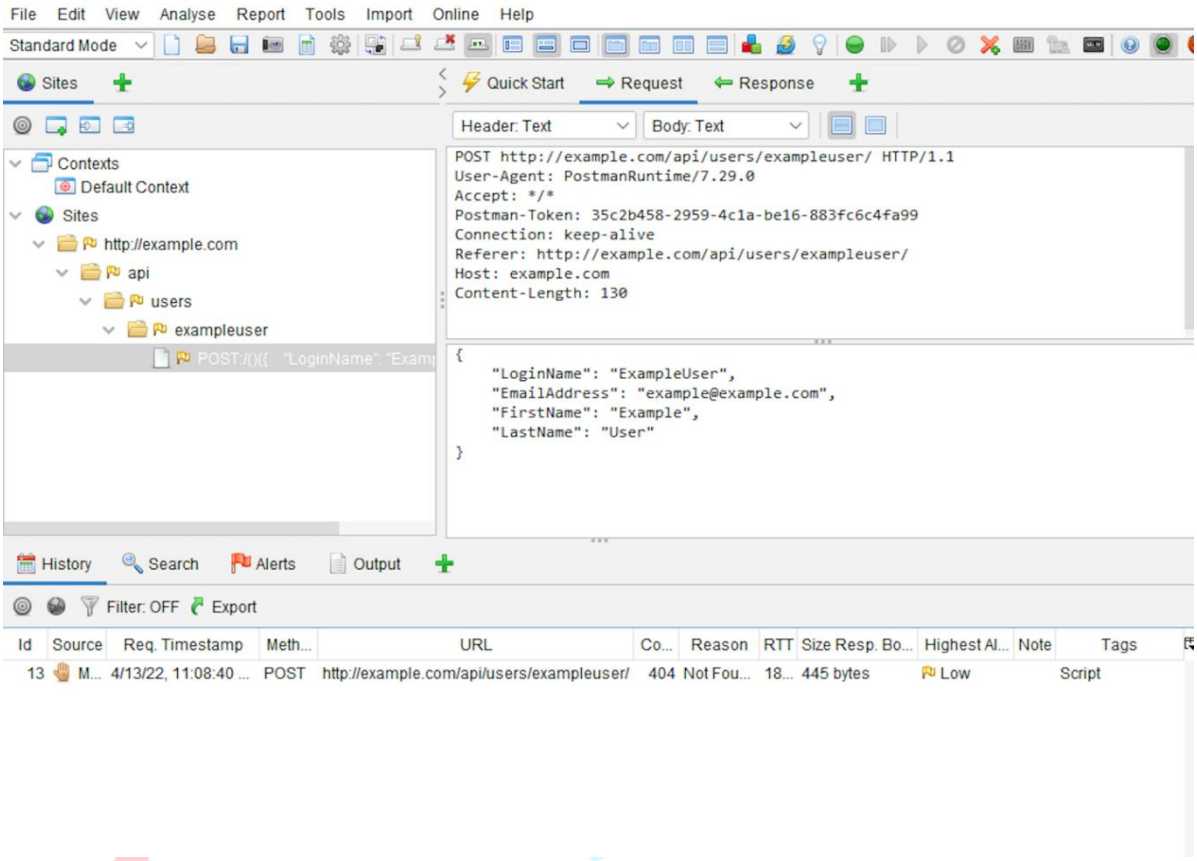


Şekil 3: Burp Suite Sızma

Burp Suite ile yakalanan istekler kolayca değiştirilebilir yada tekrarlanabilir. Bu sırasında, sızma aracının, daha sonra Burp Suite tarafından sağlanan yaygın bulanıklaştırma yükleri veya kullanıcı tarafından yapılandırılmış değerlerle enjekte edilebilecek, yakalanan bir HTTP isteği içindeki konumları yapılandırmak için kullanılabileceği için özellikle yararlı olduğu kanıtlanmıştır. API uç noktalarını bulanıklaştırmak ve örneğin enjeksiyon güvenlik açıklarını aramak, Burp Suite'i kullanarak nispeten önemsiz görülmektedir.

2.3 Owasp Zap

OWASP ZAP, Burp Suite ile aynı işlevlerin çoğunu sunan ücretsiz bir açık kaynaklı web uygulaması güvenlik tarayıcısıdır. HTTP isteklerinin proxy ve yakalanmasının yanı sıra bilinen web uygulaması güvenlik açıklarının taranması için kullanılabilir.(The OWASP Foundation, "OWASP Zed Attack Proxy (ZAP)")



Şekil 4: Owasp Zap

OWASP ZAP, tıpkı Burp Suite gibi bir HTTPS vekil sunucu'si olarak kullanılabilir ve belirsiz API uç noktaları açısından benzer işlevsellik sunar. OWASP ZAP ile Burp Suite arasındaki temel fark, Burp Suit'ın ticari bir çözüm olması, OWASP ZAP'ın ise tamamen açık kaynak olması ve herkesin kullanımına açık olmasıdır. İşlevsellikleri çok benzer olmak ile birlikte çoğu senaryo için her iki araç da kullanılabilmektedir.

Bu çalışma sırasında API'nin araştırılmasında hem OWASP ZAP hem de Burp Suite kullanılmıştır, ancak daha çok Burp Suite kullanılmıştır. Bunun temel nedeni kişisel tercihti ancak Burp Suite daha yaygın olarak kullanılmakta ve yaygın olarak karşılaşılan sorunlara çözüm bulmak daha kolay görülmektedir.

Potansiyel güvenlik açıklarına yönelik otomatik uyarılar açısından, ZAP ve Burp benzer sorunları tespit edebilir, ancak kendi uyarıları vardır ve web hizmetlerinin otomatik taramaları genellikle farklı sonuçlar verir. Bir API'nin veya bir web uygulamasının otomatik taramasını yaparken, her iki aracı da kullanmak faydalı olabilir.

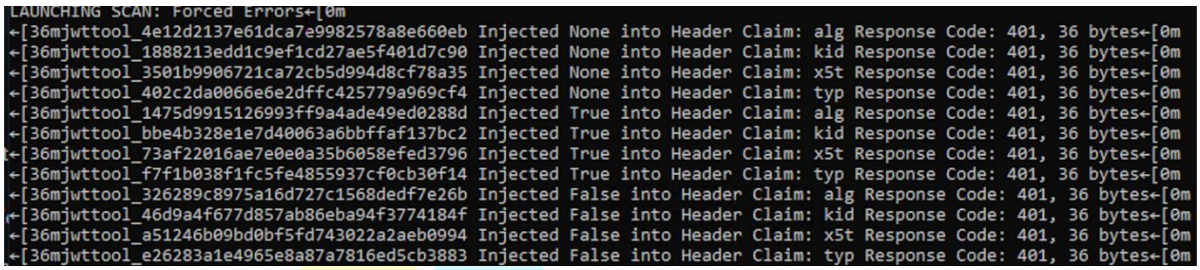
2.4 JSON Web Tokens Araç Seti

JSON Web Token Toolkit, bilinen çoklu JWT tabanlı güvenlik açıkları için korumayı test etmek ve doğrulamak için kullanılabilen açık kaynaklı bir sızma testi aracıdır. (The MITRE Corporation: 2015)

Bu güvenlik açıkları, algoritma dışı güvenlik açığı ve RSA/HMAC algoritması karışıklık güvenlik açığı gibi JWT algoritması tabanlı saldırıları içerir. Bu güvenlik açıkları, kötü niyetli bir kullanıcının erişememeleri gereken kaynaklara erişim elde etmek için belirteçlerindeki talepleri düzenlemesine olanak tanır. Saldırganlar, imza kontrollerini atlayarak veya kendi, görünüşte geçerli imzalarını oluşturarak, JWT tabanlı kimlik doğrulama

tarafından korunan herhangi bir kaynağa erişim elde edebilir. (T. McLean, "Critical vulnerabilities in JSON Web Token libraries")

Araç seti, python ile yazılmış bir konsol uygulamasıdır. Yaygın güvenlik yapılandırma sorunları için kullanıcı kimlik doğrulaması için JSON Web Token kullanan REST API'lerini test etmek için kullanılabilir. Araç seti, otomatik taramalar, token bulanıklaştırma, imzalama anahtarlarına yönelik sözlük saldırıları, kendi tokenimizi oluşturma, token içeriğini düzenleme ve daha fazlası gibi JSON Web Simgelerini test etmeye yardımcı olan birden fazla özellik içerir.



Şekil 5: Otomatik Json Web Token Araç Kiti Taraması

JSON Web Token Toolkit, Burp Suite ile birleştirildiğinde iyi çalışır, çünkü araçtan gelen tüm istekler vekil sunucu hizmeti aracılığıyla yönlendirilebilir, böylece hem istekler hem de yanıtlar daha ayrıntılı olarak incelenebilir. Genel olarak, aracın yapılandırılması ve kullanılması nispeten kolaydır ve iyi bilinen Json Web Token kimlik doğrulama güvenlik açıklarına karşı kontrol için verimli bir yöntem sağlar.

2.5 Güvenlik Kodu Taraması

Yaygın güvenlik açığı modellerini algılamayı sağlayan .NET tabanlı yazılım çözümleri için açık kaynaklı bir statik kod analiz aracıdır. GitHub Security Lab tarafından geliştirildi ve bir Microsoft Visual Studio eklentisi, NuGet paketi ve konsol uygulaması olarak kullanılabilen bağımsız bir çalıştırıcı olarak sunuldu. GitHub ve GitLab gibi sürüm kontrol çözümlerinde CI işlemlerine entegre edilebilir. (GitHub Security Lab, "Security Code Scan - static code analyzer for .NET")

Bağımsız bir uygulama olarak kullanıldığında Güvenlik Kodu Taraması, yazılım çözümünü yükler ve SQL enjeksiyonu, siteler arası komut dosyası çalıştırma, yol geçişi, zayıf kriptografik protokoller ve sabit kodlanmış gizli değerlerin kullanımı gibi olası güvenlik açıklarını aramak için kaynak kodunu ayrıştırır. Kod içinde potansiyel sorunlar bulursa, bunları geliştiriciye gösterecek ve hangi güvenlik açığının nerede bulunduğunu bilmelerini sağlayacaktır. Visual Studio gibi bir geliştirme ortamına entegre edilirse, arka planda çalışacak ve yeni kod yazılırken olası güvenlik sorunlarına işaret edecek şekilde yapılandırılabilir.

Herhangi bir kod analiz aracında olduğu gibi, sonuçlarda bildirilen ve düzeltilmesi gerekmeyen yanlış yada küçük sorunlar olabilir. Geliştiricilerin sorunları bastırıp yok saymasının yanı sıra tarama yapmak üzere yapılandırıldığı her kural için özel önem derecesi belirlemesi için bir yol sunar.

Bu çalışma sırasında, API uygulamasının kaynak kodunu otomatik olarak analiz etmek için Güvenlik Kodu Taraması kullanılmış ve bu taramaların sonuçları manuel olarak incelenmiştir. Gerçek bulguların eksikliğine ve bazı yanlış pozitiflerle uğraşmak zorunda olmasına rağmen, Güvenlik Kod Taraması çok rahat olduğu ve büyük projeleri hızlı bir şekilde tarayabildiği için yararlı bir araç olduğunu kanıtladı.

Geliştirme sürecinin güvenliği, sistem geliştiricilerinin eğitilmesiyle de geliştirilebilir. Geliştiriciler, yaygın güvenlik riskleri, güvenlik açıkları ve kötü kodlama uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Bu şekilde, potansiyel güvenlik sorunlarının çoğu, geliştirme

sürecinde mümkün olduğu kadar erken önlenebilir ve genel verimliliği artırılabilir. Ayrıca, sistem geliştiricilerine genellikle değerli geri bildirimler sağlayabildikleri için, ürün üzerinde çalışan ve ürünü test eden özel güvenlik ve kalite güvence uzmanlarına sahip olmak da iyi bir uygulamadır.

3.Sonuç

Bu çalışmada, REST API uygulamalarına yönelik en önemli güvenlik açıkları ve saldırılar araştırılırken, Açık Web Uygulaması Güvenliği Projesi (OWASP) tarafından üretilen API'ye özgü güvenlik açıkları listesine sıklıkla atıfta bulunulduğu ve bu liste içerisinde en kritik ve yaygın olarak bulunan açıkların yer aldığı tespit edilmişti

Bu çalışma sırasında detaylı olarak tartışılan API güvenlik açıkları şunlardır: Zararlı kimlik doğrulaması, zararlı yetkilendirme, aşırı veri ifşası, enjeksiyon, toplu atama, yanlış güvenlik yapılandırması, yetersiz günlük kaydı ve izleme, uygun olmayan varlık yönetimi, kaynak eksikliği ve oran sınırlaması.

Burp Suite ve OWASP ZAP, web uygulama güvenliği sızma testlerinde sıkça kullanılan test araçlarıdır. Bu araçların temel farkları şunlardır:

Temel Özellikleri	**Burp Suite**	**OWASP ZAP**
Otomasyon	Hem otomatik hem yarı otomatik süreçler sunar.	Kullanıcılara esneklik için bir otomasyon frameworku kullanır.
Kapsam	Etkili dahili özellikler çeşitliliği sistemin geniş kapsamlı sahip olmasını sağlar.	Testerlerin kapsamı attırmak için eklentiler kullanması gerekir.
Ölçeklenebilirlik	Geniş test etme yükümlülüklerini ölçeklendirmek için tasarlanmıştır.	Çok ölçeklenebilir ancak bazı sınırlamaları vardır.
Kesinlik	Yüksek doğruluk ve minimum yanlış pozitif üretilmiştir.	Çok doğru ancak tarayıcı kapsamında sınırlamalar vardır.
Maliyet	3 sürüm mevcut: Topluluk(ücretsiz) Profesyone (yıllık $499) Kurumsal (yıllık 8,395 den başlar .)	Ücretsiz

Bu çalışmanın amacı, API güvenlik açıklarını incelemek ve belirlemek, mevcut bir API çözümünün bu açıklar için test edilebileceği yöntemleri bulmak ve kuruluşlara araç seçiminde sistematik bir yaklaşım sunmaktır. Araştırma, bilinen API güvenlik açıklarını analiz ederek, bir API'nin güvenliğini değerlendirebilme ve geliştirme sürecinde bu açıkları otomatik olarak tespit edebilme konusunda rehberlik sağlar.

Bu çalışma, organizasyonların kendi özel ihtiyaç ve gereksinimlerine uygun olarak bilinçli kararlar vermelerine yardımcı olur. Araştırma, Burp Suite ve OWASP ZAP gibi

popüler test araçlarına değinerek, bu araçların API güvenlik testlerinde nasıl kullanılabileceği konusunda bilgi sunar. Ancak, araç seçimi sadece bir faktördür ve organizasyonlar kendi gereksinimlerine göre en uygun aracı seçmelidir.

Çalışmanın bir diğer önemli vurgusu, güvenliğin sürekli bir süreç olduğudur. Sistemlerin güvenliği, sadece başlangıçta değil, sürekli olarak geliştirme ve bakım süreçleri boyunca sağlanmalıdır. Bu nedenle, güvenlik kontrolleri ve testleri mümkün olduğunca otomatikleştirilmeli ve sistemdeki güvenlik açıklarının düzenli olarak izlenmesi ve düzeltilmesi sağlanmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, API güvenlik açıklarını belirleme, test etme ve güvenliği sağlama konularında kuruluşlara bir rehberlik sunarak, güvenlik odaklı bir yaklaşım benimsemelerine yardımcı olur.

Referanslar

A. Chuvakin and G. Peterson, "How to Do Application Logging Right," IEEE Security & Privacy, vol. 8, no. 4, pp. 82-85, July 2010.

Akamai, "API: The Attack Surface That Connects Us All," Computer Fraud & Security, vol. 2021, no. 9, pp. 1-20, 2021.

A. Munsch and P. Munsch, "The Future of API (Application Programming Interface) Security: The Adoption of APIs for Digital Communications and the Implications for Cyber Security Vulnerabilities," Journal of international technology and information management, vol. 29, no. 3, pp. 24-45, 1 July 2020.

G. Deepa and P. S. Thilagam, "Securing web applications from injection and logic vulnerabilities: Approaches and challenges," Information and software technology, vol. 74, pp. 160-180, 2016.

GitHub Security Lab: 2022 "Security Code Scan - static code analyzer for .NET,"

M. A. M. Yunus, M. Z. Brohan, N. M. Nawi, E. S. M. Surin, N. A. M. Najib and C. W. Liang, "Review of SQL Injection : Problems and Prevention," International Journal On Informatics Visualization, vol. 2, no. 3, pp. 215-219, 2018.

M. Jones, J. Bradley and N. Sakimura, "JSON Web Token (JWT)," May 2015. [Online]. Available: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7519. [Accessed 5 March 2022].ProgrammableWeb, "JSON is Clearly the King of API Data Formats in 2020," 3 April 2020.

M. Zhao, A. Laszka and J. Grossklags, "Devising Effective Policies for Bug-Bounty Platforms and Security Vulnerability Discovery," Journal of Information Policy, vol. 7, no. 1, pp. 372-418, 2017.

PortSwigger: 2022

T. McLean, "Critical vulnerabilities in JSON Web Token libraries," Auth0, 21 8 2020. Available: https://auth0.com/blog/critical-vulnerabilities-in-json-web-token-libraries/. [Accessed 19 April 2022].

The MITRE Corporation: 2022

The OWASP Foundation: 2022

International Congress of Engineering and Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-05-2

Captcha Güvenlik Zaafiyetleri ve Siber Saldırı Modellerinin Karşılaştırılması

Funda DİNÇER[1]
Metin TURAN[2]

Abstract

The wideness of the internet network and the increase in internet-based applications containing personal data cause the incidence of cyber-attacks to increase day by day. Many techniques and methods have been developed to attack web applications. While applying the methods developed for attack, robot programs prepared by the attackers try to reduce the duration of the attack and increase the effectiveness of the attack. The application called Captcha, "Completely Automated Public Turing Test to tell Computers and Human Apart ", which is one of the measures taken against robot systems in web applications, is an application that tests whether the user is human or not. Captcha, also known as Human Interactive Proof, is designed in a way that a human can easily pass but cannot be solved by a robot. Although Captcha is a precaution against cyber-attacks, its design may also contain vulnerabilities that can be resolved by a hacker. In particular, text-based captcha schemes can be subject to successful attacks due to careless design and security breaches. Many studies have been carried out proving whether the captcha application is impassable. Especially with the help of image processing methods, they were able to solve the original text by taking advantage of the design weaknesses of captcha with examples of captcha screenshots. Apart from the design model of Captcha, there are also types of cyber-attacks that can be exposed. One of them, dictionary attack, is spyware that repeats the character model of captcha. Spy applications that simulate the characters used by the captcha may be able to exceed a captcha without being subjected to image processing. In the study, the findings of the dictionary attack carried out by a robot were evaluated and compared with the captcha solutions realized with the help of image processing.

Keywords: Cyber attack, captcha, cyber security, vulnerability, image

[1] Istanbul Ticaret University, Computer Engineering Department, Orcıd: 0000-0002-1675-5673
[2] Istanbul Ticaret University, Computer Engineering Department, Orcid: 0000-0002-1941-6693

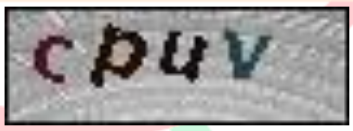
GİRİŞ

Bilgisayar uygulamalarında siber güvenlik sistemleri, cihazı ve uygulamaları siber saldırılara karşı korumaya yönelik alınan tedbirleri kapsar. Siber saldırı, saldırganın bir sistemi bozmak veya bilgi çalmak amacıyla onaysız erişim elde ettiği bir uygulamaya, erişimini sıklaştırarak zarar verme noktasına gelme isteğidir [1]. Uygulamalar geliştirilirken siber korsanlara karşı alınacak tedbirler hem sistemin çalışmasını hem de kullanıcılara ait verilerin çalınmasını engellemeye yönelik geliştirilmelidir. Siber güvenlik, kullanıcının ve ya kuruluşun siber ortamını korumaya yönelik tedbirler alınmasıdır. Saldırıları önlemek ve azaltmak için mevcut siber saldırı yöntemlerinin anlaşılması gerekmektedir [1].

Web uygulama güvenliği, güvenlik alanı söz konusu olduğunda önemli bir konu olmuştur. İnternetin büyümesi, herhangi bir web tabanlı sistemi farklı konumlardan ve çeşitli karmaşıklık düzeylerinden gelen saldırılara maruz bırakmıştır. Web uygulama güvenliği, özellikle web siteleri, web uygulamaları ve uygulama programlarının arabirimleri gibi web hizmetleriyle ilgilenir [2].

Web uygulamalarında siber saldırı amacı güden bot uygulamalara karşı alınan teknik bir önleme sistemi Captchalardır. CAPTCHA (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart), web sitelerini ve diğer çevrimiçi uygulamaları koruma amaçlı olarak , kullanıcının bir insan olmasının sağlanması ve bunun doğrulanması için geliştirilen etkin bir yöntemdir [3]. CAPTCHA bir bot ya da otomatik bir makine değildir. CAPTCHA kullanıcıya basit bir test sunarak, yetkisiz erişim gerçekleştirmek ve ya parola korumalı bir hesaba girmek için çalışanın bir bilgisayar değil bir insan olduğunu kanıtlamaya yardımcı olur [3].

CAPTCHA araştırmacılar tarafından metin tabanlı, görüntü tabanlı, ses tabanlı ve video tabanlı captcha olarak sınıflandırılmıştır [4]. Captchanın en yaygın uygulaması, gürültülü arka planda görüntülenen birkaç bozuk karaktere sahip bir görüntüdür [4]. Bu görüntüdeki karakterleri kullanıcının doğru sıralama ile yazması istenir. Şekil 1'de metin tabanlı bir captcha örneği verilmiştir.



Şekil 1. Metin tabanlı bir captcha örneği

CAPTCHA'nın kullanılabilirliği ve sağlamlığı üç ana konu olan; bozulmayla ilgili sorunlar, içerik ile ilgili sorunlar ve sunum ile ilgili sorunlar şeklinde incelenmiştir [4]. Bozulma, mevcut bilgisayar programlarının captchayı tanımasını zorlaştırır ancak yüksek düzeyde bozulma okunabilirliği ve buna bağlı olarak kullanılabilirliği olumsuz etkiler. İçerik olarak ise; karakter kümesinin buyutu, sözcüksel olan ya da olmayan dizelerin kullanımı, dizenin uzunluğu ve rahatsız edici sözcüklerin kullanımı CAPTCHA kullanımını olumsuz etkiler. Sunum tarafında da kullanılan birden fazla yazı tipi türü ve boyutu, farklı renk ve arka plan deseni kullanımı CAPTCHA'nın okunabilirliğini olumsuz etkileyen faktörler olmuştur [4].

CAPTCHA kasıtlı bir tasarıma sahip olmazsa uygulaması zor ve risklidir. Özellikle metin tabanlı captcha şemalarına yönelik bir çok saldırı gerçekleşmiştir ve saldırıların çoğu tasarım ve güvenlik ihmalinden kaynaklanmıştır [5]. Her ne kadar siber saldırılara karşı önlem alınsa da önlemlerin sürekli aynı formatta oluşu ve tek düzelik saldırganlar tarafından yeni teknikler geliştirilerek aşılabilmektedir. Sözlük tabanlı tekrar saldırılarında siber korsanlar daha önceki CAPTCHA ve cevaplarını bir sözlükte toplayıp daha sonra bu cevapları tekrar kullanarak saldırıları gerçekleştirebilirler. Dış kaynak kullanım saldırılarında bot kullanıcıları hem oyun oynayarak hem de captchaların zorluklarını aşmaları için düşük ücretli ülkelerdeki kişilere bu saldırıları yaptırabilirler [6]. Metin tabanlı captcha saldırılarının en önemli kısmı görüntü işleme ve görüntü tarama kısmı olduğu tespit edilmiştir [5]. Jeff Yan ve Salah El Ahmad tarafından yayınlanan makalede segmentasyona dirençli olarak tasarlanmış bir Microsoft CAPTCHA'nın güvenliği incelenmiştir [7]. G.Mori ve Malik CAPTCHA'yı kırmayı başaran gelişmiş nesne tanıma algoritmalarıyla ilgili bir çalışma yapmışlardır [8]. Yan, kullandığı algoritma ile bir dizi eğitim verisinden koşullu olasılıkları öğrenerek, diğer veri kümelerindeki eksik değişken olasılığını anlayabileceğini öngörmüştür [5]. Huang Shu-guang, Zhang Liang ve ekibinin yayınladığı çalışmada CAPTCHA görüntülerini tanımak için RNN'nin (Recurrent Neural Network) gelişmiş hali olan bütünsel doğrulamaya dayalı bir algoritma önerilmiştir [9]. Shatora Usuzaki ve ark. Otomatik saldırılara karşı direnci değerlendirmiş ve bot ile insan arasındak meydana gelen CAPTCHA'yı başarılı şekilde kırmayı zorlaştıran gecikme süresine dikkat çekmişlerdir [10]. Xio Lung-zi ve Zhang Yi-Chan tarafından bir bankanın kullandığı captchaların ekran görüntüleri alınarak CAPTCHA karakter çözümlemesi yapılmıştır [5]. Ms Rohini B. Varne ve R.V. Mave tarafından CAPTCHA tasarımını açıklayan bir sistem önerilmiştir [11]. Abdulaziz S Almazyoed ve ark. da CAPTCHA'ların saldırılara karşı direncini arttıracak bir CAPTCHA' modeli önermişlerdir [12]. C.Shabo Bindu tarafından yapılan çalışmada görüntüye dayalı yeni bir CAPTCHA modeli önerilmiş ve CAPTCHA'rın diğer tasarım modellerine göre güvenliği kıyaslanmıştır [13]. Hogin Veng ve ekibi ise çalışmasında eğitilmiş veriler ile CAPTCHA'ya karşı gerçekleştirilen otomatik CAPTCHA saldırıları, görüntü tanıma ve insan emeğinin kullanıldığı saldırılara değinmişlerdir [14].

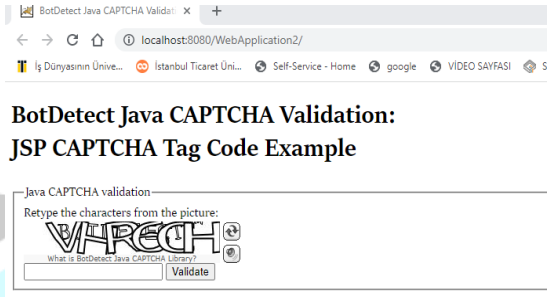
CAPTCHA çözümlemeye yönelik çalışmaların çoğu görüntü işleme teknikleriyle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Fakat özellikle metin tabanlı CAPTCHA'lar için gerçekleştirilebilecek olan bir siber saldırı tekniği görüntü şemasından ayrı düşünülmelidir. Bu çalışmada geliştirilecek olan bir CAPTCHA' uygulamasını sözlük saldırısına maruz bırakarak sonuçları görüntü temelli saldırı tekniği ile kıyaslamak amaçlanmıştır. Bu tür bir saldırının yaratacağı kırılganlığı ve CAPTCHA'nın sunmuş olduğu güvenlik düzeyi anlamaya yönelik testler uygulanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

YÖNTEM

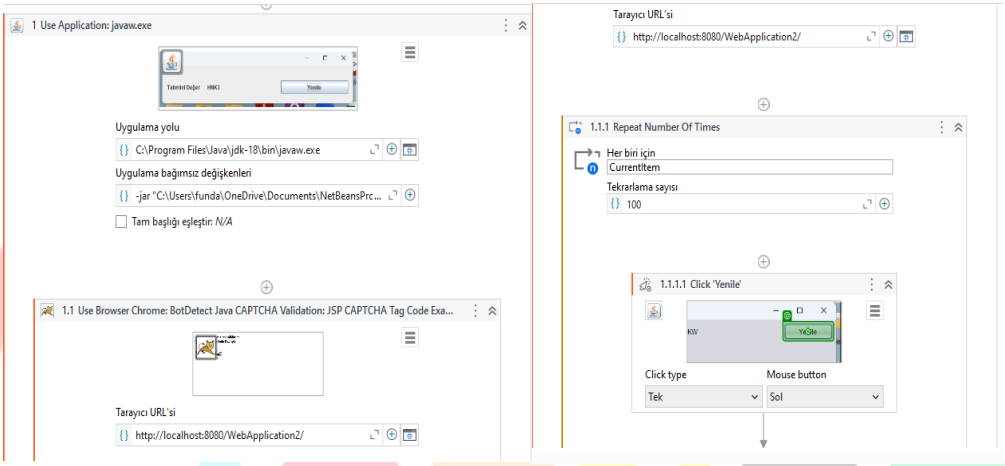
Mataryel ve Metod

Yapılan çalışmada Botdetectcaptcha isimli web sitesinden sağlanan CAPTCHA örnekleri kullanılmış olup; bir web sayfasına entegre edilerek, java programlama diliyle hazırlanan bir program yardımıyla Uipath stüdyoda yazılmış bir robot tarafından sözlük

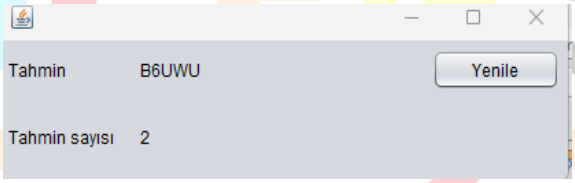
saldırısına maruz bırakılmıştır. Robotun sisteme müdahalesi her yüz döngüde gerçekleşen saldırı sonrası yorumlanıp güncellenen program ile tekrarlanarak, oluşan çıktılar incelenip değerlendirilmiştir. Şekil 2, 3 ve 4'te ilgili programlara ait ekran görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2. Saldırıya maruz kalan web sayfası



Şekil 3. Siber saldırı döngüsünü gerçekleştiren robota ait görüntüler



Şekil 4. Siber saldırı program

Çalışmanın Aşamaları

İlk olarak sözlük saldırısının gerçekleşeceği web sayfasında CAPTCHA örnekleri incelenerek, bu örnekleri barındıran bir alfabe oluşturulmuştur. Bu alfabe casus programımızın saldırıyı gerçekleştirirken oluşturduğu CAPTCHA karakterlerini üretmek için kullanılmıştır. İkinci olarak oluşan CAPTCHA'ların uzunluğunun birbirinden farklı olarak 4, 5 ve 6 karakter şeklinde oluştuğu görülmüştür. Casus programımız da tasarlanırken oluşan karakter sayıları dikkate alınarak rastgele seçim yöntemiyle 4,5 ve 6 karakterli girdiler elde edecek şekilde tasarlanmıştır. Program çalıştırılıp yüz tekrarı içeren bir döngüyle saldırı gerçekleştirildiğinde bu süreç içinde web sayfasında oluşan CAPTCHA karakterleri ve casus programın ürettiği CAPTCHA karakterleri karşılaştırılarak sonuçları değerlendirilmiş, casus programın kullandığı sözlük hakkında gerekli güncellemelerin yapılacağı noktalar araştırılmıştır. Web sayfası örneklerine dayalı ilk karakter kümesi aşağıda gösterilmiştir. Alfabede rakam ve

harflerden oluşan karakterlerin kullanıldığı görülmüştür. Bu özellikler ile doğru karakter dizilişini bulma olasılığımız aşağıdaki formül ile hesaplandığında;

Uzunluğu sabit bir CAPTCHA karakter kümesi:

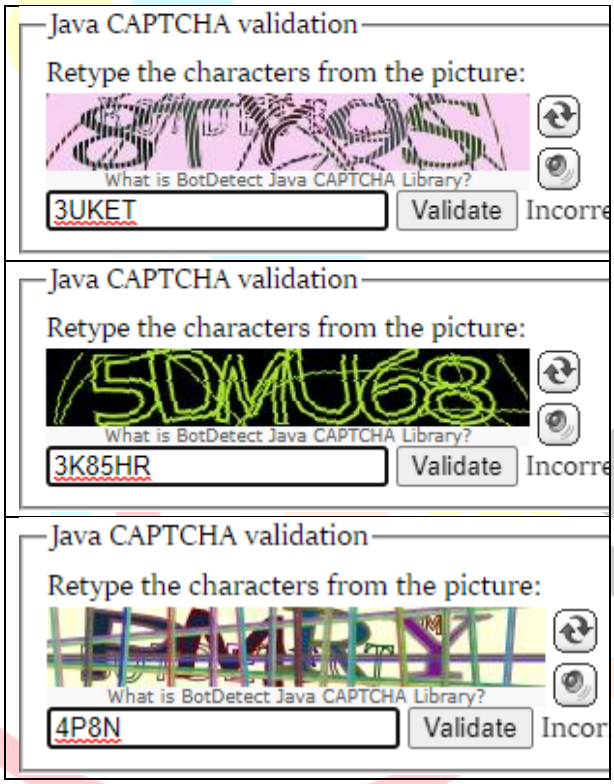
{'A','B','C','D','E','F','G','H','I','J','K','L','M','N','O','P','Q','R','S','T','U','V','W','X','Y','Z','1','2','3','4','5','6','7','8','9'}

26 karakter + 9 rakamdan toplam her karakter için 35 farklı seçim yapılabileceği ve tekrarın da mümkün olduğu bir dizilişte 4 uzunluğundaki bir CAPTCHA seçimi;

$35.35.35.35 = 35^4$ farklı biçimde olabilir.

Doğru CAPTCHA seçim olasılığı bu durumda $P(\text{Doğru} \mid \text{CAPTCHA}) = 1/35^4$ olacaktır. 5 ve 6 dizilişli CAPTCHA'lar söz konusu olduğunda bu oranın uzunluğa bağlı olarak üstsel daha da düşeceği açıktır. Bu durum, düşük bir olasılık değeri ile CAPTCHA'yı güvenli kıldığı görülebilir.

Casus programımızda ilk olarak bu karakter kümesi kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Program çalışırken alınan ekran görüntülerinden bazı örnekler Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Saldırı sırasında alınan ekran görüntüleri

Ekran görüntüleri yardımıyla alınan CAPTCHA örnekleri ve casus programın ürettiği girdiler kullanılarak karakter analizi yapılmıştır. Bu analize ait bulgular ışığında hangi karakterin kaç kez kullanıldığı ya da hiç kullanılmadığı bilgisine ulaşılabilmiştir. Ayrıca CAPTCHA ve casus programın oluşturduğu dizi uzunluklarının da her zaman eşleşmediği görülmüştür. Takip eden aşamalarda öncelikle casus programın doğru karakteri yakalayabilmesi amacıyla yaygın kullanılan alfabe belirlenmeye. Bu amaçla incelediğimiz ilk 19 denemede oluşan karakter analizine ait bulgulardan bazı örnekler Şekil 6'da gösterilmiştir.

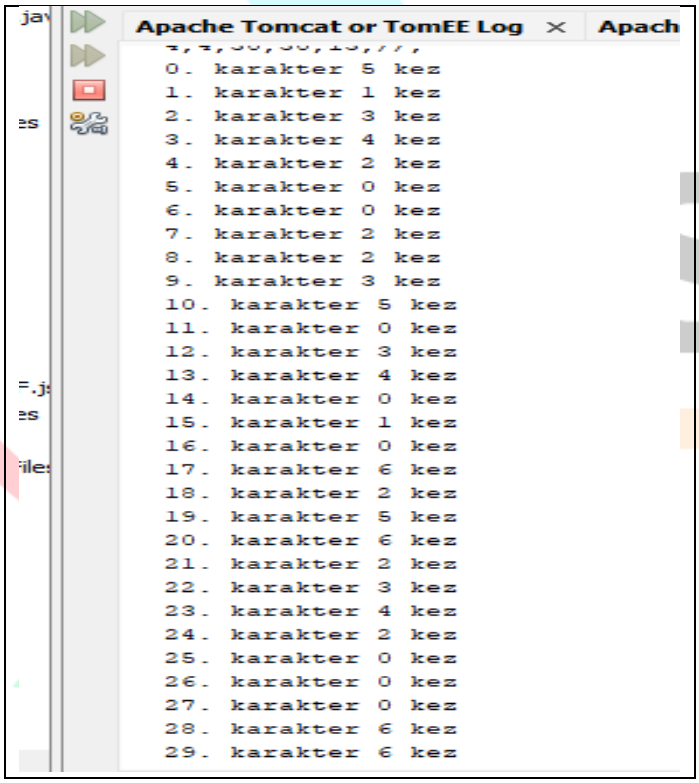


Şekil 6. Program çıktısı ekran görüntüleri

Yukarıda verilen siber saldırıya ait ekran görüntülerinde, CAPTCHA değeri ve casus programın girdisi yer almaktadır. Çıktıda yer alan verilerde kullandığımız alfabe karakterleriyle oluşan girdilerimizin CAPTCHA örnekleriyle benzerlik göstermediği görülmüştür. Çıktılara ait 19 ekran görüntüsünün analizi yapılmış olup çıktılar yorumlanmıştır. Çıktılara ait indis sıraları elde edilmiş ve tekrar eden karakter sayıları bulunmuştur. Şekil 7'de ilgili çıktıların alfabedeki indis numaraları gösterilmiştir. Şekil 8'de ise indis numaralarına ait karakterlerin kaç kez kullanıldığına yer verilmiştir.

```
run:
Captcha dizim .
30,34,2,3,//,
7,30,3,29,//,
13,0,8,29,22,28,//,
10,23,33,24,23,//,
0,29,30,28,//,
13,20,28,33,1,17,//,
33,22,8,19,34,30,//,
22,33,20,9,20,//,
10,18,29,33,3,//,
18,19,19,33,33,//,
23,19,17,4,23,//,
24,30,13,12,12,0,//,
17,29,17,21,20,//,
15,28,3,17,//,
28,19,28,17,10,//,
9,0,2,29,//,
20,12,10,9,0,//,
33,2,20,13,//,
4,21,10,7,//,
```

Şekil 7. Web sayfasına ait CAPTCHA'nın kullandığı ilk 19 karakter için alfabe indisi örnekleri



Şekil 8. Alfabede kullanılan karakterlerin captcha üretilirken kullanım sıklığı

Kullanılan karakterlerin sıklığı incelendiğinde alfabenin; 5, 6, 11, 14, 16, 25, 26 ve 27. karakterlerinin hiç kullanılmadığı tabloda görülmektedir.Bu aşamada yapacağımız, hiç kullanılmayan karakterleri casus programın kullanacağı karakter alfabesinden çıkarmaktır. Yukarıda belirtilen indislere denk gelen karakterler sırasıyla; F, G, L, O, Q, Z, 1, 2 karakterleridir. Bu detaylarla oluşturacağımız yeni alfabe ;

{‘A’,’B’,’C’,’D’,’E’,’H’,’I’,’J’,’K’,’M’,’N’,’P’,’R’,’S’,’T’,’U’,’V’,’W’,’X’,’Y’,’3’,’4’,’5’,’8’ ,’9’} şeklinde olacaktır.

İkinci aşamada yeni oluşturulan karakter alfabemiz ile casus programımız tekrar sözlük saldırsı için yüz tekrar içeren döngülük saldırıya maruz bırakılmıştır. Şekil 9 ve 10’da bu döngü sonucunda oluşan program çıktıları sunulmuştur.

Captcha dizim .	Program dizim .
7,29,20,4,//,	8,18,10,1,4,9,//,
30,9,12,22,21,30,//,	1,34,29,19,21,//,
31,20,33,4,//,	29,19,23,12,24,24,//,
30,23,9,1,//,	34,22,19,30,//,
34,3,17,7,24,28,//,	4,24,6,23,//,
17,22,22,17,23,//,	17,23,1,10,9,15,//,
4,4,2,33,33,//,	6,19,6,0,//,
6,22,12,28,//,	0,19,29,34,33,//,
33,31,12,3,3,//,	2,9,18,6,20,4,//,
31,13,17,21,//,	13,1,4,7,//,
10,34,19,0,//,	22,21,20,29,10,20,//,
34,18,33,18,4,//,	29,33,34,10,//,
12,31,7,34,9,1,//,	15,30,10,34,7,//,
1,13,13,15,17,30,//,	8,15,29,4,6,//,
20,34,23,0,3,30,//,	12,23,6,30,23,//,
13,15,10,4,0,24,//,	0,15,12,13,//,
29,29,4,23,31,//,	19,12,0,7,29,//,
22,9,17,9,17,33,//,	6,8,29,34,//,
4,9,22,18,19,//,	34,23,23,13,//,

Şekil 9. Web sayfasında oluşan ve casus programın oluşturduğu karakterlerin dizi indisleri

```
CAPTCHA güncel sözlük : 0. karakter 3 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 1. karakter 3 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 2. karakter 1 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 3. karakter 4 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 4. karakter 8 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 5. karakter 0 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 6. karakter 1 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 7. karakter 3 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 8. karakter 0 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 9. karakter 6 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 10. karakter 2 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 11. karakter 0 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 12. karakter 4 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 13. karakter 4 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 14. karakter 0 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 15. karakter 2 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 16. karakter 0 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 17. karakter 7 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 18. karakter 3 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 19. karakter 2 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 20. karakter 3 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 21. karakter 2 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 22. karakter 6 kez
CAPTCHA güncel sözlük : 23. karakter 4 kez
```

Şekil 10. Güncel sözlüğümüze göre web sayfasının ürettiği captcha karakterlerinin kullanım sıklığı

İkinci aşamada elde edilen CAPTCHA ve program karakter indisleri incelendiğinde ilk 19 veriye ait indislerin eşleşmediği görülmektedir. Bu aşamada bu indisler yardımıyla

alfabemizi güncellemek için, saldırıya uğrayan web sayfasındaki CAPTCHA uygulamasının, ekrana girdileri girenin robot olduğunu varsayarak ya da insan kullanıcısının tekrar girişlerini referans alarak bir algoritma kullanabileceği öngörüsüyle, karakter alfabemiz bir güncelleme işlemine tabi tutulmuştur. Buradaki güncellemedeki amacımız casus programın girdiği karakterlerin CAPTCHA'nın bir sonraki adımında hangi karakterleri ekrana getirdiğini etkileyip etkilemediği olmuştur. Buna istinaden alınan ekran görüntü örnekleri incelenerek casus programın ürettiği karakterler sırasıyla ele alınarak bir sonraki CAPTCHA örneğinde aynı sıradaki karakter eşleştirilmiştir.



Şekil 11. İlk captcha ve girdi



Şekil 12. İkinci captcha ve girdi

Şekil 11 ve 12 'de verilmiş CAPTCHA ve girdi örneklerinde bulunan girdi sonraki oluşan CAPTCHA karakterinde hangi karakterlerin oluşumunu sağlamış buna bakacağız. Bu varsayımla;

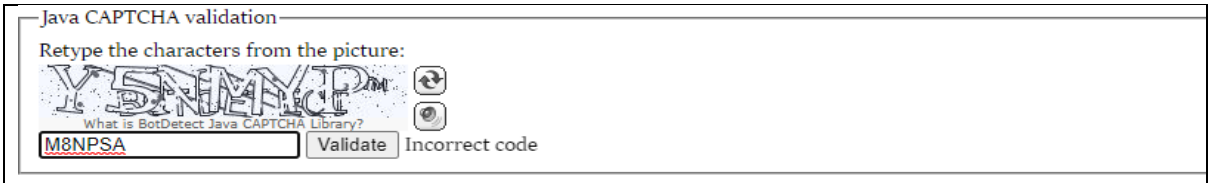
Örneğimize göre; girdimizde bulunan 8, 5, T, H ve N karakterlerine sırasıyla V, P, W, W karakterlerinin denk geldiğini görüyoruz, burada girdi 5 karakterden oluşurken CAPTCHA 4 karakterli olduğundan biz girdimizin karakter sayı ve sırasına göre işlem yapacağız. Bu düzenle birbirini takip eden örnekler ele alınarak her alfabe karakterine denk gelen karakterler ilişkilendirilmiştir. İlişkilendirilen karakterler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1- Eşleşen karakterler tablosu

Karakter	Eşleşen karakterler	Karakter	Eşleşen karakterler
A	8, N, M	**T**	S, K, E, Y, C, B, 8
B	9, W	**U**	N, S, Y, W, J, X, 3, C, V
C	S, H	**V**	B, U, H, C
D	3, 6, Y	**Y**	9, X, 8
E	9, X, V, 6, B, 4, 8, P, N	**W**	A, 5, 3, T, D, C, J, U, P, V, K
H	X, P, M, N, Y	**X**	S
J	5, C, E, K, R, H, A, M, N, 8	**3**	9, V, M, T, W
K	W, S, K, 8	**4**	W, 8
M	9, R, K, D, P, 5	**5**	S
N	T, 5, Y, K, M, X, N, C	**6**	K, S, P, D, A
P	Y, 6, A, U, N, 5	**8**	N, 9, T, 4, H, P, 8, D, B, 5, U, M, J, K, P, 6
R	5, Y, E	**9**	6
S	8, T, S, P, X, V		

Oluşturduğumuz bu tablo yardımıyla güncellediğimiz casus programımız ile web sayfamız 100 tekrardan oluşmak üzere, yeniden saldırı döngüsüne sokulmuş ve benzer karakterlerin oluşup oluşmadığı incelenmiştir. Oluşan ekran görüntülerinden bazıları aşağıda sıralanan şekillerde gösterilmiştir.

Tablo 2. Çalışma sonucu oluşan ekran görüntüleri



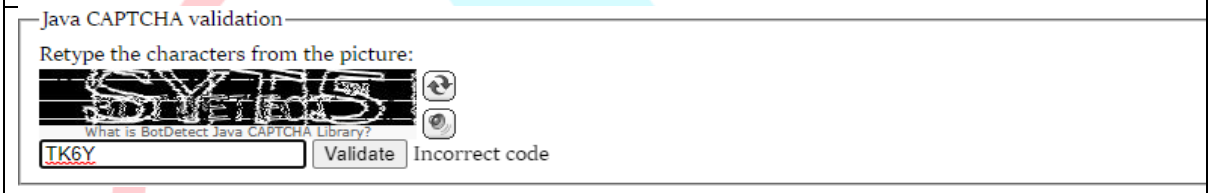
Şekil 13. Ekran görüntü örneği

Şekil 13'te M, N ve P ortak karakterlerine yeni eşleştirmemizle casus programın ürettiği girdide ulaştığımız görülmüştür. Ayrıca bu çıktıda CAPTCHA ve girdimizin karakter sayılarının da aynı geldiği görülmektedir.



Şekil 14. Ekran görüntü örneği

Şekil 14'te V, N ve H harflerini casus programımızın benzer karakter yakaladığı başka bir örnek olmuştur.



Şekil 15. Ekran görüntü örneği

Şekil 15'da Y, T, karakterleri sıralama aynı olmasa da girdi ve CAPTCHA'da yer almışlardır. Girdi ve CAPTCHA karakter sayısının bu çıktı da aynı olduğu görülmektedir.

Şekil 16. Ekran görüntü örneği



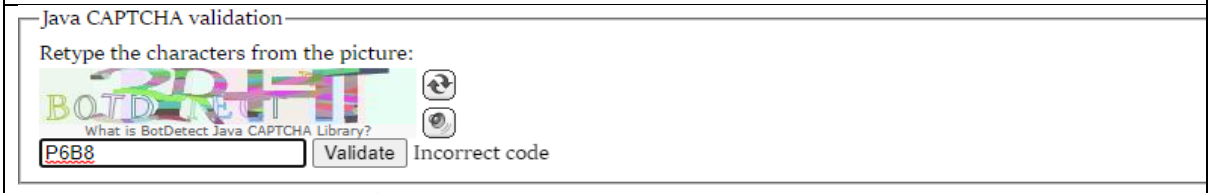


Şekil 17. Ekran görüntü örneği



Şekil 18. Ekran görüntü örneği

Şekil 16'da SW, Şekil 17'de K5 ve Şekil 18'de N3 ikilisinin casus program tarafından yakalandığı görülmüştür. Ayrıca Şekil 18'de karakter sayılarının aynı geldiği görülmektedir.



Şekil 19. Ekran görüntü örneği

Yukarıda örneği verilen eşleşmelere dışında hiç eşleşmeyen karakter örneklerine de rastlanmıştır (Şekil 19).

Son güncellenen alfabemize göre yapılan çalışma sonuçlarında girdi karakterlerinin diğer iki döngüye göre artık benzer karakterleri getirdiği gözlemlenmiştir.

Elde Edilen Bulgular

Gerçekleştirilen sözlük saldırısında casus program tarafından oluşturulan olası karakter değerleri, sıralı bir şekilde CAPTCHA'ların barındığı web sayfasına müdahale etmiştir. Her doğrulama olayından sonra captchanın ekranda yenilenmesi söz konusudur. Bu yenilenen karakterlerde dikkat çeken; casus programın oluşturduğu karakterleri dikkate alarak oluşturulan CAPTCHA karakterinin niteliği olmuştur. Casus programın getirdiği karaktere göre CAPTCHA karakter dizilimi yaptığı gözlemlenmiş ve güncel alfabede bu duruma göre karakter eşleştirmesi yapılmıştır. Bu bulgular eşliğinde çalışmada oluşturulan saldırı amacı güden sözlük güncellenerek yeniden oluşturulmuştur. Devam eden saldırılarda gözlemlenen CAPTCHA karakterlerinin casus programın ürettiği tahmin karakteriyle en fazla üç tanesinin eşleştiği görülmüştür. Casus programın kullandığı sözlük alınan çıktılar ışığında güncellendikçe programın başarılı olma ihtimalinin artacağı öngörülmüştür.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Sonuç olarak tek tip saldırılara karşı yapılan çalışmalar sistemin gelişmesini de tek yönlü sağlamaktadır. Görüntü teknikleri kullanılarak yapılan çalışmaların captchanın tasarımındaki sağlamlığı yönünde gelişmelere sebep olur. Fakat farklı türdeki saldırılarla da CAPTCHA uygulamasına saldırı gerçekleştirilebileceği aşikardır. Çalışmada gerçekleştirilen sözlük saldırısı buna örnek olmuştur. Bu sebeple CAPTCHA uygulamaları için farklı saldırı senaryoları dikkate alınarak geliştirilmesinin daha uygun olacağı gözlemlenmiştir. Tasarım kuvvetlendirilirken, CAPTCHA karakterini oluşturan algoritmanın zayıf bırakılması CAPTCHA uygulaması için yeterli güvenliği sağlamamaktadır. Özellikle metin tabanlı CAPTCHA şemalarının daha uzun süre kullanılabilirliğinin arttırılması bu saldırılara karşı alınan önlemlerle mümkündür.

Kaynaklar

[1] Zakaria K. N. , Zainal A. , Othman S.H. , Kassim M. N. .(2019, September). Feature extraction and selection method of cyber-attack and threat profiling in cyber security audit. 2019 International Conference on Cybersecurity. Doi: 10.1109/ICoCSec47621.2019.8970786

[2] Kubota K., Oo W.K.K., Koide H. (2020). A new feature to secure web applications. *2020 Eighth International Symposium on Computing and Networking Workshops.* Doi: 10.1109/CANDARW51189.2020.00071.

[3] K. Anjitha, I.K. Rijin. (2015, October). Captcha as graphical passwords-enhanced with video-based captcha for secure services. 2015 International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology . Doi: 10.1109/ICATCCT.2015.7456884

[4] Ojonukpe S. Egwuche, Mutiu Ganiyu, Abiona A. Akeem.(2022, April). assessing the vulnerabilities of internet users to cyber-attacks using their password login patterns. 2022 IEEE Nigeria 4th International Conference on Disruptive Technologies for Sustainable Development . *Doi:* 10.1109/NIGERCON54645.2022.9803155

[5] Xiao Ling-Zi**,** ZHANG Yi-Chun. **(**2012, October) A Case Study of Text-Based CAPTCHA Attacks. Communication University of China. 2012 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery. Doi: 10.1109/CyberC.2012.28

[6] Yan J. (June 2006). *Bot, cyborg and automated turing test.* 13.05.2023. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-04904-0_26

[7] Yan J, Ahmad Salah El Ahmad. (2008, October). A low-cost attack on a Microsoft CAPTCHA, *Proceedings of the 15th ACM conference on Computer and communications security*. Doi:10 .1145/1455770.1455839.

[8] Greg M., Jitendra M. (2003, June). Recognizing objects in adversarial clutter: breaking a visual captcha. 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Doi**:** 10.1109/CVPR.2003.1211347

[9] Shu-guang H., Liang Z., Peng-po W., Hong-wei H. (2011, October). A captcha recognition algorithm based on holistic verification. 2011 First International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control. Doi**:** 10.1109/IMCCC.2011.136

[10] Usuzaki S., Aburada K., Yamaba H, Katayama T., Mukunoki M., Park M., Okazak N. (2018, October). Interactive video captcha for better resistance to automated attack. 2018 Eleventh International Conferenceon Mobile Computing and Ubiquitous Network. Doi**:** 10.23919/ICMU.2018.8653624.

[11] Varne R. B., Mane R. V. (2014, August). CAPTCHA: A robust approach to resist online password guessing attacks. 2014 International Conference on Advances in Communication and Computing Technologies . Doi**:** 10.1109/EIC.2015.7230731.

[12] Almazyad A. S., Ahmad Y., Kouchay S. A. (2011, April). Multi-modal captcha: a user verification scheme. 2011 International Conference on Information Science and Applications. Doi**:** 10.1109/ICISA.2011.5772421.

[13] Bindu C. S., (2015, June). Click based graphical captcha to thwart spyware attack. 2015 IEEE International Advance Computing Conference. Doi**:** 10.1109/IADCC.2015.7154723

[14] Weng H., Zhao B., Ji S., Chen J., Wang T., He Q., Beyah R. (2019, June). Towards understanding the security of modern image captchas and under ground captcha solving services. *Big Data Mining and Analytics ,2,* 2. Doi: 10.26599/BDMA.2019.9020001.

INTERNATIONAL
CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

4-İyodobenzohidrazitten Türetilen Yeni İyotlu Hidrazon Bileşiklerinin Sentezi, Antioksidan Aktiviteleri ve İn Siliko Çalışmaları

Bedriye Seda KURŞUN AKTAR[1]

Öz

Serbest radikallerin, vücudumuzda üretilmesi özellikle kanser gibi ölüm riski yüksek olan hastalığın oluşumuna neden birçok hastalığın temelini oluşturmaktadır. Bu tür rahatsızlığın bertarafı için birçok çalışma yapılmaktadır. Serbest radikallerin neden olduğu hastalıklar için klinik tedavide kullanılmak üzere uygun bir ilaç bulmak hem süreç gerektiren hem de maliyet gerektirmesinin yanı sıra neden olduğu hastalığın ölüm riski yüksek olan rahatsızlıklara tehlikesinin oluşumuna önlemek adına antioksidanların kullanımı gerekmektedir. Tedavide kullanılan belirli kullanım sınırlılığına sahip birçok antioksidan ajan bulunmaktadır. Kullanım sınırlılığı olan bu antioksidanlardan daha etkin ve toksik etkisi olmayan yeni antioksidan ajanlarına gereksinim duyulmaktadır.

Azometin grubu içeren Schiff bazlarının, özel bir üyesi olan hidrazonlar biyolojik aktivite açısından oldukça zengin oldukları için ilaç tasarımında önemli bir yere sahiptir. Hidrazonlar, antioksidan, antiviral, analjezik, antiepileptik, antienflamatuvar, antimikrobiyal ve antikanser gibi birçok biyolojik aktiviteye sahiptir. Bundan dolayı bu çalışmada 4-iodobenzohydrazide başlangıç maddesi seçilerek; florlu aldehitlerle (2-F, 3-F, 4-F, 2-CF_3, 3-CF_3, 4-CF_3) asetonitrilli ortamda 8 saat reaksiyona sokularak iyotlu hidrazon bileşikleri elde edildi. Elde edilen iyotlu hidrazon bileşiklerinin yapısal karakterizasyonu FT-IR, ^{1}H NMR ve element analizi aydınlatıldı. Daha sonra antioksidan aktivite özellikleri (ß-karoten linoleik asit, DPPH, ABTS, CUPRAC) incelendi ve en son ilaç tasarımında önemli olan SwissADME programıyla (H-bağı Alıcı, H-bağı verici, TPSA, Lipinski, iLogP, GI Emilim, BBB, geçirgenlik) ilaç olabilme özellikleri incelendi.

Anahtar Kelimeler: Hidrazon, Antioksidant Aktivite, SwissADME, Schiff bazı, Serbest radikal

[1] Dr. Öğr. Üyesi., Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Yeşilyurt Meslek Yüksekokulu, Saç Bakımı Ve Güzellik Hizmetleri Bölümü, Orcid: 0000-0002-1492-3266

1. GİRİŞ

Organizmada normal metabolik yolların işleyişi sırasında veya çevresel ajanlar (pestisidler, aromatik hidrokarbonlar, toksinler, çözücüler vb.), stres, radyasyon gibi çeşitli dış faktörlerin etkisiyle serbest radikaller meydana gelmektedir. Serbest radikaller dış orbitallerinde ortaklanmamış elektron bulunduran, kısa ömürlü, reaktif moleküllerdir. Serbest radikallerin en önemlileri süperoksit radikali ($O_2^{\bullet-}$), hidroksil radikali ($^{\bullet}OH$), singlet oksijen ($^1O_2$) ve radikalik olmayan hidrojen peroksit (H_2O_2) ve peroksinitrit ($ONOO^-$) olup "reaktif oksijen türleri (ROT) olarak bilinirler. ROT'lar organizmada lipidler, nükleik asitler, proteinler ve karbonhidratlar gibi biyolojik moleküllerle kolayca reaksiyona girebilirler. Bu yüzden yaşlanma, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, immün sistem hastalıkları, katarakt, diyabet, böbrek ve karaciğer hastalıkları gibi pek çok hastalıktan sorumlu tutulurlar (Halliwell ve Gutterıdge, 1990: 1-85).

Antioksidanlar serbest radikallerin etkilerini yok edici sistemlerdir. Vücutta ROT'ların oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek üzere enzimatik veya enzimatik olmayan birçok endojen antioksidan savunma mekanizması bulunmaktadır. Bunun yanında bazı ilaçlar, vitaminler ve sentetik gıda antioksidanlarıda eksojen antioksidanlar olarak değerlendirilebilir. Serbest radikal oluşumunu geciktiren veya tamamen durduran koruyucu antioksidanlar (enzimler, metal şelatörleri) veya lipid peroksidasyonunun ilerlemesini engelleyen zincir kırıcı antioksidanlar olarak etki gösterirler.

Biyomolekülleri oksidasyon hasarından koruyan ve organizmanın kendisinin sentezlediği ya da dışarıdan alınan antioksidanlara olan ilgi son yıllarda giderek artmaktadır. Hidrazonlar, azometin grubu içeren Schiff bazlarının özel bir üyesidir. Hidrazonlar geniş bir biyolojik aktiviteye sahip olup son yıllarda antioksidant aktivitesi üzerine birçok araştırma bulunmaktadır. Bundan dolayı sentelediğimiz birleşiklerde hem yeni sentezlenmiş molekül olarak hemde biyolojik aktivitelerinin literature kazandırılacak olması son derece önem arz etmektedir.

2. YÖNTEM

2.1. Gereçler

Kullanılan 4-iyodobenzoil klorür ve hidrazin monohidrat Sigma Aldrich firmasından, diklormetan, asetonitril ve asetik asit Honeywell firması tarafından temin edilmiştir. İnce tabaka kromatografisi TLC Silica Gel 60 F254 25 Aluminium Sheets 20 X 20 ile; Elementel analizler (C,H,N,S), Thermo Scientific Flash 2000 Organic Elementar Analyzer cihazı ile; Fourier-Transform IR spektrumları, Bruker Alpha 4000-400 cm-1 dalga boyu aralığında, ATR modülü ile; ^{1}H NMR spektrumları, Bruker Avance 400 MHz spektroskopisi ile tespit edildi.

2.2. Yöntemler

2.2.1. 4-İyodobenzohidrazit Sentezi :

Eş değer mol 4-iyodobenzoil klorür ile % 99'luk hidrazin monohidrat diklormetanlı ortamda 1 saat geri soğutucu altında karıştırıldı ve soğumaya bırakıldı ve elde edilen katı süzüldü. Su ile yıkandı ve etanolle yıkayarak saflaştırıldı (Oruç vd. 2004: 6760-6767).

2.2.2. *N*'-(Sübstitüebenziliden)-4-iyodobenzohidrazit (1-7)

F ve CF_3 gruplarının farklı konumlardan bağlı olduğu florlu aldehitler, asetonitrilde çözülür üzerine, birkaç damla glaseik asit damlatıldı ve daha sonra asetonitrilde çözülmüş 4-iyodobenzohidrazitte eklenerek geri soğutucu altında 9 saat kaynatıldı.. Daha sonra reaksiyon İTK ile kontrol edildi ve reaksiyon taamamlanmışsa soğumaya bırakıldı. Elde edilen madde

süzüldü, kurutuldu ve etanolle yıkayarak saflaştırıldı (Bozkurt vd. 2020: 702-714); (Kurşun Aktar vd. 2022: 236-252); (Mohsen vd. 2015:10-14).

2.3. **Antioksidan Aktivite Testleri**

Sentez ürünlerinin DMSO içerisinde farklı konsantrasyonlardaki stok çözeltileri hazırlandı. Kontrol olarak DMSO kullanıldı.

2.3.1. β-karoten-linoleik Asit Renk Açılım Aktivitesi Yöntemi

İyotlu hidrazon bileşiklerinin (**1-7**), β-karoten-linoleik asit renk açılım aktivitesi Miller, 1971 literatüründeki metoda göre yapılmıştır (Miller, 1971:91).

2.3.2. DPPH Serbest Radikal Giderim Aktivite Yöntemi

İyotlu hidrazon bileşiklerinin, DPPH serbest radikal giderim aktivitesi Blois, 1958 literatüründeki metoda göre yapılmıştır (Blois, 1958: 1199-1200).

2.3.3. ABTS Katyon Radikal Giderim Aktivitesi Yöntemi

İyotlu hidrazon bileşiklerinin, ABTS katyon radikal giderim aktivitesi Re 1989 literatüründeki metoda göre yapılmıştır (Re vd., 1989: 1231-1237).

2.3.4. CUPRAC Aktivite Yöntemi (Bakır (II) İndirgeme Gücü)

İyotlu hidrazon bileşiklerinin, **CUPRAC aktivite yöntemi (Bakır (II) indirgeme gücü)** Apak 2004 literatüründeki metoda göre yapılmıştır (Apak vd., 2004: 7970-7981).

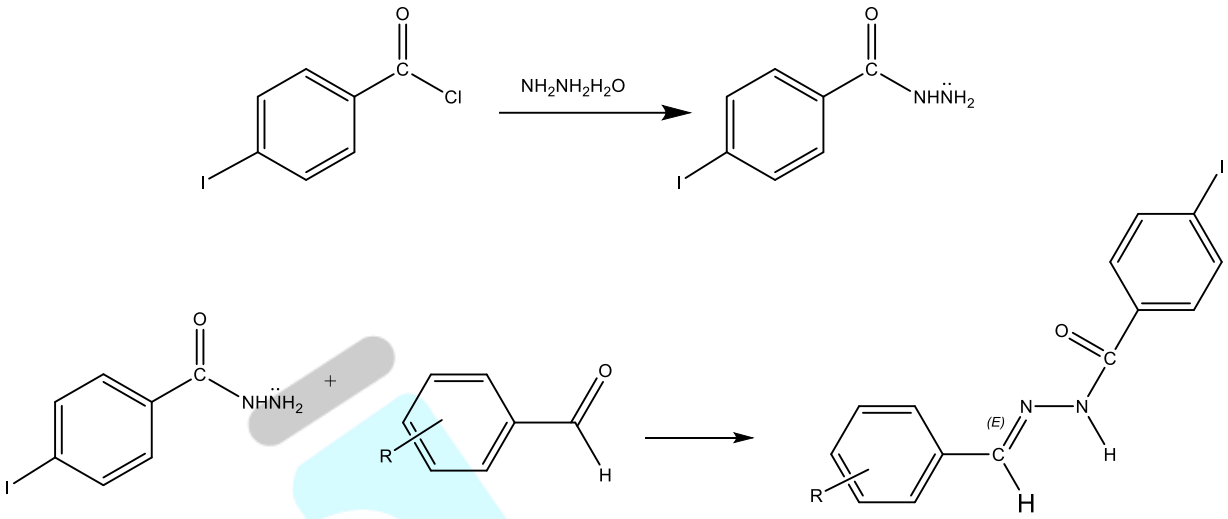
2.4. ***İn Siliko*** **Çalışmalar**

Emilim, Dağılım, Metabolizma ve Atılım (ADME) özellikleri İlaç metabolizmasını etkileyen temel parametreler web tabanlı SwissSimilarty programı ile gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalı Toksisite Risk parametreleri (Mutajenik etki, Tümorijenik etki, Tahriş edici etki, Üreme etkisi) Organic Chemistry Portal programı ile gerçekleştirilmiştir (Sıcak, 2021:8); (http://www.swissadme.ch/, (Accessed on 10 May 2020); https://www.organic-chemistry.org/).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Sentez Tartışması

Bu çalışmada, 7 tane orjinal iyotlu hidrazon bileşiği % 41-78 verimle sentezlendi. Sentez şeması **Şema 1** de verilmiştir.



1, R= 4-H **3**, R= 3-F **5**, R= 2-CF_3 **7,** R= 4-CF_3

2, R= 2-F **4**, R= 4-F **6**, R= 3-CF_3

Şema 1. *İyotlu Hidrazon Bileşiklerinin Sentez Şeması*

(*E*)-N'-benziliden-4-iyodobenzohidrazit (1)

Verim: 54%. Beyaz katı. **Erime noktası:** 235-237 °C. Hesaplanan $C_{14}H_{11}IN_2O$ (FW. 350.16 g/mol): C 48.02; H 3.17; N 8.00; bulunan: C 48.05; H 3.21; N 8.03.

(*E*)-N'-(2-florobenziliden)-4-iyodobenzohidrazit (2)

Verim: 60%. Beyaz katı. **Erime noktası:** 158-160°C. Hesaplanan $C_{14}H_{10}FIN_2O$ (M.A. 368.15 g/mol): C 45.68; H 2.78; N 7.61; Bulunan: C 45.74; H 2.81; N 7.75.

(*E*)-N'-(3-florobenziliden)-4-iyodobenzohidrazit (3)

Verim: 41%. Beyaz katı. **Erime noktası:** 176-178°C. Hesaplanan $C_{14}H_{10}FIN_2O$ (M.A. 368.15 g/mol): C 45.68; H 2.78; N 7.61; Bulunan: C 45.73; H 2.84; N 7.77.

(*E*)-N'-(4-florobenziliden)-4-iyodobenzohidrazit (4)

Verim: 82 %. Beyaz katı. **Erime noktası:** 188-200°C. Hesaplanan $C_{14}H_{10}FIN_2O$ (M.A. 368.15 g/mol): C 45.68; H 2.78; N 7.61; Bulunan: C 45.76; H 2.87; N 7.63.

(*E*)-4-iyodo-N'-(2-(triflorometil)benziliden)benzohidrazit (5)

Verim: 77 %. Beyaz katı. **Erime noktası:** 180-182 °C. Hesaplanan $C_{15}H_{10}F_3IN_2O$ (M.A. 418.16 g/mol): C 43.09; H 2.41; N 6.70; Bulunan: C 43.15; H 2.45; N 6.73.

(*E*)-4-iyodo-N'-(3-(triflorometil)benziliden)benzohidrazit (6)

Verim: 78 %. Beyaz katı. **Erime noktası:** 174-176°C. Hesaplanan $C_{15}H_{10}F_3IN_2O$ (M.A. 418.16 g/mol): C 43.09; H 2.41; N 6.70; Bulunan: C 43.13; H 2.43; N 6.75.

(*E*)-4-iyodo-N'-(4-(triflorometil)benziliden)benzohidrazit (7)

Verim: 72 %. Beyaz katı. **Erime noktası:** 206-208°C. Hesaplanan $C_{15}H_{10}F_3IN_2O$ (M.A. 418.16 g/mol): C 43.09; H 2.41; N 6.70; Bulunan: C 43.11; H 2.49; N 6.76.

Sentezlenen iyotlu hidrazonların FT-IR spektrum verileri incelendiğinde; C=O piklerinin 1640-1658 cm^{-1}; N-H piklerinin 3403-3437 cm^{-1}; ArCH piklerinin 3230-2946 cm^{-1}; C=C piklerinin 1638-1477 cm^{-1} aralığında olduğu tespit edildi ve literatür verileriyle uyumlu olduğu tespit edildi (Bozkurt vd. 2020: 702-714); (Kurşun Aktar vd. 2022: 236-252); (Mohsen vd. 2015:10-14).

Sentezlenen iyotlu hidrazonların ^{1}H NMR spektrum verileri incelendiğinde; 4-İyodobenzohidrazite ait amin grubu pikleri (-$NHNH_2$) 4-5 ppm'de gözlenmemiştir. İyotlu hidrazon grubunun (C=N-NHCO) NH piklerinin 11-92-12.22 ppm'de gözlenmesi yapıların sentezlendiğinin en önemli kanıtıdır. Azometin grubuna ait (CH=N) protonların, ^{1}H NMR spektrumunda 8.45-8.84 ppm'de pikleri tespit edildi.

***Tablo 1**- İyotlu hidrazonların (**1-7**) FT-IR ve ^{1}H NMR Verileri*

BİLEŞİK	FTIR NMAX (CM−1)	^{1}H NMR (400 MHZ, DMSO-D6)
1	3065, 2989 (C-H); 1641 (C=O); 1635, 1614, 1573 (C=C).	**^{1}H NMR (400 MHz, DMSO-d6):** δ 7.47 (d, 2H, *j*=6.4), 7.70-7.75 (m, 5H), 7.94 (d, 2H, j=8.00), 8.46 (s, 1H), 11.92 (s, 1H, NH).
2	3403 (N-H), 3188, 3052, 2946 (C-H); 1649 (C=O); 1616, 1604, 1584 (C=C).	7.32 (t, 2H, j_1= 8.80, j_2=8.40), 7.48-7.54 (m, 1H), 7.73 (d, 2H, *j*=8.00), 7.95 (d, 3H, *j*=8.40), 8.71 (s, 1H), 12.03 (s, 1H, NH)
3	3412 (N-H), 3215, 3075 (C-H); 1655 (C=O); 1583, 1556, 1477 (C=C)	7.30 (t, 2H, j_1= 2.40, ,j_2=8.80), 7.52 (d, 1H, *j*=8.00), 7.59 (d, 1H, *j*=7.20), 7.72 (d, 3H, *j*=8.00), 7.94 (d, 2H, *j*=8.00), 8.46 (s, 1H), 12.02 (s, 1H, NH)
4	3477 (N-H), 3160, 3019, 2947 (C-H); 1640 (C=O); 1602,1584, 1550, 1506 (C=C)	7.32 (t, 2H, j_1= 8.40, j_2=8.80), 7.71 (d, 2H, *j*=8.80), 7.81 (t, 2H, j_1= 8.40, ,j_2=5.60), 7.93 (d, 2H, *j*=6.80), 8.45 (s, 1H), 11.93 (s, 1H, NH)
5	3437 (N-H), 3230, 3076, 2947 (C-H); 1644 (C=O); 1600, 1586, 1561, 1481 (C=C)	δ 7.66 (t, 1H, j_1= 7.60, ,j_2=7.60), 7.72 (d, 2H, *j*=8.40), 7.79 (t, 1H, j_1= 17.20, ,j_2=10.00), 7.93 (d, 2H, *j*=8.40), 7.95 (d, 1H, *j*=9.20), 8.24 (d, 1H, *j*=8.00), 8.84 (s, 1H), 12.22 (s, 1H, NH)
6	3403 (N-H), 3219, 3072, 2947 (C-H); 1658(C=O); 1638, 1615, 1585, 1572 (C=C)	7.74-7.70 (m, 3H), 7.81 (d, 1H, *j*=8.00), 7.95 (d, 2H, *j*=8.00), 8.04 (d, 1H, *j*=8.00), 8.08 (s, 1H), 8.54 (s, 1H), 12.12 (s, 1H, NH)
7	3405 (N-H), 3215, 3070 (C-H); 1655 (C=O); 1635, 1603, 1584, 1556 (C=C)	7.32 (t, 2H, j_1= 8.80, ,j_2=8.80), 7.71 (d, 2H, *j*=8.80), 7.81 (t, 2H, j_1= 5.60, ,j_2=8.40), 7.93 (d, 2H, *j*=8.00), 8.45 (s, 1H), 11.93 (s, 1H, NH)

3.2 Biyolojik Aktivite

Sentezlenen maddelerin **(1-7)** antioksidan aktivitesi $ABTS^{+\cdot}$, $DPPH^{\cdot}$, CUPRAC, β-karoten/linoleik asit olarak dört farklı yönteme göre belirlendi. Antioksidan aktivite test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. $ABTS^{+\cdot}$ aktivite test sonucuna göre, tüm bileşikler IC_{50} değeri <50 µM olduğu belirlendi. Bunun yanı sıra testin en aktif bileşiği, bileşik **7** (IC_{50}= 24,60±0,48 µM) olup, bileşik **4** (IC_{50}= 27,04±0,69 µM) ve **5** (IC_{50}= 29,17±0,08 µM) testin sentez serisi içerisinde aktif maddeleridir.

$DPPH^{\cdot}$ aktivite sonuçlarına göre, bileşik **1, 3** ve **6** hariç tüm sentez maddelerinin testin standardı olarak kullanılan BHA (IC_{50}= 54,97±0,99 µM)'dan daha aktif olduğu belirlendi. Bileşik **7** (IC_{50}= 40,03±0,48 µM) sentez serisinde en aktif bileşik olup bunu 42,66±0,61; 45,94±0,14 ve 52,16±0,46 IC_{50} değerlerine göre sırasıyla bileşik **4**, **5** ve **2** takip etmektedir.

Cu (II) indirgeme gücü aktivitesi CUPRAC yöntemiyle test edilen sentez maddelerinin aktivite sonuçlarına göre, bileşik **7** ($A_{0,5}$= 33,81±0,01 µM), bileşik **4** ($A_{0,5}$= 35,08±0,03 µM) ve **5** ($A_{0,5}$= 40,11±0,02 µM) sentez serisi içerisinde en aktif maddeler olup testin pozitif standardı olan α-TOC ($A_{0,5}$= 40,39±0,04 µM)'dan daha iyi Cu (II) indirgediği saptandı.

β-karoten/linoleik asit aktivite test sonuçlarına göre, hiçbir sentez maddesi lipit peroksidasyonu inhibisyonu sergilemediği belirlendi.

Tablo 2- *Sentezlenen İyotlu Hidrazon Moleküllerinin Antioksidan Aktivitesi*[a]

Sentez Maddesi	Antioksidan aktivite			
	ABTS+·	DPPH·	CUPRAC	β-karoten/linoleik asit
	IC50 (µM) †	IC50 (µM) †	A0,5 (µM) †	IC50 (µM) †
1	44,39±0,52	66,08±0,94	47,64±0,00	35,16±0,75
2	33,24±0,97	52,16±0,46	44,72±0,00	29,06±0,51
3	41,07±0,73	61,08±0,76	53,98±0,01	33,09±0,28
4	27,04±0,69	42,66±0,61	35,08±0,03	20,40±0,37
5	29,17±0,08	45,94±0,14	40,11±0,02	24,65±0,79
6	39,67±0,43	56,65±0,23	46,12±0,00	32,03±0,90
7	24,60±0,48	40,03±0,72	33,81±0,01	18,07±0,14
BHAb	2,49±0,05	54,93±0,20	5,74±0,02	2,34±0,25
α-TOCb	4,87±0,45	12,26±0,07	40,39±0,04	4,50±0,09

[a]Aktivite değerleri 3 paralel ölçümün ortalaması olup, standart sapma hatası olarak verilmektedir (p<0.05).
[b]Aktivite standart maddesi BHA, 2-tert-Butyl-4-hydroxyanisole; α-TOC: alpha tocopherol.
† ABTS, Beta karoten, DPPH ve CUPRAC için tüm bileşikler 3,125-6,25-12,5-25 µM konsantrasyon aralığında

3.3. *İn Sliko* Çalışmalar

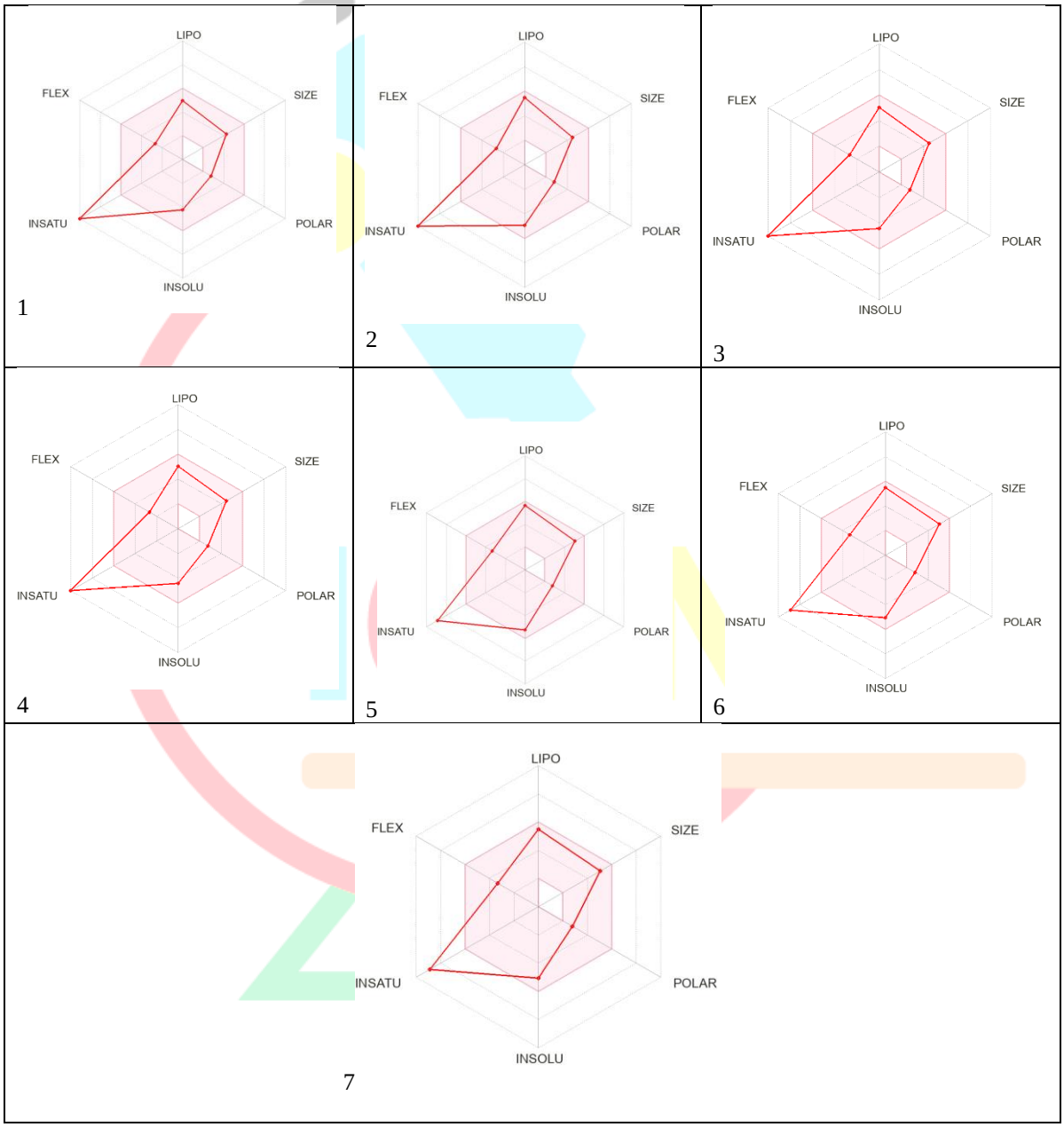
İn siliko çalışmalar molekülün tasarımında ve ilaç adayı olması hakkında önemli bilgiler verir. İn siliko çalışmalar ile Emilim, Dağılım, Metabolizma ve Atılım (ADME) özellikleri İlaç metabolizmasını etkileyen temel parametreleri ve Hesaplamalı Toksisite Risk parametreleri (Mutajenik etki, Tümorijenik etki, Tahriş edici etki, Üreme etkisi) hesaplanmasını sağlandı.

ADME değerleri incelendiğinde; iyotlu hidrazon bileşiklerinin molekül ağırlıkları 350.15-418..15 g/mol aralığında olduğu tespit edildi (150g/mol<MA<500 g/mol). Hidrojen donörlerinin sayısı (n-OHNH) tüm bileşiklerde 1 değerinde ve hidrojen bağ alıcıları sayısı değerleri (n-ON) 2-5 aralığında olduğu tespit edildi (n-OHNH<5, n-ON<10). Topolojik polar yüzey alanı (TPSA A^2) değerleri tüm bileşiklerde 41.46 A^2 olduğu tespit edildi (TPSA<70 A^2). **1-7** bileşiklerinin iLog P değerleri 2.15-2.66 olduğu tespit edildi. Tüm bileşikler kan beyin bariyerini geçtiği için merkezi sinir sistemine zarar verir; buda depresyon ve uyusukluğa neden olur (Tablo 3, Şekil 1).

Tablo 3- *İyotlu Hidrazon Bileşiklerinin (**1-7**) Swissadme Programı Ile Hesaplanan Fizikokimyasal Özellikleri Ve ADME Parametre Değerleri*

Bileşik numarası	Formül	Molekül ağırlık (g/mol)	H-bağı alıcı	H-bağı verici	TPSA Å²	Lipinski	iLog P	GI emilim	BBB geçirgenlik
1	$C_{14}H_{11}IN_2O$	350,15	2	1	41,46	Evet	2,15	Yüksek	Evet
2	$C_{14}H_{10}FIN_2O$	368,14	3	1	41,46	Evet	2,35	Yüksek	Evet

3	$C_{14}H_{10}FIN_2O$	368,14	3	1	41,46	Evet	2,22	Yüksek	Evet
4	$C_{14}H_{10}FIN_2O$	368,14	3	1	41,46	Evet	2,66	Yüksek	Evet
5	$C_{15}H_{10}F_3IN_2O$	418,15	5	1	41,46	Evet	2,18	Yüksek	Evet
6	$C_{14}H_{10}FIN_2O$	418,15	5	1	41,46	Evet	2,33	Yüksek	Evet
7	$C_{14}H_{10}FIN_2O$	418,15	5	1	41,46	Evet	2,42	Yüksek	Evet



Şekil 1. *İyotlu hidrazonların ilaca benzerliği ve biyoyararlanım radarları*

(LIPO: Lipofiliklik, INSATU: sp3 hibridizasyonundaki karbon fraksiyonuna göre doymamışlık SIZE: Moleküler ağırlık, FLEX: dönebilen bağlara göre esneklik) INSOLU: log S ölçeğine göre suda çözünmezlik, POLAR: Toplam Polar Yüzey Alanı)

Tüm iyotlu hidrazon bileşiklerinin (**1-7**) mutajenik etki, tümorijenik etki, tahriş edici etki, üreme etkisi incelendiğinde hiçbir risk olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4- *Hesaplamalı Toksisite Risk parametreleri (Mutajenik etki, Tümorijenik etki, Tahriş edici etki, Üreme etkisi) (**1-7**).*

Bileşik	Mutajenik	Tümörijenik	Tahriş Edici	Üreme Etki
1	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
2	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
3	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
4	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
5	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
6	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok
7	Risk yok	Risk yok	Risk yok	Risk yok

SONUÇLAR

Sentezlenen orjinal iyotlu hidrazon bileşiklerinin (**1-7**) yapı tayinleri yapılarak sentezlenen bileşiklerinin antioksidant aktiviteleri incelendi. Antioksidan kapasiteleri ABTS+·, DPPH·, CUPRAC, β-karoten/linoleik asit testlerine göre belirlenen sentez maddelerinin tamamı tüm testlerde aktiflik sırası 7>4>5>2>6>3>1 olarak bulunmuştur. ABTS+·'ne proton (H+) ve β-karoten'ne ise elektron (e-) transferi sağlamadığı belirlenirken; özellikle bileşik 2, 4, 5 ve 7'nin DPPH·'ne proton (H+) transfer ederek radikal giderimi sağlaması ile ayrıca CUPRAC'a proton (H+) transferi ile Cu (II)'yi indirgeyerek aktivite sergiledikleri belirlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda bileşik 2, 4, 5 ve 7'nin canlı vücudunda oluşabilecek serbest radikallerin giderimin de vücutta defansif (savunma) antioksidan olarak kullanılabileceklerini göstermektedir. *İn siliko* çalışmaları sonucuna göre BBB bariyeri haricinde tüm SwissADME değerleri olması gereken aralıklarda tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Gaziantep Üniversitesi Kimya Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ayşegül İYİDOĞAN'A, organik kimya laboratuvarının kullanımına izin vererek; çalışma imkânı sunduğu için şükranlarımı sunarım.

KAYNAKÇA

Aktar, B. S. K., Sicak, Y., Tatar, G., & Emre, E. E. (2022) Synthesis of benzoyl hydrazones having 4-hydroxy-3, 5-dimethoxy phenyl ring, theirbiological activities, and molecular modeling studies on enzyme inhibition activities. Turkish Journal of Chemistry, *46*(1), 236-252. doi: 10.3906/kim-2107-7

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Karademir SE. (2004) Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, Using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC Method, Journal of Agricultural and Food Chemistry, (52),7970-7981. doi:10.1021/jf048741x

Halliwell B, Gutteridge JMC. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: An overview, In: Methods in Enzymology, (186), 1-85. doi.org/10.1016/0076-6879(90)86093-B

Blois, M.S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, Nature, (181), 1199-1200.

Bozkurt E., Sıcak Y., Oruç-Emre E.E., İyidoğan A., Öztürk M. (2020) Design And Bioevaluation of Novel Hydrazide-Hydrazones Derived From 4-Acetyl-N-Substituted Benzene-sulfonamide. Russian Journal of Bioorganic Chemistry. (46), 702-714. doi: 10.1134/S1068162020050052

Miller, H.M. (1971) A simplified method for the evaluation of antioxidants. Journal of the American Oil Chemists' Society, (48), 91. doi:10.1007/BF02635693

Mohsen,U.A., Koçyigit-Kaymakçioglu, B., Oruç-Emre, E.E., Kaplancikli, Z.A., Rollas, S. (2015) Studies on hydrazide-hydrazones derivatives as acetylcholinesterase inhibitor Clinical and Experimental Health Sciences (Marmara Üniversitesi Saglik Bilimleri Enstitüsü Dergisi), MUSBED (1),10-14. doi:10.5455/musbed.20141117035707

Oruç, E.E., Rollas S., Kandemirli F., Shvets N., Dimoglo A.S. (2004). 1, 3, 4-thiadiazole derivatives. Synthesis, structure elucidation, and structure-antituberculosis activity relationship investigation, Journal of medicinal chemistry, (47) 6760-6767. doi: 10.1021/jm0495632

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C. (1989) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, Free Radical Biology and Medicine, (26), 1231-1237. doi: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3

Sıcak Y. (2021). Design and antiproliferative and antioxidant activities of furan-based thiosemicarbazides and 1,2,4-triazoles: their structureactivity relationship and swissadme predictions, Medicinal Chemistry, 30 (8), doi: 1557-1568. 10.1007/s00044-021-02756-z

http://www.swissadme.ch/, (Accessed on 20 May 2023)

https://www.organic-chemistry.org/ (Accessed on 20 May 2023)

International Congress of Engineering and Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-05-2

Determination of in vitro drug release kinetic parameters of curcumin loaded 2-aminothiophenol functionalized mesoporous organosilica nanoparticles

Osman Tayyar ARLI[1]
Yaşar GÖK[2]
Halil Zeki GÖK[3]

Abstract

Pharmaceutical nanotechnology has made a significant breakthrough and paved the way for a vast field of study in which a wide variety of formulations have been developed. However, it has brought with it the necessity of defining the parameters of the newly developed formulations. Mesoporous drug carrier nanoparticles stand out with their easy accessibility, high biocompatibility and wide functionalization capabilities such as adjustable pore diameter, particle size and surface properties. Curcumin is being studied intensively with its anti-cancer properties. In order to increase the bioavailability of curcumin and to maintain its stability in various forms, the parameters of this new forms should be defined. In this study, drug release kinetics were determined by loading curcumin on a pH sensitive mesoporous organosilica nanoparticle (**MON-B**) functionalized with 2-aminothiophenol. In order to load curcumin into **MON-B**, it was stirred at 70°C for 48 hours in the dark. The encapsulation efficiency was calculated as 22%. In vitro drug release studies of curcumin loaded MON-B were performed at physiological pH 7.4, endosomal pH 5.5 and more acidic pH 5-4.5. Drug release percentages were obtained as 1%, 5% and 33%, respectively. The drug release kinetics were determined using the zero-order model, the first-order model, and the Higuchi model. The K_0 value of the zero-order model was 0.0802 and the R^2 value was 0.9760, the K_1 value of the first-order model was 0.0009 and R^2 value was 0.9755, and the K_H value of the Higuchi model was 1.2790 and R^2 value was 0.8816. These results showed that **MON-B** was able to deliver curcumin to the drug release environment in a controlled manner in accordance with the zero-order drug release model in a pH-sensitive manner, based on the strong bonding of the 2-aminothiophenol in its framework with curcumin.

Keywords: Cancer, Curcumin, Mesoporous Organosilica, Controlled Drug Release, Drug Release Kinetics

[1] Doctorand, Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Chemistry, Orcid: orcid.org/0000-0001-7619-2668
[2] Prof.Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Chemistry, Orcid: orcid.org/0000-0003-3134-7560
[3] Prof.Dr., Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Department of Chemistry, Orcid: orcid.org/0000-0001-7641-2683

INTRODUCTION

The use of nanotechnology in cancer treatment, as in many other fields, has had a remarkable effect. In particular, pharmaceutical nanotechnology has made an important breakthrough against conventional pharmaceutical approaches and has paved the way for a very wide field of study where a wide variety of formulations are developed. However, it has brought with it the necessity of defining the parameters of the newly developed formulations. (Barzegar-Jalali, et al., 2008) It is especially important to determine the parameters of functions such as controlled release, pH and temperature sensitivity, and magnetic susceptibility. A wide variety of nanoparticle formulations are intensively researched, and each nanoparticle formulation stands out with its unique properties. (Shi, Votruba, Farokhzad, & Langer, 2010) Mesoporous drug carrier nanoparticles, one of these nanoparticle formulations, stand out with their easy accessibility, high biocompatibility and wide functionalization capabilities such as adjustable pore diameter, particle size and surface properties. (Croissant, Fatieiev, Almalik, & Khashab, 2018) In the development of new nanotechnological pharmaceuticals, the interaction of the system with the drug is as important as the drug delivery system. In recent years, pharmaceuticals obtained naturally as an alternative to synthetic pharmaceuticals have come to the fore among nanotechnological formulations. (Colone, Calcabrini, & Stringaro, 2020) Curcumin, one of these natural alternatives, is being studied intensively with its anti-cancer properties. In order to increase the bioavailability of curcumin, which is included in new nanotechnological formulations, to maintain its stability in various forms and to facilitate its transition from the laboratory to the clinic, the parameters of the new forms should be defined. (Nelson, et al., 2017) In this study, drug release kinetics were determined by loading curcumin on a pH sensitive mesoporous organosilica nanoparticle (**MON-B**) functionalized with 2-aminothiophenol.

MATERIALS AND METHODS

Synthesis and Characterization of Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles

The synthesis and characterization studies of the mesoporous organosilica drug carrier **MON-B** were performed according to our previously published work. (Gök, Arlı, Gök, & Türkaslan, 2023) In addition, loading of curcumin on the drug carrier **MON-B** was done by following the method of a study in the literature. (Chen, Sun, Wang, Wang, & Wang, 2018)

Drug Loading to Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles

For drug loading studies, curcumin-ethanol solution at 4mg/ml concentration was prepared and mixed for 24 hours in the dark, and a standard calibration curve was drawn with UV-vis spectrophotometer analysis. Then, 2.5 ml of the curcumin-ethanol solution mixed with 10 mg of MON-B at 70 °C for 48 hours in the dark. Finally, the mixture was centrifuged at 12000 rpm for 15 minutes, cleansed with ethanol and centrifuged again, and dried under vacuum. The encapsulation efficiency of loaded curcumin and drug loading capacity of drug carrier were calculated by equations 1 and 2 given below.

$$EE\ (\%) = \frac{m_1(mg)}{m_0(mg)} x\ 100 \quad (1)$$

$$LC\ (\%) = \frac{m_1\ (mg)}{m_2\ (mg)} x\ 100 \quad (2)$$

At the equation 1 and 2, m_1 is the loaded amount of curcumin in MON-B, m_0 is the initial amount of curcumin in the loading solution and m_2 is the sum of amount of curcumin in MON-B and MON-B.

In Vitro Drug Release from Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles at Different pH Values

For in vitro drug release studies, **MON-B** loaded with curcumin was dispersed in pre-prepared physiological pH 7.4, endosomal pH 5.5 and acidic pH 5-4.5 PBS' containing 10% Tween-80. The dispersions were allowed to mix at 100 rpm at 37 °C. Aliquots were taken at certain intervals and centrifuged and the absorption values of the supernatants at λ=420 nm were measured. After the measurements were made in the UV-vis spectrophotometer, the supernatants, which were taken into the drug release medium and obtained after centrifugation, were added back to the drug release medium. The amounts of drugs released into drug release environments were determined by using the standard curve obtained from the UV-vis spectrophotometer study of curcumin.

Determination of In Vitro Drug Release Kinetic Parameters of Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles

There are various models used for drug release from nanoparticle drug delivery systems as in conventional dosage forms in determining kinetic parameters. In this study, three different models were used to determine the kinetic parameters: zero-order model, first-order model, and the Higuchi model. The zero-order model is used to determine drug release kinetics of pharmaceutical dosage forms such as low solubility coated forms, transdermal systems, and matrix tablets. It is usually associated with slow-release states of drug release that are independent of the initially loaded drug concentration. (Costa & Sousa Lobo, 2001) It can be represented by the equation:

$$Q_t = Q_0 + K_0 t \tag{3}$$

At the equation 3, Q_t is the amount of drug from dosage form dissolved in time t, Q_0 is the initial amount of drug in the drug release environment (usually zero) and K_0 is the zero-order release constant. The first-order model is used to determine the kinetic parameters of pharmaceutical dosage forms such as water-solvable drugs in porous matrices. It is associated with a linear relationship between drug release rate and drug concentration. (Costa & Sousa Lobo, 2001) It can be represented by the equation:

$$\log Q_t = \log Q_0 + \frac{K_1 t}{2.303} \tag{4}$$

At the equation 4, Q_t is the amount of drug from dosage form dissolved in time t, Q_0 is the initial amount of drug in the drug release environment and K_1 is the first-order release constant. The Higuchi model is used to determine the kinetic parameters of dosage forms, such as matrix tablets embodying water-solvable drugs and transdermal systems. It is an approach that is generally based on diffusion processes dependent on Fick's law. (Costa & Sousa Lobo, 2001) It can be represented by the equation:

$$f_t = K_H t^{1/2} \tag{5}$$

At the equation 5, f_t is the amount of drug from dosage form dissolved in time t and K_H is the Higuchi constant. In this study, obtained cumulative drug release data of curcumin from **MON-B** was used for determination of kinetic parameters (K_0, K_1 and K_H) and coefficient of determination (R^2) values. The determinations were made by using DDSolver software. (Zhang, et al., 2010)

RESULTS AND DISCUSSION

Curcumin Loading and In vitro Curcumin Release from Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles

The results obtained from the drug loading studies of curcumin on **MON-B** nanoparticles showed that encapsulation efficiency (EE%) was 22% according to equation 1 and loading capacity (LC%) was 18% according to equation 2. These high loading rates can be attributed to the Schiff base formation of the intramolecular bond between curcumin and the drug carrier **MON-B** and its physical interaction on silica surfaces. Results of in vitro drug release studies of curcumin from drug carrier **MON-B** nanoparticles showed that **MON-B** released only 1% curcumin for up to 384 hours at physiological pH 7.4. In addition, it released 5% curcumin at endosomal pH 5.5 up to 72 hours. On the other hand, at more acidic pH values of 5 and 4.5, it released 33% curcumin after 72th hours. These in vitro release data show that drug carrier **MON-B** nanoparticles can produce controlled drug release in a pH-sensitive manner due to the formation of Schiff base with curcumin. Furthermore, the low release data at physiological pH 7.4 indicate that **MON-B** can deliver curcumin to the target with very low leakage rate from the physiological circulation. In addition, considering the acidic tumor environment, the **MON-B** drug carrier can release curcumin in a controlled manner at acidic pH's.

Determination of In Vitro Curcumin Release Kinetic Parameters of Mesoporous Organosilica Drug Carrier MON-B Nanoparticles

The drug release kinetics of pH-sensitive mesoporous organosilica drug carrier **MON-B** nanoparticles, determined according to the results obtained from the cumulative drug release data in the pH range between 5.5 and 4.5, were obtained using 3 different drug release models. The cumulative drug release data was applied to the zero-order model, first-order model, and Higuchi model using the curve fitting method via the DDSolver program. The obtained kinetic parameters of the drug carrier **MON-B** nanoparticles are given in Table 1.

Table 1 - Kinetic parameters of curcumin release from MON-B

Zero-Order Model		**First-Order Model**		**Higuchi Model**	
R^2	**K_0**	**R^2**	**K_1**	**R^2**	**K_H**
0,9760	0,0802	0,9755	0,0009	0,8816	1,2790

As seen in Table 1, according to the coefficients of determination of the obtained kinetic parameters, the drug release of curcumin from mesoporous drug carrier **MON-B** nanoparticles are best compatible with the zero-order model. The zero-order model is generally compatible with prolonged drug release and where the drug release form does not disaggregate. The strong bonds due to the Schiff base formation by **MON-B** nanoparticles with curcumin can be attributed to the extended release consistent with the zero-order model. In addition, the mesoporous structure of **MON-B** nanoparticles can be associated with the

transport of curcumin through the mesopores and silica walls into the drug release medium, and the ability of **MON-B** to release drugs without disaggregating.

CONCLUSION

Within the scope of this study, 22% encapsulation efficiency and 18% loading capacity were obtained by loading curcumin on the mesoporous organosilica drug carrier **MON-B**. These drug loading results can be attributed to formation of Schiff base between 2-aminothiophenol-functionalized organosilica structure of **MON-B** and curcumin. Drug release from curcumin loaded **MON-B** nanoparticles was carried out at 3 different pH values. Only 1% drug release was observed at physiological pH 7.4 and this result indicates that **MON-B** nanoparticles can transport curcumin in the physiological circulation with almost no leakage. In addition, 5% drug release was observed at endosomal pH 5.5, and 33% drug release was observed at more acidic pH 5-4.5. The resulting data show that **MON-B** nanoparticles can release curcumin in a controlled and pH-sensitive manner in the acidic tumor environment. Based on these obtained drug release data, it was determined that the drug release kinetic parameters of **MON-B** fit the zero-order model best for curcumin release, among 3 different drug release models. Although the kinetic parameters of curcumin release from **MON-B** nanoparticles have been determined based on various drug release models as in conventional drug release forms, kinetic models of nanoparticle drug carrier forms need to be developed and existing models should be improved.

Kaynakça

Barzegar-Jalali, M., Adibkia, K., Valizadeh, H., Siahi-Shadbad, M., Nokhodchi, A., Omidi, Y., . . . Hassan, M. (2008). Kinetic analysis of drug release from nanoparticles. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 167-77.

Chen, C., Sun, W., Wang, X., Wang, Y., & Wang, P. (2018). Rational design of curcumin loaded multifunctional mesoporous silica nanoparticles to enhance the cytotoxicity for targeted and controlled drug release. *Materials Science and Engineering: C*, 88-96.

Colone, M., Calcabrini, A., & Stringaro, A. (2020). Drug Delivery Systems of Natural Products in Oncology. *Molecules*, 45-60.

Costa, P., & Sousa Lobo, J. (2001). Modeling and comparison of dissolution profiles. *Eur J Pharm Sci.*, 123-33.

Croissant, J., Fatieiev, Y., Almalik, A., & Khashab, N. (2018). Mesoporous Silica and Organosilica Nanoparticles: Physical Chemistry, Biosafety, Delivery Strategies, and Biomedical Applications. *Advanced Healthcare Materials*, 1700831.

Gök, Y., Arlı, O., Gök, H., & Türkaslan, T. (2023). Rational synthesis of pH-responsive mesoporous organosilica nanoparticles functionalized with 2-aminothiophenol for controlled release of curcumin. *Journal of Porous Materials*.

Nelson, K., Dahlin, J., Bisson, J., Graham, J., Pauli, G., & Walters, M. (2017). The Essential Medicinal Chemistry of Curcumin. *J. Med. Chem.*, 1620-1637.

Shi, J., Votruba, A., Farokhzad, O., & Langer, R. (2010). Nanotechnology in Drug Delivery and Tissue Engineering: From Discovery to Applications. *Nano Letters*, 3223–3230.

Zhang, Y., Huo, M., Zhou, J., Zou, A., Li, W., Yao, C., & Xie, S. (2010). DDSolver: An Add-In Program for Modeling and Comparison of Drug Dissolution Profiles. *The AAPS Journal*, 263-271.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Lojistik Dağılım için Fisher Bilgisi

Mehmet Emin TUTAY[1]

Özet

Kestirim kuramında, bir rastsal değişkenin ona karşılık gelen olasılık dağılımının bir parametresi hakkında içerdiği bilgi, Fisher bilgisi kullanılarak ölçülmektedir. Ancak, Fisher bilgisinin hesaplanması olasılık dağılımının özellikleri dikkate alındığında bazen mümkün olamamaktadır. Fisher bilgisinin doğrudan hesaplanamadığı bu gibi durumlarda, Fisher bilgisi için alt sınırlar elde etmek faydalı olmaktadır. Bu bildiride, Lojistik dağılımın konum ve ölçek parametreleri için Fisher bilgisi çalışılmaktadır. Her iki durumda da, Fisher bilgisi için alt sınırı gösteren analitik ifadeler elde edilmektedir. Alt sınırların performansını değerlendirmek maksadıyla sayısal sonuçlar sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik Dağılım, Fisher Bilgisi, Karakteristik Fonksiyon

[1]Asst. Prof. Dr. , Dicle University, Electrical and Electronics Engineering, Orcıd: 0000-0002-1506-0028

GİRİŞ

Rastsal bir değişkenin kendisine karşılık gelen olasılık dağılımının belirli bir parametresi hakkında taşıdığı bilgiyi ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntem Fisher bilgisinin hesaplanmasıdır (Poor, 1994). Fisher bilgisi; hesaplamalı nörobilim, makine öğrenmesi ve istatistiksel işaret işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Abbott ve Dayan, 1999; Davies 1998; Martens, 2020; Kay, 1993). Hesaplamalı nörobilimde, nöral kodların doğruluğu üzerindeki sınırları bulmak için kullanılırken; elastik ağırlık konsolidasyonu gibi makine öğrenme tekniklerinde, yapay sinir ağlarındaki yıkıcı unutmayı azaltmada kullanılmaktadır (Kirkpatrick, 2017).

Kestirim kuramında, Fisher bilgisi bir tahmin edicinin ulaşabileceği en düşük varyans değerini gösteren Cramer-Rao alt sınırının hesaplanmasında kullanılmaktadır (Poor, 1994). Olasılık dağılımının yapısına bağlı olarak Fisher bilgisi doğrudan hesaplanabilirken, bazı durumlarda bu mümkün olmadığından alt sınırlar elde etmek faydalı olmaktadır. Literatürde, bu amaçla Fisher bilgisi için çeşitli alt sınırlar elde edilmiş ve çeşitli dağılımlar için çalışılmıştır (Stein, 2014; Dülek, 2017).

Lojistik dağılım, sinir ağları, lojistik regresyon, fizik, hidroloji ve finans gibi birçok alanda yoğun olarak kullanılan sürekli olasılık dağılımıdır (Kissel ve Poserina, 2017). Şekil olarak Gauss eğrisi ile benzerlik taşımakla birlikte, veri tutarlılığı ve işlem kolaylığı gibi nedenlerden dolayı tercih edilebilmektedir (Surendran ve Tota-Maharaj, 2018). Bu bildiride, lojistik dağılımın konum ve ölçek parametreleri için Fisher bilgisi incelenmekte ve analitik alt sınırlar çalışılmaktadır. Sunulan alt sınırların performansı, Fisher bilgisi ile karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmaktadır.

YÖNTEM

Çalışmanın bu kısmında Fisher bilgisinin gerçek değerinin hesaplanması ve bu değer için alt sınır elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç için öncelikle temel kavramlar ve gerekli alt yapı sunulmaktadır.

Lojistik Dağılım

Lojistik dağılıma sahip X rastsal değişkeni için olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF),

$$f(x;\mu,s)=\frac{e^{-\frac{(x-\mu)}{s}}}{s\left[1+e^{-\frac{(x-\mu)}{s}}\right]^2},\ -\infty<x<\infty \qquad (1)$$

eşitliği ile gösterilmektedir. Denklem (1)'de verilen OYF için μ konum parametresine karşılık gelirken, $s > 0$ ölçek parametresini göstermektedir. Ayrıca, belirtilen fonksiyonun $x=\mu$ eksenine göre simetrik olduğu görülmektedir.

Karakteristik Fonksiyon

Bir rastsal değişkeni tanımlamak için kullanılan yöntemlerden biridir. Olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_\theta(x)$ olarak verilen sürekli dağılıma sahip X rastsal değişkeni için karakteristik fonksiyon (Haddad, 2006),

$$\phi_\theta(w)=E_\theta\left[e^{jwX}\right]=\int_{-\infty}^{\infty} f_\theta(x)e^{jwx}dx \qquad (2)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada, j sanal birimi göstermektedir. Eşitlik incelendiğinde, karakteristik fonksiyon, OYF'nin Fourier dönüşümü olarak da görülebilir. Dolayısıyla,

karakteristik fonksiyon genel olarak karmaşık yapıda olmasına rağmen, OYF'nin çift simetrik olduğu durumlarda reel yapıdadır. Ayrıca, $|\phi_\theta(w)| \leq 1 \ \forall w \in \square$ eşitsizliği geçerlidir.

Fisher Bilgisi:

Sürekli dağılıma sahip X rastsal değişkeni için Fisher bilgisi, aşağıda verilen eşitlik ile tanımlanmaktadır (Poor, 1994).

$$I_\theta = E_\theta\left[\left(\frac{\partial}{\partial\theta}\log f_\theta(X)\right)^2\right] \tag{3}$$

Burada, $\log(\cdot)$ doğal logaritmayı göstermektedir. Ayrıca,

$$\int \frac{\partial}{\partial^2} f_\theta(x)dx = \frac{\partial}{\partial^2}\int f_\theta(x)dx \tag{4}$$

eşitliğinin geçerli olması durumunda, Fisher bilgisi

$$I_\theta = -E_\theta\left[\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}\log f_\theta(X)\right] \tag{5}$$

eşitliği ile de elde edilmektedir.

Konum parametresi için Fisher bilgisini hesaplamak amacıyla, öncelikle konum parametresi θ olan lojistik dağılıma sahip rastsal değişken için

$$f_\theta(x) = \frac{e^{-\frac{(x-\theta)}{s}}}{s\left[1+e^{-\frac{(x-\theta)}{s}}\right]^2}, \ -\infty < x < \infty \tag{6}$$

eşitliği ile OYF elde edilmektedir. Bu durumda, Fisher bilgisi denklem (3) kullanılarak, $I_\theta = 1/(3s^2)$ değerinde elde edilmektedir. Öte yandan, ölçek parametresi (s>0) için Fisher bilgisi hesaplanacak olursa konum parametresi 'μ' ve ölçek parametresi θ olan lojistik dağılıma sahip rastsal değişken için OYF

$$f_\theta(x) = \frac{e^{-\frac{(x-\mu)}{\theta}}}{\theta\left[1+e^{-\frac{(x-\mu)}{\theta}}\right]^2}, \ -\infty < x < \infty \tag{7}$$

şeklinde yazılmaktadır. Bu durumda, denklem (3) kullanılarak Fisher bilgisi hesaplanacak olursa,

$$I_\theta = E_\theta\left[\left(\frac{X-\mu}{\theta^2} - \frac{1}{\theta} - \frac{2(X-\mu)}{\theta^2\left(1+e^{\frac{(X-\mu)}{\theta}}\right)}\right)^2\right] \tag{8}$$

eşitliği elde edilmektedir. Bu durumda, denklem (1)'de verilen OYF dikkate alındığında sonuç analitik olarak hesaplanamamaktadır.

Fisher Bilgisi için Alt Sınır

Literatürde Fisher bilgisinin hesaplanamadığı durumlar için alt sınırlar elde edilmiştir. Karakteristik fonksiyon cinsinden bir alt sınır,

$$I_\theta \geq \max_{w\in} \frac{\left|\frac{\partial}{\partial\theta}\phi_\theta(w)\right|^2}{1-\left|\phi_\theta(w)\right|^2} \tag{9}$$

olarak elde edilmiştir (Dülek, 2017). Bu sonuç kullanılarak, konum parametresinin Fisher bilgisi için alt sınır hesaplanabilir. Bu amaçla, öncelikle karakteristik fonksiyonun hesaplanması gerekmektedir. Konum parametresi θ olan lojistik dağılıma sahip rastsal değişken için karakteristik fonksiyon

$$\phi_\theta(w) = e^{jw\theta}\frac{\pi sw}{\sinh(\pi sw)} \tag{10}$$

şeklinde elde edilmektedir. Burada, $\sinh x = 0.5(e^x - e^{-x})$ hiperbolik sinüs fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Denklem (9)'da verilen eşitsizlik kullanılacak olursa, Fisher bilgisi için

$$I_\theta \geq \max_{w\in} \frac{\left(2\pi sw^2\right)^2}{\left[e^{\pi sw} - e^{-\pi sw}\right]^2 - \left(2\pi sw\right)^2} \tag{11}$$

alt sınırı elde edilmektedir. L'Hopital kuralı 4 kez uygulanarak, alt sınır $3/\pi^2 s^2$ değerinde elde edilmektedir.

Fisher bilgisi için sunulan bir diğer alt sınır,

$$I_\theta \geq \frac{\left(\frac{\partial}{\partial\theta}\phi_\theta(w)\right)^2}{0.5\left[1+\phi_\theta(2w)\right]-\phi_\theta^2(w)},\ \forall\ w\in \tag{12}$$

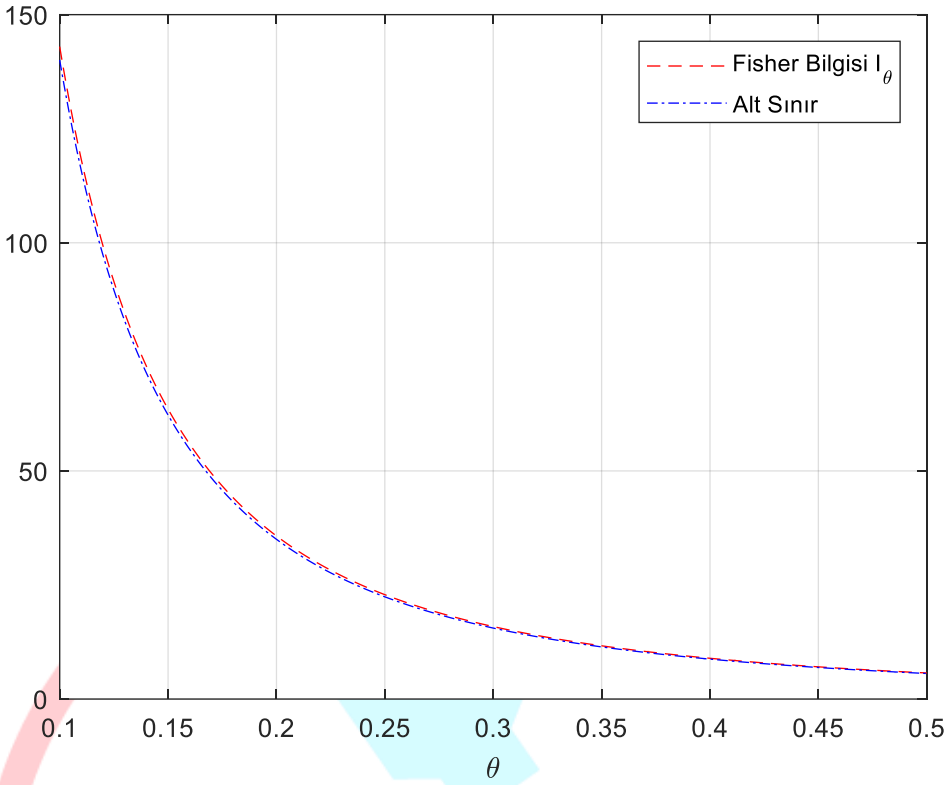
eşitsizliği ile gösterilmektedir (Dülek, 2017). Ortalama değeri '0' ve ölçek parametresi θ olan lojistik dağılıma sahip X rastsal değişkeni için karakteristik fonksiyon $\phi_\theta(w) = \pi\theta w/\sinh(\pi\theta w)$ olduğundan, Fisher bilgisi için alt sınır,

$$\frac{\left(4\pi^2w^2+4\pi^4w^4\theta^2\right)(e^{4\pi w}-e^{-4\pi w})+\left(8\pi^4w^4\theta^2-8\pi^2w^2\right)(e^{2\pi w}-e^{-2\pi w})-8\pi^3w^3\theta(e^{4\pi w}+e^{-4\pi w})+16\pi^3w^3\theta}{0.5(e^{6\pi w}-e^{-6\pi w})-\left(2+4\pi^2w^2\theta^2\right)(e^{4\pi w}-e^{-4\pi w})+\left(2.5+8\pi^2w^2\theta^2\right)(e^{2\pi w}-e^{-2\pi w})+2\pi w\theta(e^{4\pi w}+e^{-4\pi w})-8\pi w\theta(e^{2\pi w}+e^{-2\pi w})+12\pi w\theta} \tag{13}$$

şeklinde elde edilmektedir.

SAYISAL SONUÇLAR

Bu bölümde, elde edilen teorik sonuçları doğrulamak maksadıyla benzetim sonuçları sunulmuştur. Ortalama değeri '0' olan lojistik dağılıma sahip X rastsal değişkeni için, ölçeklendirme parametresi θ olmak üzere denklem (3)'de sunulan Fisher bilgisi ve denklem (13)'de sunulan alt sınır faklı θ değerleri için hesaplanmış ve şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1- Farklı ölçeklendirme parametresi (θ) değerleri için Fisher bilgisi ve alt sınır

Grafik incelendiğinde, bütün θ değerleri için önerilen alt sınırın neredeyse Fisher bilgisi ile aynı değerde olduğu görülmektedir. Sonuçları, daha detaylı inceleyebilmek maksadıyla farklı ölçeklendirme parametre (θ) değerleri için Fisher bilgisi ve önerilen alt sınırın almış olduğu değerler Tablo-1'de gösterilmiştir.

Tablo 1 – Farklı ölçeklendirme parametre (θ) değerleri için Fisher bilgisi ve önerilen alt sınırın almış olduğu değerler

θ	Fisher Bilgisi (I_θ)	Alt Sınır	Oran
0.1	142.9956	140.0566	0.9794
0.2	35.7489	35.0141	0.9794
0.3	15.8884	15.5574	0.9792
0.4	8.9372	8.7535	0.9794
0.5	5.7198	5.6006	0.9792

Tablo 1 incelendiğinde önerilen alt sınırın gerçek Fisher bilgisine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Çalışılan alt sınırın performansını ölçmek maksadıyla alt sınır değerlerinin gerçek Fisher bilgisine oranı son sütunda gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde, alt sınırın gerçek Fisher bilgisi değerlerine %98 oranında yakın olduğu, hata payının yaklaşık olarak %2 olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Bu bildiride, lojistik dağılımın konum ve ölçek parametreleri için Fisher bilgisi çalışılmıştır. Her iki durumda da Fisher bilgisi için karakteristik fonksiyon cinsinden alt sınırlar elde edilmiştir. Elde edilen alt sınırlar farklı parametre değerleri için gerçek Fisher bilgisi ile karşılaştırılmıştır. Her iki parametre için de sunulan alt sınırın, gerçek Fisher bilgisine çok yakın olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

Abbott, L. F. ve Dayan, P. (1999). The effect of correlated variability on the accuracy of a population code. *Neural Computation. 11*(1), 91–101. doi:10.1162/089976699300016827

Davies, J. H. (1998). *The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction*. Cambridge University Press.

Dulek, B. Jan. (2017). Characteristic function-based lower bounds for Fisher information under arbitrary parametrization. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, *53*(1), 501-512. doi:10.1109/TAES.2017.2650099

Haddad A. H. (2006). *Probabilistic Systems and Random Signals*. NJ, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Kay S. (1993). *Statistical Signal Processing: Estimation Theory*. NJ, Upper Saddle River: Prentice-Hall.

Kirkpatrick, J., Pascanu, R., Rabinowitz, N., Veness, J., Desjardins, G., Rusu, A., Milan, K., Quan, J. ve Ramalho, T. (2017). Overcoming catastrophic forgetting in neural networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. *114*(13) 3521–3526. doi:10.1073/pnas.1611835114

Kissel, R. ve Poserina, J. (2017). *Optimal Sports Math, Statistics, and Fantasy*. Cambridge: Academic Press.

Martens, J. (2020). New Insights and Perspectives on the Natural Gradient Method. Journal of Machine Learning Research, 21(146), 5776-5851. doi:10.48550/arXiv.1412.1193

Poor, H.V. (1994). *An introduction to signal detection and estimation*, New York: Springer-Verlag.

Stein M., Mezghani A. ve Nossek J. A. (2014). A lower bound for the Fisher information measure. *IEEE Signal Process. Lett*. *21*(7), 796-799. doi: 10.1109/LSP.2014.2316008

Surendran S. ve Tota-Maharaj K. (2018). Effectiveness of log-logistic distribution to model water-consumption data. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua 67*(4), 375-383. doi: 10.2166/aqua.2018.175

International Congress of Engineering and Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-05-2

Operator Guided YOLOv8 Supported Fruit Picking Robotic System

Mucahid BARSTUGAN[1]
Enes KORKMAZ[2]

Abstract

Hygiene in the food industry has an important place in terms of human health. Efforts are being made to deliver the produced food to people untouched by human hands. In this study, the process of detecting the fruit moving on the conveyor belt with artificial intelligence and picking them with an industrial robot arm was carried out. During robotic picking system Inverter, HMI (Human Machine Interface), and PLC were used to control the conveyer belt and for communication between industrial products. Inverter was used to move the conveyer belt. PLC was used to receive/send data between robotic arm and Python. HMI was used for user interface. The artificial intelligence and the robotic automation system was communicated via Modbus TCP/IP communication method. The experimental study was applied on three different fruits: orange, apple, and pomegranate. A fruit detection model was trained on Google Colab with a custom dataset. YOLOv8 (You Only Look Once) method was used to detect these three fruits. The weights of YOLOv8 were trained with a manually created fruit set and a model was created that can distinguish three fruits with high accuracy. The mean average precision (mAP) value of the created custom fruit detection model was obtained as 0.97.

Keywords: Artificial intelligence, Fruit detection, Robotic arm, YOLOv8

[1] Asst. Prof. Dr., Konya Technical University, Electrical and Electronics Engineering, Orcid: 0000-0001-9790-5890
[2] Undergraduate Student, Konya Technical University, Electrical and Electronics Engineering, Orcid: 0009-0008-9195-8375

INTRODUCTION

The use of industrial robotic arms in food processing and manufacturing has become increasingly popular in recent years. One application of this technology is the use of robotic arms for food picking on conveyer belts. The conveyer belt system is designed to transport food items from one location to another, typically for packaging or processing. However, the process of picking food items off the conveyer belt and placing them into their designated containers can be tedious and time-consuming for human workers. By implementing industrial robotic arms, this process can be automated, saving time, and reducing the risk of injury for human workers. These robotic arms are designed to be precise and efficient, capable of identifying and selecting food items based on a variety of factors, such as size, shape, and color. Additionally, robotic arms can be programmed to work at a consistent speed, improving the overall efficiency of the food processing line. Overall, the use of industrial robotic arms for food picking on conveyer belts has the potential to revolutionize the food processing industry by improving productivity and reducing labor costs. Wheat ear detection was performed using YOLOv5 and Faster R-CNN. The calculation of yield by wheat ear detection in fields using computer vision systems can be performed very quickly. For this purpose, various datasets are being created and systems that can recognize and detect wheat ears are being developed. In the study, YOLOv5 showed a detection success rate of 71.06% while Faster R-CNN showed a detection success rate of 69.86% (Movva et al., 2021). Deep learning and object detection models were used to recognize image-based plant disease. Trained models were tested on pictures and in real-time using a video camera for five different diseases in tomato leaves. Real-time object detection was achieved in the developed model with the YOLOv5 algorithm, with the highest validation accuracy of 93.38% and training accuracy of 94.48%, along with a precision value of 92.96% (Mevlüt et al, 2021). Improved YOLOv5 method detected and counted wheat ear in the study. Their experimental results showed that the improved algorithm has an mAP of 94.3%, an accuracy of 88.5%, and a recall of 98.1% (Rui and Yanpeng, 2022). In the study, detected molds on the food surface with YOLOv5 method. The study showed that YOLOv5 is a good method to detect molds on any food surfaces. The proposed method achieved 99.60% average precision that is better than YOLOv3 and YOLOv4 (Fahad et al., 2021). In the study, employed three popular object detection algorithms for insect identification on Soybean crop fields. YOLOv3, YOLOv4, and YOLOv5 were trained to detect and demarcate the insect presence on the field. The simulation results revealed that the YOLOv5 delivers the best insect detection accuracy with mean average precision of 99.5% followed by YOLO v4 and YOLOv3 (Shani et al., 2021). In the study, which was implemented in the same automation laboratory with this study, detected chocolates real time with morphological image processing methods on a moving conveyer belt. The detected chocolates were picked and placed by an industrial robotic arm. The results showed that the robotic arm can pick the chocolates with high accuracy (Muhammed Ali and Cemil, 2021).

This study proposes a system that the operator and the robotic arm interact with each other. The operator tells the robotic arm what to pick and how much. Then, the fruit that will be picked was detected by the YOLOv8 version proposed (Ultralytics, 2022) recently. The fruit detection result was sent to the robotic arm and the fruit picking process was implemented.

MATERIAL

This study was implemented in Industrial Automation Laboratory in Department of Electrical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences at Konya Technical University. The designed system has a Logitech C525 webcam image acquiring, a computer, and industrial products such as Mitsubishi Electric brand Inverter, PLC

(Programmable Logical Controller), HMI (Human Machine Interface), and 6-axes Robotic Arm. Figure 1 shows the laboratory environment and the system structure.

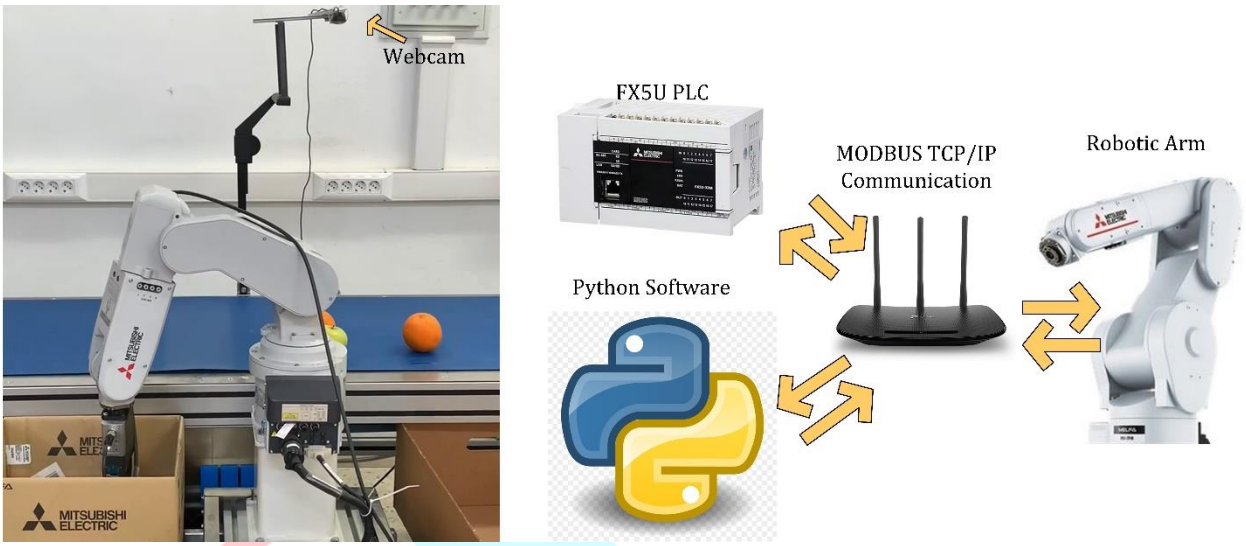


Figure 1. *The laboratory environment and the communication structure*

Webcam and Computer Specifications

The fruits were detected on images acquired by a webcam above the conveyer belt. The images were processed in a computer that has Intel i5-10200H 2.4GHz processor and 16GB RAM. The images were acquired with 640*480-pixel dimensions.

Six-axes Industrial Robotic Arm

This study used a Mitsubishi brand RV-2FD model 6-axis industrial robot arm that has a carrying capacity of 2kg. The rotation angle of each axis is presented in Table 1.

Table 1 – The rotation angle of each axis

Axis	Rotation Angle (Degree)
J1	±190
J2	-90~+150
J3	-10~+157.5
J4	±200
J5	±200
J6	±360

Conveyer belt movement

The conveyer belt in the laboratory was designed and produced by MEMAK Machine company in Konya. To move the conveyer belt, an FR-D720 inverter and an FX5U PLC was used. The movement of the conveyer belt was controlled by PLC and Inverter that were instructed via Python.

METHOD

This study proposes a system to pick objects on a moving conveyer belt. The object that will be picked by the robotic arm was instructed by the operator in the system. Figure 2 shows the general flowchart of the proposed system.

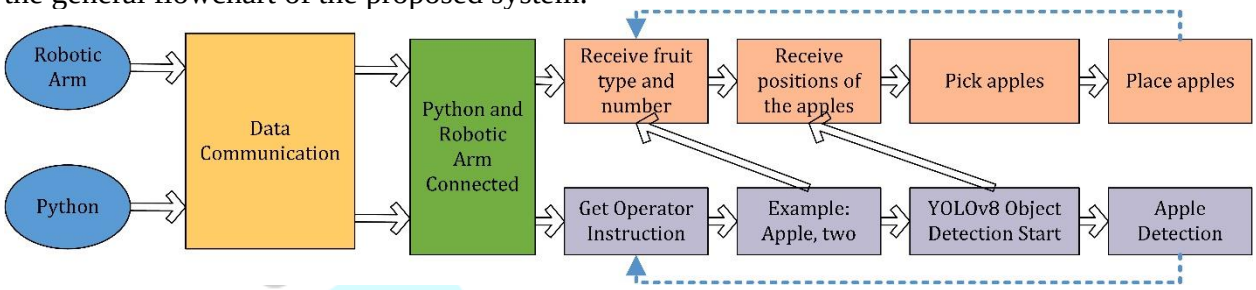


Figure 2. *The general flowchart of the system designed*

In the proposed system, the operator talks to the microphone. Python listens the speech and decide the object and the number. The obtained information sent to the robotic arm. The robotic arm then orders Python to start image processing. Python moves conveyer belt and waiting for object. When the object was detected, the conveyer belt is stopped. Python sends the center coordinates of the object to the robotic arm. Robotic arm moves to the object and picks. The operator waits until the desired number of objects is picked.

Audio Processing (Speech Recognition)

Speech recognition is an important feature in several applications used such as home automation, artificial intelligence, and similar implementations. In this study, the operator speech was listened by the microphone, and the speech was solved by speech recognition library in Python. The speech type is presented as follows:

Example 1: Apple, Five
Example 2: Pomegranate, Eight
Example 3: Orange, two

This speech type was selected as an operator input. The designed algorithm converted it to make robotic arm understand the object and object number picked.

Image Processing You Only Look Once v8(YOLOv8)

YOLOv8 is a novel object detection method based on previous YOLO structures. YOLOv8 model is faster and more accurate with its new backbone network, new anchor-free head, and new loss function. Figure 3 shows the YOLOv8 structure.

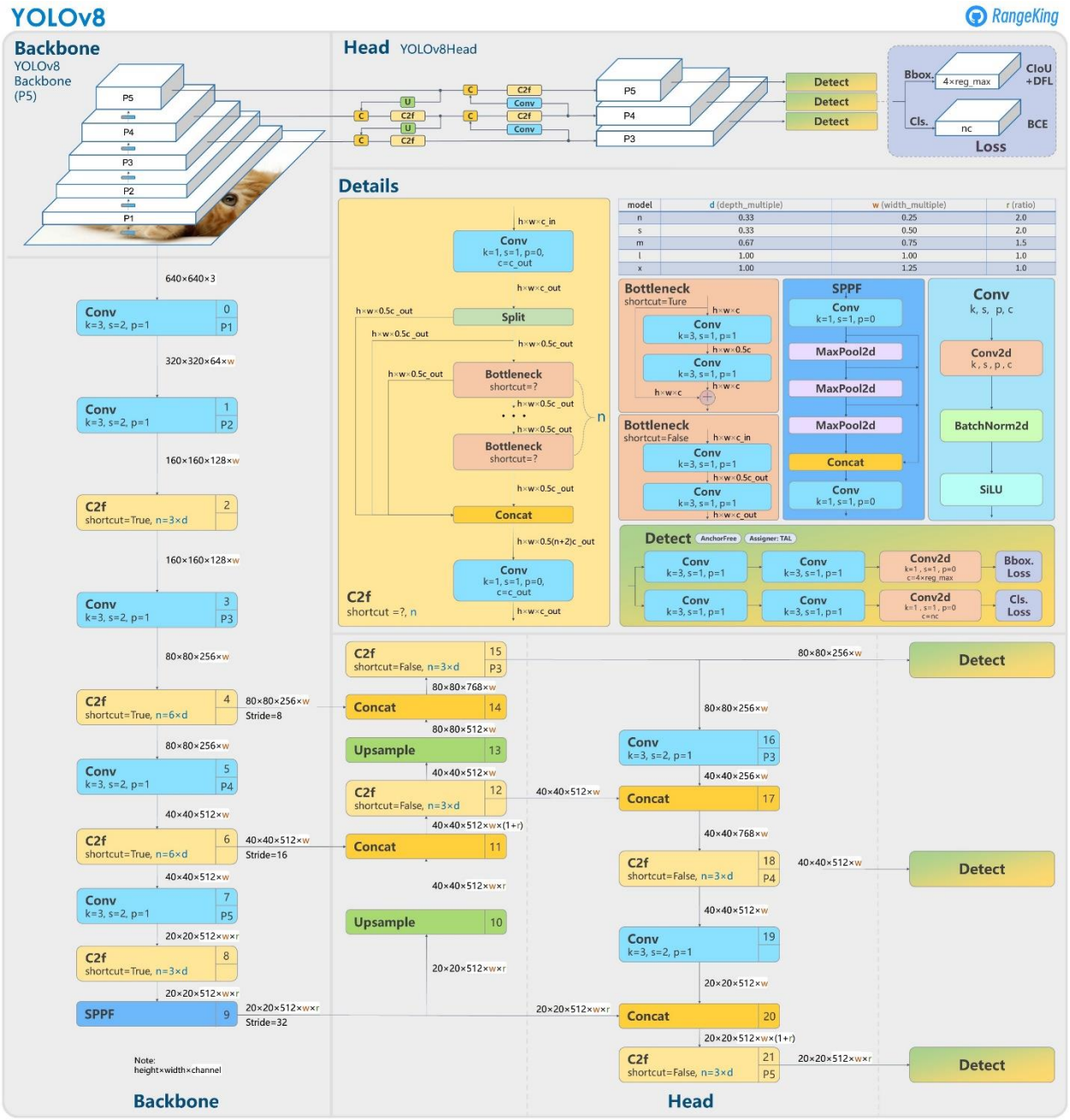


Figure 3. *The YOLOv8 structure (Ultralytics, 2022)*

YOLOv8 model was trained with a custom dataset that was created in the laboratory. The custom dataset had 300 images where three types of fruit images were taken. The images of orange, apple, and pomegranate were taken alone and mixed versions. The dataset was labeled manually with a labelling website. Figure 4 shows the some of the labelled images.

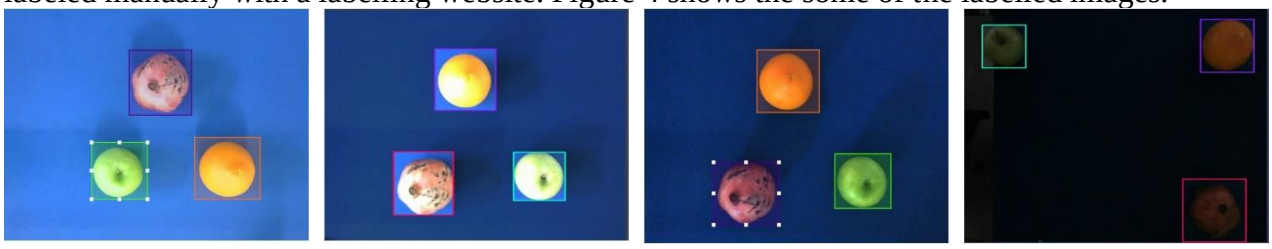


Figure 4. *The samples of the labelled images*

Transforming Pixel Values to Real World Coordinates (Calibration)

The robotic arm picked the fruits according to the center coordinates. These coordinates were sent from Python to robotic arm. The image has 640 pixels in x-direction and 480 pixels in y-direction. These values must be transformed into the robotic arm position values. The transformation process was done using Linear Regression method. The x-pixels of the camera were transformed into x-position of the robotic arm. The y-pixels of the camera were transformed into y-position of the robotic arm. The regression graphics, equations, and R^2 values are presented in Figure 5.

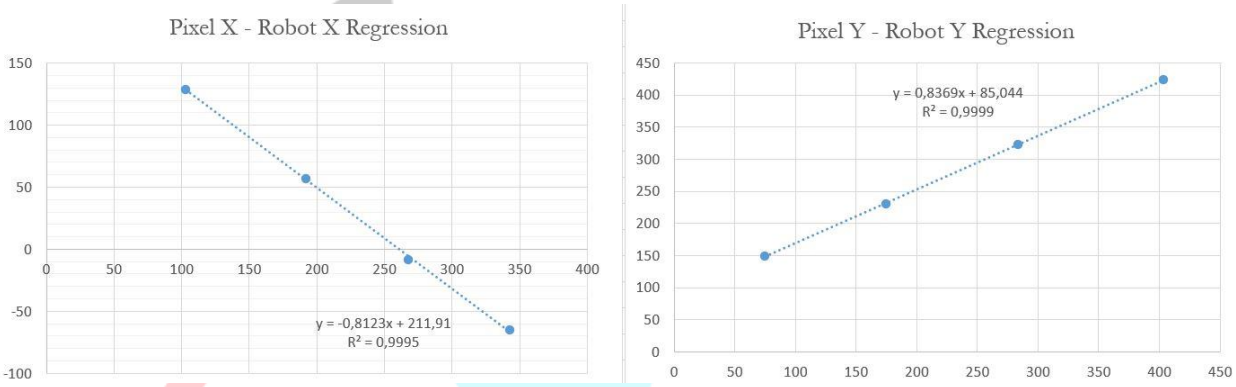
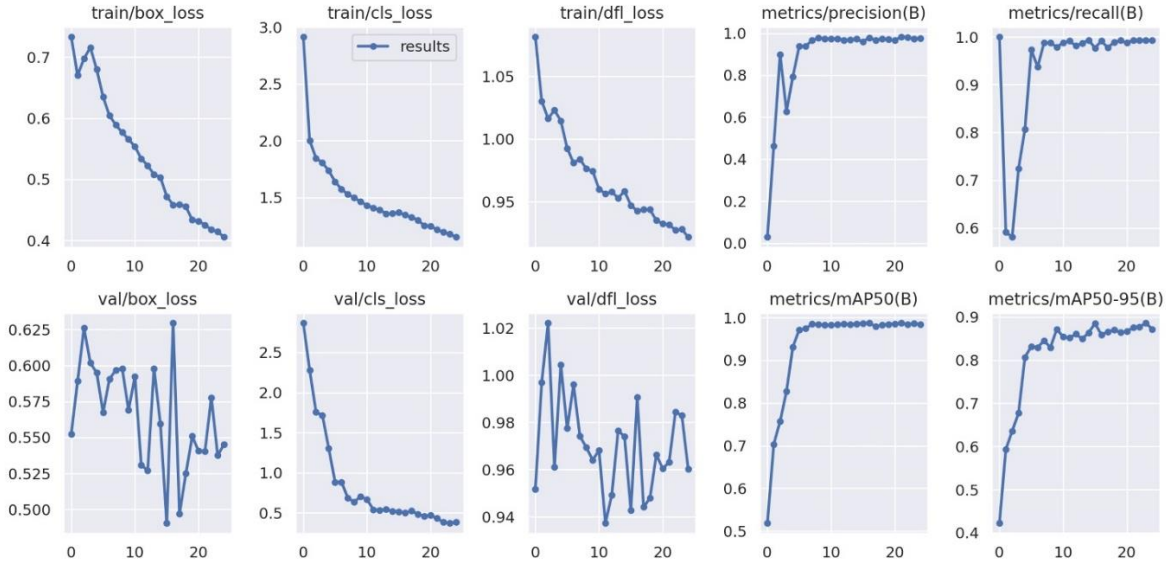


Figure 5. *The calibration results of image and robotic arm*

As seen in Figure 5, the regression result has accuracy over %99.90 for both axes. This results that the robotic arm can pick the fruit from the center with %99.90 accuracy.

EXPERIMENTAL RESULTS

YOLO methods have different type of structures. This study used nano model of YOLOv8. Training process of YOLO methods take time. Therefore, Google Colab system was used to train the model. The trained model had 0.97 mean average precision (mAP) value. Figure 6 presents the training results.



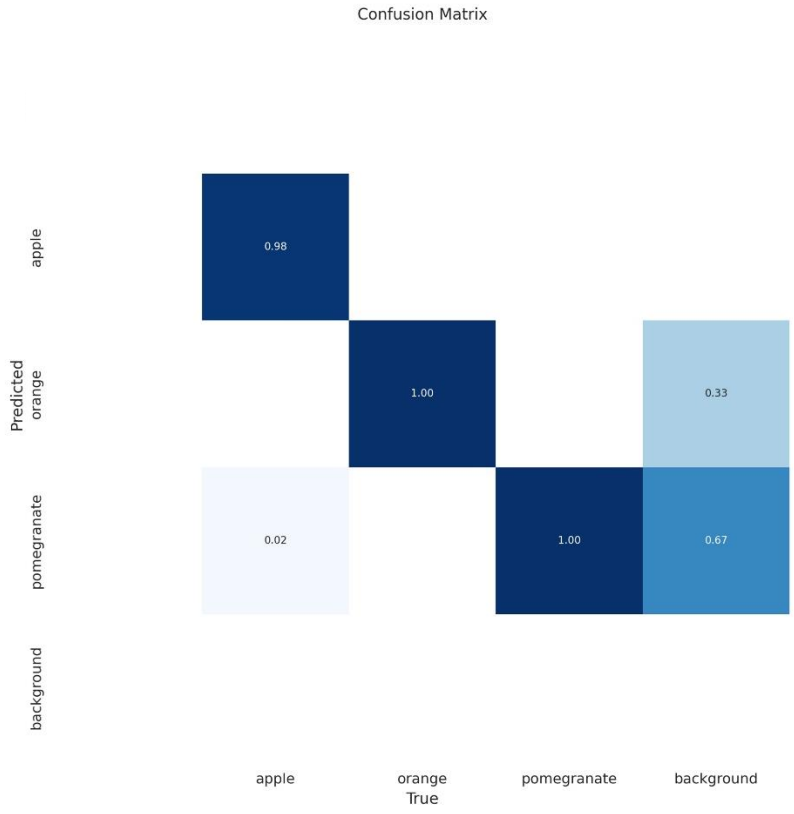


Figure 6. *YOLOv8 training results*

As seen in Figure 6 orange and pomegranate were detected with 100% accuracy. Apple was detected with 98% accuracy. The reason for 2% error in apple detection, conveyer belt color is blue and apple color is green.

The trained model then was tested real-time on the conveyer belt. The results on real-time test process were presented visually in Figure 7.

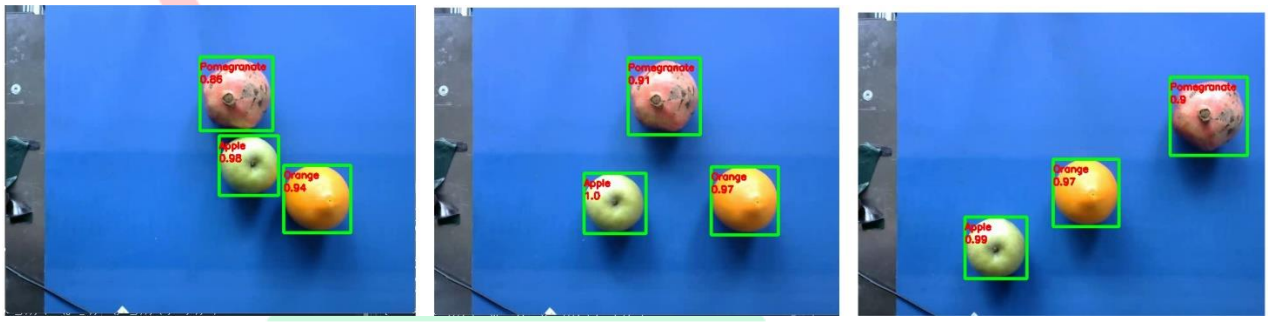


Figure 7. *The visual results of real-time test process*

The YOLOv8 method detected the fruits with high accuracy. The fruits detected in Figure 6 and the center coordinates of the selected fruit, and the number were sent to the robotic arm. The robotic arm received the center coordinates and transformed them into real world coordinates according to the regression equations. Then, the robotic arm moved to the fruit and picked. The fruit was placed to different places. Figure 8 demonstrates the pick and place process of the fruits.

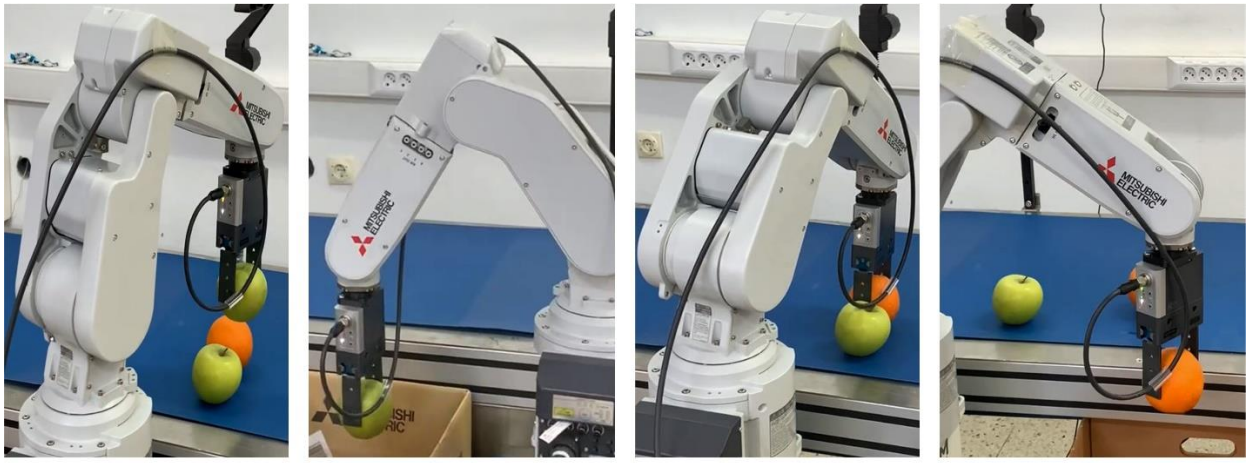


Figure 8. *The robotic arm (a) picks the apple (b) places the apple (c) picks the orange (d) places the orange*

CONCLUSIONS

This study implemented an experimental study on human robot collaboration. The operator instructed robotic arm. The robotic arm does not know what to do if it is not programmed or instructed. The real time control of the robot can be done by not only writing robot programs via its software. It can be controlled by speech recognition and image processing. This experimental study shows that the robotic arm can be remotely controlled by the operator in also dangerous areas where humans can not enter. The image processing or artificial intelligence methods can be converged with industrial equipment. This way it becomes possible to widen the usage of industrial equipment.

References

Fahad Jubayer, Janibul Alam Soeb, Abu Naser Mojumder, Mitun Kanti Paul, Pranta Barua, Shahidullah Kayshar, Syeda Sabrina Akter, Mizanur Rahman, Amirul Islam. (2021, October 8). Detection of mold on the food surface using YOLOv5. *Current Research in Food Science*, s. 724-728.

Mevlüt Karakaya, Mehmet Fatih Çelebi, Akın Emrecan Gök, Sezgin Ersoy. (2022, January). Discovery of Agricultural Diseases by Deep Learning and Object Detection. *Environmental Engineering and Management Journal*, s. 163-173.

Movva Nitin Datta, Yash Rathi, M. Eliazer. (2021, May 15). Wheat Heads Detection using Deep Learning Algorithms. *Annals of Romanian Society for Cell Biology*, s. 5641-5654.

Muhammed Ali Yılmaz, Cemil Sungur. (2021, December). Görüntü İşleme ve Robot Kol Tabanlı Çikolata Toplama ve Paketleme Sistemi. *European Journal of Science and Technology*, s. 79-82.

Rui Li, Yanpeng Wu. (2022, May 24). Improved YOLO v5 Wheat Ear Detection Algorithm Based on Attention Mechanism. *electronics*, s. 1-21.

Shani Verma, Shrivishal Tripathi, Anurag Singh, Muneendra Ojha, Ravi R Saxena. (2021). Insect Detection and Identification using YOLO Algorithms on Soybean Crop. *TENCON 2021 - Region 10 Conference* (s. 1-6). Auckland, New Zealand: IEEE.

Ultralytics. (2022, December). *YOLOv8*. https://github.com/ultralytics: https://github.com/ultralytics/ultralytics adresinden alındı

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Development of A Low-Budget Current Sensor For Measuring Low Current Using Microcontroller

Fatih BULUT[1]

Abstract

One of the important parameters in the development of electronic-based high-tech sensors is the measurement of low currents. In studies on material production, the usability of the produced material as a sensor is investigated by illuminating the electronic properties. In such studies, researchers need to examine the electrical properties of the materials they produce. At this stage, it is important for the reliability of the study to perform the tests using high precision equipment. However, the fact that this equipment's are always not available negatively affects the working speed of the researchers. Thanks to the simple circuit to be obtained with this study, researchers can have initial information about the electrical properties of the materials they produce. With the device produced within the scope of this study, it will be possible for researchers to obtain low cost and measure current in the range of 10nA-30uA. There are many methods that facilitate the widely used C and C++ based software today. By making use of these methods and supported by an electronic mechanism, this system will be useful for researchers. Researchers who continue their studies in low-current electronics, lab-on-chip, microfluidics, nanosensors, and similar fields will be able to make preliminary examinations of their studies by establishing this system. In this way, they will accelerate their studies and will be able to use their valuable time to improve their research. The V-tech nanoampermeter device used in testing the system is one of the ammeters preferred by researchers. The values shown by both systems at different current values were recorded and these values were given in a graph it was seen that the two devices gave compatible results with each other. It has been concluded that the device obtained by this study can be used in preliminary tests in a way.

Keywords: Low current detection, current sensor, Attiny85 microcontroller, DIY current sensor, programming

[1] Dr, Sinop University, Scientific and Technological Research Applications and Research Center, Orcıd: 0000-0001-5335-2307

INTRODUCTION

Low current sensing and monitoring power converters play an important role in biomedical applications, studies such as chemiresistive and academic studies on miniature applications (Y. Avenas, 2012). The methods used to measure low current in modern electronic applications can be done with equipment that researchers cannot easily obtain. With the fact that such devices are of foreign origin and it is difficult to obtain them at current prices, researchers need to develop systems where equivalent measurements can be taken. For this reason, low-budget current sensors that can measure accurately and quickly are among the points that researchers focus on (M. Biglarbegian, 2016; K. Sato T. N., 2020; G. Ogihara, 2020). It is inevitable to use high-tech and high-accuracy equipment in the studies. However, it is seen that researchers need a system that does this work more quickly and superficially and that will give the first impression to the researcher in terms of the future of his work (K. Sato T. N., 2021) (D. Kim, 2013). It will be possible for researchers to make preliminary evaluations with simple systems that will facilitate the progress of the studies. In this way, it is foreseen that those who produce chemiresistive sensors (M. Shaik, 2016; H. Zhou, 2021), batteries (Ebner, 1995), and capacitors (C.A.-P. de Araujo, 1995) and continue their research in this field will gain speed in their studies.

MATERIALS AND METHOD

The device is based on a simple principle such as measuring the decrease of the voltage on a capacitor to a certain amount by a microcontroller. ATtiny85 microcontroller, OLED display, 1uF capacitor, 10uF capacitor, 100nF capacitor, LM7805 5V regulator, and 9V battery are the main components of the device. Apart from these components, although it is possible to customize the system, an external LED and several switches are used in this study. With the establishment of the connection diagram given in Figure 1, the main elements of the device will be combined.

After the connection in the figure, the main structure of the system will be completed. In this system, it is used that the capacitors can be charged with a voltage and slowly discharge the electricity on the capacitor after the cut off the voltage. The system switches the pin of the microcontroller from an output to an analog input pin and measures the voltage of the capacitor over time. In this system, since the tested material will draw power from the capacitor during the discharge, the capacitor will discharge slowly. After reaching a certain voltage, the system will calculate the current by measuring the elapsed time and the system will display this value on the screen. The components used on the system allow current values between 10uA and 30nA to be measured, and above this value, the system will be damaged. This situation is directly related to the microcontroller used (Archive, 2023). The open-source system can be modified to measure in different ranges.

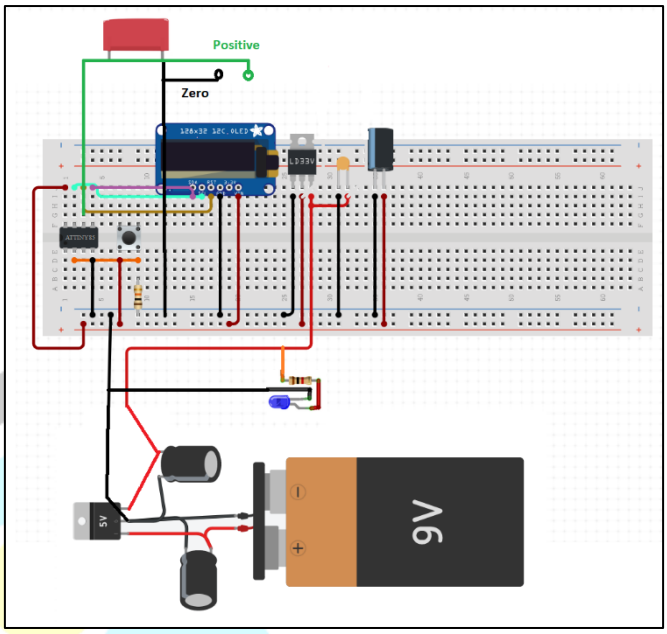


Figure1. Wiring diagram of the system

It is possible to upload software to the system by coding with classical C and C ++ languages. The codes made for the system have been uploaded to the online system and made available for use (github, 2023). When the code used in this system is examined, first the library prepared for the preferred OLED display is introduced to the system. Here, the TinyOzOLED_decimalFix.h library is preferred for ease of use. In addition, SoftwareSerial.h, another library for communication, and related definitions and global variable definitions to be used in the system were made. When it comes to the "setup" part, the inputs and outputs are set for the analog and digital pins on the microcontroller. In addition, the necessary commands for the preferred display and communication are entered. In the loop part, the necessary commands are written for the system to convert the data it receives and print the results to the screen. Another point to note in the software is that the clock of the ATtiny85 is set to "Internal 8MHz", which is important for the system's measurement speed and communication. In this system, where it is possible to use different screens and components, the choices made are generally focused on good measurement and easy use.

RESULTS AND DISCUSSION

Testing the products that are made by the principle of "do it yourself (DIY)" is of great importance. After the completion of the construction phase of the system, its usability and performance should be tested. Different methods can be used to test this system. One of these; is to connect a previously measured and known sample to the system and test the results with previous ones. Although this method is generally preferred, measurements made with high-tech products can also be made with this system and the results can be compared. Thus, a comparative result can be obtained. It may be preferable to use this method for use in academic studies. Apart from this, it is also possible to measure by connecting more than one resistor to the system. In this case, the total resistance is measured with a multimeter by connecting megaohm resistors to the system. By evaluating this known resistance and 5V in the system together, the expected current value can be calculated with simple ohm's law. For example, the voltage entering the system is measured and the current value expected to be seen on the screen can be calculated because of the operation performed with the connected resistor values. In this way, the system can be optimized by obtaining a calibration chart thanks to the measurements to be made with different resistors. The usability of the system is verified after the calibration

processes are performed on the system. In this study, system validation was done in comparison with the V-tech nanoampermeter. In this comparison, it was seen that the system gave acceptable results from the measurements starting with 30nA (Figure 2).

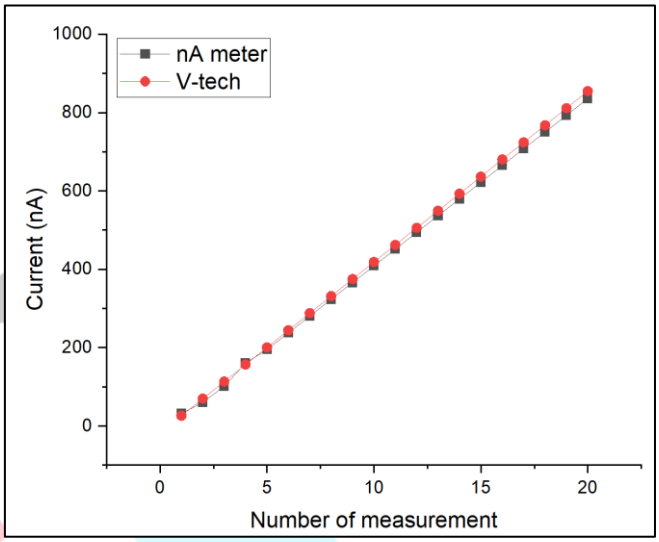


Figure 2. Wiring diagram of the system

CONCLUSION

To guide the researcher in academic studies, a cheap and simple circuit has been designed to measure low current values. The design made here includes both electronics and software. Circuit elements and code used in the system have been presented to the reader. In this way, the system can be installed and modified by anyone. The important point here is the verification of the measurement. If the verification is not done, the system is quite prone to mislead the user. At this study, the system was calibrated in the trials, and it was seen that the system gave acceptable results at low current values.

REFERENCES

Archive. (2023, 01 18). https://archive.org/details/atmel-2586-avr-8-bit-microcontroller- adresinden alındı

C.A.-P. de Araujo, J. C. (1995). Fatigue-free ferroelectric capacitors with platinum electrodes. (s. vol374, 627–629). Nature.

D. Kim, B. G. (2013). Noise Analysis and Performance Comparison of Low Current Measurement Systems for Biomedical Applications. (s. Vol7(1)). EEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems.

Ebner, S. M. (1995). Lithium-ion battery for electronic applications. (s. vol544, 155–162). Journal of Power Sources.

G. Ogihara, T. N. (2020). Summing Node Test Method: Simultaneous Multiple AC Characteristics Testing of Multiple Operational Amplifiers. (s. 1-6). 2020 IEEE 29th Asian Test Symposium (ATS).

github. (2023, 01 06). https://github.com/pararoglu/nanoAmMeter_ATtiny85 adresinden alındı

H. Zhou, K. X. (2021). Reversible Room Temperature H2 Gas Sensing Based on Self-Assembled Cobalt Oxysulfide. (s. vol22,303). Sensors.

K. Sato, T. N. (2020). Accurate Testing of Precision Voltage Reference by DC-AC Conversion. (s. 1-2). 2020 IEEE 29th Asian Test Symposium (ATS).

K. Sato, T. N. (2021). High Precision Measurement of Sub-Nano Ampere Current in ATE Environment. (s. 139-140). 2021 IEEE 30th Asian Test Symposium (ATS).

M. Biglarbegian, S. J. (2016). Development of current measurement techniques for high frequency power converters. (s. 1-7). 2016 IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC).

M. Shaik, V. R. (2016). Chemiresistive gas sensor for the sensitive detection of nitrogen dioxide based on nitrogen doped graphene nanosheets. (s. vol6, 1527–1534). RSC Advances.

Y. Avenas, L. D. (2012). Temperature measurement of power semiconductor devices by thermo-sensitive electrical parameters—a review. (s. Vol.27 3081–3092). IEEE Transactions on Power Electronics.

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Welding Behavior of Recycled Polymers in Automotive Industry

Kübilay ÖZTÜRK[1]
Cem İÇİER[2]

Abstract

Polymeric materials are widely used in automotive industry due to some reasons such as low weight, low cost, and resistance to corrosion. As opposed to advantages, these kinds of materials are not sustainable. So, they need to be used in a more sustainable way. To do this, recycling polymers is popular nowadays. Recycling of discarded polymers is a feasible strategy to enhance the environmental sustainability of the plastic sector when combined with attempts to improve the use and specification of recycled grades to substitute virgin plastic. For this reason, the waste polymers are converted to recycled polymers. The method of recycling is the polymers are reheated and reshaped after mixed plastic waste is sorted and cleaned. Recycled polymers are getting intensively used in automobile parts. However, they need to be investigated detailed in terms of manufacturability and machinability. For example, a lot of parts are welded during car manufacturing. So, the welding behavior of recycled polymers needs to be known. In general, recycled polymers tend to have less consistent molecular weights compared to virgin polymers. It can also affect the melting point. This might affect their welding behavior, as the lower melting temperatures can result in weaker bonds and the inconsistent molecular weights can lead to uneven distribution of the melted material.

Additionally, recycled polymers may contain contaminants or additives from the original material, which can affect the welding behavior. To overcome these challenges, it is important to carefully select the recycling method and processing parameters to ensure that the recycled material has the necessary properties for the desired welding application. In this study, the parts will be welded at different recycle rates and the tensile strength, impact strength and microscopic examination of the produced parts will be carried out.

Keywords: Recycle, welding, polymer, automotive, composite

[1] Researcher, TOFAS Turk Otomobil Fabrikası R&D Center/ Yildiz Technical University, Orcıd: 0000-0002-0279-4217
[2] Researcher, TOFAS Turk Otomobil Fabrikası R&D Center/ İzmir Institute of Technology

Introduction

Polymer and polymer matrix composite materials are frequently used in the automotive industry, which is one of the advanced industry applications, due to economic and environmental policies such as reducing fuel consumption and carbon emissions, thanks to their superior properties.

(Andr´e vd., 2016: 197-208). Welding technology, which is one of the basic production methods, is widely preferred in many industries for the assembly of a single part or for the creation of the entire structure. Ferrous and non-ferrous alloys have become indispensable materials for the ship, automotive and aerospace sectors. Thanks to their superior properties, these groups of materials are widely used. However, due to the disadvantages of ferrous and non-ferrous metals such as their sensitivity to corrosion, high density, high costs and difficulties in production, these material groups have been replaced by polymer and composite materials in some applications (Rudrapati vd., 2019: 44).

These materials, which are much lighter than ferrous and non-ferrous alloys such as polymer and polymer matrix composites, are very preferred in advanced engineering applications such as automotive and aerospace due to their weight, ease of production and high density/strength ratios (Azhiri vd., 2019: 2269-2282). The use of polymer materials has increased very rapidly in all production industries due to its formability, workability, easy production and low material cost compared to other material groups (Arai vd., 2014: 448-453). After a significant increase in the use of polymer materials, millions of tons of waste polymers are caused. In terms of increasing sustainability and recycling of waste polymers, recycling of polymers has become increasingly popular and has become the focus of research in recent years (Zia vd., 2007: 675-692). Especially in the automotive sector, the goal of reducing the carbon emission value per vehicle production has led all automotive manufacturers to this area. In addition, since the vehicle temperature values will be low during the transition to electric vehicles, the need for polymers will increase. Currently, the added value created by recycling is also quite low; as a result, large amounts of used plastics and synthetic textiles partially contribute to the economic cycle. In addition, the recycling of polymers seems to decrease some properties compared to metals. On the other hand, it does not mean that nothing can improve the quality of products made from recycled polymers to the desired level. There has been a lot of work in this area recently. Polymer wastes can be classified as end-of-waste (EOW), end-of-life (EOL) and post-consumer (PC) wastes. EOW waste is produced during production and recycling within the framework of technological processes. Such pre-consumer waste can be evaporated through the development of energy and material-saving methods. EOL and PC waste consists of products that have reached the end of their useful lives. The life cycle of a polymer is shown in figure 1.

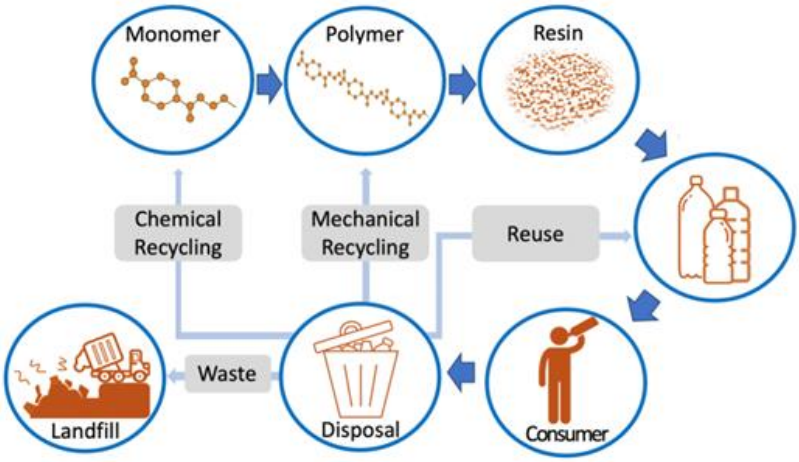


***Figure 1**. Life cycle of polymers (Benyathiar vd., 2022: 2366)*

In general, when polymers are examined for recycling, a product obtained from raw materials may be reused after certain processes after it becomes user waste. In addition, their recycling is also carried out by applying a number of mechanical and chemical processes. Primary mechanical recycling is the direct reuse of uncontaminated discarded polymer into a new product without loss of properties. In most cases, the primary mechanical recycling is carried out by the manufacturer itself for post-industrial waste (Al-Salem vd., 1994: 103-129). For this reason, this process is often referred to as closed-loop recycling. The process is generally the re-production of waste polymer materials by breaking them into small pieces by mechanical processes. The polymers that are made into granules are fed into a hopper and then transferred to the molds. One of the situations that should be considered first in this process is that the polymers used must be waste from the same product and the cleaning rates of these materials must be high. In this method, which is a simple application, it is necessary to pay attention to process parameters such as product classification and the presence of similar products.

Chemical recycling, also known as raw material or tertiary recycling, which is another recycling process, is a type of polymer recycling in which polymer chains are converted into smaller molecules through chemical processes. Examples of such processes are hydrolysis, pyrolysis, hydrocracking and gasification (Al-Salem vd., 1994: 103-129). The purity of the recycled polymer materials is higher in this method, which is not a recycling process very suitable for mass production.

In order to use polymer materials in structural materials, some parts need to be joined. For this purpose, two basic joining methods are preferred. These are: separable and inseparable connections. Separable methods usually represent screw or clip fasteners, while inseparable connections refer to welded joints. There are some types of polymers at the source. These;

- Thermal Welding,
- Vibrational Welding,
- Friction Welding,
- Solvent Welding,
- Surface Modification,
- Ion Beam Welding,

- Other more exotic but less common techniques (Wool vd., 1989: 1340-1367).

When two pieces of molten polymer are brought into contact, wetting or close molecular contact (van der Waals) occurs first, followed by back-and-forth diffusion of chain segments along the wetted interface.

After the surfaces come into contact, the contact time, the processing temperature, the contact pressure and the molecular weights of the parts are evaluated as parameters that affect the welding quality. The graph showing the change of time and pressure related to the process parameters is given in Figure 2. Figure 3 shows the welded connections applied to polymer materials (Stokes ve Vijay, 2000: 4317-4343)

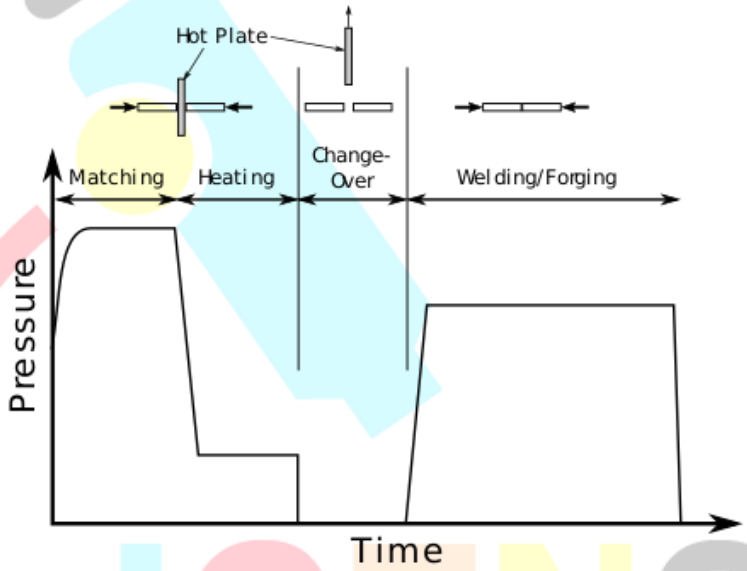


Figure 2. Pressure–time changing diagram of polymer welding (Rudrapati, 2022).

In the first stage, high pressure is applied to fully contact the hot surface to heat the parts. Later, the pressure is reduced and the materials are expected to melt, after the materials melt, the hot surface is removed. Finally, the molten surfaces are joined to each other by pressure and the welding process is completed. In general, welding processes show similarities.

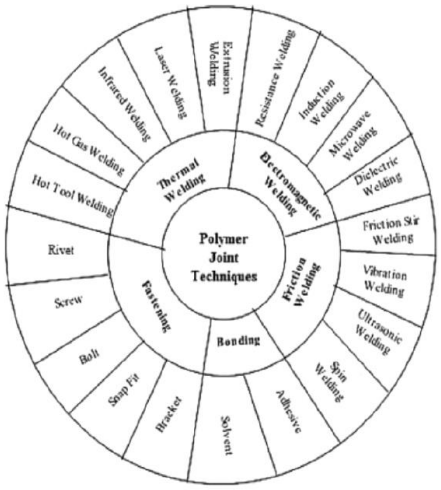


Figure 3. Various polymer joint methods (Stokes ve Vijay, 2000)

The sources of recycled polymer materials also go through the same stages and the same methods are used. However, in recycled polymer materials, the process parameters cannot be the same as virgin polymers. In addition, a pretreatment is required to increase the welding ability of these materials. One of these preliminary procedures is the cleaning of the parts. The main problem in the welding of recycled materials is that the materials cannot adhere properly. The reason for this is firstly the deterioration of the bond structures of polymer materials and secondly the inability to clean the materials properly. In non-clean parts, the dirt that adheres to the interface during joining changes both the wetting angle of the parts and acts as a barrier at the interface, so the joining cannot be done properly (Hopewell vd., 2009: 2115-2126.), (La Mantia, 2011: 167-172), (Britt vd., 2019). Figure 4 shows the gaps formed in the structure during the welding of two polymeric materials and the problem of merging depending on these gaps.

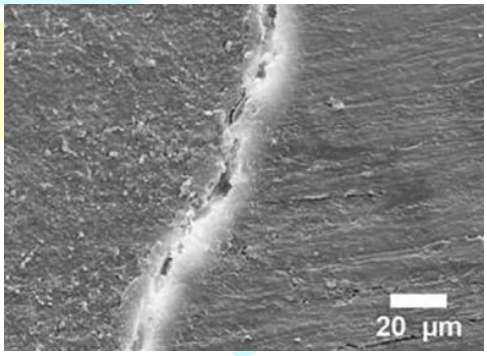


Figure 4*. A defect of Polymer Welding (Kumar ve Roy, 2022: 2212-2215)*

Methods

In this study, the sources of recycled polymer materials were examined. Firstly, polymer materials with different recycling rates were produced, and then it was planned to examine both the welding behavior of these materials among themselves and the welding behavior of recycled materials with virgin materials. PC+ABS material group was selected as polymer and ultrasonic welding method was preferred as welding method. An ultrasonic device with a 20 kHz frequency was used.

Tensile samples and crushing samples were removed from the parts to determine the welding behavior. In addition, the vacancy rates were determined by looking at the parts from the sections. The experimental sets for the parts to be produced are given in Table 1.

Table 1. *The Experiments Planned to Be Carried Out*

Specimens	Welding Method	Materials	Dissimilar Welding
1. Specimen	Ultrasonic	PC+ABS	Virgin+Virgin
2. Specimen	Ultrasonic	PC+ABS	Recycle(%60)+Virgin
3. Specimen	Ultrasonic	PC+ABS	Recycle(%100)+Virgin
4. Specimen	Ultrasonic	PC+ABS	Recycle(%100)+Recycle (%100)
5.Specimen	Ultrasonic	PC+ABS	Recycle (%100)+Recycle (%65)

The welded parts produced are planned to be subjected to tensile testing for characterization later. The mechanism in which the drawing process will be performed is given in Figure 5.

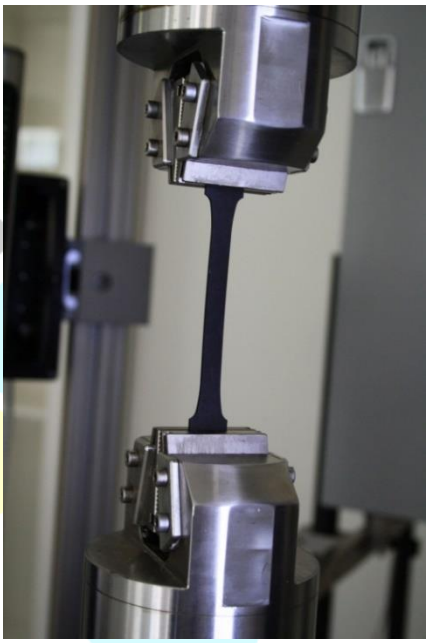


Figure 5. *Tensile test machine*

In order to understand the behaviour of adhesion of welding regions under dynamic loads after tensile operations, crushing tests were applied to the parts and it was planned to study the behaviour of these materials under a fast-incoming load. The mechanism in which the impact process will be performed is given in Figure 6.



Şekil 6. *Impact test machinery*

It is planned to perform cross-sectional examination of the parts subjected to mechanical tests under a microscope. After examination under a microscope, it will be to determine how the welding behaviour and recycling rates of the parts affect the strength of these parts.

References

André, N. M., Goushegir, S. M., Dos Santos, J. F., Canto, L. B., & Amancio-Filho, S. T. (2016). Friction Spot Joining of aluminum alloy 2024-T3 and carbon-fiber-reinforced poly (phenylene sulfide) laminate with additional PPS film interlayer: Microstructure, mechanical strength and failure mechanisms. Composites Part B: Engineering, 94, 197-208.

Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2010). The valorization of plastic solid waste (PSW) by primary to quaternary routes: From re-use to energy and chemicals. Progress in Energy and Combustion Science, 36(1), 103-129

Arai, S., Kawahito, Y., & Katayama, S. (2014). Effect of surface modification on laser direct joining of cyclic olefin polymer and stainless steel. Materials & Design, 59, 448-453.

Azhiri, R. B., Sola, J. F., Tekiyeh, R. M., Javidpour, F., & Bideskan, A. S. (2019). Analyzing of joint strength, impact energy, and angular distortion of the ABS friction stir welded joints reinforced by nanosilica addition. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 100, 2269-2282.

Benyathiar, P., Kumar, P., Carpenter, G., Brace, J., & Mishra, D. K. (2022). Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle-to-Bottle Recycling for the Beverage Industry: A Review. Polymers, 14(12), 2366.

Britt, P. F., Coates, G. W., Winey, K. I., Byers, J., Chen, E., Coughlin, B., ... & Waymouth, R. (2019). Report of the Basic Energy Sciences Roundtable on Chemical Upcycling of Polymers. USDOE Office of Science (SC)(United States).

Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), 2115-2126.

Kumar, S., & Roy, B. S. (2020). A comparative analysis between conventional tool and double-step shoulder tool for joining of acrylonitrile butadiene styrene and polycarbonate plate by using friction stir welding. Materials Today: Proceedings, 26, 2212-2215.

La Mantia, F. P. (1999, December). Mechanical properties of recycled polymers. In Macromolecular Symposia (Vol. 147, No. 1, pp. 167-172). Weinheim, Germany: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Rudrapati, R. (2022). Effects of welding process conditions on friction stir welding of polymer composites: A review. Composites Part C: Open Access, 100269.

Rudrapati, R., Pal, P. K., & Ojha, J. (2019). On the Relationship Between Laser Welding Process Variables in Through-transmission Laser Welding (TTLW) of Polycarbonate Plastics. Lasers in Engineering (Old City Publishing), 44.

Stokes, V. K. (2000). A phenomenological study of the hot-tool welding of thermoplastics Part 2. Unfilled and glass-filled poly (butylene terephthalate). Polymer, 41(11), 4317-4343.

Wool, R. P., Yuan, B. L., & McGarel, O. J. (1989). Welding of polymer interfaces. Polymer Engineering & Science, 29(19), 1340-1367. https://doi.org/10.1002/pen.760291906

Zia, K. M., Bhatti, H. N., & Bhatti, I. A. (2007). Methods for polyurethane and polyurethane composites, recycling and recovery: A review. Reactive and functional polymers, 67(8), 675-692.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Determination of Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs) in Human CAPN3 Gene by In Silico Analysis

Güldenur KAYIŞLI [1]
Burak DİLEMEK [2]
Emre AKTAŞ [3]
Nehir Özdemir ÖZGENTÜRK [4]

Abstract

LGMDR1 is a type of Limb Girdle Muscular Dystrophy (LGMD) with an autosomal recessive inherited prevalence ranging from 0.001% to 0.009% cases. It affects approximately 30% of LGMD patients and is therefore considered the most common subtype. It is a rare and slowly progressive muscle disease caused by a mutation in the CAPN3 gene, which encodes the proteolytic enzyme Calpain 3, a skeletal muscle-specific member of the Calpain family. In the literature, the pathophysiological mechanisms involved in LGMDR1 are mostly unknown, and there is no effective treatment for this disease to date. Currently, there is no comprehensive study to understand the Calpain 3 protein. In this study, more than 7 bioinformatics tools such as Expasy and HOPE were used to investigate the functional and structural states of proteins caused by nsSNPs in the coding region of the human CAPN3 gene. The results have been extensively studied with rational and semi-rational design approaches. All possible SNPs of the gene, and the positions of the amino acids that make up the Calpain 3 protein produced by this gene, were determined, as well as the effects of these positions. Some amino acid positions have been highlighted as playing an active role in the stability of the protein structure, the biological activity of the Calpain 3 protein, the preservation of the Calpain 3 protein structure, and the interaction of the Calpain 3 protein with other proteins. Also, these amino asit positions can change the physico-chemical properties of the Calpain 3 protein. These results are supposed to be an important resource for studies on this protein and gene and will bring a different perspective to the treatment studies designed for the disease. **Keywords/Anahtar Kelimeler:** Bioinformatic Analysis, CAPN3 Gene, CALPAIN 3 Protein, LGMDR1, Mutation

[1] Öğrenci, Yıldız Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Orcıd: 0009-0009-1053-5221,
[2] Öğrenci, İstanbul Üniversitesi, Moleküler Biyoteknoloji ve Genetik, Orcıd: 0009-0008-1838-7844,
[3]Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Orcıd: 0000-0002-9422-3402
[4] Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Orcıd: 0003-3809-6303

Introduction

There are hundreds of single gene diseases that cause devastating clinical consequences and damage muscle structure and function (Benarroch et al., 2019: 980–1018). Mutations that cause these diseases; It takes place in genes encoding proteins involved in numerous processes such as contraction, membrane integrity, gene regulation or metabolism (Olson, 2021: 118).

LGMD (Limb-Girdle Muscular Dystrophy) is a genetically heterogeneous category of autosomally inherited muscular dystrophies (MD). It results from abnormal production, expression, and modification of related proteins and includes a broad group of interrelated degenerative muscle disorders. While these muscle disorders are classified into subtypes, there is no common molecular disease mechanism established so far due to the high heterogeneity observed between subtypes (Georganopoulou, 2021: 466– 488). While the disease manifests itself with chronic and progressive weakness of the hip and shoulder circumference, it can be inherited as autosomal dominant (LGMD1) or autosomal recessive (LGMD2) (Lee et al., 2020: 99).

LGMD 2A(LGMDR1) is known as calpainopathy (Khadilkaret al., 2018: 201–210). LGMDR1 is a rare autosomal recessive, slowly progressive disease caused by a mutation in the CAPN3 gene, which encodes the proteolytic enzyme Calpain 3, a skeletal muscle-specific member of the calpain family. LGMDR1 is characterized by progressive, symmetrical weakness of the muscles close to the body in the pelvic and shoulder girdle. In most patients, it results in wheelchair dependency within 20 years of the onset of the disease (Zheng et al., 2021: 104).

LGMDR1, its prevalence ranges from 0.001% to 0.009% cases. It affects approximately 30% of LGMD patients and is considered the most common subtype. It was reported twice as frequently as the next most common subtype.

This study analyzed missense nsSNPs of the CAPN3 gene and the effect of variants on the structure and function of the protein. The aim of this study is to predict the SNPs that may have a detrimental effect on the LGMD 2A-related CANP3 gene by means of different computer-based software tools and the results are a data source for experimental research. The determination of the entire single nucleotide polymorphism (SNP) of the CAPN3 gene performed in the study in silico is important in terms of showing possible mutational variations that may cause the disease. When the gene mutations that cause the defects of the CAPN3 gene are examined, it has been observed that the CAPN3 gene plays an important role in muscle physiology (Hata et al., 2020: 1868). These mutations abolish or impair the function of the CAPN3 gene by affecting protein domain interactions. Gene-centered SNPs can have serious consequences on the structural stability or function of a protein if they cause the primary structure of the gene to change. If these variations in the genome cause the primary structure of the gene to change, it can alter the protein structural stability and function and affect the character of an organism, causing severe destruction. Most of these disease-causing SNPs are detected in evolutionarily conserved regions of the human genome that are of great importance in the function and structure of proteins. Therefore, determining the disease-causing quantification of the specific SNP is crucial for predicting the course of the disease. Because multiple tests are required for thousands of SNPs in genes, identifying and identifying SNPs that can cause disease takes time and effort. Searching for SNPs using bioinformatics tools can

solve this problem (Ali et al., 2022: 672). Therefore, it is important to identify polymorphisms that affect the structure and function of the CAPN3 gene in slico.

Thanks to the bioinformatics tools used in the study, it was aimed to determine the most damaging faulty or non-synonymous SNPs (nsSNPs, missense) that may be very important for the structure and function of CAPN3 in the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825). In the study, bioinformatics tools were used to investigate the functional and structural states of proteins caused by nsSNPs located in the coding region of the human CAPN3 gene. It is thought that the results obtained will be an important source for studies on Calpain protein and CAPN3 gene and will bring a different perspective to treatment studies for LGMD2A.

Methods

The FASTA of the Calpain 3 protein (NCBI: AAD28253.1) and the nucleotide sequence of the CAPN3 gene (Gene Id:825) to be used in bioinformatic analyzes were obtained (in November 2022) using the NCBI database which is the American national biotechnological information site. The taken FASTA was used as material for all other bioinformatics tools. The NCBI nsSNP database was used to access SNPs in the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) at (November 2022). Missense SNPs (missense) cause changes in the amino acid sequence of the corresponding gene and may have an effect on the function of the given protein. Therefore, missense SNPs in the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) were selected for further analysis. The primary sequence of the protein (NCBI Gene ID: CAPN3 825) encoded by the CAPN3 gene (Uniprot accession number: P07384) was obtained from the UniProt database. Online software tools were used to determine the effects of CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) SNPs on Calpain 3 (AAD28253.1) protein using mutant protein models.

Prediction Unregulated/Unstructured Regions for Calpain-3 Protein

DisEMBL (http://dis.embl.de/) tool uses multiple algorithms to estimate the relevant unstructured/unstructured regions. Using the DisEMBL calculation tool, it was estimated whether the positions of the amino acids that make up the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) are effective in regulating and restructuring the structure of this protein (unedited/unstructured regions). Whether the substitution or deletion of the amino acid in the regions detected by the computation tool affects the biological function of the protein needs to be known in terms of the effect of possible mutations of that protein(Linding et al., 2003: 3701–3708)

Only variants that are nsSNPs and fall within the coding region of the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) were selected for further analysis. nsSNPs have been analyzed with a variety of other bioinformatics tools to find putative pathogenic variants.

Because too many different bases were obtained as a result of DiseEMBL, ClinVar (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/clinvar/?gr=0&term=capn3%5Bgene%5D&redir=gene) was scanned and the range of DiseEMBL and previously recorded and base changes noted. The PhD-SNP tool for the next step was performed for other amino acid substitutions at these positions.

Prediction of Deleterious Missense nsSNPs

Effects of faulty SNPs in CAPN3; Evaluated using online software tools such as ExPASyProtParam, pHD SNP, I- Mutant 3.0. The PhD-SNP identifies each disease association, while the I-mutant allows to predict stability. ExPASyProtParam predicts whether possible mutations or deletions have an effect on the physical or chemical changes of the Calpain 3 protein.

PhD-SNP (Predictor of human Deleterious Single Nucleotide Polymorphisms) (http://snps.biofold.org/phd-snp/phd-snp.html), is an SVM-based classifier that contains a dataset of over one million amino acid polymorphisms. The PHD-SNP, together with its safety index score, predicts whether a given amino acid substitution causes "disease" or "neutral" (Capriotti et al., 2005: 306–310). In the study, "PHD-SNP" was used to predict whether a new phenotype/mutation derived from an nsSNP would be associated with LGMD2A in humans using protein sequence information(Galehdari et al., 2013: 77–85)

The Effect of Amino Acid Changes on Protein Stabilization by I-Mutant 3.0

The tool I-Mutant 3.0 (http://gpcr.biocomp.unibo.it/cgi/predictors/I-Mutant3.0/I-Mutant3.0.cgi) was used to predict how single amino acid substitution affects the thermodynamic stability of the protein. It provides analysis of possible single-site mutations or deletions in the structure of the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) or the Calpain-3 protein sequence, whether they affect the stability of the protein and the potential of these effects to form LGMD 2A. I-Mutant 3.0 focused on differences in free energy changes between wild-type and variant proteins (Capriotti, 2005). I-Mutant utilizes protein sequence information and mutational position to conduct analysis. The result is the prediction of the free energy change (DDG). This prediction is classified into three categories: 'large decrease' (DDG <-0.5 kcal/mol), 'large increase' (DDG >0.5 kcal/mol), or 'neutral' (-0.5 < DDG < 0.5 kcal/mol) (Bava et al., 2004: 120-121)

Prediction of Protein 3-D Structure

The 3-D structural analysis and modeling studies of Calpain 3 protein were performed using the HOPE server. The Hope server was used to investigate the functional and structural states of proteins caused by nsSNPs in the coding region of the human CAPN3 gene. The Hope server leverages several resources and tools to estimate the impact of amino acid substitutions on protein structure. These include the Protein Data Bank (PDB) and UniProt databases, the What IF web services, Reprof, Yasara programs, and Distributed Annotation System (DAS) servers. By utilizing these diverse sources, the Hope server provide comprehensive predictions on how substitutions in amino acids can affect the overall structure of proteins(Venselaar et al., 2010: 548)

Findings and Discussion

DisEMBL

Using the DisEMBL calculation tool, it was determined whether the positions of the amino acids that make up the CAPN3 gene (NCBI Gene ID: CAPN3 825) are effective in regulating and structuring the structure of this protein. The interval from amino acid 1 to amino

acid 34 of Calpain-3 protein was determined as irregular segments by DisEMBL. These intervals were used in all subsequent vehicles.

Table 1 - Common unregulated/unstructured regions of some of Calpain-3 results we found by disEMBL tool.

Tool for predicting	Common Predicted Results
DisEMBL 1. Disordered by Loops/coils definition 2. Disordered by Hot-loops definition 3. Disordered by Remark-465 definition	**1-34:** **MPTVISASVAPRTAAEPR SPGPVPHPAQSK ATEA**

ClinVar

ClinVar collects information on genomic variation and the relationship of these variations to human health(Landrum et al., 2020: 1-7). Because too many different bases were obtained as a result of DiseEMBL, ClinVar was scanned to note the previously recorded 94 base changes in the range of DiseEMBL. The positions at which these changes were found were used in further analysis.

Table 2 - Previously recorded some base changes in Calpain-3 according to some Clinvar results

ClinVar	M1V	L14	H25D	P22	E2
	T3A	N16K	G26R	G21W	C4
	V4I	A17T	L29V	H25Y	K9
	I5V	K19	E30	P26R	N13D
	A7T	S18P	R33H	S29R	T14
	V9L	Y25	A37V	E33K	V16A

Prediction of deleterious missense nsSNPs, PhD- SNP

The positions determined to be associated with the disease with Clinvar were changed to other amino acids in the PhD-SNP tool(Capriotti and Fariselli, 2017: 247-252). Thus, it was predicted which amino acid polymorphism is associated with the disease. SNP positions predicted to be associated with the disease were used in further analysis.

Table 3 - Some SNP positions predicted to be associated with disease based on PhD-SNP results

Variant	PhD-SNP prediction
A7D	Disease
A7F	Disease
A7H	Disease
A7N	Disease
A7Q	Disease
A7R	Disease
A7W	Disease

Determination of the effect of missense nsSNPs on Calpain-3 stability

The impact of missense variants on protein stability was assessed using the I-Mutant 3.0 (Calabrese et al., 2009) server. I-Mutant is an automated web server based on support vector machine technology, which predicts the influence of amino acid substitutions on protein stability by calculating the change in free energy (DDG) between the native and mutant forms of the protein. A DDG value within the range of $-0.5 \leq DDG \leq 0.5$ is considered a neutral mutation, while values <-0.5 indicate a significant decrease in stability, and values >0.5 indicate a significant increase. A negative DDG score suggests that the amino acid substitution reduces protein stability, while a positive score suggests an improvement in stability. The magnitude of the DDG score corresponds to the level of confidence in the prediction.

I-Mutant 3.0 were used to predict changes in protein stability caused by functionally damaging the nsSNPs. The DDG value and binary classification estimate in I-Mutant 3.0 showed that amino acid substitutions (A7D, A7F, A7H, A7N, A7Q, A7R, A7W), were able to cause largely decreased stability (<-0.5 DDG) of the protein.

Table 4 - Some Results of I-Mutant 3.0

Used tool	Variant	Stability	DDG
I-Mutant3.0	A7D	Decrease	-0.60 Kcal/mol
	A7F	Decrease	-0.05 Kcal/mol
	A7H	Decrease	-0.74 Kcal/mol

	A7N	Decrease	-0.73 Kcal/mol
	A7Q	Decrease	-0.41 Kcal/mol
	A7R	Decrease	-0.08 Kcal/mol
	A7W	Decrease	-0.07 Kcal/mol

Hope Result and 3-D Structure Prediction

The amino acid substations were also submitted for the HOPE (Venselaar et al., 2010) project analysis. According to the HOPE results it was found that, out of the some of mutations, have altered hydrophobicity, differed in charge, and mutated amino acids differed in size (Table 5). Every amino acid possesses distinct characteristics such as size, charge, and hydrophobicity value. When comparing the original wild-type residue with a newly introduced mutant residue, these properties often exhibit variations.

The data presented in Table 5 is derived from a comprehensive analysis aiming to assess the impact of the mutation on several attributes, including the interactions involving the mutated residue, the structural domains encompassing the residue, any modifications observed on this particular residue, and known variants associated with it. Only features for which information is available will be presented. If the mutants residues are bigger, this might lead to bumps. Some variant residue are bigger than wild type residue(Table 5). For smaller ones mutant residues might lead to loss of interaction for the Calpain-3 protein.

Table 5 - The HOPE server analysis results for some deleterious nsSNPs

Variant	**MUTANT -TYPE AMINO ACIDS**			**MUTANT -TYPE AMINO ACIDS**				
	Size	**Charge**	**Hydrophobicity**	**Size**	**Charge**	**Hydrophobicity**	**Mutant Residue**	**Damaging to the protein conservation**
A7D	<	NEUTRAL	>	>	NEGATIVE	<	Might lead to bumps	Probably damaging
A7F	<	-	-	>	-	-	Might lead to bumps	Probably damaging
A7H	<	-	>	>	-	<	Might lead to bumps	Probably damaging
A7N	<	-	>	>	-	<	Might lead to bumps	Probably damaging
A7Q	<	-	>	>	-	<	Might lead to bumps	Probably damaging
A7R	<	NEUTRAL	>	>	POSITIVE	<	Might lead to bumps	Probably damaging
A7W	<	-	-	>	-	-	Might lead to bumps	Probably damaging

ExPASyProtParam

The molecular weight of the Calpain-3 protein (AAD28253.1) was determined to be 93511.66 kDa. Among the variants analyzed, the largest one was A7W with a molecular weight of 93626.80 kDa(refer to Table 6).

Considering all the variants, including normal proteins, variants, and deletion types encoded by the full genome, the theoretical isoelectric point (PI) values ranged from 5.53 to 5.61. The theoretical PI of the normal protein was calculated to be 5.57.

The estimated half-lives for all proteins were found to be 30 hours in mammalian reticulocyte (in vitro), >20 hours in yeast (in vivo), and >10 hours in E. coli (in vivo). Moreover, all variants instability index were found as unstable.

Table 6 - Physico-chemical parameter some results predicted by ExPASyProtParam

Variant	Molecular weight	Theoretical PI	Total number of negatively charged residues (Asp+Glu)	Total number of positively charged residues (Arg+Lys)	The estimated half-life (hour)			The instability index (II)
					Mammalian reticulocytes (in-vitro)	Yeast (in vivo)	E.coli (in vivo)	
aNormal	93511.66	5.57	117	96	30	>20	>10	42.48/unstable
A7D	93555.67	5.53	118	96	30	>20	>10	42.71/unstable
A7F	93587.76	5.57	117	96	30	>20	>10	42.48/unstable
A7H	93577.73	5.60	117	96	30	>20	>10	42.48/unstable
A7N	93554.69	5.57	117	96	30	>20	>10	42.48/unstable
A7Q	93568.72	5.57	117	96	30	>20	>10	43.25/unstable
A7R	93596.77	5.61	117	97	30	>20	>10	43.25/unstable
A7W	93626.80	5.57	117	96	30	>20	>10	42.48/unstable

Conclusion

In the study, bioinformatics tools were used to investigate the functional and structural states of proteins caused by nsSNPs located in the coding region of the human CAPN3 gene. As a result of bioinformatic studies, some critical chemical and physical properties of Calpain 3 were determined. It was determined that especially the A7 region are essential for the calpain 3 protein. All possible mutations and deletions in these regions affect both the structure of the Calpain 3 protein and the biological activity of the Calpain 3 protein. They may also play a vital role in interacting with other proteins.

With the results of this study, all possible SNPs of this gene and the positions of the amino acids that make up the Calpain 3 protein produced by this gene as a result of a possible mutation and the effects of these positions were determined. It is thought that the results will be an important resource for studies on Calpain 3 protein and CAPN3 gene and will bring a different perspective to treatment studies for LGMD2A.

Acknowledgement

We would like to express our gratitude for the financial support provided by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) Research Support Programs Presidency (ARDEB) (Project Title): "İnsan CAPN3 Genindeki Tek Nükleotid Polimorfizm (SNP)'lerin In Siliko Analizler Sonucu Belirlenmesi" , Project No: 1919B012210081).

References

Olson, E. N. (2021). Toward the correction of muscular dystrophy by gene editing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: 118(22)*, e2004840117.

Benarroch, L., Bonne, G., Rivier, F., & Hamroun, (2019). *The 2020 version of the gene table of neuromuscular disorders (nuclear genome). NMD, 29(12), 980–1018*.

Georganopoulou, D. G., Moisiadis, V. G., Malik, F. A., Mohajer, A., Dashevsky, T. M., Wuu, S. T., Hu, C. K. (2021). *A Journey with LGMD: From Protein Abnormalities to Patient Impact. The protein journal, 40(4), 466– 488*.

Lee, S. J., Choi, E., Shin, S., & Park, J. (2020). Genetically confirmed limb-girdle muscular dystrophy type 2B with DYSF mutation using gene panel sequencing. A case report. . *Medicine, 99(28), e20810*.

Khadilkar, S. V., Patel, B. A., Lalkaka, J. A. (2018). Making sense of the clinical spectrum of limb girdle muscular dystrophies. *Practical neurology, 18(3), 201–210.*

Zheng, J., Xu, X., Zhang, X., Wang, X., Shu, J., & Cai, C. (2021). Variants of CAPN3 cause limb-girdle muscular dystrophy type 2A in two Chinese families. *Experimental and therapeutic medicine, 21(2), 104*.

Hata, S., Doi, N., Shinkai-Ouchi, F., Ono, Y. (2020). A muscle-specific calpain, CAPN3, forms a homotrimer. Biochimica et biophysica acta. *Proteins and proteomics, 1868(7), 140411.*

Ali, M. Z., Farid, A., Ahmad, S., Muzammal, M., Mohaini, M. A., Alsalman, A. J., Al Hawaj, M. A., Alhashem, Y. N., Alsaleh, A. A., Almusalami, E. M., Maryam, M., Khan, M. A.. (2022). In Silico Analysis Identified Putative Pathogenic Missense nsSNPs in Human SLITRK1 Gene. *Genes, 13(4), 672*.

Linding, R., Russell, R. B., Neduva, V., Gibson, T. J. (2003). GlobPlot: Exploring protein sequences for globularity and disorder. *Nucleic acids research, 31(13), 3701–3708*.

Capriotti, E., Fariselli, P., & Casadio, R. (2005). I-Mutant2.0: predicting stability changes upon mutation from the protein sequence or structure. *Nucleic acids research, W306–W310*.

Galehdari, H., Saki, N., Mohammadi-Asl, J., Rahim, F. (2013). Meta-analysis diagnostic accuracy of SNP-based pathogenicity detection tools: a case of UTG1A1 gene mutations. *International journal of molecular epidemiology and genetics, 4(2), 77–85*.

Bava, K.A., Gromiha, M.M., Uedaira, H., Kitajima, K., & Sarai, A. (2004). ProTherm, version 4.0: thermodynamic database for proteins and mutants. Nucleic acids research, D120–D121.

Venselaar, H., te Beek, T.A., Kuipers, R.K. (2010). Protein structure analysis of mutations causing inheritable diseases. An e-Science approach with life scientist friendly interfaces. *BMC Bioinformatics 11, 548.*

Landrum, B., Bannister, J., Garza, G., & Rhame, S. (2020). A Class of One: Students' Satisfaction with Online. *Journal of Education for Business, 0(0), 1-7*.

Capriotti, E., & Fariselli, P. (2017). P. PhD-SNPg: a webserver and lightweight tool for scoring single nucleotide variants. *Nucleic Acids Res, Jul 3;45(W1):W247-W252.*

Calabrese, R., Capriotti, E., Fariselli, P., Martelli, P. L., & Casadio, R. (2009). Protein Folding, Misfolding and Diseases: The I-Mutant Suite.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Investigation of Cytotoxic Effect of Borago officinalis Plant Extract on Breast Cancer

Kübra Sena BAŞ TOPCU [1]
Sude DERE [2]

Abstract

Background The aim of the study is to investigate the antiproliferative activity of the *Borago officinalis* plant, which has been used for medicinal purposes since ancient times.

Materials and methods In the study, extracts of blue-flowered *Borago officinalis* were obtained with ethanol and applied to MCF-7 human breast cancer cell line at various concentrations. The cytotoxic effect of the extract was evaluated by MTT analysis for 24, 48 and 72 hours. Statistical analysis was conducted using the two-tailed Student's t-test, with each treatment group compared to the control. A significance level of $p < 0.05$ was employed to determine statistical significance.

Results The results of the study revealed a decline in cell viability of *Borago officinalis* extract in a dose-dependent manner. Notably, the treatment with the extract led to a significant suppression of MCF-7 cell proliferation, as evidenced by a substantial reduction observed after 48 hours.

Conclusions The findings of this study indicate a significant cytotoxic activity of *Borago officinalis* extract against human breast cancer cells in vitro, underscoring its potential as a promising therapeutic agent. However, further investigations are warranted to isolate and purify the active constituents responsible for this effect, which could pave the way for the development of novel anticancer agents derived from *Borago officinalis*.

Keywords *Borago officinalis*, Plant extract, Breast cancer, Cytotoxicity, MTT assay

[1] Res. Asst., Bartin University, Molecular Biology and Genetics, Orcid: 0000-0003-3161-1042
[2] Bartin University, Molecular Biology and Genetics, Orcid: 0000-0002-4774-5443

1. Introduction

Cancer is a leading cause of mortality worldwide, and breast cancer represents a significant burden in Turkey with high mortality rates. Several risk factors such as lifestyle modifications, exposure to radiation, familial predisposition, and alterations in menstrual cycles have been linked to breast cancer. Epidemiological parameters including incidence, mortality, and survival rates of breast cancer exhibit geographical and temporal variations across different regions and countries. According to the latest Globocan 2020 data, breast cancer was the most prevalent cancer type in Turkey, with 24,175 cases and 7,161 deaths per 100,000 individuals (Date of access: 03.03.2022, https://gco.iarc.fr/today/home; Lopes et al., 2017; Sung et al., 2021).

Anticancer drugs, which are frequently used in cancer treatment, kill all proliferating cells, whether they are malignant or not. In addition, due to the heterogeneous nature of the tumor, drug resistance occurs against cancer drugs (Efferth et al., 2017). However, the number of breast cancer survivors is increasing by using complementary and alternative medicine in addition to standard treatments such as chemotherapy and radiotherapy (Lopes et al., 2017). The use of plants in cancer treatment has a long history and therefore plants have been the primary sources for the production of effective traditional medicines in cancer treatment. Researchers have reported numerous plant species that have been used to treat cancer since ancient times. The utilization and study of the therapeutic effects of plants and their components as potential anticancer medicines is becoming increasingly popular (Bahmani et al., 2017).

Borage (*Borago officinalis* L., Boraginaceae) is an annual herb grown in the Mediterranean region and used for culinary and medicinal purposes since ancient times, for the treatment of swelling and inflammation, antihypertensive, antipyretic and respiratory complaints. There are resins, flavonoids, silicic acid, ascorbic acid, niacin, riboflavin, thiamine, and other polyphenolic chemicals (caffeic, rosmarinic, and chlorogenic acid). Additionally, borage seeds' high gamma-linolenic (GLA) content is recognized as a precursor to essential substances like prostaglandin E1 and its derivatives, which are produced by the body. It has shown beneficial effects on the treatment of rheumatoid arthritis and inflammation. According to a study by Tasset-Cuevas et al. in 2013, they determined the antimutagenic/anticarcinogenic effects of borage seed oil. In studies on the human leukemia cancer cell line, rosmarinic, syringic and sinapic acids, which are the main phenolics of Borage, have proven to have anticancer properties (Tasset-Cuevas et al., 2013; Lozano-Baena, et al., 2016; Di Cerbo et al., 2020). In 2010, Conforti et al. reported that hydroalcoholic extracts of Borage leaves have antioxidant and anti-inflammatory properties in animal models (Shahraki et al., 2015). Antibacterial properties of borage applied with silver nanoparticles on various bacteria such as P. aeruginosa, E. coli, S. aureus have also been proven. In addition, cytotoxic effect of borage applied with silver nanoparticles to lung cancer cell line (A549) and cervical cancer cell line (HeLa) was determined (Singh et al., 2017).

In breast cancer, there are studies showing that early intervention of changes in the expression levels of oncogenes and tumor suppressor genes can prevent cancer formation and inhibit metastasis. There are many naturally occurring epigenetic modifiers, such as flavonoids

and polyphenols, and they are readily available as dietary nutrients. However, in vivo studies are not yet sufficient. In vitro studies in different cancer types have shown that various flavonoids induce the expression of tumor suppressor genes and oncogenes through epigenetic modifications (Selvakumar et al., 2020).

There is little information in the literature about the effects of *Borago officinalis* on cancer. In addition, there are no studies on breast cancer. Therefore, there is a need for further research to explore the potential cytotoxic effects of *Borago officinalis* on breast cancer cells. In this study, the focus was on investigating the impact of *Borago officinalis* on the proliferation of MCF-7, a human breast cancer cell line. The findings of this research may provide valuable insights into the therapeutic potential of *Borago officinalis* in breast cancer treatment, potentially leading to the development of novel and effective treatment options. However, the findings obtained in this study should be supported by gene expression analysis, in vivo and clinical applications.

2. Materials and methods

2.1. Cell culture

The present study was conducted at the anticancer research laboratory located in the central research laboratory of Bartin University. The MCF-7 human breast cancer cell line was generously provided by Associate Professor Yavuz ERDEN (Bartın University, Bartın, Turkey) in support of our research endeavors. MCF-7 cells were cultured in Dulbecco's Modified Eagle's medium (DMEM; Multicell; Wisent Bioproducts) supplemented with 10% fetal bovine serum (FBS; Pan Biotech), penicillin (100 U/mL; Multicell; Wisent Bioproducts), and streptomycin (100 g/mL; Multicell; Wisent Bioproducts) at 37°C with 5% CO2. The cells were regularly passaged every 2-3 days and maintained at 70-80% confluency.

2.2. Plant material and extraction

For this study, blue-flowered *Borago officinalis* (April 2021 from Bartin, Turkey) was collected and dried by conventional methods. Including a sufficient amount of leaves and stems, it was weighed and ground for 20 seconds. Soxhlet extraction 30.0 g of B. officinalis was heated at 80°C for 4 hours in a filter paper (Whatman, No: 42) using 96% ethanol. The resulting extracts were filtered into a beaker using a filter paper (Whatman, No: 42) and the ethanol was evaporated through the evaporator for 30 minutes. Bottles covered with aluminum foil were stored at 4°C in the dark (to protect from direct sunlight).

2.3. *Borago officinalis* treatment of MCF-7 cells

MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-diphenyl tetrazolium bromide; Biomatic; USA) test was performed to observe whether *Borago officinalis* plant would have a cytotoxic effect on MCF-7 human breast cancer. First of all, the plant extract was filtered with a syringe filter with a pore diameter of 0.22 µm. A series of different concentrations of *Borago officinalis* (50-1000 µg/mL) were then prepared with Phosphate Buffered Saline (PBS; Sigma, USA). The cells were scraped off when the cells were sufficiently confluent. Cells were seeded into 96 well plates for 24, 48 and 72 hours, with 5000 cells/well in each well. It was incubated in an oven at 37°C, 5% CO2 for approximately 24 hours. At the end of the period, the old psychics were removed. Plant extract was given to the cells in 6 replicates and 2 control groups at doses of

1000 ug/mL, 500 ug/mL, 200 ug/mL, 100 ug/mL and 50 ug/mL. Medicated media was removed from the wells at 24, 48, and 72 hours after administration of the drug, and 20 µl of 5 mg/ml MTT solution was given to each well. It was incubated in an oven at 37°C, 5% CO2 for 3 hours. MTT was poured and 200 µl of DMSO was added and incubated for 15 minutes in a dark environment. After incubation, absorbance was measured at 570 nm in a microplate spectrophotometer device (Thermo Scientific™ Multiskan™ GO, USA). It was incubated in an oven at 37°C, 5% CO2 for 3 hours. Differences between groups at 24, 48 and 72 hours of naloxone given at different concentrations were statistically analyzed (Topcu et al., 2022). By normalizing to the untreated control group using plant extraction, cell viability was measured.

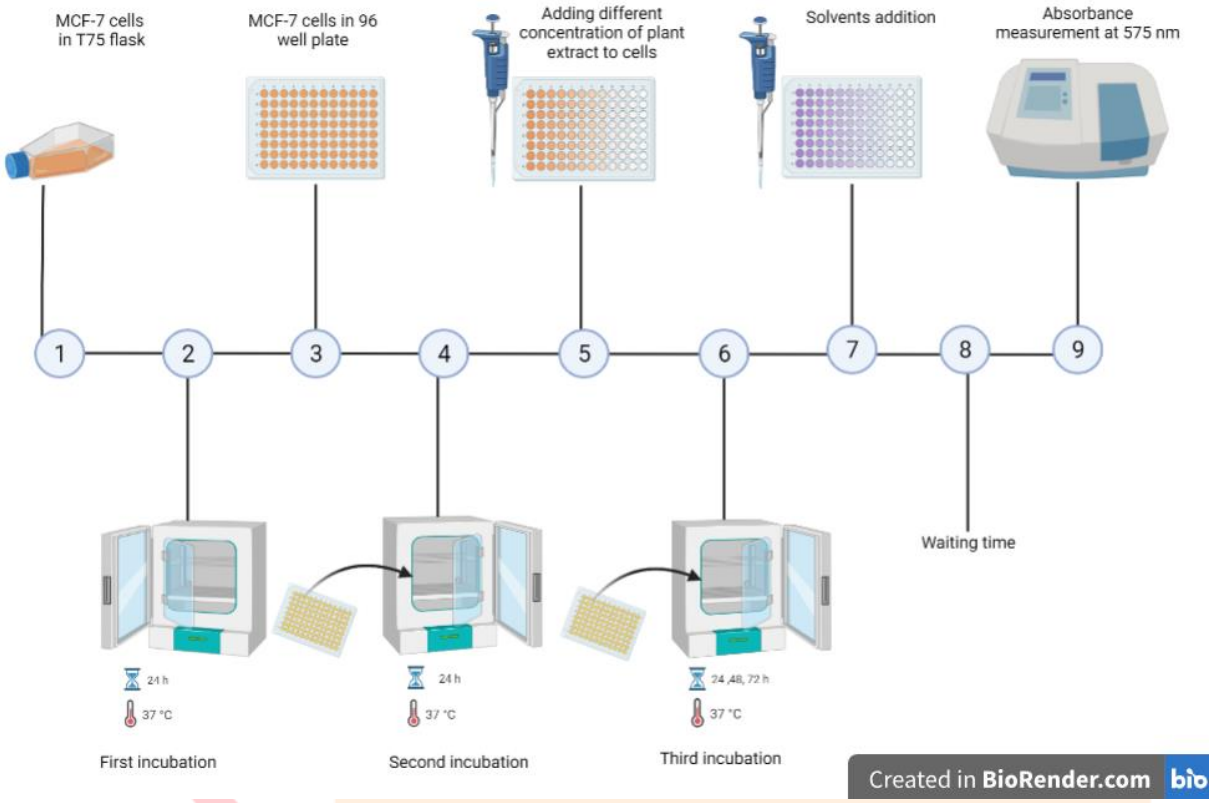


Figure 1. *Schematic representation of the studies carried out*

2.4. Statistical analysis

GraphPad Prism was used to create graphs and statistical analyses (version 8.0.1; GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA). Student's t-test (two-tailed) were used to compare the extract-treated groups to the control group. Quantitative data were presented as mean with standard error and $p < 0.05$ was accepted as baseline significance level. ****: $p < 0.0001$; ***: $p < 0.001$; **: $p < 0.01$; *: $p < 0.05$ vs. control group

3. Results

To evaluate the potential antiproliferative effects of *Borago officinalis* extract on MCF-7 human breast cancer cells and determine the optimal dose and time of exposure, an MTT cell cytotoxicity assay was conducted. Six replicates were tested for each of the five doses ranging from 50-1000 µg/mL. Absorbance values were recorded at 24, 48, and 72 hours after transfection and calculated using their mean values, as measured by a spectrophotometer. No

significant suppression of cell proliferation was observed after the plant extract applied for 24 and 72 hours (Figure 2a, 2c).

In contrast, when MCF-7 cells were treated with 50,100,200,500 and 1000 µg/mL *Borago officinalis* for 48 hours, cell viability decreased to 86%, 84%, 62%, 51% and 35%, respectively (Figure 2b). The half-maximum inhibitory concentration (IC50) after 48 hours of plant extract application was calculated as 266.3 µg/mL (Figure 2d).

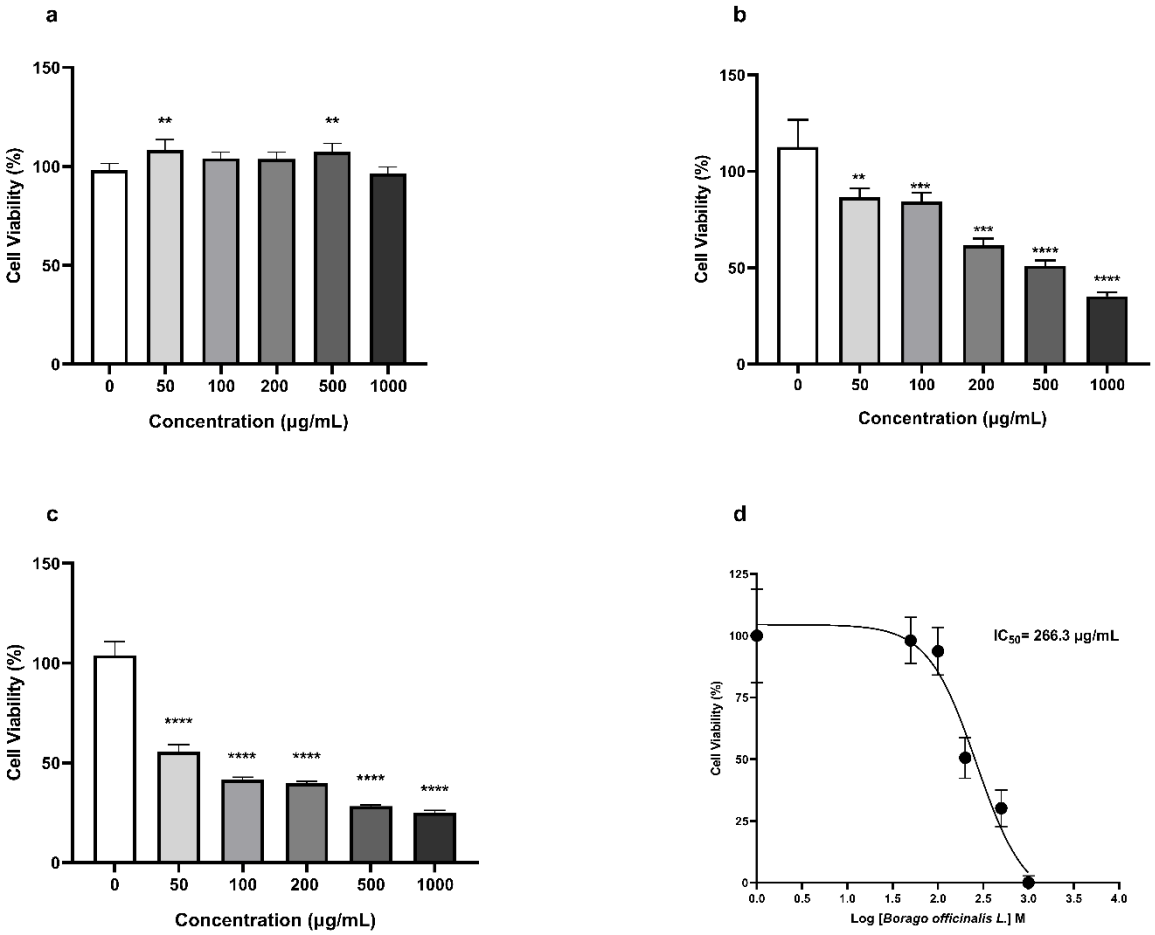


Figure 2. *Cell viability activities after Borago officinalis applied to MCF-7 cells at different concentrations (50-1000 µg/mL) for (a) 24 hours (b) 48 hours (c) 72 hours. (d) After 48 hours of application of Borago officinalis to MCF-7 cells, the IC50 dose was calculated as 266.3 µg/mL. For survival predictive regressions, at least three independent experiments (mean ± SD) were performed and plotted as percentages relative to control.*

In the study, the change in the amount of proliferation in the cells after *Borago officinalis* extract applied to MCF-7 cells for 48 hours was examined on a cellular basis. In the study, the change in the amount of proliferation in the cells after *Borago officinalis* extract applied to MCF-7 cells for 48 hours was examined on a cellular basis. After adding *Borago officinalis* extract to the culture medium, the cells were kept in the culture incubator for 48 hours and their morphology was visualized before the culture process. When the images were examined, a decrease in cell proliferation and cell viability was observed at the end of 48 hours, depending on the dose increase (Figure 3).

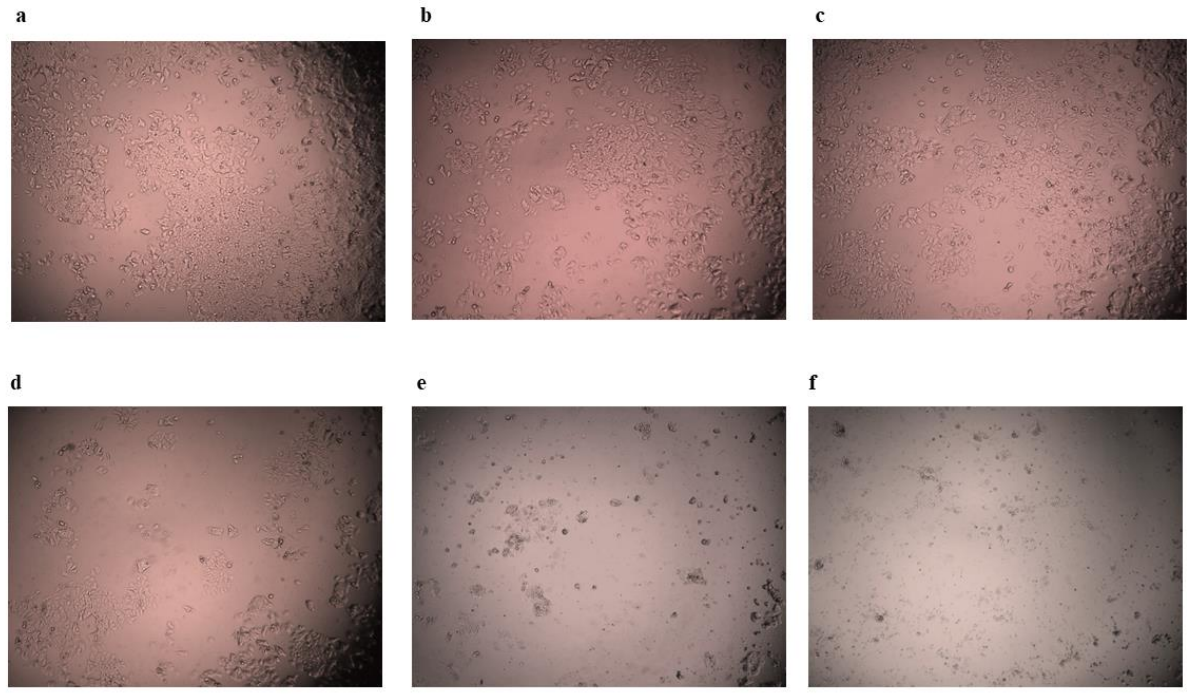


Figure 3. *Morphological changes in MCF-7 cells after treatment of Borago officinalis extracts for 48 hours (a. control, b. 50 µg/mL, c. 100 µg/mL, d. 200 µg/mL, e. 500 µg/mL f. 1000 µg/mL) (4x magnification)*

4. Discussion

Breast cancer is a prevalent malignancy, with a high incidence rate among women worldwide, leading to significant morbidity and mortality. Annually, more than 1.5 million women are affected by this disease. It is the leading cause of cancer-related deaths, making it a significant public health concern. The heterogeneous cell population of breast cancer complicates the treatment with chemotherapy (Dandawate et al., 2016). However, both healthy and cancer cells are destroyed as a result of non-selective targeting of proliferating cells by conventional treatment methods. In addition, tumor recurrence after these treatments is a major concern (Aumeeruddy, Subramaniam, Jensen, Anant 2019). For all these reasons, there is an increasing interest in plants and plant-derived agents to develop potent drugs in the treatment of cancer. These plant-derived agents can be applied alone or in combination with traditional treatment methods in the treatment of Cancer (Chota et al., 2020). There are many different phytochemicals in nature and they have the ability to target more than one signaling pathway in cancer. Studies show us the anticancer abilities of phytochemicals in breast cancer and their importance in drug development (Dandawate el al., 2016).

Borago officinalis, native to the Mediterranean region, is grown as a horticultural, crop vegetable or pharmaceutical plant, and extracts from its different tissues are known as an intense antioxidant due to their high phenolic content (Selvi et al., 2006; Chota et al.,2020). The omega-6 polyunsaturated fatty acid γ-linolenic acid is classified as an essential fatty acid since it cannot be produced by the body. GLA has proven therapeutic value in the treatment of other diseases such as Cancer (Unver, 2019). In 1993, Gonzalez et al. reported that gamma

linoic acid (GLA), which is obtained in high amounts from borage leaves and stems, may have a protective effect against stomach Cancer (González et al., 1993).

In studies on various human cancer cell lines (HL-60, HeLa, A549), bacteria (P. aeruginosa, E. coli, V. parahaemolyticus, and S. aureus) and Drosophila melanogaster, the antibacterial, antigenotoxicity and tumoricidal properties of the edible parts of borage activities were determined. In addition, in vivo analyzes show that it also has a protective effect from DNA damage (Lozano-Baena et al., 2016; Singh et al., 2017).

In this study, the effects of *Borago officinalis* plant on human pancreatic cancer were revealed. *Borago officinalis* has a limited number of studies on cancer cells. In this study, the effects of *Borago officinalis* on human breast cancer, which is the most common type of cancer in women, were investigated. In this investigation, we found that *Borago officinalis* plant extract reduced cell viability and had a cytotoxic effect on the human breast cancer cell line MCF-7. After 48 hours of treatment of MCF-7 cancer cells with *Borago officinalis* extract, the half-maximum inhibitory concentration (IC50) was calculated as 266.3 µg/mL.

As a result, it is thought that determining the signal pathways that *Borago officinalis*, which is known for its high antioxidant content, can affect with further studies and understanding its molecular mechanism will guide antitumor studies.

Ethics committee approval

This study was conducted in a standard cancer cell line. No animal or human experiments have been conducted. Therefore, ethics committee approval is not required.

Author contributions

Conception and desing: K.S.B.T. and S.D. Acquisition and analysis of data: K.S.B.T. and S.D. Material supplying: K.S.B.T. Writing of the manuscript: K.S.B.T. and S.D. The final manuscript has been read and approved by all writers.

Conflict of interest

The authors have no conflicts of interest to report.

Funding

The current study was funded by the University Students Research Projects Support Program (TUBITAK 2209-A Project) with Grant Number 1919B012003628, which is under the auspices of the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK). It is worth noting that the sponsors had no role in the design, data collection, analysis, manuscript preparation, or publication decisions.

References

Aumeeruddy MZ, Mahomoodally MF. Combating breast cancer using combination therapy with 3 phytochemicals: Piperine, sulforaphane, and thymoquinone. Cancer. 2019;125(10):1600-1611. doi:10.1002/cncr.32022

Bahmani M, Shirzad H, Shahinfard N, Sheivandi L, Rafieian-Kopaei M. Cancer Phytotherapy: Recent Views on the Role of Antioxidant and Angiogenesis Activities. J Evid Based Complementary Altern Med. 2017;22(2):299-309. doi:10.1177/2156587215625157

Bulgari R, Morgutti S, Cocetta G, et al. Evaluation of Borage Extracts As Potential Biostimulant Using a Phenomic, Agronomic, Physiological, and Biochemical Approach. Front Plant Sci. 2017; 8:935. Published 2017 Jun 7. doi:10.3389/fpls.2017.00935

Chota A, George BP, Abrahamse H. Potential Treatment of Breast and Lung Cancer Using Dicoma anomala, an African Medicinal Plant. Molecules. 2020;25(19):4435. Published 2020 Sep 27. doi:10.3390/molecules25194435

Dandawate PR, Subramaniam D, Jensen RA, Anant S. Targeting cancer stem cells and signaling pathways by phytochemicals: Novel approach for breast cancer therapy. Semin Cancer Biol. 2016;40-41:192-208. doi: 10.1016/j.semcancer.2016.09.001

Di Cerbo A, Carnevale G, Avallone R, Zavatti M, Corsi L. Protective Effects of *Borago officinalis* (Borago) on Cold Restraint Stress-Induced Gastric Ulcers in Rats: A Pilot Study. Front Vet Sci. 2020;7:427. Published 2020 Sep 2. doi:10.3389/fvets.2020.00427

Efferth T, Saeed MEM, Mirghani E, et al. Integration of phytochemicals and phytotherapy into cancer precision medicine. Oncotarget. 2017;8(30):50284-50304. doi:10.18632/oncotarget.17466

González CA, Sanz JM, Marcos G, et al. Borage consumption as a possible gastric cancer protective factor. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 1993;2(2):157-158.

Lopes CM, Dourado A, Oliveira R. Phytotherapy and Nutritional Supplements on Breast Cancer. Biomed Res Int. 2017; 2017:7207983. doi:10.1155/2017/7207983

Lozano-Baena MD, Tasset I, Muñoz-Serrano A, Alonso-Moraga Á, de Haro-Bailón A. Cancer Prevention and Health Benefices of Traditionally Consumed *Borago officinalis* Plants [published correction appears in Nutrients. 2016 Feb;8(2):105]. Nutrients. 2016;8(1):48. Published 2016 Jan 18. doi:10.3390/nu8010048

Selvakumar P, Badgeley A, Murphy P, et al. Flavonoids and Other Polyphenols Act as Epigenetic Modifiers in Breast Cancer. Nutrients. 2020;12(3):761. Published 2020 Mar 13. doi:10.3390/nu12030761

Selvi F, Coppi A, Bigazzi M. Karyotype variation, evolution and phylogeny in Borago (Boraginaceae), with emphasis on subgenus Buglossites in the Corso-Sardinian system. Ann Bot. 2006;98(4):857-868. doi:10.1093/aob/mcl167

Shahraki MR, Ahmadimoghadm M, Shahraki AR. The Antinociceptive Effects of Hydroalcoholic Extract of *Borago Officinalis* Flower in Male Rats Using Formalin Test. Basic Clin Neurosci. 2015;6(4):285-290.

Singh H, Du J, Yi TH. Green and rapid synthesis of silver nanoparticles using *Borago officinalis* leaf extract: anticancer and antibacterial activities. Artif Cells Nanomed Biotechnol. 2017;45(7):1310-1316. doi:10.1080/21691401.2016.1228663

Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries. CA Cancer J Clin. 2021;71(3):209-249. doi:10.3322/caac.21660

Tasset-Cuevas I, Fernández-Bedmar Z, Lozano-Baena MD, et al. Protective effect of borage seed oil and gamma linolenic acid on DNA: in vivo and in vitro studies. PLoS One. 2013;8(2):e56986. doi: 10.1371/journal.pone.0056986

The Global Cancer Observatory (GCO) Available at: https://gco.iarc.fr/today/home Retrieved 03.03.2022

Topcu KSB, Korucu EN, Menevse E, Kocak N, Duran T. Investigation of the effects of the toll-like receptor 4 pathway on immune checkpoint vista in pancreatic cancer [published online ahead of print, 2022 Feb 3]. Invest New Drugs. 2022;10.1007/s10637-021-01209-z. doi:10.1007/s10637-021-01209-z

Ünver Alçay, A. (2019). Hodan Otunun Faydaları ve Mutfakta Kullanımı. Aydın Gastronomy, 3 (2), 101-117. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/aydingas/issue/47369/597597

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Measurement of Service Quality and Application at a Private Physiotherapy Clinic

Rukiye Betül OFLAZ[1]
Burak BİRGÖREN[2]
Adnan AKTEPE[3]

Abstract

The aim of this study is to measure service quality and propose improvements to enhance client satisfaction in a specific private physiotherapy clinic. The research was conducted at a private physiotherapy clinic located in Ankara. The perceived service quality and expected service quality of the clients receiving services from the physiotherapy clinic were evaluated using the SERVQUAL questionnaire model. The questionnaire consists of five dimensions and 17 statements for measuring service quality. Factor analysis was conducted to examine the validity and structural relationships of the dimensions and statements in the SERVQUAL questionnaire. Correlation analysis was used to examine the relationships among the questionnaire statements and evaluate the relationships among the dimensions of service quality. Reliability analysis was performed to assess the internal consistency of the SERVQUAL questionnaire using the SPSS software. The findings obtained from the analysis provide a foundation for identifying the strengths and weaknesses of service quality in the clinic and suggesting improvements to enhance client satisfaction. The weighted overall SERVQUAL score was calculated and found to be 0.046. When the dimension scores were ranked, it was determined that the reliability dimension had the lowest score, while the physical facilities dimension had the highest score. The reliability analysis yielded a Cronbach's Alpha value of 0.798. These results help determine the areas and statements that require improvements and provide recommendations to clinic managers for meeting client expectations and increasing satisfaction. By addressing the specific areas of improvement identified in the study, the clinic can enhance its service quality and better meet the needs of its clients.

Keywords: SERVQUAL, Service Quality, SPSS, Physiotherapy Clinic Services

[1] Yüksek Lisans Öğrenci, Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendiliği, Orcıd: 0000- 0003-3795-9728

[2] Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendiliği Anabilim Dalı, Orcıd: 0000-0001-9045-6092
[3] Doç. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Endüstri Mühendiliği Anabilim Dalı, Orcıd: 0000-0002-3340-244X

1.GİRİŞ

Günümüzde iş dünyasında, artan rekabet, küreselleşme, teknolojik ilerlemeler ve tüketicilerin bilinçlenmesi gibi faktörler, işletmelerin başarısı için hizmet kalitesinin önemini artırmaktadır. İşletmeler, müşterilerinin beklentilerini karşılamak ve memnuniyetini sağlamak için kaliteli hizmet sunma konusunda büyük bir özen göstermektedir. Hizmet kalitesi, bir işletmenin sunulan hizmetin müşteri tarafından algılanan değeri ve tatmin düzeyidir. Müşterilerin hizmet deneyimi, işletmenin itibarı, müşteri memnuniyeti ve rekabet avantajı üzerinde doğrudan etkili olan önemli bir faktördür.

Kaliteli hizmet sunan işletmeler, müşterilerinin beklentilerini karşılayarak güvenilirliklerini ve müşteri sadakatini artırırken aynı zamanda olumlu bir itibar oluştururlar. Müşteri memnuniyeti, hizmet kalitesi ve müşteri deneyimi arasındaki güçlü ilişki, işletmelerin uzun vadeli başarılarını etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle, işletmeler hizmet kalitesini objektif bir şekilde değerlendirebilmek ve geliştirebilmek için ölçüm modellerine ihtiyaç duymaktadırlar. Hizmet kalitesinin ölçülmesi, işletmelere müşteri odaklılıkta rehberlik sağlamakta ve hizmetin iyileştirilmesi için stratejilerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Parasuraman ve arkadaşları (1985), hizmet kalitesinin, müşteri beklentilerini ne kadar iyi karşıladığını ifade etmiş ve kaliteli hizmetin, müşteri beklentilerinin tatmin düzeyiyle bağlantılı olduğunu belirtmiştir.

Son dönemde hizmet sektörü hızla ilerlemekte ve bu durum hizmet sağlayıcıların daha büyük pazarlarda rekabet etmelerine neden olmaktadır. Hizmet sektöründeki kalite düzeyinin yükselmesi, mevcut müşteri ilişkilerinin güçlenmesine ve iş hacminin artmasına yol açarak, işletmelerin yeni müşteriler kazanmasını kolaylaştırmaktadır (Sevimli, 2006).

Bu çalışmanın amacı, bir fizyoterapi kliniğinde hizmet kalitesinin ölçülmesi ve değerlendirilmesidir. Bu amaçla, SERVQUAL anket modeli kullanılarak bir anket tasarlanmıştır. Ankette, fiziksel özellikler, güvenilirlik, heveslilik, güven ve empati olarak beş boyut ve 17 soru bulunmaktadır. Ayrıca, danışanların demografik özelliklerine ilişkin sorular da eklenmiştir.

Literatür taraması detaylı bir şekilde yapıldıktan sonra, çalışma kapsamında anket yöntemiyle elde edilen veriler analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda, fizyoterapi kliniğinde yapılması gereken iyileştirme önerileri ve kaliteli hizmetin sürdürülebilirliği ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, klinik yöneticilerine müşteri beklentilerini daha iyi anlamaları ve hizmet kalitesini artırmak için stratejiler geliştirmelerine yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma fizyoterapi kliniğinde hizmet kalitesini ölçmek ve değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. SERVQUAL anket modeli kullanılarak tasarlanan anket ile elde edilen veriler analiz edilerek klinikte yapılması gereken iyileştirmeler ve kaliteli hizmetin devamlılığı ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, işletmenin hizmet kalitesini artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için yol gösterici olabilir. Ayrıca, benzer sektörlerde faaliyet gösteren işletmelere de hizmet kalitesinin ölçülmesi ve iyileştirilmesi konusunda ilham verebilir.

2.YÖNTEM

Çalışmada Parasuraman ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilen SERVQUAL modeli kullanılmıştır.

SERVQUAL, 1983-1990 yılları arasında Parasuraman, Zeithaml ve Berry tarafından geliştirilen, çok ölçekli ve kapsamlı bir modeldir. Bu model, hizmet kalitesini ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Parasuraman, Zeithaml ve Berry, hizmet kalitesi kavramını öncelikle tanımlayarak ve etkileyen faktörleri belirleyerek daha geniş bir perspektiften ele almış ve ardından her tür hizmet için geçerli olan genel ilkelerle ölçülebilir hale getirmiştir. Parasuraman, Berry, Zeithaml 1985 yılında hizmet kalitesini ilk olarak on farklı boyut olarak tanımlamıştır. Ancak daha sonra gerçekleştirdikleri anket çalışmalarının faktör analiziyle değerlendirilmesi sonucunda, hizmet kalitesini tanımlayan boyutlar beşe indirmişlerdir. İndirgenmiş boyutlar; güvenilirlik, güvenlik, empati, heveslilik ve fiziksel özelliklerdir. Bu indirgeme, daha genel ve kapsayıcı bir ölçüm modeli oluşturarak hizmet kalitesinin daha etkili bir şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu model, hizmet sağlayıcıların müşteri beklentilerini anlamalarına ve hizmetlerini iyileştirmek için odaklanmalarına yardımcı olmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Servqual ölçeğinde yer alan bu beş boyut tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1 *- Hizmet kalitesinin birleştirilmiş boyutları (Alpaslan vd., 1996)*

	Fiziksel Özellikler	**Güvenilirlik**	**Heveslilik**	**Güven**	**Empati**
Fiziki Görünüm					
Güvenilirlik					
Heveslilik					
Yeterlilik Nezaket İnanılırlık Emniyet					
Erişim İletişim Müşteriyi anlama					

SERVQUAL yöntemi, hizmet kalitesini ölçmek ve değerlendirmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Müşteri odaklı bir yaklaşıma dayanan SERVQUAL, hizmeti alan müşterilerin beklentilerini ve algıladıkları hizmet kalitesini karşılaştırarak değerlendirmektedir.

SERVQUAL yöntemi iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, müşterilere belirli bir hizmet sektöründe mükemmel bir firma için beklentilerini belirtmeleri istenir. Bu beklentiler, çeşitli ölçekler aracılığıyla toplanır. İkinci bölümde ise aynı hizmet sektöründe belirli bir firma için müşterilerin algıladığı hizmet kalitesi ölçülür.

SERVQUAL yöntemi, beklentilerle algılanan hizmet kalitesi arasındaki farkları analiz ederek hizmet kalitesinin seviyesini belirler. Hizmet kalitesini ölçmek için kullanılan beş farklı boyut şunlardır: fiziksel özellikler, güvenilirlik, heveslilik, güven, empati.Bu boyutlar, müşterilerin hizmet kalitesini algılama ve değerlendirme süreçlerinde önemli faktörleri temsil eder.

Sonuç olarak, SERVQUAL yöntemi müşteri odaklı bir perspektifle hizmet kalitesini değerlendirmek ve hizmet sağlayıcıların performansını geliştirmek için kullanılan bir araçtır. Beklentilerle algılanan hizmet kalitesi arasındaki farkların belirlenmesi, işletmelere hizmetlerini iyileştirmek ve müşteri memnuniyetini artırmak için rehberlik sağlamaktadır.

Servqual skoru genellikle iki aşamada hesaplanır. (Parasuraman vd., 1990)

İlk aşamada, her bir hizmet alıcı için boyutlarla ilgili önermelerin Servqual skorları toplanır ve boyutları oluşturan önerme sayısına bölünür. Bu şekilde her bir hizmet alıcının boyutlar için ayrı ayrı skorları elde edilir.

İkinci aşamada, N sayısındaki müşteriler için birinci aşamada elde edilen skorlar toplanır ve N'ye bölünür. Bu, toplam Servqual skorunu elde etmek için yapılır.

Hizmet kalitesini değerlendirirken, kuruluşun kaliteyi daha etkin bir şekilde planlayabilmesi için müşterilerin kalite boyutlarına verdiği önem derecesi önemlidir. Ağırlıklı puan elde etmek için aşağıdaki adımlar izlenir. (Yıldız, 2009):

- Her bir müşteri için beş farklı boyuta ait ortalama Servqual puanı hesaplanır.
- Her bir müşterinin, her bir boyuta verdikleri Servqual puanı ile o boyutun önem derecesi ağırlığı çarpılır.
- Her bir müşterinin ağırlıklı puanı, beş boyut için hesaplanan ağırlıklı Servqual puanlarının toplamıdır.
- N sayısındaki müşterilerin ağırlıklı puanları toplanır ve N'ye bölünerek genel ağırlıklı Servqual puanı elde edilir.

Servqual modelinde, anket formu beş boyutla ilişkili 22 ifade içermektedir. Bu formda, beklenen hizmet ve algılanan hizmete yönelik iki farklı soru şekli kullanılmaktadır. Servqual ölçeği, bu ifadeleri beş boyut altında gruplandırmaktadır. (Sevimli, 2006)

Boyutlar ve açıklamaları tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2- *Servqual boyutları (Albayrak, 2018)*

Boyutlar	**Tanım**	**Ölçekteki İfade Sayısı**
Fiziksel Özellikler	Personelin görünüşü, araç, gereç, bina.	4 (1-4)
Güvenilirlik	Müşteriye hizmeti söz verdiği gibi doğru ve güvenilir sunma.	5 (5-9)
Heveslilik	Müşterilere hizmetin hızlı verilmesi ve hizmet esnasında müşteriye yardım etme, isteklilik.	4 (10-13)
Güven	Hizmet sunan personelin hizmet ile ilgili bilgili olması ve nazik davranması.	4 (14-17)
Empati	Müşterinin yerine kendini koyma ve müşteriye kişisel ilgi gösterme.	5 (17-22)

3.UYGULAMA

Bu çalışma, 2023 yılında özel bir fizyoterapi kliniğinde hizmet alan 53 danışanın katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Danışanlar, çalışmanın kapsamına dahil edilerek hizmet kalitesi algılarının ölçülmesi için titizlikle değerlendirilmiştir. Fizyoterapi kliniği, çeşitli fiziksel rehabilitasyon hizmetleri sunan bir kuruluştur ve bu çalışma, kliniğin sunduğu hizmetlerin kalitesini anlamak ve iyileştirmek amacıyla yapılmıştır. Katılımcıların demografik özellikleri, hizmet deneyimleri ve beklentileri dikkate alınarak, hizmet kalitesine ilişkin değerlendirmeler ve sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada, veri toplamak amacıyla anket yöntemi kullanılmıştır. Anket, SERVQUAL modeli olarak bilinen Parasuraman, Zeithalm ve Berry tarafından geliştirilen ölçek kullanılarak hazırlanmıştır. Ankette, fizik tedavi merkezinden hizmet alan danışanların aldıkları hizmeti değerlendirmeleri için 17 soru ve 5 boyuttan oluşan SERVQUAL anketi kullanılmıştır. Veriler yüz yüze görüşmeler yoluyla toplanmıştır. Ankette yer alan sorular, danışanların hizmet kalitesini algılamalarına yönelik beşli Likert ölçeği kullanılarak cevaplanmıştır (1 Kesinlikle katılmıyorum, 2 Katılmıyorum, 3 Kararsızım, 4 Katılıyorum, 5 Kesinlikle katılıyorum). Ankette ayrıca danışanların demografik özellikleri ve hizmet kalitesi algıları ile beklentileri hakkında bölümler bulunmaktadır.

Elde edilen veriler, SPSS 26.0 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizler, verilerin istatistiksel olarak incelenmesini ve hizmet kalitesi boyutlarının ve ifadelerin değerlendirilmesini sağlamıştır.

3.1.Araştırma İle İlgili Bulgu ve Değerlendirmeler

Çalışmaya katılan 53 fizik tedavi merkezi danışanının %88,7'si kadın ve %11,3'ü erkektir.

***Tablo 3**. Cinsiyet Faktörü*

Cinsiyet	Kişi Sayısı	Yüzdelik Oranı	Kümülatif Oran
Kadın	47	88,7	88,7
Erkek	6	11,3	100
TOPLAM	53	100	

Fizik tedavi kliniğini tercih eden danışanlar en çok %39,62 oranla 36-45 yaş aralığında bulunmaktadır. Bu verilere göre, bu yaş aralığındaki bireylerin fizik tedavi hizmetlerinden daha fazla yararlanma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

***Tablo 4**. Yaş Faktörü*

Yaş Aralığı	Kişi Sayısı	Yüzdelik Oranı	Kümülatif Oran
15-25	6	11,3	11,3
26-35	17	32,1	43,4
36-45	21	39,6	83,0
45+	9	17,0	100,0
TOPLAM	53	100,0	

Araştırmaya katılan danışanların %17'si (9 kişi) sadece tedavi amacıyla kliniğe başvururken, %39,6'sı (21 kişi) sadece spor amacıyla tercih etmektedir. Danışanların %43,4'ünün (23 kişi) hem tedavi hem de spor amacıyla kliniği tercih etmektedir.

Tablo 5- *Geliş Amacı*

Geliş Amacı	Kişi Sayısı	Yüzdelik Oranı	Kümülatif Oran
Tedavi amaçlı	9	17	17
Spor amaçlı	21	39,6	56,6
Her ikisi de	23	43,4	100
TOPLAM	53	100	

Fizik tedavi kliniğine gelen danışanların ziyaret sıklıkları incelendiğinde, %60,4'ünün haftada iki kez kliniği tercih ettiği gözlemlenmektedir. Haftada 3 kez gelme oranı %20,8 iken, haftada 4 kez ve daha fazla gelme oranı ise %1,9 olarak tespit edilmiştir. Bu verilere göre, çoğu danışanın haftada iki kez kliniği ziyaret ettiği ve daha sık ziyaret edenlerin oranının daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 6- *Geliş Sıklığı*

Geliş Sıklığı	Kişi Sayısı	Yüzdelik Oranı	Kümülatif Oran
İlk defa geldim	6	11,3	11,3
Haftada 1 kez	3	5,7	17
Haftada 2 kez	32	60,4	77,4
Haftada 3 kez	11	20,8	98,1
Haftada 4 kez ve üzeri	1	1,9	100,0
TOPLAM	53	100,0	

3.2.Danışanların Klinik Hizmetlerini Algılamalarına Dair Skorlar

Fizyoterapi kliniğinde gerçekleştirilen çalışmaya göre, danışanların algıladıkları hizmet kalitesiyle ilgili önermelere verdikleri puanların ortalaması 4 üzerinde bulunmuştur. En yüksek skoru alan boyutun 4,98 puanla güven boyutu olduğu görülmüştür. Genel skorun 5 puan üzerinden 4,91 puan olması hizmet kalitesinin danışanların beklentilerini karşıladığını göstermektedir. Tablo 7'de anket skorlarına ait veriler yer almaktadır.

Tablo 7- *Anket Skorları*

Skor / Boyutlar	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Ortalama
Fiziksel Özellikler	4,83	4,89	4,92	4,87	4,88
Güvenilirlik	4,87	4,96	4,98		4,94
Heveslilik	4,85	4,81	4,96		4,87
Güven	4,98	4,98	4,98		4,98
Empati	4,89	4,87	4,89	4,92	4,89
Genel ortalama					4,91

3.3.Güvenilirlik Analizi

Çalışmada yapılan güvenilirlik analizi sonucunda elde edilen güvenilirlik katsayısı Cronbach Alpha değeri 0,798 bulunmuştur. Güvenilirlik katsayısı, 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. 0, bir ölçüm aracının hiç güvenilir olmadığını, 1 ise tamamen güvenilir olduğunu göstermektedir. Çalışmada elde edilen 0,798 değeri kullanılan ölçeğin istikrarlı ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Bu değer, ölçeğin ölçülen kavramı tekrar tekrar ölçtüğünde aynı sonuçları verme yeteneğini yansıtmaktadır. Bu sonuçlar, ölçeğin güvenilirliğini ve iç tutarlılığını desteklemektedir. Tablo 8'de her boyutun Cronbach Alpha değerleri ve genel Cronbach Alpha değeri verilmiştir.

Tablo 8- *Güvenilirlik Analizi*

	Soru Sayısı	**Cronbach's Alpha**
Fiziksel Özellikler	4	0,832
Güvenilirlik	3	0,755
Heveslilik	3	0,763
Güven	3	1
Empati	4	0,770
Genel	17	0,798

3.4.Faktör Analizi

Faktör analizi, birbirleriyle ilişkili olan değişkenleri gruplamak ve daha az sayıda faktör altında toplamak için kullanılmaktadır. Çalışmada yapılan faktör analizi neticesinde mevcutta var olan beş boyut elde edilmiştir. Faktör analizi sonuçlarındaki katsayılar veya faktör yükleri, her bir boyutun temsilini göstermektedir. Her bir boyutun en yüksek faktör yüküne sahip olan değişkenleri, o boyutun en iyi şekilde temsil edildiğini göstermektedir. Tablo 9'da faktör analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 9. *Faktör Analizi Matrisi*

	Bileşenler				
	1	2	3	4	5
Fizik1-Bu fizik tedavi kliniği'nde kullanılan aletler (tower, reformer, cadillac, barrel, chair) çağdaş görünümlü bir donanıma sahiptir.			0,796		
Fizik2-Bu fizik tedavi kliniği'nin çalışma salonlarında bulunan ekipmanlar (renk uyumu, tasarım vb. Açısından) göze hoş görünmektedir.			0,847		
Fizik3-Bu Fizik Tedavi Kliniği, hijyen ve temizlik açısından yeterli donanıma sahiptir.			0,852		
Fizik4-Bu Fizik Tedavi Kliniği'nde kullanılan egzersiz aletleri fonksiyoneldir.			0,729		
Güvenilirlik1-Bu Fizik Tedavi Kliniği'nde randevu saatlerine uygun hareket edilmektedir.					0,751
Güvenilirlik2-Danışanların bir sorunu olduğunda, Fizik Tedavi Kliniği çalışanları sorunu çözmek için samimi bir ilgi göstermektedir.					0,781
Güvenilirlik3-Bu Fizik Tedavi Kliniği çalışanları her zaman danışanlarına yardımcı olmak isterler.					0,593
Heveslilik1-Bu Fizik Tedavi Kliniği'nde doğru ve etkili tedavi/egzersiz programları uygulanmaktadır.		0,81			
Heveslilik2-Bu Fizik Tedavi Kliniği, danışan dosyalarını titizlikle, hatasız bir şekilde tutmaktadır.		0,751			
Heveslilik3-Bu Fizik Tedavi Kliniği çalışanları, meşgul olsalar dahi danışanlarının tedavi ile ilgili sorularını tatmin edici bir şekilde cevaplamaktadır.		0,849			
Güven1-Bu Fizik Tedavi Kliniği çalışanları, sergiledikleri tutum ve davranışları ile danışanlarına güven duygusu vermektedir	0,998				
Güven2-Bu Fizik Tedavi Kliniği'nde danışanlar, tedavi/egzersiz süresi boyunca kendilerini güvende hissetmektedir.	0,998				

Güven3-Bu Fizik Tedavi Kliniği'nin çalışanları, danışanlarına karşı her zaman nazik ve güler yüzlüdür.	0,998				
Empati1-Bu Fizik Tedavi Kliniği, her danışanı ile eşit ve yeterli düzeyde ilgilenmeye özen göstermektedir.				0,688	
Empati2-Bu Fizik Tedavi Kliniği, danışanların talep ettiği gün ve saatte randevu verebilmek için çaba göstermektedir.				0,783	
Empati3-Bu Fizik Tedavi Kliniği, danışanlarının menfaatini her şeyin üstünde tutmaktadır				0,67	
Empati4-Bu Fizik Tedavi Kliniği çalışanları, danışanlarının özel isteklerini, talep ve önerilerini dikkate almaktadır				0,878	

Fiziksel özellikler boyutuna ait değişkenlerin faktör analizi yükleri yüksektir. Bu boyut, donanımın veya kliniğin müşterilerin algıladığı hizmet kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Güvenilirlik boyutuna ait değişkenlerin faktör analizi yükleri orta düzeydedir. Bu, güvenilirlik boyutunun bu değişkenlerle ılımlı bir ilişkiye sahip olduğunu gösterir. Güvenilirlik boyutu, hizmetin güvenilir, tutarlı ve güven verici olduğunu müşterilere hissettirmeyi amaçlar.

Heveslilik boyutuna ait değişkenlerin faktör analizi yükleri yüksektir. Bu, heveslilik boyutunun bu değişkenlerle güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu gösterir. Heveslilik boyutu, çalışanların istekli, enerjik ve motive olduğunu müşterilere aktarmayı hedefler.

Güven boyutuna ait değişkenlerin faktör analizi yükleri oldukça yüksektir. Bu, güven boyutunun bu değişkenlerle çok güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu gösterir. Güven boyutu, müşterilerin işletmeye ve çalışanlara güven duyduğunu hissettirmeyi amaçlar.

Empati boyutuna ait değişkenlerin faktör analizi yükleri yüksektir. Bu, empati boyutunun bu değişkenlerle güçlü bir ilişkiye sahip olduğunu gösterir. Empati boyutu, çalışanların müşterilerin ihtiyaçlarını anladığını, onlara duyarlı olduğunu ve onlara destek sağladığını göstermeyi hedefler.

3.5.Korelasyon Analizi

Pearson Korelasyon analizi sonucunda elde edilen bulgulara göre, ankette yer alan önermeler arasında bazı anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Pearson r korelasyon katsayılarının yer aldığı veriler tablo 10'da görülmektedir.

Tablo 10. *Korelasyon Analizi Matrisi*

	Fizik2-Bu Fizik tedavi kliniğinin çalışma salonlarında bulunan ekipmanlar (renk uyumu, tasarım vb. açısından) göze hoş görünmektedir.	Güvenilirlik3-Bu fizik tedavi kliniği çalışanları her zaman danışanlarına yardımcı olmak isterler.	Heveslilik3-Bu fizik tedavi kliniği çalışanları, meşgul olsalar dahi danışanlarının tedavi ile ilgili sorularını tatmin edici bir şekilde cevaplamaktadır.	Empati4-Bu Fizik Tedavi Kliniği çalışanları, danışanlarının özel isteklerini, talep ve önerilerini dikkate almaktadır.
Fizik1-Bu fizik tedavi kliniğinde kullanılan aletler (tower, reformer, cadillac, barrel, chair) çağdaş görünümlü bir donanıma sahiptir.	0,718*			
Güvenilirlik2-Danışanların bir sorunu olduğunda, fizik tedavi kliniği çalışanları sorunu çözmek için samimi bir ilgi göstermektedir.		0,700*		
Güvenilirlik3-Bu fizik tedavi kliniği çalışanları her zaman danışanlarına yardımcı olmak isterler			0,700*	
Empati2-Bu Fizik Tedavi Kliniği, danışanların talep ettiği gün ve saatte randevu verebilmek için çaba göstermektedir.				0,732*

Fiziksel özellikler boyutuna ait birinci ve ikinci önerme arasında anlamlı bir ilişki vardır (0,718). Bu durum, fiziksel özelliklerin müşterilerin algıladığı hizmet kalitesinde önemli bir faktör olduğunu ve bu boyutun önermeleri arasında tutarlılık olduğunu göstermektedir.

Güvenilirlik boyutuna ait ikinci ve üçüncü önerme arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir (0,700). Bu sonuç, güvenilirlik faktörünün müşterilerin algıladığı hizmet kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve bu boyuta ait önermeler arasında bir tutarlılık olduğunu göstermektedir.

Güvenilirlik boyutu üçüncü önerme ile heveslilik boyutu üçüncü önerme arasında anlamlı bir ilişki saptanmıştır (0,700). Bu bulgu, güvenilirlik ve heveslilik faktörlerinin birbirleriyle ilişkili olduğunu ve müşterilerin hizmet kalitesini değerlendirirken bu iki boyutu birlikte değerlendirdiğini göstermektedir.

Empati boyutuna ait ikinci ve dördüncü önerme arasında anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir (0,732). Bu durum, empati boyutunun danışan memnuniyetini önemli derecede etkilediğini ve bu boyuta ait önermeler arasında tutarlılık olduğunu göstermektedir.

3.6.Servqual Analizi

Çalışmada uygulanan servqual anket modeli kullanılarak her bir danışanın algıladığı hizmet kalitesi ile beklediği hizmet kalitesi arasındaki fark analiz edilmiştir. bu analiz sonucunda her bir boyuta ait servqual puanları ve ağırlıklı servqual puanları elde edilmiştir.

Tablo 11. *Servqual Analiz Sonuçları*

Boyutlar	Ağırlıklı Servqual puanı	Ağırlıksız Servqual puanı
Fiziksel özellikler	0,13	0,69
Güvenilirlik	0,02	0,08
Heveslilik	0,03	0,16
Güven	0,02	0,11
Empati	0,03	0,17
Genel SERVQUAL Skoru	0,046	0,24

Ağırlıklı genel servqual skorunun 0,046 olması, algılanan hizmet kalitesi ile beklenen hizmet kalitesi arasındaki farkın düşük olduğunu göstermektedir. Bu durumda, müşteri beklentilerinin büyük ölçüde karşılandığı ve algılanan hizmet kalitesinin beklenen hizmet kalitesine yakın olduğu söylenebilir.

4.SONUÇ

Bu çalışma, özel bir fizyoterapi kliniğinde sunulan hizmet kalitesine üzerine yapılan bir araştırmanın sonuçlarını sunmaktadır. Araştırma kapsamında, müşterilerin hizmet kalitesine ilişkin algıları ve beklentileri değerlendirilmiştir. Demografik özelliklerin analiz edilmesi neticesinde;

- Fizik tedavi kliniğine başvuran danışanların çoğunluğunun lisans mezunu olduğu ve eğitim düzeylerinin tedavi sürecine olan ilgi ve bilinç düzeylerini yansıtabileceği söylenebilir.
- Danışanların geliş sıklığı incelendiğinde ise %60,4 oranla en yaygın olarak haftada iki kez gelindiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar klinik programların ve randevu düzenlemelerinin danışanların ihtiyaçlarına göre planlanması için önemli bir gösterge olabilir.
- Fizik tedavi kliniğini tercih eden danışanların %39,62 oranla en çok 36-45 yaş aralığında olduğu görülmüştür. Bu verilere göre, bu yaş aralığındaki bireyler fizik tedavi hizmetlerinden daha fazla faydalanma eğilimindedir.
- Fizik tedavi kliniğine geliş amacı açısından incelendiğinde ise %43,4 oranla hem spor hem de tedavi amacı ile tercih eden danışanların ağırlıkta olduğu görülmektedir. Bu

verilere göre, fizik tedavi kliniği hem tedavi ihtiyacı olan bireylere hem de spor aktivitelerine ilgi duyanlara hizmet sunmaktadır.

Danışanların anket önermelerine verdikleri puanlar incelendiğinde puanların ortalamaları arasında belirgin farklılıklar olmamakla birlikte, danışan dosyalarının titizlikle ve hatasız bir şekilde tutulmasıyla ilgili önermeye ait puanların diğer önermelere göre düşük olduğu gözlenmiştir, bu da kliniğin bu konuda daha fazla dikkat göstermesi gerektiğini işaret etmektedir.

Servqual analizi neticesinde elde edilen verilere göre, müşterilerin algıladıkları hizmet kalitesi ile bekledikleri hizmet kalitesi arasında önemli bir uyum olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, fizyoterapi kliniğinin müşterilerinin hizmet kalitesine ilişkin beklentilerinin karşılandığını ve genel olarak memnun olduklarını göstermektedir. Güvenilirlik, güven ve empati boyutlarına verilen yüksek puanlar, kliniğin müşterileri tarafından güvenilir ve profesyonel bir şekilde hizmet verdiğini ve müşteri memnuniyetini önemsediğini göstermektedir**.**

Sonuç olarak, bu çalışma, özel bir fizyoterapi kliniği için hizmet kalitesini değerlendirmek ve müşteri memnuniyetini artırmak için değerli bilgiler sunmaktadır. Bu bilgiler, fizyoterapi kliniğinin hizmet sunumunda iyileştirmeler yapılmasına yönelik stratejik kararların alınmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Albayrak, B. (2018). Hizmet Kalitesinin SERVPERF Metodu ile Ölçümü ve Sonuçlarının Doğrulayıcı Faktör Analizi ile Desteklenmesi, Kırıkkale Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale.

Alpaslan, C.M., Karabatı, S. (1996) Hizmet kalitesi ölçülebilir mi? Bir yöntemin değerlendirilmesi. Endüstri Mühendisliği Dergisi, 7(1).

Ersöz, S., & Aktepe, A. (2018). Hizmet/Servis Sistemleri. *Seçkin Yayıncılık*.

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry L.L. (1985), "A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research", Journal of Marketing, Vol.49, Fall.

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry L. (1988) SERVQUAL: A Multiple-Item Scale For Measuring Customer Perceptions of Service Quality, Journal of Retailing Volume:64, Spring, s.18

Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., Berry, L. (1990) Delivering Quality ServiceBalancing Customer Perceptions and Expectations, The Free Pres, New York, s.20-28.

Sevimli, S. (2006) Hizmet Sektöründe Kalite Ve Hizmet Kalitesi Ölçümü Üzerine Bir Uygulama, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Yıldız, G. (2009) Hizmet Sektöründe Servqual Ölçeği ile Toplam Hizmet Kalitesinin Ölçümü ve Emniyet Genel Müdürlüğü'nde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Estates.

INTERNATIONAL CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akış Haritalama Value Stream Mapping in the Transition to Lean Manufacturing

İrem DÜZDAR ARGUN[1]
İpek EDİŞ[2]
Tuğçe ÖZDEMİR[3]

Öz

Günümüz rekabet koşullarındaki değişim işletmeleri müşteri odaklı çalışmaya zorlamaktadır. Bu doğrultuda, işletmeler üretim sistemlerini yenilikleri ortaya koyacak şekilde şekillendirmeye çalışmaktadır. Böylece, kendilerinin rekabet gücünü arttıran yalın üretim sistemiyle tanışmışlardır. Yalın üretim, üretim akışını maksimize, israfı minimize etmeyi hedefler. Bu hedefin gerçekleştirilebilmesi için problemlerin sebepleri tanımlanmalıdır. Değer Akış Haritalama, mevcut sistemin performansını gösteren ve analiz etmeye olanak sağlayan bir yalın üretim aracıdır.

Proje, bir cam üretim işletmesinin lamine cam üretim hattında yapılmıştır. İşletme, otomasyon sistemiyle yalın üretimi bir temel olarak oluşturmuştur. Bu bağlamda yapılacak olan iyileştirmeler, israf önleme, enerji maliyetinde tasarruf çalışmalarıdır. DAH yöntemiyle, israflar belirlenecek ve kaizen yönteminin işletmeye göre uyarlanmasıyla yalın üretim gerçekleşecektir.

Bu çalışmada, öncelikle yalın üretim sistemi ve DAH yöntemi incelenmektedir. Ardından uygulamanın yapıldığı işletmeyle ilgili bilgiler verilmiş olup, DAH uygulaması yapılmıştır. Ürün ailesi seçilerek başlanan uygulama, mevcut durum haritası çizilerek devam edilmiştir. Haritanın incelenmesiyle gelecek duruma ilişkin öneriler sunulmuştur. Ardından gelecek durum haritası oluşturulmuştur. Önerilen ilk iyileştirme çalışması sonucunda, hatalı ürün oranında %64,10 oranında bir azalma sağlanacaktır. Diğerinde ise, üretim sürecinin toplam işlem süresinde 90 dakika azalma sağlanacak ve aylık 79096,5 ₺, yıllık 949158 ₺ kazanç sağlanacaktır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde, birçok sektörde DAH yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışma ile, kullanılan yöntemin uygulandığı cam işleme sektörü açısından yenilik getirip yol gösterici olacağı hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yalın Düşünce, Yalın Üretim, Değer, Değer Akışı, Değer Akış Haritalama

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Düzce Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 0000-0002-7642-8121
[2] Öğrenci, Düzce Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, 0000-0002-2145-8323
[3] Ar-Ge Mühendisi, Düzce Cam San. ve Tic. A.Ş., 0000-0001-9716-4770

GİRİŞ

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler sonucunda, işletmelerin üretim sistemlerinde yeniliklere gitmeleri gerekmektedir. Bu sebeple işletmeler, üretimde değer kavramını ön planda tutmak zorundadır. Bu gereklilikle beraber, yalın üretim kavramının önemi işletmeler için artmıştır (Döğer, 2016: 1).

Yalın üretim, 1950 yıllarında Toyota Firması tarafından uygulanmış bir sistemdir. Yalın üretim; kaynağı ve zamanı en doğru şekilde kullanarak müşteri isteklerine en az maliyet ve hata olmadan cevap verme şeklidir. Yalın üretim, müşterilere yönelik değer akışına yönelmektedir. Bu da bir üretim sistemi dahilinde bulunan tüm israf kaynaklarının belirlenebilmesi ve minimize edilmesi ile mümkün olabilmektedir. İsraf kaynaklarının minimize edilebilmesi için problemlerin tanımlanması, ardından bu problemler için ihtiyaç duyulan iyileştirme çalışmalarının belirlenmesi gerekir. Değer Akış Haritalama, israfların tespit edilmesini sağlayan ve iyileştirme yollarını gösteren bir yalın üretim aracıdır (Bilici, 2019: 1).

Bu çalışmanın amacı, yalın üretim aracı olan değer akış haritalama kavramını araştırmak ve değer akış haritalama uygulamasını bir üretim işletmesinde gerçekleştirerek sonuçları değerlendirmektir. Uygulama yapılan işletmenin yalın üretim sürecine geçiş yapmasıyla birlikte yedi temel israf olarak belirlenen fazla üretim, bekleme, taşımalar, mesafe, stoklar, gereksiz hareketler ve tamir & firelerin minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, yalın üretim kavramı açıklanmış ve yalın üretimin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Ardından yedi temel israf kavramı hakkında tanımlamalar yapılmış ve yalın üretim teknikleri açıklanmıştır. Daha sonra yalın üretim tekniği olan Değer Akış Haritalama yöntemi kullanılarak yapılmış çalışmalar incelenerek literatür araştırması yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde, Değer Akış Haritalama yöntemi incelenmiş, haritalama sürecinde hangi adımların gerçekleştirileceği anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, birinci ve ikinci bölümde incelenen konuların katkılarıyla, yalın üretime geçiş sürecinde olan bir float cam üretim işletmesiyle alakalı bilgiler verilmiş olup işletmede gerçekleştirilen uygulama açıklanmıştır. Öncelikle ürün ailesi seçilmiş, ardından toplanan veriler ile mevcut durum için değer akış haritası çizilmiştir. Daha sonrasında, işletmede düşünülen iyileştirme çalışmalarıyla gelecek durum için değer akış haritası çizilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise, mevcut durum ve gelecek durum karşılaştırması yapılarak işletmenin düşünülen iyileştirme çalışmalarını gerçekleştirmesi sonucunda elde edeceği kazanımlar açıklanmıştır.

Literatür Taraması

Üretim işletmelerinin israf kaynaklarını belirlemek ve bunları minimize etmeye yönelik çalışmalarında Değer Akış Haritalama yönteminin etkili olması, akademik çalışmalara konu olarak sıklıkla tercih edilmesini sağlamıştır.

Değer Akış Haritalama yöntemi kullanılarak üretim sürecinin iyileştirilmesini ele alan çalışmalar incelenmiş ve çalışmaların amacı, elde edilen sonuçlar açıklanmıştır.

Alaca (2010), değer akış haritalama tekniklerini kullanarak değer zinciri analizi yapmak için yöntem oluşturmuştur. Bu yönteme dayanarak bir beyaz eşya üretim işletmesinde değer zinciri analizi yapmıştır. Değer zinciri analizi yaparken üç farklı haritalama aracından faydalanmıştır. Değer zinciri analizi sonucunda katma değer yaratmayan faaliyetleri ortadan kaldırmak için öneriler geliştirmiş ve bu önerileri uygulayarak süreci iyileştirmiştir.

Döğer (2016), yalın üretim tekniklerini incelemiş ardından değer kavramından başlayarak değer akış haritalama sürecine dek birçok kavrama değinmiştir. Tüm bu incelemelerden sonra makine üretimi yapan bir fabrikada değer akış haritalama uygulaması yapmıştır. Uygulama sonucunda üretim faaliyetlerinin takt zamanına göre sürdürülmesini sağlamış ve önemli kayıpları ortadan kaldırmıştır.

Uzunovic (2018), yalın sistemin tüm temel kavramlarına genel bir bakış sağlamış ve değer akış haritalama tekniğinin bir üretim ortamı içinde pratik olarak nasıl uygulandığını göstermiştir. Otomotiv döşemecilik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede mevcut durum haritalama süresince en önemli imalat istatistiklerini kaydetmiş ve analiz etmiştir. Değerlendirme sonuçlarına göre yalın üretim araçları kullanarak seçili değer akışı kapsamında israf kaynaklarının yok edilmesine yönelik öneriler sunmuştur. Araştırma sonucunda israf kaynaklarını belirlemiş ve 5S, SMED gibi tekniklerin uygulanmasıyla süreç iyileştirmelerinin gerçekleşebileceğini kanıtlamıştır.

Çalışkan (2018), yalın üretim kavramını, yalın üretimin doğuşunu, Türkiye'de yalın dönüşümün ilk adımlarını incelemiştir. Değer kavramına değinerek değerin işletme içerisinde izlediği yolun haritalandırılmasını ve bu akış için yeni tasarım yapılırken izlenmesi gereken adımları aktarmıştır. Değer akış haritalama yöntemini su armatürü yapan bir işletmede uygulayarak toplam üretim akış süresinde iyileşme sağlanacağını gözlemlemiştir.

Duman (2019), yalın felsefesinden bahsetmiş, yalın felsefenin asansör sektöründe uygulanabilirliği konusunda araştırma yapmıştır. Değer akış haritalama tekniğini uygulayarak mevcut durum ve gelecek durum karşılaştırması yapmıştır. Bu tekniğin kullanılmasıyla çevrimde kazanımlar elde edilebilirliğini göstermeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, mevcut durum üzerinde yapılacak iyileştirme çalışmaları ile işçilik maliyetinde ve teslim süresinde önemli düzeyde iyileştirmeler olacağını gözlemlemiştir.

Akın (2020), değer akış haritalama yöntemini aktarmış, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin yalın felsefesi ve prensipleri çerçevesinde üretim sürecindeki israf kaynaklarının belirlenmesi ve minimize edilmesi amacıyla, müşteri siparişlerinin karşılanmasına yönelik değer akış haritalama tekniği kullanmıştır. Bunun sonucunda toplam işlem süresinin, akış süresinin düşeceğini ve haftalık üretim miktarının artabileceğini gözlemlemiştir.

Kiriş (2021), yalın üretim kapsamında yer alan değer akış haritalama kavramını araştırmak ve değer akış haritalama uygulamasını bir üretim işletmesinde yaparak sonuçları değerlendirmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda yalın üretimi uygulamayan bir üretim işletmesinde değer akış haritası çıkarmıştır. Mevcut durum değer akış haritası ve gelecek durum değer akış haritası arasındaki farkları analiz etmiş ve kazanımları değerlendirmiştir. Değerlendirme sonucunda üretim akış süresinde ve işlem süresinde iyileşme olacağını gözlemlemiştir.

Doğan ve Kama (2021), değer akış haritalama yöntemini, bir işletme yerine işletmenin yer aldığı bir tedarik zincirine odaklanarak kullanmışlardır. Bu doğrultuda, imalat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tedarik zincirinde değer akış haritalama yöntemini kullanarak israf ve israf kaynaklarının tespit edilmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda değer akış haritalama yöntemini kullanarak israf kaynaklarının ortadan kaldırıldığını ya da en aza indirgendiğini göstermişlerdir.

Literatür çalışmaları değerlendirildiğinde, çalışmaların odak noktasında israf kaynaklarının belirlenip minimize edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, çeşitli sektörlerde israf kaynaklarının azaltılmasına yönelik Değer Akış Haritalama yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, birbirinden farklı birçok sektörde kullanılmıştır. Buna göre Değer Akış Haritalama yönteminin işletmelerin kazanım elde etmelerinde önemli rol oynadığı gözlemlenmiştir. Fakat literatürde cam işleme sektöründe Değer Akış Haritalama yönteminin kullanıldığına dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Tez çalışmasında, cam işleme sektöründe Değer Akış Haritalama yöntemi kullanılacak olup sunulacak yöntemin uygulanacağı sektör açısından literatüre yenilik getireceği düşünülmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yalın Üretim Kavramı

Yalın üretim; israfları minimize etmeyi amaç edinen bir düşünce sistemidir. İşletmelerin büyümeleri için müşteriye mümkün olan en kısa zamanda, en düşük maliyetle ve en yüksek kaliteyle hizmet vermesi gerekmektedir. Yalın üretim, iyileştirmelere açık bir sistemdir. Dolayısıyla bu sistemi uygulayan işletmelerde iyileştirme çalışmalarında süreklilik mevcuttur. Yalın üretimden alınan verimin artması için işletmenin yalın sistemini her alanda uygulaması gerekmektedir. Bu sebeple çalışanlarına da yalın üretim bilgisi vermelidir (Bilici, 2019: 2).

1950 yılında Eiji Toyoda ve Taichi Ohno tarafından Ford üretim sistemi incelenmiş ve Ford'un öncüsü olduğu kitle üretim sisteminin Japonya için uygunsuzluğuna karar vermişlerdir. Kitle üretim, bünyesinde çok fazla israf bulundurmaktadır. Kitle üretim esnekliğe engel olmaktadır. Üretkenlikte iyileştirmeleri hedefleyen, otomobil üreticisi Toyota, üretime yenilikler getirerek rakiplerinin önüne geçmiştir. 1970 yılından sonra ürettiği düşük motor hacmine sahip otomobilleri ile pazardaki yerini arttırmıştır. Toyota Amerikan pazarının %40'ını ele geçirmiştir. Toyota, geliştirdiği sistem ile tüm dünyaya öncülük etmiştir. Bu

başarısı geliştirdiği sistemi kararlı bir şekilde yürütmesiyle mümkün olmaktadır (Bilici, 2019: 5).

Yalın felsefesi, değerin müşteri gözü ile tanımlanmasının, değer yaratan adımların optimum şekilde sıralanmasının, bu adımların doğru bir biçimde atılmasının ve daha etken bir şekilde gerçekleştirilmesinin yollarını gösterir. Yalın düşünce, sadece tek boyutlu olarak bakılan muda'nın yok edilmesine odaklanmaz, aynı zamanda 3M olarak bilinen birbiri ile iç içe geçmiş israflar olan muda, muri ve mura'yada odaklanır. Yalın felsefesinde beş ilke bulunmaktadır (Kiriş, 2021: 7-8):

1. Değer: Değer kavramından bahsedilebilmesi için müşteri isteklerinin zaman ve fiyatın belli olacağı şekilde hizmet veya ürünleri karşılamasına doğrudan fayda katacağı şeklinde olması gerekir (Kiriş, 2021: 8).

2. Değer Akışı: Değer akışıyla birlikte süreçteki hammaddenin girişine ve ürünün çıkışına kadar tüm aşamalar incelenir. Değer akışının sağlanması için israfların ortadan kaldırılması gerekir (Kiriş, 2021: 9).

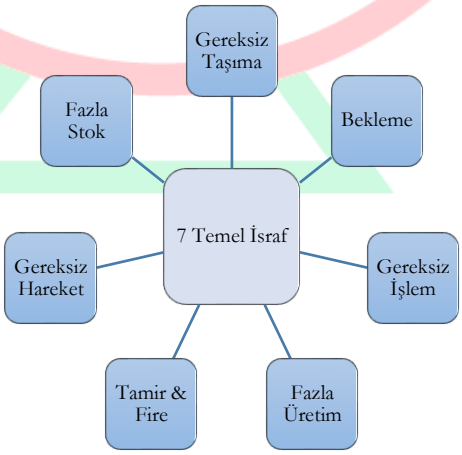
3. Sürekli Akış: Sürekli akış, hammadde ve malzemenin bekletilmeden ürüne dönüştürülmesini sağlar. Dolayısıyla ciddi boyutta iyileşmelere katkı sağlar (Kiriş, 2021: 10).

4. Çekme: Yalın sistemde departmanlar arası müşteri ilişkisi vardır. Üretimi birbirlerinden ürün çekerek gerçekleştirirler. Böylece müşteriye istediği, istediği zamanda ve miktarda verilir (Kiriş, 2021: 11).

5. Mükemmellik Arayışı: Bu ilkede, her zaman daha iyisinin olabileceği, her işlemin sürekli olarak geliştirilebileceği düşüncesi vardır (Kiriş, 2021: 12).

İsraf, değer katmayan bir işlemin aynı zamanda kaynakları da bitirmesidir. Temelinde israf iki çeşittir: İlki, değer katmayan fakat maddi bir yatırıma ihtiyaç duyulmadan değişikliklerde ortadan kaldırılabilecek israf türüdür. Diğeri ise, değer katmayan fakat aynı zamanda vazgeçemeyeceğimiz israf türüdür. Taichi Ohno tanımına göre yedi temel israf Şekil 1'deki gibidir (Filiz, 2008: 16-21):

***Şekil 1**- Yalın Üretimde Yedi Temel İsraf (Döğer, 2016: 18)*



Değer Akış Haritalama

Yalın düşüncenin temel yapıtaşlarından biri de değer akış haritalamadır. Yalın üretimde tüm faaliyetler değer akışına göre yürütülmektedir. Değer akışı, bir ürün veya hizmeti üretmek için yürütülen tüm faaliyetleri içermektedir. Değer akışı, üretim süresince aynı süreçlerden geçen ürünleri kapsamaktadır. Üretimde iş akışlarını içeren tüm faaliyetler değer akışı kapsamındadır. Değer akış haritaları değer yaratmak için gereken her şeyi kapsamaktadır. Değer Akış Haritalama, üretim boyunca israf kaynaklarının gösterilmesini sağlayan haritalardır (Döğer, 2016: 61-64).

DAH, değer ve israfların birbirinden ayrılmasını, israf kaynaklarının görülmesini ve ürün akışında iyileştirme noktalarının fark edilmesini sağlayan bir tekniktir. Değer Akış Haritalama, süreçlerin tümünde iyileştirme olanağı sunar (Kiriş, 2021: 36):

Değer akış haritası oluşturulurken birtakım verilere ihtiyaç vardır. Bu sebeple incelenmesi gereken üretim süreleri tutulmalıdır. Bunlardan bahsedilecek olursa;

Çevrim Süresi (C/T): Bir operasyonun başlangıcından bitimine kadar geçen işlem süresidir (Döğer, 2016: 67).

Model Değiştirme Süresi (C/O): Bir ürün modelinden diğer ürün modeline geçiş süresidir (Kiriş, 2021: 39).

Uptime: Makine kullanım oranıdır (Kiriş, 2021: 39).

Operatör Sayısı: İlgili istasyonda çalışan sayısıdır (Kiriş, 2021: 39).

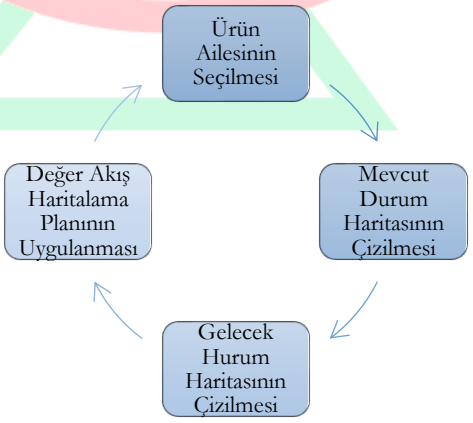
Kullanılabilir Çalışma Süresi: Bir vardiya süresinden, mola, toplantı, temizlik vb. çıkarıldıktan sonra geriye kalan net çalışılabilir süredir (Kiriş, 2021: 39).

Akış Süresi: Değer akışlarında baştan sonuca kadar bir parçanın geçirdiği süredir (Kiriş, 2021: 39).

Bu veriler, kalem – kağıt tekniği olan değer akış haritalarının yol göstericisidir. Değer akış haritalarındaki her proses bilgisi bu veriler ile oluşturulmaktadır (Kiriş, 2021: 38).

Değer Akış Haritalama aşamaları Şekil 2' deki gibidir.

***Şekil 2**- Değer Akış Haritalama Aşamaları (Kiriş, 2021: 42)*



UYGULAMA

Uygulama, yalın üretime geçiş sürecinde olan bir cam üretim işletmesinin cam işleme kısmı olan lamine hattında gerçekleştirilmiştir. Hat ile ilgili gözlemler yapılmış, gözlemler doğrultusunda çalışanlara da yöneltilen sorular ile veriler toplanmıştır. Toplanan veriler ile mevcut durum değer akış haritası çizilmiştir. Sonrasında daha verimli bir hat için iyileştirme çalışmaları belirlenmiş ve gelecek durum değer akış haritası çizilmiştir.

Uygulamanın amacı, yalın üretim kapsamında yer alan değer akış haritalama kavramını araştırmak ve değer akış haritalama yöntemini bir işletmede gerçekleştirerek sonuçları değerlendirmektir. Uygulama yapılan işletmenin yalın üretim sürecine geçiş yapmasıyla birlikte israfların minimize edilmesi amaçlanmaktadır.

Uygulamanın ilk adımı olarak ürün ailesi belirlenmiş, değer akış haritalama için ön bilgiler toplanmış ve bu bilgilerin de doğrultusunda gerekli veriler alınmış, ardından mevcut durum değer akış haritası çizilmiştir. Mevcut durum haritası ile işletmenin değer akışı ve israf kaynakları incelenmiştir. Son adım olarak, düşünülen iyileştirme çalışmaları ile gelecek durum değer akış haritası çizilmiştir.

1.Ürün Ailesinin Seçilmesi

Değer Akış Haritalama yönteminde ilk yapılması gereken ürün ailesini seçmektir. Ürün ailesi, benzer süreçlerden geçen, ortak ekipmanların kullanıldığı ürün grubu demektir. Bütün akış tek bir harita üzerinde gösterilirken karmaşa oluşmaması için harita çizilirken ürün ailesi temel alınmalıdır. Buna göre; ürün ailesi seçiminde benzer süreçlerden geçen, müşteri talebinin daha yoğun olduğu ve üretim problemlerinin daha çok gözlemlendiği ‘Clear Lamine Cam’ ürün ailesi seçilmiştir.

2.Mevcut Durum Değer Akış Haritasının Çizilmesi

Haritalama öncesinde gerekli veriler belirlenmiş ve form haline getirilmiştir. Form işletmede ilgili kişiler ile doldurulmuştur.

Sürecin işleyişi, düz camın yükleme istasyonuna yüklenmesiyle başlar. Yüklenen cam yıkama bölümünde yıkama ve kurutma işlemlerinden geçer. Ardından eşleme bölümüne geçer. Eşleme bölümünde tedarik edilen PVB’nin serilmesi ve trim işlemleri gerçekleşir. Ön laminasyon fırın ve fırın çıkışı pres işlemlerinden geçer. Fırın prosesinden sonra yarı mamul olarak yüklenir. Ardından otoklav prosesi gerçekleşir. Otoklavdan mamul cam olarak çıkar ve son olarak mamul cam dağıtma gerçekleşir.

Ürün ailesinin proses akış şeması Şekil 3’ te sunulmuştur.

***Şekil 3**- Proses Akış Şeması*



Mevcut durum değer akış haritasının çizilmesi için gerekli veriler toplanmıştır. Süreç, siparişe göre üretim yapan işletmenin müşteriden gelen sipariş için hammadde tedarik edilmesi ile başlar. Hammadde tedarik süreci elektronik ortamda gerçekleşir. Seçilen proses için hammadde, düz cam ve pvb'dir.

Lamine hattı, bir ayda 26 gün, 3 vardiya ile çalışılmaktadır, her vardiya 8 saattir. Her vardiyada 30 dakika yemek, 15 dakika çay molası olmak üzere 45 dakika mola yapılmaktadır. Bu durumda, her vardiya için kullanılabilir çalışma süresi 7 saat 15 dakikadır (26100 saniye).

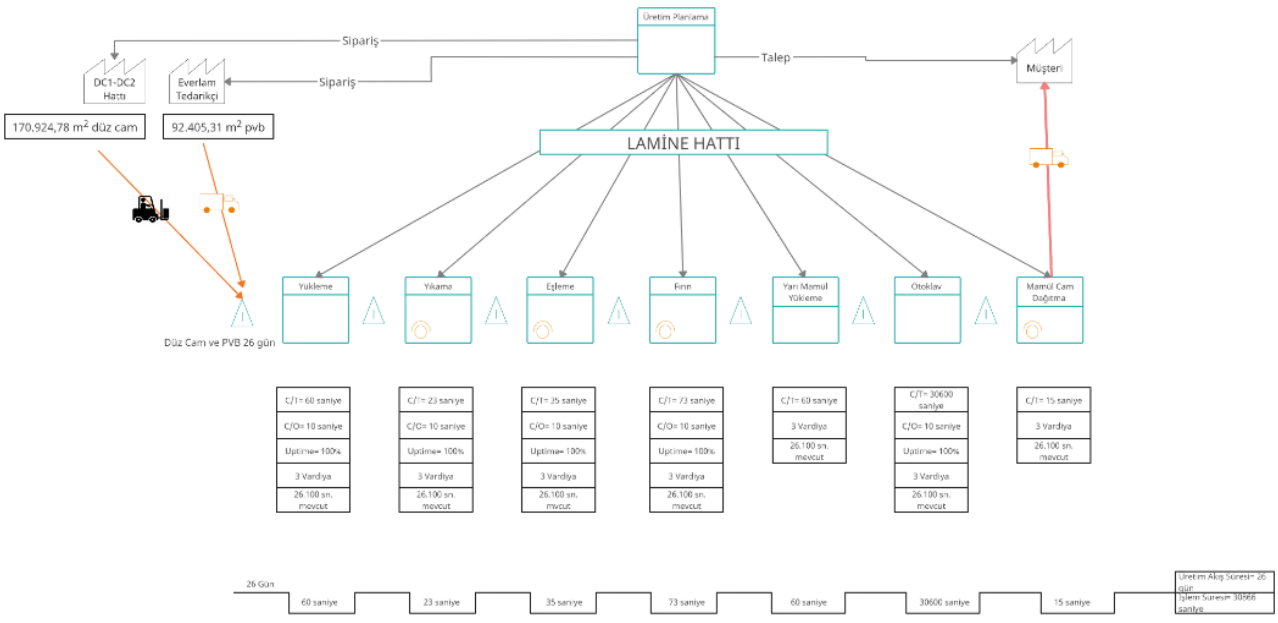
Makine kullanım oranları her proses için %100'dür.

Model değiştirme süresi her proses için ortalama 10 saniye sürmektedir.

İşlem süreleri; yükleme prosesi için 60 saniye, yıkama prosesi için 20 saniye, eşleme prosesi için 35 saniye, fırın prosesi için 73 saniye, yarı mamul yükleme prosesi için 60 saniye, otoklav prosesi için 30600 saniye ve mamul cam dağıtma prosesi için 15 saniye sürmektedir. Tüm bunlar toplandığında toplam işlem süresi 30866 saniye olmaktadır.

Bu sonuçlarla birlikte mevcut durum değer akış haritası Şekil 4'te sunulmuştur.

***Şekil 4**- Mevcut Durum Değer Akış Haritası*



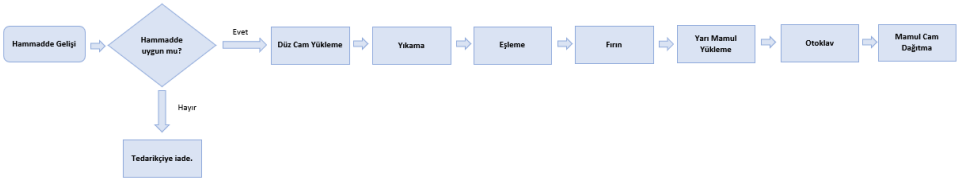
Gelecek Durum Değer Akış Haritası

Mevcut durum incelendiğinde, birtakım israf kaynakları belirlenmiştir. Bu israf kaynakları için iki iyileştirme önerisi sunulmuştur.

Lamine cam hataları bir ay boyunca incelenmiştir. İnceleme sonucunda oluşan hataların harman, fırın, banyo, ön laminasyon ve otoklavdan kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Hatalar için pareto analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda hataın çoğu harman, fırın ve banyo hatalarından kaynaklıdır. Bu hatalar, lamine hattına gelmeden önce gerçekleşmiştir. DC1 ve DC2 kesim hattından lamine hattına gelen düz camlar direkt yükleme prosesine geçmektedir. Yükleme prosesinden önce hammadde olarak gelen düz camların kalitesine bakmak için kalite kontrol mekanizması oluşturulması, lamine hattından çıkan ürünlerin hata oranında %64,10 oranında bir azalma sağlayacaktır.

Kalite kontrol mekanizması iyileştirme çalışması sonrası oluşacak hattın proses akış şeması Şekil 5'teki gibidir.

***Şekil 5**- İyileştirme Çalışması Sonrası Proses Akış Şeması*

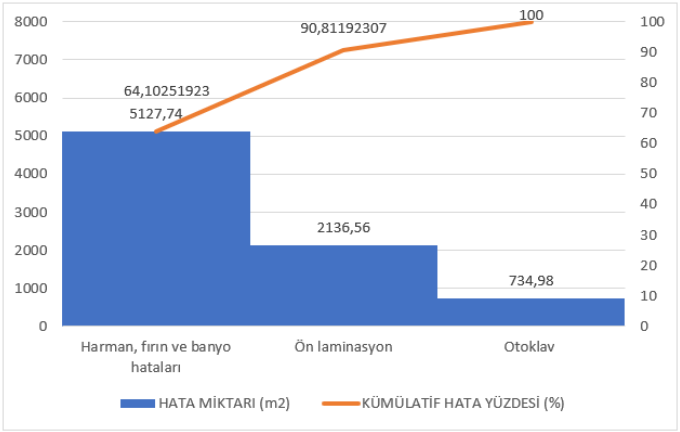


Mevcut durumdaki lamine hattında gözlenmiş hatalar için yapılan pareto analizi Şekil 6 ve Şekil 7'deki gibidir.

***Şekil 6**- Hataların Toplam Hataya Göre Oranları ve Kümülatif Oranları*

NO	HATA TÜRÜ	HATA MİKTARI(m2)	HATA YÜZDESİ(%)	KÜMÜLATİF HATA YÜZDESİ (%)
1	Harman, fırın ve banyo hataları	5127,74	64,10251923	64,10251923
2	Ön laminasyon	2136,56	26,70940385	90,81192307
3	Otoklav	734,98	9,188076927	100
TOPLAM		7999,28	100	254,9144423

***Şekil 7**- Pareto Grafiği*



Yedi saatte soğuması gereken sistemin yaz aylarında sekiz buçuk saate kadar çıkması işlem süresini çok fazla uzatmaktadır. Soğutma kulesi fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değiştirilmesi sonucunda işlem süresinde 5400 saniyelik bir iyileşme sağlanacaktır.

Mevcut Durum Otoklav Çevrim Süresi= 30866 saniye

İyileştirme Çalışması Sonrası Otoklav Çevrim Süresi= 25466 saniye

30.866- 25.466= 5400 saniye azalma sağlanacaktır.

Bu çalışma ile toplam çevrim süresinde sağlanacak verim Tablo 1'deki gibidir.

***Tablo 1**- Gelecek Durum Kazanımları*

	Mevcut Durum	**Gelecek Durum**
Toplam İşlem Süresi	30866 saniye	25466 saniye
İyileştirme Miktarı	90 dakika (5400 saniye)	

Yapılan çalışma sonucunda maliyet analizine bakıldığında; mevcut durumdaki elektrik tüketimi Tablo 2'deki gibidir.

***Tablo 2**- Mevcut Durum Elektrik Tüketimi*

	Aylık	**Yıllık**	
Enerji Tüketimi kWh	53325 kWh	639900 kWh	Elektrik Birim Maliyeti : 1,86₺
Elektrik Tüketimi	99184,5 ₺	1190214 ₺	

İyileştirme çalışması sonrası öngörülen elektrik tüketimi Tablo 3'teki gibidir.

***Tablo 3**- İyileştirme Çalışması Sonrası Elektrik Tüketimi*

	Aylık	**Yıllık**	
Enerji Tüketimi kWh	10800 kWh	129600 kWh	Elektrik Birim Maliyeti : 1,86₺
Elektrik Tüketimi	20088 ₺	241056 ₺	

Öngörülen tasarruf tablosu Tablo 4'teki gibidir.

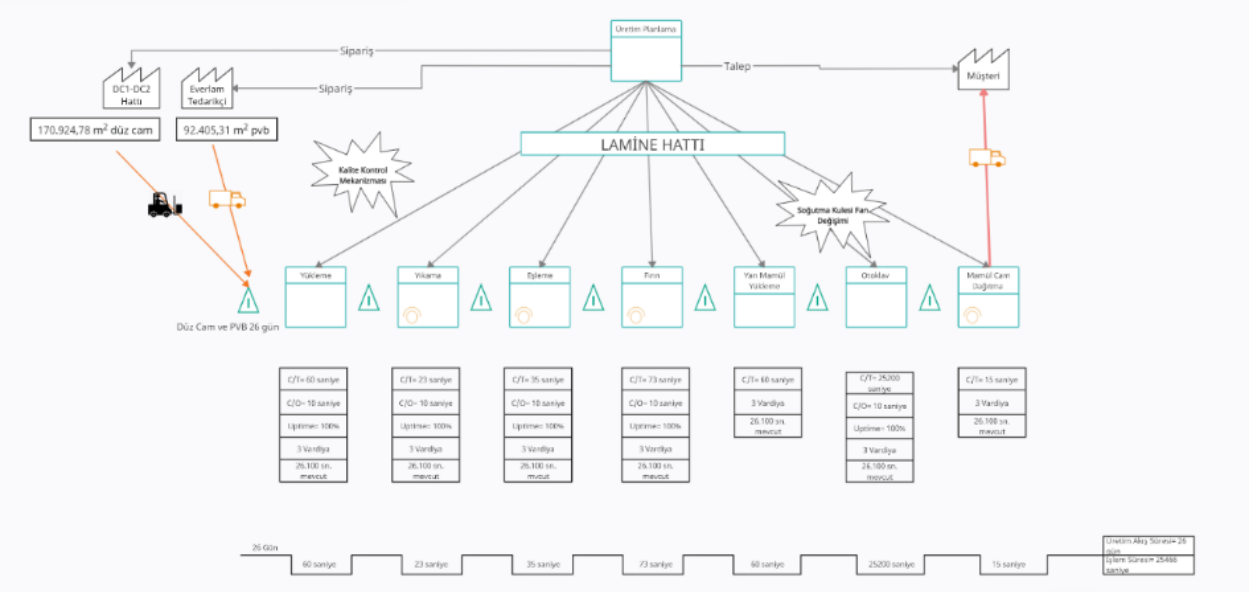
***Tablo 4**- Tasarruf Tablosu*

	Aylık	Yıllık	
MAS-DAF Enerji Tüketimi kWh	53325 kWh	639900 kWh	Elektrik Birim Maliyeti : 1,86₺
KSB Mega 150-200 Enerji Tüketimi kWh	10800 kWh	129600 kWh	
MAS-DAF Elektrik Tüketimi	99184,5 ₺	1190214 ₺	
KSB Mega 150-200 Elektrik Tüketimi	20088 ₺	241056 ₺	
Tasarruf	79096,5 ₺	949158 ₺	

Düşünülen iyileştirme çalışması için toplam yatırım maliyeti 3400€ olacaktır. Tablo 4'teki tasarruf tablosu dikkate alındığında yatırım maliyetinin bir aydan daha kısa bir sürede çıkartılacağı öngörülmektedir.

Yalın üretime geçiş sürecinde israfları minimize etmeyi hedefleyen gelecek durum değer akış haritası Şekil 8'de sunulmuştur.

***Şekil 8**- Gelecek Durum Değer Akış Haritası*



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüz rekabet koşullarıyla birlikte işletmelerin üretim faaliyetlerini yalın üretim anlayış kapsamında değerlendirmesi gerekmektedir. Yalın üretim, kaynakların etkin kullanıldığı, mümkün olan en kısa zamanda, en az maliyetle üretim olarak tanımlanabilir. Yalın üretim araçları, performanslarını iyileştirmek isteyen işletmeler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır.

Yapılan çalışma ile lamine cam üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmenin üretim sürecinde israf kaynaklarını belirlemek ve bu israfları minimize etmek amaçlanmıştır. Çalışma, bir float cam üretim işletmesinin cam işleme kısmı olan lamine hattında gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak işletmede lamine cam üretim süreci incelenmiş, ürün ailesi seçilmiş ardından mevcut durumun değer akış haritası oluşturulmuştur. Daha sonra mevcut durum değer akış haritası incelenmiş, israf kaynakları belirlenmiş, iyileştirme önerileri sunulmuş ve gelecek durumun değer akış haritası oluşturulmuştur. Mevcut durum analiz sonucu, işletmenin üretim sürecinde hatalı ürün üretiminin olduğu ve otoklav prosesi çevrim süresinin çok fazla uzun olduğu problemleri tespit edilmiştir. Yalın üretime geçiş sürecinde olan işletmede, Kaizen çalışmalarının gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır. Gelecek durumun değer akış haritası ise bu çalışmalar sonucu oluşturulmuştur.

İşletmede tespit edilen problemler için iyileştirme önerileri sunulmuştur. Üretimden hatalı ürün çıkması problemi için hat girişine konulacak bir giriş kalite kontrol mekanizması ile hammaddenin kontrol edilmesi ve kusurlu olmaması halinde lamine cam üretimine alınması, üretimden çıkan hata oranında %64,10 oranında azalma sağlayacaktır. Otoklav prosesi çevrim süresinin uzun olması problemine ise, soğutma kulesi fan kanatlarının daha verimli fan kanatlarıyla değişimi iyileştirme önerisi sunulmuştur. Bu öneri ile 8 buçuk saat süren otoklav çevrim süresi 7 saate düşecektir. Bu çalışma ile de toplam işlem süresinde 90 dakika azalma sağlanacaktır ve bu çalışmanın elektrik tüketimine göre yapılan maliyet analizi incelediğinde, aylık 79096,5₺, yıllık 949158₺ kazanç sağlanacaktır.

Sunulan iyileştirme önerileri, süreklilik arz edecek şekilde üretim problemlerinin ortadan kalktığı anlamı taşımamaktadır. Dolayısıyla işletmelerde iyileştirme faaliyetleri sürekli devam etmeli ve geliştirilmelidir. Çalışmanın sürdürülebilir olması için çalışanlara yalın üretim yaklaşımıyla ilgili eğitimler verilebilir. Süreç aşamaları daha da detaylandırıldığında iyileştirme önerilerinin artacağı, işletme enerji yoğun bir sisteme sahip olduğu için yalın enerji üzerine çalışmaların yapılabileceği öngörülmektedir.

Literatür çalışmaları incelediğinde, birbirinden farklı birçok sektörde Değer Akış Haritalama yönteminin kullanıldığı görülmüştür. Fakat cam işleme sektöründe Değer Akış Haritalama yönteminin kullanıldığına rastlanılmamıştır. Dolayısıyla bu çalışmanın, kullanılan yöntemin uygulandığı sektör açısından literatüre yenilik getireceği düşünülmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma, 2209-B Üniversite Öğrencileri Sanayiye Yönelik Araştırma Projeleri Desteği Programı kapsamında 1139B412202102 numaralı proje ile TÜBİTAK BİDEB tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Akın, N. G. (2020). Değer akış haritalama yöntemi ile yalın uygulamalar: Tekstil sektörü örneği. Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi, 4(2), 477-492.

Alaca, H. (2010). Değer akış haritalama araçları ile değer zinciri analizi: beyaz eşya sektöründe bir uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye.

Bilici S. (2019). Değer akış haritalama yöntemi kullanılarak tekstil sektöründe yalın üretim uygulaması. Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yalova, Türkiye.

Çalışkan, Z. (2018). Su armatürü üretiminde değer akış haritalama uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir, Türkiye.

Doğan, N. Ö., Kama, A. (2021). Tedarik zincirinde değer katmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılması: İmalat sektöründe bir değer akış haritalama uygulaması. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(1): 091- 099.

Döğer, M. (2016). Değer akış haritalama ve bir üretim işletmesinde uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir, Türkiye.

Duman, B. (2019). Asansör montajında yalın üretim uygulaması ve değer akış haritalaması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya, Türkiye.

Filiz, H. (2008). Yalın üretim tekniklerinden hızlı kalıp değişimi ve bir uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir, Türkiye.

Gerger, A. (2019). Endüstri 4.0 üretim sürecinde süreç değişkenliğinin optimizasyonunda heijunka yöntemi. Izmir Democracy University Social Sciences Journal Idusos E-Issn: 2651-5458.

Kiriş, M. (2021). Değer akış haritalama ve bir üretim işletmesinde uygulaması. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir, Türkiye.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Malzeme Akışında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Yararlanarak Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi

İrem DÜZDAR ARGUN[1]
Kübra TOK[2]

Öz

Dünyada yaşanan nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme ile birlikte dünyada enerji ihtiyacı gün geçtikçe daha da artmaktadır. Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin ise talebi karşılayabilmeleri daha da zor olmaktadır. Bu durumda enerji verimliliği prensibinin uygulanması içinde bulunulan durumu kolaylaştırmayı sağlayacaktır. Günümüz işletmelerinde enerji kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla enerji maliyetleri de gün geçtikçe artmaktadır. Bu çalışma kapsamında işletmelerin enerji verimliliği sağlaması konusu, işletmelerin büyük maliyet kalemlerinden biri olan malzeme akış konusu kapsamında değerlendirilecektir. İşletmelerin malzeme akış sistemlerinde enerji verimliliği sağlayabilmesi dikkat edilmesi gereken kriterler literatür yardımıyla elde edilmiş, elde edilen kriterler uzmanlarla görüşülerek değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda kriterler çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmış ve sıralanmıştır. Çalışma esnasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, DEMATEL ve SWARA yöntemleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: enerji verimliliği, malzeme akış, çok kriterli karar verme

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Düzce Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0002-7642-8121
[2] Öğrenci, Düzce Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0002-2654-8264

1.GİRİŞ

Enerji tarihin her zamanında ülkelerin zorunlu kaynaklarından birisi olmuştur. Sanayileşmenin başlamasıyla enerji, sanayinin yapı taşlarından biri halini almıştır. Sanayileşme sürecinin devamı niteliğinde olan şehirleşme sürecinde ise enerjiye olan ihtiyaç hızla artmıştır. Dolayısıyla enerji konusunda yapılan çalışmalar önemini sürdürmektedir. Enerji kaynaklarının 3 önemli özelliği vardır. Birincisi dünya üzerinde bulunması açısından kıt oluşları, ikincisi dünya üzerinde eşit bir şekilde yayılım göstermemeleri, sonuncusu ise enerjiyi dönüştürürken oluşabilen çevre kirlilikleridir. Bu üç özellik enerjinin önemini ve değerini anlamak konusunda daha açıklayıcı olmaktadır. Enerjide dışa bağımlı olan ülkemizin, talep edilen enerji miktarını karşılayabilmesi için enerji verimlilik prensibiyle, enerjiyi tasarruflu kullanması önem arz etmektedir [1].

Endüstriyel işletmeler için enerji verimliliği ise üretimin miktar ve kalitesinde azalma olmadan, birim başına düşen enerji tüketiminin azaltılmasıyla ortaya çıkar. Sanayileşmenin giderek artması, yaşam koşullarının iyileşmesi ve nüfusun gün geçtikçe artışı gibi nedenler sebebiyle; enerjiye olan ihtiyaç dünyada olduğu gibi Türkiye'de de artmaktadır. Enerji konusunda dışa bağımlılığı olan Türkiye'nin dışa olan bağımlılığının azalması için; enerji üretimini artırması ve sahip olunan enerjinin verimli kullanılabilmesi de önemli olmaktadır [2].

Endüstriyel firmaların malzeme akış sürecinde kullandıkşarı zaman ve maliyet de önem taşımaktadır. Malzemelerin akış süreci, malzemelerin bir ekipmana yüklenmesi, bu ekipman sayesinde taşınması ve ilgili yere gelindiğinde malzemenin ekipmandan indirilmesi aşamalarını içerebilir [3].

Endüstriyel işletmelerin önemli harcama kalemlerinden biri de malzeme akış sürecidir. Bu çalışmada problem olarak ele aldığı konu endüstriyel tesislerin malzeme akış konusu açısından enerji verimliliği sağlamaları için önem göstermeleri gereken parametrelerin belirlenmesidir. Böylece endüstriyel işletmeler tarafından hangi parametrelerin ne derece önemli olduğu bilinir. Bilinen parametreler sayesinde endüstriyel işletmeler enerji kullanımı konusunda veya enerji verimliliğini sağlamak açısından verilecek kararlarda daha bilinçli ve temkinli davranabilir. İşletmenin kullanacağı enerji kaynağının seçimi, işletme içerisinde enerji harcanacak bölümlerin ve enerji harcama sürelerinin doğru seçimi, işletmenin işlemlerine göre harcayacağı enerji miktarlarının belirlenmesi ve düzenlenmesi gibi işletme maliyetine de doğrudan etkisi olan kararların daha bilinçli verilmesine neden olabilir.

Malzeme akışında enerji verimliliği elde edebilmek için gereken ana ve alt kriterler belirlenmiştir. Alanında uzman kişiler tarafından ikili karşılaştırmalar yapılarak veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Decision Making Trial and Evaluation - Karar Alma Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) ve Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis -Kademeli Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi (SWARA) yöntemleri kullanarak kriterlerin önem dereceleri elde edilmiştir. Geniş çerçeveden bakacak olursak çalışmanın amacı;

o Literatür çerçevesinde malzeme akışında kullanılacak enerji verimliliği kriterleri belirlenmiştir.

o Literatür çerçevesinde belirlenen kriterler uzman görüşleri yardımıyla birden fazla çok kriterli karar verme yöntemleri ile ağırlıklandırılacak ve kriter ağırlıkları belirlenecektir.

o Kullanılan farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin ağırlıklandırma sıralamaları, karşılaştırılarak tutarlı ya da tutarsız olduğu ortaya konacaktır.

o Çalışma sonucunda oluşacak çıktılar sayesinde endüstriyel firmaların, malzeme akışında enerji verimliliği kapsamında bilgi sahibi olabilmeleri hedeflenmektedir.

Günümüz dünyasının enerji kullanımı ve enerjiye olan ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Günümüz işletmeleri için enerji, maliyet kalemlerinin başında gelmektedir. Endüstriyel işletmelerin harcadığı enerjide gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. 2022' de yayınlanan Türkiye Ulusal Enerji Planına göre sanayi sektöründeki nihai enerji tüketiminin,

toplam nihai enerji tüketimi içerisindeki payının 2020 yılında 36,3 iken 2035 yılında 57,6 olacağı öngörülmektedir [4].

Literatür incelendiğinde enerji konusunda yapılan birçok çalışma olduğu görülmüştür

SAĞIR ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada kullandıkları çok kriterli karar verme tekniklerinden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılarak Türkiye'de enerji üretimini sağlamak için fosil enerji, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarını puanlamışlardır. Çalışma yapılırken konularında uzman dört akademisyenden yardım almışlardır. Akademisyenlerinde yardımıyla belirlenen on iki kriter üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda sıralama yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji kaynakları ve fosil enerji kaynakları olduğu görülmüştür.

YONTAR ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerjisi, dalga enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidrojen enerjisi değerlendirilmiştir. Çalışma 10 kriter bazında ve SWARA, AHP ve TOPSIS kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda Türkiye'de en öncelikli yenilenebilir enerji kaynağının hidroelektrik santrali olduğu anlaşılmıştır.

DUR'un (2019) hazırladığı çalışmada firmanın seçtiği bir iş sahasındaki mobil vinç için malzeme taşıma ekipmanı seçimi değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma kapsamında çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve UTASTAR yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesi için dallarında uzman kişilerle görüşülmüştür. Belirlenen alternatifler ve kriterlerle yapılan işlemler sonucunda fiyat kriterinin en önemli kriter olduğu görülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

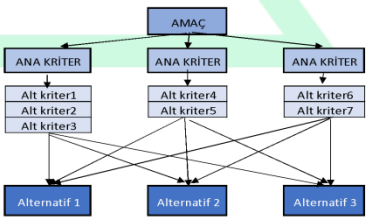
2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi 1970'li yıllarda Pensilvanya Üniversitesinde bulunan Thomas L. Saaty tarafından oluşturulan karar verme süreci için kullanılan bir matematiksel yöntemdir. AHP son yıllarda literatürde oldukça fazla bulunan bir yöntemdir. Son dönemde hemen hemen her uygulamada kullanılmıştır. AHP yönteminin yaygın olarak kullanılmasının nedeni olarak kolay anlaşılabilmesi gösterilir [5].

AHP yönteminin çözülebilmesi için beş temel adım bulunmaktadır. Bu adımlar aşağıda açıklanmaktadır.

1.Adım: Hiyerarşik yapının oluşturulması

Karar amacı ile tepeden başlanarak bir hiyerarşi kurulur. Hiyerarşi en yukarıdan başlanırsa amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşur. Şekil 1'de örnek AHP hiyerarşisi verilmiştir.



Şekil 1. AHP Hiyerarşik yapısı

2. Adım: İkili karşılaştırma matrislerinin belirlenmesi ve üstünlüklerin belirlenmesi

Amaç, ana kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için kriterler için karşılaştırma matrisleri Şekil 2'de görüldüğü gibi oluşturulur. Karar vericiler kriterleri ikili olarak karşılaştırır.

Sayısal değerler	Açıklama
1	Eşit derecede önemli
3	Orta derecede önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Kesin önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Çizelge 1. AHP önem ölçeği (Saaty,1990)

$$A=\begin{bmatrix} 1 & a21 & a31 & \cdots & an1 \\ \frac{1}{a21} & 1 & a32 & \cdots & an2 \\ \frac{1}{a31} & \frac{1}{a32} & 1 & \cdots & an3 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{an1} & 1an2 & \frac{1}{an3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 2. Karşılaştırma matrisi

Her bir kriterin belirlenen amaca katkısı bakımından önem dereceleri belirlenirken karar vericiler Saaty tarafından geliştirilen önem ölçeğini dikkate alarak derecelendirme yapmalıdır. Önem ölçeği Çizelge 1'de gösterilmektedir.

3. Adım: Özvektörün belirlenmesi

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, matrislerde bulunan tüm ögelerin diğer ögelere göre önemini gösteren özvektör hesaplanmalıdır. Denklem 1'de matrisin özvektörünün hesaplanması gösterilmektedir.

Kriterlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için W = [wi]nx1 şeklindeki sütün vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir. W sütün vektörü bij değerlerinin meydana getirdiği matrisin satır elemanlarının aritmetik ortalamasından elde edilir.

$i = 1,2,3.\ldots\ldots n \;\; ve \; j = 1,2,3.\ldots\ldots n \; olmak$ üzere

$$Wi = \frac{\sum_{j=1}^{n} \text{bij}}{n} \qquad bij = \frac{aij}{\sum_{i=1}^{n} \text{aij}} \tag{1}$$

4.Adım: Özvektörün tutarlılığının hesaplanması

Tüm ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı hesaplanır. Bu oranın 0,1' in altında olması beklenir. Oranın 0,1'in üstünde olması karar vericinin değerlendirmede tutarsız olduğunu gösterir. Öncelikle en büyük özvektör bulunmalıdır. En büyük özvektörü hesaplamak için Denklem 2'den yararlanılır.

Tutarlılık oranının hesaplanmasında rassallık endeksine ihtiyaç duyulur. Sabit sayılara göre değişen rassalık endeksi Çizelge 2' de verilmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda CR değerinin hesaplanması Denklem 3'de verilmiştir.

$1,2,3.\ldots.n \; ve \; j = 1,2,3.\ldots.n \; olmak$ üzere

$$D = [aij]m \times n \times [wi]n \times 1 = [di]n \times 1 \qquad \lambda max = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{\text{di}}{\text{wi}}}{n} \tag{2}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	145	1,49

Çizelge 2.Rassallık endeksi verileri

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1).R1} \tag{3}$$

Adım 5: Hiyerarşik yapının sonucunun elde edilmesi

Önceki 4 adım hiyerarşik yapının tamamı için ayrı ayrı hesaplanır. Bu adımda hiyerarşik yapıdaki her ölçütün her birinin meydana getirdiği üstünlük sütün vektörleri bir

araya getirilerek DW karar matrisi elde edilir (4). Oluşturulan matrisin ölçütler arası W üstünlük vektörü ile çarpımı sonucunda R sonuç vektörü elde edilir (5).

$i = 1,2,3 \ldots . m \; ve \; j = 1,2,3 \ldots . n \; olmak$ üzere

$$DW = [wj]m \times n \tag{4}$$

$$R = DW \times W \tag{5}$$

2.1 SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi "Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi" olarak bilinmektedir ve 2010 yılında Kersuliene, Zavadskas ve Turskis tarafından oluşturulmuştur. SWARA yöntemi uzman görüşlerinin oldukça önemli olduğu yöntemlerden biridir. SWARA yöntemi 5 adımdan oluşur [6].

Adım 1: Kriterlerin sıralanması

Belirlenen kriterler uzmanlar tarafından önem sırasına önemliden önemsize doğru sıralanır. Birden çok karar vericinin olduğu durumlarda genel sıralama elde edebilmek için geometrik ya da aritmetik ortalama kullanılır.

Adım 2: Önem düzeyi belirlenir

Her bir kriterin kendinden bir üst düzeyde önemli olan kritere göre ne kadar önemli olduğu belirlenir. Bu değer sj olarak gösterilmiştir.

Adım 3: Katsayı belirlenir

Kj katsayısı Denklem 6' da verilen formül yardımıyla bulunur.

$$Kj = \begin{cases} 1, j = 0 \\ s_{i+1,}, j > 0 \end{cases} \tag{6}$$

Adım 4: Önem vektörünün belirlenmesi

Önem vektörü Qi Denklem 7 'deki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Qj = \begin{cases} 1, j = 0 \\ \frac{(qi-1)}{kj} \; j > 1 \end{cases} \tag{7}$$

Adım 5: Ağırlıkların hesaplanması

Kriterlere ait ağırlıklar Denklem 8'deki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\mathrm{Wj} = \frac{\mathrm{qj}}{\sum_{\mathrm{k}=1}^{\mathrm{n}} \mathrm{qk}} \tag{8}$$

2.2 DEMATEL Yöntemi

DEMATEL yöntemi; ilk zamanlar kompleks problemlerin anlaşılabilir olması için kullanılmıştır fakat ilerleyen zamanlarda, kompleks nedensel yapıları görselleştirmek, faktörler arasındaki etkileşim ve faktörlerin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. DEMATEL, bir sistemin bileşenleri arasındaki önem dercesine ve doğrudan ilişki ya da dolaylı ilişki çeşitlerine göre incelemede kullanılabilecek en doğru yöntemlerden biridir. DEMATEL yöntemi 6 adımda çözülür [7].

Adım 1: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Uzmanların kriterlerin ikili değerlendirmesi içinn Cenova Battele Enstitüsü tarafından geliştirien çizelge 3'deki ölçek yardımıyla kriterlerin ikili karşılaştırılmaları belirlenir.

Sayısal değer	Açıklama
0	Etkisiz
1	Düşük etki
2	Orta etki
3	Yüksek etki
4	Çok yüksek etki

Çizelge 3. DEMATEL metodu değerlendirme ölçeği

Adım 2: Normalize direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Bu adımda bütünleşik karar yapısının bozulmasının en aza indirilmesi için normalleştirme yapılır. Direk ilişki matrisi (A) kullanılarak normalize edilmiş direkt ilişki matrisi (X) oluşturulur.

$i, j = 1,2,3 \ldots\ldots n$

$$X = k.A \qquad k = \frac{1}{\max\limits_{1 \le i \le n} \sum_{i=1}^{n} \text{aij}} \tag{9}$$

Adım 3: Toplam ilişki matrisinin oluşturulması

Denklem 10 kullanarak toplam ilişki matrisi oluşturulur.

$$T = X.(I - X)^{-1} \tag{10}$$

Adım 4: D ve R değerlerinin hesaplanması

Faktörlerin etkileme gücünü ifade eden D ve etkilenme seviyesini ifade eden R değerleri Denkem 12 ve 13 'de ki formül yardımıyla hesaplanır.

$$T = [tij]n \times n \,, ij = \ldots\ldots n \tag{11}$$

$$D = \left[\sum_{j=1}^{n} \text{tij}\right] n \times 1 = [tij]n \times 1 \tag{12}$$

$$R = \left[\sum_{j=1}^{n} \text{tij}\right] 1 \times n = [tij]n \times 1 \tag{13}$$

Adım 5: D+R, D-R ve faktör ağırlıklarının belirlenmesi ve etki grafiğinin oluşturulması

Bu adımda tüm kriterler için ilişki seviyesini belirten D+R ve faktörlerin etkileme düzeylerini belirleyen D-R değerleri bulunur. Etki grafiğinde yatay eksende yer alan D+R değeri bir faktörün etkileşim düzeyini ifade etmektedir. Etki grafiğinin dikey ekseninde ise bir faktörün etki gücünü gösteren D-R değerleri bulunmaktadır. Problemin önem ağırlıkları ise Denklem 14 ve Denklem 15' deki formül yardımıyla hesaplanır.

$$Wi = \{(Di + Ri)^2 + (Di - Ri)^2\}^{1/2} \tag{14}$$

$$Wi = \frac{wi}{\sum_{i=1}^{n} \text{wi}} \tag{15}$$

Adım 6: Etki ilişki haritasının oluşturulması

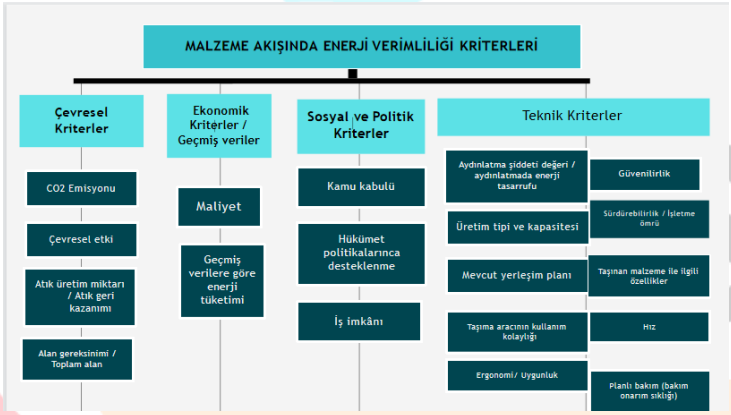
Bu adımda kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin yönünü ve gücünü ortaya koymak için toplam ilişki matrisinin tüm değerlerinin ortalaması bulunarak bir eşik değer elde edilip, etki ilişki haritası oluşturulur.

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde araştırma sürecinde yardımcı olan uzmanların görüşlerinin AHP, SWARA ve DEMATEL yöntemleriyle superdecisions programı ve excel programı yardımıyla çözülmesi ve sonuçların değerlendirilmesi aşamaları bulunmaktadır. Literatürden yararlanarak belirlenen kriterler; çevresel kriterler, ekonomik kriterler/ geçmiş veriler, sosyal ve politik kriterler ve teknik kriterler olmak üzere dört ana kriter altında toplanmıştır. Ana kriterler, on dokuz alt kriterden oluşmaktadır.

3.1 .AHP Yönteminin Uygulanması

Literatür yardımıyla belirlediğimiz malzeme akışında enerji verimliliği kriterlerinin ağırlıklandırılması için 3 farklı sektörde çalışan uzmanların literatür yardımıyla belirlediğimiz kriterleri AHP önem ölçeğini kullanarak değerlendirilmeleri istenmiştir. Uzmanların değerlendirmeleri yardımıyla ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Üç karar verici içinde ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra SuperDecisions programı kullanılarak tutarlılıkları kontrol edilmiştir. Daha sonra üç karar verici için de oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinin aritmetik ortalaması alınarak bütünleştirilmiş matris oluşturulmuştur. Bütünleştirme matrisi oluşturulurken MS Excel programından yararlanılmıştır. Kriterler için bütünleştirilmiş karşılaştırma tablosu oluşturulduktan sonra tablodaki değerler SuperDecisions programına aktarılarak tutarlılık oranı kontrol edilmiş ve öncelik değerleri bulunmuştur. Kriterler için yapılan AHP çözümü sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları ve kullanılan AHP yapısı Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. AHP hiyerarşik yapısı

Çizelge 4. AHP çözümü kriter ağırlıkları

Ana ve alt kriterler	AHP çözümü kriter ağırlıkları	Ana ve alt kriterler	AHP çözümü kriter ağırlıkları
Çevresel kriterler	**0,60785**	**İş imkanı**	**0,009471934**
Ekonomik kriterler	**0,26420**	**Kamu kabulü**	**0,015036232**
Sosyal ve poliitk kriterler	**0,08418**	**Aydınlatma şiddeti değeri**	**0,011046673**
Teknik kriterler	**0,04377**	**Ergonomi**	**0,001262327**
Alan gereksinimi	**0,028283261**	**Güvenilirlik**	**0,009588256**
Atık üretim miktarı	**0,057326334**	**Hız**	**0,000967755**
CO2 emisyonu	**0,295737261**	**Mevcut yerleşim planı**	**0,002669095**
Çevresel etki	**0,226497067**	**Planlı bakım**	**0,000829879**
Maliyet	**0,235536942**	**Sürdürebilirlik**	**0,005061125**

Geçmiş zamanlara göre enerji tüketimi	**0,028663058**	**Taşıma aracının kullanım kolaylığı**	**0,00167858**
Hükümet politikalarınca desteklenme	**0,059671835**	**Taşınan malzeme ile ilgili özellikler**	**0,002451558**
		Üretim tipi ve esnekliği	**0,008215191**

3.2. SWARA Yönteminin Uygulanması

Literatür yardımıyla belirlediğimiz malzeme akışında enerji verimliliği kriterlerinin ağırlıklandırılması için 3 farklı uzmanın belirlediğimiz kriterleri öncelikle en önemli kriter 1 numaralı kriter olacak şekilde önem sırasına göre en önemliden en az önemliye olacak şekilde sıralaması istenmiştir. Daha sonra her bir kriter için karşılaştırmalı ağırlıklarının belirlenmesi istenmiştir. En önemli kriterin ağırlığı 1 olacak şekilde diğer kriterlerin ağırlıkları 0-1 arasında puanlanmalıdır. Yukarıda belirtilen işlemler ana kriterler ve ana kriterlere ait alt kriterler için yapılmalıdır. Her karar verici için kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra ağırlıkların geometrik ortalaması alınarak son kriter ağırlık değerleri elde edilmiştir. Aşağıda ana kriterler ve alt kriterler için yapılan SWARA çözümlerinin son kriter ağırlıkları Çizelge 5'de gösterilmektedir.

Çizelge 5. SWARA çözümü için son kriter ağırlıklarının hesaplanması

Ana ve alt kriterler	Son kriter ağırlığı	Ana ve alt kriterler	Son kriter ağırlığı
Çevresel Kriterler	0,243436843	**İş imkanı**	0,365202528
Ekonomik kriterler/ Geçmiş veriler	0,213653035	**Aydınlatma şiddeti değeri/ Aydınlatmada enerji tasarrufu**	0,061161088
Sosyal ve politik kriterler	0,146214643	**Güvenilirlik**	0,062497899
Teknik kriterler	0,352030455	**Üretim tipi ve esnekliği**	0,186211219
Atık üretim miktarı/ Atık geri kazanımı	0,31948512	**Sürdürebilirlik/ İşletme ömrü**	0,277057265
Alan gereksinimi/ toplam alan	0,142157003	**Mevcut yerleşim planı**	0,096119532
Çevresel etki	0,264413998	**Taşınan malzeme ile ilgili özellikler**	0,12327845
CO2 emisyonu	0,186278371	**Taşıma aracının kullanım kolaylığı**	0,055101552
Maliyet	0,402526028	**Ergonomi/ Uygunluk**	0,038896564
Geçmiş zamanlara göre enerji tüketimi	0,26461416	**Hız**	0,042850778
Hükümet politikalarınca desteklenme	0,233034123	**Planlı bakım(bakım onarım sıklığı)**	0,05038949
Kamu kabulü	0,227332616		

3.3.DEMATEL Yönteminin Uygulanması

Literatür yardımıyla belirlediğimiz kriterlerin ağırlıklandırılması için 3 farklı uzmanın belirlediğimiz kriterleri DEMATEL metodu değerlendirme ölçeği yardımıyla değerlendirmeleri istenmiştir ve değerlendirmelere göre ilişki matrisleri elde edilmiştir. Direkt-ilişki matrisinin bulunmasından sonra sırasıyla Denklem 8 ve 9'da bulunan eşitsizlikleri kullanılarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edilmiştir. Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin bulunmasından sonra Denklem 10' daki formül kullanılarak toplam ilişki matrisi elde edilmiştir. Daha sonra Denklem 12 ve 13' teki formüller yardımıyla D ve R değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra Denklem 14 ve 15' teki formüller yardımıyla D+R, D-R

ve önem ağırlıkları hesaplanır. Önem ağırlıklarına göre kıstas sıralaması yapılır. Bulunan D+R ve D-R değerlerine göre kriterlerin etkilenen kriter mi yoksa etkileyen kriter mi olduğuna karar verilir. D-R değeri negatif olan kriterler etkileyen kriterler olurken pozitif olan değerler ise etkilenen kriterler olur. Yukarıda belirtilen işlemler ana kriterler ve onlara ait alt kriterler için ayrı ayrı hesaplanır. DEMATEL çözümlerinin excel programı yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıkları Çizelge 6'da gösterilmektedir.

Çizelge 6. DEMATEL çözümü için kıstas ağırlıkları

Ana ve alt kriterler	Kıstas ağırlıkları	Ana ve alt kriterler	Kıstas ağırlıkları
Çevresel Kriterler	0,258634454	**Kamu kabulü**	0,336429215
Ekonomik Kriterler/ Geçmiş veriler	0,250237228	**İş imkanı**	0,307725614
Sosyal ve politik kriterler	0,235671045	**Aydınlatma şiddeti değeri/ Aydınlatmada enerji tasarrufu**	0,08254224
Teknik kriterler	0,255457272	**Güvenilirlik**	0,10732718
CO2 emisyonu	0,2497317	**Üretim tipi ve esnekliği**	0,13670976
Çevresel etki	0,2582912	**Sürdürebilirlik/ İşletme ömrü**	0,10430407
Atık üretim miktarı/ Atık geri kazanımı	0,2711307	**Mevcut yerleşim planı**	0,11766919
Alan gereksinimi/ toplam alan	0,2208464	**Taşınan malzeme ile ilgili özellikler**	0,10644546
Maliyet	0,5	**Taşıma aracının kullanım kolaylığı**	0,10232885
Geçmiş zamanlara göre enerji tüketimi	0,5	**Ergonomi/ Uygunluk**	0,1219198
Hükümet politikalarınca desteklenme	0,355845171	**Hız**	0,08846557
		Planlı bakım(bakım onarım sıklığı)	0,03228788

3.4. Son Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

İşleyişleri birbirinden tamamen farklı üç çok kriterli karar verme yöntemiyle malzeme akışında enerji verimliliği kriterleri ağırlıklandırılmıştır. Birbirinden farklı karar verme tekniklerininin kullanılması belirlediğimiz kriterleri ağırlıklandırırken yöntem kaynaklı yaşanabilecek sorunların sıfıra yaklaşmasını hedeflemektedir. Doğru kriter ağırlığının belirlenmesi için üç farklı yöntem ile elde edilen kriter ağırlıkları değerlendirilmiştir.

Ana kriterlerin AHP, SWARA ve DEMATEL yöntemleriyle elde edilen kriter ağırlıkları Çizelge 4,5 ve 6'da görülmektedir. Üç yöntemden elde edilen ağırlıkların ortalamalarının alınmasıyla son kriter ağırlıkları hesaplanır. Hesaplanan son kriter ağırlıkları Çizelge 7'de gösterilmektedir.

Çizelge 7. Kriterlerin son kriter ağırlıklarının karşılaştırılması - AHP, SWARA ve DEMATEL

	AHP tabanlı kriter ağırlığı	SWARA tabanlı kriter ağırlığı	DEMATEL tabanlı kriter ağırlığı
Çevresel kriterler	0,60785	0,243436843	0,25863445
Ekonomik kriterler	0,2642	0,213653035	0,25023723
Sosyal kriterler	0,08418	0,146214643	0,23567105
Teknik kriterler	0,04377	0,352030455	0,25545727
Alan gereksinimi	0,04653	0,142157003	0,2208464
Atık üretim miktarı	0,09431	0,31948512	0,2711307
CO_2 emisyonu	0,48653	0,186278371	0,2497317
Çevresel etki	0,37262	0,264413998	0,2582912
Geçmiş zamanlara göre enerji tüketimi	0,10849	0,26461416	0,5
Maliyet	0,89151	0,402526026	0,5
Hükümet politikalarınca desteklenme	0,70886	0,233034123	0,3558452
İş imkanı	0,11252	0,365202526	0,3077256
Kamu kabulü	0,17862	0,227332616	0,3364292
Aydınlatma şiddeti değeri	0,25238	0,06161088	0,08254224
Ergonomi	0,02884	0,038896564	0,1219198
Güvenilirlik	0,21906	0,062497899	0,10732718
Hız	0,02211	0,042850778	0,08846557
Mevcut yerleşim planı	0,06098	0,09119532	0,11766919
Planlı bakım	0,01896	0,05038949	0,03228788
Sürdürebilirlik	0,11563	0,277057265	0,10430407
Taşıma aracının kullanım kolaylığı	0,03835	0,055101552	0,10232885
Taşınan malzeme ile ilgili özellikler	0,05601	0,12327845	0,10644546
Üretim tipi ve esnekliği	0,18769	0,1862119	0,13670976

Çizelge 7'de elde edilen kriter ağırlıklarına göre en önemli ana kriterin çevresel kriterler olduğu söylenebilirken en az önemli olan ana kriter ise sosyal kriterler olduğu, en önemli çevresel kriterin atık üretim miktarı olduğu söylenebilirken en az önemli olan çevresel kriterin ise alan gereksinimi kriteri olduğu, en önemli ekonomik kriter maliyet olurken en az önemli olan ekonomik kriter geçmiş zamanlara göre enerji tüketimi kriteri olduğu, en önemli sosyal kriterin hükümet politikalarınca desteklenme olduğu söylenebilirken en az önemli olan sosyal kriterin iş imkanı kriteri olduğu ve en önemli teknik kriter üretim tipi ve esnekliği olurken en az önemli olan teknik kriter hız kriteri olduğu söylenebilmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde enerji, işletmeler için en büyük maliyet kalemlerinden biridir. Enerjinin maliyet kaleminde bu kadar etkili olmasının nedeni günümüz dünyasında kıt olarak bulunmasıdır. Yani fazladan harcanan her türlü enerji işletmeleri ciddi maliyetlerle karşı karşıya getirmektedir. Bu sebeple enerjiyi verimli kullanmamız işletmemize büyük artılar sağlayacaktır. İşletmelerin enerjiden yararlandığı aşamalardan biri de malzeme akışıdır. Bitirme çalışmasında enerji verimliliği konusunu malzeme akışı parametreleri açısından ele almıştır. Çalışmada literatür incelenerek malzeme akışında enerji verimliliği kriterleri 4 ana kriter ve 19 alt kriter olacak şekilde belirlenmiş ve kriterler arasında ağırlıklandırma yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda kriterler için AHP, SWARA ve DEMATEL yöntemlerinin kriter bazında karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda kriter ağırlıkları için yöntemler arasında benzerliklerin ve farklılıkların olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre teknik kriterler ve hükümet politikalarınca desteklenme kriteri için elde edilen ağırlıklar arasında farklılıklar olduğu görülürken üretim tipi ve esnekliği kriteri ve ekonomik kriterler için ağırlık değerleri hemen hemen aynı olduğu görülür. Sonuçlar arasında benzerlik ve farklılıklar bulunmasının nedeni olarak problemin yapısı ve uygulanan yöntemlerin çözüm aşamaları gösterilebilir. Kullanılan her yöntemin kendine göre öncelikleri ve dinamikleri vardır. Bazı yöntemlerde bireyin önceliklerini dikkate alırken bazı yöntemler kriterlerin önem oranlarını dikkate alır. Yöntemlerde olan bu farklılıkla yöntemlerin sonuçlarındaki farklılıkları açıklamamıza yardımcı olur [8].

Araştırmamız sonucu elde edilen bulgulara göre aşağıdaki tedbirlerin alınması önerilmektedir:

●Dünyamızda zamanla artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için kullanılan fosil kaynakların çevreye olan olumsuz etkisini ve kıt kaynaklar olduğu görülmüştür. Bu nedenlerle işletmelerin enerji kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaları ve enerji yönetim sistemlerini kullanmaları işletmelerin enerji maliyetlerini düşürmelerinde kilit noktalardan biri olduğu bilindiğinden önerilmektedir [9].

●Enerji ve nüfus yoğunluğunun CO_2 emisyonu ile pozitif ilişkili olduğu yapılan analiz sonucu ortaya çıkmıştır. Artan enerji ihtiyacı göz önüne alındığında CO_2 emisyonunun da zamanla artan bir grafik izleyeceğini düşünebiliriz. Bu sebeple işletmelerin CO_2 emisyonu değerlerini takip etmeleri ve kontrol altında tutmaları önerilmektedir [10].

●İşletmelerin atık miktarlarını ve enerji kullanımlarını en aza indirmeleri işletme verimliliğinin artmasına sebep olacak ve dolayısıyla işletmelere ekonomik avantaj sağlayacaktır. İşletmeler için atık yönetiminin sağlanması yüksek maliyetler gerektirmektedir fakat atık alanında hiç yatırım yapmamanın maliyeti ve enerji kaybı daha yüksek olmaktadır. Bu nedenle işletmelerin atık yönetimine önem vermeleri önerilmektedir [11].

●Sürdürülebilirlik kavramının temelini sürekli varolabilme yeteneğinin korunması aldığı görülmüştür. Bunun yanında enerji gibi doğanın sağladığı kaynakların kullanımının özenli olması gerekmektedir. Bu hususta işletmelerin verdikleri kararlarda sürdürebilirlik kavramının dikkate alınması önerilir.

Yapılan çalışmada 3 farklı sektörde çalışan uzmanlarla görüşülmüş, elde edilen verilere göre kriter ağırlıklandırmaları yapılmıştır. Elde edilen kriterler ağırlıklarına göre işletmelere uygulanabilir. Ayrıca gelecekte kriter değerlendirmeleri baz alınarak işletmeler üzerinde uygulanması sağlanabilir ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanabilir.

KAYNAKLAR

[1] Fatma Fehime AYDIN, ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Sayı: 35, Ocak-Temmuz 2010 ss.317-340

[2] Hikmet DOĞAN ve Nazile YILANKIRKAN, Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C 3(1):375-383 (2015)

[3] ZEYNEP DUR, AHP'YE DAYALI BULANIK UTASTAR YAKLAŞIMI: MALZEME TAŞIMA EKİPMANI UYGULAMASI ss.16-19 (2019)

[4] T.C.ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI, TÜRKİYE ULUSAL ENERJİ PLANI, 2022

[5] Aliye Ayça SUPÇİLLER, Ozan ÇAPRAZ, AHP-TOPSIS YÖNTEMİNE DAYALI TEDARİKÇİ SEÇİMİ UYGULAMASI, Ekonometri ve İstatistik Sayı:13 (12. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı) 2011 1–22 ss.6-12

[6] Onur DERSE , Emel YONTAR, SWARA-TOPSIS YÖNTEMİ İLE EN UYGUN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞININ BELİRLENMESİ, Journal of Industrial Engineering 31(3), 389-410, 2020 ss.392-393

[7] Aydın KOÇAK ve Aslı DİYADİN, Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin DEMATEL Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Cilt 18 · Sayı 1 · Ocak 2018 SS. 107 / 120

[8] Rahim ARSLAN, ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI ve BÜTÜNLEŞTİRİLMESİ: OECD, SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı ss.139-142 (2018)

[9] Ömer KAVRAR ve Baki YILMAZ , Enerji Yönetiminde Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama , ISSN: 2146-3042 DOI: 10.25095/mufad.579762(2019) ss.86-90

[10]Ayşe ARI ve Fatma ZEREN, CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Analizi, YÖNETİM VE EKONOMİ Yıl:2011 Cilt:18 Sayı:2 ss.37-39

[11]Hilmi Kırlıoğlu ve Meral Erol Fidan , Atık Yönetimi ve Muhasebesi: Sakarya'daki İşletmeler Üzerinde Bir Araştırma , Akademik İncelemeler Cilt:4 Sayı:2 Yıl:2009 ss.14-21

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Doğrusal Programlama Yöntemiyle Optimum Ürün Karması Probleminin Modellenmesi ve Endüstride Bir Uygulama

Hande BALABAN ÇATAKLI[1]
Osman YAZICIOĞLU[2]

Özet

Ürün karması, işletmelerin ürün çeşitleri arasında en yüksek verimi, kârı ve stratejik açıdan diğer faktörlerin de göz önünde bulundurularak miktarlarla birlikte bir ürün yelpazesi oluşturulmasıdır.

Bu çalışmada iki farklı firmadan alınan verilerle doğrusal programlama yöntemi kullanılarak optimum ürün karması probleminin modellenmesi sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan 15 adet ürün verisi kozmetik üretimi yapılan bir şirketten karşılanmış ve 15 ürün üzerinden bir ürün karması oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada kurulması planlanan problemde bulunan bileşenler, ürünler, kapasiteler ve çalışma kısıtları, maliyet ile amaç fonksiyonunda aranacak değişken olan kârdır.

Oluşturulan model Excel'de çözümlendiğinde, 15 ürünün farklı adetlerde üretildiği ve 9.019.294 TL kâr elde edilen bir ürün seçimi ortaya çıkmıştır. Optimum ürün karması probleminin modellenmesi ardından model Excel üzerinde çözümlenerek maksimum kârın elde edilebilmesi için gereken aylık ürün üretim miktarları hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal programlama, Kâr maksimizasyonu, Kozmetik endüstrisi, Ürün karması optimizasyonu.

[1] Industrial Egineer, Institute of Science and Technology, İstanbul Commerce University, Kucukyali 34840 İstanbul, Türkiye. Orcıd: 0000-0003-4926-7139

[2] Prof. Dr., Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, İstanbul Commerce University, Orcid: 0000-0002-0476-4396

1. Giriş

Çalışmanınız kuramsal/kavramsal çerçevesini referansları dâhil ederek buraya yazınız. Çalışmanızın amacını ve önemini belirtmelisiniz. Ürün karmasının doğru bir şekilde oluşturulabilmesi rekabet avantajı sağlanması açısından son derece önemlidir. Gelişen teknoloji ile birlikte işletmeler karar verme noktasında matematiksel modellerden yararlanmaktadır. Bu çalışmada da endüstride, ürün karması optimizasyonunun sağlanabilmesi için doğrusal programlama yönteminin kullanılması sağlanmıştır.

Firmalar, ürün seçim kararlarını vermek için geleneksel yöntemlere ek olarak matematiksel model ve çeşitli programlardan da faydalanmaktadırlar. Çünkü geleneksel yöntemlerle belirlenen optimal ürün seçimleri, şirketlerin kârlarını artırması için yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, şirketin kârını maksimize eden yeni yöntemlere ihtiyaç vardır. Birçok endüstride müşteri ihtiyaçlarının farklılaşması, üreticileri bireysel ürünler yerine sunulan ürün grupları arasında rekabet etmeye zorlayarak, giderek daha fazla bölümlenen pazar segmentlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Farklı üreticiler tek bir ürünü veya farklı ürünleri pazarlayabilir ve müşteriler bunları ayrı ayrı satın alabilir. Ürün yelpazesi ise, üreticinin pazara sunduğu ürün grupları arasında kıyaslamalar yapılmasını sağlayarak avantajlı bir tablo ortaya koyabilmektedir. Pazarlamada ürün seçerken ürün karmasının genişliğine ve derinliğine karar verilmesi gereklidir. Ürün karmasının derinliği ve genişliği, pazar fırsatlarına, talebe ve şirketin güçlü ve zayıf yönlerine bağlı olarak artış ya da azalış gösterebilmektedir (Elmas, 2012). Küresel pazar, şirketlerin sundukları ürün/hizmetleri değiştirmelerini, çok yönlülüklerini ve kalitelerini artırmalarını ve zamanında sunmalarını gerekli kılmaktadır. Daha kaliteli, daha ucuz ve farklı kısıtlarla farklı ürünler üretmek zorunda kalan firmalar, rekabet edebilmek ve kârlılıklarını artırabilmek için doğru kararlar almak zorundadır (Özçelik, 2019).

Bu çalışmanın amacı, optimal ürün seçim problemini klasik doğrusal programlama çözüm yöntemi ile modellemektir. Çalışmada kullanılan veriler endüstride kozmetik alanında üretim yapmakta olan bir firmadan sağlanmış ve 15 adet ürün bilgisi için modelleme yapılmıştır. Farklı yöntemler kullanan ve ürün seçim modelleri oluşturan birçok çalışma olmasına rağmen, doğrusal programlamayı gerçek endüstri bilgisine uygulayan çok az çalışma vardır. Bu yönüyle bu çalışma literatürdeki mevcut boşluğu doldurmaktadır. Çalışmada 15 farklı ürün üzerinden amaç fonksiyonu oluşturulmuş ve modelin çözümü için Excel programından yararlanılmıştır. Görevin çözümü ile bağlantılı olarak, şirketin maksimum kârı elde etmesi için 15 ürünün her birinden ayda kaç litre üretilmesi gerektiği hesaplanmıştır. Doğrusal programlama, yöneylem araştırması ve ürün seçimi konularında daha önce yapılmış araştırmalara ve teorik açıklamalara yer verilerek uygulama öncesi okuyucuya teorik bir altyapı sağlanmıştır.

2. Literatür Araştırması

Literatürde ürün karması problemlerinin oluşturulması ve çözümünde birçok yöntem kullanılmaktadır ve bu yöntemler üzerinde yapılan çalışmalar irdelendiğinde temelde aşağıdaki yöntemlerin kullanıldığı ve bu yöntemlerin pozitif negatif yönlerinin neler olduğu görülmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 *- Ürün Karması Problemlerinde Kullanılan Yöntemler (Linhares, 2009)*

Programlama Yöntemi	**Amaç**	**Avantaj**	**Dezavantaj**
Klasik doğrusal programlama (KDP)	Parametrenin maksimizasyonu ve minimizasyonu	En çok uygulanan açık bir tekniktir.	Doğrusal olmayan durumlar için elverişli değildir.
Kısıtlar teorisi (KT)	Belirlenmiş olan kısıtlara göre parametrenin maksimizasyonu ve minimizasyonu	Kısıtların üretim üzerinde çok fazla etkili olması durumunda avantajlıdır.	Karmaşıktır ve karar vericiye bağlıdır, yöntem içerisinde farklı

			yöntemler de kullanılmaktadır.
Bulanık doğrusal programlama (BDP)	Belirsizlik durumundaki parametrelerin maksimizasyonu ve minimizasyonu	Amaç fonksiyonu katsayıları belirsiz olması durumunda avantajlıdır.	Karar vericiye bağlı yöntemdir ve son derece karmaşıktır.
Hedef programlama (HP)	Hedefe göre parametrenin maksimizasyonu ve minimizasyonu	Belirlenmiş hedefler olduğunda en ideal yöntemdir.	Karar vericiye bağlı bir yöntemdir.
Tam sayılı programlama (TSP)	Parametrenin maksimizasyonu ve minimizasyonu	Karar değişkenlerinin tam sayı olması durumunda kullanılmaktadır.	Çözümü ve yorumlanması klasik yöntemlerden daha farklı ve karmaşıktır.

Tablo 2.2'de ise konu üzerinde yapılmış olan çalışmalar yöntemlerine göre kategorize edilerek paylaşılmıştır.

Tablo 2.2 - *Ürün Karması Problemi Hakkında Yapılan Bazı Çalışmalar*

Araştırmacılar	Amaç	Yöntem
Bhattacharya ve ark. (2008)	Memnuniyet düzeyinin dikkate alınarak ürün karması belirlenmesi	BDP-KT
Sobreiro ve Nagano, (2012)	Verim maksimizasyonu sağlamak için ürün karması belirlenmesi	KT
Badri ve ark. (2014).	Üretim önceliği kısıtına göre ürün karması belirlenmesi	KT
Molina (2018)	Maliyet minimizasyonu sağlamak için ürün karması belirlenmesi	KDP
Akçimen ve Antmen (2019)	Kâr maksimizasyonu sağlamak için ürün karması belirlenmesi	KT
Chen ve ark. (2021)	Üretim maksimizasyonu sağlamak için ürün karması belirlenmesi	KT

3. Ürün Karması Probleminin Doğrusal Programlama ile Elde Edilmesi

Ürün karması, bir şirketin ürettiği ve daha sonra ürettiği ürünlerin toplamına verilen genel isimdir. Kısaca bir şirketin pazara sunduğu ürün yelpazesine ürün karması adı verilmektedir.

Çeşitli kısıtlamalar altında hangi ürünün ve ne kadar üretileceğine karar verme sorunu, ürün karmasından elde edilen kârı maksimize etme hedefiyle formüle edilebilmektedir. Geleneksel yaklaşımda, ürün karması, üretimle ilgili tüm maliyetleri dikkate alan birim kâr veya değişken maliyetleri dikkate alan ürün girdi marjları ile belirlenmektedir. Diğer bir deyişle amaç fonksiyonunun katsayıları, her bir ürünün kâr payı veya her bir ürünün mutlak kârı değerlendirilerek elde edilmektedir (Özçelik, 2019). Yöneticiler, yatırım planlamasındaki en önemli kısıt olan zamanlarını ve kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak için birtakım teknikler kullanırlar. Bu tekniklerin en önemlileri; veri toplama, sistem tasarımı, istatistiksel analiz ve yöneylem araştırmasıdır. Matematiksel olarak ürün karması problemlerinde yönetime destek olunmasını sağlamak ve bilimsel bir altyapı oluşturabilmek amacıyla ortaya konmuş bir yöntemdir. Endüstride sıklıkla kullanılan bu matematiksel programlama modelinde temel konu, sınırlı kaynakların rekabet avantajı sağlayabileceği şekilde uygun olarak düzenlenmesidir.

Bu bağlamda doğrusal programlama, problemleri çözmek için cebirsel ifadeleri kullanarak en sağlıklı şekilde sonuca ulaşmayı amaçlayan bir modeldir. Daha kesin olarak, doğrusal programlama, doğrusal denklemler veya doğrusal eşitsizlikler olarak ifade edilen bir dizi sınır koşulunun etkisi altında doğrusal bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu olarak tanımlanabilir. Optimizasyon ise belirli bir amaca en düşük maliyetle ulaşmak (minimizasyon) veya sınırlı kaynaklarla iyi karlar sağlamak (maksimizasyon) anlamına gelir.

4. Yöntem

Bu çalışmada kozmetik üretimi yapılan şirketten alınan 15 adet ürüne ait verilerle doğrusal programlama yöntemi kullanılarak optimum ürün karması probleminin modellenmesi sağlanmıştır. Çalışmada toplamda 15 çeşit ürün üzerinden bir ürün karması oluşturulmaya çalışılmıştır. Kullanılan ürün çeşitleri aşağıda sıralanmıştır;

- Bulaşık deterjanı (2 çeşit),
- El kremi (3 çeşit),
- Duş Jeli (5 çeşit),
- Jel Yüz Maskesi (3 çeşit),
- Sıvı Sabun (2 çeşit).

Bu çalışmada kurulması planlanan problemde bulunan bileşenler, ürünler, kapasiteler ve çalışma kısıtları, maliyet ile amaç fonksiyonunda aranacak değişken olan kârdır. Sektörde üretim yapmakta olan bir kozmetik firmasından sağlanan 15 farklı ürünün reçeteleri, hammaddelerin birim fiyatları, kullanılan miktarlar ve çalışanların ücretleri ile işletme giderleri dahil edilerek toplam maliyet hesaplanmıştır. Kâr maksimizasyonu problemlerinde maliyetin eksiksiz bir şekilde doğru hesaplanması çok önemlidir. Maliyetin doğru hesaplanması karın maksimizasyonundaki en önemli parametrelerden biridir.

Kısıtlar, makine kullanımları ve çalışma sürelerinden, makinelerde meydana gelen verimsizlik ya da hatalardan etkilenmektedir ve işletme için üretim kısıtı meydana getirmektedir. Bu çalışmada kurulan modelde kısıtlar seçilen 15 ürünün prosesinde kullanılan temel 4 makine üzerinden oluşturulmuştur. Aynı zamanda üretimde önemli bir etkisi olan kayıplar da dikkate alınarak fire olarak fonksiyonda yerini almıştır. Satış tahminleri matematiksel modellerde kullanılan önemli parametrelerdendir ve kısıt olarak maksimum-minimum şeklinde oluşturulan modelde belirtilmiştir.

Bu çalışmada temel amaç kâr maksimizasyonunun sağlanmasıdır. Kâr maksimizasyonu sağlanması için hem maliyetler hem de ürünlerin satış fiyatlarının bilinmesi gereklidir. Kapasitede ise ürünlerin makine kapasiteleri ile günlük üretim miktarları temel alınmıştır. Son olarak satış tahminleri içerisinde öngörülen satış hedeflerine yer verilmiştir.

Çalışmada karar değişkeni olarak ürün miktarlarını ifade eden (L/ay) "x" değişkeni olarak tanımlanmıştır. Ürünler "x_i" olarak ifade edilmiştir. Çalışmada kurulan fonksiyonlar için indisler ve parametreler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

İndisler:

i: Ürün numarasıdır. Bu çalışmada 15 ürün dikkate alındığı için "$i = 1 \dots n$" n maksimum 15 olarak sınırlandırılmıştır.

j: Makine numarasıdır. "$i = a, b, c, d$" (a: karıştırma kazanları, b: ısıtma kazanları, c: homojenizatörler, d: soğutma makineleri)

i_{min}: Ürünlerin minimum üretim miktarlarıdır.

i_{max}: Ürünlerin maksimum üretim miktarlarıdır.

Parametreler:

Z: Belirlenen ürün karmasından elde edilecek toplam kâr (Türk lirası).

DG_i: i. ürünün litre başına gideri (TL/L)

NSG_i: i. ürünün litre başına net satış geliri (TL/L)

Q_i: i. ürünün % kalite seviyesi

$HAPS_i$: i. ürünün % hatalı karışım oranı

$DAPS_i$: i. ürünün % dökülme oranı

$Fire_j$: j. makinedeki litre başına % fire oranı

Ran_j: j. makinenin % randıman oranı
V_{ij}: i. ürünün j. makinedeki çalışma hızı (L/dk)
Kap_j: j. makinenin aylık toplam çalışma kapasitesi (dk/ay)

Amaç fonksiyonu ürünler için ayrı ayrı hesaplanan kâr oranlarının (ürün paketi başına kâr ile hedef satış paketinin çarpımı) tüm ürünler için toplamıdır. Bu çalışmanın amacı belirlenen amaç fonksiyonunun maksimizasyonu şeklinde belirlendiği için amaç fonksiyonundaki ürünler bu çalışma için verisi alınmış olan 15 kozmetik ürünüdür. Oluşturulacak olan modelde diğer ürünler için ayrılması gereken kapasite ihmal edilmiştir. Amaç fonksiyonu;

$$maxZ = \sum_{i=1}^{n} x_i \times (NSG_i - DG_i)$$

Bu çalışmanın ürün karması problemindeki kısıtlar aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

- Kapasite kısıtları,
- Müşteri kaynaklı kısıtlar,
- Satış kısıtları.

Kapasite kısıtları üretim hattındaki makinelerin telef oranları ile proseslerdeki sapma oranlarıdır. Müşteriye bağlı kısıtlarda müşterilerin sunulan ürünler dışındaki taleplerinden meydana gelmektedir. Dolayısıyla farklı ürün talepleri için belirli bir kapasite ayrılması gerekir ve yöneticinin alacağı bir karar olarak ifade edilmektedir. Son olarak satış kısıtları kendi arasında maksimum ve minimum satış kısıtları olarak ikiye ayrılmıştır. Maksimum satış kısıtı az düzeyde satılmak istenen ürünler için belirlenen maksimum miktarken, minimum satış kısıtı, ürünün çok katma değerli oluşu, belirli miktarda üretilebilmesi gibi nedenlerden dolayı belirli bir miktar üzerinde satılmak istenmesidir.

Karıştırma kazanlarında L başına ürün için ne kadar çalışmaları gerektiği hesaplanarak makinenin ürün bazlı çalışma hızı elde edilmiştir. Karıştırma işlemi için kullanılan makinelerin ayrı ayrı fiili kullanım miktarlarının hesaplanabilmesi için makine kapasitesinin aşılmaması sağlanmalıdır.

j=1…a;∀j;

$$\sum_{i=1}^{n} \left(k_{ij} \frac{\left(x_i \times \frac{100}{Q_i} \times HAPS_i \times DAPS_i\right) + \left(\sum_{j=a+1}^{b}\left(x_i \times k_{ij} \times Fire_j\right)\right) + \sum_{j=b+1}^{c}\left(Fire_j \times x_i \times k_{ij}\right)}{Ran_j \times V_{ij}} \right) \leq Kap_j$$

Isıtma kazanları (ısı değiştiriciler) için de yine kapasite kısıtı aynı fakat fire parametresi farklıdır. Çünkü birbiri ardına gelen prosesler kendinden bir önceki makinenin fire miktarını eklemektedir. Belirlenen kısıtlar ısıtma aşamasındaki makinelerin fiili kullanım miktarlarının hesaplanmasını ve bu miktarların kapasiteyi aşmamasını sağlamaktadır.

j=a+1,…b;∀j;

$$\sum_{i=1}^{n} \left(k_{ij} \times \frac{\left(x_i \times \frac{100}{Q_i} \times HAPS_i \times DAPS_i\right) + \sum_{j=a+1}^{c}\left(Fire_j \times x_i \times k_{ij}\right)}{Ran_j \times V_{ij}}\right) \leq Kap_j$$

Isıtma kazanlarındaki kapasite kısıtı, tüm proseslerde aynı sıcaklıkta çalışılmamasından kaynaklanmaktadır. Isıtma aşaması işletmede üretilen tüm ürünlerde olsa dahi kozmetik ürünlerde bir derecenin dahi önemi büyük olduğu için bir başka parti ürüne geçilirken hem kazanın istenilen dereceye kadar önceden soğutulması hem de eğer farklı bir ürün çalışılacaksa temizlenmesi gereklidir. Bu nedenle makinenin durması gerektiğinden ortaya bir kısıt çıkmaktadır. Ayrıca ısıtma kazanındaki kısıtta bir L ürünün elde edilmesi için ne kadar süre makinenin çalışması gerektiği ile hız bilgisi elde edilmiştir. Yukarıda belirtilen kısıt ile üretime geçiş grubundaki her makine için ayrı ayrı fiili kullanım miktarının hesaplanması sağlanarak, fiili kullanım düzeyinin belirlenen makinenin kapasitesinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmiştir.

Homojenizasyon makinelerindeki genel kapasite kısıtı;

$$\text{j=b+1,…c;}\forall j;$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(k_{ij}\times\frac{\text{Ü}S_i\left(\left(x_i\times\frac{100}{Q_i}\times HAPS_i\times DAPS_i\right)+\left(x_i\times Fire_j\right)\right)}{Ran_j\times V_{ij}}\right)\leq Kap_j$$

Homojenizasyon makinelerindeki kısıt devir ayrımının yapılmasından ve ürün kaybı yaşanmasından ileri gelmektedir. Yağ ve su fazlarının birbiri içerisinde bir yapı meydana getirmesini sağlayarak ürüne son kıvamını veren bu cihazlarda yanlış sıcaklık ve devirde çalışması durumunda ürün yitimi gerçekleşmektedir ve bu da fonksiyona fire olarak yansımaktadır. Yukarıda belirtilen kısıt ile üretime geçiş grubundaki her makine için ayrı ayrı fiili kullanım miktarının hesaplanması sağlanarak, fiili kullanım düzeyinin belirlenen makinenin kapasitesinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmiştir.

Soğutma makinelerindeki genel kapasite kısıtı;

$$\text{j=c+1,…d;}\forall j;$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(k_{ij}\times\frac{\left(x_i\times\frac{100}{Q_i}\times HAPS_i\right)}{Ran_j\times V_{ij}}\right)\leq Kap_j$$

Tıpkı ısıtma kazanlarında olduğu gibi soğutma makinelerinde de derecenin farklı ayarlanması ve yeni parti ürünlerde ayrılan temizlik süresi gibi faktörler işlem kısıtı meydana getirmektedir. Yukarıda belirtilen kısıt ile üretime geçiş grubundaki her makine için ayrı ayrı fiili kullanım miktarının hesaplanması sağlanarak, fiili kullanım düzeyinin belirlenen makinenin kapasitesinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmiştir.

Son aşama olan kalite kontrol bantlarındaki genel kapasite kısıtı ise;

$$\text{j=d+1,…e;}\forall j;$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\left(x_i\times\frac{100}{Q_i}\right)}{Ran_j\times V_{ij}}\right)\leq Kap_j$$

Kalite kontrol bantlarında meydana gelen kısıtlar çoğunlukla personelden kaynaklanmaktadır. Yukarıda belirtilen kısıt ile üretim sonu grubundaki her makine için ayrı ayrı fiili kullanım miktarının hesaplanması sağlanarak, fiili kullanım düzeyinin belirlenen makinenin kapasitesinin üzerine çıkmamasına dikkat edilmiştir.

Minimum satış kısıtı;

$$x_i \geq S_{i,min}$$

Minimum satış kısıtı bazı ürünlerin üretiminin zor ve karmaşık olmasına rağmen beklenen kârın elde edilmemesi nedeniyle bir satış kısıtının koyulmasıdır. Maksimum satış ise;

$$x_i \leq S_{i,max}$$

Şeklinde oluşturulmuştur. Maksimum satış kısıtı ise çok kârlı olan bir ürünün satış potansiyelinin belirli bir miktarda olmasıdır. Bu nedenle genellikle yönetim ya da satış birimi tarafından maksimum satış kısıtı koyulmaktadır. Son olarak pozitiflik kısıtı ise modelde kullanılan ürünlerin 0'a eşit ya da 0'dan büyük olmasını sağlamaktadır. Pozitif satış kısıtı minimum satış kısıtında kullanılmamaktadır.

$$\forall x_i \geq 0$$

Bu çalışmada doğrusal programlama problemi oluşturulmuştur ve modelin kurulmasının ardından Excel programında fonksiyonlar yazılarak çözüm sağlanmıştır.

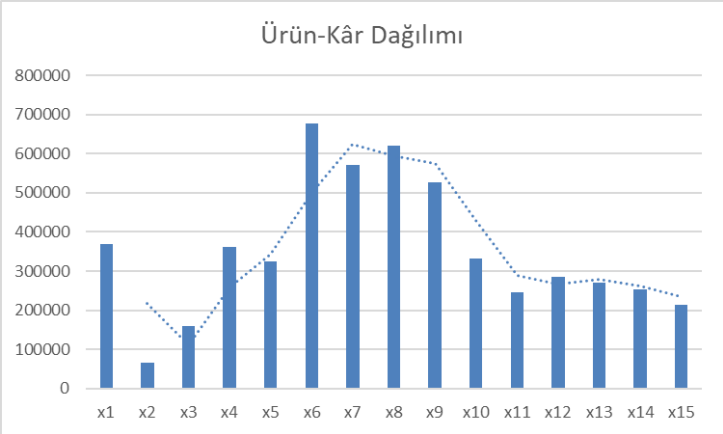
Excel programı ile problemin çözümü sonucunda elde edilen optimum ürün miktarları ve kâr oranları Tablo 4.1'de paylaşılmıştır. Maksimum kârı sağlayan ürün karmasına tüm ürünler girmiştir. Çözüm sonucunda elde edilen çıktının görüntüsü ise Şekil 4.1'de paylaşılmıştır.

Tablo 4.1 *- Modelin Çözümlenmesinin Ardından Elde Edilen Ürün Karması ve Kâr Maksimizasyonu*

Ürünler	Üretim miktarı (L)	Toplam Kâr miktarı (TL)
X1	3679,51*	9,019,294
X2	648,62	
X3	1594,65	
X4	3617,14	
X5	3259,11	
X6	6782,77*	
X7	5703,37*	
X8	6201,94*	
X9	5275,48*	
X10	3312,81	
X11	2457,70	
X12	2858,49	
X13	2705,63	
X14	2537,99	
X15	2144,41	

Tablo 4.1'de yer alan Microsoft Excel programından elde edilen çözüme göre en fazla üretilmesi gereken ve işletmeye sağladığı kâr oranı en yüksek olan ürünler sırasıyla X6, X8, X7, X9 ve X1 kodlu olan salatalık özlü jel maske, aloe vera duş jeli, çilek duş jeli, hanımeli duş jeli ve lavanta çiçeği mucizevi kil sıvı sabun olmuştur. Görüldüğü üzere modelden belirlenen ürün karmasında en fazla üretilmesi gereken ürünler ve üretilmesi gereken ürün

miktarları dikkate alındığında; yüksek kâr getirileriyle duş jelleri ilk sıralarda girmeyi başarmıştır. Aşağıdaki grafikte de ürünlere göre kâr maksimizasyonu paylaşılmıştır.



***Şekil 4.1** – Ürünler İçin Kâr Maksimizasyonu Dağılımı*

5. Sonuç

Ürün karmasında doğru ürünlerin eklenmesi ve maliyetlerin doğru hesaplanması gereklidir. Firmalar için en büyük sorunlardan biri de maliyetlendirmenin genel olarak değil ürün bazında yapılmasıdır. Bu kapsamda faaliyet tabanlı maliyetleme yöntemi kullanılmakta; ürünün düşürülmüş net maliyeti yansıtılarak ve mümkünse düşürülemeyen maliyetlerin (genel ve idari masraflar gibi) modelden çıkarılmasıyla çok daha sağlıklı bir ürün karması elde edilebilir. Atık miktarları, kalite seviyeleri, proses ortalama sapmaları, verimler vb. faktörlere uyacak şekilde doğru bir ürün seçimi sağlanabilmektedir. Kâr maksimizasyonunu etkileyen büyük veya küçük her nokta dikkate alınmalıdır. Bu çalışma doğrusal bir programlama tekniği kullanılarak yürütülmüş ve optimal bir ürün karması bularak kâr maksimizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Sektörde kozmetik üretimi yapmakta olan bir kozmetik firmasının verilerinden yararlanılarak kaynaklarının seçimi ve kullanımına yönelik örnek bir model oluşturulmuş, böylece yalnızca geleneksel yöntemlerin değil aynı zamanda bilimsel modeller de kullanılarak daha doğru bir ürün karması ve kâr maksimizasyonu sağlanmıştır. Oluşturulan model Excel'de çözümlendiğinde, 15 ürünün farklı adetlerde üretildiği ve 9.019.294 TL kâr elde edilen bir ürün seçimi ortaya çıkmıştır. Tanımlanan ürün karması modeline göre karıştırma kazanı tam kapasitede çalışırken diğer makinelerin düşük kapasitede çalıştığı görülmüştür. Bu araştırma, yöneylem araştırmasının özellikle geniş bir ürün yelpazesi ile geniş bir sektördeki şirketlerin ürün karmasını belirlemede aktif olarak kullanılabileceğini, yöneticilerin daha kolay karar vermesine olanak sağlayan ve rekabetin olduğu şirketlerde geçerli olduğunu bir kez daha göstermiştir.

Bu konuyla ilgili gelecekteki araştırmalarda birkaç önemli nokta dikkate alınmalıdır. Öncelikle çalışma ortamının kalite seviyesinin yükseltilmesi, şirket makine sayısının sürece göre ayarlanması ve çalışma saatlerinin doğru vardiyalara bölünmesi, bir başka deyişle kâr maksimizasyonuna göre düzenlenmesi gerekmektedir. Bu üç parametreyi değiştirmenin maliyet artırıcı etkileri birçok bilimsel araştırmada özellikle vurgulanmıştır (Stripling vd., 2018; Teharkani vd., 2021; Deste ve Karabulut, 2021). Bu nedenle, bu parametreler için modele bir maliyet faktörü eklenebilmektedir. Tıpkı bu çalışmada da olduğu gibi makinelerin performansına ilişkin elde edilen sonuçlar, ısıtma kazanları doluyken seçilen diğer üç makinenin kapasitelerinin altında kaldığını göstermiştir. Bu nedenle, sonraki çalışmalarda bu tarz kayıpların en aza indirilmesi için modellere farklı bir kısıt eklenmesi önerilebilir. Şirketlerde araştırma ve geliştirme birimi, satış ve pazarlama ekibi ve üretim ekibi ile yakın ilişki içinde, yeni ürünlerin tanıtımı ile ilgili olarak finans biriminden ayrılmamalıdır. Özellikle cilt maskeleri gibi özel ürün gruplarında üretim yapılan ve herkes tarafından sıvı sabun gibi

kullanılmayan ürünlerde elde edilecek kara göre üretim yapılması hem üretim planlamasında işleri kolaylaştırır hem de satışların daha kolay, daha doğru ve doğru hedef kitleye hedef sayıda gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Ürün geliştirme aşamasında ürünün ticari ve kârlı olup olmadığının tespit edilmesi ve sonrasında satışa hazır kategorisine alınması gerekmektedir. Öngörülen kontroller yapılmadan yapılan ürün satışlarında, yeterince karlı bir model oluşturulamayabilir veya daha karlı başka bir ürüne müdahale etmek mümkün olmayabilir. Ürün geliştirmede dikkate alınması gereken bir diğer konu da mevcut kaynakların verimli kullanılmasıdır. Gelecekteki araştırmalarda kaldırılması önerilen kısıtlamalardan biri, tam kapasitede çalışmanın karı maksimize ettiğine inanılmasına rağmen, arızaları önlemek için makinelerin aşırı yüklenmemesi gerektiğidir. Üretim süreçleri tanımlanırken belirli makinelere yüklenmemelidir. İşlemler ilgili makinelere uygulanırken, ürünün istenen özelliklerini elde etmek için bir yöntem seçilmelidir. Bu şekilde kapasitenin verimli kullanılması sağlanmalıdır. Aksi takdirde bazı makinelerin çok çalışmasından kaynaklı arızalarla üretim kesintiye uğrayabilir ve üretim planlama biriminin plan ve programları hazırlaması daha uzun sürer ve makine bakım biriminin bakım organizasyonunda zorluklar yaşanır. Nispeten daha az kullanılan makinelerde fazla serbest üretim kapasitesi sorunu olabilir. Bu nedenle, üretim planlamasında veya ürün geliştirmede sadece ürünlere odaklanılmadığı ve sorumluluğun sadece ürünleri yapmak olmadığı görülmektedir. İş yatırımlarına karar veren departmanlar, müşterilerin ihtiyaç ve taleplerini, alanın geleceğini ve trendlerini öngörerek gerekli yatırım planlarını yapmalıdır.

KAYNAKÇA

Akçimen, C., & Antmen, Z. F. (2019). Kısıtlar teorisinde kapasite kısıtı ve bir üretim işletmesinde uygulaması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 618-626.

Badri, S. A., Ghazanfari, M., & Shahanaghi, K. (2014). A multi-criteria decision-making approach to solve the product mix problem with interval parameters based on the theory of constraints. The international journal of advanced manufacturing technology, 70, 1073-1080.

Bhattacharya, A., Vasant, P., Sarkar, B., & Mukherjee, S. K. (2008). A fully fuzzified, intelligent theory-of-constraints product-mix decision. International Journal of Production Research, 46(3), 789-815.

Chen, J., Wang, J. Q., & Du, X. Y. (2021). Shifting bottleneck-driven TOCh for solving product mix problems. International Journal of Production Research, 59(18), 5558-5577.

Deste, M., & Karabulut, M. (2021). Doğrusal Programlama Tekniğiyle Üretim Planlama Yaklaşımı ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26(3), 247-258.

Elmas, Y. Ürün karmasının belirlenmesi için analitik ve sezgisel yöntemlerin bütünleştirilmesine dayalı bir karar destek sisteminin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi. Adana.

Linhares, A. (2009). Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product-mix decision. International Journal of Production Economics, 121(1), 121-129.

Molina, M. G. (2018). Product mix optimization at minimum supply cost of an online clothing store using linear programming. International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers, 6(3), 33-38.

Özçelik, F. (2019). Zamana dayalı faaliyet tabanlı maliyetleme ve karma tamsayılı programlama ile ürün karması kararları. Bursa Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 38(1), 59-85.

Sobreiro, V. A., & Nagano, M. S. (2012). A review and evaluation on constructive heuristics to optimise product mix based on the Theory of Constraints. International Journal of Production Research, 50(20), 5936-5948.

Stripling, E., vanden Broucke, S., Antonio, K., Baesens, B., & Snoeck, M. (2018). Profit maximizing logistic model for customer churn prediction using genetic algorithms. Swarm and Evolutionary Computation, 40, 116-130.

Taherkhani, G., Alumur, S. A., & Hosseini, M. (2021). Robust stochastic models for profit-maximizing hub location problems. Transportation Science, 55(6), 1322-1350.

INTERNATIONAL
CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL
SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Orman Yangınlarında Yanma Derinliğinin Gözleme Dayalı Yöntemler ile Değerlendirilmesi

Coşkun Okan GÜNEY[1]
Ahmet MERT[2]
Serkan GÜLSOY[3]

Öz

Son yıllarda birçok ülkede büyük orman yangınları meydana gelmekte, insanların evlerine ve yaşam alanlarına zarar verip önemli ekonomik kayıplar yaşatırken diğer yandan toprağa, bitkilere, hayvanlara, havaya ve atmosfere, su kaynaklarına da çok büyük etkileri olmaktadır. Orman yangınları sonrası yapılacak restorasyon çalışmalarının planlanabilmesi için ekosistemin yangından ne kadar zarar gördüğünün tespit edilmesi esastır. Buda yangın rejiminin en önemli bileşenlerinden olan ve yangının ekosisteme verdiği zararın derecesi olarak ifade edilen yanma derinliğinin belirlenmesi ve sınıflandırılması ile mümkündür. Yanma derinliği, yangın sonrası zararın büyüklüğünü tanımlar ve bu nedenle ekosistem bileşenlerindeki değişimin derecesini yansıtır. Yanıcı madde tüketiminin ve ölüm oranının bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Tüketilen yanıcı madde miktarı, toprak kömürleşme derecesi, ağaçların kavrulması veya kararması gibi görsel olarak değerlendirme tekniklerine dayanılarak sınıflandırılabilir. İyi bir sınıflandırma sadece yöneticilerin yangın sonrası planlamaları için fayda sağlamaz aynı zamanda araştırmacıların yangın ile ekosistem arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamalarına yardımcı olur. Bu bildiride yanma derinliğinin gözleme dayalı ölçme yöntemleri hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Ülkemizde yanma derinliği ile ilgili çalışmalar çok nadir olduğundan bu konu ile ilgili daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orman yangını, yangın ekolojisi, yangın zararı, yangın rejimi, yangın sonrası rehabilitasyon

[1] Dr., OGM, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Orman Yangınları Araştırmaları Başmühendisliği, İzmir, ORCID No: 0000-0003-4664-8024
[2] Doç. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Yönetimi Anabilim Dalı, Isparta, ORCID No: 0000-0001-6859-0308
[3] Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Toprak İlmi ve Ekolojisi Anabilim Dalı, Isparta, ORCID No: 0000-0003-2011-8324

GİRİŞ

Dünya'da büyük orman yangınları başta ABD, Kanada, Avustralya ve Akdeniz ülkeleri olmak üzere birçok ülkede sıklıkla karşılaşılan bir durum halini almıştır. Orman yangınları büyük alanları etkilemekte ve birçok canlı bundan etkilenmektedir. Ayrıca; iklim değişimindeki olumsuz gelişmeler ve dünya nüfusundaki artışlardan dolayı olası orman yangınlarının sayısında ve yanan alan miktarında artışlar olacağı beklenmektedir (Amatulli vd., 2013: 209-222; Ertuğrul, 2005: 43-50; Turco vd., 2014: 369-380). Meydana gelen bu büyük yangınlarda da yangın şiddetinin ve yangınların ekosisteme verdiği zararın artacağı tahmin edilmektedir.

Türkiye'nin özellikle Akdeniz iklimi altında bulunan kesimlerinin orman yangını açısından risk miktarı oldukça fazladır. İstatistiklerin tutulmaya başlandığı 1937 yılından 2021 yılı sonuna kadar geçen 85 yıllık dönemde ülkemizde ortalama 1401 adet yangın çıkmış olup, bu yangınlarda ortalama 21 782 hektar alan yanmıştır (Anonim, 2022). Ülkemizde özellikle 2021 yılında olağanın dışında orman yangınları meydana gelerek, Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre 2793 adet yangın çıkmış ve bunun sonucunda 139 503 ha orman alanı zarar görmüştür.

Doğada yangının rolünü daha iyi anlamak için yangınların mekânsal ve zamansal özelliklerinin, ortaya çıkışının, yayılma, davranış ve etkilerinin tanımlanması gerekmekte olup, bunun için kullanılan terim ise "yangın rejimi"dir (Archibald vd., 2013: 201211466). Yangın rejimi birçok karasal ekosistemde önemli rol oynamaktadır ve yangın rejimi özelliklerinde meydana gelen değişimler bitki örtüsünün yapısını değiştirerek, biyolojik çeşitlilik başta olmak üzere farklı ekosistem özelliklerini etkilemektedir (Bond ve Keeley, 2005: 387-394; Bowman vd., 2009: 481-484).

Son yıllarda artan mega yangınların sayısı nedeniyle toplumlarda yangın ve onun uzun vadedeki ekolojik etkileri konusu ilgi çekmeye başlamıştır. Yangınlar insanların evlerine ve yaşam alanlarına zarar verip önemli ekonomik kayıplar yaşatırken diğer yandan toprağa, bitkilere, hayvanlara, havaya ve atmosfere, su kaynaklarına da çok büyük etkileri olmaktadır. Ancak; yangının ekolojik etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için yangın sonrasında yangının ekosisteme verdiği zararın derecesi olarak ifade edilen ve yangın rejimin en önemli bileşenlerinden olan yanma derinliğinin (ing:fire severity) belirlenmesi önem arz etmektedir (Güney, 2023: 205-224).

Yanma derinliği genellikle yanıcı madde tüketiminin ve ölüm oranının bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Keeley, 2009: 116-126; Küçük, 2009). Yanma derinliği, yangın şiddetinden (ing:fire intensity) farklı olarak toprak yüzeyindeki yanmış ağaçlar ve diğer organik maddelerin ne kadarının yandığına odaklanır (Ice vd., 2004: 16-20; Parsons, 2003). Diğer bir ifade ile yanma derinliği, yangın sonrası zararın büyüklüğünü tanımlar ve bu nedenle ekosistem bileşenlerindeki değişimin derecesini yansıtır.

YÖNTEM

Organik madde tüketimi karmaşık bir süreçtir (Johnson ve Miyanishi, 2001). Derinlik, kütle yoğunluğu, ısı içeriği, mineral içeriği, nem içeriği ve rüzgâr hızının tümü, enerji salınım oranını ve toprak ısınmasını etkiler. Bu faktörler bir yangından sonra kolayca belirlenemediğinden sınıfı tutarlı bir şekilde bölmek için kullanılabilecek yanma sonrası kriterleri tanımlamak zordur. Yanma derinliğini sınıflandırmak için toprak özelliklerinin, yanıcı madde tüketiminin ve bitki materyallerinin kömürleşme derinliğinin dikkatli yangın sonrası gözlemlerine ihtiyaç vardır (Güney, 2022).

Bir yangın içindeki belirli bir alanda yanma derinliği, yanıcı madde tüketimi derecesinin görsel olarak gözlemlenmesi, yangından sonra tüketilmemiş bitki ve toprak

yüzeylerindeki kömürleşme miktarı temelinde sınıflandırılabilir (Ryan, 2002: 13-39). Yanma derinliği ile bitki materyallerinin kömürleşmesi arasındaki ilişkiler üzerine sahada uygulanabilir bir sınıflandırmayı ilk defa Ryan ve Noste (1985: 230-238) önermiştir. Daha sonra birçok araştırmacı bu konu üzerinde yoğunlaşmış (Moreno ve Oechel, 1989: 57-68; Pérez ve Moreno, 1998: 91-101) ve sonunda birçok araştırmacının günümüzde kullandığı Neary vd. (2005:1-17) 'nin özetlenmiş olduğu sınıflandırması ortaya çıkmıştır.

Bu sınıflandırma, özellikle küçük alanlarda yanma derinliğini sınıflandırmak için bir alan kılavuzu olarak kullanılmaktadır. Diğer yandan büyük alanlarda gerçekleşen yangınlarda yanma derinliğinin yersel ölçümleri çok fazla emek, zaman ve para gerektirdiğinden bazı araştırmacılar uydu görüntülerinden türetilen spektral indeksler ile yersel ölçümleri birbiriyle ilişkilendirebilmek ve yanma derinliği ölçümlerinin uzaktan algılama yolu ile yapılabilmesi için Bileşik Yanma İndeksi-BYİ (İng: Composit Burn İndex-CBI) (Key ve Benson, 2006: LA-1-55) ve Geometrik Bileşik Yanma İndeksi-GeoBYİ (Geometrically structured Composite Burn Index-GeoCBI) (De Santis ve Chuvieco, 2009: 554-562) gibi ölçüm protokolleri geliştirmişlerdir.

Ryan ve Noste (1985: 230-238) Yaklaşımı

Ryan ve Noste (1985: 230-238) ve Ryan (2002: 13-39)'nin önerdiği modifiye edilmiş matris, ağaçların bireysel olarak, örneklenen kuadratlarda veya yangın alanında toplu olarak ekolojik çalışmalar için yanma derinliği düzeyini sınıflandırmak için bir yaklaşım sağlar. Ryan ve Noste (1985: 230-238) yaklaşımı, bitkilerin hayatta kalması, rejenerasyonundaki farklılıkları yorumlamak (Willard vd., 1995: 102-110) ve yanmış alanların uydu tabanlı haritalarını sahada doğrulamak için kullanılmıştır (White vd., 1996: 125-136).

Bu yaklaşım ekosistemdeki değişimin derecesini belirleyerek yanma derinliğini yanmamış (unburned), az yanmış (light), orta derecede yanmış (moderate) ve çok yanmış (high) gibi sınıflara ayırır. Sınıflandırma yapmadan önce yangının görsel etkilerini tanımlar. Neary vd. (2005:1-17) 'e göre yanma derinliği sınıflandırmasının özelliklerinin kısa bir açıklaması aşağıda verilmiştir:

Yanmamış yanma derinliği sınıfında bitki kısımları yeşildir ve değişmemiştir. Isının direkt etkisi yoktur. Yangın ortamı (yanıcı madde, hava halleri ve arazi yapısı) değiştikçe yanmamış parçaların kapsamı yanan alanlar içinde ve arasında önemli ölçüde değişmektedir. Yanmamış parçalar birçok tür için önemli sığınaklardır ve bitişik yanmış alanların yeniden rehabilitesi için bir bitki ve hayvan kaynağıdır.

Isı iletimi nedeniyle kavrulma durumunda yangın alanı yakmaz ancak bitişik yanmakta olan alanlardan yayılan ısı gözle görülür hasara neden olur. Yapraklar kahverengileşir veya sararır ancak tür özellikleri hala tanımlanabilir. Toprağın ısınması ihmal edilebilir. Bu alanlar çoğunlukla yanmış alanların kenarlarında değişen derecelerde meydana gelir. Kenarlarda meydana geldiği için, bu sınıfın toplam alan içindeki payı tipik olarak küçüktür (Dyrness ve Norum, 1983: 879-893) ve yangın sonrası ekosistem tepkileri tipik olarak az derecede yanan alanlardakilere benzerdir.

Az yanmış ormanlarda örtüdeki döküntüler ve otsu bitkiler kömürleşerek tüketilir. Ancak alttaki organik madde veya organik toprak değişmez. 0.6 cm'ye kadar olan ince ölü dallar kömürleşir veya tüketilir. Ancak daha büyük yanmamış dallar kalır. Yerde bulunan kütükler kararabilir ancak derinden kömürleşmez. Alttaki çalıların ve ağaçların yaprakları kömürleşir veya tüketilir ancak ince dallar kalır. Az yanmış derinlik sınıfı, hafif yanıcı madde miktarları (birim alan başına kütle), şiddetli rüzgarlar, nemli yanıcı maddeler veya bu üç faktörün bir kombinasyonu nedeniyle kısa süreli yangınlarla ilişkilidir.

Orta derecede yanmış ormanlarda örtüdeki döküntü ve otsu bitkiler tüketilir. Sığ organik madde katmanları tamamen tüketilir ve mineral toprağın üst 1.2 cm'lik kısmında kömürleşme meydana gelir. Derin organik madde katmanları veya organik topraklarda

meydana geldiğinde, bunlar derinden yakılarak tamamen tüketilir. Bu da derin kömür ve kül birikintilerine neden olur. Ancak alttaki mineral toprağın dokusu ve yapısı gözle görülür şekilde değişmez. Sığ köklü ağaç türlerinin genellikle kök kısmı zarar görür veya devrilir. İnce ölü dallar tamamen tüketilir, daha büyük dallar, çürümüş kütükler çoğunlukla tüketilir ve kütükler derinden kömürleşir. Yanmış kök delikleri yaygındır. Alttaki çalı ve ağaçların yaprakları tamamen tüketilir. İnce dallar ve çalı dalları çoğunlukla tüketilir (bu etki yerden yükseldikçe azalır) ve sadece daha büyük gövdeler kalır.

Çok Yanmış ormanlarda örtüdeki döküntüler, otsu bitkiler, çalılar ve odunsu dallar tamamen tüketilir. Odun parçaları tüketilir veya derinden kömürleşir. Çürük kütükler tüketilir. Mineral toprağın üst tabakası gözle görülür şekilde oksitlenmiştir, kırmızımsı veya sarıdır. Toprak dokusu değişir ve aşırı durumlarda parçacıkların kaynaşması meydana gelir. Yüzeyin altında değişken derinliklerde 1-2 cm kalınlığında siyah bir kömürleşmiş organik madde bandı oluşur. Bu bandın derinliği aşırı ısınma süresi ile artar. Derin yanma durumunda dip köklerin uzun süre yanmasıyla kök çukurları oluşur. Derin organik topraklara sahip alanlarda, toprak yangınları köklere zarar verebilir. Ağaçlar genellikle yangının geldiği yönde ve uzun süre yandığı cepheye doğru devrilir (Hungerford vd., 1995: 78-91).

Yanma derinliği sürekli olarak değişir ve sınıf sınırlarında bir miktar belirsizlik vardır. Orta derecede yanma derinliği sınıfı geniş bir sınıftır. Bazı araştırmacılar sınıfı iki sınıfa ayırmayı seçmiştir (Morgan ve Neuenschwander, 1988: 5-9). Orta sınıfı bölmek için en yaygın kriter, organik maddenin sığ veya derin olmasıdır. Sığ bir katmanın tamamen tüketilmesinden kaynaklı etkiler, derin bir katmanın kısmi tüketiminin etkilerinden daha şiddetli olabilir. Örneğin, 30 cm bir organik madde tabakasının 20 cm tüketimi, 10 cm bir organik maddenin tam tüketiminden daha fazla yanıcı madde tüketimini, duman üretimini, enerji salınımını ve besin salınımını temsil eder. Ancak organik madde iyi bir yalıtkan olduğundan, ısı etkileri organik madde yanma sınırında 1-2 cm'yi geçmez. Buna karşılık, 10 cm katmanın tamamen tüketilmesinin, üç ila beş kat daha fazla derinlikte benzer termal etkilere sahip olması beklenebilir.

Bileşik yanma indeksi (BYİ)

Yanma derinliği ölçümleri Key ve Benson (2006: LA-1-55)'nın ortaya koyduğu yanma derinliği bileşik yanma indeksi (BYİ) ölçüm karneleri ile 15 m yarıçapa sahip daire şeklindeki 707 m^2'lik bir alanda gözleme dayalı olarak yapılmaktadır. Bu ölçümler yapılırken geliştirilen bileşik yanma indeksi ölçüm protokollerine uyulmaktadır. Özellikle farklı yanma etkilerinin gözlemlendiği ve farklı yanıcı madde özelliklerine sahip alanlardan örnekleme yapılır. Bunun amacı bütün yanıcı madde ve yangın tiplerinin oluşturduğu farklı yanma derinliği sınıflarını tanımlamaktır.

Bileşik yanma indeksi (BYİ) ölçüm tekniği, ormanı 5 tabakaya ayırır ve gözleme dayalı 0-3 arasında bir zarar derecelendirmesi yaparak veri toplar. BYİ, tüketilen yanıcı madde miktarı, toprak kömürleşme derecesi, ağaçların kavrulması veya kararması gibi görsel olarak değerlendirme tekniklerine dayanır (Key ve Benson, 2006: LA-1-55; Van Wagtendonk vd., 2004: 397-408). BYİ, yangın sonrası uydu görüntülerinden türetilen spektral indekslerin alan bazlı geçerliliğini teyit etmek için tasarlanmıştır (Lentile vd., 2006: 319-345).

Örnek alana gidildiğinde merkezinde el GPS'i ile en az 5-10 dk bekledikten sonra koordinat değerleri kaydedilir ve GPS'in minimum hata payı not edilir. Ormanda bulunan her tabaka ayrı ayrı değerlendirilerek 0 ile 3 arasında puanlama yapılır, gözlem değerleri karnelere girilir. Eğer BYİ karnesinde bulunan 5 tabakadan herhangi biri bulunmuyorsa, o tabaka için ölçü karnesi boş bırakılır ve değerlendirmeye alınmaz. Verilen puanlar genellikle alanın yanmamış hali ile yanmış hali arasındaki değişim derecesini yani tüketilen yanıcı madde oranını yansıtmaktadır. Her tabaka için puanlama yapıldıktan sonra var olan tabakaların

puanları toplanır ve tabaka sayısına bölünerek o örnek alan için ortalama bir BYİ puanı hesaplanmış olur.

Çalışmada her örnek saha merkezi, en az yarısı içerisine girecek şekilde ve her tabaka ayrı ayrı fotoğraflanarak kayıt altına alınmalıdır. Her örnek alanın fotoğraflarının numaraları örnek karnesine kaydedilir. Diğer yandan her tabaka kendine özgü yanıcılık özelliklerine sahip olabilmekte ve yangın etkileri güçlü bir şekilde farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle tabakalar arasında kesin sınırlar tespit edilemeyen yerlerde birbirine yakın olan tabakalar tek bir tabaka gibi değerlendirilmelidir.

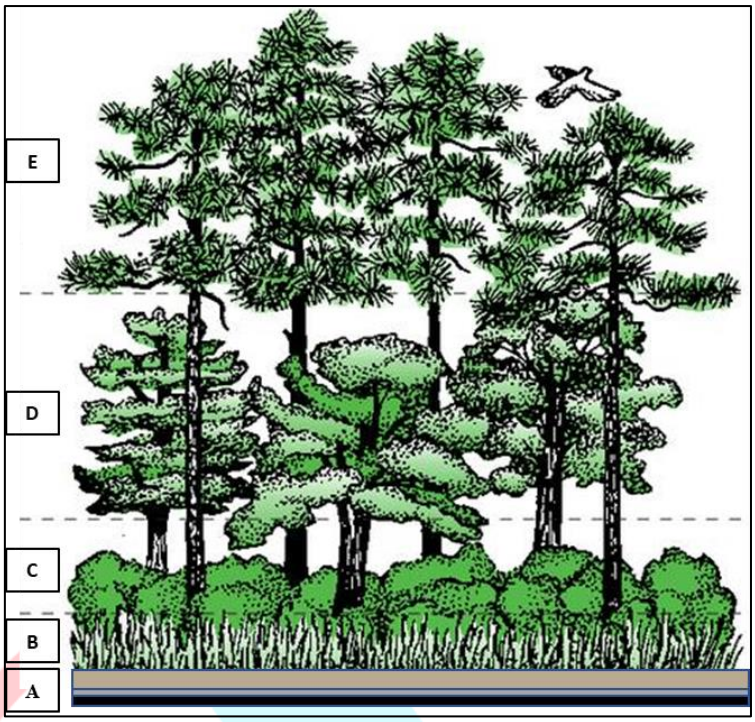
Örtü tabakasında (A) toprak, organik madde ve döküntüde gözlemler yapılır. Öncelikle inceleme yapılan alanın tamamının yanıp yanmadığına bakılır. Daha sonra yüzeydeki taşlılık ve anakaya oranı not edilir. Bu ilk gözlemlerin ardından, yanıcı madde tüketim oranı ile ilgili gözlemlere geçilir. Bu bölümde 5 ayrı değerlendirme kriteri vardır. İlki yapraklar ve ince odunsu malzemeyi içeren döküntü miktarı ve hafif yanıcı maddeler üzerindeki yangının tüketim miktarıdır. Örtüde bulunan 7.9 cm kalınlığa kadar olan odunsu yanıcı maddelerde tüketim miktarına bakılır. Yangın sonrası dökülen yapraklar değerlendirmeye alınmaz. Ardından örtüde diğer derecelendirme faktörleri olan humus/organik madde, orta ağırlıktaki yanıcı madde (8-20 cm kalınlığında), kalın ağır yanıcı maddeler (>20cm), toprak/anakaya renk değişiminde meydana gelen etkiler kontrol edilir.

Otlar, küçük çalılar ve boyu 1 metreden küçük olan ağaçlar (B) ikinci tabakayı oluşturmaktadır. Bu tabakada ise iki derecelendirme faktörü vardır. Bunlardan ilki bu tabakada bulunan bitkilerin yapraklarında meydana gelen değişimdir. Bu değişim ya yaprakların kavrularak yeşilden kahverengiye dönmesiyle oluşur veya tamamen tüketilmesiyle kendini gösterir. Diğer faktör ise yangından sonra bu tabakada yaşayan bitki yüzdesidir. Yangının bu tabakada var olan bitkinin yaşayan yüzdesi kayıt altına alınır.

Üçüncü tabakayı yüksek çalılar ve boyu 1-5 m arasında olan ağaçlar (C) oluşturur. Bu tabakada ise 3 derecelendirme faktörü bulunur. Bunlar yapraklarda meydana gelen değişim, yaşayan bitki yüzdesi ve örtüde meydana gelen değişimdir. Ağaçların tepe taçlarında bulunan yaprakların kahverengiye dönüşmesi veya tamamen tüketilmesi durumuna bakılır. Ayrıca, bu tabakada yangından sonra yaşayan bitki yüzdesi de gözlemlenir. Son olarak ise bu tabakada bulunan bitkilerin yangından önceki bulunma yüzdelerinin yangından sonra ne kadar değiştiğine bakılır.

Dördüncü tabaka orta boylu ağaçlar (tepe altı, ince direklik çağındaki ağaçlar) (D), beşinci tabakada büyük ağaçlar (üst tepe, baskın ve baskın ile beraber olan ağaçlar) (E) tabakasıdır. Bu iki tabakada ağaçların tepe taçlarında bulunan yaprakların zarar görme durumu üç kategoriye ayrılarak değerlendirilir. Yaprakların ne kadarının yeşil kaldığı ya da kahverengine dönüşüp dönüşmediği veya tüketilip tüketilmediğine bakılır. Ağaçların tepe taçlarında yaprakların zarar görme durumu ölçülürken kavrulmadan dolayı kahverengiye dönüşmüş, yeşil kalmış ve tamamen tüketilmiş yaprakların toplamı %100 olacak şekilde ölçüm yapılır. Bu tabakalarda diğer bir derecelendirme faktörü ağaçların tepe taçlarının ne kadarının ölüp ne kadarının yaşadığının ölçülmesidir. Ek olarak da tüm ağaçların gövdelerindeki kömürleşme yüksekliği ortalama olarak ölçülür. Bileşik yanma indeksi ölçümü yapılan orman tabakaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Önek alanda yapılan örneğin yangın tipi (örtü veya tepe), her tabakada bulunan baskın türler, genel yanıcı madde özellikleri, böcek arız olup olmadığı gibi diğer gözlemler tespit edildiyse not bölümüne ayrıca kaydedilir.



Şekil 1. Bileşik yanma indeksi ölçümü yapılan orman tabakaları (Moorman ve Hamilton, 2022)

Geometrik bileşik yanma indeksi

De Santis ve Chuvieco (2009: 554-562), bileşik yanma indeksinin (BYİ) tutarsız olduğunu ve bazı ekosistemlerde iyi çalıştığını ama bazı ekosistemlerde iyi çalışmadığını öne sürmüş ve yaptıkları çalışmada BYİ'ın değiştirilmiş bir versiyonu olan GeoBYİ'ı önermişlerdir. Bu sayede farklı yanma derinliği sınıflarına karşılık gelen uydu görüntülerinin yansıma değerlerinin BYİ'e göre daha tutarlı bir şekilde ifade ettiğini belirtmişlerdir.

GeoBYİ'nin BYİ'dan farkı gözlem yapılan farklı bitki tabakalarını ağırlıklandırmasıdır. Yani tabaka başına bitki örtüsü kaplama oranını dikkate almasıdır. İki ölçüm karnesi arasında derecelendirme faktörleri açısından bazı farklar vardır. Bunlardan ilki C katmanında örtüde meydana gelen değişimin yerine yaprak alan indeksinin kullanılmasıdır. Diğeri de D ve E katmanlarında ağaçların tepe taçlarında bulunan yaprakların kahverengiye dönüşmesi veya tüketilmesi faktörlerini GeoBYİ birleştirerek tek bir derecelendirme faktörü olarak ele almıştır. Buna ek olarak ta yaprak alan indeksi bir derecelendirme faktörü olarak eklenmiştir. Ayrıca, GeoBYİ'de her tabaka için bitki örtüsü kaplama oranı ölçülür. Bu değişikliklerin dışında ölçüm tekniği ve karnesi açısından GeoBYİ ile BYİ arasında başka bir fark yoktur.

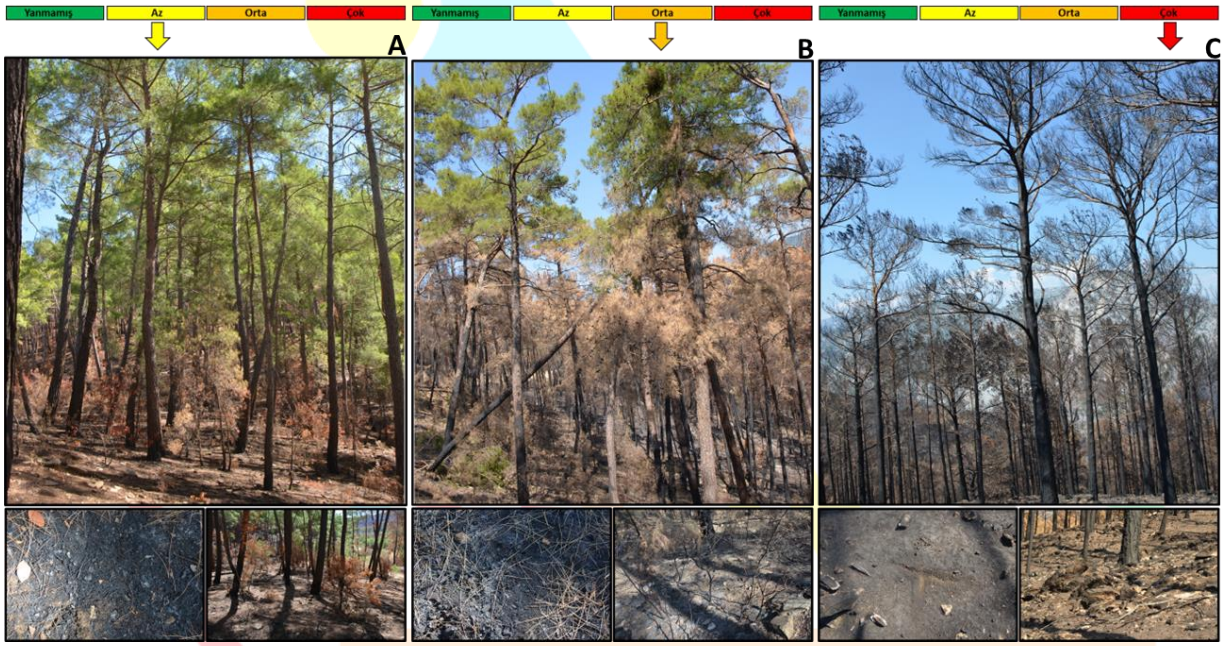
Yanma Derinliği Sınıfları

Yanma derinliği sınıflarını belirlerken genellikle Miller vd. (2009: 645-656)'ın yapmış olduğu sınıflandırma eşikleri kullanılır (Tablo 1). Hem BYİ için hem de GeoBYİ için aynı eşikler kullanılır. Ancak bu eşikler genel eşik değerleridir. Özel olarak bir türü içeren bir ormanda veya vejetasyon türünde ayrı eşik değerleri belirlenebilir. Orta derece yanmış yanma derinliği sınıfı genel olarak geniş bir sınıftır ve bazı araştırmacılar bu sınıfı ikiye ayırmıştır (Key ve Benson, 2006: LA-1-55).

Tablo 1. Yanma derinliği sınıfları (Miller vd., 2009: 645-656)

Yanma Derinliği Sınıflandırması		
Yanmamış	$0 \leq$ BYİ < 0.1	$0 \leq$ GeoBYİ < 0.1
Az Yanmış	$0.1 \leq$ BYİ < 1.25	$0.1 \leq$ GeBYİ < 1.25
Orta Derecede Yanmış	$1.25 <$ BYİ ≤ 2.25	$1.25 <$ GeoBYİ ≤ 2.25
Çok Yanmış	$2.25 <$ BYİ ≤ 3.00	$2.25 <$ GeoBYİ ≤ 3.00

2021 yılında Antalya-Manavgat'ta meydana gelen ve Türkiye'nin en büyük yangını olarak tarihe geçen orman yangınında farklı noktalardaki Çzcd3 meşcerelerinde yanma derinliği sınıfları Şekil 2'de görülmektedir. Burada BYİ ve GeoBYİ ölçümlerine göre sınıflandırılmış sahalarda az yanmış, orta derecede yanmış ve çok yanmış yanma derinliğine sahip üç farklı obje görünmektedir.



Şekil 2. 2021 yılında meydana gelen Antalya-Manavgat yangında farklı noktalardaki Çzcd3 meşcerelerinin yanma derinliği sınıfları A) Az yanmış BYİ: 0.79 GeoBYİ: 0.38, B) Orta derecede yanmış BYİ: 1.69 GeoBYİ: 1.36, C) Çok yanmış BYİ: 3.00 GeoBYİ: 3.00

SONUÇ

Orman yangınları tarih boyunca belirli aralıklarla meydana gelen ve ekosistemlerin şekillenmesinde önemli rolü olan bir güç olarak görülmektedir. Meydana gelen orman yangınlarından sonra yöneticiler tarafından sahanın restorasyonu için stratejiler belirlenmelidir. Yöneticiler bu stratejileri belirleyebilmek için ormanın yangından ne kadar zarar gördüğünü iyi bir şekilde belirlemeli ve sınıflandırmalıdırlar. Yangın sonrası ekosistemin ne kadar zarar gördüğünün tespiti, sahada toprak ve suyun korunması, yaban hayatı ve nesli tükenmekte olan türlerin korunması, biyolojik çeşitliliğin devamlılığının sağlanması ve yangın sonrasında uygulanacak silvikültürel tedbirlerin belirlenmesi gibi konularda yapılacak planlamaların temel altlığını oluşturmaktadır. Yanma derinliğinin belirlenmesi ile yangın sonrasında daha iyi bir koruma ve planlama uygulamalarının yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu bildiri "Uydu görüntülerinden türetilen spektral indeksler kullanılarak orman ekosistemlerinde yanma derinliğinin tahmin edilmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir. Ayrıca, Orman Genel Müdürlüğü'nün "Antalya bölgesi orman ekosistemlerinde yangın rejiminin sınıflandırılması ve iklim değişim senaryolarına göre modellenmesi" isimli araştırma projesi ile desteklenmiştir (Proje numarası: 19.9402/2020-2023). Bu yüzden Orman Genel Müdürlüğü'ne ve projenin yürütüldüğü Antalya Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

Anonim (2022). 1937-2021 Yangın İstatistikleri, Ankara, Orman Genel Müdürlüğü.

Amatulli, G., Camia, A., & San-Miguel-Ayanz, J. (2013). Estimating future burned areas under changing climate in the EU-Mediterranean countries. *Science of the Total Environment*, *450*, 209-222. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.014

Archibald, S., Lehmann, C. E., Gómez-Dans, J. L., & Bradstock, R. A. (2013). Defining pyromes and global syndromes of fire regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201211466.

Bond, W. J., & Keeley, J. E. (2005). Fire as a global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, *20*(7), 387-394. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.04.025

Bowman, D. M., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J. M., Cochrane, M. A., D'Antonio, C. M., DeFries, R. S., Doyle, J. C., & Harrison, S. P. (2009). Fire in the Earth system. *Science*, *324*(5926), 481-484. https://doi.org/10.1126/science.1163886

De Santis, A., & Chuvieco, E. (2009). GeoCBI: a modified version of the Composite Burn Index for the initial assessment of the short-term burn severity from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, *113*(3), 554-562. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.10.011

Dyrness, C. T., & Norum, R. A. (1983). The effects of experimental fires on black spruce forest floors in interior Alaska. *Canadian Journal of Forest Research*, *13*(5), 879-893. https://doi.org/10.1139/x83-118

Ertuğrul, M. (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *7*(7), 43-50.

Güney, C. O. (2022). *Uydu Görüntülerinden Türetilen Spektral İndeksler Kullanılarak Orman Ekosistemlerinde Yanma Derinliğinin Tahmin Edilmesi* (Doktora Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Orman Mühendisliği)

Güney, C. O., Mert, A., ve Gülsoy, S. (2023). Orman Yangınları Sonrası Ekosistem Tabanlı Planlamaya Doğru: Yanma Derinliğinin Sınıflandırılması. *Afet ve Risk Dergisi*, *6*(1), 205-224. https://doi.org/10.35341//afet.1197031

Hungerford, R. D., Frandsen, W. H., & Ryan, K. C. (1995). Ignition and burning characteristics of organic soils. Proceedings of the Tall Timbers Fire Egology Conference, Tallahassee.

Ice, G., Neary, D., & Adams, P. (2004). Effects of Wildfire on Soils and Watershed Processes. *Journal of Forestry*, *102*, 16-20. https://doi.org/10.1093/jof/102.6.16

Johnson, E. A., & Miyanishi, K. (2001). *Forest Fires: Behavior and Ecological Effects*.Canada Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-123-86660-8.X5000-4

Keeley, J. E. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, *18*(1), 116-126. https://doi.org/10.1071/WF07049

Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape assessment (LA). In D. C. Lutes (Ed.), *FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system* (Vol. 164, pp. LA-1-55). US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. https://doi.org/10.2737/RMRS-GTR-164

Küçük, Ö. (2009). Yangın Ekolojisi. I.Orman Yangınları ile Mücadele Sempozyumu, 07-10 Ocak 2009, Antalya.

Lentile, L. B., Holden, Z. A., Smith, A. M., Falkowski, M. J., Hudak, A. T., Morgan, P., Lewis, S. A., Gessler, P. E., & Benson, N. C. (2006). Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, *15*(3), 319-345. https://doi.org/10.1071/WF05097

Miller, J. D., Knapp, E. E., Key, C. H., Skinner, C. N., Isbell, C. J., Creasy, R. M., & Sherlock, J. W. (2009). Calibration and validation of the relative differenced Normalized Burn Ratio (RdNBR) to three measures of fire severity in the Sierra Nevada and Klamath Mountains, California, USA. *Remote Sensing of Environment*, *113*(3), 645-656. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.11.009

Moorman, C., & Hamilton, R. (2022). *Developing Wildlife-Friendly Pine Plantations*. NC State Extension Publications. Retrieved 25.10.2022 from https://content.ces.ncsu.edu/developing-wildlife-friendly-pine-plantations

Moreno, J. M., & Oechel, W. C. (1989). A simple method for estimating fire intensity after a burn in California chaparral. *Adenostoma fasciculatum; Mediterranean-type ecosystems. Acta Oecologica Oecologia Plantarum (France). 10*(1), 57-68.

Morgan, P., & Neuenschwander, L. F. (1988). Shrub response to high and low severity burns following clearcutting in northern Idaho. *Western Journal of Applied Forestry*, *3*(1), 5-9.

Neary, D. G., Ryan, K. C., & DeBano, L. F. (2005). *Wildland Fire in Ecosystems: Effects of Fire on Soils and Water, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 4. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.*

Parsons, A. (2003). Burned Area Emergency Rehabilitation (BAER) soil burn severity definitions and mapping guidelines Draft. *USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula*.

Pérez, B., & Moreno, J. M. (1998). Methods for quantifying fire severity in shrubland-fires. *Plant Ecology*, *139*(1), 91-101.

Ryan, K. C. (2002). Dynamic interactions between forest structure and fire behavior in boreal ecosystems. *Silva Fennica*, *36*(1), 13-39. https://doi.org/10.14214/sf.548

Ryan, K. C., & Noste, N. V. (1985). *Evaluating prescribed fires, in: JE Lotan et al.(tech. coor), Proceedings - Symposium and Workshop on Wilderness Fire, USDA Forest Service Intermountain Forest and Range Experiement Station, General Technical Report INT-182.Utah State University* 230-238s.

Turco, M., Llasat, M.-C., von Hardenberg, J., & Provenzale, A. (2014). Climate change impacts on wildfires in a Mediterranean environment. *Climatic Change*, *125*(3-4), 369-380. https://doi.org/10.1007/s10584-014-1183-3

Van Wagtendonk, J. W., Root, R. R., & Key, C. H. (2004). Comparison of AVIRIS and Landsat ETM+ detection capabilities for burn severity. *Remote Sensing of Environment*, *92*(3), 397-408. https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.12.015

White, J. D., Ryan, K. C., Key, C. C., & Running, S. W. (1996). Remote sensing of forest fire severity and vegetation recovery. *International Journal of Wildland Fire*, *6*(3), 125-136.

Willard, E. E., Wakimoto, R. H., & Ryan, K. C. (1995). Vegetation Recovery in Sedge Meadow Communities Within The Red Bench Fire, Glacier National Park. Fire in wetlands: a management perspective. Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference, No. 19., Tall Timbers Research Station, Tallahassee, FL.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

A Mini Review on Effects of Some Ecological Natural Dyestuffs and Dyeing Process Parameters on Dyeing of Cotton Fabrics

Ömer Fırat TURŞUCULAR[1]

Abstract

In this study included the effects of natural dyestuffs obtained from some natural sources such as plant, animal and mineral-based, their pre-treatment processes and their dyeing process parameters on their dyeing performances of various cotton fabrics and developments in their environmental approaches as theoretical results from obtained experimental results were investigated. In conclusion that enzymatic natural dyestuffs have fast dye adsorption kinetics and shorten the dyeing process. In addition, they provide higher adsorption than the untreated samples. The fabric type of cotton fabric in reactive dyeing processes needs changes in cotton dyeing process parameters. The temperature, time, and pH can be varied according to the type and concentration of chemicals, types of cotton fabrics (woven and knitted), and the desired color tones in the cotton dyeing process. Natural dyestuffs have many health, economic and environmental advantages over synthetic dyestuffs. Natural dyestuffs have a mordant effect, reduce the amount of salt, are abundantly available, are environmentally friendly, healthy, reduce water consumption, have a slight improvement in mechanical properties, and dimensional stability, have a low color change in wastewater after dyeing, and have an economic contribution.

Keywords: Environmentally friendly natural dyestuffs, Environmental approaches, Cotton dyeing, Pre-treatment effect, Concentration effect, Fastness values

[1] PhD. Candidate, Bursa Uludağ University, Textile Engineering, Orcıd: 0000-0003-1162-0742

1. INTRODUCTION

The dyeing process has been investigated as an important subject both theoretically and experimentally throughout the history of humanity. Nowadays, researches on biodegradable, environmentally friendly, and sustainable natural dyestuffs has become widespread. Alternative dyeing processes and especially natural dyestuffs have been preferred over synthetic-based dyestuffs due to their being biodegradable, environmentally friendly, sustainable, requiring low water, and low energy consumption, and can cause non-toxic, non-carcinogenic, and non-allergic reactions. In addition, the classification of dyestuffs is azoic dyes, sulfur dyes, vat dyes, solubilized vat dyes, reactive dyes, disperse dyes, and pigment. **(**Choudhurya, 2018: 145-176**).** When ecological approaches are examined that water quantity, water quality, water pollution, use of toxic chemicals, atmospheric emissions, and high energy consumption have an effect on cotton dyeing performances. The basic components of the dyeing process depend on the yarn or fabric to be dyed, the type of dyestuff, various auxiliary chemicals, and dyeing techniques. The dyeing technique varies due to the raw material used, dyeing class, textile structures, and equipment. Dyeing in textiles can be applied to the fiber, yarn, fabric, non-woven surfaces, or finished products that have undergone garment processing. The dyeing process is dominant in fabrics and is very effective in fibers or yarn. It is known that natural dyestuffs can be obtained from a wide variety of sources. They can be obtained from plant, animal, mineral, or microbial structures. Pre-treatment processes should be applied depending on various auxiliary chemicals, and process parameters, especially in products made from natural fibers such as cotton. Desizing, hydrophilizing, mercerization, and bleaching processes are required. **(**Lara., Cabral., and Cunha, 2022: 1-17**).** There are 3 elements of environmentally friendly and reduce environmental pollution 1) the development of new and less polluting technologies, 2) the effective treatment of wastewater to comply with specified discharge requirements, and 3) the recycling and repeated use of waste materials (various chemicals in dyeing process) if possible. **(**Babu., Parande., Raghu, and Kumar., 2007: 141-153**).** An optimization study was carried out on dyestuffs for various color tones based on laccase-catalyzed in cotton knitted fabrics. Optimum conditions for them thanks to their experimental results are 1 g/L laccase enzyme, pH 5, 8 mmol/L precursor, 80°C, and 4 hours for yellow color. It was 1 g/L enzyme, 4 mmol/L precursors, 25°C, 1 hour for red color. It was 0.1 g/L enzyme, 8 mmol/L precursors, 60°C for 1 hour for lilac color. It was 1 g/L enzyme, 8 mmol/L precursors, 60°C for 3 hours for brown color. **(**Atav., Buğdaycı., Bozkurt., Yıldız., Güneş., and Yakın, 2022: 2980–3015**).** Two-stage ultrasonic dyeing of cotton and silk fabrics with 3 different natural dyestuffs was carried out. Terminalia arjuna, Punica granatum, and Rheum emodi natural dyestuffs were first complexed with tannic acid for the pre-treatment process. This was found to be comparable to one-step simultaneous staining. Protease-amylase, diastase, and lipase which had the activity of three enzymes were determined. The enzymatic treatment provided fast dye adsorption kinetics to cotton and silk fabrics. They had also higher adsorption for all three dyestuffs than unpretreated samples, too thanks to CIELab values improved by enzymatic processing. The combination method developed with dyestuffs with tannic acid enzymes was an environmentally harmless alternative to natural dyestuffs with metal mordant and was a "soft chemical". **(**Vankar., Shanker., and Verma., 2007: 1441-1450**).** Nowadays, it has been focused on shortening the processing time, shortening the process steps, and reducing water, and energy consumption. **(**Harane., Mehra., Tayade., and Adivarekar, 2014: 1-10**).** The environmental mordant effect of 4 different natural dyestuffs on cotton woven fabrics was investigated experimentally in both acidic and basic environments. An aluminum tannate complex was developed as a mordant. Fastness, washing, rubbing, perspiration, and light fastness were observed to be excellent from experimental results. In addition, the most effective, and most economical effects were observed at 95 ◦C. **(**Mahangade., Varadarajan.,

Verma., and Bosco, 2009: 279-282**).** The dyeing process diagram in this study for cotton fabrics has been presented in Fig. 1. **(**Rosa., Tambourgi., Santana., Araujo, Ming., and Trindade, 2014: 1009-1017**).**

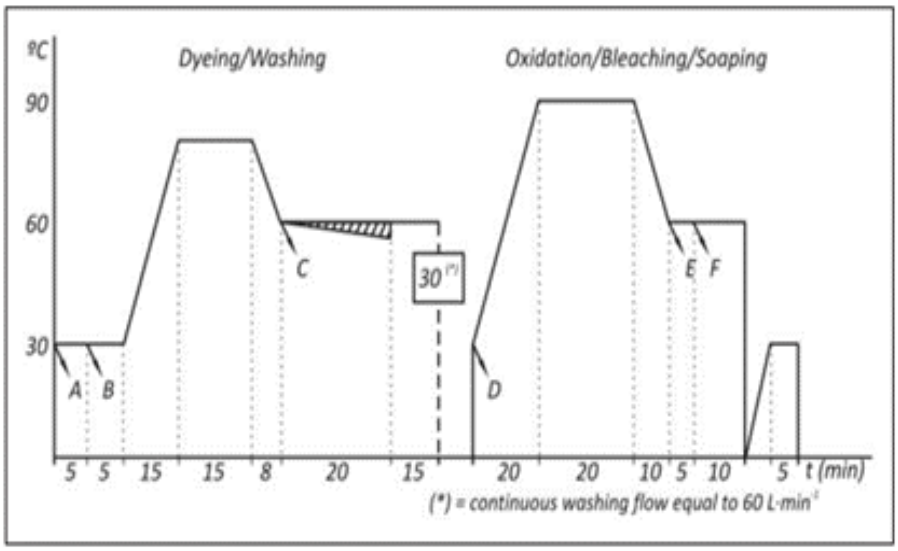


Fig. 1. *The dyeing process diagram in this study for cotton fabrics* ***(****Rosa., Tambourgi., Santana., Araujo, Ming., and Trindade, 2014: 1009-1017****).***

The vat dyestuffs had a lower ecological effect than the reactive dyestuffs in dyeing the three comparative shades. Similar or better results emerged for all three conditions. The electrical energy was 25% lower in the dyeing process, 35% lower for each of the thermal energy, and water consumption, the dyeing cost was low and the fastness properties were good. (Except rubbing fastness). The color change for wastewater in the boat after dyeing was less light so it was more environmentally, and eco-friendly. Vat dyestuffs can be used to color cotton in order to reduce its environmental impact. The dyeing with Vat dyes required slightly more care due to the number of variables than dyeing with reactive dyes. **(**Rosa., Tambourgi., Santana., Araujo, Ming., and Trindade, 2014: 1009-1017**).** Pestle and mortar, mordanting, dyeing pans, stirring roads, thermometers, measuring jugs, storage containers, plastic bowls, buckets, strainers, weighing scales, and protecting equipment are used as equipment in dyeing processes. Mordant chemical increases various fastness values of the final product after dyeing. Some mordant chemicals are used like these alum, tartar, iron (ferrous sulfate), tin (stannous chloride), chrome (bichromate of potash), copper sulfate, tannic acid, and oxalic acid for cotton dyeing processes. **(**Ado., Yahaya., Kwalli., and Abdulkadir, 2014: 76-81**).**

Dyestuffs obtained from natural sources have emerged as an important alternative to synthetic dyestuffs. Environmentally, eco-friendly, non-toxic, sustainable, renewable natural dyestuffs and pigments are used in coloring foods. Substrate, leather, wood, natural fibers, and fabrics have been constantly dyed since the beginning of human history. **(**Budeanu., Curteza and Doru, 2014: 290-298**).** The process parameters applied in an experimental study on bleached cotton woven fabrics have been presented in Fig. 2. **(**Tutak., and Korkmaz, 2012: 51-59**).**

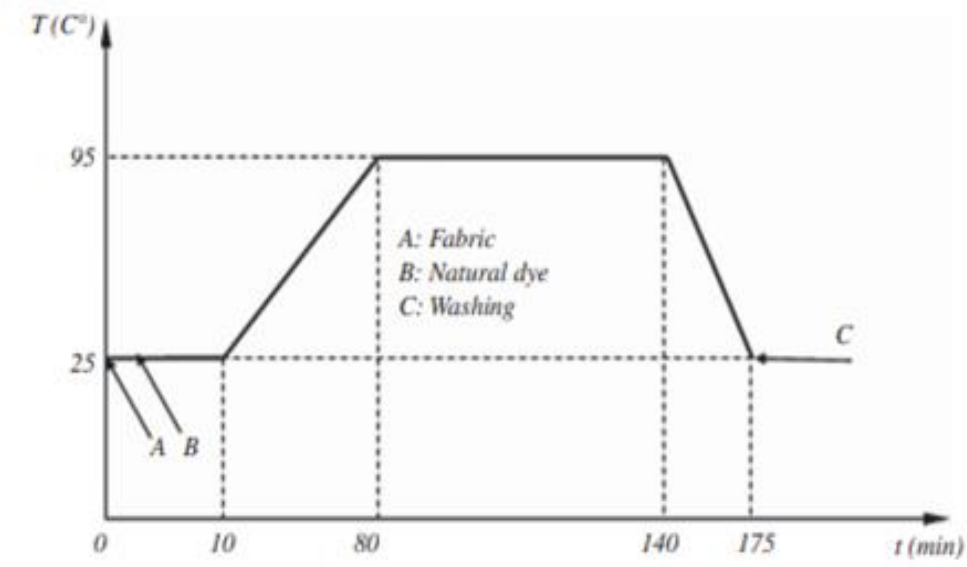


Fig. 2. *The process parameters applied in an experimental study on bleached cotton woven fabrics* ***(****Tutak., and Korkmaz, 2012: 51-59****).***

The cotton woven fabrics dyed with natural dyestuffs were such as madder root, walnut shell, henna, horse chestnut, pomegranate peel, berberis vulgaris root, thyme, and sage tea can be dyed with suitable mordant so that the mordant used changed their color strength depending on the natural dye, creates medium/high values in washing fastnesses, while its friction fastness was high in dry form, it was medium/high in wet form. **(**Tutak., and Korkmaz, 2012: 51-59**).** Cotton fabrics with pre-treated chitosan included that chitosan provided the formation of reactive bonds in the reactive dyeing process owing to its amino (-NH_2) groups and increased bond strength. It didn't affect color strength, washing fastness, or color change. The dyeing process parameters were applied for 30 minutes in an alkaline environment at 90 ◦C. They were dried and fixed at 70 ◦C for 60 minutes. Some performance effects of salt used in cotton fabrics were the elimination of salts, and electrolytes, maximum fixation of dyes, minimum hydrolysis of dyes, low volume of water requirement during the wash-off process, to increase the reactivity of reactive dyes, increase in the wash fastness and rubbing fastness of pre-treated samples, to increase the fabric crease recovery, and flexural rigidity was environmentally friendly, and significant savings in process costs. **(**Singha., Maity., and Singha, 2012: 69-77**).** An experimental study on cotton fabrics included that the fiber-reactive dyestuffs were very suitable and common for cellulosic clothing because they were environmentally friendly.

They had also to be safe and have good fastness values. The salt concentration should be high. The salt released from clothing dyeing increased the salinity in the drainage water flow so that had a negative impact on the environmental ecology. **(**Chattopadhyay., Chavan., and Sharma, 2007: 99-108**).** An experimental study with bleached cotton fabrics included that the covalent bond of red and blue monochrome-s-triazine dyestuffs was mostly stable at pH 10 and 60°C. At 85 °C the same solution was stable for 60 minutes. Their stability was excellent at 60 °C in pH 10 and 12 dyeing solutions with bis(monochloride-s-triazine) dyestuffs. Bis(mono¯uoro-s-triazine) dyestuffs were used on cellulosic dyeing. They were extremely stable at pH 10 and 12 at 60 °C and 85 °C. They destabilized the bond at 98 °C and pH 10 conditions. More hydrolysis occurred after 98 °C and pH 12. **(**Gorenšek, 1999: 225-233**).** The dyeing process diagram in the experimental study for cotton fabrics has been presented in Fig. 3. **(**Ticha., Meksi., Drira., Kechida., and Mhenni, 2013: 350–358**).**

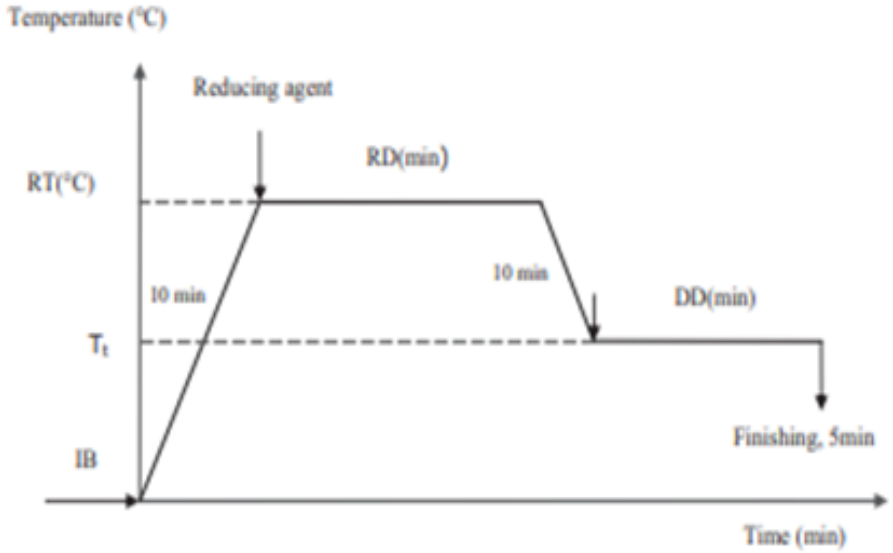


Fig. 3. The dyeing process diagram in the experimental study for cotton fabrics (Ticha., Meksi., Drira., Kechida., and Mhenni, 2013: 350–358).

An experimental study on cationized cotton fabrics included that a new exhaustion indigo dyeing process was developed for the dyeing process of cotton fibers, which provided the best dyeing bath fatigue, dyeing qualities, and fastnesses. The optimization for this experimental study was that the maximum fastness values can be observed owing to the temperature of 87.52 ◦C, dyeing time of 106.36 min, and the use of a Sera fast GMX ionizing agent at a rate of 14.94%. **(**Ticha., Meksi., Drira., Kechida., and Mhenni, 2013: 350–358**).** Effective parameters in cotton yarn dyeing processes are like these yarn count, twist per inch, twist direction, strength, type (open-end or ring-spun, combed or carded), elongation at break, moisture content, hairiness/pilling characteristics, uniformity/variation, impurities/foreign matter, composition, single or ply, color/shade, dyeability, 'Classimat' majors. **(**Shamey., and Hussein, 2005: 1-84**).**

2. CONCLUSION

-Nowadays, it includes experimental studies aimed at shortening the processing time, shortening the process steps, and reducing water and energy consumption for cotton dyeing processes.

-There are 3 elements of environmentally friendly, and reduce environmental pollution 1) the development of new and less polluting technologies, 2) the effective treatment of wastewater to comply with specified discharge requirements, and 3) the recycling and repeated use of waste materials (various dyeing process chemicals) if possible.

-When environmental approaches are considered, it has been concluded that enzymatic dyestuffs are the most effective dyestuffs and are effective in acidic environments (Generally; pH 5 at 60 ◦C - 80 ◦C for between 1 hour and 4 hours (according to color types and tones)).

-Many consumables are required for the cotton dyeing process.

-Enzymatic natural dyestuffs have fast dye adsorption kinetics and shorten the dyeing process.

-In addition, they provide higher adsorption than the untreated samples.

-The fabric type of cotton fabric in reactive dyeing processes needs changes in cotton dyeing process parameters.

-The temperature, time, and pH can be varied according to the type and concentration of chemicals, types of cotton fabrics (woven and knitted), and the desired color tones in the cotton dyeing process.

-Natural dyestuffs have many health, economic and environmental advantages over synthetic dyestuffs.

-Natural dyestuffs have a mordant effect, reduce the amount of salt, are abundantly available, are environmentally friendly, healthy, reduce water consumption, have a slight improvement in mechanical properties and dimensional stability, have a low color change in wastewater after dyeing, and have an economic contribution.

-Effective parameters in cotton yarn dyeing processes are like these yarn count, twist per inch, twist direction, strength, type (open-end or ring-spun, combed or carded), elongation at break, moisture content, hairiness/pilling characteristics, uniformity/variation, impurities/foreign matter, composition, single or ply, color/shade, dyeability, 'Classimat' majors.

-Pre-treatment processes are effective in cotton fabrics and dyestuff uptake is more effective in hydrophilized and especially cationized cotton fabrics so high fastness values are observed in various fastness values.

-Cotton fabrics have high fastness values in the alkali medium (pH 10 - 12) in conventional dyeing processes.

-Salt has a maximum affinity and minimum hydrolysis effect on the cotton dyeing process.

3. NEXT FUTURE STUDIES

-The search for natural dyestuffs suitable for the cotton dyeing process, experimental optimization studies, and the optimization results of the dyeing process should be determined experimentally.

-Optimization of cotton dyeing process parameters such as temperature, time, and pH should be continued to optimize due to some technical dyeing process parameters like these that the dyeing chemicals used according to the fabric type (woven or knitted), the concentrations, the desired color tone, various fastness values can have high values.

-Enzymatic natural dyestuffs from experimental studies should be widespread in this field thanks to their high dyeing adsorption kinetic behavior and its shortens processing time.

-Experimental studies should be conducted to reduce water and energy consumption and shorten process steps.

-The pre-treatment processes should be made more effective and should be optimized with experimental studies. Because they are known that the pre-treatment processes increase the various fastness values in the dyeing process of cotton fabrics.

-Yarn count, twist amount, mechanical properties of yarn, moisture behavior, yarn structure, uniformity, and hairiness/pilling behavior are critical importance points for yarn so experimental studies should be carried out on the optimization of these yarn parameters for cotton yarn dyeing process.

REFERENCES

1. Choudhurya A.K.R. (2018). Eco-Friendly Dyes and Dyeing. *Adv. Mat. Tech. Env*, 2(1), 145-176. ISSN: 2559–2637.

2. Lara, L., Cabral, I., Cunha, J. (2022). Ecological Approaches to Textile Dyeing: A Review. *Sustainability, 8353-14(1),* 1-17. https://doi.org/10.3390/su14148353.

3. Babu, B.R., Parande, A.K., Raghu, S., Kumar, T.P. (2007). Textile Technology Cotton Textile Processing: Waste Generation and Effluent Treatment. *The Journal of Cotton Science, 11(3),* 141–153. ISSN: 1524-3303.

4. Atav, R., Buğdaycı, B., Bozkurt, Ö., Yıldız, A., Güneş, E., Yakın, İ. (2022). Laccase-Catalyzed Enzymatic Dyeing of Cotton Fabrics. *Textile Research Journal, 92(17–18),* 2980–3015. DOI: 10.1177/00405175211006937.

5. Vankar, P.S., Shanker, R., Verma, A. (2007). Enzymatic Natural Dyeing of Cotton and Silk Fabrics without Metal Mordants. *Journal of Cleaner Production, 15(15),* 1441-1450. doi:10.1016/j.jclepro.2006.05.004.

6. Harane, R.S., Mehra, N.R., Tayade, P.B., Adivarekar, R.V. (2014). A Facile Energy and Water-Conserving Process for Cotton Dyeing. *Int. J. Energy. Environ. Eng, 5(96),* 1-10. DOI: 10.1007/s40095-014-0096-2.

7. Mahangade, R.R., Varadarajan, P.V., Verma, J.K., Bosco, H. (2009). New Dyeing Technique for Enhancing Colour Strength and Fastness Properties of Cotton Fabric Dyed with Natural Dyes. *Indian Journal of Fibre and Textile Research, 34(1),* 279-282. ISSN: 0975-1025 (Online); 0971-0426 (Print).

8. Rosa, J.M., Tambourgi, E.B., Santana, J.C.C., Araujo, M.C., Ming, W.C., Trindade, N. (2014). Development of Colors with Sustainability: a Comparative Study Between Dyeing of Cotton with Reactive and Vat Dyestuffs. *Textile Research Journal, 84(10),* 1009-1017. DOI: 10.1177/0040517513517962.

9. Ado, A., Yahaya, H., Kwalli, A.A., Abdulkadir, R.S. (2014). Dyeing Textiles with an Eco-Friendly Natural Dyes. *International Journal of Environmental Monitoring and Protection, 1(5),* 76-81. DOI: None.

10. Budeanu, R., Curteza, A., Doru, R.C. (2014). Experimental Researches Regarding the Ecological Dyeing with Natural Extracts. *AUTEX Research Journal, 14(4),* 290-298. DOI: 10.2478/aut-2014-0029 © AUTEX.

11. Tutak, M., Korkmaz, N.E. (2012). Environmentally Friendly Natural Dyeing of Organic Cotton. *Journal of Natural Fibers, 9(1),* 51-59. DOI: 10.1080/15440478.2011.651830.

12. Singha, K., Maity, S., Singha, M. (2012). The Salt-Free Dyeing on Cotton: An Approach to Effluent Free Mechanism; Can Chitosan be a Potential Option?. *International Journal of Textile Science, 1(6),* 69-77. DOI: 10.5923/j.textile.20120106.03.

13. Chattopadhyay, D.P., Chavan, R.B., Sharma, J.K. (2007). Salt-free reactive dyeing of cotton. *International Journal of Clothing Science and Technology, 19(2),* 99-108. DOI: 10.1108/09556220710725702.

14. Gorenšek, M. (1999). Dye-fibre bond stabilities of some reactive dyes on cotton. *Dyes and Pigments, 40(2-3),* 225-233. doi:10.1016/s0143-7208(98)00052-7.

15. Ticha, M.B., Meksi, N., Drira, N., Kechida, M., Mhenni, M.F. (2013). A Promising Route to Dye Cotton by İndigo with an Ecological Exhaustion Process: A Dyeing Process Optimization Based on a Response Surface Methodology. *Industrial Crops and Products, 46(1),* 350–358. http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.009.

16. Shamey, R., Hussein, T. (2005). Critical Solutions in the Dyeing of Cotton Textile Materials. *Textile Progress, 37(1-2),* 1-84. DOI: 10.1533/tepr.2005.0001. https://doi.org/10.1533/tepr.2005.0001.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

1923-1950 ve 1950-1960 Yılları Arasındaki İstanbul'un Kentsel Dönüşümünün, Şehir Mekânı ve Kent Politikaları İlişkisi Üzerinden İrdelenmesi

Eray YAVUZARSLAN[1]

Öz

Şehir ve Mekân ilişkisi insanın bizzat içerisinde olduğu bir olgudur ve çözümlenmesi gereken sorunlar içerir. Toplumun kendisini yönetmesi için atadığı iktidarların bu ilişkide direk söz sahibi olması ve toplum ile iktidar arasında güçlü bir iletişim kurulamamasından dolayı, kentlerin yapılandırılmasında önemli aksaklıklar söz konusu olmuştur. Kentler toplumların kendi yaşam hafızlarına göre inşa ettiği mekânlardır. Bu sebeple toplumlar, kendi mekânlarını kendi kültürlerine göre inşa ederken, kentleri geleceğe miras bırakırlar. Ancak bir otorite figürü olarak siyasal iktidar, karar verici hakkı ile toplumsal beklentilerin dışına çıkabilir. Cumhuriyet'in ilk yıllarına denk gelen yenileşme politikaları ile yıkılan bir imparatorluğun bıraktığı mirasın üzerinden siyasal ikridarlar vasıtasıyla yeni bir İstanbul hedeflenmiş, yeni bir kent ve mimari anlayışı ile İstanbul'un mekânı şekillendirilmeye çalışılmıştır. Bu makalede şehir mekânı ve kent politikaları arası ilişki, İstanbul ölçeğinde araştırılmıştır. Bu araştırma temelinde de iki dönem seçilmiştir. Bu dönemlerden birisi Cumhuriyet'in ilk yılları olan 1923-1950 arası dönemdir. Bir diğeri de Menderes dönemi olarak isimlendirilen 1950-1960 arası dönemdir. Her iki dönem de İstanbul'un günümüze kadar ki kentsel dönüşüm tarihinde etkili olmuş ve bugünkü kent politikalarının büyük oranda altlığını oluşturmuştur. Bu iki dönem kendi içinde kıyaslanarak, analiz edilmiş ve İstanbul'un dönüşümüne sağladıkları etüt edilmeye çalışmıştır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, Şehir, Mekân, İmar Durumu, Kentsel Planlama.

[1] Bağımsız Araştırmacı, erayya@gmail.com, Orcid: 0000-0002-0161-5344

GİRİŞ

İstanbul için şehir ve mekân ilişkisi, üzerinde önemle durulması gereken bir hususdur. Bahse konu ilişkinin merkezinde olan insanın yaşadığı kenti değiştirme ve dönüştürme isteği, kent mekanının kaderini belirleyen en temel faktör olarak kabul edilmelidir. Özellikle siyasi iktidarların toplumsal olarak yaptıkları kentsel dönüşümler, insan ve kent arası ilişkinin en uç noktalarında görülmüşlerdir. Kent ve mekân arası ilişki incelenirken, insanın mekân anlayışının siyasi otoriteler üzerinden yansımalarını yorumlamak yerinde olacaktır.

Siyasi otoriteler, içindeki bulundukları dönemlere göre pozisyonlarını alırlar. Özellikle Endüstri Devrimi'nden sonra daha belirgin bir şekilde görülen siyasi otoritenin şehir mekanındaki etkisi, mekan anlayışına yön vericilikten ziyade, karar verici role çekilmiştir. Bunun neticesinde toplumsal ihtiyaçların ikinci plana bırakıldığı ve daha çok günlük yaşam pratiklerinin öncelendiği bir kent anlayışı ortaya çıkmıştır. İşçi düzeni odaklı kentler fabrika merkezli bir yaşam için yeniden inşa edilmiştir. Bu gerçekleşirken pek çok Avrupa şehri tarihi ve kültürel mirasını kaybetmek ile karşı karşıya kalmıştır.

Binlerce yıldır mekân anlayışının işlev, değer ve biçim üzerinden şekillendirildiği dikkate alınırsa, mekânın dönüşümünün de bu üç olgunun çağa göre dönüşümünden kaynaklı olduğu dikkate alınmalıdır. İşlev, mekânın kullanım amacı ve fonksiyonudur. Bir mekân, kullanıldığı sürece işlevi etkinliğini hiçbir zaman yitirmez ve zamandan bağımsızdır. Ancak mekâna verilen değer ve o mekânın kendisine verilen değere göre biçimlendirilmesi, zaman içerisinde değişim gösterir. Değer ve biçim ilişkisi, insanın mekanı dönüştürürken kullandığı en önemli argümanlardır. Çünkü bu ilişkinin kuvvetlenmesiyle mekan yüzlerce yıllık görsel bir şölene de dönüşebilir. İlişkinin anlamını yitirmesi ile sadece işlevsel bir yapı haline de dönebilir.

Her ne kadar Endüstri Devrimi aynı zamanlı olarak Türkiye sınırlarına girememiş olsa da dolaylı olarak girişi Cumhuriyet'in ilanından sonra olmuştur. Endüstri Devrimi ile değişen kent anlayışı, bir noktada kent kültüründe gerçekleşen kırılmanın bir göstergesidir. Bu duruma dünya şehri standartlarına sahip olan İstanbul ve üzerindeki otoritenin de kayıtsız kalması düşünülemezdi. Özellikle Cumhuriyet dönemi ile başlayan kent plancılığı hareketliliğinden İstanbul'da fazlasıyla etkilenmiştir.

İstanbul için, Batı'daki örneklerinden yola çıkılarak modern şehircilik çizgisinde bir kent planlanmıştır. Bunun neticesinde toplumsal olarak belirleyici üç ana kriter olan, işlev, değer ve biçim ilişkisi ekseninden bakıldığında kentin farklı bir çehreye büründüğü ve kültürel miras ile modern olan arasında sıkışmış bir durumda olduğu görülmektedir. Bu durumun en temel sebeplerinden birisi olarak, tüm dünyadaki benzerleri gibi siyasi otoritenin modern olana dair tercihlerini, çok keskin bir şekilde gerçekleştirmesi de vardır.

İstanbul'un Cumhuriyet'ten sonraki dönüşümünde, 20. yüzyıldaki Endüstri Kenti'ne atfedilen yeni değer formlarının ne derecede etkili olduğu önemli bir sorudur. Bu sebeple bu makale içerisinde İstanbul'un şehircilik tarihinde dönüm noktası olabileceği düşünülen iki dönem Cumhuriyet'in ilk yılları 1950'ye kadar ve Menderes dönemi olarak kabul edilen 1950'den sonraki dönemdeki imar faaliyetleri incelenerek, mekân anlayışındaki dönüşüm yorumlanmıştır.

Bu bağlamda İstanbul için kent ölçeğinde yapılan yenileşme çalışmaları, geleneksel olan ile modern arasında bir kırmızı çizgidir. Dolayısıyla kentsel dönüşüm adı altında yapılan yeni tür kentleşme hedefleri, bir anlamda kültürel tarihin yönünü de değiştirmiştir. Kentsel planlama ve kent mekânı olgusunu tamamen yeni ilkeler ile dönüştüren bu yaklaşım neticesinde İstanbul'un çehresi yeni bir görünüm kazanmıştır.

Bu makale içerisinde Şehir ve Mekân arası ilişki İstanbul üzerinden araştırılmış ve bu araştırılırken kent ölçeğindeki devlet politikaları etüt edilmiştir. Bunun için iki dönem seçilmiştir. Bu dönemler Cumhuriyet'in ilk yılları olan 1923 ile 1950 arası dönem ve Menderes dönemi olarak isimlendirilen bir sonraki dönem olan 1950 ile 1960 arasıdır. Bunun için bahse

konu dönemlere ait ciddi bir literatür ve kaynak taraması yapılmıştır. Makalenin ilk başlığı konuyu özetleyen bir Giriş kısmıdır. İkinci başlık altında Şehir ve Mekân ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır. Üçüncü başlıkta modernleşmenin ilk adımı olan Endüstri Devrimi ve Mekan ilişkisi incelenmiştir. Dördüncü başlık Cumhuriyet Dönemi'ndeki mekanın dönüşümü araştırılmıştır. İki alt başlık altında iki ayrı dönem olan Cumhuriyet'in ilk yılları (1923-1950) İle Menderes Dönemi (1950-1960) incelenmiş ve bir kıyas yapacak veriler oluşturulmaya çalışılmıştır. Son bölümde bu veriler değerlendirilmiştir.

1. Şehir ve Mekan ilişkisi

Şehir ve mekân arası ilişki araştırılırken aslında insan ve mekân arası ilişkinin incelenmesinin gerekliliği önemlidir. Dolayısıyla mekânın yüzlerce yıldır şekillenmesinde insanın dönüşüm evrelerinin ilişkisel boyutu incelenmiş olacaktır. İnsan kendi mekânını inşa ederken, kendi zihinsel dönüşümünün etkisinde kalmıştır. Aynı zamanda içinde bulunduğu zamanın teknolojisini azami ölçüde kullanmış ve zamanın değer yargılarına riayet ederek mekânını şekillendirmiştir.

İnsanın avcı toplayıcı düzenden, yerleşik düzene geçerken ki birlikte yaşama dürtüsünün temelinde paylaşıma yönelik ihtiyaç vardır. Üretmek ve pazarlamak tarım toplumunu oluşturan en temel etkendir. Tehlike karşısında birlikte yaşam ile başlayan bu serüven, birlikte üretmek ve ortak gelirin paylaşımına sebebiyet vermiştir. Birlikte üretilen ürünün paylaşımı ile bir müddet sonra artan refah düzeyi, içinde yaşanılan mekânların niteliklerini de etkilemiştir. Zamanla ortak yaşam alanlarının artması ile birlikte yaşamın kurumsallaşmasının da önü açılmıştır.

Şehirlerin gelişimi ile mekân, içerisinde sadece yaşanılan basit bir alan anlayışının ötesine geçmiştir. Mekân, insanın ona verdiği anlam ile bütünleşik bir olgu haline gelmiş ve bu durum estetik düşünceyi açığa çıkarmıştır. Estetik bakış açısı ile şekillenen kentler, uygarlıkların en temel yapı taşları olmuşlardır. Dolayısıyla kent, geleceğe aktarılan kültürel mirasın en etkili aktörü pozisyonuna gelmiştir.

Estetik düşüncenin şekillenmesinde, kültürel birikim, coğrafya, siyasi bakış ve din gibi önemli faktörler etkilidir. Bunların içerisinde kültürel birikim, toplumsal dönüşümün en önemli kaynaklarından birisidir. Nesilden nesile aktarılan kültür bilgisi estetik bakış açısının şekillenmesinde etkili olurken, toplumsal gelenek ve aile yaşantısı içerisinde ebeveynden çocuğa, yaşlı bireyden genç bireye yapılan aktarım ile toplumsal mekân anlayışı da dönüşmüştür. Aynı şekilde coğrafya ve çevre koşulları da estetik bakışın oluşumunda katkı sağlar. Bu noktada iklim koşulları sert ve coğrafi güvenlik problemleri yüksek olan bölgelerde daha korunaklı mekân anlayışı gelişir. Siyasi bakış ve din de bir birini tamamlar nitelikte iki etkendir. Sosyalist ve komünist bakış açısındaki mekân ve mimari anlayışının ortaya çıkardığı estetik görüş daha bütüncül ve merkezi bir anlayışa sahiptir. Dini anlayışın etkili olduğu toplumlarda ise estetik çok ön plandadır. Dini motifler ile bezenen manevi bakış, mekân algısının şekillenmesini sağlamıştır.

Tüm bu mekânsal ilişkilerin odağında insan vardır. Tarihsel süreçte insanın çok yönlü dönüşümü ve birikimi mekânın da dönüşümü ve şekillenmesinde etkili olmuştur. Bu dönüşüm bir önceki mirasın etkileri ile gerçekleşmiştir. Toplumun bir bireyi olarak insan, kullandığı mekânın işlevi ne olursa olsun kendisinden bir şeyler katmayı tercih etmiştir.

Bununla birlikte insanların kendi kurduğu şehirler zaman içinde kendilerini inşa eder ve değiştirirler. Dolayısıyla şehir, insanın maddi ve manevi, ruhi ve fiziki bütün ihtiyaçlarını karşılayan canlı organizma gibi düşünülmelidir. (Osmanlıoğlu, 2022: 109) Bu çerçeveden bakıldığında şehirlerin gelişimi hiç durmaz ve içinde bulunduğu çağın tüm özelliklerini yansıtır.

Bireysel ve toplumsal yaşamın şekillenmesinde ve değişiminde etkili olan toplumsal ilişkiler, tarihsel süreçte bir mekânın hafızasına kaydedilerek bugünlere kadar gelebilmiştir.

Bahse konu bu mekânlar ise kent mekânlarıdır. Bir başka ifadeyle, toplumsal gelişme ve değişmelerin kalbi yoğun olarak kentlerde atmıştır ve atmaya devam etmektedir. (Karakaş, 2019: 16) Buradaki değişimin önemli iki aktörü vardır. Bu aktörlerden birisi insan diğeri mekândır. Mekân, kent ile insan arasındaki ilişkinin tamamlayıcısıdır.

İnsanın toplumsal olarak birlikte yaşarken biçimlendirdiği ve içinde üretirken aynı zamanda tükettiği, kendi üslubuna ve değerlerine göre şekillendirdiği bir mekân anlayışı, kent tanımının içerisinde bir yer edinmektedir. Dolayısıyla toplumsal mekân, ona verilen değer ile biçimlenir kabulünden yola çıkılarak, kentlerin mekânsal tasavvuru da ona verilen değer ile biçimlenir, dönüşür ve estetik bir anlam kazanır.



Şekil 1: *Bir Kent Örneği Newyork. (newyorkcity.ca)*

Şehir, kendi içerisinde çok parçalı yapılardan yani mekânlardan oluşan bütüncül bir mekândır. Bütüncül bir mekân olmasının temelinde, içinde barındırdığı değişik yaşam alanlarının getirdiği çok parçalı anlayışı kültürel olarak kendinde toplayan ve tek bir toplumsal mekan anlayışına çeviren bir yapıda olması yatar. Toplu yaşamın en küçük birimi olan mahalle de çok parçalı ama bütüncül bir kent mekanı örneğidir. Mahalle, toplumsal ilişkileri ve kendine has yaşam kültürü ile farklı bir mekândır. Komşular da bu mekânın asıl sakinleridirler. Bir anlamda komşular en yalın ifadesiyle bir birine yakın yaşayan insanlar topluluğudur. (Mumford, 1954: 256) Kentin alt birimi olan mahallenin temelini oluşturan bu ilişkiler, aynı zamanda toplumsal mekânı şekillendiren öğelerdir.

Bu bağlamda mahallenin sosyal ve mekânsal bakımdan değişen karakterde olduğu dikkate alınırsa, birkaç tip mekân algısı üzerinde yoğunlaşmak yerinde olacaktır. Bunlar, tarihi kent merkezlerindeki mahalleler, alt kent mahalleleri (kent dışındaki varoşlar) ve yeni kasabalar/kapalı yerleşmeler (siteler) gibi adlandırılabilir. (Eren Özbek, 2017: 37) Bu açıdan bakıldığında her mahallenin kendi içerisinde bir mekân anlayışı vardır ve bu da kentin genel dokusunu oluşturur.

Mekâna salt meta olarak bakıldığında, mekân donuk ve ruhsuzdur. Oysa karşılıklı etkileşimin bir sonucu olarak mekânın üzerine insani bir ruh sinmiştir. Dolayısıyla insani

olandan ortaya çıkmış bir mekânı tam anlamıyla tasavvur edebilmek, insanın karmaşık yapısından kaynaklı çok mümkün değildir. Mekâna ruh kazandıran hiç kuşkusuz onu kullanan insandır, ancak insanı da mekândan bağımsız değerlendirmek çok doğru değildir. Aradaki bu anlam ilişkisi, mekânları toplumsallaştırırken, insanları da mekansallaştırmıştır. (Karakaş, 2019: 19)

İnsan-mekân ilişkisi açısından üç önemli etkileşim boyutu dikkat çekmektedir. Birincisi insan-mekân ilişkisinde insanın mekân üzerindeki belirleyici ve şekillendirici etkisidir. İkincisi insan mekân ilişkisinde mekânın insan yaşamı, düşüncesi ve davranışları üzerindeki belirleyici ve şekillendirici etkisidir. Üçüncüsü ise insan-insan ilişkisinde mekânın bu ilişkinin gerçekleşmesinde fiziksel olduğu kadar toplumsal bir sahne işlevi de görmesidir. (Karakaş, 2019: 19)

Mekanın şekillenmesinde kentlilik bilincinin büyük katkısı vardır. Kentlilik bilincinin gelişiminde kolektif kent belleği önemli faktörlerden biridir. Yaşanılan mahalle, sokak ve kentler gibi tüm sosyal mekânlar, inşa edilmiş, yapılandırılmış yaşam alanlarıdır. Bu alanlar, bireylerin ya da grupların sembolik olarak sınırlarını çizdiği, işaretlediği işyerleri ve kamusal alanlar gibi tüm mekânın parçalarına ve eşyalarına doğru yayılır. Dolayısıyla yaşayanlardan aidiyet duygusu oluşturmak, gelecek nesillere bu duyguyu aktarmak, kentlilik bilincini geliştirmek için çok önemlidir. (Akyüz, 2021: 98)

İnsanın mekâna verdiği değer aslında kimlik olgusunun da ortaya çıkmasına sebebiyet verir. Mekân ve kimlik birbiriyle çok sıkı ilişki içerisindedir ve birbirlerini karşılıklı olarak inşa ederler. Ne kimlikler mekândan ne de mekânlar kimlikten koparılabilir. (Alver, 2008: 557) Bu durum mekânın kendisine verilen değer doğrultusunda kendi kimliğini inşa ettiğini de gösterir. Dolayısıyla mekân insan ve toplum olaylarıyla ilişkilidir ve bundan ötürü toplumsal ve insani edimlerle birlikte değerlendirilmelidir. (Alver, 2010a: 18)

Kent için, mekân tasavvuru ele alınırken, Aytaç'a göre kavramsal olarak iki tür mekân görüşü ele alınır: mutlak mekân ve göreli mekân anlayışı. Mutlak mekân görüşüne göre; mekân, maddeden bağımsız ve kendine özgüdür. Dolayısıyla olguları ayırt edebileceğimiz bir yapıya sahiptir. Göreli mekân ise sadece birbirleriyle bağlantılı nesnelerin varlığı sebebiyle var olan, nesneler arası ilişkilerin bağlamıdır. (Aytaç, 2006: 877)

Lynch'e göre mekân kimliği, bir yerin diğer yerlerden ayrılarak okunabilmesini ya da insanlar için anlamlı hale gelmesini sağlayan nitelikler bütünüdür (Lynch, 1981). O yerin veya mekânın kendi kimliğini elde etmesindeki asıl dönüştürücü etken olan insan, içinde bulunduğu dönemin tüm değer yargılarını kent içerisindeki niteliklerine göre sınıflandırarak üzerine yansıtır.

Harvey ise kent mekânını, ontolojik olarak bir kategori olarak değil, hem insanı biçimlendiren hem de insan tarafından biçimlendirilen toplumsal boyuta sahip bir olgu olarak ele alır (Duru&Alkan, 2002: 20) Bu yaklaşım Karakaş'ın insan-mekan ilişkisini tanımladığı üç kategoriden çok da farklı değildir. İnsan mekânını inşa ederken aslında bir anlamda kendini de inşa etmektedir.

Ayrıca Harvey mekânı "Sosyolojik Muhayyile" ve "Coğrafik Muhayyile" üzerinden de tanımlamıştır. Sosyolojik muhayyile bir yaşam öyküsü farkındalığı ve toplumsal ilişki bağlamında hayatın ne şekilde süregittiğinin sorgulanmasıyken, coğrafik muhayyile de toplumsal sürecin yaşandığı mekân bilincidir. (Harvey, 2003: 28)

Castells, kentsel mekânı üretimden ziyade kollektif tüketim üzerinden ele almıştır. Bu kavram, kollektif tüketim yani ortak hizmet, konut, eğitim, sağlık, kültür, ticaret, ulaşım gibi ortak tüketim araçlarının örgütlenmesiyle ilişkilidir. (Castells, 1997: 14) Dolayısıyla bu mekâna daha kurumsal ve kamusal bir bakış getirmiştir. Ortak kullanım alanlarının mekânsal olarak değeri kamunun da içinde bulunduğu bir kollektif bilinç ile şekillendirilmektedir.

Lefevbre göre mekân üretilen bir şeydir. Buradaki üretim, kapitalizm temelli mekân üretimidir. Kapitalizmdeki pazar mantığı kentsel nitelikleri mübadele konusuna

dönüştürmektedir. Lefevbre, analizini yaparken ikinci olarak yaratılmış mekânlara da değinir. (Koyuncu&Akkaya, 2019: 51) Bu konudaki analizinin temel noktaları yaratım ve yıkımdır (Özdemir, 2010: 60). Mekânlar bir yandan üretilirken yani yaratılırken, diğer taraftan da mevcut olanlar da değerini yitirir, gözden düşer ve yıkılır. Bu döngüde kazançlı çıkan kapitalizmdir.

Mekân ayrıca zihinsel olanla kültürel olanı, toplumsal olanla tarihsel olanı birbirine bağlar. (Lefevbre, 2014: 25) Dolayısıyla mekân sürekli bir bağlantı içerisindedir. Buradaki bağlantının asıl kaynağı da insan faktörüdür. Mekân, şehir içerisinde kültürel dokuyu içerisinde muhafaza ederek, kendini tarih odaklı toplumsal olan ile özdeşleştirir.

Mekâna ruh kazandıran insan kazandırdığı bu ruh sebebiyle mekândan bağımsız olamaz. Dolayısıyla insan, mekânla var olur, mekânla anlam kazanır. Mekân da insanla derinlik kazanıp yeni bir boyuta ulaşır. Mekân olgusu sosyaldir ve insanı sosyalleştirir. Mekân, bu özelliklerinden dolayı salt coğrafi bir olgu olmanın ötesine geçmiştir.(Uğraş, 2019: 135)

Dolayısıyla mekân insanın tüm değerlerini üzerinde toplayan ve bu değerleri de geleceğe aktaran bir aracıdır. Bu taşıyıcılık nesiller arası iletişim aracı olarak da vazife görür. Bu sebeple mekânın üretimi insan neslinin kültürel sürekliliği açısından önemlidir. Çünkü mekânın varlığı insan ile söz konusu iken insan da mekân ile toplumsal bir kimlik elde eder.

İnsan birikimleri ile mekanı üretir. Mekânın üretimi bireysel ve toplumsal bakış ile ilgilidir. Mekân tasavvuru Harvey'in coğrafik muhayyilesine göre daha çok tasarı ve düzenlemeye yöneliktir. Tasavvur etmek aslında bir planı zihinde canlandırmak gibidir. Bu açıdan mekân tasavvuru insan pratiğini daha direkt etkileyen bir faktördür. Bu pratik altında insan kişisel ve toplumsal ihtiyaçlarına göre mekân üretmektedir. (Uğraş, 2019: 165) Dolayısıyla insanın ihtiyaçları ile başlayan bu yolculuk zaman içerisinde ona verdiği değer ile şekillenir ve estetik görünümünü alır.

2. Endüstri Devrimi ve Mekan İlişkisi

Mekân ve kültürel kimlik arasında organik ve sürekli bir etkileşim mevcuttur. İnsanlar içinde olduğu mekânlarda yaşamlarını sürdürürken mekânları da kendi kişilikleri ve kişiliklerinin getirdiği talepler doğrultusunda başkalaştırır ve anlamlandırır. "Endüstri Devrimi" ile yaşanan kırdan kente göçle birlikte mekânlar daha çok kentlerde inşa edilmeye ve görünür hale gelmeye başlamıştır. (Demir, 2019: 200)

Endüstri Devrimi sebep oldukları neticesinde pek çok konu ile direk ilintili olduğu gibi mekân ve kimlik tartışmalarının da direk içerisindedir. Büyük dönüşümlerin yaşandığı ve modernite kavramının da bulunduğu bu süreç, insanlık tarihinin en önemli toplumsal, kültürel, ekonomik ve teknolojik değişimlerin yaşanmasına neden olması sebebiyle bir kırılma noktasıdır. (Demir, 2019: 196) Bu sürecin sonucunda kentleri oluşturan yapıların türü, gücü ve simgesel anlamları biçimsel olarak değişmiş, bu değişimin etkisiyle kentlerin görsel ve çevresel özellikleri, buralarda yaşayan insanların yaşantı ve alışkanlıklarını da değiştirerek var olanı yeniden biçimlendirmiştir. (Bozdayı, 2005: 9)

Giddens'e göre Endüstri Devrimi'nin getirdiği modernite ile geçmiş yaşantıdan köklü bir kopuş yaşanmış ve modernite sosyologlarca bir risk kültürü olarak tanımlanmıştır. (Giddens, 2010: 14) Bu noktada gelenekten kopuş olarak gösterilen modernitenin mekân anlayışındaki dönüşüm, insanın değerlerindeki dönüşümün eseri midir sorusu akla gelmektedir. İnsan ve mekân arasındaki ilişki bağlamında bu soruya cevap verilecek olursa, mekânı dönüştüren insan, dönüştürdüğü mekânın da etkisinde kalmıştır. Bu süreç insanın değer anlayışını da değiştirmiştir.

Endüstri Devri'mi ile ortaya çıkan "hızlı üretim" anlayışı, gündelik zamanın kıymetini arttırmış, doğanın döngüsünün getirdiği zaman anlayışının ötesinde üretim odaklı ve üretimin verimini arttırmaya yönelik bir zaman anlayışı devreye girmiştir. Yani daha disiplinli ve

kontrollü bir iş hayatının getirdiği bir zaman değeri söz konusudur. Bu durum da mekânın algısını değiştirerek, kullanımı kolay, pratik bir mekân anlayışına dönüştürmüştür.

Şehrin kendisinin de bir mekân olduğu kabulü ile şehirlerin dönüşümü de bu şekilde gerçekleşmiştir. Endüstriyel bakış açısının üretim odaklı anlayışı, kent ölçeğinde kullanım kolaylığı getirmek istemiş, tüm dünya da demiryolları, metro ve otobüs gibi toplu ulaşım araçları, kent içerisinde kullanımı en kolay yerlere yerleştirilmiş, üretim merkezlerine yani fabrikalara ve atölyelere ulaşım sağlanmıştır. Bunun için büyük caddeler ve yerleşim alanları da planlanmış ve kent dokusu tümden değiştirilmiştir.

Hemen arkasından gelen postmodernizm ile mekân gelenekten kopuşun etkilerini fazlasıyla hissetmiş, değerlerini yeniden inşa etmek isteyen insanın içine girdiği karmaşanın etkisinde kalmıştır. Kültürel birikimlerinde bir kopuş yaşayan insanın bu birikimleri tekrar elde etmesi için verdiği mücadele de savrulduğu nokta çıktığı noktanın çok ötesindedir. Artık yeni kent anlayışı kaçınılmaz hale gelmiştir.

Hem bütünleşmeyi talep eden modernizmin, hem de parçalanmayı önceleyen postmodernizmin mekânsal tasarımlarından beslenerek ortaya çıkan küresel kent mekânı anlayışı ise bir yandan birbirleri ile rekabet eden kentleri ortaya çıkarırken aslında birbirinin aynısı olan kopya kentleri üretmektedir. (Karakaş, 2019: 35)



Şekil 2 : *Bir Sanayi Kenti, 20. Yüzyıl başları Londra (https://onedio.com/)*

Dolayısıyla kentler birbirinin neredeyse aynısı olan kopya mekânlar üzerine inşa edilen kapsayıcı bir kopya mekândır. Yeni kent anlayışı daha yalın ve işlev odaklı yapılandırılırken, bu aslında bir birinin aynı hale gelmesi istenen mekanikleşmiş bir insan tasavvurunun da göstergesi bir durumdur.

Bu anlamda küreselleşmeyle birlikte yalnızca ekonomik yapıda değil, kentlerin fiziksel ve topografik yapısında da önemli değişiklikler yaşanmaktadır. Dolayısıyla kültür, üzerinde dikkatle durulması gereken bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentin fiziksel ve topografik yapısındaki değişimlerden kast edilen, kentin mimari dokusunda, fiziksel planlamasında ve farklı toplumsal grupların eğlence, tüketim ve yaşam alanlarında gözlemlenen değişimlerdir. (Geniş, 2011 :52)

İnsana sunulan bir mekânsal alanı belirtilen saat dilimlerinde kullanmak ve yaşamak için bir standartlaşma gerekliydi ve bu yeni mekân anlayışı ile yapılmış oldu. Bu mekânsal

alan, kent içerisindeki eğleneceği, eğitim alacağı, kültürel aktiviteleri yapacağı ya da yaşayacağı herhangi bir alan da olabilir. Sonuçta bu alana verilen değer, onun çağın pratiklerine göre kullanım işlevi ile doğru orantılı olacaktır.

Bu üretim alanları içinde geçerlidir. Artık kent içerisinde pek çok geleneksel olan mekân kendini sanayi alanlarına bırakır. Dolayısıyla artık modern insanın yeni tercihi olan sanayi kenti, içerisinde geleneksel olanı barındırmak istemez. Yeni yapılaşma ve oluşum bunun üzerine inşa edilir.

Harvey, bu konuda Paris kentini örnek gösterir. Kendinden önce sadece basit altyapı çalışmalarının görüldüğü Ortaçağ kenti iken Haussman, Paris'i modern kent tasavvuru adı altında çok keskin çizgiler ile yeniden meydana getirir. Daha öncesinde zanaatkârların bir arada bulunduğu dağınık haldeki imalat atölyelerinin çoğu, yerini makinelere ve modern sanayiye bırakmıştır. Bu sebeple daha önce dar kıvrımlı sokaklar üzerinde ya da pasajlarda sıralanan küçük dükkânlar, sonrasında bulvarlara taşan geniş ve büyük kurumsal mağazalara yerini bırakmıştır. (Harvey, 2013: 8) Endüstri Devrimi'nin etkisiyle devlet otoritesinin Paris'in ortasından geçirdiği geniş bulvarlar, aynı zamanda rejimin saygınlığına katkıda bulunmak ve gerektiğinde kentsel düzensizlikleri bastıracak süvari birliklerine geçiş kanalları olarak hizmet etmek üzere tasarlanmıştı. (Fishman, 2002: 122)

Aslında bir küresel kent olan Paris'te mekân, kendisine atfedilen değer ile birlikte devletin müdahalesi sonucu dönüştürülmüştür. O ana kadar işlevsel boyutunun üzerindeki anlamsal değerlerini zaman üzerinde toplayan ve bunu bir sonraki nesillere aktaran mekân, bir anda bu akıştan çıkarılıp bağımsız hale getirilmiş oldu. Yani toplum kendi oluşturduğu mekânı değil, siyasi otoritenin önüne sürdüğü mekânı kabul etmek zorunda kaldı. Bu yeni mekân anlayışına bir anlam yükleyerek, değer atfetti.

Endüstri Devrimi'nin oluşturduğu yeni insan tipi, hız ve zaman olgusuna dayalı anlayışını mekâna da atfetmiş oldu. Makineleşmiş bir üretim yapısı içerisinde ve bu makinaların hızına ayak uydurarak yaşam anlayışını değiştiren ve gözü saatte bloklanmış bir gün döngüsü içerisinde kalan bu yeni sınıf, birlikte yaşam alanı olan kentini daha pratik bir kullanım mekânı haline dönüştürmeyi hedefledi. Yani caddeleri, sokakları, toplu taşımayı bu hız içerisinde sadece kendi kullanım üslubuna göre güncelledi. Dolayısıyla bu durum gelenekten büyük bir kopuşun önünü açmış oldu.

3. Cumhuriyet'in ilk yılları ve Sonrası Dönem İstanbul'un dönüşümü ve Mekân anlayışı

Toplumsal olarak mekanların üzerindeki belirleyici etki, Endüstri Devri'mi ile büyük oranda siyasi otoritelerin ellerine geçmiştir. Aynı zamanda bir rant objesi kabul edilebilecek olan mekan, toplumsal hafızanın bir kenara koyularak üzerinde yeni anlayışların şekillendiği bir metaya dönüşmüştür. Kent ve dolayısıyla mekan, tek tip bir forma getirilerek kolay ulaşılır ve kolay yaşanır bir olgu haline dönüştürülmüştür.

Endüstri Devrim'inin Türk topraklarındaki kayda değer yansımaları İstanbul'da gerçekleşmiştir. Avrupa'daki sanayileşme hareketleri Osmanlı döneminde çok rağbet görmemekle birlikte, 19. yüzyıldaki söz konusu yıllar, İstanbul'un şehircilik ve mimari açısından Avrupa'nın tesirinde kalıp da etkilendiği yıllardır.

İstanbul'un planlanmasına yönelik ilk adımlar Tanzimat Fermanı'ndan hemen önce atılmıştı. 1839 yılının Kasım ayında, şehrin yerleşimini modernleştirmek adına değiştirmek ve düzenlemek için yeni kurallar gündeme gelmiştir. Daha kurumsal bir bakış açısıyla kentte büyük caddeler inşa edilme kararı çıkmıştı. Bunun devamında da geniş meydanlar planladı ve geniş rıhtımlar yapıldı. Bu sebeple şehrin genel dokusunu oluşturan geleneksel çıkmaz sokakların yapımı artık yasaklanmıştı ve kent ölçeğinde artık geleneksel dar sokakların en az 6 m. genişliğe çıkarılması önem arz etti. (Yerasimos, 2000: 374)

Bu durum İstanbul'un Cumhuriyet'ten önceki 100 yıllık tarihinin de kentsel dönüşüm projelerine sahne olduğunu göstermektedir. Atılan bu adımlar, Cumhuriyet'ten sonraki hareketleri cesaretlendiren niteliktedir. Çünkü pek çoğu dönemine göre radikal kabul edilecek adımlardır.

Ancak en radikal kabul edilebilecek adımlar, sanayileşmenin geç de olsa girmeye başladığı bir dönem olan Cumhuriyet'in ilk dönemini ve bu dönemin devamındaki Menderes dönemi olarak adlandırılan 10 yıllık süreç içerisinde atılmıştır. Çünkü bu dönem İstanbul'un günümüzdeki yapılaşma ve şehircilik anlayışının biçimlenmesinde rol oynayan ve büyük dönüşüm geçirmesinde etkili olan bir zaman dilimidir. Bu dönemlere değinilecek olursa;

3.1. Cumhuriyet'in İlk Yıllarında (1923-1950) İstanbul için Kent Politikaları

Cumhuriyetin ilk yıllarında şehircilik çalışmaları Ankara, İstanbul ve İzmir gibi münferit birkaç vilayetin üzerinde olmakla beraber, bunun dışına çok da çıkılamamıştır. Bunun birçok sebebi vardır ki, bunlardan en önemlisi içerisinden yeni çıkılan savaş koşulları ve eski devletin geleceğe bıraktığı çok ağır ekonomik borç yükü mirasıdır. Tüm bunlara rağmen Türkiye genelinde şehircilik faaliyetleri, TBMM bazında bir dizi kanunun çıkarılması ile hız kazanmıştır. Örneğin bu konuda önemli bir kanun olan 1580 sayılı Belediyeler Kanunu gereğince, bütün belediyelere imar planı yaptırma zorunluluğu konulmuştur. Özellikle 2290 sayılı Belediye Yapı Yollar Kanunu ise 1933'ten 1956 yılına kadar olan ki süreçte şehir planlama çalışmalarını düzenleyip yönlendiren en önemli yasal araç olmuştur. (Uluskan, 114: 2007)

İstanbul'un şehir planı ve modernleşme çalışmaları, Cumhuriyet dönemi çalışmalarının önemli ana gündem maddelerinden birisidir. Bu konuda bir dizi çalıştay yapılmıştır. Bu çalıştay neticesinde hareket planı belirlenmiştir. Öncelikli olarak İstanbul'un kentsel görünümü yeni bir siluet kazanması ve bunun için bir an evvel harekete geçilmesi kararıdır. Bundaki en önemli etken 19. yüzyıldaki İstanbul'un oldukça hızlı kabul edilebilecek nitelikte dönüşümü ve uluslararası bir kent görünümüne zaten girmeye başlamış olmasıdır.

İstanbul'un şehircilik olarak elden geçirilmesine karar verilmesine müteakip, 1933'te uluslararası bir yarışma düzenlemiştir. Bu işi yapabileceğine inanılan şehircilik uzmanları arasında ayrıntılı bir araştırmanın ardından Alfred Agache, Herman Ehlgötz ve Henri Prost yarışmaya davet edildi. Ancak bu yarışmaya Prost katılmadı. (Gül, 2018: 119) Cumhuriyet'in ilk yıllarında İstanbul'un kentsel planlamasını hedefleyen bu yarışmada, katılımcılar bir takım öneriler ile gelmişlerdi ancak bu önerilerin hiç biri Cumhuriyet'in ilk hükümetini tatmin etmedi. Şehircilik uzmanı Le Corbusier de dikkate değer bir öneri sunmuştu. Onun önerisi diğerlerinden farklı olarak mevcut alt yapının ve dokusunun korunması üzerineydi. Tarihi Yarımada'nın koruması ve yeni imar alanlarının Teodosios Surları'nın dışında, batıya doğru olması gerektiğini savunuyordu. (Gül, 2018: 120) Ancak bu da çok rağbet görmedi.

Cumhuriyet'in ilk hükümetinin hedefi, modernleşme sürecinde Avrupa standartlarında bir İstanbul'u gerçekleştirmek olduğundan sunulan hiçbir plan, her ne kadar sunanın konusunda uzman olmuş olması da dikkate alınırsa, pek beğeni görmedi. Aslında çalışmaların hiç birisi beklenen çağdaş İstanbul mekânını yansıtmıyordu. Çünkü modern İstanbul'un büyük caddeleriyle Paris benzeri bir yapıya bürünmesi beklentiler arasındadır.

Bütün bu gelişmelerin sonucunda ideal plan arayışı, Henri Prost'un İstanbul'a davet edilmesiyle sonuçlandı. 1933 yılında yapılan yarışmaya katılmayan Prost, dönemi itibariyle nüfusunun neredeyse yarısını kaybetmiş, sayısız yangınlar geçirmiş ve düşman orduları tarafından işgal edilmiş bir İstanbul'un imar planını hazırlama teklifini kabul etti. 1936 yılı itibariyle İstanbul'a geldi ve çalışmalara başladı. (Gül, 2018: 120) Bu durum büyük bir heyecan uyandırdı. Çünkü Prost'dan büyük bir beklenti vardı.

Prost aslında İstanbul'a yabancı bir mimar değildi. Daha önce 1905- 1907 yılları arasında şehre gelerek Ayasofya'nın rölevelerini hazırlamış ve krokilerini çizmiştir. Ondan

sonra da önce Fas, Marakeş, Rabat, Meknes gibi şehirlerin planlarını 1914-1924 yılları arasında, ardından da Paris bölge planını 1927-1934 yılları arasında hazırlamıştır. (Uluskan, 119: 2007)

Prost'un İstanbul için hazırladığı yeni düzen mekan anlayışında, şehrin sınai, ticari, yerleşim ve rekreasyon alanlarına bölünmesi ve etkili bir ulaşım sisteminin tesis edilmesi önem arz etmekteydi. Prost'un planı Tarihi Yarımada'da modern tasarım ilkeleriyle uyumlu yeni bir kentsel doku yaratılmasını içeriyordu. İstanbul'da otomobil/araç kullanımının artacağı öngörüsüyle yeni bulvarlar yapılması planlandı. Şehrin mekân anlayışı, sur içi tabir edilen bölgenin dışında kalan ve Tarihi Yarımada'nın doğusunda kalan ticaret alanını geliştirmek için bulvarlar ile desteklenerek, bunun çevresinde bir yapılaşma oluşturulacaktı. (Gül, 2018: 129) Bu planın içerisinde Haliç'in çevresinin ticaret alanı olarak geliştirilmesi de vardır. Bu alan aynı zamanda yeni sanayi yatırımlarının da önünü açacaktır.



Şekil : 3 *Prost'un uygulamalarından Taksim Meydanı (https://istanbultarihi.ist)*

Prost tarihi yapıları saran gecekonduların ve biçimsiz yapıların ortadan kaldırılarak bu eserlerin tüm haşmeti ile ortaya çıkarılmasını istemişti. Prost bu anlamda bilhassa sur içini ve Sultanahmet meydanını çok önemsemiştir. Meydanın tarihi bir sit alanı olarak korunması konusunda ısrar eder. (Kaya, 2015: 301) Bu alanın İstanbul açısından tarihi öneminin farkında olan Prost aynı zamanda yapılaşma aksını bu alanın dışında tutmaya gayret eder.

Bunun yanı sıra Prost'a göre İstanbul'un çağdaş Avrupa kentlerindeki çağdaş örnekleri gibi geniş caddelere, parklara, gezi yollarına sahip olmasının en önemli sebebi, kent mekânının daha ferah ve pratik kullanımının sağlanmasıdır. Hedeflenen nüfus yoğunluğu bir ölçüde, ticaret merkezi olarak öngörülmesinden kaynaklı olarak artacak ve bu bölgelerde planlı bir büyüme gerçekleştirilecekti. Aslında bu uzun döneme yayılmış bir Cumhuriyet İstanbul'unun ilk planıydı.

Prost, İstanbul için "geometrik dokulu bir yol ağı, ağaçlandırılmış geniş bulvarlar, bitişik düzendeki yüksek apartmanlar" öngörmüştür. Kentteki park ve yollar bu teori temelli

yapılmıştır. (Alsaç, 1993: 56) Bu durum İstanbul'un kısmi olarak elden geçirilmesi demekti ve büyük bir yıkım planının çalışılmasını gerekli kılıyordu.

Hedeflenen Paris modeli çerçevesinde, İstanbul'da bu plana dahil olan alandaki hanların yıkımı konusunda bir hareketlilik başlamıştır. Özellikle Eminönü'ndeki Valide Han'ının hemen yıkılması istenmiştir. Çünkü Belediye'ye göre dönem, apartmanların olduğu bir dönemdir. Böyle hanların güncelliğini yitirmesi söz konusudur. Ancak yine de belediye bazı önemli adımlar atmış ve o günlerde hakkında büyük tartışmalar yaşanan Yeni Camii Kasrını bir son dakika kararı ile koruma altına almıştır. Zaten Eski Eserleri Koruma Cemiyeti'nin fikri de baştan beri hep bu yönde olmuştur. (Uluskan, 127: 2007)

Sonuçta savaş zamanının zor geçen ekonomik koşulları ve Prost'un hazırladığı planın teknik yetersizlikleri, öngörülen işlerin ancak parça parça dağınık bir biçimde uygulanmasına sebebiyet verdi. Tarihi Yarımada için planlanan ve hedeflenen çalışmaların ancak bir kısmı uygulanabildi. Eminönü Meydanı'nın açılması, Sirkeci ve Beyazıt çevresindeki bina temizlikleri, Cağaloğlu-Ayasofya arasındaki ana yolun yapılması, Londra Asfaltı ile Topkapı ve Şehremini'ndeki şehircilik çalışmaları, Saraçhane ve Unkapanı'ndaki cadde ve binaların yapılması, Şişhane yolu ve Kasımpaşa bağlantısı ile Taksim'deki çalışmalar, bunlara örnek gösterilebilir. (Gül, 2018: 141) Ayrıca Maçka Parkı ve Üsküdar'daki büyük meydan bu dönemin eserleridir. (Gül, 2018: 147)



Şekil 4 : *Unkapanı'ndaki Prost çalışmaları. (http://mimdap.org)*

Her ne kadar modernleşme adı altında, mekânsal olarak yenileşme hedefi içerisinde de olsa Prost İstanbul'un tarihi geçmişinin ve bunun getirdiği mekânsal mirasın farkına vararak, çok radikal hareket edemedi. Bunu yapmak için tam yetkili olmasına rağmen, Haussman'ın cesaretini gösteremedi. Bunun yerine modernlik adına bazı önemli dokunuşlar yapmayı tercih etti. Kent ölçeğinde yine de etkili kabul edilebilecek olan bu dokunuşlar, İstanbul'un sonraki belediyecilik anlayışının da şekillenmesinde etkili olmuştur.

Henri Prost, kimilerine göre "korumacı ve modernleştirmeci" bir tavır sergileyerek eski bir şehrin güzelliğini ve tarihî dokusunu korumaya çalışmıştır. (Tekeli, 1993: 286) Ancak bilakis böyle düşünmeyerek İstanbul'un bitirmek için uğraştığını düşünen bir kesim de vardır.

(Uluskan, 127: 2007) Her iki görüşte dikkate alındığında Prost'un İstanbul için bugüne kadar etkisi gelen ve yadsınamaz bir emek sarf ettiği aşikârdır.

Prost'un çalışma tarzı ve yöntemi göz önüne alındığında, bu büyük ve sorumluluğu son derece fazla olan İstanbul'un imar planının şekillendirilmesi konusunda yalnız başına hareket etmeyi tercih etmesi, eleştiri getirilen hususların başında gelmektedir. Bilindiği üzere bir nâzım planı hazırlanırken, plancı, sosyolog, ekonomist, tarihçi, coğrafyacı, ulaşım uzmanı, jeolog vs. gibi meslekî uzmanlara da ihtiyaç vardır ve bunlar mutlaka kendi aralarında da ortak çalışmalıdır. (Aru, 1982: 102)

Prost için tüm bu mimari ve şehir plancılığı çalışmaları içerisinde bir diğer olumsuz kabul görebilecek olan tutumu ise, günümüzde bile hala tartışma konusu olan, Haliç'in sanayi bölgesi olarak kullanıma açılması kararıdır. (Akan, 2006: 597) Bu karar Haliç çevresinin sanayi atıkları neticesinde kirlenmesine sebep olurken, kent mekânında kolay iyileştirilemeyecek bir hasar meydana getirmiştir. (Kuban, 2004: 386) Günümüzün kabul gören ve yaygınca uygulanan, tüm sanayi sahalarının kent mekânının dışına taşınması prensibine oldukça ters olan bu karar ile, İstanbul'un olumsuz kaderine ne yazık ki bir katkı daha sağlanmıştır.

Cumhuriyet ve sonrası İstanbul'unun, kent-devlet kavramından çıkmış bir ülke olarak tarihinde ilk defa yalnızlığı bu kadar fazlaca hissettiği söylenebilir. Devletin tüm gücünü, yeni bir devlet yapılanması ve endüstri kurulmasına verdiği düşünüldüğünde, ülke sathına yayılan bir üretim şeması ortaya konması ve tüm halk potansiyelinden eşit miktarda yararlanılmasının ön görüldüğü bir çalışmaya girişildiği görülür. Bu sebeple pek çok çalışma proje bazından öteye geçememiştir. (Akan, 2006: 587)

Bu noktadan bakıldığında İstanbul'un mekân anlayışı da bundan nasibini almıştır. Tüm istek ve arzulara rağmen, Cumhuriyet'in ilk yıllarında İstanbul'a şehircilik yaklaşımın, münferit projelerin çevresinde gerçekleştiği görülmüştür.

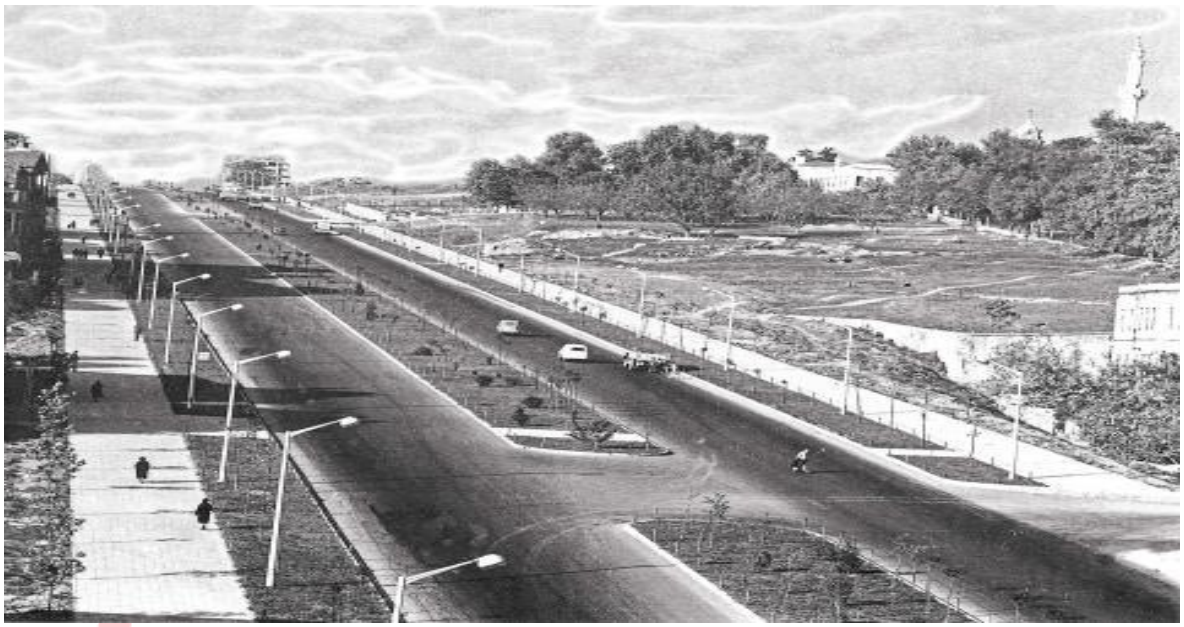
3.2. Menderes Döneminde (1950-1960) İstanbul İçin Kent Politikaları

İstanbul öngörüldüğü gibi, 1950'lerin ilk yarısından sonra büyümeye devam etti. Türkiye'de makineleşme ve ekonomik büyümenin bir sonucu olan kente göç, İstanbul'un nüfusunu iyice arttırmıştır. 1950 ve 1955 yılları arasındaki 5 yıllık süreçte, nüfus 285.000 artarak 1,2 milyon kişi olarak belirlenmiştir. (İstanbul Şehir İstatistiği Yıllığı, cilt 12, 1953-57, (İstanbul, 1958)) Artan nüfusun baskısı, kent çevresindeki gecekondu yapılaşmasını önemli oranda arttırdı. Bu hızlı artış ile birlikte İstanbul'da motorlu araç kullanım sayısı da artmış oldu. (Keyder, 1999 :175)

1950'li yıllar, Cumhuriyetin ilk yıllarına göre daha farklı bir sürecin habercisidir. Modern paradigmanın hem toplumsal hem de mekânsal izdüşümleri bu dönemde kendini gösterir. Üretim yapısında ve tarım sektöründeki modernleşme çalışmaları ve dolayısıyla kentlerdeki sanayileşmeye bağlı hareketlilik, bir nüfus artışına sebep olmuş ve sonrasında liberal ekonominin etkileriyle yeni bir toplumsal hareketlilik ortaya çıkarmıştır. (Eren Özbek, 2017: 134) Bu hareketliliğin temel nedeni köyden kente olan göç olgusudur.

İstanbul'un Cumhuriyet sonrası ikinci büyük planlama dönemi Adnan Menderes'in iktidarı dönemidir. 1950 ile başlayan yıllar, yoğun bir şekilde yaşanan köyden kente göç olgusu ile planlamanın artık zaruri olmaya başladığı farklı bir dönemdir. Sanayileşmenin, bir kalkınma seferberliği olarak iktidar tarafından kabul gördüğü bir dönem olması sebebiyle, Avrupa'nın yaşadığı buhranlı sürecin Türkiye'deki kentlerde ve İstanbul'da yaklaşık 100 yıl sonra etkilerinin görüldüğü bir dönem olarak da kabul edilmelidir. Atatürk dönemindeki seferberlik ile en önemli farkı, bilhassa bu dönemde ciddi kredilerin alınıp devlet eliyle borçlanılmaya başlanılan bir dönem olmasıdır. Bu dönem bir anlamda bayındırlık hizmetlerine dayalı bir iş kolu olan müteahhitliğin ciddi mana da ortaya çıktığı, özel sektörün büyük oranda teşvik edildiği bir dönemdir. Bu durum mekân anlayışındaki dönüşümü de hızlandırmıştır.

Menderes'in imar programı, İstanbul'un genelinde geniş bulvarlar açma fikrine dayanıyordu. Özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasındaki kalkınma hareketlerinin tesiriyle dünyadaki pek çok siyasetçi gibi o da otoyol yapımı konusunda ısrarcı idi. ("London Transportation Study: Phase 3", (Cilt 4, Londra, 1968)) Milli kalkınmanın otoyol seferberliğinin de içinde olduğu bir dizi hareketten dolayısıyla kapitalist bir üretim anlayışından geçeceğine inanıyordu. Prost'un cadde ve meydanlara verdiği anlayış ile tek farkı, bu sürecin mekânsal kalkınma ile refah düzeyinin artacağı inancıydı.



Şekil 5 : *Beşiktaş Barbaros Bulvarı (1950-1960 arası) (https://www.istdergi.com)*

Alınan krediler büyük oranda bayındırlık hizmetleri için harcanacaktı ve şehrin her semti aynı kaliteye sahip yollarla birbirine bağlanacaktı. Karaköy Meydanı genişletilecek ve önce Salıpazarı üzerinden Beşiktaş'a sonra da Boğaz'a bağlanacaktı. Galata köprüsü mevcut yerinden kaydırılarak yeni yapılan Karaköy Meydanı ile birleştirilecekti. Beşiktaş Meydanı da aynı şekilde düzenlenecek ve yeni bir bulvar yolu ile Yıldız'a bağlanacaktı. Eminönü ile Florya arasında yeni bir sahil yolu inşa edilecekti. Yenikapı spor, sanat ve sağlık alanına hitap edecek bir rekreasyon bölgesine dönüşebilecekti. Eyüp yeniden düzenlenecek ve üç ya da dört farklı yolla kent merkezi olarak kabul gören sur içi ve Galata Köprüsü hattına bağlanacaktı. Ayrıca Üsküdar ile Beykoz arasında, Boğaz'a paralel otuz metre genişliğinde yeni bir yol yapılacaktı. (Gül, 2018: 181)

Bu kararları gerçekleştirmek için, doğru veya yanlış bakılmaksızın evler yıkılmaya başlandı. Bunun için, binalar ve konaklar yolların açılması için feda edilirken, birçok yapı istimlak ediliyordu. Ayrıca yeni meydanlar için Marmara Denizi de dolduruluyordu. Böylece Tarihi Yarımada, yürütülen imar faaliyetleri ile tam bir yıkıma sahne olurken, tarihi değerler ve kavramlara önem verilmiyordu. (Akan, 2006: 605) Asıl amaç olan modern İstanbul'un inşa edilmesi için tam bir seferberlik içerisine girildiği söylenmelidir.

Menderes dönemi gecekondulaşmanın da önemli oranda artış gösterdiği bir dönemdir. Menderes'e göre gecekondu sorununun en önemli sebebi yeterli miktarda arsa arzının olmamasıydı. Bu yüzden hükümet yeni yerleşim alanları açmak için satışa çıkarılması gereken arsa sayısını arttırarak bu sorunu çözmek niyetindeydi (Gül, 2018: 181). Bu sebeple İstanbul genelinde bir imar hareketi söz konusu oldu. Bu faaliyetler neticesinde de ciddi oranda bina yıkımları yaşanmıştır. Menderes'in meydan ve yolları açmak için gerçekleştirdiği imar hareketleri esnasında şehirde yıkılan binaların sayısını hesaplamak oldukça zordur. Bu konuyla

ilgili çeşitli kaynaklarda birbiriyle çelişen rakamlar mevcuttur. Bazı akademisyenler Demokrat Parti döneminde 7.289 bina yıkıldığını söylemektedirler. (Tekeli, 2001: 33)

Menderes'in imar programı Prost'un çalışmalarına çok benzer niteliktedir. Şehrin aynı şekilde doğu-batı aksında uzanan geniş caddeler ve bu caddelerin açılması için yapılan yıkım çalışmaları söz konusu olmuştur. Her ne kadar tarihi yarımada korunuyor gibi görünse de bir anlamda çevresinde olan yıkım ciddi şekilde tarihsel bölgeyi de etkilemiştir. Bir açıdan bakıldığında, kentin tarihi silueti yükselen binaların gölgesinde kalarak kendi nispetinde değişim göstermeye başlamıştır.

Genel programa bakıldığında, tarihi bir miras üzerinde oturan Vatan ve Millet caddeleriyle, bir diğer önemli cadde olan Ordu Caddesi'nin yapımı imar programının ana aksıydı. Atatürk Bulvarı'yla birlikte bu caddeler Aksaray semtini Tarihi Yarımada'nın merkezinde tutarak önemli bir kavşak haline getiriyordu. Aksaray'a giden hattın aksı üzerinde yapılan bazı düzenlemeler için yapı bloklarının bazılarının tamamen yıkılması söz konusu olmuştu. Yine aks üzerinde kalan çok sayıda dükkan ve konut yolun düzlemi için feda edildi. Caddelerin genişletilme çalışmaları esnasında birçok Osmanlı eseri yıkıldı. Özellikle tartışmalı kararlar arasında olan 18. yüzyılda yapılmış Simkeşhane'nin önemli kısmı ve 1747'de inşa edilen Hasanpaşa Hanı bu dönemde yıkılmıştır. (Gül, 2018 : 186) Ayrıca yine bu hat üzerinde bulunan, Kazasker Kızıl Abdurrahman Çelebi Camii, Molla Gürani Camii ve haziresi, Taşkasap'taki Selçuk Hatun Camii, Şirmen Çavuş Camii ve türbesi, Aksaray Karakolu, Horhor Hamamı ve Oğlanlar Tekkesi yıkılan değerli yapılardan birkaç tanesidir. (Kaya, 2015: 315)



Şekil 6: *Menderes döneminde Galata'daki yıkımlar. (Vedii Yukuraç Albümü)*

Sirkeci-Florya sahil yolunun (bugünkü adıyla Kennedy Caddesi) inşaatıyla, Marmara Denizi'nin sahilinde yer alan gecekondular yıkılmış ve geniş bir sahil şeridi oluşturularak şehrin denizle buluşması sağlanmıştır. Sirkeci - Kazlıçeşme arası yapılan yol ile Yeşilköy'e doğru inşaat faaliyetlerinin önü açılmıştır. (Yavuz, 2008: 92) Böylece Avrupa yakasındaki Sirkeci – Halkalı arasındaki Banliyö demiryolu hattının çevresinde açılan yeni imar alanları ile yerleşim yoğunluğu bu bölgelere kaydırılmaya çalışılmıştır.

Hızlı nüfus artışı bu dönemde toplu konut çalışmalarının önem kazanmasına sebep olmuştur. Bu durum şehirde yeni bir mekân anlayışı ile yeni yerleşim alanlarının açılmasının

önünü açarken, yeni iş alanlarının da oluşumunu sağlayarak nüfus artışını tetiklemiştir. Toplu konut anlayışının güzel örneklerinden birisi olarak kabul gören yine Bakırköy'ün sahil şeridinde kalan Ataköy Evleri bu dönem de inşa olmuştur. (Kaya, 2015: 321) Belirli bir gelir düzeyindeki ailelerin toplu konutta bir arada oturmasına imkân veren bu uygulama, aynı zamanda bölgede gayrimenkulün değerlenmesine de sebep olmuştur.

Diğer yandan Levent semtinin de oluşumu benzer şekilde bu dönemdedir. Bahçeli tip ve tek, iki ya da üç katlı evlerden oluşan bu semte bir anda yoğun bir ilgi olmuş bu durum da devamının, 1, 2, 3 ve 4. Levent olarak gelmesinin önünü açmıştır. (Kaya, 2015: 322) Bu oluşan mutena semtlere zaman ile toplu taşıma hizmeti de verilerek, bu semtlerde nüfus artışı teşvik edilmiştir.

Bu dönemde açılan Mecidiyeköy ve Bomonti semtlerindeki bira, çikolata ve dokuma fabrikaları Çağlayan, Gültepe, Kuştepe gibi işçi ailelerinin yaşadığı düşük gelirli semtleri ortaya çıkardı. Eyüp-Topçular ve Topkapı-Maltepe aksında yer alan kent içi sanayi bölgeleri de Taşlıtarla, Bereç, Küçükköy, Karadeniz Mahallesi ve 500 Evler'in birer gecekondu semti olarak oluşmasına sebep oldu. Ayrıca, Bakırköy ve Merter'deki sanayi bölgeleri Esenler, Bağcılar, Güngören gibi semtlerdeki yeni gecekondu alanlarına yol açtı. (Kaya, 2015: 329) Bir yandan gecekondulaşma ile mücadele edilirken, diğer yandan da yeni oluşan bu düşük gelirli yeni semtlerin kent içerisinde yer etmesi, iktidar politikalarını da zora sokmuştur.

Gecekondulaşan bölgeler, daha sonradan buradan çıkarılması mümkün olmayan kişilere verilen tapularla yasallaştırılmaya çalışıldı. Fakat bu gerçekleştirilirken, söz konusu bölgelerdeki altyapı problemlerinin henüz halledilmemiş olması ve o bölgelerin sosyokültürel mekânlardan yoksunluğu, bu türedi mahallelerin kent ile bağlantısını mümkün kılmamıştır. Dolayısıyla bu durum ile çarpık kentleşme adı altında ortaya çıkan sorunların üzerine yenilerinin eklenmesine neden olunurken, bu bölgelerde bir kentli bakış açısının oluşmasının da önüne geçmiştir.(Akan, 2006: 618)

Bir zamanların ulema semtleri olarak adlandırılan Vefa, Süleymaniye, Vezneciler gibi tarihi mekanlar ile Eminönü, Bayezid, Aksaray gibi semtler, yeni göçmenlerin yerleştiği ve seyyar satıcılık yaparak geçimlerini sağladığı yaşam alanları haline gelmiştir. Bu semtlerin eski sakinleri de daha nezih kabul edilen Ataköy ve Levent gibi yeni yerleşimin olduğu toplu konut alanlarına çekilmişlerdir. Tarihi semtin ve oturduğu binanın değerinin farkında olmayan bahse konu yeni sakinleri, üzerine maddi sıkıntıların da eklenmesi ile ahşap mimarinin seçkin unsurları olan oturdukları konutlara büyük zararlar vererek çöküntüye sebep olmuşlardır. (Kaya, 2015: 330)

1950'ler ile birlikte bir değişim sürecine giren mahalle kavramı ve bilinci, 1980'lerle birlikte hızla çözülmeye ve çöküşe geçmeye başladı. Bir zamanlar mahalle kavramı, İstanbul'un ruhu demekti. Dolayısıyla mahallenin kendine has bakkalı, kasabı, manavı, imamı, kahvehanesi, kabadayısı olur ve yeni nesil geleneksel edep ve erkânı ailesinden sonra semtindeki büyüklerinden öğrenirdi. Mahalle kültürü, yerleşim düzeninin ve kentteki yaşam kültürünün de belirleyicisiydi. İnsanlar birbirlerinin mahremiyetini sıkıntıya sokacak şekilde ya da komşusunun manzarasını kapatacak biçimde ev yapmaz, yapamazdı. Bu sebeple komşuluk hakkı son derece önemsenirdi. (Kaya, 2015: 336) Tek veya birkaç katlı olan yapılaşmanın, yeni düzende yüksek katlı apartmanlara dönüşmesi ile komşuluk ve mahalle ilişkileri de farklı bir boyuta döndü. Aynı apartmanda dikine düzende oturan bina sakinleri, yatay düzende olan mahalle sakinine göre daha az görüşür oldu. Bu durum mekan anlayışının dönüşümünü hızlandırmış oldu.

20. yüzyıl başlarında köşkler, müstakil evlerde yaşam söz konusuyken, ilk imar düzenlemeleri 1930 – 1960 yılları arasında başlayınca apartmanlaşmanın temelleri atılmış oldu. 1964 – 2000'li yıllara kadar olan süreç ise apartmanlaşmanın yoğun olduğu bir dönemdir. Aynı zamanda mahalledeki mekân anlayışının ve mekâna dayalı organizasyon mantığının kökten bir şekilde değiştiği görülür. (Eren Özbek, 2017: 132)

İstanbul'da sınıflar semt olarak kendilerine yer bulmuştur. Yeni sınıflar gece kondu semtlerini oluştururken, gelir düzeyi yüksek tabaka da kendi semtlerine çekilerek burada daha komin bir hayatı tercih etmişlerdir. Kentin kültürel haritası içerisinde bulunan kent plajları da bu dönemde elden geçirilerek halkın hizmetine sunulmuşlardır. Anadolu yakasının en önemli plajları Suadiye, Caddebostan, Süreyya, Salacak ve Bostancı plajları ile Avrupa yakasındaki Florya, Yeşilköy, Ataköy plajları ile Boğazdaki Büyükdere ve Tarabya plajları kent kimliği kazandırılarak halka açılan plajlar olmuştur. (Kaya, 2015: 322) Bu plajların her birisi de bu semtlerde yaşayan semt sakinlerine hizmet verdiği düşünülmelidir. Yeni işçi sınıflarının oluşturduğu semtlerin müdavimlerinin bu plajları bir kentli kimliği ile kullanabildiğini düşünmemek gerekir. Çünkü kentteki ayrışma ile bu semtlerdeki çalışan kesim vaktinin çoğunu ancak geçinmek için harcarken, kendi mekânında rahatlamak için kahvehane gibi toplumsal mekânları tercih etmesine sebep olmuştur.

Her ne kadar gecekondulaşma ile iktidar düzeyinde mücadele veriliyor gibi görünse de toplumsal hareketliliğe bağlı zorunluluktan dolayı gecekondular ortaya çıkmaya devam etmiştir. Kent toprağının yeni göç dalgası ile değerlenmesi, nüfus artışı ve peşinden gelen talep ile birlikte inşaat sektörü bir iş alanı olarak kendine yer edindi. Bunun neticesi olarak kent ölçeğindeki imar sürecinde apartmanlar hızla kendine yer buldu. (Eren Özbek, 2017: 139) Çarpık kentleşme olarak nitelendirilmesi gereken bu durum, kentsel yapılaşma kurallarına uymuyordu ve altyapı problemleri yaşıyordu. Fakat tüm bunlara rağmen söz konusu çarpıklık, kent kimliği ve siluetinde bir müddet sonra kendine yer bulmuş oldu. (Balamir, 2003: 303)

1950 - 60'lar ile 1980 - 1990'ların İstanbul'u arasındaki fark yalnızca nüfus artışı ile ilişkili değildir. Kentin hem toplumsal, hem de fiziksel yapısı söz konusu gerekçelerle bütünüyle değişmiştir. Dolayısıyla bir kentsel varlık olarak bütünlüğü ve yapısını hissedebilmek giderek olanaksızlaşmıştır. (Kuban, 2004: 414) Bozulan bu bütünselliğin iki aktörü olan kentin eski ve yeni yerleşimleri, İstanbul'un iki ayrı çehresi olarak mekân anlayışının şekillenmesinde rol oynamıştır.

Tüm bu süreç boyunca aktörlerden birisi olan gecekondu anlayışı, kent içinde kendine özgü kırsal çekiciliği sahip, iyileştirilebilir bir hastalık olarak yorumlanmıştı. Ancak ne yazık ki bu fazla iyimser yaklaşımın sonucunda, herhangi bir uygar kent ortamıyla uyuşmayan ve düzeltilmesi zor olan bir düzensizlik ve çirkinlik ortaya çıkmıştır. (Kuban, 2004: 416)

Bu dönemde İmar Planı ile ilgili çalışmalar başlamadan ve çalışmalar esnasında, konuyla ilgili detaylı projelendirmenin yapılmamış olması, modern akademik çevrelerde sert eleştirilen bir konu olmuştur. (Boysan, 1993: 84) Görüldüğü üzere bu dönemde açılan yollar, İstanbul ulaşımında günümüze kadar etkisini sürdüren önemli bir ağa hizmet etmektedir. Ancak yol inşaatları ile birlikte gerçekleştirilen plansız imar faaliyetlerinin bir neticesi olarak kentin sosyokültürel yapısında tamir olunamaz yaralar açılmıştır. Dolayısıyla bu durum, belediyecilik işlerinin taşıdığı sorumluluğun ne derecede önemli olduğunu ve şehrin dokusunu derinden etkileyecek projelerin ancak uzman kişiler aracılığıyla yapılmasının gerekliliğini gösterir. (Kaya, 2015: 319)

4. Sonuç ve Değerlendirmeler

Kent mekanı, Endüstri Devrimi'nden sonra siyasi iktidarların şekillendirdiği bir meta oldu. Daha önce kamusal alanları şekillendiren otorite, özellikle sermayenin de desteğini alarak tüm yaşam alanları hakkında söz sahibi olmuş oldu. Bu konun asıl hassasiyeti, bunu yapabilme yetisi içerisinde olmayan, uzmanlaşmamış iş gücünün bu göreve getirilmiş ve yürütülmesinden sorumlu olmasıdır.

Şehirlerde yaşamın modern anlayış ile yenide dizaynı, bir anlamda kent için köklü olan bir kültürel mirasın yeni bir bakış ile gözden geçirilmesi anlamı taşıdığı kabul edilmelidir. Dünyada kent ölçeğinde modernleşme adı altında yapılan çalışmaların aslında kentlerin yıkılarak yeniden yapılması üzerine kurgulandığı aşikârdır. Bunun neticesinde oluşan yeni

kent, eski kente dair bağlantılarını büyük oranda terk etmiş bir durumda yeniden varlık göstermeye çalışır.

Modernleşme sürecindeki bu hareketlenmeden İstanbul'da etkilenmiştir. Bu makalenin konusu İstanbul'un kent mekânının dönüşümünü şehircilik bakış açısıyla iki dönem üzerinden incelemektir. Bu dönemler siyasi otoritelerin kent mekanı üzerinde söz sahibi olduğu ve yenileşme çalışmalarının aktif olarak gerçekleştirildiği dönemlerdir. Bu dönemlerden birisi Cumhuriyet'in ilk yıllarını kapsayan ve tek partili dönem ile 1950 yılına kadar ki süreçtir. Bu dönem, devletin çalışma erklerinde köklü bir sistem değişikliği yapılan ve yeni kanunlar nezdinde idare mekanizmasının oturduğu bir dönemdir. Bu mekanizma işletilirken, şehircilik anlamında da bir takım kararlar alınmıştır. Bir diğer dönem de 1950 ve 1960 yılları arasındaki Menderes dönemi diye adlandırılan dönemdir. Bu dönem bir diğer radikal kararların alındığı bir dönemdir. Bu iki dönemin İstanbul'un kentsel dönüşümündeki etkileri oldukça önemlidir.

Cumhuriyet'in ilk yılları (1923-1950) Türkiye için maddi sıkıntılar ile geçmiş, Osmanlı Devleti'nden devir alınan borçlar yapılandırılmaya çalışılmıştır. Bu durum bayındırlık hizmetlerinin ikinci plana atılmasına sebep olmuş, daha ziyade üretim endeksli fabrikalaşma üzerinde durulmuştur. Üretim ve ürün odaklı bu anlayış neticesindeki hedef sosyal kalkınmadır. Tüm bunlara ragmen ülke için önemli bir değere sahip olan iki şehir üzerinde şehircilik anlamında çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan birisi Ankara, diğeri de İstanbul'dur.

Bu dönemin en önemli ismi Prost'tur. Prost'un İstanbul'a daveti ve bu daveti kabul edip çalışmalara başlaması Kent için yapılan girişimlerin ne derece önemsendiğini gösterir. Prost, Cumhuriyet'in ilk yıllarında İstanbul'u modern bir şehir haline getirmeyi hedefliyordu. Ancak bunu yaparken kent ölçeğinde tıpkı Paris'teki gibi bir takım köklü değişiklikler ile mekân dönüştürmek niyetindeydi. Ama yinede İstanbul'un tarihi mirasına olan saygısı, Paris'teki kadar köklü kabul edilebilecek değişikliklerin gerçekleştirilmesini engellemiştir. Tarihi yarım adada belirli dokunuşlar hariç gerçek manada yıkıcı bir faaliyetten kaçınmıştır.

Kentlerin yüzyıllardır elde edilen tarihsel mirasını silerek, kenti tipik bir modern endüstri kenti haline getirmek 20. yüzyıl başlarında bir açıdan tüm Avrupa kentlerinin yaşadığı en temel problemdi. Açıkçası bu durum yıkılan binalar, mekânlarından sürülen insanlar, ilk etapta alışılması zor geniş caddeler ve yeni yüksek katlı apartmanlar demekti. Bir açıdan değiştirilen toplumsal hafızanın kültürel dinamikleriydi.

Cumhuriyet'in ilk yıllarında yapılan girişimler, İstanbul'un mevcut alt yapı problemlerine ve nüfus dağılımına göre gerçekleşen dengesiz yerleşimine bir çözüm olamamıştır. Daha çok modern bir etki ile yeni bir şehircilik ve mimari anlayışı oturtulmaya çalışılmıştır. Bunun için ana arterler dikkate alınmış, bu arterler üzerinden İstanbul'un belirli akslarda genişlemesi ön görülmüştür. Geniş cadde ve meydanlar planlanırken, Tarihi Yarımada korunmaya çalışılmıştır. Bu konunun başarısı ise çok tartışmalıdır.

Menderes Dönemi (1950-1960) olarak isimlendirilen dönem, İstanbul'un daha plansız hareket edildiği dönem olarak nitelendirilmelidir. Bu dönem biraz daha arazi odaklı ve toprağın değerlenmesine yönelik adımların atıldığı bir dönemdir. Popülist ekonominin tüm şartlarının uygulanması hedeflenmiş, bu sebeple bayındırlık hizmetleri ile iç piyasanın hareketleneceği ön görülmüştür. Bu sebeple müteahhitlik sektörü ortaya çıkmış, konut ve altyapı müteahhitleri hem devletten hem de vatandaştan işler alarak ciddi bir gelir havuzu oluşturmuştur.

Bu dönem, makineleşme ve tarım sektörüne yapılan yatırımların yoğun olduğu bir dönemdir. Makine ve yedek parça üretimine yapılan girişimlere teşvikler verilmiştir. Bu sebeple iş istihdamı olanakları artmış ve köyden kente bir göç hareketi söz konusu olmuştur. Bu sebeple dönemin en büyük mücadelesi gecekondusal yapılaşma ile olmuştur. Ancak yaptırımlar işgaliye bölgelerinin yasallaştırılması üzerine olduğu için çarpık bir kent oluşumunun temelleri atılmıştır. Gecekondu sorununa bir çözüm de üretilememiştir.

Kent ölçeğinde gelir düzeyine göre bir sınıflaşma olmuş, kentin iki yüzü ortaya çıkmıştır. Yeşilköy, Levent ve Ataköy gibi yeni açılan yerleşimlere varlıklı İstanbullular rağbet

ederken, burada daha ferah ve geniş konutlarda daha komin bir yaşam tarzı geliştirmişlerdir. Onların bıraktıkları Fatih, Bayezıt, Vefa ve Süleymaniye gibi sur içindeki semtlere düşük gelirli yerleşimciler geçmişlerdir. Dolayısıyla kent ve kentlilik bilinci biçim değiştirmiştir. Buralardaki belirli sayıdaki tarihi binada yaşama yoluna giderek, bilinçsizce tahrip etmişlerdir.

Mecidiyeköy, Bomonti, Bakırköy, Merter ve Topçular gibi yeni açılan sanayi bölgeleri için, çalışmak üzere gelenlerin yerleştiği Çağlayan, Gültepe, Kuştepe Taşlıtarla, Bereç, Küçükköy, Karadeniz Mahallesi, 500 Evler, Esenler, Bağcılar ve Güngören gibi yeni işçi semtleri oluşmuştur. Bu semtlerin oluşumunun fabrikalaşma ile doğru orantılı olduğu düşünülürse, oldukça hızlı bir yerleşimin söz konusu olduğu söylenmelidir. Dolayısıyla kentsel planlamanın ana esasları olan altyapı, yol ve toplu ulaşım gibi hususlar tam olarak planlanamamıştır.

Diğer yandan kent mekânı olarak ele alındığında Prost'un uygulama yöntemine benzer bir yol uygulanarak, ana arter üzerine oturan caddeler ve buna bağlanan ara yollar düşünülmüştür. Bununla birlikte kayda değer noktalarda öngörülen meydanlar ile İstanbul'un genişletilmesi sağlanmak istenmiştir. Bahse konu akslar üzerinde yapılan bina yıkımları kayda değerdir. Yıkılan binaların içerisinde olan tarihi eserlerin yol çalışmalarına feda edilmesi konunun tartışılması gereken ayrı bir boyutudur.

Siyasi iktidarların popülist genişlemeler ile plansız olarak kentsel planlamalara girişmeleri, ne yazık ki şehirlerin dokularını bozmaktadır. Özellikle kentleşmenin yoğun yaşandığı dönemler olan Endüstri Devrimi sonrası şehircilik hareketleri, tüm dünyada olduğu gibi yeni Türkiye Cumhuriyeti'nin de hedeflerinin içerisindeydi. Ancak göç ile gelen yeni konut ihtiyaçları ve bunun devamında oy ve rant kaygısıyla ortaya çıkan çarpık planlama, neticesinde şehirlerin yerleşim ve alt yapı düzenini fazlasıyla bozmuştur.

İki dönem karşılaştırıldığında, her iki dönemin de kendi iç dinamikleri içerisinde kent planlamasına bakışı değerlendirilmelidir. Cumhuriyetin ilk yıllarının hedefi kentsel planlamadan ziyade ulusal kalkınmadır. Bu sebeple öncelikli üretim ve neticesinde miras olarak gelen borç yükünün hafifletilmesidir. Dolayısıyla alınan kararlar, kent ölçeğinde münferit dokunuşlara sebep olmuştur. Her ne kadar cesur adımlar atılmak istenmişse de ekonomik gerekçeler ile yatırımların büyük bir kısmı askıya alınmıştır.

Benzer ekonomik sıkıntılar, çok partili sisteme geçildikten sonra da devam etmiştir. Menderes dönemi popülist ekonomik reformların yapıldığı bir dönemdir ve bu dönem neticesinde bir refah düzeyi artışı söz konusu olmuştur. Bunun en temel sebeplerinden birisi tarımda makineleşme ve sermaye yatırımlarının önünün açılmasıdır. Yeni bir Burjuva sınıfı devlet eliyle yaratılmak istenmiştir. Ancak, Menderes döneminin kent mekanı üzerindeki yapılaşma stratejisinin daha agresif ve plansız olduğu dikkate değerdir. Bu sebeple bugünkü İstanbul'un çarpık yapılaşmasının ilk temellerinin atıldığı dönem olduğu gerçeği tespit edilmelidir. Sonraki yıllardaki iktidarlar, bu dönemdeki kent politikalarının açtığı sıkıntıları çözmek için mücadele vermekle birlikte, ne yazık ki iktidar mücadelesi ve oy kaygısı problemlerin çözümünden çok büyümesine sebep olmuştur.

İstanbul'un günümüzdeki kent problemlerinin pek çoğunun temelinin, son 100 yılda atılmış olduğu kent araştırmacıları tarafından dile getirilmektedir. Özellikle çarpık yapılaşma ve alt yapı ile ilgili sorunlar, uzun bir süredir kent ölçeğinde çözülmeye çalışılmaktadır. Günümüzde çarpık yapılaşmanın olduğu semtlerde kentsel dönüşüm uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulama ile eski çöküntü semtlerin genelinde siteleşme başlamış, eski ve gecekondu niteliği taşıyan teknik olarak yetersiz binalar yıkılmıştır.

Ancak bunun neticesinde günümüzde dahi müteahhittin rant odaklı çalışmasının ve bahse konu çalışmalarda hatırı sayılır bir gelir elde etmesinin önüne geçilememiştir. Dolayısıyla kentsel dönüşüm adı altında yapılan ve yeni mekân anlayışının empoze edildiği yapılaşmada ne yazık ki vatandaş mağduriyetinde de bir artış gözükmüş, bölge sakinlerinin problemlerinin çözülmesinde istenildiği kadar etkili olunamamıştır.

Dolayısıyla geçmiş dönemdeki kent politikalarının günümüzdeki yansımaları, oldukça sıkıntılıdır. 1950'li yıllarda bir meslek olarak kendine yer eden müteahhit olgusu, kent mekanı üzerinde söz sahibi olarak, şehrin yapılaşmasında günümüzde de etkili olmuştur. Bu sebeple rant odaklı imar planları, yeni konut alanlarının şekillenmesinde büyük belirleyici bir rol üstlenmiştir.

Makale konusu olan iki dönemin İstanbul için imar ve mekân ile ilgili çalışmalarının yetersiz olduğu bir gerçektir. Bunun temel sebebi, kentsel planlamaya daha bilimsel ve uzmanca yaklaşımın söz konusu olmamasıdır.

Kaynaklar :

Akan, M. (2006). Ruhunu Arayan Şehir : İstanbul, İBB & Arkeoloji Ve Sanat Yayınları, İstanbul.

Alver, K. (2008), Mekân Tartışmaları ve Değişen Mekân Algısı, Hece Dergisi, Sayı: 138/139/140, S. 557-570.

Alver, K. (2010). Siteril Hayatlar, Hece Yayınları, İstanbul.

Akyüz, E. (2021). Farklı Boyutlarıyla Kent ve Kentleşme, Paradigma Akademi, İstanbul.

Aru, K. A., (1982) Türkiye'de İmar Planı Yarışmaları Tarihi, Türkiye Birinci Şehircilik Kongresi, II, OTDÜ 3. Ankara

AYTAÇ, Ö. (2006). Mekanın Sosyolojisi: Toplumsalın Yeniden Kuruluşu, Sosyoloji Ve Coğrafya, Kızılelma Yayınları, İstanbul,2006

Balamir, A. (2003). Mimarlık ve Kimlik Temrinleri – I: Türkiye'de Modern Yapı Kültürünün Profili, Mimarlık Dergisi, 303, İstanbul.

Boysan, B. (1993). Politik Hummanın Silinmeyen İzleri: Halkla İlişkiler Stratejisi Olarak İstanbul'un İmarı, İstanbul Dergisi, s-4, Türk Tarih Vakfı İstanbul.

Bozdayı, M. (2005). Çağdaş Kent Yaşamında Mekân Sorunları. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Castells, M. (1997). Kent, Sınıf, İktidar, (Çev. A. Erendil), Bilim ve Sanat Yayınları, Ankara.

Demir, R. (2019). Mekân, Toplum ve Kimlik İlişkisi (ed. M. Karakaş) Kent, Mekan ve Toplum, Tezkire Yayıncılık, İstanbul.

Duru, B. & Alkan, A. (2002). 20.yy'da Kent ve Kentsel Düşünce, İmge Yayınları, İstanbul.

Eren, Ö. İ. (2017). Mahalle : Yeni bir Paradigma Mümkün mü?. Tuti Kitap, İstanbul.

Fishman R. (2002). 20. Yüzyıldaki Kent Ütopyaları. İmge Yayınevi, İstanbul.

Geniş, Ş. (2011). Küreselleşme, Kent ve Kültür İdeal Kent Sayı 3 sf 48-61, 2011

Giddens, A. (2010). Modernliğin Sonuçları, Çevirmen : Ersin Kuşdil. Ayrıntı Yayınları, İstanbul.

Gül, M. (2018). Modern İstanbul'un Doğuşu: Bir Kentin Dönüşümü ve Modernizasyonu, Çev. Büşra Helvacıoğlu, Sel Yayıncılık, İstanbul

Harvey, D. (2003). Sosyal Adalet ve Şehir, Çev. M. Moralı, Metis Yayınları, İstanbul.

Karakaş, M. (2019), "Kent, Mekan ve Toplum: Mekan Sosyolojisine Giriş", (ed. M. Karakaş) Kent, Mekan ve Toplum, Tezkire Yayıncılık, İstanbul.

Kaya, Ö. (2015). Cihan Payitahtı İstanbul, 2500 Yıllık Tarihi, Timaş Yayıncılık, İstanbul.

Keyder, Ç. (1999), "A Tale of Two Neigbourhoods", Istanbul Between the Global and the Local (Lanham: Rowman & Littlefield) sf 175.

Koyuncu, A. & Akkaya C. (2019). Mekân Tasavvuru ve Sosyolojide Mekâna İlişkin Temel Yaklaşımlar, (ed. M. Karakaş) Kent, Mekân ve Toplum, Tezkire Yayıncılık, İstanbul.

Kuban, D. (2004) İstanbul Bir Kent Tarihi, Tarih Vakfı Yurt Yayınları, İstanbul.

Lefevbre, H. (2014). Mekânın Üretimi, (Çev. I. Ergüden), Sel Yayıncılık, İstanbul.

London Transportation Study: Phase 3, (1968). Cilt 4, Londra.

Lynch, K. (1981), A Theory of Good City Form, MIT Press, Cambridge, MA.

Mumford, L. (1954). The Neighborhood and the Neighborhood Unit The Town Planning Rewiew, Liverpool University Press, Vol:24, s.256-270

Osmanlıoğlu, M. (2022). Şehir ve Mimari : Karton Kentlerden, Ruha Dokunan Şehirlere, Erkam Yayıncılık, İstanbul.

Özdemir E. (2010). Kentin Tanımlanmasında Sosyolojik Yaklaşımlar: Toplumsal Süreç ve/veya Mekanın Çözümlenmesi , İdeal Kent, 1(1):44-77.

Uluskan Bayındır S. (2007). Atatürk Dönemi'nde İstanbul'un İmarı ve Henry Prost Planının Basındaki Yankıları (1936-1939), Erdem, İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı, Ankara.

Uğraş, M. (2019). Bütüncül Bir Kent Teorisinin İmkânı: Beden-Mekân-Kent İlişkiselliği, (ed. M. Karakaş) Kent, Mekân ve Toplum, Tezkire Yayıncılık, İstanbul.

Uğraş, S. (2019). Mekanın Toplumsallığı: Modernizmden Postmodernizme Mekan Algısının Dönüşümü, (ed. M. Karakaş) Kent, Mekan ve Toplum, Tezkire Yayıncılık, İstanbul.

Alsaç Ü. (1993), Türk Kent Düzenlemesi ve Konut Mimarlığı, İletişim Yayınları, İstanbul.

Tekeli, İ. (1993). Henri Prost, Dünden Bugüne İstanbul Ansiklopedisi, VI, 286. Türk Kültür Bakanlığı & Tarih Vakfı Yayınları, İstanbul.

Tekeli, İ. (2001). Modernite Aşılırken Kent Planlaması, İmge Kitapevi, Ankara

Yavuz, Ü. (2008). Demokrat Parti Dönemi İktidarı Döneminde İstanbul'a İlişkin İmar Politikaları ve Faaliyetleri, İstanbul Ünv. Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yerasimos, S. (2000). İstanbul, İmparatorluklar Başkenti, Tarih Vakfı Yurt Yayınları 103, İstanbul.

https://istanbultarihi.ist
https://www.istdergi.com
http://mimdap.org
http://www.newyorkcity.ca
https://onedio.com/
(Vedii Yukuraç Albümü)

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Investigation of Indoor Air Quality in Mosques

Erdem GÜLAÇMAZ[1]
Bahar ŞAHİN[2]
Ümit ARPACIOĞLU[3]

Abstract

Natural ventilation will be one of the most important factors in improving indoor air quality in buildings. Considering the presence of epidemics today, natural ventilation should be given more importance as mass worship is performed in religious building groups such as mosques. In this study, evaluations will be made on the structures whose design has been completed. Today, active ventilation systems are used extensively in mosques to provide both indoor air quality and thermal comfort conditions. With the spread of the SARS-CoV-2 pandemic, the gathering of people collectively has also created a problem in religious structures. For this reason, a restriction has been made in the user density and the use of active ventilation systems in mosques. In the study, the most important aim will be to minimize the need for active systems and to examine the maximum use of passive systems. In these buildings, it is very difficult to provide ideal physical environmental conditions since the usage period, user profile and usage intensity are variable. In natural ventilation, the design, material and correct use of building elements such as windows and doors play an important role in the intake of fresh air in the outdoors. The internal volume of mosque structures is one of the important factors that determine the increasing need for clean air quality. In these buildings, natural ventilation suggestions to be made in order to reduce the contamination during epidemic periods will be very important. The speed and direction of indoor air, CO_2 density can be listed at the beginning of the most important factors that reduce the amount of disease transmission. Indoor air quality is generally not met during mass prayers in religious buildings.

Keywords: Natural ventilation, mosques, SARS-CoV-2, indoor air quality

[1] Öğr. Gör., Samsun Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Orcıd: 0000-0001-8174-7576
[2] Doktora Öğrencisi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Orcıd: 0000-0002-5704-7665
[3] Doç. Dr., Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Orcıd: 0000-0001-8858-7499

GİRİŞ

Camiler, İslam dini mensuplarının ibadet, çeşitli etkinlik ve törenler için kullandığı dini yapı türleridir. Hacim farklılıkları, aralıklı kullanımları, kullanım sürelindeki değişkenlik, kullanıcı profilindeki çeşitlilik gibi birçok faktörden dolayı diğer yapı türlerinden farklı bir kamusal yapıdır.

Covid-19 salgını belirli bir süre tüm dünyayı olumsuz yönde etkilemiştir. Tüm kamusal alanlarda ve yapılarda çeşitli tedbirler alınarak salgın hastalığın yayılmasının önüne geçilmek istenmiştir. Salgın hastalığın yayılmasına karşı sosyal mesafe, maske, hijyen, sınırlı kullanım gibi tedbirler alınmıştır. Kamusal yapıların kullanım süreleri ve şeklindeki en farklı olanı, insanların toplu bir şekilde kullandığı yapı türleri dini yapılardır. Bu çalışmada konu olarak dini yapı türlerinden biri olan camiler ele alınmıştır.

Camiler turistik ziyaret kullanımı dışında ibadet maksatlı yıl boyunca günde beş defa kullanılmaktadır. Bunun dışında yine yıl boyunca her cuma öğlen saatlerinde, yılda 2 defa sabah vakti dini bayramlarda ve Ramazan ayında günün son vakti olan yatsı vaktinde kullanılmaktadır. Tiyatro, spor salonu, kütüphane, alışveriş merkezi gibi diğer büyük hacimli yapılara kıyasla içindeki enerji tüketimi, ısıl konforu ve iç hava kalitesi (IAQ) de farklı olacaktır. (Yüksel vd., 2022)

Covid-19'un insanlara hava yoluyla bulaşması sebebiyle camilerde HVAC (ısıtma, havalandırma ve soğutma) sistemlerinin salgın hastalığın bulaş riskini artırabileceği düşünüldüğünden kullanımı sınırlandırılmış olup kullanım planlaması yeniden ele alınmıştır.

Türkiye'de Diyanet İşleri Başkanlığı 2023 verilerine göre cami sayısı yaklaşık olarak 90.000 adet olmasına karşın, camilerde iç hava kalitesini değerlendiren çalışması sayısı yetersizdir. Bu çalışmanın amacı bu konuda bir farkındalık oluşmasını sağlamaktır.

İç Hava Kalitesi

İç hava kalitesi, özellikle insanların yaşadığı, çalıştığı veya önemli miktarda zaman geçirdiği kapalı alanlarda, binaların veya yapıların içindeki ve çevresindeki havanın kalitesini ifade eder. Bu iç ortamlarda yaşayan bireylerin sağlığını, konforunu ve refahını etkileyebilecek çeşitli faktörleri kapsar.

İç Hava Kalitesi (IAQ) ölçümü, kapalı bir mekandaki havanın kalitesini analiz etmek için yapılır. İnsanların çoğu faaliyetleri kapalı alanlarda gerçekleştirdikleri için, kapalı alanlardaki kirletici unsurların dış ortamdakine göre önemi daha fazladır.(Arens, 2017)

Pandemi ile beraber iç hava kalitesinin mekanlardaki önemi daha da artmıştır. İç Hava Kalitesi (IAQ), insan sağlığı üzerindeki etkisi nedeniyle dünya genelinde önemi büyüktür. Havadaki kirleticilerin sınır değerlerin üzerindeki yoğunluklarına kısa ve uzun süre maruz kalmak hasta bina sendromu (SBS), baş ağrısı, konsantrasyon eksikliği, mide bulantısı, solunum yolu semptomları gibi hastalıklara neden olabilir ve bazı durumlarda kanser gelişme riskini artırabilir (Sarkhosh vd., 2021). İklimlendirme sistemleri ideal termal konfor ve iç hava kalitesini sağlamak üzere kullanılan aktif bir araçtır. COz (Karbondioksit), CO (Karbonmonoksit), NOx (Nitrojen oksitler), SOX (Kükürt oksitler) gibi hava kirleticileri mekanlarda sıklıkla rastlanabileceği gibi, uçucu organik bileşikler (VOCS), partikül maddeler (PM2.5, PM10) de yapılarda iç hava kalitesinin bozulmasına neden olan faktörlerdir (Reda, 2023; Seppanen vd., t.y.; Zhang vd., 2017).

Türkiye'de iç hava kalitesine ilişkin standartlar Avrupa Birliği (AB) çevre mevzuatına göre hazırlanan, 2008 yılında yürürlüğe girmiş olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) ile oluşturulmuştur. Bu yönetmelikte, PM10, sülfür dioksit, nitrojen dioksit, kurşun, benzen, karbon monoksit vb. Kirleticiler için sınır değerler belirlenmiştir. Yönetmelik 2013 tarihinde, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca Avrupa Birliği tarafından

belirlenen hava kalitesi limit değerlerine uyumlu olacak şekilde güncellenerek, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi yayınlanmıştır (Arıkan & Tekin, 2020).

Bu genelgede belirlenen bazı kirleticiler hakkında sınır değerler Tablo 1'de yer almaktadır.

Kirletici	**Değer**	**Referans**
PM10	50 µg/m3 (24 saatlik)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013
SO_2 (Sülfür dioksit)	125 µg/m3(24 saatlik)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013
NO_2 (Nitrojen oksit)	40 µg/m3 (yıllık)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013
Pb (Kurşun)	0,5 µg/m3 (yıllık)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013
Benzen	7 µg/m3 (yıllık)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013
CO (Karbonmonoksit)	10.000 µg/m3 (8 saatlik)	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013

Tablo 1. *İç hava kalitesi kirleticilerine ait sınır değerler (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, t.y.)*

İç hava kalitesi konusundaki temel standartlar ASHRAE 62.1 (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality) ve EN 15251 (Indoor Environmental Input Parameters for Design and Assessment of Energy Performance of Buildings Adressing Indoor Air Quality, Thermal Environment, Lighting and Acoustics)'dir. İç mekân hava kalitesini etkileyen kirleticilerden CO2 (Karbondioksit) için Uluslararası Standartlarda belirlenen değerler Tablo 2'de gösterilmektedir.

Referans	**Kat. A/ Kat. I**	**Kat.B/ Kat. II**	**Kat. C/ Kat. III**	**Açıklama**
EN 16798-1	550	800	1350	Dış ortam konsantrasyonunun üzerinde
EN 15251	350	500	800	Dış ortam konsantrasyonunun üzerinde
ASHRAE 62.1	700 ppm			Dış ortam konsantrasyonunun üzerinde
DSÖ	1000 ppm			Kabul edilebilir
EPA	800 ppm			Kabul edilebilir
OSHA	600-1000 ppm			Tercih edilen

Tablo 2. *Önerilen karbondioksit (CO_2) konsantrasyonu aralıkları (Reda, 2023).*

İç mekân hava kalitesini etkileyen bazı faktörler şöyle sıralanabilir:

Kimyasal kirleticiler: Bunlar arasında temizlik ürünleri, boyalar, yapıştırıcılar ve yapı malzemeleri tarafından yayılan uçucu organik bileşikler (VOCS) ile tütün dumanı ve diğer iç mekân kirleticileri yer alabilir. Uçucu Organik Bileşikler (VOCS) hava örneklerinde kimyasal seviyelerin oranını belirlemek için genellikle bir kılavuz olarak kullanılır. Bu seviyeler bina sakinlerinin tahriş ve rahatsızlık potansiyelini yansıtır. VOC' lerin yol açtığı semptomlar hafif

tahrişten ölüme yol açabilecek toksisite seviyelerine kadar ilerleyebilir (Ahmed Abdul–Wahab vd., 2015).

Biyolojik kirleticiler: Bunlar, iç ortamlarda bulunabilen ve solunum sorunlarına ve alerjilere katkıda bulunan küf, bakteri, virüs, polen ve hayvan tüylerini içerir.

Partiküler madde: Toz, polen, duman ve evcil hayvan tüyü gibi havada asılı kalan ince partiküller hava kalitesini ve solunum sağlığını etkileyebilir. PM10 ve PM2,5 gibi çapı 10 mikrometreden küçük boyutlu tanecikler akciğerlere ulaşarak iltihaplanmaya, kalp ve akciğer hastalıklarına neden olabilirler (*Hava Kalitesinde PM10 ve SO2 Ortalamaları*, 2022)

Sıcaklık ve nem: Yetersiz sıcaklık kontrolü veya aşırı nem seviyeleri rahatsızlığa yol açabilir ve küf ve diğer alerjenlerin büyümesi için uygun koşullar yaratabilir. Eşik değerlerden daha yüksek veya daha düşük sıcaklıklar termal konforu ve bina sakinlerinin üretkenliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Yüksek sıcaklıklar, bina sakinleri arasında hasta bina sendromu (SBS) semptomlarının artmasına neden olabilir.

Bağıl nem, havadaki nem içeriğini ifade eden, termal konforu etkileyebilecek önemli bir unsurdur. Düşük nem seviyesi, göz ve burun mukozasının azalmasına bağlı olarak, bu organların kurumasına ve tahriş olmasına neden olur. Yüksek nem seviyeleri, toz partikülleri ve havadaki zararlıları solunum yollarına aktaracağından, süreç ilerlediğinde bronşit gibi daha ciddi hastalıklara yol açabilir. Ayrıca, yüksek nem, diğer uçucu organik bileşikler söz konusu olduğunda, yapı malzemelerinden yayılan kirletici emisyonunu artırabilir ve bu da daha düşük IAQ ile sonuçlanır (Ahmed Abdul–Wahab vd., 2015).

Havalandırma: Hava hareketi ve hızı insan sağlığını doğrudan etkilemese de iç hava kalitesini hem olumlu hem olumsuz yönde etkiler. Örneğin, durgun hava insanların etrafındaki hava sıcaklığını ve nemi artırarak termal konforu azaltabilir; bunun tersine, hareketli hava vücut sıcaklığından daha düşük derecedeyse insanların serin hissetmesine neden olabilir.

Yetersiz havalandırma, kirletici maddelerin ve durgun havanın birikmesiyle kötü iç mekân hava kalitesine, solunum sorunları, alerji, astım alevlenmesi, baş ağrısı, yorgunluk ve göz, burun ve boğaz tahrişi dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sebep olabilir (Ahmed Abdul–Wahab vd., 2015).

YÖNTEM

Bu çalışmada; camilerin iç hava kalitesi analizlerine, iyileştirmelerine yönelik yapılmış olan akademik çalışmalar incelenerek çeşitli çıkarımlarda ve önerilerde bulunulmuştur. Literatür taramasında; *"camiler", "iç hava kalitesi (IAQ)"* anahtar kelimelerinin Google Scholar, Science Direct veri tabanlarına girilmiştir. Tarama sonucu elde edilen ilgili akademik yayınlar incelenmiştir.

Literatürdeki bazı çalışmalara bakıldığında camilerde iç hava kalitesine yönelik deneysel, yerinde ölçümlerle analizler ve değerlendirmeler yapıldığı görülmektedir. Bir kısım çalışmada ise simülasyon yazılımlarının kullanıldığı ve bu yazılımlardan elde edilen çıktılardan bir sonuca varıldığı görülmüştür.

Yüksel vd., 2022, *"Camilerde enerji tüketimi, termal konfor ve iç hava kalitesi: Covid-19 önlemlerinin etkisi"* adlı çalışmasında; camilerde ortam sıcaklığı, bağıl nem hızı, hava hızı, CO_2 ve PM konsantrasyonları ölçülerek salgın önlemlerinin termal konfor ve iç hava kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmek için deneyler yapmıştır. İç hava kalitesine termal konfor koşullarının da etkili olduğu belirtilmiştir. Yerinde ölçümlerle beraber sayısal simülasyonlarla desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir.

	İsim	Cami Tipi (Genişlik × Uzunluk)	Cami Kapasitesi	Pandemi Sırasında Cami Kapasitesi	Kısaltma
	Yalova Merkez Mosque	Merkez Camii (27 m × 21 m)	2100	700	YM
	Fatih Mosque	Büyük Ölçekli Mahalle Camii (21 m × 17 m)	1350	450	FM
	Hacı Hasan Sert Mosque	Orta Ölçekli Mahalle Camii (12 m × 11 m)	465	155	HM
	Rüstempaşa Mosque	Küçük Ölçekli Mahalle Camii (8 m × 6 m)	60	20	RM
	Güneyköy Camii	Tarihi Cami (11 m × 9 m)	120	40	GM
	Safran Köyü Mosque	Köy Camii (18 m × 15 m)	600	200	SM

Şekil1. *Küçük ve orta büyüklükteki camilerin incelenmesi. (Yüksel vd., 2022)*

Camiler aynı amaca hizmet etseler de iç hacimleri, tarihi değerleri gibi özellikleri bakımından birbirlerinden farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışma için seçilen camiler büyüklük, konum ve tarihsel bağlam açısından sınıflandırılmıştır. (Yüksel vd., 2022)

Reda vd., 2022, *"İbadet yerlerinde termal konfor ve iç hava kalitesinin deneysel değerlendirmesi: Doluluk düzeyi ve süresinin etkisi"* adlı çalışmada; camilerin yoğun ve aralıklı kullanımları, çatı geometrileri, geniş iç hacimleri ve soğutma-ısıtma sistemleriyle benzersiz bir yapı tipi olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca termal konfor ve iç hava kalitesi, bina sakinlerinin psikolojik ve fizyolojik durumları ile aktivite düzeyleri ve çalışma verimliliklerini etkileyen belirleyici unsurlar olduğunu belirtmiştir. Mevcutta bulunan bir ibadet mekânında çeşitli ölçümler yaparak literatürdeki açığı kapatmayı hedeflemiştir.

Yüksel vd., 2021, *"Tapınaklarda termal konfor, iç hava kalitesi ve enerji tüketimi üzerine bir inceleme"* adlı çalışmasında; tapınaklarda ibadetler esnasında kullanıcı sayısının yoğunluğundan dolayı hava kalitesinin hızla bozulduğu ve yapıdaki açıklıklarla doğal havalandırmanın mekânı havalandırmak için yeterli olmadığı tespit edilmiştir.

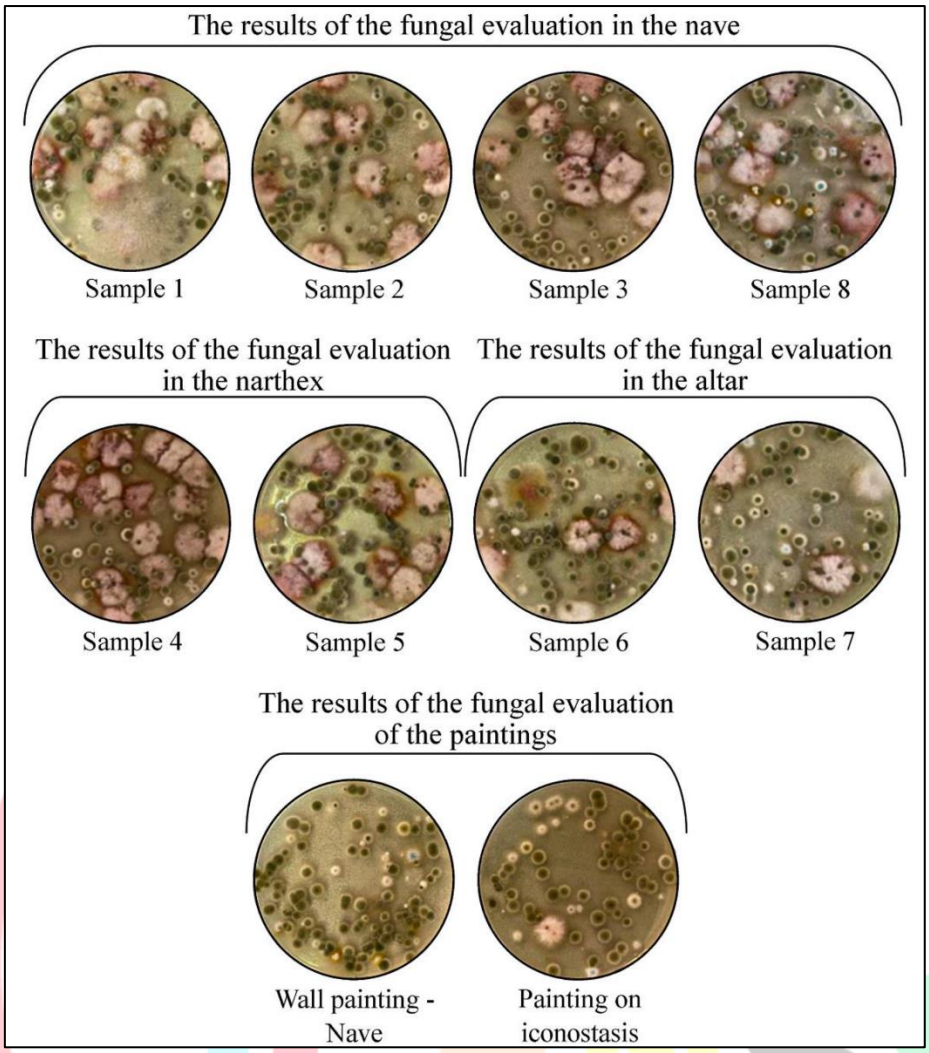
Yüksel vd., 2020, *"Camilerde termal konfor ve CO_2 konsantrasyonunun deneysel olarak incelenmesi: Yalova, Türkiye'nin ılıman ikliminde bir vaka çalışması"* adlı çalışmasında; tipik bir şehir camisinde klima vb. cihazlar çalıştırılması ve pencerelerin açılması durumunun iç hava kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmış, sıcaklık, bağıl nem, hava hızı ve CO_2 yoğunluğu gibi parametreleri cihazlarla yerinde ölçüm yapmıştır. Pencerelerle mekânı havalandırmanın iyi bir iç mekân havası yaratmada önemli olduğu sonucuna varmıştır.

Reda vd., 2023, *"İbadet yerlerine uygulama ile havalandırma oranlarını ve enerji tüketimini ölçmek için dışarı verilen CO_2 bazlı izleyici gaz"* adlı çalışmasında; izleyici gaz tekniği kullanılarak, Bahreyn'de bulunan klima kullanılan bir camide havalandırma oranları tahmin edilmiştir. Kullanılan sensörlerin doğruluğu ve farklı yüksekliklerde konumlandırılması gibi parametrelerin sonuç doğruluğunu yöneteceğini belirtmiştir.



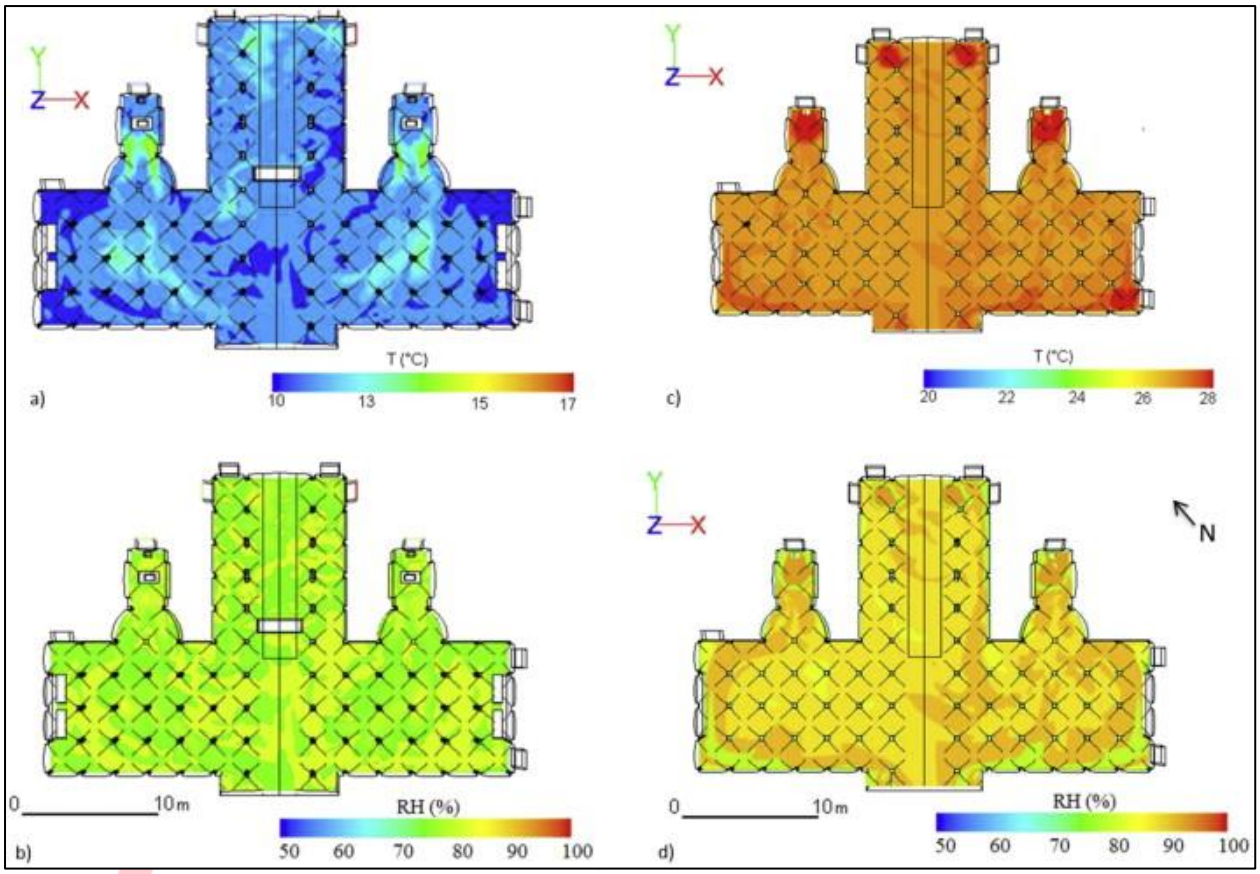
Şekil 2. Al-Hekma camisinde cuma namazı vakti hutbe konuşması esnasında dışarı verilen CO_2 yoğunluklarının izlenmesi (Reda vd., 2023).

Marcu vd., 2021, *"Romanya Tarihi Bir Ahşap Kilisede İç Mekân Hava Kalitesinin Mikrobiyolojik, Sağlık ve Konfor Yönleri"* adlı çalışmasında; kültürel miras önemine sahip yapıların korunmasında iç mekân mikro iklimini izlemek ve uygun tedbirlerin alınmasında önemli rol oynadığından bahsetmektedir. Çalışmada tarihi ahşap bir kilisenin sıcaklık, bağıl nem, hava faktörlerinden dolayı ahşap yüzeylerde zamanla oluşan kirliliklerin ve mantar yükünün iç ortam hava kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu biyolojik bozulmanın sadece kullanıcılar için değil miras yapısı içinde bulunan sanat eserlerinin de tahrip olmasına neden olduğu anlaşılmıştır. Ahşap kilisede çeşitli noktalardan mantar yükü ve çeşidini belirlemek üzere örnekler alınmıştır. Alınan bu mantar örneklerinin analizi yapılarak insan sağlığına ciddi etkileri olduğunun sonucuna varılmıştır. Bu biyolojik bozulmanın yapı sağlığına da ciddi zarar verilebileceği ifade edilmiş fakat yapısal anlamda bir öneri sunulmamış, sonraki çalışmalara yön verebileceği belirtilmiştir.



Şekil 3. Ahşap caminin üç odasından alınan örneklerin mantar kolonilerinin görünümü (Marcu vd., 2021)

D'Agostino & Congedo, 2014, *"Tarihi binalarda havalandırma senaryolarının CFD modellemesi ve nem dinamiği sonuçları"* adlı çalışmasında; tarihi bir katedral yapısının korunması için uygun bir mikro iklimlendirme sağlayacak bir çözümün hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) yazılımı kullanarak doğal havalandırma senaryoları geliştirebilmeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonucunda ise CFD modellemenin tarihi yapıların korunması için iç mekânın daha iyi kontrol edilmesini doğruladığı belirtilmiştir.



Şekil 4. Lecce Katedrali CFD analizlerinden örnekler (D'Agostino & Congedo, 2014).

Hajdukiewicz vd., 2013, "Doğal olarak havalandırılan iç ortamların CFD modelleri için resmi kalibrasyon metodolojisi" adlı çalışmasında; doğru doğal havalandırma stratejilerinin konforlu iç hava koşulu sağlamasını ve enerji verimliliği elde edilebileceğini belirtmiştir. Tahmin edilmesi zor olan doğal havalandırma yöntemlerinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) simülasyonları kullanarak kolaylaşabileceği sonucuna varmıştır. Bu CFD simülasyonlarının geliştirilmesi ve doğruluk payının artması için ise yerinde ölçümlerle desteklenebilen bir kalibrasyon metodolojisi ile yapılabileceği belirtilmiştir.

Rasli vd., 2019, *"Malacca'daki Camilerin ana ibadethanelerindeki iç mekân hava kirleticilerinin Malezya'nın iç mekân hava kalitesi standardına uygunluğu"* adlı çalışması; Malezya'nın Malacca kentinde 3 adet caminin ana ibadet mekanlarından 9 farklı iç mekân hava kirleticisi değişkeninin belirli ibadet saatleri içinde incelenmesi üzerinedir. İç ortam hava kirleticilerinin yoğunluk seviyeleri; havalandırma koşullarının yetersizliğinden, cemaat sayısının fazlalığından ve camideki faaliyetlerden kaynaklanmış olabileceği sonucuna varılmıştır. Yeterli ve dengeli havalandırma iyi bir iç hava kalitesini sağlamanın etkin yolu olacağı belirtilmiştir.

Ocak vd., 2012, *"Bir camide partikül maddeye maruz kalma"* adlı çalışmasında; öğle namazının her zaman yüksek katılım aldığı cuma günü bir camide namazdan önce, namaz sırasında ve namaz sonrasında olmak üzere 3farklı zaman diliminde PM (partikül madde) yoğunluğu ölçülmüştür. Çalışma sonucunda partikül madde sayısı yoğunlukları, her kullanım süresinin en kalabalık zaman diliminde gözlemlenmiştir. CO_2 yoğunluğu seviyesinin yüksekliği, ibadet sırasında havalandırmanın yeterli düzeyde sağlanmadığını göstermiştir.

Kaymaz vd., 2016, *"Tarihi camilerde iç mekân konfor koşullarına ilişkin kullanıcı algısı: Bursa örneği"* adlı çalışmasında; Bursa'da sekiz adet tarihi camide termal, görsel ve akustik konfora odaklanarak iç ortam koşullarına ilişkin memnuniyet anketleri ile araştırma

yapılmıştır. Çalışmada optimum konfor koşullarının sağlanmasının dini yapılarda kullanıcı algısı üzerinde olumlu bir etki oluşturması açısından önemli ve gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Baitul vd., 2019, *"Klimasız Cami Binalarında Isıl Konfor ve Havalandırma Yaklaşımlarıyla İlişkisi"* adlı çalışmasında; Malezya'da 10 adet camide cuma ve ikindi vakitlerinde termal konfor koşulları değerlendirmek üzere çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada pasif havalandırma sistemlerinin yetersizliğinin termal konfor koşullarına ve iç hava kalitesine de olumsuz etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Al-Ajmi vd., 2017, *"Kuveyt'teki Klimalı Cami Binalarında İç Ortam Kalitesi"* adlı çalışmasında; aşırı kurak iklimlerde bulunan klimalı camilerle alakalı fiziksel ölçümlere ve anketlere dayalı analizler yapılmıştır. Bu analizler iç ortam kalitesinin (IEQ), termal konfor ve iç hava kalitesi (IAQ) faktörleriyle. CO_2 yoğunluklarının camiler arası değişkenlik gösterdiği, klima tipine, pencerelerin çalışmasına, bina alanındaki hava sızdırmazlığına ve binanın konumuna göre değişebileceğini belirtmiştir.

Jahanbin & Semprini, 2022, *"Yerden ısıtma sistemlerinin solunum bölgesindeki havanın yaşının optimizasyonu üzerine: Havalandırma tasarımının rolü"* adlı çalışma; yerden ısıtma sistemlerinin çeşitli senaryolar üzerinden mekandaki havanın yerel yaşının dağılımını incelemiştir. Türbülanslı hava akım alanını, sıcaklık dağılımını, yerel ortam hava yaşını ve iç mekân hava kalitesini değerlendirmek için deneysel verilerle doğrulanmış hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modeli oluşturulmuştur. Çalışmalar sonucunda; Belirli bir zemin ve üfleme havası sıcaklığı için, havalandırma oranının arttırılması, tüm havalandırma senaryoları için solunum bölgesine taze hava iletimini iyileştirmiştir. Bununla birlikte, havalandırma oranı ile taze hava miktarının iyileşme oranının her stratejide önemli ölçüde değiştiği gösterilmiştir.

Daemei vd., 2016, *"Design Builder Kullanılarak Doğal Havalandırmada Açılış Performansı Simülasyonu (Örnek Çalışma: Rasht'ta Bir Konut)"* adlı çalışmada; rüzgâr faktörü dikkate alınarak doğal havalandırma temelli simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar Design Builder ile CFD modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, iç mekânda optimum iç hava kalitesi ve maksimum rüzgâr sirkülasyonu elde etmek için rüzgârın itici gücünden yararlanmak gerekmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmalar neticesinde İç Hava Kalitesi (IAQ) konusunun termal konfor koşulları faktörüyle çok yakından ilgili olduğu görülmüştür. Bir mekânda bulunan sıcaklık, bağıl nem, hava nemi, hava hızı, ortalama ışınımsal sıcaklık gibi ısısal faktörler iç ortam koşullarını belirlemede dolayısıyla iç hava kalitesinin dengesinde önemli rol oynamaktadır. Cami yapı türü ise kullanım süresi, kullanıcı sayısındaki değişim, büyük ve karmaşık geometrileri gibi özelliklerinden dolayı diğer yapı türlerine göre çalışılması zordur ve literatüre bakıldığında çalışmaların az ve yetersiz olduğu görülmüştür.

Mevcut camilere bakıldığında içinde tarihi camiler de bulunmaktadır. Tarihi camiler kültür mirası yapıları olduğu için bu araştırma kapsamında yüzeysel ele alınmıştır. Tarihi camiler için daha kapsamlı araştırma yapılması gerekmektedir.

Camilerde iç hava kalitesini artırmaya yönelik fiziki ölçümleri, anket verilerini ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) yazılımlarını etkin bir şekilde kullanmak gerekmektedir. Mekanlarda biriken CO_2 yoğunluğunun PPM (parts per million) sınır seviyeleri geçmemesi ve diğer partikül maddeler, uçucu organik bileşikler (VOC) gibi ortam kirleticilerin ölçümleri, analizleri ve tahminleri hassas bir şekilde yapılmalıdır.

Aktif ve pasif havalandırma optimum düzeyde kullanılmalıdır. Enerji sarfiyatının önüne geçmek için mümkün olduğunca doğal havalandırma senaryoları üretilmelidir. Büyük hacimli camilerde pencere ile havalandırmada etkin senaryolar üretilebilir. Yaz dönemlerinde

kubbeli camilerde tepe pencereleri ile kubbe pencereleri hacim oluşan ısınmış havayı tahliye için kontrollü bir şekilde kullanılabilir. Bu durum tarihi camilerde yapının özgünlüğü bozulmadan yapılabilir. Klima tipi iklimlendirme cihazları kullanılması elzem durumlarda bu cihazların sayısı, tipi, kullanım süresi, mekandaki konumu doğru belirlenmelidir. Özellikle zeminlerde bulunan halılarda bakteri ve mantar oluşumları göz önünde bulundurularak camilerde temizlik ve hijyene özen gösterilmelidir.

KAYNAKÇA

Ahmed Abdul–Wahab, S. A., En, S. C. F., Elkamel, A., Ahmadi, L., & Yetilmezsoy, K. (2015). A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmospheric Pollution Research*, *6*(5), 751-767. https://doi.org/10.5094/APR.2015.084

Al-Ajmi, F. F., Al-Azmi, A. S., & Alrashidi, F. A. (2017). 167-173 in Air-conditioned Mosque Buildings in Kuwait. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, *5*(4), 167-173. https://doi.org/10.12691/ajcea-5-4-5

Arens, E. A. (2017). ANSI/ASHRAE standard 55-2017 thermal environmental conditions for human occupancy. *Atlanta: ASHRAE*.

ARIKAN, İ., & TEKİN, Ö. F. (2020). PARTİKÜLER MADDE ve KARBONDİOKSİT İÇİN İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ İNDEKSİ (İHKİ) HESAPLAMASI: OKUL ÖRNEĞİ. *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*. https://doi.org/10.35232/estudamhsd.699656

Baitul, N., Rasli, I., Ramli, N. A., Rodzi Ismail, M., Zainordin, N. S., Shith, S., Umirah, A., & Nazir, M. (2019). Thermal Comfort and its Relation to Ventilation Approaches in Non-Air-Conditioned Mosque Buildings. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INTEGRATED ENGINEERING*, *11*(2), 12-023. https://doi.org/10.30880/ijie.2019.11.01.002

Daemei, A. B., Limaki, A. K., & Safari, H. (2016). Opening Performance Simulation in Natural Ventilation Using Design Builder (Case Study: A Residential Home in Rasht). *Energy Procedia*, *100*, 412-422. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.196

D'Agostino, D., & Congedo, P. M. (2014). CFD modeling and moisture dynamics implications of ventilation scenarios in historical buildings. *Building and Environment*, *79*, 181-193. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.05.007

Hajdukiewicz, M., Geron, M., & Keane, M. M. (2013). Formal calibration methodology for CFD models of naturally ventilated indoor environments. *Building and Environment*, *59*, 290-302. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.027

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Genelgesi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013. (t.y.). Geliş tarihi 23 Mayıs 2023, gönderen https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/GNG2013-37HavaKalitesiDegerl.pdf

Hava Kalitesinde PM10 ve SO2 Ortalamaları. (2022). Çevre,Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/hava-kalitesinde-pm10-ve-so2-ortalamalari-i-85734

Jahanbin, A., & Semprini, G. (2022). On the optimisation of age of the air in the breathing zone of floor heating systems: The role of ventilation design. *Energy and Built Environment*. https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2022.08.005

Kaymaz, E., Senkal Sezer, F., & Professor, A. (2016). The User's Perception of Indoor Comfort Conditions in Historical Mosques: The Case of Bursa, Turkey. İçinde *International Journal of Humanities and Social Science* (C. 6, Sayı 9). www.ijhssnet.com

Marcu, F., Hodor, N., Indrie, L., Dejeu, P., Ilieş, M., Albu, A., Sandor, M., Sicora, C., Costea, M., Ilieş, D. C., Caciora, T., Huniadi, A., Chiş, I., Barbu-Tudoran, L., Szabo-Alexi, P., Grama, V., & Safarov, B. (2021). Microbiological, health and comfort aspects of indoor air quality in a romanian historical wooden church. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(18). https://doi.org/10.3390/ijerph18189908

Ocak, Y., Kiliçvuran, A., Eren, A. B., Sofuoglu, A., & Sofuoglu, S. C. (2012). Exposure to particulate matter in a mosque. *Atmospheric Environment*, *56*, 169-176. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.04.007

Rasli, N. B. I., Ismail, M. R., Ramli, N. A., Shith, S., Nazir, A. U. M., Yusof, N. F. F. M., & Zainordin, N. S. (2019). Compliance of indoor air contaminants within the main prayer

halls of mosques in malacca with malaysia's indoor air quality standard. *Journal of Construction in Developing Countries*, *24*(2), 105-121. https://doi.org/10.21315/jcdc2019.24.2.5

Reda, I. (2023). *Thermal Comfort and Indoor Air Quality of Enclosed Spaces with Domed-Roof*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31844.65924

Reda, I., AbdelMessih, R. N., Steit, M., & Mina, E. M. (2022). Experimental assessment of thermal comfort and indoor air quality in worship places: The influence of occupancy level and period. *International Journal of Thermal Sciences*, *179*. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2022.107686

Reda, I., AbdelMessih, R. N., Steit, M., & Mina, E. M. (2023). Exhaled CO2-based tracer gas for measuring ventilation rates and energy consumption with application to worship places. *Ain Shams Engineering Journal*, *14*(6). https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102138

Sarkhosh, M., Najafpoor, A. A., Alidadi, H., Shamsara, J., Amiri, H., Andrea, T., & Kariminejad, F. (2021). Indoor Air Quality associations with sick building syndrome: An application of decision tree technology. *Building and Environment*, *188*. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107446

Seppanen, O. A., Fisk, W. J., & Seppänen, O. A. (t.y.). *Publication Date SUMMARY OF HUMAN RESPONSES TO VENTILATION*. https://escholarship.org/uc/item/64k2p4dc

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Civan, M., & Karabay, H. (2021). A review on thermal comfort, indoor air quality and energy consumption in temples. Içinde *Journal of Building Engineering* (C. 35). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102013

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., Civan, M., & Karabay, H. (2022). Energy consumption, thermal comfort, and indoor air quality in mosques: Impact of Covid-19 measures. *Journal of Cleaner Production*, *354*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131726

Yüksel, A., Arıcı, M., Krajčík, M., & Karabay, H. (2020). Experimental investigation of thermal comfort and CO2concentration in mosques: A case study in warm temperate climate of Yalova, Turkey. *Sustainable Cities and Society*, *52*. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101809

Zhang, X., Wargocki, P., Lian, Z., & Thyregod, C. (2017). Effects of exposure to carbon dioxide and bioeffluents on perceived air quality, self-assessed acute health symptoms, and cognitive performance. *Indoor Air*, *27*(1), 47-64. https://doi.org/10.1111/ina.12284

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Design Iterations and Structural Finite Element Analysis of a Prototype Communication Satellite

Anıl TOYGAR[1]
Mostafa RANJBAR[2]

Abstract

Satellites are subjected to significant mechanical loads during launch. These loads can be given in the form of sinusoidal vibration loads, quasi-static loads, random vibration loads, shock loads, and so on. Each satellite must withstand launching loads during launch. Suitable satellite structures cannot be found without iterative studies. In this study, iterative studies will be carried out using material thickness variations and CFRP composite materials on the primary load carriying structures of a prototype communication satellite, which is in the preliminary design phase, namely the central cylinder and shear panels. After identifying the candidate launch systems, the natural frequency requirements will be determined. Quasi-static load conditions for these launchers will be derived, and these loads will be used for quasi-static analyses and global buckling analyses. Then, sinusoidal vibration profiles will also be derived for these launchers. Mesh convergence study conducted for the central cylinder as a primary load carrying mamber, a finite element model of the satellite will be generated based on the obtained mesh size. Necessary model checks will be performed on the obtained model. The commercial software HyperMesh was used to create the finite element model. To find a suitable iterative model, the natural frequency requirement must first be met, followed by ensuring panel strengths under quasi-static loading and then positive global buckling safety factors. Then, the total mass will be considered in selecting the appropriate model. After selecting the appropriate model, a detailed finite element analysis and primary notch analysis will also be performed. NX Nastran will be used as a solver to solve the finite element model.

Keywords: Communication satellite, stuructural analysis, design iterations, finite element analysis

[1] Master of Science Student, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Mechanical Engineering Departmant, Orcıd: 0009-0006-4519-7400

[2] Associate Professor, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Mechanical Engineering Departmant, Orcıd: 0000-0002-9670-7371

1.Introduction

Satellite structures are exposed different types of mechanical loading during launch stage like quasi-static, shock, acoustic, sine vibration loads etc. [1]. These type of loads occurs different stages of the launch. Every piece of the satellite structures must withstand this launching mechanical environmental conditions. Beginning of the satellite projects iterative studies must be done to find proper satellite structures. In this study a prototype communication satellite has considered which is in the preliminary design phase. The main purpose of the study is to find proper satellite structures in terms of mass, stiffness and enough strength of the structure. Finite element model approach has been used to find proper model because at the beginning of the project manufacturing and testing stages not occurred yet.

1.1.Prototype Communication Satellite Structure

Satellite structures are generally consisting of primary, secondary and tertiary structures [2]. Primary structures are generally including load carrying members like central cylinder and shear panels. During launching stage these members transfer the main load to the launcher system. Secondary structures are generally like enclosed panels, antennas, solar arrays etc. For tertiary structures equipment brackets and harness carrying brackets can be given as an examples. A typical communication satellite primary and secondary structures are shown Figure 2.

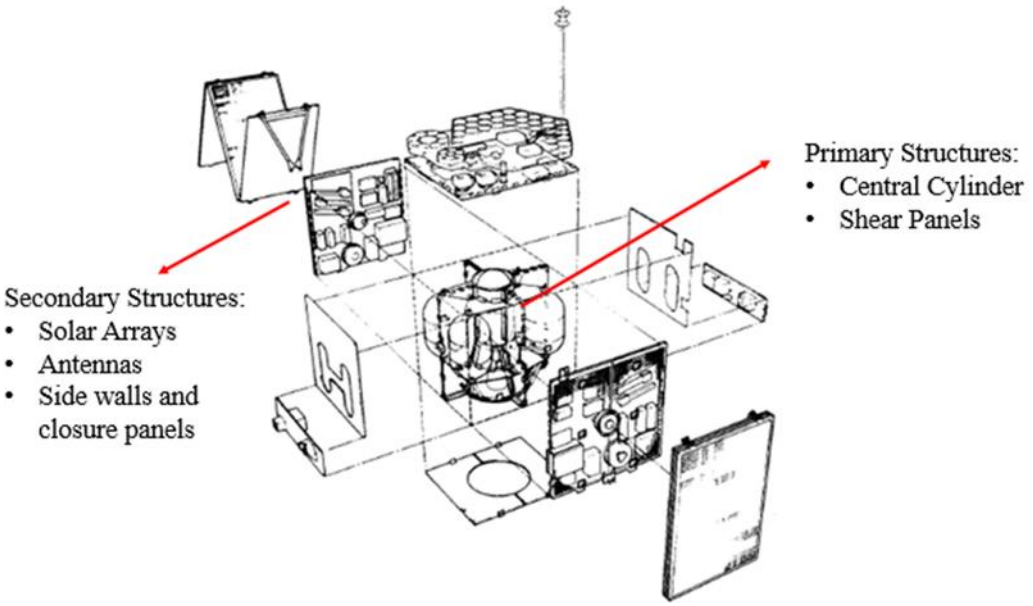


Figure 2. *Satellite primary and Secondary Structures*

In this study, prototype communication satellite consists of service module, communication module and central cylinder module. Service module including service module side panels and shear panels. Service module also includes some of the equipment like batteries, satellite computer etc. Communication module including side panels, shear panels and earth deck panel. This module includes communication equipment. Central cylinder is also one of the primary structure of the satellite that contains satellite propulsion tanks.

1.2.Candidate Launchers

Launcher systems are used to carry payloads to related orbits from Earth to the space. Candidate launcher systems are generally selected by project managers with considering cost, space heritage, previous success of the launcher company, some of the political issues because of critical industries. In this study launcher 1, launcher 2, launcher 3 and launcher 4 launchers are selected as some candidate launchers.

1.3.Mechanical Environment loads for Candidate Launchers

Satellite structures are exposed mechanical loading like quasi-static, sine vibration, acoustic, shock etc. during launching stage. In this study just quasi-static and sine vibration loads considered to conduct finite element analysis because at the beginning of the project and being on preliminary design phase not enough information about equipment and limits.

Quasi-static loading occurs at low frequencies as a static loading which is assumed applied from satellite canter of gravity location as an acceleration value. Candidate launchers user manuals has controlled to drive quasi-static loading [3,4,5,6]. Candidate launchers quasi-static limit loading and envelope is given in Figure 2.

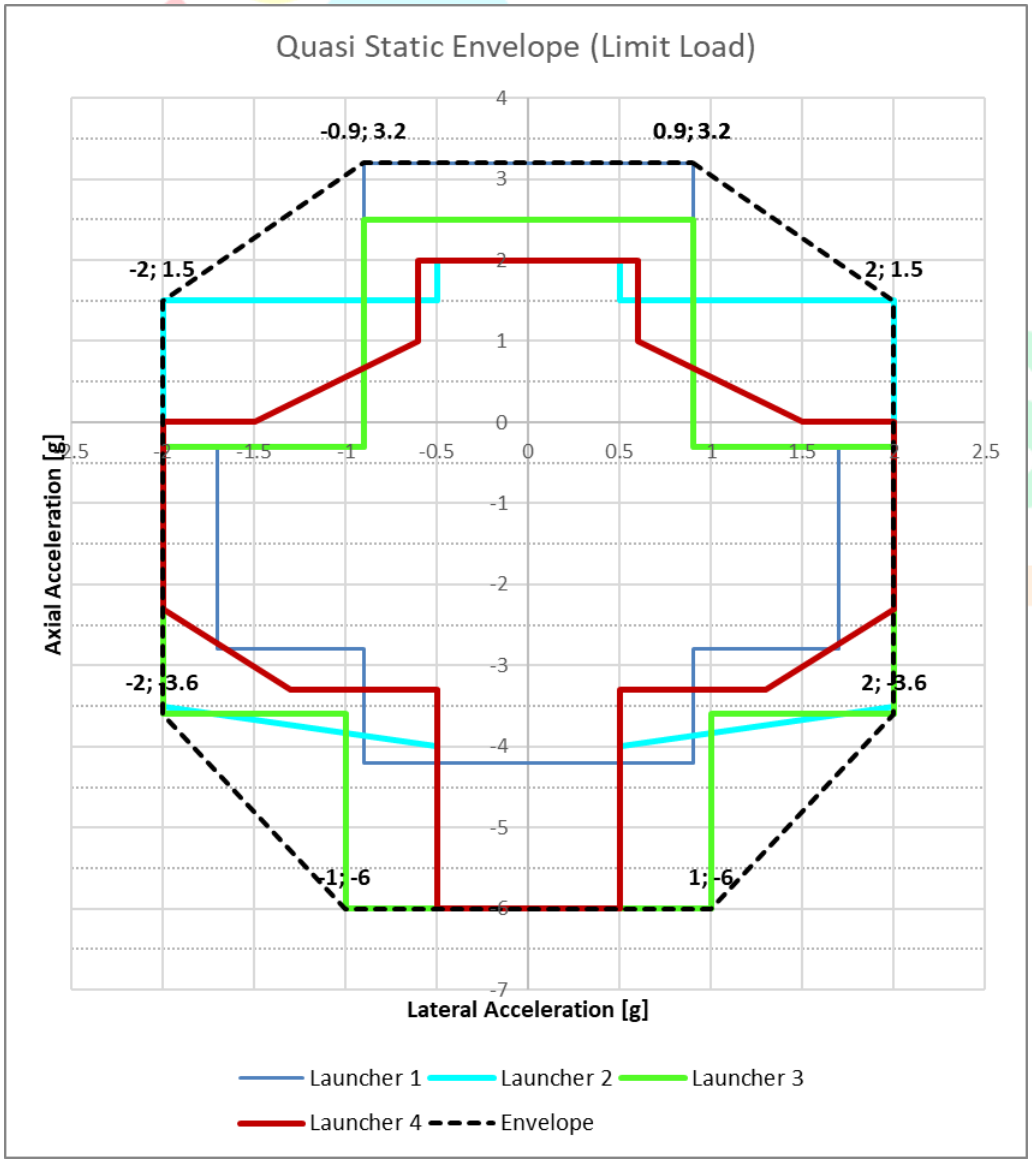


Figure 2. *Quasi-Static Limit Loads of Candidate Launchers*

Lateral and longitudinal directions is given in Figure , positive sign is tensile and negative sign is compressive loads. After generating quasi-static limit loads, design limit loads have to derived. To derive design limit loads KP (Project factor), KM (Model factor) and KQ (Qualification factor) has to considered [7]. KQ, KP and KM values are given in following Table 5.

Table 5. Design Factors

	KQ	KP	KM	Total Design Factor
Design Factors	1.25	1.1	1.25	1.72

Quasi-static design limit loads are derived with multiplying total design factor and limit loads. Quasi-static corner envelope values have been used and 45° load clocking applied. After that 32 load cases obtained. Quasi-Static design limit loads are given in following Table 6.

Table 6. Quasi-Static Loads

LIMIT LOADS			**QS LIMIT LOAD CASES**			**QS DESIGN LOAD CASES**		
LATERAL	**AXIAL**	**LOAD CASE**	**X(g)**	**Y(g)**	**Z(g)**	**X(g)**	**Y(g)**	**Z(g)**
0.9	**3.2**	**LC01**	0.900	0.000	3.200	1.548	0.000	5.504
		LC02	0.636	0.636	3.200	1.094	1.094	5.504
		LC03	0.000	0.900	3.200	0.000	1.548	5.504
		LC04	-0.636	0.636	3.200	-1.094	1.094	5.504
		LC05	-0.900	0.000	3.200	-1.548	0.000	5.504
		LC06	-0.636	-0.636	3.200	-1.094	-1.094	5.504
		LC07	0.000	-0.900	3.200	0.000	-1.548	5.504
		LC08	0.636	-0.636	3.200	1.094	-1.094	5.504
2.0	**1.5**	**LC09**	2.000	0.000	1.500	3.440	0.000	2.580
		LC10	1.414	1.414	1.500	2.432	2.432	2.580
		LC11	0.000	2.000	1.500	0.000	3.440	2.580
		LC12	-1.414	1.414	1.500	-2.432	2.432	2.580
		LC13	-2.000	0.000	1.500	-3.440	0.000	2.580
		LC14	-1.414	-1.414	1.500	-2.432	-2.432	2.580
		LC15	0.000	-2.000	1.500	0.000	-3.440	2.580
		LC16	1.414	-1.414	1.500	2.432	-2.432	2.580
2.0	**-3.6**	**LC17**	2.000	0.000	-3.600	3.440	0.000	-6.192
		LC18	1.414	1.414	-3.600	2.432	2.432	-6.192
		LC19	0.000	2.000	-3.600	0.000	3.440	-6.192
		LC20	-1.414	1.414	-3.600	-2.432	2.432	-6.192
		LC21	-2.000	0.000	-3.600	-3.440	0.000	-6.192
		LC22	-1.414	-1.414	-3.600	-2.432	-2.432	-6.192
		LC23	0.000	-2.000	-3.600	0.000	-3.440	-6.192
		LC24	1.414	-1.414	-3.600	2.432	-2.432	-6.192
1.0	**-6.0**	**LC25**	1.000	0.000	-6.000	1.720	0.000	-10.320
		LC26	0.707	0.707	-6.000	1.216	1.216	-10.320
		LC27	0.000	1.000	-6.000	0.000	1.720	-10.320
		LC28	-0.707	0.707	-6.000	-1.216	1.216	-10.320

		LC29	-1.000	0.000	-6.000	-1.720	0.000	-10.320
		LC30	-0.707	-0.707	-6.000	-1.216	-1.216	-10.320
		LC31	0.000	-1.000	-6.000	0.000	-1.720	-10.320
		LC32	0.707	-0.707	-6.000	1.216	-1.216	-10.320

Sine vibration loads occurs also launching stage of the satellite to the orbit. Also it is generally given for sine vibration tests of satellite structures and couple load analysis. In this study sine vibration loads will be used for primary notching analysis. Sine vibration loads controlled for candidate launcher systems within lateral and longitudinal directions are given in Figure 3 and Figure 4 [3,4,5,6].

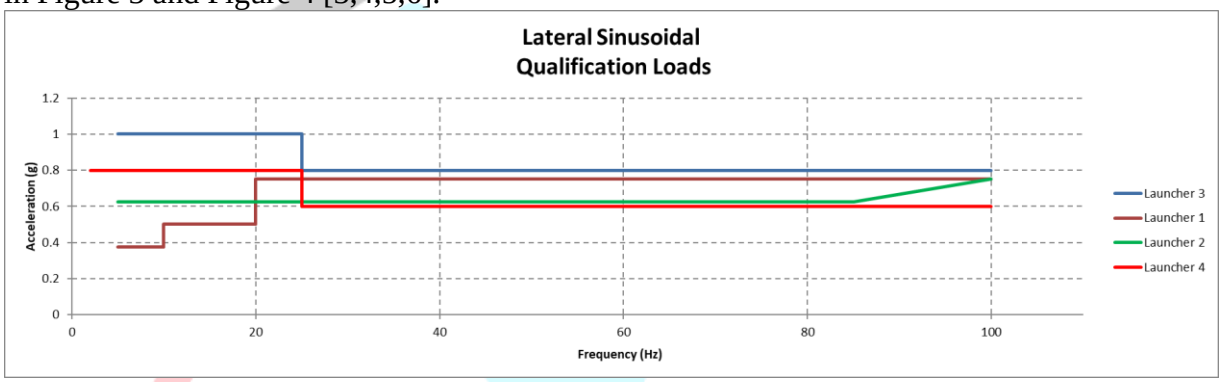


Figure 3. *Lateral Direction Sinusoidal Qualification Loads*

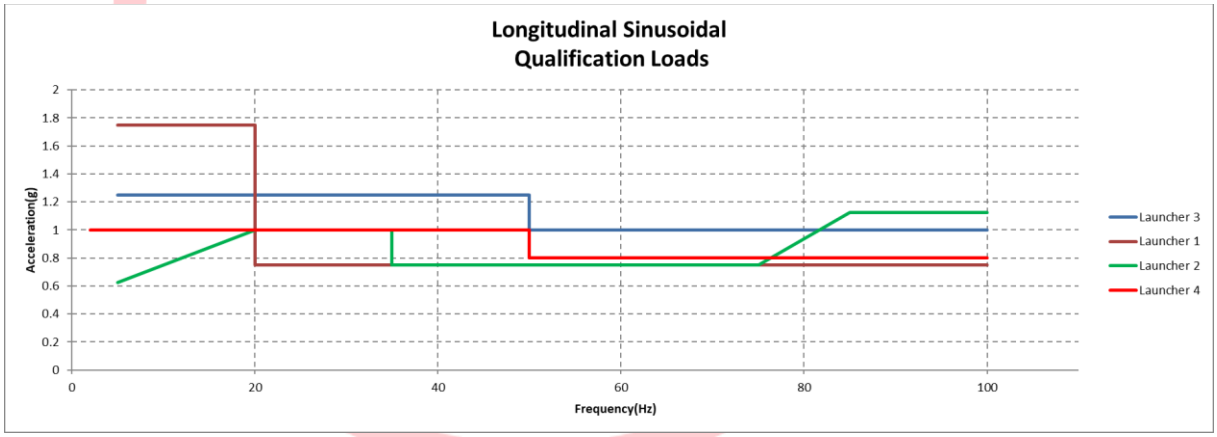


Figure 4. *Longitudinal Direction Sinusoidal Qualification Loads*

1.4.Structural Requirements

To find proper model of the satellite first of all stiffness requirement must be satisfied. Stiffness requirements are coming from candidate launcher systems to do not couple with the payload. Minimum frequency requirements are given in terms of lateral and longitudinal directions for candidate launchers in Table 7 [3,4,5,6]. Extra %10 margin added to the minimum frequency requirement for further mass increment possibilities.

Table 7.Stiffness Requirements

Launchers	Minimum Frequency [Hz]	
	Lateral	Longitudinal
Launcher 3	10.0	31.0
Launcher 3 V2	6.0	20.0
Launcher 1	8.5	25.0
Launcher 2	10.0	25.0
Launcher 4	6.0	15.0
Target	10.0	31.0
Target+Margin	11.0	34.1

Canter of gravity requirements must be within limits for candidate launchers. In lateral directions maximum allowable limit is 20 mm.

Satellite structures must withstand under quasi-static loading during launching stage. That means all satellite panels must be suitable under quasi-static loading.

Satellite structures has to survive under compression loads that cause global buckling of the structure. So that buckling margins must be positive.

2.Finite Element Modelling of a Prototype Communication Satellite

2.1. Mesh Convergence Study

Mesh convergence study has to be done before modelling of a prototype communication satellite as a global finite element model. In the literature review some of the satellite mesh convergence studies done for central cylinder with modal analysis [8]. So that mesh convergence study has conducted for lower central cylinder in this study as well. Element size is taken from 400 mm to 40 mm. Element sizes, number of elements and 1st bending natural frequencies are given in following Table 8.

Table 8. *Normalized Mesh Convergence of a Central Cylinder*

Element Size (mm)	Number of Elements	Normalized 1st bending frequency of Central cylinder (Hz)
400	18	124.74
300	36	127.01
200	72	127.67
150	144	128.36
100	288	128.55
50	1224	128.80
40	1890	128.82

Also mesh convergence study graph is given in Figure 3. As a result, maximum mesh size chosen as 40mm when modelling of a global prototype communication satellite.

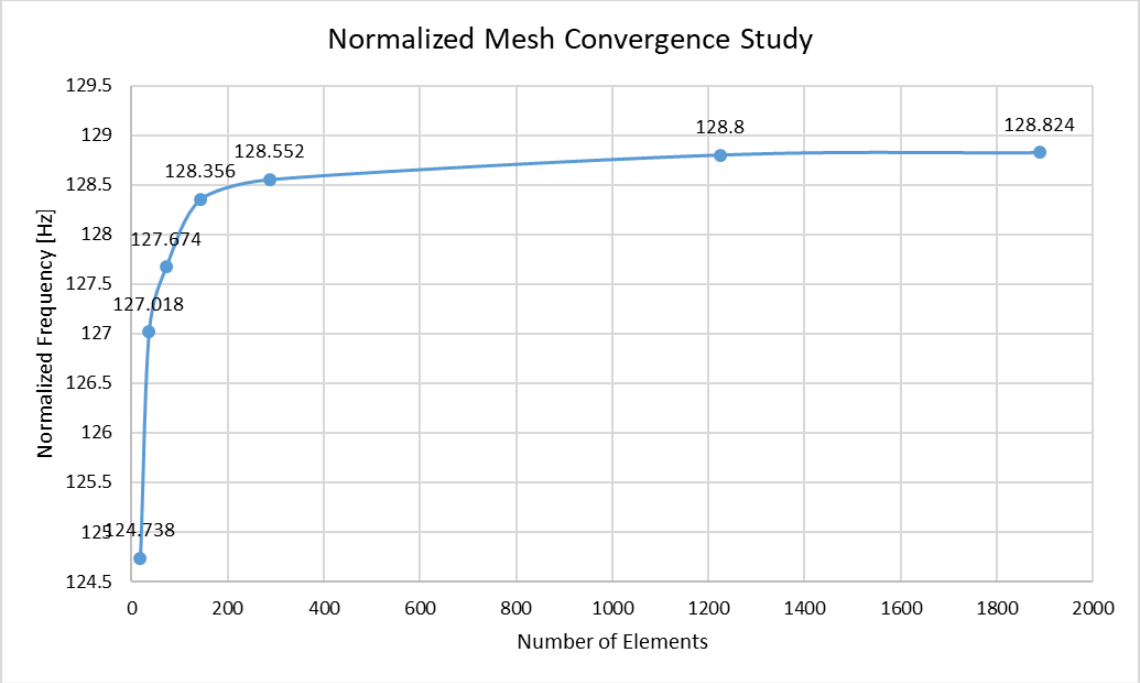


Figure 3. *Normalized Mesh Convergence Study Graph*

2.2. Finite Element Model of a Prototype Communication Satellite

Some of the basic systems like a single degree of system which is known as mass spring system natural frequencies, mode shapes etc. can be calculated with hand calculation. However, for much more complex structures like satellites, airplanes, trains etc. finite element model needed to solve this type of problems. Global finite element model has generated with Hypermesh software.

Generally shell elements have been used for large surface panels. CQUAD4 and CTRIA3 elements have been used for global finite element modelling. Some of the equipment on the communication module of the satellite not modelled as a mathematical model just their mass information included for related panels. Equipment on the service module modelled as a RBE2 connection with concentrated mass which is known as a CONM2 element.

3. Iteration Studies and Finding Suitable Iteration Model with Analysis

Global finite element model generated and the name of model is base model or iteration 1 model. 18 iteration model generated including base model. To find proper finite element model of a communication satellite firstly stiffness requirement must be met. After that quasi-static margin of safeties must be met under quasi-static loading. Metallic materials and sandwich structures margin of safeties has been considered. Metallic materials and honeycomb margin of safety formulas are given respectively in equation 1 and equation 2 [9].

$$MoS = \frac{\sigma_{yield}}{Kld \times FOS_{\text{metalic}} \times \sigma_{\text{VonMises}}} - 1 \; for \; metalic \; materials \qquad Eq.1$$

$$Mo\,S = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{Kld \times FOS_{\text{interlaminar}} \times \tau_{xz}}{FsL}\right)^2 + \left(\frac{Kld \times FOS_{\text{interlaminar}} \times \tau_{yz}}{FsW}\right)^2}} - 1 \; for \; honeycomb \qquad Eq.2$$

Factor of safety(FoS) values and local design factor(Kld) are given in following Table 5.

Table 5. *Factor of Safety and Local Design Values*

$FoS_{Metalic}$	1.1
$FoS_{Interlaminar}$	1.4
K_{LD}	1 (for $MoS_{Metalic}$) 1.2 (fos $MoS_{Honeycomb}$)

	FoSY	FoSU
Metalic Parts	1.1	1.25
CFRP	N/A	1.4
Sandwich Parts: -Honeycomb Shear	N/A	1.4
Buckling	N/A	2

Also global buckling margin of safeties must be suitable under compressive loads. Satellite structures have to withstand compressive loads. To calculate global buckling margin of safety is given in equation 3.

$$MoS = \frac{\lambda}{FOS_{Buckling}} - 1, \ \lambda \ is \ first \ eigenvalue \qquad Eq.3$$

To choose proper iteration model natural frequency requirements, quasi-static margins and global buckling margins must be met. After that total mass of the satellite and manufacturing capabilities have to be considered.

Iteration studies continued on the iteration model 1 which is called based model. Iteration studies based on central cylinder thickness changes and shear panel skins material change metallic material to composite material. Iterations information are given with total mass of the satellite, stiffness, quasi-static panel margin of safeties and global buckling margin of safeties as a summary. Iteration results are given in Table 6.

Table 6. *Iterations Summary*

iteration #	Stiffness Requirements	Quasi-Static	Buckling	
iteration 1 (Base model)	Ok	Ok	Ok	
iteration 2	Ok	Ok	Ok	
iteration 3	Ok	Ok	Ok	
iteration 4	Ok	Ok	Not Ok	
iteration 5	Ok	Ok	Not Ok	
iteration 6	Ok	Ok	Ok	**Selected**
iteration 7	Ok	Ok	Ok	
iteration 8	Not Ok	Not Calc.	Not Calc.	
iteration 9	Not Ok	Not Calc.	Not Calc.	
iteration 10	Not Ok	Not Calc.	Not Calc.	
iteration 11	Ok	Not Calc.	Not Calc.	
iteration 12		Not Calc.	Not Calc.	
iteration 13		Not Calc.	Not Calc.	
iteration 14	Ok	Not Ok	Not Calc.	
iteration 15	Ok	Not Ok	Not Calc.	
iteration 16	Ok	Not Ok	Not Calc.	
iteration 17	Ok	Not Ok	Not Calc.	
iteration 18	Ok	Ok	Ok	

Main purpose of the iteration studies to find suitable model in terms of total mass with satisfying stiffness requirements, quasi-static panel margins and buckling margin of safeties. Central cylinder thickness changes done from iteration 1 to iteration 10. Some of the iterations

like iteration 4 and iteration 5 fails during buckling analysis due to the thin thickness of central cylinder. Also iterations like iteration number 8,9 and 10 has less total mass with respect to base model but their global stiffness requirements failed. Also composite central cylinder has considered with well-known ply angles like 60°, 45°, 30°, 0° and 90°. Balanced and symmetric laminate conditions has considered during ply layups. Iteration 11,12 and 13 has conducted to find proper central cylinder ply layups with considering highest stiffness value. As a results 45°, 90° configurations has chosen for central cylinder. Iteration 14, 15 and 16 has done to find proper ply layups for shear panels. Stiffness requirements are met but quasi-static panel margins not suitable for iterations 14, 15 and 16 so that shear panel skins turned into metallic material. Iteration 17 has done with composite central cylinder and metallic material shear panel skins; stiffness requirements are met but again quasi-static margins not suitable for central cylinder. So that iteration 18 has considered with some local doublers where high stress locations. Iteration 18 satisfy stiffness requirements, quasi-static margins and buckling margins. However, considering to other iteration studies iteration 18 total mass is nearly same as with others so that with considering further manufacturing and manufacturing coasts iteration 6 chosen as a suitable model.

Suitable iteration model has conducted to modal analysis, quasi-static analysis, global buckling analysis and primary notching analysis.

3.1. Modal Analysis of a Suitable Model

Selected iteration model has conducted to modal analysis. This analysis is solved with NX Nastran SOL103 solver. Satellite natural frequencies and mode shapes has obtained. First global bending mode of the satellite is >11 Hz and first global longitudinal mode is >34.1 Hz. That means stiffness requirements are met.

3.2. Global Buckling Analysis of a Suitable Model

Suitable iteration model has conducted to global buckling analysis under quasi-static load cases. NX Nastran SOL105 selected as a solver. Equation 3 has used to obtain structure margin of safeties. Minimum 1st eigenvalue is obtained from load case 17. So that minimum margin of safety value is calculated as positive. Global buckling margin of safeties are satisfied.

3.3. Quasi-Static Analysis of a Suitable Model

Quasi-static analysis has done under 32 load cases which is derived in previous sections. NX Nastran SOL101 static solver has used to obtain panel stress. Equation 1 and 2 has used to calculate margin of safeties.

Service module panels margin of safety values are given in Table 7.

Table 7. *Service Module MoS*

Service Module MoS		
Component Name	**Min. FaceSheet MoS**	**Min. Honeycomb MoS**
Service Shear Panel 1	>0	>0
Service Shear Panel 2	>0	>0
Service Shear Panel 3	>0	>0
Service Shear Panel 4	>0	>0
Service Panel 1	>0	>0
Service Panel 2	>0	>0
Service Panel 3	>0	>0
Service Panel 4	>0	>0
Lower Panel	>0	>0
Mid Panel	>0	>0

Communication module panels margin of safety values are given in Table 8. Also as a worst case communication module

Table 8. *Communication Module MoS*

Communication Module MoS		
Component Name	**Min. FaceSheet MoS**	**Min. Honeycomb MoS**
Communication Shear Panel 1	>0	>0
Communication Shear Panel 2	>0	>0
Communication Shear Panel 3-4	>0	>0
Communication Panel 1	>0	>0
Communication Panel 2	>0	>0
Communication Panel 3	>0	>0
Communication Panel 4	>0	>0
Upper Panel	>0	>0

Central cylinder and brackets margin of safety values are given in Table 9.

Table 9. *Central Cylinder and Brackets MoS*

Central Cylinder Parts and Brackets	
Component Name	**Min. MoS**
CC Part 1	>0
CC Part 2	>0
CC Part 3	>0
CC Part 4	>0
Brackets	>0

3.4. Primary Notching Analysis of a Suitable Model

To perform primary notching analysis firstly frequency response analysis has to done. FRF analysis done with using NX Nastran SOL111 solver. After doing frequency response analysis responses are amplified with respect to sinusoidal envelope loads. And primary notching values find by dividing limit values to responses. Primary notching limit loads are

derived by using quasi-static lateral and longitudinal loads with using satellite total mass and canter of gravity information.

X direction notched sinus profile is dropping to around 0.09. Notching is limited by moment Y and Fx.

Y direction notch value is dropping to around 0.09. Notching is limited by moment X and Fy.

Z direction notch value is dropping to around 0.30. Notching is limited by Fz.

4. Conclusion

Prototype communication satellite structures have explained after that mechanical environment loads given for candidate launcher systems. Stiffness requirement, quasi-static and also buckling margin of safety needing explained. To solve satellite model finite element model has been generated. After that various types of iteration studies has done to find suitable iteration model. These iterations consider thickness changes and material changes of the satellite. At the end of the iteration studies proper model has found. And suitable model has conducted to modal analysis, quasi-static analysis, global buckling analysis and primary notching analysis.

References

[1] ECSS. (2013). ECSS-E-HB-32-26A. *Spacecraft mechanical loads analysis handbook*. European Cooperation for Space Standardization.

[2] Berlin, P. (1988). *The geostationary applications satellite* (No. 2). Cambridge University Press.

[3] SpaceX. (2021). *Falcon 9 user manual*.

[4] Arianespace. (2021). *Ariane 6 User's manual*.

[5] Khrunichev State Research and Production Space Center. (2009). *Proton M user manual*.

[6] Blue Origin. (2018). *New Glenn payload's user guide*.

[7] ECSS. (2009). ECSS-E-ST-32-10C-Rev.1. *Structural factor of safety for spaceflight hardware*. European Cooperation for Space Standardization.

[8] Çekiç, A. (2021*). Improvement of finite element model by using sine vibration test results of a communication satellite* (Master's thesis, METU, Ankara)

[9] ECSS. (2009). ECSS-E-ST-32C-Rev.1. *Structural general requirements*. European Cooperation for Space Standardization.

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Production of Bromelain ($C_{39}H_{66}N_2O_{29}$) Extract From Pineapple Fruit and Wastes and Investigation Of Application Areas

Aslıhan TURHAN[1]
Deniz UYGUNÖZ[2]
Emek DERUN[3]

Abstract

In purpose of sustainability at food sector, food recycling studies are increasing. Pineapple wastes contain high value substances and many of them are recyclable. Throughout the pineapple processing chain, wastes such as peel, crown, stem, leaves and core may come out with percentages varying between 45%-65%. Pineapple fruit and its wastes have significiantly amount of bromelain ($C_{39}H_{66}N_2O_{29}$), which is a type of protease. Because of the high demand, bromelain is preferred by the textile, cosmetics, food and pharmaceutical industries. "Gold Extra Sweet" pineapple which is used as raw material in experimental study had supplied from several local markets and it has been determined that wastes of this type is around 40%-51%. The pineapple crown and peel were dried 40°C, 50°C and 60°C before bromelain extraction. Crude bromelain extracts were prepared by traditional extraction method from flesh and core in water-based and from crown and peel in dry-based in phosphate-buffered solution (PBS) (pH: 7.4). The produced extracts were filtered and then centrifuged. Bromelain extracts purified with 30%, 50% and 70% cooled ethanol (0°C). This study intended to obtain bromelain from pineapple by extraction of fruit and waste parts and research its use, by the optimum use of the plant, it is aimed to lead other food products in the agricultural waste evaluation process and to develop new visions by contributing to modern applications. It is predicted that research focusing on the extraction, purification and evaluation of target parts from pineapple wastes will contribute to the founding of industrial waste product markets in the future.

Keywords: Pineapple waste, Bromelain, Extraction, Protease, Purification

[1]Öğrenci, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0002-3772-0410
[2]Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0001-8936-6284
[3]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Orcıd: 0000-0002-8587-2013

Introduction

Pineapple is one of the richest ecological plants of neotropical species with 3,503 known species belonging to Monocotyledoneae group, Farinosea order and Bromeliaceae family (Loison-Cabbot, 1992; Zizka et al., 2020). . Only 60% of the pineapple plant is edible and the percentage of processing waste ranges from 45% to 65% (da Silva et al., 2013). Pineapple flesh and wastes; contain protease enzyme, which can accelerate the hydrolysis reaction of protein as a high-value bioactive compound (Roda and Lambri, 2019; Muhsini et al., 2021). Bromelain was first isolated from pineapple fruit in 1891 firstly (Maurer, 2001; Alvarez-Cornett, 2021). This enzyme has an optimum pH range of 6 to 8 and is active in a wide temperature range of 50-60 °C (Arshad et al., 2014). Bromelain is in high demand in the meat tenderizing, anti-browning agent production, beer clarification, baby food, pharmaceutical, cosmetic, textile and food industries. Due to its pharmacological properties, it is frequently preferred in medical applications (Roda and Lambri, 2019; Muhsinin et al., 2021; Misran et al., 2021). The unit price of bromelain is around 2400 USD/kg and its demand in the industry is increasing rapidly thanks to its widespread use (Colletti et al., 2021). Therefore, it is necessary to develop new and inexpensive methods to reduce production costs and obtain higher purity bromelain. Applications made with conventional methods are not time consuming and environmentally friendly. New purification methods developed in recent years are also time-consuming and costly (Hana et al., 2019).

In this study, it was aimed to obtain bromelain, a protease enzyme, by extraction of pineapple fruit and waste parts and to investigate its usage areas. The pineapple, which is the raw material of the study, was obtained from various local markets as the "Golden Extra Sweet" type in the same type. Extraction was carried out by conventional methods and purification was done with ethanol. Bromelain extracts prepared from the crown and peelparts of the plant and prepared as wet-based raw extracts from the fruit and core parts were obtained, and the pH and refractive index values of the extracts were measured.

Bromelain Extraction and Analysis Methods

- **Extraction Methods:** The conventional extraction method consists of softening the pineapple fruit or waste in water or buffer solutions at controlled pH and temperature, followed by centrifugation or filtration. Commercial bromelain is still purified by conventional methods. Modern methods, on the other hand, are carried out with the principles of physics that improve the extraction process; it includes Ultrasound Assisted Extraction (UAE), Microwave Assisted Extraction (MAE), Supercritical Fluid Extraction (SFE) techniques.
- **Analysis Methods:** Enzymatic Activity Tests, Protein Concentration Determination, SDS-PAGE and Western Blotting, Mass Spectrometry (MS) methods.

Method

Chemicals: Gold Extra Sweet pineapple (Markets), ethanol (Absolute), phosphate buffer (PBS, pH: 7.4) (Gündüz Chemistry), pure water

Equipments: Oven (Ecocell), centrifuge device (Electromag), precision balance (Weitghtlab), magnetic stirrer (Wisestir), grinder (Musullu), blender (Kiwi), automatic pipette (Isolab), Abbe refractometer

Experimental Study: Gold Extra Sweet pineapples were supplied and washed with tap water until they were free of dirt and dust, in addition, the impurities in the outer layer of the pineapple were removed by sufficiently cleaning with distilled water. Then, with the help of a

knife, pineapples were separated into crown, peel, core and flesh parts. The waste parts of the pineapple represent the crown, peel and core parts in this study.

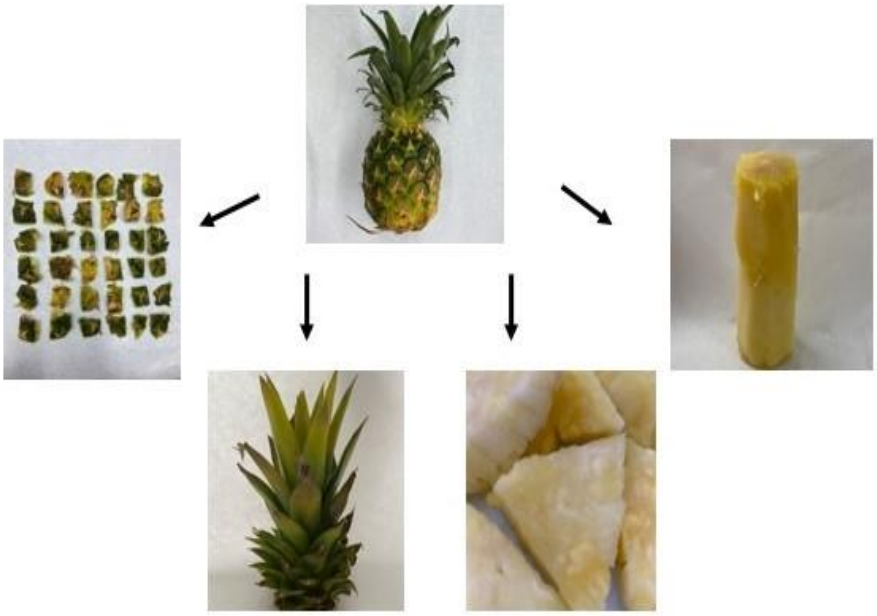


***Figure 1**. Fractionating the pineapple parts*

- The parts were weighed one by one and their wet weights were noted. The peel and crown parts were cut into 1x1 cm^2 and left to dry for a sufficient period of time by arranging them on aluminum trays in ovens prepared at 40°C, 50°C and 60°C. After drying, the parts weighed on precision scales were pulverized with the help of a grinder and sieved to 150 µm particle size.
- Dried at 40, 50, 60°C, sieved skin and crown parts, and fruit and core parts that were chopped with the help of blender, pre-cooled phosphate buffer (PBS, pH: 7.4) so that the test temperature was kept constant at 0 °C. It was stirred for 2 hours at 500 rpm with the help of a magnetic stirrer to release the bromelain enzymes, and then filtered.
- The filtrate was centrifuged at 4000 rpm for 25 minutes to separate visible particles. The liquid was then separated from the precipitate and the supernatants were prepared for purification.

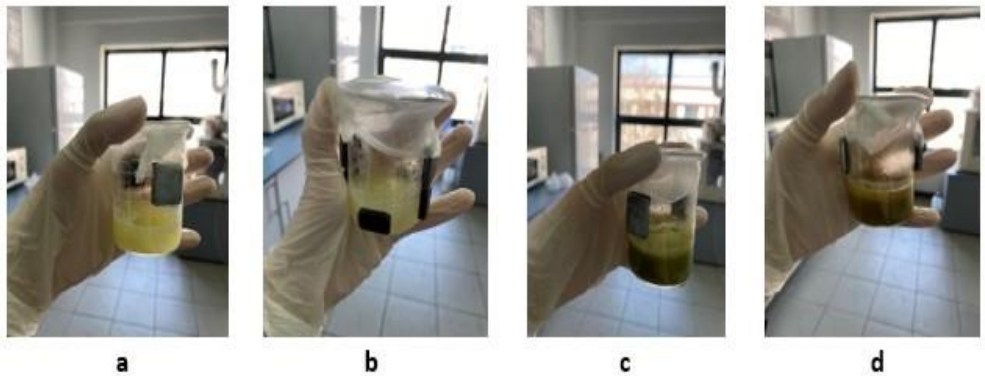


***Figure 2.** Crude bromelain extracts ready for filtration;*
a) Flesh, b) Core, c) Crown, d) Peel

- The liquid separated from the precipitate is defined as crude bromelain extracts and is ready for purification. At this stage, refractive index and also pH measurements of raw bromelain extracts were carried out

***Table 1** - Weighing and percentage of fruit and waste of pineapples, percentage of moisture removed after drying, pH values*

Parts	**Weighing (g)**	Percentage **(%)**	Percentage of moisture removed after drying **(%)**	**pH**
Pineapple 1				
Peel	220.4	18.3	84.8	4.5-5
Core	79.125	6.6	-	3.5
Crown	182.294	15.1	88.8	4.5-5
Flesh	723.515	60	-	4
Total	**1205.334**	**100**	-	-
Pineapple 2				
Peel	226.30	18	87.4	4.5
Core	80.783	6.5	-	4-4.5
Crown	205.645	17	89.2	5
Flesh	723.507	58.5	-	3.5
Total	**1236.235**	**100**	-	-
Pineapple 3				
Peel	201.435	16.2	82.4	4.5-5
Core	100.326	8.1	-	4-4.5
Crown	195.0	15.7	86	5
Flesh	745.993	60	-	3.5-4
Total	**1242.754**	**100**	-	-
Pineapple 4				
Peel	182.435	18.3	87.3	4.5-5

Table 1 - Weighing and percentage of fruit and waste of pineapples, percentage of moisture removed after drying, pH values (continue)

Core	117.422	11.7	-	4
Crown	169.400	17	88.4	5
Flesh	526.842	53	-	3.5-4
Total	**996.099**	**100**	-	-
Pineapple 5				
Peel	200.077	19.6	83.6	4.5-5
Core	98.725	9.7	-	4
Crown	141.250	13.8	87	5
Flesh	582.657	56.9	-	4
Total	**1022.709**	**100**	-	
Pineapple 6				
Peel	214.029	18.3	84.8	4.5
Core	134.974	11.5	-	3.5-4
Crown	180.346	15.4	91	5
Flesh	640.506	54.8	-	3.5

Total	**1169.855**	**100**	**-**	**-**
Pineapple 7				
Peel	178.944	16.6	%84.5	4.5-5
Core	127.079	11.8	-	4
Crown	233.094	21.6	%86.7	5
Flesh	539.838	50	-	3.5-4
Total	**1078.955**	**100**	**-**	**-**
Pineapple 8				
Peel	262.733	21.5	%85.5	4.5-5
Core	165.763	13.6	-	3.5-4
Crown	190.315	15.6	%88.1	5
Flesh	598,314	49	-	4
Total	**1221.049**	**100**	**-**	**-**

Table 2 *- Refractive index value measurements of crude bromelain extracts, whose crown and peel parts were dried at 40°C, 50°C, 60°C, but whose fruit and core parts were wet-based*

Parts	**Refractive Index Value (20°C)**
Pineapple (40°C)	
Crown	1.3405
Peel	1.3442
Flesh	1.3417
Core	1.3415

Table 2 *- Refractive index value measurements of crude bromelain extracts, whose crown and peel parts were dried at 40°C, 50°C, 60°C, but whose fruit and core parts were wet-based (continue)*

Pineapple (50°C)	
Crown	1.3415
Peel	1.3455
Flesh	1.3485
Core	1.3400
Pineapple (60°C)	
Crown	1.3417
Peel	1.3427
Flesh	1.3426
Core	1.3417

- Crude bromelain extracts were purified at concentrations of 30%, 50%, and 70% with ethanol of >98% purity cooled at 0°C. Ethanol was added to each sample very slowly at 0°C and very slowly dropwise. All samples were kept in the refrigerator at +4°C for 24 hours for precipitation.
- After 24 hours, bromelain was collected from the precipitate by centrifugation. Purified bromelain was re-dissolved in phosphate buffer solution with appropriate pH and ionic strength, and stored at -18°C.

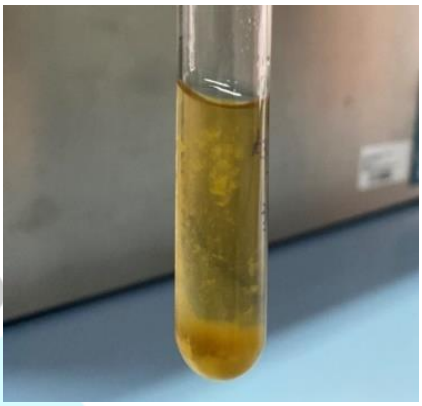


***Figure 3**. Purification of peel part of pineapple*

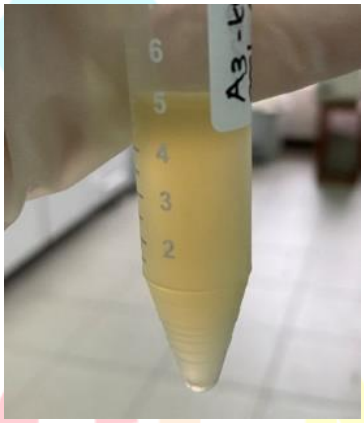


***Figure 4**. Re-dissolving bromelain obtained by purifying the peel of the pineapple with ethanol in PBS buffer*

Conclusion

In this study, "Golden Extra Sweet" type pineapples were used and the crown and peel parts of the plant were dried with the help of an oven at 40°C, 50°C and 60°C; raw bromelain extracts were prepared by traditional extraction method from fruit and seed parts on a wet basis (1:3 ratio) in phosphate buffer solution (PBS) (pH: 7.4). The filtration of the extraction solution was carried out. The liquid taken was subjected to centrifugation to get rid of the existing insoluble particles. Ethanol cooled at 0°C with >98% purity was preferred for the purification step. Cold ethanol was added at 30%, 50% and 70% concentrations to crude bromelain extracts in small amounts and the reaction was carried out very slowly and precipitation was expected for 24 hours at +4°C. Bromelain in the precipitate was collected by centrifugation. Purified bromelain was re-dissolved in phosphate buffer solution with pH (7.4) and ionic strength, and kept at the appropriate pH and temperature by freezing. According to the pineapple waste rate reported in the range of 40%-65% in the literature summary, it was determined that the waste rate of this species was between 40-51%. It has been determined that the pH of the parts of the pineapple fruit varies in the range of 3.5-5. The highest value of pH was observed in the crown and was measured as 5. In the measurements made with a refractometer at 20°C, the lowest refractive index value was determined as 1.3400 in the core part and the highest refractive index value was determined as 1.3485 in the fruit part.

Discussion

This study aimed to investigate the traditional method of obtaining bromelain by purification of bromelain extract with ethanol, and the findings include investigations that ethanol purification may cause denaturation of some proteins, including bromelain. It is thought that this may lead to a decrease in enzymatic activity, loss of functionality, the need for additional purification steps and the occurrence of contaminants. In addition, the use of ethanol raises environmental concerns due to its potential toxicity. Research should focus on developing integrated extraction processes, discovering new enzyme sources, optimizing extraction conditions and developing innovative processing techniques. With modern waste management practices, bromelain extraction and purification steps should be reviewed, and finally, it is thought as a discussion increase production efficiency with research on different extraction methods.

REFERENCES

Alvarez-Cornett, J. (2021). Vicente Marcano (1848-1891), *Polymath Chemist, Discoverer of the Bromelain Enzyme, and Father of Experimental Science in Venezuela*. Paper presented at the 26th International Congress of the History of Science and Technology (ICHST), Prague.

Arshad, Z. I. M., Amid, A., Yusof, F., Jaswir, I., Ahmad, K., & Loke, S. P. (2014). Bromelain: An overview of industrial application and purification strategies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *98*, 7283–7297.

Colletti, A., Li, S., Marengo, M., Adinolfi, S., & Cravotto, G. (2021). Recent Advances and Insights into Bromelain Processing, *Pharmacokinetics and Therapeutic Uses. Applied Sciences, 11*(18), 8428.

da Silva, D. I. S., Nogueira, G. D. R., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. S. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (Ananas comosus) residue during drying process. *Industrial Crops and Products*, *50*, 557-562.

Hana, J., Wanga, L., Wangb, L., Lic, C., Maod, Y., & Wang, Y. (2019). Fabrication of a core-shell-shell magnetic polymeric microsphere with excellent performance for separation and purification of bromelain. *Food Chemistry*, *283*, 1-10.

Loison-Cabbot, C. (1992). Origin, phylogeny and evolution of pineapple species. *Fruits*, *47*(1), 25-32.

Misran, E., Idris, A., Mat Sarip, S. H., & Ya'akob, H. (2021). Properties of bromelain extract from different parts of the pineapple variety Morris. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *31*, 101860.

Muhsinin, S., Putri, P. A., Juanda, D., & Ziska, R. (2021). The Activity of Bromelain Enzyme from Pineapple (Ananas Comosus (L) Merr): A review. *IOSR Journal Of Pharmacy*, *11*, 27-32.

Roda, A., & Lambri, M. (2019). Food uses of pineapple waste and by-products: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, *54*(4), 1-9.

Zizka, A., Azevedo, J., Leme, E., Neves, B., Ferreira da Costa, A., Caceres, D., & Zizka, G. (2020). Biogeography and conservation status of the pineapple family (Bromeliaceae). *Diversity and Distributions*, *26*, 183-195.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Effect of Fractal Dimension on Shear Strength of Sands

Ahmet Serdar KÖŞELİ[1]
Havvanur KILIÇ[2]
Murat GÜLEN[3]

Abstract

Understanding the behaviour of soils under load and predicting the interaction of the engineering structure to be constructed is important in geotechnical engineering. The main factors to be considered in the analysis of geotechnical structures are shear strength and shear strength parameters. These factors, which affect the behaviour of the soil at its interfaces with different materials or in itself, should be well known at the design stage. With the developing technology and increasing knowledge, the grain shape properties, one of the most important parameters affecting the friction mechanism in the sliding plane, can be examined in more detail using image processing techniques. In this study, large-scale direct shear experiments investigated the effect of the shape parameters of the grains on the shear strength. The uniform sands used were photographed with the help of the prepared setup. The obtained images were analysed with ImageJ, an image processing program, and their shape properties were determined. The shear strength parameters of the sands, whose shape properties were determined, were obtained as a result of experiments carried out at different normal stresses in a large-scale direct shear box of 300x300 mm. The fractal dimension was used to express the effect of the shape characteristics of the grains on the shear resistance. As a result, it was determined that the fractal dimension value increased with grain angularity. Likewise, it was observed that the internal friction angles were larger in sands with angular grains. In addition, it has been determined that the maximum and minimum void ratios and the difference in void ratios of rounded grain sands are less.

Keywords: Shape properties, shear strength, fractal dimension, direct shear test, friction angle

[1] Civil Engineer, Yildiz Technical University, Civil Engineering Department, 0000-0002-4421-9544
[2] Assoc. Prof, Yildiz Technical University, Civil Engineering Department, 0000-0001-9455-1687
[3] Res. Asst., Yildiz Technical University, Civil Engineering Department, 0000-0003-4143-9266

1.INTRODUCTION

When designing and building geotechnical engineering structures like foundations and retaining walls, it is crucial to understand how soils behave. Due to the loads of structure, an interaction occurs between it and the soil. The most important factor to be considered when determining its behavior is shear strength. For this reason, shear strength and shear strength parameters should be known very well in geotechnical analysis. These factors vary due to the structure and characteristics of the soil. While degree of saturation, stress history, loading and drainage conditions control the shear strength parameters in fine-grained soils; density, grain size distribution and grain shape control in coarse-grained soils (Özaydın, 2011: 236). Among these factors, grain shape was first studied in the early 1900s. While observational methods were using at first, thanks to the advances in technology and increased knowledge as a result of following researches, the shape properties of the grain were examined in more detail. Grain shape characteristics are examined in 3 groups according to the scale (Mitchell & Soga, 2005: 87). Shape properties expressed as roughness in small scale, roundness in medium scale and form in large scale can be converted into quantitative parameters by using image processing method. The image processing method is the analysis of the images obtained with the camera in electronic environment by means of software. This method, which is used in different disciplines such as geography and geology, has also found its place in geotechnical engineering in recent years (Cui et al., 2011: 1). In addition to determining the shape characteristics of grains by image processing, grain size distributions and void structures can also be determined (Arasan et al., 2011a; Maroof et al., 2022). While defining the grain shape, the definitions used in Euclidean geometry are not sufficient due to grain irregularity. To eliminate this deficiency, it was seen that with fractal geometry introduced by Mandelbrot (1983), irregular shapes also have an order in themselves, and rough environments can be easily defined. Thanks to the fractal dimension, which is used to express the fractal geometry quantitatively, the morphological properties of the grain such as sphericity and roundness can be expressed with a single parameter (Gori & Mari, 2001).

There are many studies in the literature examining the relationship between the shape properties, fractal dimension and the mechanical behavior of granular materials. Gori and Mari (2001) reported that there is a linear relationship between fractal dimension and internal friction angles as a result of their experiments with granular materials of different shapes. Sezer et al. (2011) stated that the internal friction angles decrease with the increase in the regularity and roundness values. Cho et al. (2006) observed that the minimum and maximum void ratios and the difference in void ratios increase with the decrease of roundness, and the friction angles increase with the increase of irregularity on the surfaces of the grains. Lei et al. (2022) stated that presence of grain edges and corners increase shear resistance and the void ratios.

In this research, images of two different sands were obtained with prepared setup. The roundness and fractal dimension values were found by processing the images in ImageJ software. Then, the shear strength parameters were determined by performing large-scale direct shear tests at two different relative density on the sands whose shape properties were determined. Finally, the relationship between fractal dimension values and shear strength parameters is presented and explained.

2.MATERIALS AND METHODS

The sands used in this study were selected in a specific grain diameter range (2-4.75 mm) to avoid the effect of grain size. According to the Unified Soil Classification System (USCS), among the sands in the poor graded sand (SP) class, the larger roundness value is called S1, the smaller one is named S2. The material properties of the sands were determined

by the experiments carried out in the Yildiz Technical University Geotechnical Laboratory. The specific gravity values and the maximum and minimum void ratios which were presented in Table 1 were found by making as described in the standards (ASTM D854-14; ASTM D4254-16; ASTM D4253-00).

Table 1. Material properties

Sands	**Grain size range**	**G_s**	**e_{max}**	**e_{min}**	**Soil class**
S1	2-4.75 mm	2.63	0.83	0.57	SP
S2		2.66	1.11	0.74	SP

A setup was prepared in the laboratory to determine the grain shape properties of the sands. In the setup, the schematic drawing of which is shown in Figure 1, the particles are placed on the glass surface and illuminated by 4 LED bulbs from the bottom. More than 100 samples were used for grain representation and photographs were taken in a dark room to avoid shadows in the images. A light-colored background that does not reflect light is preferred in order to clearly define the grain border. For scaling in the analysis, a ruler was used in the photographs taken with a fixed-level 18 MP Canon EOS 700D camera from a height of 25 cm.



Figure 1. Schematic view of image analysis system

ImageJ software was used to process the obtained images. In ImageJ, an open-source software, images are assigned a scale first. Afterwards, the images converted to 8-bit gray level are converted to binary images with the threshold value. Finally, the results of the analyzed grains are transferred to Excel and evaluated. Figure 2 shows the original and binary images of the sands S1 and S2 that were analyzed.

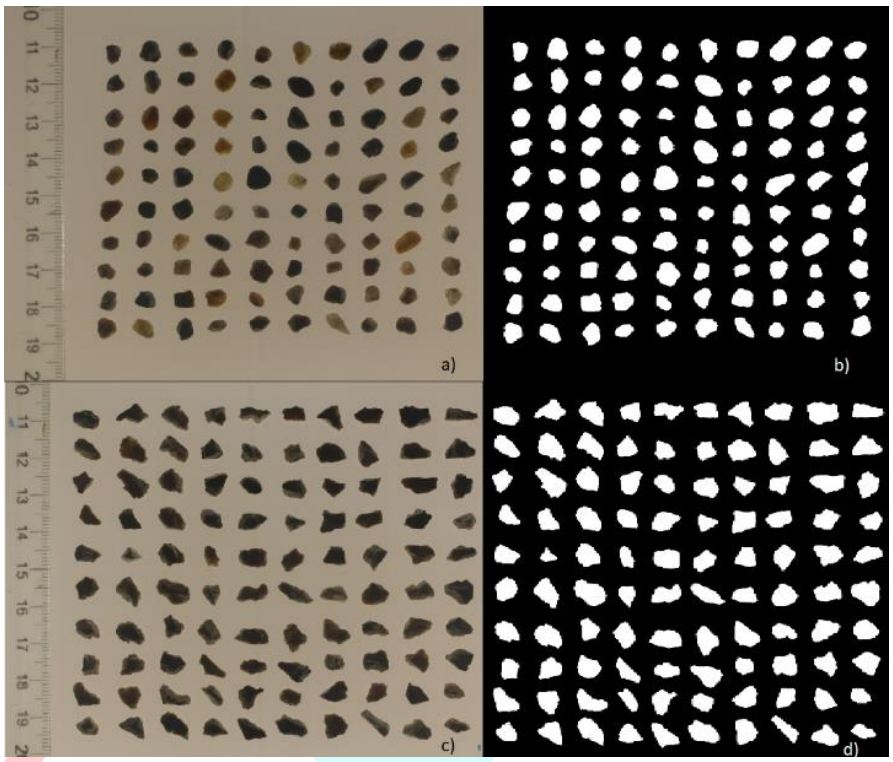


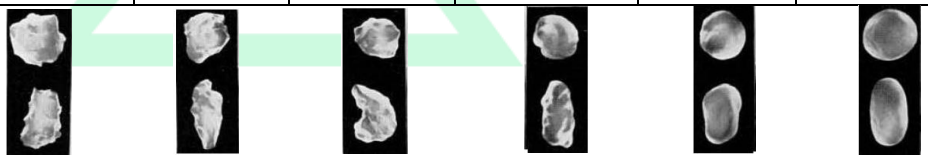
Figure 2. S1 sand a) original image b) binary image, S2 sand c) original image d) binary image

There are different approaches in the literature to determine the roundness value of grains. Depending on the area and perimeter values obtained by the image processing method, equation proposed by Cox (1927) was used. In this equation, R is the roundness, A is the area, and P is the perimeter.

$$R=4\pi A/P^2$$

Using this equation, the roundness parameters of the S1 and S2 sands were determined as 0.80 and 0.67, respectively. According to these values, the charts in the literature were used to classify the grain shape. As seen in Table 2, according to Cox's classification, sand S1 is rounded and sand S2 is angular. Likewise, the visual classification suggested by Powers (1953) also shows consistent results.

Table 2. Determination of roundness class

Roundness value						
Cox (1927)	0.5-0.65	0.65-0.70	0.70-0.75	0.75-0.77	0.77-0.80	0.80-1
Powers (1953)						
This study			S2		S1	
Roundness class	Very angular	Angular	Sub-angular	Sub-rounded	Rounded	Well rounded

Different methods are used to calculate the fractal dimension. The most practical one among these methods, which are the area-perimeter, line divider and box-counting methods, is the area-perimeter method. In this method, the area and perimeter values obtained by the image processing method are transferred to the logarithmic axis. The slope of the line drawn in the

axis set is equal to the 2/fractal dimension value. However, while the fractal dimension values of the grains used in the analysis are obtained with this method, the individual fractal dimension values of each grains cannot be determined (Hyslip & Vallejo, 1997). Figure 3 shows the fractal dimension values (D_r) of the S1 and S2 sands determined according to the area-perimeter method. The fractal dimension value determined for sand S1 is 1.04, and 1.18 for sand S2.

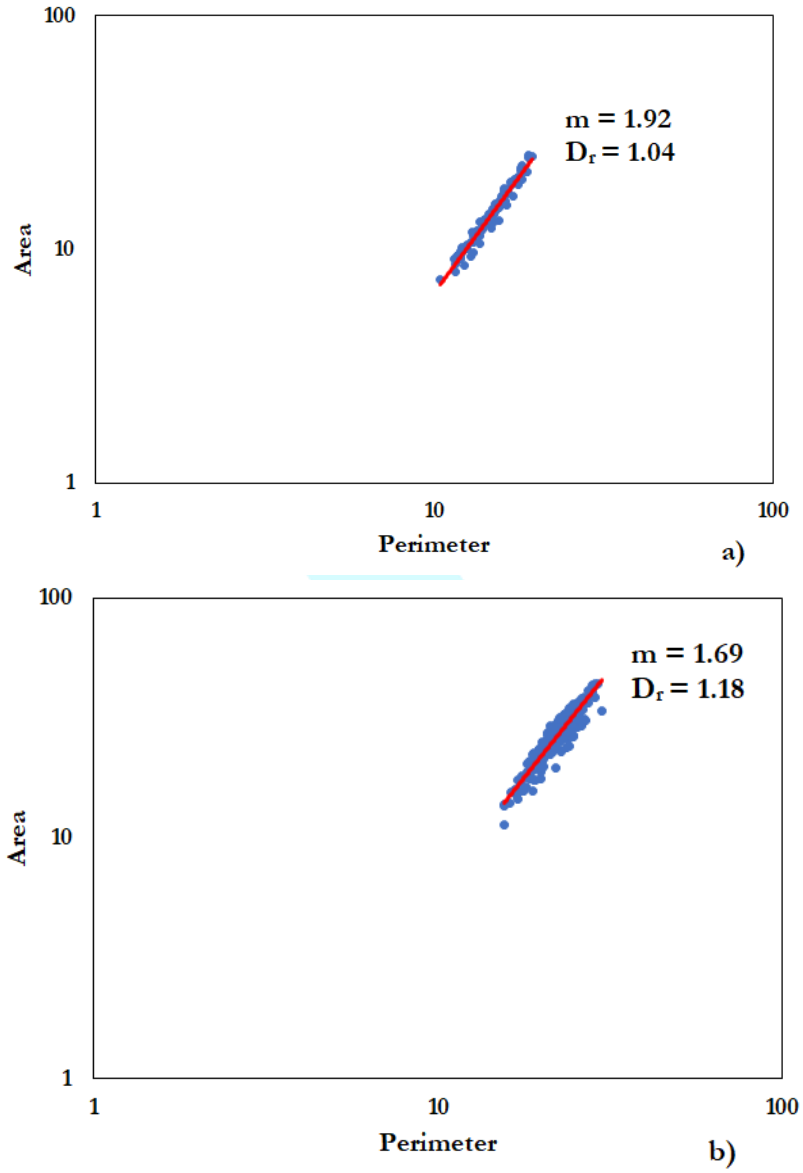


Figure 3. Area-perimeter relation a) S1 b) S2

Direct shear tests were carried out to determine the shear strength parameters of sands with determined shape characteristics. In the tests carried out in accordance with the ASTM 3080-11 standard, a large-scale direct shear box with the dimensions of 300x300x150 mm was used. In the tests, the upper box is fixed with a locking mechanism, while the lower box moves on a metal plate. There are lubricated steel balls to prevent friction between the boxes during movement. During the test, horizontal and vertical displacements and forces are recorded by LVDTs. All tests were carried out at 1 mm/min shear rate up to 30 mm, which corresponds to %10 horizontal strain. The large-scale direct shear box used in the tests is shown in Figure 4.



Figure 4. Large-scale direct shear box

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this research, while the effect of shape properties on shear strength was investigated, sands were prepared in two different relative density. While large-scale direct shear box tests were carried out on loose (40% relative density) and compact (80% relative density) soils, three different normal stresses, 50, 100 and 200 kPa, were used for each sand. The shear stress-horizontal strain graphs obtained as a result of these tests are shown in Figure 5.

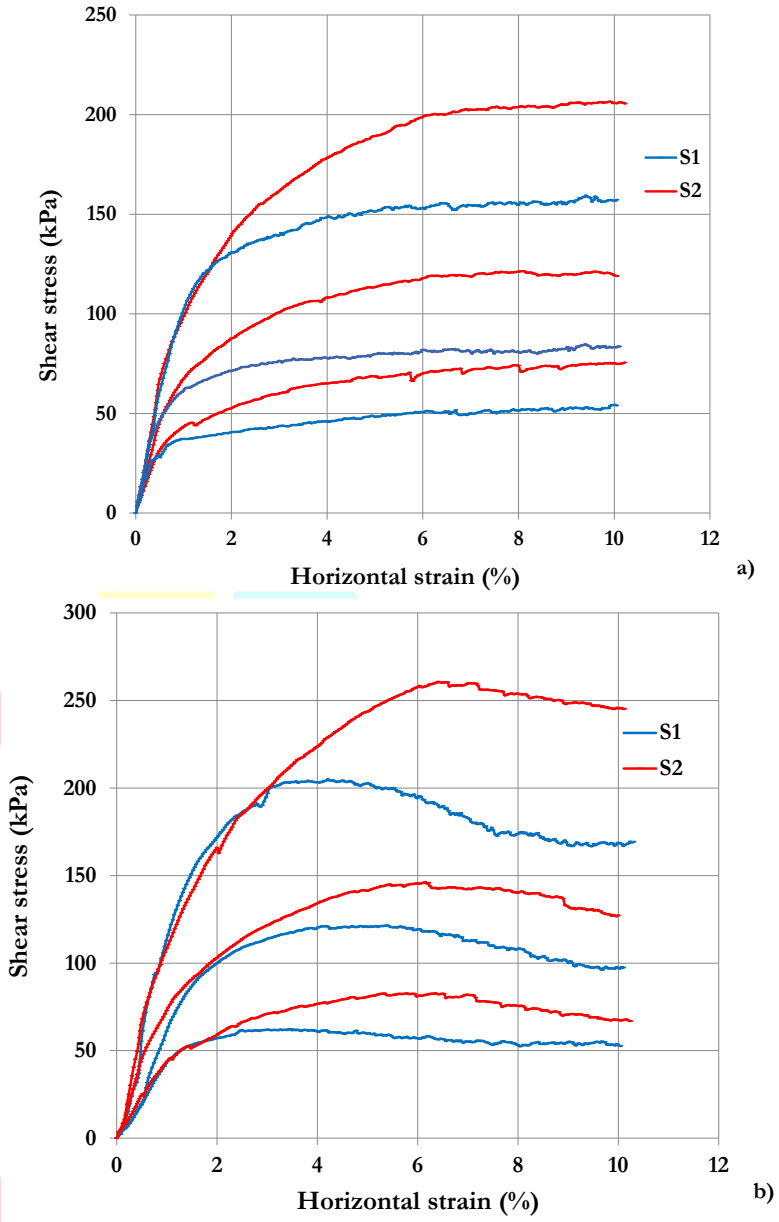


Figure 5. Shear stress-horizontal strain curves a) loose (%40) b) dense (%80)

As seen in Figure 5.a, a residual state was observed in both loosely prepared sands S1 and S2. In both sands, under all normal stresses, shear stresses began to remain unchanged after approximately %6 horizontal strain. When the failure envelopes were drawn, the internal friction angle of the loose S1 sand was determined as 36.3 degrees. For loose S2 sand, the internal friction angle was found to be 43.4 degrees. Figure 5.b shows the shear stress-horizontal strain graphs of the sands prepared in dense condition. While the peak value was observed at 3-4% horizontal strain in S1 sand, the maximum shear stress was reached at 6% horizontal strain in S2 sand. After these values, shear stresses decreased with softening behavior and, they continued to decrease without any residual state in S2 sand. The internal friction angle was determined as 41.8 degrees for the dense sand S1 and 50.1 degrees for the sand S2.

3.1. Fractal Dimension and Shear Strength

It was observed that the S2 sand with a larger fractal dimension value (1.18) has a higher shear resistance than S1 sand with a smaller fractal dimension value (1.04) while under the same normal stress in both relative densities. Also, the internal friction angle of the S2 sand, which has a larger fractal dimension value, was also found to be higher at the same relative density. While the increase in the internal friction angle with the increase in the fractal dimension value is in line with the studies of other researchers in the literature (Xiao et al., 2019; Gori & Mari, 2001; Sezer et al., 2011), this situation is shown in Figure 6.

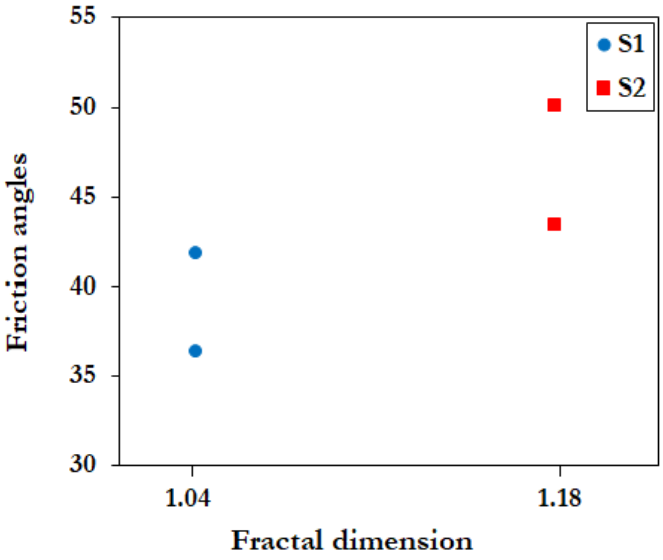


Figure 6. Internal friction angles-fractal dimension relation

3.2. Fractal Dimension and Roundness

Many researchers have stated that the fractal dimension value decreases with the increase in the roundness value (Arasan et al., 2011b; Vallejo & Zhou, 1995; Ari & Akbulut, 2022). The roundness values obtained by image processing method are 0.80 for S1 sand and 0.67 for S2 sand. While the fractal dimension value of S1 sand with a larger roundness value is smaller (1.04), the fractal dimension value of S2 sand, which is angular, is larger (1.18).

3.3. Fractal Dimension and Void Ratios

The minimum and maximum void ratios of S2 sand with a large fractal dimension were determined as 0.74 and 1.11, respectively, and the minimum and maximum void ratios of S1 sand with a smaller fractal dimension were determined as 0.57 and 0.83. In addition, Rouse et al. (2008) stated that sands with higher roundness ratios have lower void ratios. Similarly, the difference in the void ratios of the rounded grained sand S1 with a lower fractal dimension is 0.26; S2 sand with angular grain and higher fractal dimension value is 0.35. The relationship of fractal dimension with void ratios is shown in Figure 7.

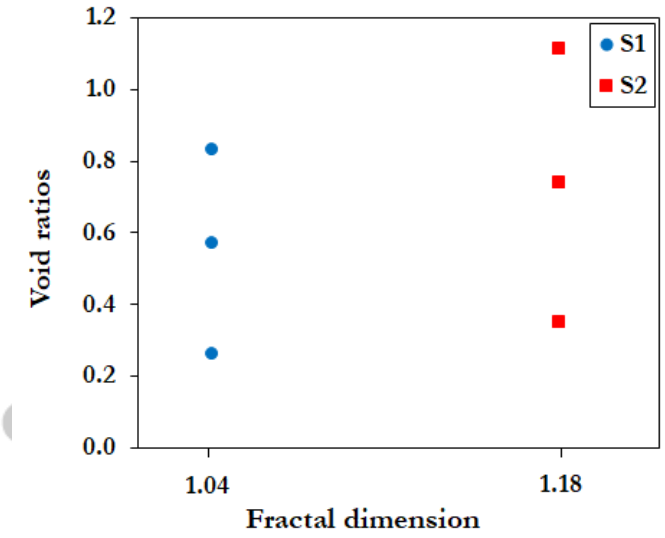


Figure 7. Void ratios and fractal dimension relation

3.4. Relative Density and Shear Strength

In the tests, the shear stress and internal friction angles of the S1 and S2 sands increased with the increase of the relative density, this situation is presented in Figure 8.

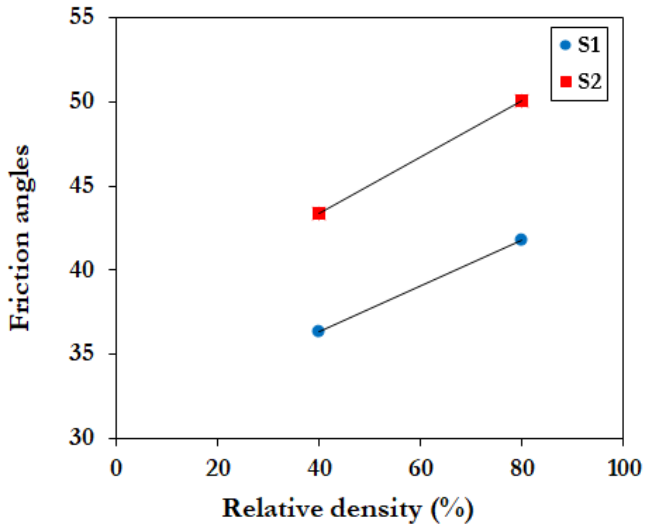


Figure 8. Change of friction angle with relative density

4. CONCLUSION

In this research, the relationship between fractal dimension and shear strength was investigated. The shape parameters of the uniform sands were determined using the image processing method. After the roundness parameters and fractal dimensions were found, the shear strength parameters were obtained by large-scale direct shear tests. Afterwards, the relationship between fractal dimension and shear strength and mechanical properties of sands is presented. The results obtained are summarized below.

- While the fractal dimension value of S1 sand with high roundness value is smaller, the fractal dimension value of S2 sand with angular grains is larger.

- S2 with a higher fractal dimension value at the same relative density and under the same normal stress has greater shear resistance, while the internal friction angle is higher than sand S1.
- The difference between the maximum and minimum void ratios and the void ratios of angular S2 sand with a larger fractal dimension value is greater than that of rounded-grained S1 sand.
- The shear resistance and internal friction angles of the sands increased with the increase in the relative density.

Although the results obtained from this study are compatible with the researches in the literature, supporting them with tests with more soils will provide better interpretations.

REFERENCES

Özaydın, K. (2011). *Zemin Mekaniği.* İstanbul: Birsen Yayınevi.

Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of Soil Behaviour.*

Cui, M., Hong, B., & Fang, Q. (2011). Application of Digital Image Processing Technology in Geotechnical Engineering. *International Conference on Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering*, (s. 1).

Arasan, S., Akbulut, S., & Haşıloğlu, A. (2011). Effect of particle size and shape on the grain-size distribution using Image analysis. *International Journal of Civil and Structural Engineering* .

Maroof, A., Mahboubi, A., Vincens, E., & Noorzad, A. (2022). Effects of particle morphology on the minimum and maximum void ratios of granular materials. *Granular Matter*.

Mandelbrot, B. B. (1983). The Fractal Geometry of Nature. *American Journal of Physics*.

Gori, U., & Mari, M. (2001, December). The Correlation between the Fractal Dimension and Internal Friction Angle of Different Granular Materials. *Soils and Foundations*.

Sezer, A., Altun, S., & Göktepe, B. A. (2011, October). Relationships between Shape Characteristics and Shear Strength of Sands. *Soils and Foundations*.

Cho, G.-C., Dodds, J., & Santamarina, J. C. (2006, May). Particle Shape Effects on Packing Density, Stiffness, and Strength: Natural and Crushed Sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.

Lei, H., Chen, Z., & Kang, X. (2022). Examination of particle shape on the shear behaviours of granules using 3D printed soil. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*.

ASTM D854-14. (2014). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids* .

ASTM D4254-16. (2016). *Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density*.

ASTM D4253-00. (2006). *Standard Test Methods For Maximum Index Density And Unit Weight Of Soils Using A Vibratory Table*.

Cox, E. P. (1927). A Method of Assigning Numerical and Percentage Values to the Degree of Roundness of Sand Grains. *Journal of Paleontology*.

Powers, M. C. (1953). A New Roundness Scale for Sedimentary Particles. *Journal of Sedimentary Petrology*.

Hyslip, J. P., & Vallejo, L. E. (1997). Fractal analysis of the roughness and size distribution of granular materials. *Engineering Geology*.

ASTM D3080-11. (2011). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions*.

Xiao, Y., Long, L., Evans, T. M., Zhou, H., Liu, H., & Stuedlein, A. W. (2019, February). Effect of Particle Shape on Stress-Dilatancy Responses of Medium-Dense Sands. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.

Arasan, S., Akbulut, S., & Haşıloğlu, A. (2011). The relationship between the fractal dimension and shape properties of particles. *KSCE Journal of Civil Engineering*.

Vallejo, L. E., & Zhou, Y. (1995). The Relationship Between the Fractal Dimesnion and Krumbein's Roundness Number. *Soils and Foundations*.

Ari, A., & Akbulut, S. (2022). Effect of fractal dimension on sand-geosynthetic interface shear strength. *Powder Technology*.

Rouse, P. C., Fannin, R. J., & Shuttle, D. A. (2008). Influence of roundness on the void ratio and strength of uniform sand. *Geotechnique*.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Batman İl Merkezindeki Zeminlerin VS ve VP Değerlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile Haritalandırılması

Harun TANYERİ [1]
Nurullah AKBULUT [2]

Özet

Coğrafi Bilgi Sistemlerini (CBS), konum temelli verileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılan bilgisayar sitemi olarak tanımlamak mümkündür. Geoteknik mühendisliği alanında zemin özelliklerinin doğru belirlenmesi büyük öneme sahiptir. Zemin özellikleri laboratuvar deneyleri ve arazi deneyleri ile belirlenir. Laboratuvar deneyleri örselenme etkisinden ve küçük bölge temsilinden dolayı tüm tabakayı doğru temsil etmeyebilir, bu nedenle arazi deneyleri ile birlikte kullanılması önerilir. Gerçekçi bir şekilde zemin tabakalarının özelliklerini belirlemek için laboratuvar deneylerine ilave olarak arazi deneylerinin yapılması ve elde edilen sonuçların birlikte kullanılması tercih edilir. Bu çalışmada Batman İli merkezinde yapılan jeofizik çalışmalardan elde edilen veriler analiz edilerek CBS temelli ArcGIS programı kullanılarak IDW yöntemi (Ters Mesafe Ağırlıklandırma Yöntemi) ile kayma dalgası hızı (V_S) ve basınç dalgası hızı (V_P) değerlerinin tahmini haritaları 10 m karelaj boyutlu olarak oluşturulmuş böylelikle mühendislik çalışmalarında geoteknik verilerin daha etkin ve daha verimli kullanılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda inceleme alanı sınırlarında 5 m derinlikte basınç dalgası hızı, çalışma alanının yaklaşık %29'sinde 715-601 m/sn aralığında, %46'sı 600-501 m/sn aralığında ve %25'i 500-414 m/sn aralığında bulunmuştur. Aynı şekilde kayma dalgası hızı 5 m derinlikte çalışma alanının yaklaşık %43'ü 443-301 m/sn aralığında, %27'si 300-281 m/sn aralığında ve %30'u 280-221 m/sn aralığında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Kayma Dalgası Hızı, Basınç Dalgası Hızı, Ters Mesafe Ağırlıklandırma Yöntemi, Batman

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Orcıd: 0000-0001-5586-8147
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-4280-1581

GİRİŞ

Geoteknik Mühendisliği, mühendislik yapılarının zeminle doğrudan teması nedeniyle zemin parametrelerinin doğru belirlenmesi ve araştırılmasının önemini vurgular. Bu parametreler, yapıların güvenilirliği ve maliyetini etkileyen önemli faktörlerdir ancak zemin hakkındaki bilgilerimiz kısıtlıdır ve zemin davranışlarını tam olarak kontrol etmemiz mümkün değildir. Bu nedenle, zemin özelliklerinin doğru belirlenmesi, yapıların tasarım ve inşaat sürecinde büyük öneme sahiptir (Shaik, 2007:109).

Zemin etüdü, zeminin mekanik özelliklerinin, zeminin yapısının ve zeminin altındaki tabakaların yerleşiminin belirlenmesi için yapılan bir araştırma sürecidir. Bu araştırma sonucunda, kayma dalgası hızı, standart penetrasyon testleri (SPT) sonuçları, yeraltı su seviyesi, kıvam limitleri, doğal su muhtevası ve elek analizi, zeminin taşıma kapasitesi, sıvılaşma potansiyeli vb. parametrelere ulaşılır.

Geoteknik mühendisliğinde zeminlerin mühendislik özellikleri arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri kullanılarak belirlenebilir. Laboratuvar yöntemleri örselenmenin etkisinde olması ve alındıkları tabakanın küçük bir bölgesini temsil etmesi nedeniyle ile bulunan özellikler tüm tabaka için geçerli olmayabilir. Gerçekçi bir şekilde zemin tabakalarının özelliklerini belirlemek için laboratuvar deneylerine ilave olarak arazi deneylerinin yapılması ve elde edilen sonuçların birlikte kullanılması önerilir (Kocaman, 2008:14; Sivrikaya ve Toğrol, 2007:2).

Zeminlerin dinamik özelliklerini belirlemek için laboratuvar deneylerinin yanı sıra geniş saha incelemelerine imkan sağlayan hızlı ve pratik sonuçlar veren jeofizik yöntemlerden de faydalanılmaktadır.

Herhangi bir zeminde dinamik bir etki oluştuğunda, dalga alanı oluşur ve bu dalgalar hem yüzeyde hem de ortam içinde yayılır. Geoteknik mühendisliğinde, zemin ve kayadan oluşan ortam genellikle elastik yarı sonsuz olarak tanımlanır. Bu ortamda oluşan dalga alanı ortam içinde yayılan cisim dalgaları ve yüzeyde yayılan yüzey dalgalarını içerir. Ortam içinde yayılan dalgalar arasında basınç ve kayma dalgaları, yüzeyde yayılan dalgalar arasında ise Rayleigh veya Love dalgaları olarak adlandırılır. Basınç dalgası, yayılma yönü ile parçacık hareketi (yer değiştirme) yönü aynı olan dalga tipidir. Bu dalga ortamda basınç ve çekme şeklinde yayılırken hacim değişikliğine neden olur. Basınç dalgaları için "P-dalgası", "birincil dalga" ve "boyuna dalga" gibi ifadeler de kullanılabilir. Kayma dalgaları, elastik bir ortamda parçacık hareketinin yönüne dik olarak bükülerek yayılırlar. Bu dalgalar ortamda hacim değişikliği yapmaz ancak ortamda şekil değişikliği oluştururlar. Kayma dalgaları genellikle "S-dalgası" olarak adlandırılır (Özbay, 2011:15).

P dalgaları bir ortam içindeki en hızlı dalgalar olduğundan deprem kayıtlarında en önce kaydedilir. P dalgasının hızı;

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda+2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (3.1)$$

σ = Poisson Oranı

μ = Rijidite (Kayma Modülü)

ρ = Yoğunluk Modülü (Elastisite)

S dalgasının hızı V_S aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Vs = \sqrt{\frac{G}{P}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}}$$

(3.2)

Kayma dalga hızı, deprem yüklerinin etkisi altında zemin tabakalarının ortaya çıkaracağı büyütmelerin hesaplanması için en önemli dinamik zemin parametresidir. Bu sebeple kayma dalgası hızının belirlenmesi, yerel zemin koşullarının büyütme üzerindeki değişiminin ve dinamik özelliklerin incelenmesi için önemlidir (Güllü, 2001:18).

Andrus ve Stokoe II (2000) tarafından kayma dalgası hızından sıvılaşma direncinin hesaplanması üzerine yapılan bir çalışmaya göre kayma dalgası hızının yerinde ölçümleri ile penetrasyona dayalı yaklaşımlara umut verici bir alternatif veya tamamlayıcı bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Kayma dalgası hızının sıvılaşma direncinin bir göstergesi olarak kullanılması sağlam bir temele dayanmaktadır çünkü hem kayma dalgası hızı hem de sıvılaşma direnci aynı faktörlerin çoğundan (örneğin boşluk oranı, gerilme durumu) benzer şekilde etkilenmektedir. Penetrasyon testlerinin güvenilir olmadığı çakıllı zeminlerde kayma dalgası hızı ölçümlerinin tercih edilmesi, kayma dalgası hızı ölçümünün laboratuvardaki numuneler üzerinde de yapılabilmesinden dolayı zeminin laboratuvar ve saha davranışları arasındaki doğrudan karşılaştırma imkanı vermesi gibi nedenlerden sıvılaşma direncinin belirlenmesinde kayma dalgası hızının kullanımının bazı avantajları bulunmaktadır (Andrus ve Stokoe II, 2000).

Yukarıda bahsedilen nedenlerden geoteknik mühendisliğinde kayma dalgası hızı önemli bir zemin özelliğidir.

Buna ilave olarak sismik deneyler yapılmadığı veya yetersiz olduğu alanlarda kayma dalgası hızının tahmin edilmesi için SPT-N sayıları ile ilişkili korelasyonlar da geliştirilmiştir (Kurnaz, 2011:158).

Geoteknik mühendisliğinde kayma dalgası hızı; mikro bölgeleme, sıvılaşma potansiyelini tahmin etmek, zemin hakim periyodunu belirlemek, zemin büyütmesi ve ana kayada alınan bir tasarım depreminde yüzeye yakın tabakalarda oluşacak gerilmelerin ve deprem özelliklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), haritalama, veri analizi ve coğrafi konumlama teknolojileri kullanarak yerel ve küresel ölçekte çeşitli sorulara cevap aramamızı sağlayan bir bilgi sistemidir. Bu sistem, konum temelli verilerin toplanması, işlenmesi, depolanması, analizi ve sunumu gibi işlemleri gerçekleştirir. Böylece, çevresel yönetim, şehir planlaması, kriz yönetimi, tarım, sağlık, turizm ve stratejik planlama gibi birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır. CBS, hızla artan dijital teknoloji ile birlikte önemi ve popülerliği giderek artmaktadır. Yeni teknolojilerin kullanımı sayesinde daha hassas ve detaylı veriler elde edilerek, daha etkili ve doğru kararlar alınabilmektedir.

Geoteknik mühendisliği alanında arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri kullanılarak belirlenen zemin özellikleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak mühendislik alanında daha etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasına yardımcı olmak için kullanılabilir.

Bu çalışmada Batman İli merkezindeki zeminlerin kayma dalgası hızı (V_S) ve basınç dalgası hızı (V_P) değerlerinin CBS temelli yazılımlar kullanılarak haritalar oluşturulmuş böylece mühendislik çalışmalarında geoteknik verilerin daha etkin ve daha verimli kullanılması amaçlanmıştır.

CBS kullanılarak oluşturulan haritalar sayesinde mühendislik çalışmaları daha etkin ve verimli hale getirilir. CBS ile pek çok farklı alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan bazıları örnekler halinde aşağıda sunulmuştur.

Player, R. S. V. (2006), CBS uygulamaları tanıtılmış ve geoteknik mühendisliğinde CBS kullanımının potansiyel jeolojik tehlikeleri belirlemede, saha çalışmasını planlama ve

takip etmede, iletişim ve anlaşılabilirliği arttırmada, hata sonrası maliyetleri azaltmada ve proje engellerinin erken aşamalarda belirlenmesinde faydalı olduğu belirtilmiştir (Player, 2006).

Chung (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, St. Louis şehrinde sondajlardan elde edilen bilgiler kullanılarak zemin profilleri çıkarılmış ve sınıflandırma haritaları ve yeraltı suyu ile ilgili haritalar üretilmiştir. Bu çalışmada, geoteknik bilgiler CBS ortamında kullanılarak tahmini mühendislik haritaları üretilmiştir ve özellikle SPT ve dalga hızı verileri kullanılarak sıvılaşma potansiyeli haritaları oluşturulmuştur (Chung, 2007).

Bayrakcı vd. (2013) ise Eskişehir kent merkezinde sıvılaşma analizleri yapılmış aynı zamanda Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak sondaj derinliğinin sıvılaşma analizindeki etkisini incelemiştir (Bayrakcı, Pekkan, Avdan ve Güney, 2013).

Sarı ve Türk (2020) tarafından belirlenen deprem senaryolarından yola çıkılarak olası bir depremde Sivas ilindeki binaların yapı nizamları (Bitişik, Ayrık) ve yapı tiplerine (Yığma, Betonarme Karkas) göre hasar görebilme potansiyelleri (Hasarsız, Hafif hasarlı, Hasarlı, Ağır Hasarlı, Çok Ağır Hasarlı) CBS ile belirlenmeye çalışılmıştır (Sari ve Türk, 2020).

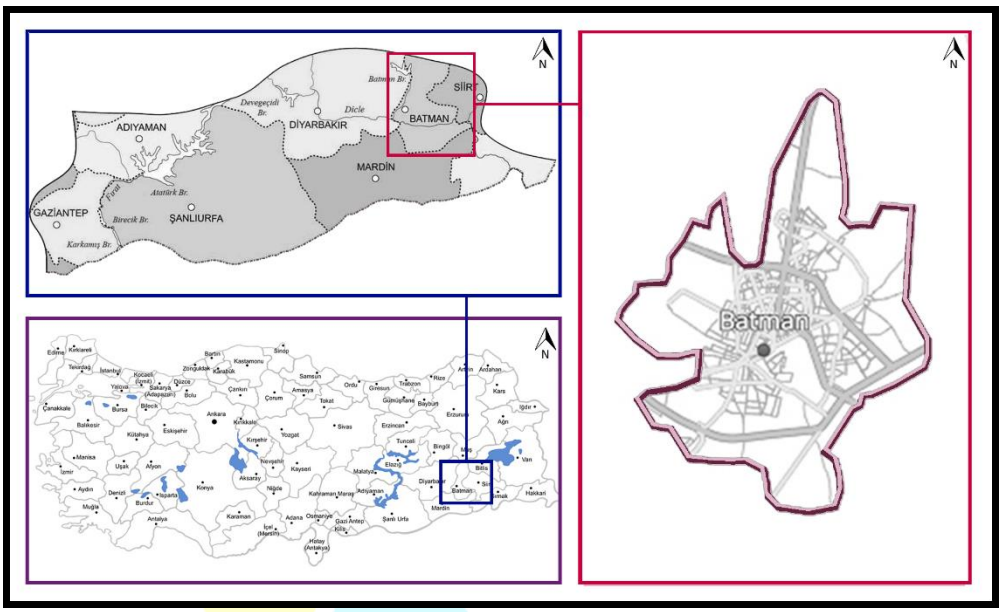
Şengül ve Karabaş (2021) tarafından Kütahya şehir merkezinde belirli bir bölgede, zeminlerin sıvılaşma potansiyelini analiz etmek amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, CBS tabanlı bir bilgisayar yazılımı kullanılarak, bölgenin sıvılaşma potansiyeli haritaları oluşturulmuştur (Şengül ve Karabaş, 2021).

İNCELEME ALANININ TANITILMASI

Batman, Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Dicle Nehri ve onun yan kolları olan Batman ve Garzan çayları arasındaki havza içinde 41° 10’ – 41° 40’ doğu boylamları ile 38° 40’ – 37° 50’ kuzey enlemleri arasında yer alan bir şehirdir. Yerleşim alanı, Raman, Garzan ve Aydınlık dağları tarafından çevrilidir. Batman ilinin kuzey ve kuzeydoğusu yüksek, sarp ve dağlık, güneyi ise daha engebeli bir araziye sahiptir. İl sınırları içinden Dicle Nehri, Batman, Sason, Kayser, Garzan ve Pisiyar Çayları gibi önemli akarsular geçmektedir. İnceleme alanın yer bulduru haritası ise Şekil 1’de verilmiştir. (ÇSB, 2017)

Batman, 1950'lerde Iluh adlı küçük bir köy iken petrol keşfiyle hızla gelişerek, 1955 nüfus sayımına göre 4.713 kişilik bir nüfusa sahip bir ilçe haline gelmiş ve 1957'de merkez ilçe olmuştur. Batman, 1990'lara kadar çok hızlı bir nüfus artışı yaşamış ve Türkiye'nin 72. ili olmuştur. Batman, 2023 yılında 634.491 kişilik nüfus ile km² başına 136 kişi nüfus yoğunluğuna sahiptir. Şehrin hızlı gelişim ve büyümesindeki en önemli etken, Türkiye'de petrolün çıkarılmaya başlandığı ilk ve en önemli bölge olmasıdır. Ayrıca, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağmurlu olan iklimi de şehrin büyümesine katkıda bulunmuştur. Şehirde ve çevresindeki bitki örtüsü, arazi şekilleri ve nem kontrolü altında gelişmiştir. Bu nedenle, merkez ilçe sınırları içinde batıdan doğuya ve kuzeyden güneye doğru bitki örtüsünde önemli bir değişiklik yoktur.(AFAD, 2023:48; TÜİK, 2023)

Çalışma alanımızın içinde bulunduğu bölge, Arabistan ve Avrasya levhalarının kuzey-güney doğrultuda yakınsamaları sonucu Tetis Denizi'nin kapanmasının ardından oluşmuştur. Bu oluşum, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı veya Güneydoğu Anadolu Bindirmesi boyunca çarpışmaların sonucunda meydana gelmiştir. Kuzey-güney yönlü sıkışmalar, kuzeyden bindiren faylar ve kıvrımlanmalarla Pliyosen döneminden önce ortaya çıkmıştır. Ancak Geç Pliyosen döneminde, yanalatımlı faylar ön plana çıkmıştır ve bindirme fayları bu sıkışmaları karşılayamaz hale gelmiştir. Bu nedenle, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın oluşumunda bindirme fayları yerine yanalatımlı faylar öne çıkmıştır. Bu süreç boyunca, Doğu Anadolu Fayı ve bu fayın eşlenikleri olan Lice Fay Zonu ve Bozova Fayı boyunca meydana gelen hareketler sonucu Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinde ve yakın yöresinde yüzlerce büyük deprem meydana gelmiştir. Ayrıca fay zonları boyunca meydana gelen çok sayıda güncel heyelanlar da bu fayların aktif olduğunu göstermektedir. (İmamoğlu ve Çetin, 2007; Şengör, 1980)



Şekil 1.İnceleme alanının yer bulduru haritası (HGM, 2023)

GEREKÇE VE YÖNTEMLER

Bu çalışma kapsamında haritaları oluşturmak için kullanılan ArcGIS programı, dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu program, kullanıcılara, mekansal verileri toplama, analiz etme, yönetme ve paylaşma yetenekleri sunar. ArcGIS, verileri coğrafi konumlarına göre görüntüleyerek, kullanıcılara daha anlamlı ve faydalı bilgi sağlar. Ayrıca, haritalama ve görselleştirme araçları, verileri görsel olarak daha anlaşılır hale getirir. Programın bir diğer avantajı, farklı veri formatları ve kaynaklarıyla uyumlu olmasıdır. Bu, kullanıcıların farklı kaynaklardan verileri birleştirmelerine ve analiz etmelerine olanak tanır. ArcGIS programı, kullanıcıların karar verme sürecinde verileri daha iyi anlamalarına ve doğru kararlar vermelerine yardımcı olan güçlü bir araçtır. (Töreyen, Özdemir ve Tekinalp, 2010:36)

Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemi, coğrafi bilgi sistemleri alanında sıklıkla kullanılan bir enterpolasyon yöntemidir. Bu yöntem, bir noktanın bilinmeyen değerini, o noktaya en yakın bilinen noktaların değerlerine dayanarak hesaplar.

IDW yöntemi, her bir noktanın, hesaplanacak noktaya olan mesafesi ile ters orantılı bir ağırlıklandırma faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanır. Ağırlıklandırma faktörü, hesaplanacak noktaya olan mesafe arttıkça azalır. Yani, yakın noktalar daha yüksek bir ağırlıklandırma faktörüne sahip olurken, uzak noktalar daha düşük bir ağırlıklandırma faktörüne sahip olur. Bu çalışma kapsamında IDW yöntemi kullanarak 10 m kare boyutlu haritalar oluşturulmuştur.

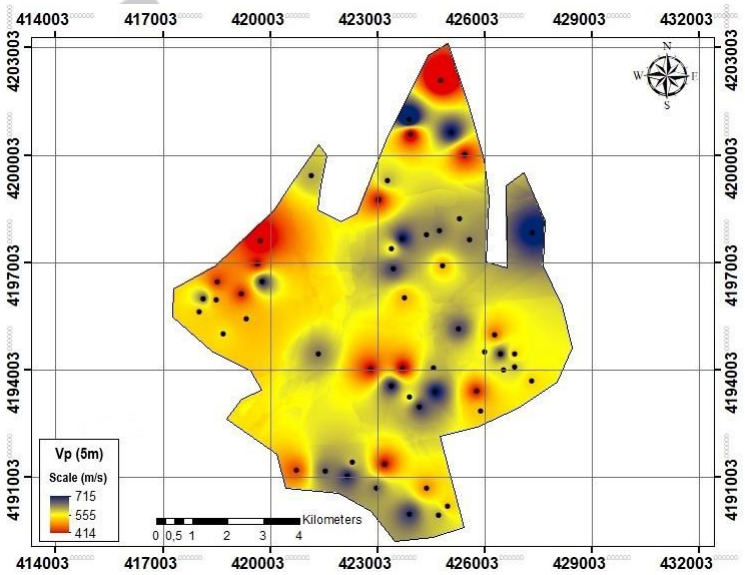
CBS kullanılarak yapılan mühendislik çalışmalarında amaç, çalışmaların daha etkin ve verimli yapılmasıdır. CBS, saha çalışmalarını planlama ve takip etmede, potansiyel jeolojik tehlikeleri belirlemede ve anlaşılabilirliği arttırmada oldukça faydalıdır. CBS ile üretilen haritalar ve veriler, mühendislik tasarımının erken aşamalarında potansiyel engellerin belirlenmesine yardımcı olur ve böylece tasarım aşamalarında ortaya çıkabilecek hataların önüne geçilebilir.

BULGULAR

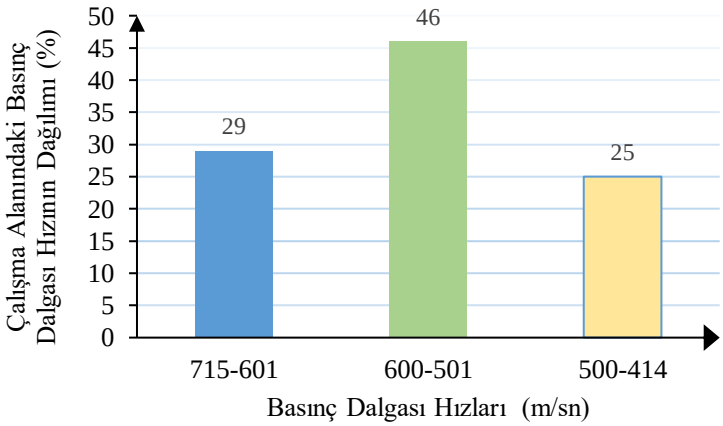
Çalışma alanında 5.0 m için 56 noktada sismik yöntemler kullanılarak veri elde edilmiştir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Tilmerc, Gültepe, Belde ve Çamlıtepe Mahallesi civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 414-715 m/sn, güneyinde yer alan İrmi Mahallesi civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 465-637 m/sn,

güneydoğusundaki Bayındır ve Site Mahalleleri civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 449-652 m/sn, güneybatısındaki Bayındır ve Site Mahalleleri civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 449-652 m/sn, doğusunda yer alan Korik, Cudi ve Petrol Mahalleleri civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 500-653 m/sn, batısında yer alan Girbereşik Mahallesi civarındaki lokal bölgelerde sıkışma dalga hızının 435-633 m/sn arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çalışma alanındaki basınç dalga hızının 5 m derinlikte ölçülen değerinin 414 m/sn ile 715 m/sn arasındaki değerlerini gösteren harita Şekil 2'de, çalışma alanındaki basınç dalgası hızının dağılım grafiği ise Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 2. 5 m derinlik için basınç dalgası hızı (V_P)

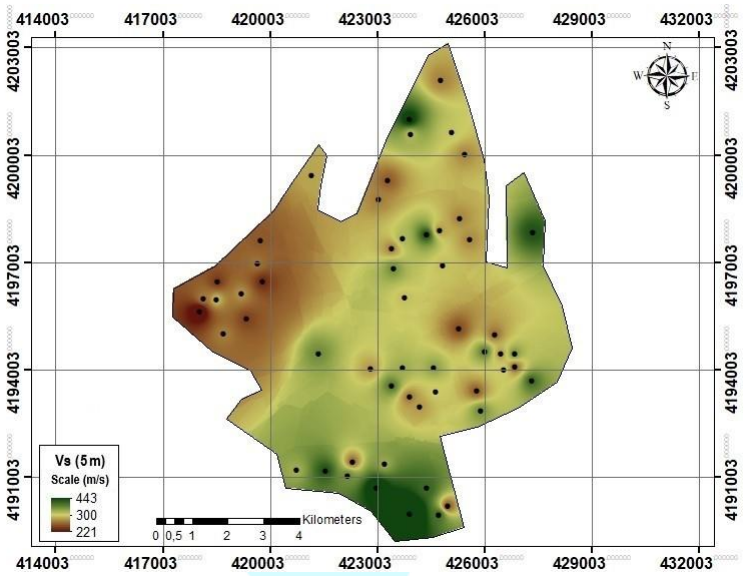


Şekil 3. *Çalışma Alanındaki Basınç Dalgası Hızının (V_P) Dağılım Grafiği*

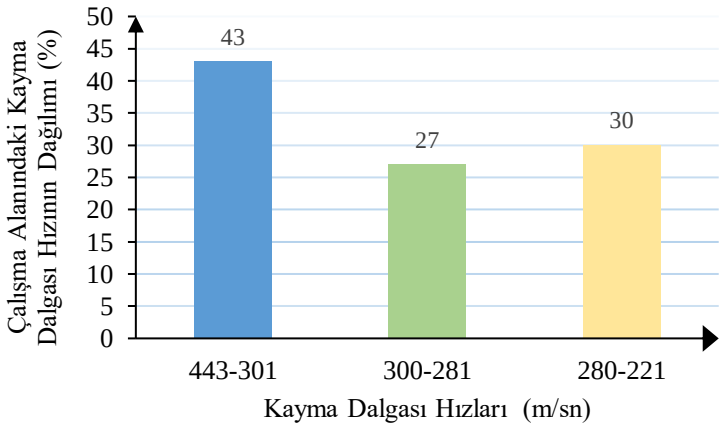
Çalışma alanında 5.0 m için 56 noktada sismik yöntemler kullanılarak veri elde edilmiştir. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan Tilmerc, Gültepe, Belde ve Çamlıtepe Mahallesi civarındaki lokal bölgelerde kayma dalga hızının 269-367 m/sn, güneyinde yer alan İrmi Mahallesi civarındaki lokal bölgelerde kayma dalga hızının 268-443 m/sn, güneydoğusundaki Bayındır ve Site Mahalleleri civarındaki lokal bölgelerde kayma dalga hızının 270-340 m/sn, doğusunda yer alan Korik, Cudi ve Petrol Mahalleleri civarındaki lokal bölgelerde kayma dalga hızının 264-351 m/sn, batısında yer alan Girbereşik Mahallesi

civarındaki lokal bölgelerde kayma dalga hızının 221-299 m/sn arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Çalışma alanındaki kayma dalga hızının 5 m derinlikte ölçülen değerinin 221 m/sn ile 443 m/sn arasındaki değerlerini gösteren grafik Şekil 4'te, çalışma alanındaki basınç dalgası hızının dağılım grafiği ise Şekil 5'te sunulmuştur.



Şekil 4. 5 m derinlik için kayma dalgası hızı (VS)



Şekil 5. Çalışma Alanındaki Kayma Dalgası Hızının (VS) Dağılım Grafiği

Bu çalışmada, Batman Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden alınan zemin araştırma raporlarındaki, arazi ve laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen değerlerden yararlanılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanındaki, geoteknik veriler kullanılarak, CBS tabanlı programlar ile Batman ili sınırları içinde kalan çalışma alanında kayma dalgası hızı (V_S) ve basınç dalgası hızı (V_P) değerleri için kullanılarak IDW yöntemi (Inverse Distance Weighting Method) ile 10 m karelaj boyutlu olarak haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar çalışma alanına ait geoteknik verilerin görsel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Basınç dalgası hızının 5 m derinlik için arazide yapılan ölçümler sonucunda, çalışma alanının yaklaşık %29'u 715-601 m/sn değerleri, %46'sı 600-501 m/sn değerleri, %25'i 500-414 m/sn değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Kayma dalgası hızının 5 m derinlik için arazide yapılan ölçümler sonucunda, çalışma alanının yaklaşık %43'ü 443-301 m/sn değerleri, %27'si 300-281 m/sn değerleri, %30'u 280-221 m/sn değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler ile oluşturulan haritalar sayesinde çalışma alanındaki zeminlere ait bazı parametrelere daha kolay erişim amaçlanmıştır. Çalışma kapsamındaki veri tabanının geliştirilmesi ile elde edilen haritaların zenginleştirilmesi de mümkündür.

SONUÇ

Bu çalışmada, Batman Belediye Başkanlığı İmar ve Şehircilik Müdürlüğünden alınan zemin araştırma raporlarındaki, arazi ve laboratuvar deney sonuçlarından elde edilen değerlerden yararlanılarak veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanındaki, geoteknik veriler kullanılarak, CBS tabanlı programlar ile Batman ili sınırları içinde kalan çalışma alanında kayma dalgası hızı (VS) ve basınç dalgası hızı (VP) değerleri için kullanılarak IDW yöntemi (Inverse Distance Weighting Method) ile 10 m karelaj boyutlu olarak haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalar çalışma alanına ait geoteknik verilerin görsel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Basınç dalgası hızının 5 m derinlik için arazide yapılan ölçümler sonucunda, çalışma alanının yaklaşık %29'u 715-601 m/sn değerleri, %46'sı 600-501 m/sn değerleri, %25'i 500-414 m/sn değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Kayma dalgası hızının 5 m derinlik için arazide yapılan ölçümler sonucunda, çalışma alanının yaklaşık %43'ü 443-301 m/sn değerleri, %27'si 300-281 m/sn değerleri, %30'u 280-221 m/sn değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan veriler ile oluşturulan haritalar sayesinde çalışma alanındaki zeminlere ait bazı parametrelere daha kolay erişilmesi, karar verme sürecinde daha anlamlı bilgiler elde edilmesi, verimliliğin arttırılması ve hizmetlerin daha etkili bir şekilde yürütülmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamındaki veri tabanının geliştirilmesi ile elde edilen haritaların zenginleştirilmesi de mümkündür.

Bu çalışma, zemin özellikleriyle ilgili toplanan bilgilerin analiz edilmesiyle farklı çıkarımların elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca, çalışma kapsamında üretilen haritalar, bölgedeki diğer çalışmaların daha doğru bir şekilde yorumlanmasına ve zemin koşullarının daha kolay anlaşılmasına, planlama aşamasında fikir vermesi açısından planlamacılara ve uygulayıcılara katkı sağlamayı amaçlamıştır.

KAYNAKLAR

AFAD. (2023). AFAD Deprem Kataloğu. 4 Şubat 2023 tarihinde https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog adresinden erişildi.

Andrus, R. D. ve Stokoe II, K. H. (2000). Liquefaction Resistance of Soils from Shear-Wave Velocity. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, *126*(11), 1015-1025. doi:10.1061/(ASCE)1090-0241(2000)126:11(1015)

BAYRAKCI, E., Pekkan, E., Avdan, U. ve Güney, Y. (2013). Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak sondaj derinliğinin sıvılaşma analizine etkisinin belirlenmesi (Eskişehir Örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, *5*(2), 50-60.

Chung, J.-W. (2007). *Development of a geographic information system-based virtual geotechnical database and assessment of liquefaction potential for the St. Louis Metropolitan area*. University of Missouri-Rolla.

ÇSB. (2017). *Batman İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu*. Batman: Çed ve İzin Şube Müdürlüğü,Batman Valiliği.

Güllü, H. (2001). *Dinar'ın zemin büyütmelerine göre coğrafik bilgi sistemleri ile mikrobölgelemesi*. http://hdl.handle.net/11527/16463 adresinden erişildi.

İmamoğlu, M. Ş. ve Çetin, E. (2007). GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ve YAKIN YÖRESİNİN DEPREMSELLİĞİ. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (9), 93-103.

Kocaman, M. (2008). *Zemin etüdlerinde geoteknik ve jeofizik yöntemlerin kullanılması ve dikkat edilmesi gereken hususlar*. Sakarya Universitesi (Turkey).

Kurnaz, T. F. (2011). *İstanbul Esenler zeminlerinin coğrafi bilgi sistemleri (CSB) tabanlı geoteknik mikrobölgelemesi*. (Doctoral Thesis). https://acikerisim.sakarya.edu.tr/handle/20.500.12619/76440 adresinden erişildi.

Özbay, A. E. Ö. (2011). *Dinamik Yapı Zemin Etkileşiminin Dalga Yayılımı Etkisi Altında Sonlu Eleman-sınır Eleman Yöntemi İle Modellenmesi*. (Yayımlanmamış ph.d. thesis). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Player, R. S. V. (2006). Geographic information system (GIS) use in geotechnical engineering. *GeoCongress 2006: Geotechnical engineering in the information technology age* içinde (ss. 1-6).

Sari, S. ve Türk, T. (2020). Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, *2*(1), 17-25.

Shaik, A. W. (2007). Towards more reliable site investigation information. *Proceedings of the 16th South-East Asian Geotechnical Conference* içinde (ss. 8-11).

Sivrikaya, O. ve Toğrol, E. (2007). TÜRKİYEDE SPT-N DEĞERİ İLE İNCE DANELİ ZEMİNLERİN DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER. *Teknik Dergi*, *18*(89), 4229-4246.

Şengör, A. (1980). *Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları*. Ankara: Türkiye Jeoloji Kurumu.

Şengül, T. ve Karabaş, B. (2021). Kütahya Merkez İlçesinde Sıvılaşma Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile İncelenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. doi:10.35193/bseufbd.962190

Töreyen, G., Özdemir, İ. ve Tekinalp, K. (2010). *ArcGIS 10 Desktop Uygulama Dokümanı* (Ekim 2010.). Ankara: İşlem Coğrafi Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.

TÜİK. (2023, 8 Nisan). Yıllara Göre İl Nüfusları. 8 Nisan 2023 tarihinde https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109 adresinden erişildi.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Türkiye'de İmalatı Yapılan İlaçlama Makinelerine Genel Bir Bakış

Medet İTMEÇ [1]
Ali BAYATI [2]

ÖZET

Ülkemizde ve dünyada tarım ürününü efektif bir şekilde ilaçlayarak zararlıdan koruma bugün birçok araştırmacının ilgisini çekerek güncelliğini korumaktadır. Tarımsal ilacın uygulanması esnasında efektif ve yeknesak olarak ilaç uygulama Bitki Koruma Makinalarının başarı kriteri olarak gösterilmektedir. Bunun yanında az sürüklenme ve iyi bir yaprak yüzeyi kaplama ile gerçekleştirilen ilaç uygulama işlemi zararlıyla mücadelede oldukça önemlidir. Zararlı ile mücadele de ilaç-makine uyumu, operatör kalifiyesi, ilacın uygulanma dönemi (Pulpa ve Larva dönemleri), ilacın uygulandığı mevsimsel dönem kadar geliştirilen İlaçlama Makinesinin başarısı da önemlidir. Bitki koruma makinasının iyi işletilmemesi durumunda, ilaç istenmeyen bölgelere rüzgâr sebebiyle sürüklenmekte, su yoluyla toprağa karışmakta ve buna bağlı olarak besin zincirinin her bir halkası etkilenebilmektedir. Bu sebeple ilaç uygulamanın başarısı sadece işletme açısından önemli olmamakla beraber, Sürdürülebilir Tarım'a katkısı sebebiyle çevre bilinci ve sorumluluğu açısından da önem arz etmektedir. Ülkemizde üretilen Bitki Koruma Makinalarının önemli bir bölümü yurtdışı pazarına sunulan makinalara benzer olarak yapılmaktadır. Bunun yanında makinaları oluşturan parçalar da hazır olarak satın alınmaktadır. Tarla ve bahçe uygulamaları için ayrı ayrı geliştirilen Bitki Koruma Makinaları, aynı bahçe bitkisi için dahi farklı tipte tasarımlar mevcuttur. Omuzda Taşınan, el ile çekilen, asılır tip, çekilir tip olarak talebe ve tarım alanının kapasitesine göre farklı büyüklüklerde çiftçiye sunulmaktadır. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde üretilen Bitki Koruma Makinalarının genel çalışma prensipleri hakkında bilgi vererek, bu makinaların tasarımlarını incelemektir.

Anahtar Kelimeler: Tarla Pülverizatörü, Bahçe Pülverizatörü, Bitki Koruma Makinaları.

[1] R.A, Cukurova University Department Of Agricultural Machinery And Technologies Engineering, 0000-0003-0714-6232
[2] Prof.Dr, Cukurova University Department Of Agricultural Machinery And Technologies Engineering, 0000-0002-7104-9544

1. GİRİŞ

Değişen iklim koşulları, savaşlar, göçler ve küresel ekonomik krizler sebebiyle toplumların ve ülkelerin dengeleri değişebilmektedir. Önümüzdeki yıllarda beklenen Küresel Gıda Krizi sebebiyle, temel gıdanın tüketiciye ulaşmasında çok fazla sorun yaşanabileceği düşünülmektedir. Bu aşamada, tarımsal üretim ülkelerin kalkınması ve toplumsal refah açısından daha önemli hale gelmektedir. Küresel iklim değişikliği sebebiyle, her ne kadar kültürel önlemler alınsa dahi arzu edilen rekoltelere ulaşılamamaktadır. Tarımsal üretimin ana girdilerinin maliyetlerinin düşürülmesi ile çiftçinin kar marjının artabileceği düşünülmektedir. Ancak artan yakıt, gübre ve tarım ilacı fiyatları ile küresel iklim değişikliğinden dolayı azalan verimlilikten ile çiftçi ekonomik olarak kar edememektedir.

Tarımsal üretimde kültürel önlemlerden biri de yabancı ot ve zararlı mücadelesidir. Zararlı ile mücadelede mutlak başarı sağlanmadığı sürece, tarımsal üretimde karlılıktan söz edilememektedir. Zararlı ile mücadelede, ülkemizde ve dünyada her ne kadar fiziksel ve biyolojik uygulamalar var olsa dahi, bu iki yöntemin yaygınlık ve etkinlik başarısı açısından kimyasal mücadele ile karşılaştırılması mümkün değildir. Ancak çevresel etkileri düşünüldüğünde, kimyasal mücadelenin de kendi içerisinde de dezavantajları bulunmaktadır. Kimyasal mücadelenin üç ana unsuru bulunmaktadır. Bunlar; Bitki Koruma Makinası, Bitki Koruma İlacı (Pestisit) ve Kalifiye İnsan'dır (Zeren ve Bayat, 1999). Bu üç unsurdan birinin yetersiz veya işlevini iyi bir şekilde yerine getirememesinden dolayı zararlı ile yeterli mücadele edilememektedir.

Pestisitler, esas öldürücü olan etkili madde ile dolgu maddelerinin karışımından oluşur. Kullanılan etkin maddenin doğrudan çevreye salınımı, çevresel risk oluşturacağından dolgu maddesi de pestisitlerde tercih edilmektedir. Etkin madde ve dolgu maddesi haricinde pestisitlerin içerisinde; yüzey gerilimini azaltan maddeler, yaprak üzeri yayılımı arttıran maddeler, solventler, köpük önleyiciler, buharlaşmayı önleyiciler vb. de bulunmaktadır. Bu kimyasalların kullanımının temel amacı ilacı etkin bir şekilde bitkiye yönlendirmek ve ilacın etkinliğini arttırmaktır (Yağcıoğlu, 1993). Pestisitler kimyasal olarak ne kadar iyi tasarlanırsa tasarlansın kalifiye bir operatör ve iyi bir bitki koruma makinası sayesinde ilaçlama tekdüze gerçekleştirilebilir. Her ne kadar gerekli kurumlarca çiftçiye eğitim verilse de, çiftçideki iyi ilaç uygulaması algısının genelde ''yıkama'' şeklinde olduğu bilinmektedir. Pestisitlerin kullanım kılavuzlarında doz ayarı, kalibrasyon, uygulanabilecek hedef zararlı ve zararlının içinde bulunduğu gelişim dönemine göre uygulama esaslı bilgiler verilse dahi çiftçi bunlara uymayabilmektedir. Fakat, imal edilecek makinelerin çiftçi hatasına mahal vermeden, ilaçlama işlemini yapabilmesi çok önemlidir.

AB ülkelerine gıda ve yem ihraç eden 10 ülkenin gönderdikleri partilerden 2007 ve 2008 yıllarında uygun bulunmayanların sayıları incelendiğinde Çin 355 adet ile birinci sırada yer alırken Türkiye 294 adet ile ikinci sırada yer almıştır. Türkiye'den AB ülkelerine gönderilen bitkisel ürün partilerinden uygun bulunmayanların sayısı ve uygun bulunmama nedenleri incelendiğinde, her yıl bu sayıların arttığı ve bunun yanında uygun bulunmama sebebinin çoğunlukla aşırı pestisit kullanımı olduğu görülmüştür (Tiryaki ve ark., 2010). Diğer taraftan pestisit kullanımının oldukça yoğun olduğu Çukurova bölgesinde üretilen süt örneklerinin çoğunda birçok pestisit kalıntısı bulunmuştur ve bulunan miktarların tolerans limitlerinin çok üstünde olduğu belirtilmektedir (Konar, 1982). Sütün içindeki bu pestisit kalıntıları sütün krema, peynir ve tereyağı gibi ürünlere işlenmesi sırasında konsantre olarak, insan sağlığı üzerine daha tehlikeli seviyelere ulaşabilmektedir (Karakaya ve Boyraz, 1992). Hayvanların vücuduna yemlerle alınan pestisitlerin sadece %2-10 kadarı, sağılan süt yoluyla atılır ve kalan miktar hayvanın vücudunda birikmektedir (Altıner ve ark., 2019).

Ülkemizde üretilen ilaçlama makinaları, bahçe ve tarla ilaçlaması için ayrı ayrı olarak tasarlanmıştır. TÜİK (2020) verilerine göre 2019 yılında, Kuyruk mili tahrikli 356.171 adet, Turbo atomizör 124.950 adet, Motorlu Pülverizatör 96.703 adet ve Sırt Pülverizatörü 656.669

adet olarak belirlenmiştir. Sayıları günden güne artan bu makineler ile ilgili olarak çok fazla projeksiyon çalışması bulunmaktadır. Altuntaş (2020) yaptığı projeksiyon çalışmasında, 2023 yılı için Kuyruk mili tahrikli 415.613 adet, Turbo atomizör 134.045 adet, Motorlu Pülverizatör 108.540 adet ve Sırt Pülverizatörü 686.097 adet makine olarak ülkemizde kullanılacağını yaklaşık olarak hesaplamıştır. Günden güne sayısı artan ilaçlama makinelerinin daha işlevsel hale getirilmesi ile tarım ilacı üzerindeki kalıntı miktarı azaltılabileceği gibi doğaya salınan pestisit miktarı da azalabilecektir. Burada önemli olan bahçe ve tarladaki ilaç uygulamalarının daha iyi bir kaplama sağlanarak ve tek düze uygulanmasıdır. Bu sebeple yapılacak iyi AR-GE çalışmaları ile bitkinin vejetatif özelliklerine uygun, doğaya fazla pestist geçmesini engelleyen, enerji verimliliği yüksek, tarımın sürdürülebilirliğine hizmet edebilen makinelerin piyasaya sürülmesi ile tarımın ilaçlama ayağında daha iyi sonuçlar alınabilecektir.

2. TÜRKİYE'DE İMAL EDİLEN İLAÇLAMA MAKİNALARI VE TASARIMLARININ İNCELENMESİ

2.1. Bağ ve Bahçe İlaçlamasında kullanılan Omuz ve Sırtta Taşınan Makineler

Ülkemizde küçük tarım işletmelerinde, traktörün giremediği engebeli arazilerde, ve küçük bağ bahçelerde omuz ve sırtta taşınan pülverizatörler tercih edilmektedir. Operatörün kolaylıkla taşıyıp ilaçlama işlemini gerçekleştirebilmesi için, makinelerde genellikle 15L ile 30L arasında değişen hacimlerde ilaç deposu bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan 3 farklı tipi mevcuttur. Membranlı Sırt pülverizatöründe bir adet ilaç deposu, elle çalıştırılan bir levyeye bağlı membran, sistemi basınçlandırmak için bir levye, kısa bir hortum ve püskürtme çubuğundan oluşur (Şekil 1a).

Motorlu sırt pülverizatörlerinde (Şekil 1b), damla oluşumu ve oluşan damlaların hedefe taşınması için gerekli olan hidrolik enerji pompa tarafından sağlanmaktadır. Motorlu sırt pülverizatörlerde, pompanın çalıştırılmasında iki zamanlı benzinli bir motor kullanılmaktadır. Depodaki sıvı ilaç, pompa yardımı ile püskürtme çubuğu ucundaki memeye basılmaktadır. Bu memenin arkasında bulunan ayar vidası ile basınç odacığının iç boşluğu hacmi değiştirilerek sıvının uzaktaki dallara ulaştırılabilmesi de mümkün olmaktadır.

Motorlu sırt atomizörlerinde (Şekil 1c), hava akımı kullanıldığından 2 zamanlı motora bağlı olarak çalışan santrifüj tipli bir fan bulunmaktadır. Fan çıkışındaki hava hızı 80 m/s ye kadar çıkabilmektedir. Motorlu sırt atomizörlerinde depodaki ilaç, kendi akışı ile fanın oluşturduğu hava akımı içerisinden geçtiği plastik bir boruya gönderilmektedir. İlaç, hava akımının bulunduğu alana vakumla boşaldığı anda, yüksek hızlı hava akımıyla damlacıklar haline dönüşerek hedef yüzeylere taşınmaktadır. Püskürtme borusundan çıkan sıvı miktarı, hava kanalı içerisine sıvıyı ileten hortum üzerinde bulunan kademeli bir verdi ayar musluğu veya değişik memeler kullanılarak değiştirilebilmektedir. Bu tip atomizörlerde, püskürtme sistemine döner diskli bir meme monte edilerek ULV uygulamalarında da kullanılabilmektedir. (Ankara Üniversitesi Açık Ders Notları, 2012)



a *b* *c*

Şekil 1. Omuz ve sırtta taşınan makineler

2.2. Elle Çekilen Bahçe Pülverizatörleri

Elle çekilen bahçe pülverizatörleri, yaklaşık 25 cm çapında bir teker ile taşınmaktadır. Bu tip makinelerin şasisi genel olarak el arabasına benzemektedir (Şekil 2). Bu makineler çekilerek ağaçların sıra arasında ilerletilirler. İlacın basınçlandırılabilmesi için kullanılan pompa bir dizel motordan tahrik alır. Basınçlanan ilaç, tabanca şeklindeki memelere hortumlar vasıtasıyla iletilir. Bir makara üzerine sarılan ilaçlama hortumu yeterince uzun olması sebebiyle ağacın etrafını dönebilmektedir. Böylelikle operatör tabancaya yukarı aşağı hareket hareketler ile ağaç tacını yıkayabilmektedir.



Şekil 2. Elle çekilen bahçe pülverizatörü

2.3. Asılır Tip Bahçe Pülverizatörleri

Asılır Tip Bahçe Pülverizatörü, traktörün üç nokta askı sistemine bağlanılmaktadır. Bu tip makinelerin depo kapasitesinin 1000 L 'yi geçmesi istenmez. Bunun sebebi, traktörün şahlanma riski ile karşı karşıya kalmasıdır. Depodan çıkan ilaç, pompaya varmadan önce bir filtreden geçer. Burada pompaya zarar verebilecek partiküller, ilaçtan süzülerek alınır. Pompada basınçlandırılan sıvı regülatöre gelir. Regülatörde arzu edilen basınca ayarlanan ilaç, memelerin dizili bulunduğu fana gönderilir. Eksenel fan tahriki doğrudan pompanın çıkış milinden almaktadır. Eksenel fan kinetik enerjisini arttırdığı havayı deflektör adı verilen üniteye doğru basar. Deflektörün kullanılma amacı havanın yönünü 90o değiştirerek, hava akımını memelere yönlendirmektir. Hava akımı memelerin olduğu bölgelere geldiğinde,

memelerden çıkan zerreleri de alıp ağacın tacına taşır (Şekil 3). Fanların kapasiteleri 60000m3/h e kadar çıkmaktadır.



Şekil 3. Asılır Tip Yardımcı Hava Akımlı Bahçe Pülverizatörü

2.4. Çekilir Tip Bahçe Pülverizatörleri

Çekilir Tip Bahçe Pülverizatörleri çeki kancasına asılarak traktöre bağlanır. Bir şaft aracılığıyla pompaya kuyruk milinden tahrik verilir. Pompanın mil çıkışından uzun bir mil ile (deponun içinden boylu boyunca geçen) fana da tahrik verilir. Depo kapasitesi 3000 L'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 4). Bu makineler üst üste iki fan monte edilerek de imal edilmektedir. Böylelikle daha yüksek ağaç taç hacmine sahip ağaçlarda daha iyi bir ilaç kaplaması elde etmek amaçlanmaktadır.



Şekil 4. Çekilir tip bahçe pülverizatörü

2.5. Salınım Hareketli Bahçe Pülverizatörü

Salınım Hareketli Bahçe Pülverizatörleri, özellikle taç geometrisi yüksek narenciye ilaçlamasında tercih edilmektedir. İlacın basınçlandırılması ve memelere gönderilmesi, diğer makinelerde olduğu gibidir. Ancak damlaların memelerden çıktıktan sonra ağaca taşınması için, yüksek debili tabanca tip ilaçlama memeleri kullanılmaktadır. Bu makinelerde yüksek basınç ve debiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple yüksek kapasiteli piston membranlı iki adet pompa tandem olarak çalışmaktadır. Depo kapasitesi 4000L'ye kadar varabildiğinden, deponun sürekli olarak karıştırıcı jet ile karıştırılması gerekmektedir. Bu durumda pompalardan biri devamlı tank içerisindeki jet karıştırıcıya çalışmaktadır. Aksi durumda ilaç çökelmektedir. Traktörün yağ tankından basılan yağ ile bir hidromotor çalıştırılmaktadır. Bu hidromotor bir çıkrık mekanizması ile kule üzerindeki tabancaların tamamına salınım hareketi vermektedir. Burada temel amaç, tabanca ile ilaçlama yapan bir operatörün el hareketinin mekanik olarak benzerini yaparak, yaprak alt yüzeyini ve üstünü yıkama şeklinde ilaçlama yapmaktır (Şekil 5). Depo kapasiteleri yüksek olduğundan teker iz genişiği de yüksek tekerler seçilir böylece çamura saplanmanın önüne geçilmiş olur.



Şekil 5. Salınım hareketli bahçe pülverizatörü

2.6. Elektrostatik İlaçlama

Elektrostatik uygulama ile damlalar negatif (-) yük ile şarj edilerek, yük olarak nötr olan bitki tarafından çekilir ve bu sayede sadece meyve üzerinde sadece uygulamanın yapıldığı tarafta değil, tüm yüzeyin tamamına yakınının kaplanması gerçekleşmektedir. Homojen bir şekilde yapılan kaplama ile ilaçlamanın amacına en verimli şekilde ulaşmasına olanak sağlar (Şekil 6). Elektrostatik sistemin doğal çekim gücü sayesinde rüzgârla sürüklenen damlacıklarında önüne geçerek ilaç tasarrufu gerçekleştirilir.



Şekil 6. Elektrostatik uygulama yapabilen bir bahçe pülverizatörü

2.7. Tarla Pülverizatörleri

Tarla Pülverizatörleri, ülkemizde yaygın olarak kullanılan makinaların başında gelmektedir. Tarla pülverizatörlerinin temel çalışma ilkesinde ilacın depodan alınması, basınçlandırılması ve bir regülatör yardımıyla ilgili basınçta memelere yönlendirilmesi vardır. Ancak Tarla pülverizatörlerinde, damla oluşumu hidrolik memeler ile gerçekleşmektedir. Tarla pülverizatörlerinde memelerden çıkan damlalar, memelerin alt bölümünde kalan tarla bitkisine doğrudan püskürtülmektedir. Tarla Pülverizatörleri de asılır (Şekil 7) ve çekilir tipte (Şekil 8) olabilmektedir.



Şekil 7. Asılır Tip Tarla Pülverizatörünün püskürtme kolları kapalı pozisyondaki görseli



Şekil 8. Çekilir Tip Tarla Pülverizatörünün park konumu

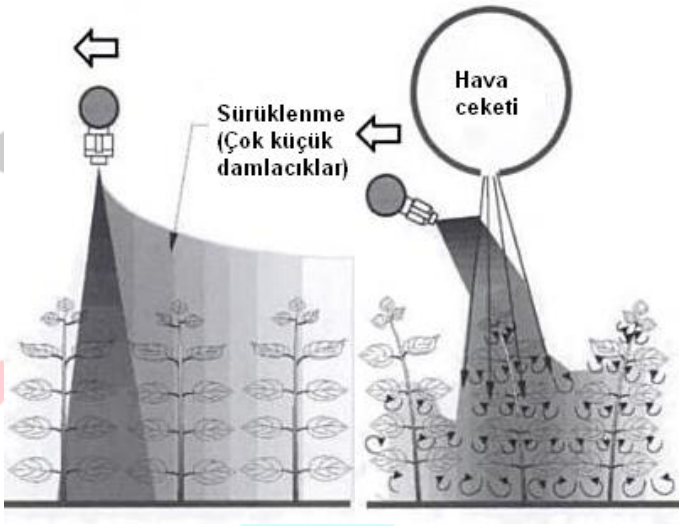
Çekilir tipteki tarla pülverizatörlerinin teker iz genişliği dardır. Bunun sebebi sıra üzeri ilerlerken ekili tarım ürününü daha az yatırmanın amaçlanmasından dolayıdır.

Depo kapasitesi 800L ve iş genişliği 16 m'nin üzerine çıkıldığında genelde çekilir tip makinalar imal edilmektedir. Ülkemizde imal edilen makinalardan iş genişliği 36 m ve depo kapasitesi 3000 L'ye kadar ulaşabilmektedir. Bu makinelerin şasileri alüminyumdan üretilebildiği gibi profil yerine sacdan da imal edilmektedir (Bayat ve İtmeç, 2019).

Günümüzde, tarla pülverizatörüyle ilgili çok fazla tasarım yapılmaktadır. Püskürtme kollarının dengede kalabilmesi, bir cisme yaklaşınca çarpmadan yükselebilmesi, tarla eğimine göre kolların pozisyon alması, yol pozisyonunda kolların hidrolik kapanması vb. çalışmalar yapılmaktadır (Koç ve Keskin, 2007). Tarla pülverizatörlerinde ilaç sürüklenmesini azaltmak için muhafaza kullanılmaktadır ancak muhafaza tarla pülverizatörünün manevra kabiliyetini azalttığı gibi, makinayı ciddi oranda ağırlaştırmaktadır.

2.8. Yardımcı Hava Akımlı Tarla Pülverizatörü

Yardımcı hava akımlı tarla pülverizatörleri, tarla bitkilerinin ilaçlanmasında kullanılmaktadır. Tarla pülverizatörlerinde, hidrolik memeler ile ilaçlama gerçekleştirilmektedir. Küçük çaptaki zerreler, rüzgarın etkisiyle kolaylıkla sürüklenmektedir (Şekil 9a). Ancak bu püskürtülen zerreler, hava akımının etkisiyle bitki kanopisine bastırılırsa, sürüklenmenin olası etkileri azaltılmış olacaktır (Şekil 9b).



a *b*

Şekil 9. Tarla pülverizatöründe çalışmada damlaların yörüngesi (a) yardımcı hava akımlı tarla pülverizatörü ile çalışmada damlaların yörüngesi (b)

Tarla pülverizatörünün püskürtme kollarının üzerine yerleştirilen hava ceketi bir fan yardımıyla hava doldurulur. Tarla pülverizatörüne benzer şekilde püskürtme kollarından püskürtülen ilacın üzerinden bu hava memelere doğru uygulanır (Şekil 10). Bu şekilde sürüklenmenin olası etkileri azaltılarak, daha etkin bir ilaçlama gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 10. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü

2.9. Salınım Hareketli Tarla Pülverizatörü

Tarla pülverizatörlerinin püskürtme kolları, ilaçlama esnasında tarlanın engebeli olmasından kaynaklı, çok fazla sarılmaktadır. Bu sebepten dolayı püskürtme deseni çok bozulmaktadır. Bunu önlemek amacıyla, Salınım Hareketli Tarla Pülverizatörü tasarlanmıştır. Dört kol mekanizması ile çalışan bu sistemin iki ayrı ünitesi bulunmaktadır. Bu ünitelerden

birinin ucuna 2 adet meme, diğerine de 1 adet meme bağlanmaktadır. Bu üniteler birbirine ters yönde dönmektedir. Böylelikle iyi bir yaprak yüzeyi kaplaması edilebilmektedir. Toraman ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada püskürtme ünitesinin salınım hızı ve püskürtme basıncına bağlı olarak 11.20 ile 12.80 m arasında değişmiştir.



Şekil 11. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü

KAYNAKÇA

Altıner, A., Bilal, T., Aydın, Vural, H. (2019). Hayvansal ürünlerdeki pestisitlerin sağlık üzerindeki zararlı etkileri ve korunma yöntemleri. Aydın Vural H, editör. Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinde Kullanılan İlaçlar. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2019. p.51-4.

ALTUNTAŞ, E., (2020). "Türkiye'deki Tarım Makineleri Kullanım Projeksiyonunun Tahmini", Uluslararası Tarım Ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 6(3), 506-516., Doi: https://doi.org/10.24180/ijaws.728023 (Yayın No: 6650654)

Bayat, A., İtmeç, M. (2019). The Current State of Sprayer Manufacturers in Turkey and Some Strategies for the Future. 1st International Congress on Biosystems Engineering (ICOBEN2019). 24-27 September 2019, Antakya, Hatay, Turkey

http://www.boamak.com/tr/urunler/ilaclama-makineleri/cx10

https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/21524/mod_resource/content/1/B%C4%B0TK%C4%B0%20KORUMA%20MAK%C4%B0NALARI%2010.pdf

Karakaya, M., Boyraz, N. (1992). Gıda kirlenmesinde pestisitler ve korunma yolları. Ekoloji. 1992;4: 11-5.

Koç, C., Keskin, R. (2007). Tarla Pülverizatörlerinin Aktif Dengelenmesi İçin Mekatronik Bir Sistemin Geliştirilmesi. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi. Kahramanmaraş.

Konar, A.(1982). Türkiye'de pestisit kullanımı ve gıdalarda pestisit kalıntılan. Türkiye 3. Gıda Kongresi. Gıda Teknol Dern Yayınları., Yayın No: 4 Ankara. 1982.

Toraman, M.C., Bayat, A., Itmec, M., 2021. Performance Evaluation of a Boomless Oscillating Field Sprayer at Different Spraying Pressures and Oscillating Rates. Atatürk Univ. J. of Agricultural Faculty, 52 (2): 128-138. doi: 10.17097/ataunizfd.769745

TÜİK. (2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=134&locale=tr. Erişim tarihi: 01 Nisan 2020.

Yağcıoğlu, A. 1993. Bitki Koruma Makineleri.Birinci Baskı. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 508. Ders Kitabı.

Zeren, Y. Bayat, A., 1999. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. İkinci baskı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:108. Ders Kitapları Yayın No: A-27.

INTERNATIONAL CONGRESS of ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Meyve Ağaçlarına İlaç Uygulamada Kullanılan Turbo Atomizörlerin İşletilirken Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Görüşler

Medet İTMEÇ [1]
Ali BAYATI [2]

ÖZET

Tarımda enerji kullanımının artışına bağlı olarak, tarımda enerjiyi verimli kullanmanın önemi de artmaktadır. Tarımda enerji konusunda akla ilk gelen, Sürdürülebilir Enerji kaynaklarının kullanımı olsa da, Tarımsal İşletmede kullanılan makinaların işletiminde kullanılan Enerji de bu konuda doğrudan etkilidir. İşletme'nin satın aldığı makinanın daha az Enerji ile daha fazla iş yapabiliyor olması önemlidir. Tarım Alet ve Makinalarının İmalatçıları imal ettikleri makinaları yaparken genel olarak işlevselliğini (ekim, ilaçlama vb.) yerine getirip getirememesi konusunda değerlendirmektedirler. Ancak bu temel işlevselliklerini (hasat harman) yerine getirirken ne kadar enerji tüketildiğine dair çoğu zaman bir fikre sahip değildirler. Bu çalışmanın özünde, Bitki Koruma Makinalarından Bahçe Pülverizatörünün Turbo Atomizör Ünitesinin Enerji Verimliliğini arttırmak üzere yapılan çalışmaların genel bir özeti ortaya konulacaktır. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatöründe aynı miktarda enerji harcanarak üretilen hava debisini arttırabilmek mümkündür. Daha az yakıt enerjisi tüketildiğinden daha fazla iş üretileceğinden dolayı enerji verimliliğinin artmasından bahsedilebilmektedir. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörlerinin Turbo ünitesinde çeşitli mühendislik yaklaşımları ile fan tarafından yaratılan hava akımının sahip olduğu enerji daha az sürtünme kayıpları ile hedefe yönlendirilebilir. Bunun için dikkate alınacak bazı yaklaşımlar; Fan kanat sayısının optimizasyonu, fan kanat malzemesini değiştirme, fan kanat açısının değişikliği, fan muhafazasının fan kanadına göre toleransının değiştirilmesi, hava akımının akışını bozan ünitelerin azaltılması ve hava akımının fan muhafazası içerisinde daha az kayıpla geçmesini sağlayan tasarım çalışmaları şeklinde olabilir. Üreticiler bu parçaları genel olarak hazır satın alıp monte ettiklerinden dolayı, kullanıcıya hangi ayarla makinaların kullanılacağını önerememektedirler. Bu çalışmada belirtilen görüşler ile Turbo Fan Ünitesinin Enerji verimliliğine katkıda bulunulacak bilgiler paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tarımda Enerji, Enerji Verimliliği, Bahçe Pülverizatörü, Turbo Fan Ünitesi.

[1] Ar. Gör., Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 0000-0003-0714-6232

[2] Prof.Dr, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 0000-0002-7104-9544

1. GİRİŞ

Günümüzde tarımsal işletmeler karlılıklarını arttırmak için sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelmekte, fosil yakıttan üretilen enerjinin daha az kullanılması konusunda da çalışmalar yapmaktadır. Diğer bir deyişle 'daha az enerji ile daha çok iş yapma' mottosunun yansıra, ekolojinin korunması ise bu çalışmaların en temel çıktısı olmaktadır. Ancak tarımsal enerji kullanımında daha çok kurulu ve sabit sistemlerde enerji verimliliğinden bahsetmek daha doğru olacaktır. Tarımsal süreçlerin tamamında kullanılan makineler (toprak işleme, ekim, ilaçlama, gübreleme, hasat harman ve hasat sonrası) tasarlanırken daha çok temel işlevsellikleri üzerinde durulmakta, daha az enerji ile daha fazla iş yapabilen tasarımlar konusunda çok fazla çalışılmamaktadır.

Çiftçilerle yapılan görüşmelerde bahçe tarımında en fazla enerji tüketiminin yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün turbo fan ünitesi olduğu ifade edilmiştir. Bu makinelerin çalışması esnasında kuyruk milinden alınan tahrik bir pompaya iletilir. Bu pompanın temel amacı tarımsal ilacı basınçlı bir şekilde püskürtme memelerine göndermektir. İlaç pompası tasarımı sayesinde hem hareketi kuyruk milinden almakta hem de ekstra bir mil ile hareket aktarımı sağlamaktadır. Pompa, diğer mil çıkışı ile ilaç deposunun içinden uzun bir kardan mafsalı ile kuyruk milinden aldığı hareketi turbo fana iletmektedir. Böylelikle hem turbo fan hem de ilaç pompası doğrudan kuyruk milinden almaktadır.

Bahçe ilaçlamada iyi bir kaplama için iki temel unsur vardır. Bunlardan birincisi yaprak üzerine uygulanan tarımsal ilaç, diğeri ise bu ilaç zerrelerini ağaç tacına taşıyan turbo fan ünitesi tarafından oluşturulmuş hava akımıdır (Miranda-Fuentes ve ark., 2017). Bu sebeple Turbo fan ünitesinden ağaca gönderilen hava akımının miktarı ve bu hava akımının az enerji harcanarak üretilmiş olması çok önemlidir. Ayrıca turbo fan ünitesinin tasarımı sayesinde, üretilen hava akımın jetinin düzgünlüğü de önemlidir (İtmeç ve Bayat, 2021). Bu sayede ağaç tacının etek, orta ve üst tacına gönderilen hava akımının benzer büyüklükte olması gerekmektedir. Turbo fan ünitesinden çepeçevre çıkan hava akımının büyüklüğü kaplama kalitesini daha da iyi duruma getirmektedir. Pestisitlerin ağaç üzerindeki miktarı ve dağılımı taç, hava jetinin özelliklerine bağlı olarak değişir (Khot ve ark, 2012). Üretilen hava akımın az enerji ile ve düzgün bir hava jeti oluşturarak turbo fanı terk etmesi de bu sebeple çok önemlidir. Ancak ağaç üzerinde iyi bir kaplama gerçekleştirebilmek için fan devri yüksek tutulduğunda daha fazla hava akımı oluşturulmakta bu sebeple traktör zaman zaman hararet bile yapabilmektedir.

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün fanının daha verimli hale getirilmesi ile daha az yakıt kullanarak fandan çıkan hava akımının miktarını arttırabilmek de mümkündür. Bunu yapmak için, hava akışını etkileyen parametreler düzenlenmelidir. Bunun için dikkate alınacak bazı yaklaşımlar; fan kanat sayısının optimizasyonu, fan kanat malzemesini değiştirme, fan kanat açısının değişikliği, fan muhafazasının fan kanadına göre toleransının değiştirilmesi, hava akımının akışını bozan ünitelerin azaltılması ve hava akımının fan muhafazası içerisinde daha az kayıpla geçmesini sağlayan tasarım çalışmaları şeklinde olabilir (Izadi and Falahat 2008).

Bu çalışmada, yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün Turbo Ünitesi tanıtılacak ve fanı enerji yönünden daha verimli, hava jeti düzgünlüğü açısından daha kararlı hale getirilmesi için bazı önerilerde bulunulacaktır.

2.YARDIMCI HAVA AKIMLI BAHÇE PÜLVERİZATÖRÜNÜN TURBO ÜNİTESİ

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün turbo fan ünitesi, genel olarak çelik sacdan imal edilmektedir (Şekil 1). Bu fanın emiş tarafında herhangi bir işe kazasına mahal vermemek için tel muhafaza, onun iç tarafında da sabit kanatlar bulunmaktadır. Bu sabit

kanatların amacı fanın iç tarafına doğru emilen hava akımı kanatlara daha iyi yönlendirilmektedir. Bu kanat açıları çoğunlukla 55° kanat açısına göre ayarlanmıştır. Fanın emiş tarafı sacdan bükülerek imal edilmiştir. Emiş tarafı hem fan kanatlarını ve göbeğini korumakta hem de akışın bir miktarda olsa regüle olmasını sağlamaktadır. Fanın kanatları genellikle 10 adet olmakla beraber yaklaşık olarak 18-22cm arasında değişmektedir. Fan kanatlarının arka tarafında hava yönlendirme elemanı (deflektör) bulunmaktadır. Eksenel fandan üretilen hava akımı hava yansıtıcı ile yönü 90° değişmektedir. Fanın kanatlarıyla oluşturulan hava akımı, hava yansıtıcı eleman sayesinde püskürtme memelerinin bulunduğu fan çıkış tarafına yönlendirilir. Böylelikle memelerden çıkan ilaç zerreleri hava akımını da arkasına alarak rahatlıkla ağaç tacına erişebilir.



Şekil 1. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün turbo fan ünitesi

Fan kanatlarının açısı 15°, 30°, 45° olarak değiştirebilmektedir. Böylelikle kuyruk mili sabit çalıştığından, farklı açılarda değişik hızlarda hava hızı üretmek mümkün olmaktadır. Fanın kanatçıklarının bağlı olduğu göbeğin mili doğrudan bir transmisyona bağlıdır. Transmisyon iki kademede (1:3,5 ve 1:4,5) çalışabilmektedir. Böylelikle kuyruk milinden gelen devri 2 farklı oranda yükseltebilmek mümkün olmaktadır. Kanat açıları (3) ve transmisyon ünitesi (2 kademe) göz önüne alındığında kullanıcı için sabit kuyruk milinde 6 farklı opsiyonla hava akımını ağaç tacına göndermek mümkündür. Hatta son yapılan çalışmalarda, uzaktan bağlantı ile anlık kanatların açısını ve hava çıkış açıklığını değiştiren sistemler üzerinde çalışıldığı da görülmüştür (Salcedo ve ark., 2021)

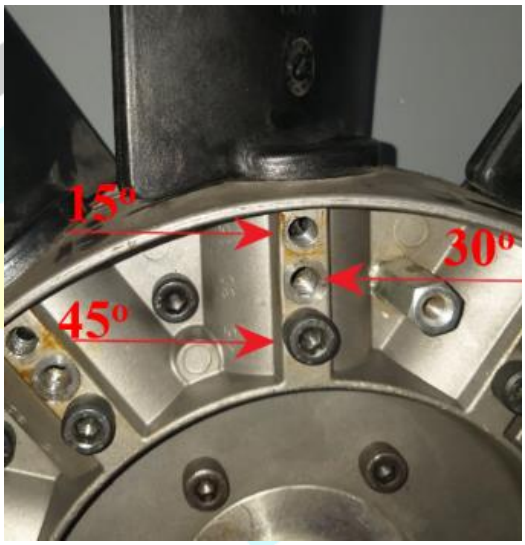
3. TURBO FAN ÜNİTESİNİN ENERJİ ETKİNLİĞİNİ ARTTIRMAK İÇİN YAPILABİLECEKLER

3.1 Çıkış Tarafına Difüzör ekleme

Eksenel bir fanın pervanesinin dönüşü, dışarı atılan havaya açısal momentum kazandırdığından, sabit kılavuz kanatların takılması, açısal momentum tarafından taşınan kinetik enerji statik basınca dönüştürülürken statik basınç artışına neden olur. Çıkış tarafına harici olarak monte edilen difüzörler, daha büyük eksenel fanlarda çıkış basınç kayıplarını en aza indirmenin bir yolunu sunar. Difüzör ile akustik performans da önemli ölçüde iyileştirilebilir.

3.2. Fan kanat açısının değişikliği

Turbo fanlar farklı kanat açılarında imal edilebilmektedir. Ayrıca tek bir fan göbeğinin üzerinden ayar verilerek de değiştirilmektedir (Şekil 2). Turbo fanın girişindeki sabit kanatlar 55º olarak imal edilmiştir. Ancak fanlarda en yüksek hava akımının 45º kanat açısında elde edildiği ve iyi bir emiş gerçekleştirebilmek için sabit kanatlar ile hareketli kanatlar arasında 10º fark olması gerektiği bilinmektedir (Liu et al. 2011). Hareketli kanatların açılarının değiştirilmesi durumunda sabit kanatların açısının da değiştirilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde fan verimi düşmektedir.

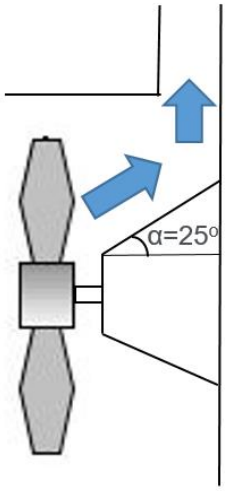


3.3 Fan muhafazasının fan kanadına göre toleransının değiştirilmesi

Fan kanadının uç noktasının, fan emiş tarafındaki fan göbeğini çepeçevre saran muhafazaya olan uzaklığının az olması kayıpları azaltmakta ve fan verimliliğini arttırmaktadır. Özellikle fan göbeğinin ve kanatlarının bu muhafaza içerisine eş uzaklıkta olması girdap yaratmayacaktır (Patel ve Patel, 2012).

3.4. Turbo Fan Ünitesinin hava yansıtıcı ünitesinin düzenlenmesi

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörlerinin turbo ünitesinde bulunan eksenel fanın basma tarafında bulunan hava yansıtıcı (Şekil 3), gelen hava akımını memelere yönlendirmek için kullanılmaktadır. Bu hava yansıtıcıların şekli koniktir. Literatür incelendiğinde iyi bir yönlendirme içim hava yansıtıcı yüzeyin tepe koniklik açısının 15º ile 30º arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tang ve ark., 2017). Eksenel akışlı fanlarda kullanılan yansıtıcı modelleri incelendiğinde geometrik olarak konik biçimli yansıtıcıların kullanıldığı ve bu koniklik oranının (L/H) 3/5 oranında (arctan (3/5) =32º) olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Hava yansıtıcının koniklik tepe açısının (α) ve havanın yönlendirilmesi (yan bakış)

4. SONUÇ

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün turbo ünitesi traktörden kuyruk mili vasıtasıyla alınan hareket ile çalışmaktadır. Üzerindeki transmisyon ünitesi sayesinde yüksek devirlere çıkabilmektedir. Traktörün çalışması esnasında kullanılan yakıt gücünden verimli faydalanarak, az enerji ile daha çok hava akımı üretmek önemlidir. Ülkemizde üretilen Turbo fan ünitelerinin büyük çoğunluğu, yurt dışındaki benzerleri örnek alınarak yapılmakta doğrudan bir mühendislik hesabı yapılmadan tasarlanmaktadır. Çalışmada ifade edilen konular ile daha iyi turbo fan tasarımının yapılması mümkündür. Ayrıca kanatların polietilen malzemeden yapılması ile her birinin gramaj kontrollerinin iyi yapılması da gerekmektedir. Aksi takdirde balanssızlık problemi yaşanabilmektedir. Her ne kadar göz önünde olmasa da hava yansıtıcının doğru açı ile imal edilmesi ile hava akımı daha verimli üretilebilir.

KAYNAKÇA

Itmec, M., Bayat, A. (2021). Determination of the optimum operating parameters of an axial fan used on the conventional air blast orchardsprayer. J. Agric. Environ. Food Sci., 5(3), 395-402.

Izadi M., J., Falahat A., (2008). Effect of Blade Angle of Attack and Hub to Tip Ratio on Mass Flow Rate in an Axial Fan at a Fixed Rotational Speed. 2008 ASME Fluids Engineering Conference August 10-14, 2008 Jacksonville, Florida USA.

Khot L.,R., Ehsani R., Albrigo G., Larbi P., A., Landers A., Campony J., Wellington C., (2012). Air Assisted sprayer adapted for precision horticulture:Spray patterns and deposition assessments in small-sized citrus canopies. Biosystem Engineering 113 (2012) 76-85.

Liu, X., Xie, J., Xie, Q., Huang, H., (2018). Cone Angle Effects on Noise Characteristics of Jets İmpinging on Conical Obstacles. AIP Advances, Volume 8, Issue 11, id.115121.

Miranda-Fuentes ,A., , Rodríguez-Lizana A., Cuenca A., Gonzalez- Sanchez E.,J., Blanco-Roldan G.,L., Gil- Ribes J.,A. (2017). Improving plant protection product applications in traditional and intensive olive orchards through the development of new prototype air-assisted sprayers. Crop Protection 94 (2017) 44-58.

Salcedo, R., Fonte, A., Grella, M., Garcera, C., Chueca, P. (2021) Blade pitch and air-outlet width effects on the airflow generated by an airblast sprayer with wireless remote-controlled axial fan. Computers and Electronics in Agriculture Volume 190, November 2021, 106428

Tang, Z., Liu, Q., Li, H., Min X., (2017). Numerical simulation of heat transfer characteristics of jet impingement with a novel single cone heat sink. Applied Thermal Engineering 127 (2017) 906–914.

International Congress of Engineering and Natural Sciences

ISBN: 978-625-6488-05-2

Determining the Location and Depth of Buried Archaeological Remains using the Euler Deconvolution Technique

Şenol ÖZYALIN [1]
Zafer AKÇIĞ [2]

Abstract

This study is an example of the application of the Euler Deconvolution technique, which is one of the geophysical evaluation methods, to archaeological sites. This technique is a useful tool for obtaining the locations and depths of buried ruined buildings using potential field data. Since it requires very little prior knowledge, it has become one of the preferred techniques for the analysis of magnetic field data. The applicability and effectiveness of the suggested technique have been tested via the magnetic anomalies caused by hypothetical model bodies. Test studies were applied to models of multiple structures as well as single structures. At the same time, the effect of the method's width and thickness of the structure on the solution was also tested. This technique has been applied to real field data based on satisfactory results from hypothetical studies. Real field data were collected on an area of 20 x 25 m in the ancient city of Sapinuwa (Çorum, Turkey). First, the magnetic field map and then magnetic profile data was obtained by taking a cross-section perpendicular to the magnetic inclusions on the two-dimensional magnetic anomaly map. The proposed technique was used to determine the depth and exact location of the source object causing this anomaly. The findings were compared with the building remains unearthed as a result of the proposed trench excavations. The results show that this technique provides a significant improvement in the discovery of buried structures in archaeological sites. It can be assumed that the use of the Euler Deconvolution technique in the evaluation of magnetic anomalies produces promising results.

Keywords: Geophysics, Euler deconvolution, Magnetic anomaly, Sapinuwa ancient city

[1] Assist. Prof. Dr., Dokuz Eylül University, Department of Geophysics, Orcid: 0000-0002-1401-9453
[2] Prof. Dr., Dokuz Eylül University, Department of Geophysics, Orcid: 0000-0002-9978-1681

Introduction

The potential methods such as the gravity method and the magnetic field method are the oldest used and major methods among geophysical exploration methods. One of the most common uses of potential field data is to determine the depths of potential field sources. For example, for hydrocarbon exploration, this usually means determining the thickness of the sedimentary layer, while for mineral exploration depth estimates are made to determine the depth of ore structures containing magnetic minerals.

For this purpose, some automated methods have been suggested to rapidly determine the vertical and horizontal location, as well as width, and shape index of the geological mass. Some of these methods are Werner deconvolution (Werner, 1953; Hansen and Simmonds, 1993; Hansen, 2005), Euler deconvolution (EUD) (Thompson, 1982; Reid et al., 1990; Barbosa et al., 1999; Stavrev and Reid, 2007), and analytical signal (Nabighian, 1972, 1974, 1984; Bastani and Pedersen, 2001). Thompson (1982) developed the EUD technique using Euler's homogeneity relation. The technique relates potential field measurements and their first-order horizontal and vertical gradients of the potential field data to the position of the source of an anomaly with a degree of homogeneity defined as a structural index.

This technique is used to determine the location and depth of the magnetic source. Reid et al. (1990) developed the technique that Thompson (1982) applied to profile data and applied it to gridded data. The EUD technique is based on the use of a moving window operator by splitting all data into pieces with certain window size and estimates the location and depth of the source by solving linear equations using magnetic field data within the window (Kilty, 1983; Durheim and Cooper, 1998; Roy et al., 2000; Silva et al., 2001; Mushayandebvu et al., 2001; Gerovska and Arauzo-Bravo, 2003; Özyalın, 2003; Dewangan et al., 2007; Zunino et al., 2009; Ekinci et al., 2017; Sındırgı and Özyalın, 2019). The geometry of the magnetic source is defined by the structural index (SI)(Stavrev, 1997; Doo et al., 2007; Srivastava and Agarwal, 2010; Rabeh and Khalil, 2015).

In this study, evaluation studies through the EUD technique were carried out using different hypothetically produced data. After the hypothetical studies, it was applied to the real field data collected in the ancient city of Sapinuwa, Ortaköy district of Çorum province. This profile data was created by taking a section from the two-dimensional magnetic map collected in a 20x25 m^2 gridded area.

Sapinuwa Ancient City

The ancient city of Sapinuwa was one of the important administrative centers of the Hittites. The city is located 3 km southwest of the Ortaköy district of Çorum province. The city, which is located at a strategic point due to both its political and geographical location, has become an important military and religious center. The Hittites migrated to Anatolia via the Caucasus. They made their living by doing trade, animal husbandry, and agriculture. The city was discovered within the scope of the survey project work carried out under the leadership of Prof. Dr. Aygül Süel and Dr. Mustafa Süel, and excavations began. The second largest cuneiform archive, after Boğazköy, discovered in Anatolia from the Hittite period is the Ortaköy Archive. These archives reveal that Sapinuwa was the second capital of the Hittites. When the Hittites came to this region, they established this great city by terracing and leveling the land on a plateau descending from northwest to southeast. They built religious and military structures on the hills that dominate the region.

Material and Method

Definition of the Magnetic Anomaly

Telford (1976) defined the vertical and horizontal magnetic field components of a prismatic-shaped structure by equations (1) and (2), respectively. Figure 1 shows the prism model.

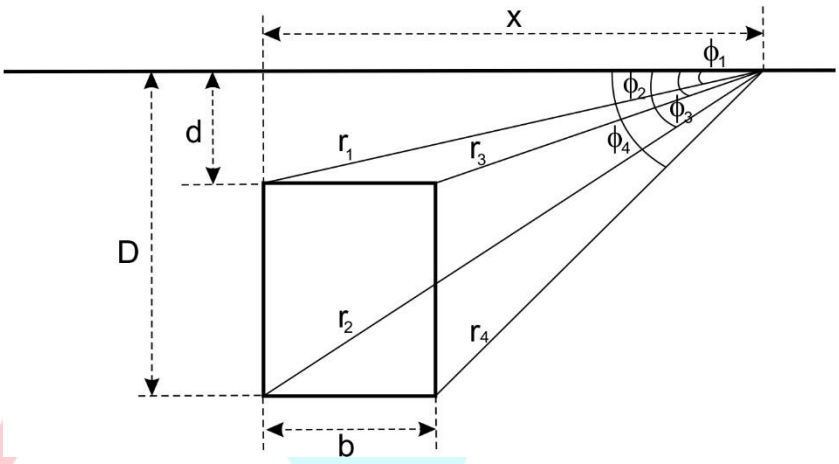


Figure 1. Vertical prism model

$$Z = 2k\left\{H_o \sin\beta \; ln\left(\frac{r_2 r_3}{r_1 r_4}\right) - Z_o(\emptyset_1 - \emptyset_2 - \emptyset_3 + \emptyset_4)\right\} \quad (1)$$

and

$$H = 2k\left\{Z_o ln\left(\frac{r_2 r_3}{r_1 r_4}\right) - H_o \sin\beta \; (\emptyset_1 - \emptyset_2 - \emptyset_3 + \emptyset_4)\right\} \quad (2)$$

where Z is the vertical magnetic field, H is the horizontal magnetic field, β is the azimuth angle, I is the inclination angle.

$$\begin{aligned} r_1^2 &= d^2 + x^2 \\ r_2^2 &= D^2 + x^2 \\ r_3^2 &= d^2 + (x-b)^2 \\ r_4^2 &= D^2 + (x-b)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

and

$$\begin{aligned} \emptyset_1 &= \tan^{-1}[d/x] \\ \emptyset_2 &= \tan^{-1}[D/x] \\ \emptyset_3 &= \tan^{-1}[d/(x-b)] \\ \emptyset_4 &= \tan^{-1}[D/(x-b)] \end{aligned} \quad (4)$$

Here, a prism with top depth d, bottom depth D, width b, distances from each vertex to the observation point r_1, r_2, r_3, r_4, and tangent angle $\emptyset_1$, $\emptyset_2$, $\emptyset_3$, $\emptyset_4$ for each vertex. The total magnetic field is given by the equation (5).

$$T = 2k\{H \sin\beta \cos I + Z \cos I\} \quad (5)$$

Euler Deconvolution Technique

The basis of the EUD technique is Euler's homogeneity relation (John, 1965). The EUD technique relates the potential field and its gradients to the depth and position of an anomaly with a degree of homogeneity characterized by a structural index (SI). The structural index's basic principle is Euler's homogeneity equation expressed in Equation (6).

$$x\frac{\partial f}{\partial x} + y\frac{\partial f}{\partial y} + z\frac{\partial f}{\partial z} = nf \quad (6)$$

Its first application was used in the solution of the 2D magnetic field (Thompson, 1982). Euler's equation for the profile data of potential fields in this study is rewritten as Equation (7).

$$(x - x_o)\frac{\partial \Delta T}{\partial x} - z_o\frac{\partial \Delta T}{\partial z} = N\Delta T(x) \quad (7)$$

Rearrangement of equation (7) yields (Thompson 1982)

$$x_o\frac{\partial \Delta T}{\partial x} + z_o\frac{\partial \Delta T}{\partial z} = x\frac{\partial \Delta T}{\partial x} + N\Delta T(x) \quad (8)$$

where x_o and z_o denote the location and depth of the source causing the magnetic anomaly; x and z are the observation point coordinates; ΔT indicates the observed data at x distance on profile, the degree of homogeneity N represents the SI and ∂ΔT/∂x and ∂ΔT/∂y are the first-order horizontal and vertical derivatives calculated from the observed total field ΔT

Synthetic Tests

During the theoretical model studies, the profile length was chosen as 65 m for all models. The entire profile was evaluated using the EUD technique. However, since the results obtained are very close to each other, the results of the profile between 22 m and 42 m are shown in order to show them in more detail. In all models, no solution was obtained outside this range.

Test 1 - Investigation of the Effect of Structure Width on EUD Solutions.

In order to examine the change in the EUD due to the increase in the width of a magnetic prism, three different models with fixed depth and thickness and different widths were created. For these three models, magnetic field properties inclination, declination, azimuth angle, and magnetization intensity were taken as constant. In the three models considered, the widths of the building are 1.0 m, 7.0, and 13.0 m, respectively.

The total magnetic field anomaly and EUD sections of the mentioned models are given in Figure 2. In addition, the magnetic field parameters and structure dimensions of these models and the solutions obtained from EUD are given in Table 1.

Table 1 – Model parameters and EUD solutions.

Upper depth (m)	**Thickness (m)**	**Structure index (η)**	**Magnetization intensity**
1.0	1.0	1	1.0 A/m [SI]
Inclination Angle	**Declination Angle**	**Azimuth Angle**	**Windows size**
60 °	0°	0°	7
	Width (m)		
	1.0	**7.0**	**13.0**
Distance (m)	32.5	29.02 – 35.9	26.0 – 39.0
Depth (m)	0.9	1.42 – 1.42	1.40 – 1.40

Eight solutions were obtained for the first model. With an error of 0.0%, the location of the structure was 32.5 m, and with an error of 5.0%, the average depth was 0.9 m. When the figure 2 is examined; presented an array to show the upper depth of the structure. On the other hand, if the width of the structure increases in the second and third models, each edge of the structure acts as a separate point source and the solutions obtained are located at the edges of the structure. The depths obtained correspond to the middle depth of the structure and define the boundaries of the structure.

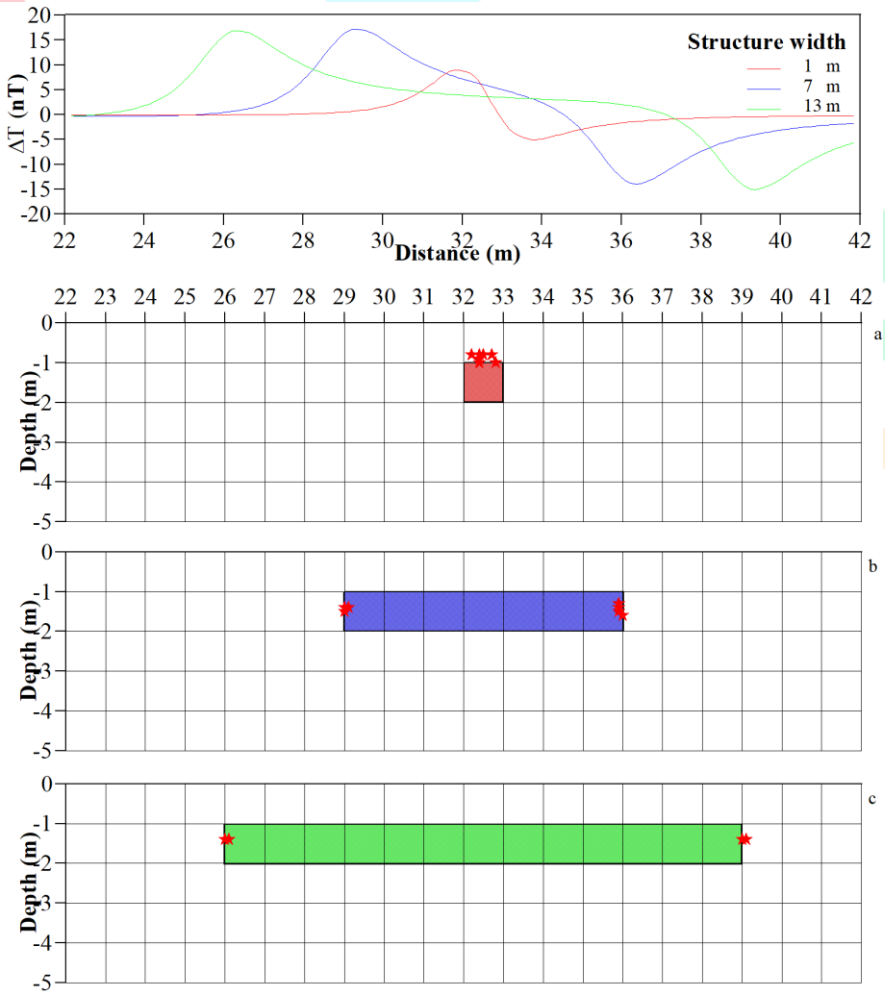


Figure 2 – Magnetic anomalies of structures with different widths and EUD solutions

Test 2 - Investigation of the Effect of Structure Thickness on EUD Solutions.

In this model study, we wanted to investigate the effect of EUD on the solution depending on the change in the thickness of the structure. For this reason, we changed the thickness value, that is, the bottom depth of the prism, in the calculations by keeping the structure width constant. For this, we created three different structural models and calculated the theoretical magnetic anomalies.

The bottom depths of the structures were used in the calculations as 2.0 m, 4.0 m, and ∞, respectively. The magnetic field parameters and structure thicknesses of these models, as well as the solutions obtained from EUD, are given in Table 2. Total magnetic field anomalies and EUD sections of the three models mentioned are given in Figure 3. According to the EUD solutions, the building locations of all three models were 32.5 m. The depths of the model structures were determined as 0.94 m, 1.05 m, and 1.06 m, respectively. When the results are examined, it is observed that the depths obtained for the three structural models are very close to the theoretical models. From here, it is possible to say that the increase or decrease in the thickness of the structure has no effect on the finding of the upper depth of the structure with EUD.

Table 2 – Model parameters and EUD solutions.

Upper depth (m)	**Width (m)**	**Structure index (η)**	**Magnetization intensity**
1.0	1.0	1	1.0 A/m [SI]
Inclination Angle	**Declination Angle**	**Azimuth Angle**	**Windows size**
60 º	0º	0º	7
	Thickness (m)		
	2.0	**4.0**	**∞**
Distance (m)	32.5	32.5	32.5
Depth (m)	0.94	1.05	1.06

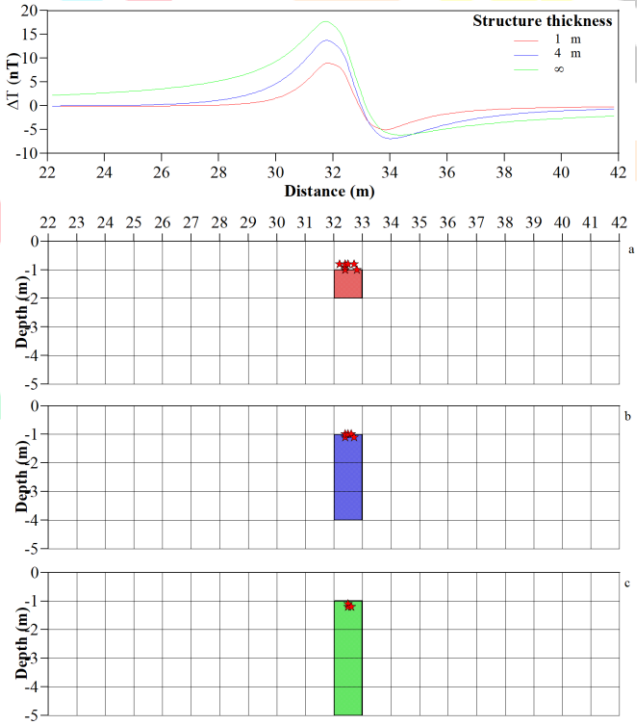


Figure 3 – Magnetic anomalies of structures with different thicknesses and EUD solutions

Test 3 - Two Building Models with the Same Depths

The aim of this model is to examine the EUD solutions of two structures at the same depth on a profile. For this reason, two structures with the same depths were selected in the model created. The magnetic field properties of these structures and their widths were kept the same. The distance between the two structures is 12.0 m. The total magnetic field anomaly of this model and the EUD sections calculated from this anomaly are given in Figure 4. In Table 3, the structural parameters of these models and the depth value in the z-axis, and the horizontal distance in the x-axis obtained from the EUD are presented. When examined, the midpoints of the structures on the x-axis were calculated as 24.91 m and 38.93 m, as a result of 9 solutions for both structures. Considering the depth values, the average depth values were obtained as 1.15 m.

Table 3 – Model parameters and EUD solutions.

Thickness (m)	**Width (m)**	**Structure index (η)**	**Magnetization intensity**
1.0	2.0	1	1.0 A/m [SI]

Inclination Angle	**Declination Angle**	**Azimuth Angle**	**Windows size**
60 º	0º	0º	7

	Upper depth (m)	
	1.0	**1.0**
Distance (m)	24.91	38.93
Depth (m)	1.15	1.15

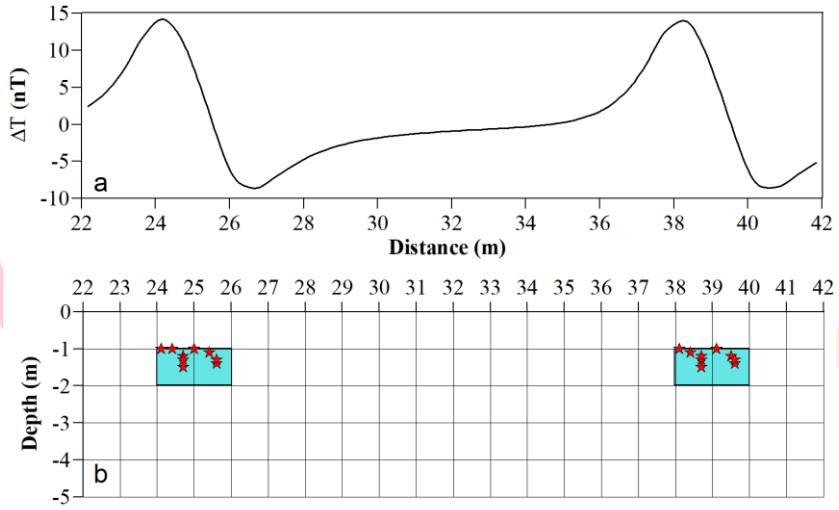


Figure 4 – Magnetic anomalies of structures with the same depths and EUD solutions

Test 4 - Two Building Models with the Different Depths

In this model, two structures with different depths were chosen. While the depth of the first building was 1.0 m, the second building was selected as 2.0 m deep. The magnetic field properties of these structures and their widths were kept the same. The distance between the two structures is 12.0 m. The total magnetic field anomaly of this model and the EUD sections calculated from this anomaly are shown in Figure 5. In Table 4, the structure parameters and the EUD results of these models are given.

Table 4 – Model parameters and EUD solutions.

Thickness (m)	Width (m)	Structure index (η)	Magnetization intensity
1.0	2.0	1	1.0 A/m [SI]

Inclination Angle	Declination Angle	Azimuth Angle	Windows size
60 °	0°	0°	7

	Upper depth (m)	
	1.0	**2.0**
Distance (m)	24.91	39.05
Depth (m)	1.15	1.92

When the results are examined; for both structures, the midpoints of the structures on the x-axis were calculated correctly as 25.0 m and 39.0 m. Considering the depth values, the average upper depth for the first structure was 1.15 m. For the second structure, which is deeper, the average depth was 1.92 m. As can be understood from these results, it is understood that structures at different depths can be solved very well with this technique.

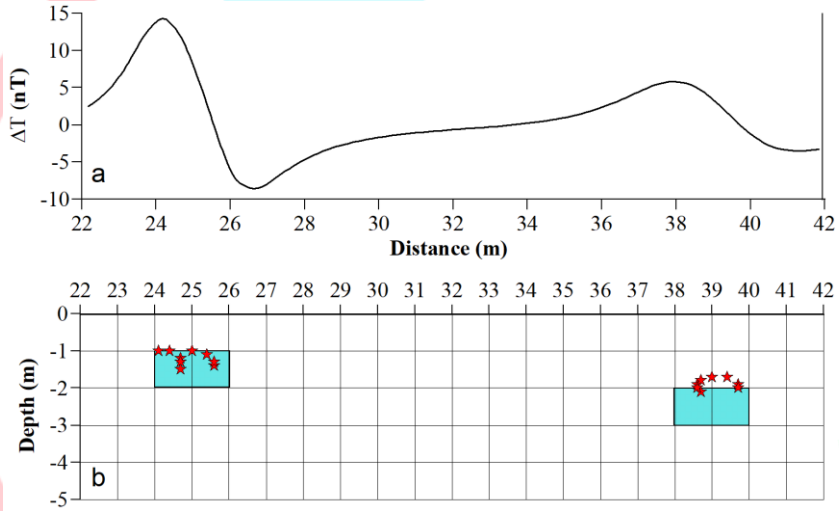


Figure 5 – Magnetic anomalies of structures with different depths and EUD solutions

Field Example

The dimensions of our study area were chosen as 20*25 m, 1.0 m between profiles, and 1.0 m measuring range in each profile. The first thing that draws attention when looking at the total magnetic field anomaly obtained in the field is the presence of a positive anomaly in the N-S direction from the top to the middle of the field. There is also a similar inclusion in the southeast of the area. A difference of approximately 700 nT is observed on the basis of the map (Figure 6).

On the magnetic map, a 20 m long AA' section was taken in the W-D direction to cut the magnetic inclusion. The EUD technique was applied to the profile data obtained from the AA' section (Figure 7). When the figure was examined, an average depth of about 0.9 m was found.

In Figure 6, a 3*3 m trial trench is suggested in the area bounded by the dashed white line. At the end of the trial excavations carried out at the proposed site, successful results supporting the geophysical results were obtained.

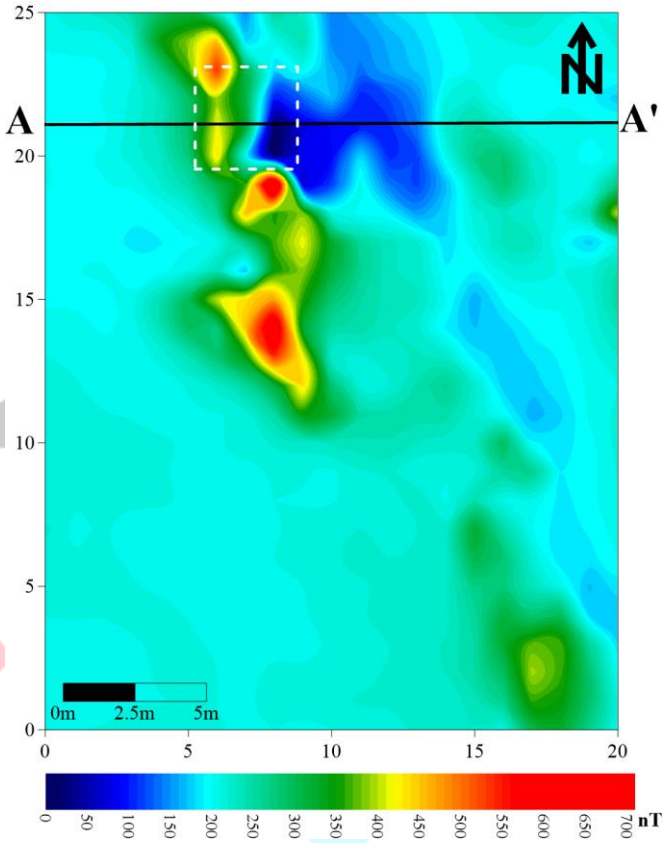


Figure 6 – Magnetic anomalies of structures with different depths and EUD solutions

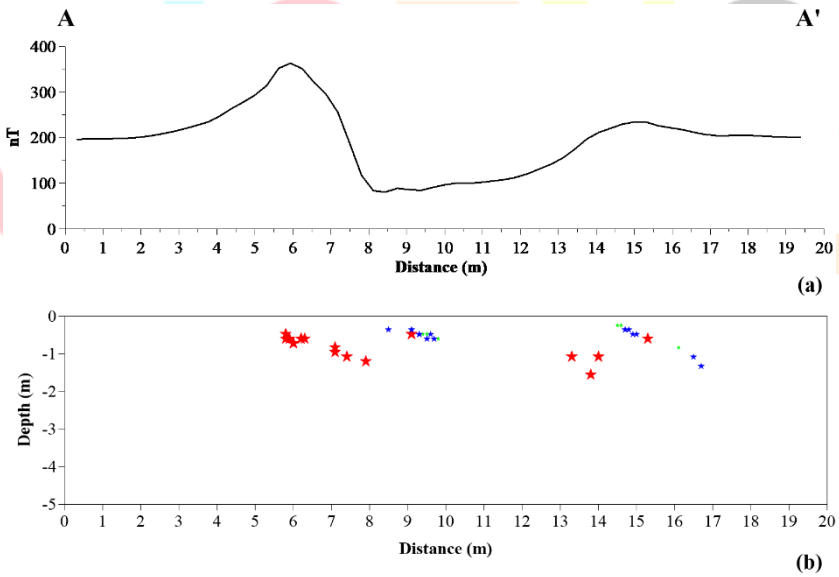


Figure 7 – Magnetic anomalies of structures with different depths and EUD solutions

Results and Discussions

During the excavation, a wall extension made of mud brick was found in an undisturbed condition approximately 0.60-0.80 m below the surface extending in the N-S direction in the middle of the trench. In light of this finding, the trench borders were slightly enlarged and the

wall foundation was reached after seven rows of mud bricks (Figure 8). The discovery of the mudbrick wall as a result of the trial excavation carried out here is an important result.

When we look at the materials coming out of this section, the fact that the material that comes out is black and charred indicates that there was a great burning here. The fact that there is an anomaly difference of 700 nT in a narrow area towards the upper part of the area is thought to be caused by the combustion here.



Figure 8 – Trial trenches in 2003 at the proposed site in the ancient city of Sapinuwa

Conclusions

The EUD technique has been tested on 2D isolated models (with different depths, thicknesses, and widths of structures). The findings show that the structure thickness and width have no effect on the EUD solutions in determining the depth of the structure. This technique was then applied using measured magnetic data of the Sapinuwa ancient city area in Çorum province. The location and depth information obtained at the end of the solution were compared with the first findings revealed in the trial trench in the proposed area and it was observed that they were compatible with the excavation result. Based on the results, it was concluded that this technique can be applied to magnetic data obtained from archaeological sites.

Acknowledgment

This study is part of the PhD thesis named "Automatic Evaluation Techniques in Potential Fields and Application to Archaeological Sites, (2003)". I would like to thank Prof. Dr. Aygül Süel and Dr. Mustafa R. Süel, who directed the excavation of the ancient city of Sapinuwa for providing valuable support during the collection of magnetic data. Thanks are due to Prof. Dr. Rahmi Pınar for helping.

References

Bastani, M., Pedersen, L.B. (2001) Automatic interpretation of magnetic dike parameters using the analytical signal technique. *Geophysics*, 66, 551–561.

Barbosa, V., Silva, J.B.C., Medeiros, W.E. (1999) Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution. *Geophysics*, 64, 48–60.

Dewangan, P., Ramprasad, T., Ramana, M.V., Desa, M., Shailaja, B. (2007) Automatic interpretation of magnetic data using Euler deconvolution with nonlinear background. *Pure Appl. Geophys.*, 164, 2359–72.

Durrheim, R. J. & Cooper, R. (1998) EULDEP: a program for the euler deconvolution of magnetic and gravity data. *Computer & Geosciences*, 24, 545-550.

Ekinci, Y.L., Özyalın, Ş, Sındırgı, P., Balkaya, Ç., Göktürkler, G. (2017) Amplitude inversion of the 2D analytic signal of magnetic anomalies through the differential evolution algorithm, *Journal of Geophysics and Engineering*, 14/6, 1492–1508.

Gerovska, D., Arauzo-Bravo M.J. (2003) Automatic interpretation of magnetic data based on Euler deconvolution with unprescribed structural index *Comput. Geosci*. 29 949–60.

Hansen, R.O., Simmonds, M. (1993) Multiple-source Werner deconvolution. *Geophysics*, 58, 1792–1800.

Hansen, R.O. (2005) 3D multiple-source Werner deconvolution for magnetic data. *Geophysics*, 70, L45–L51.

Kilty, K.T. (1983) Werner deconvolution of profile potential field data. *Geophysics*, 48, 234-237.

Mushayandebvu, M.F., Driel, P., Reid, A.B., Fairhead, J.D. (2001) Magnetic source parameters of two-dimensional structures using extended euler deconvolution. *Geophysics*, 66, 814-823.

Nabighian, M.N. (1972) The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. Geophysics, 37, 507–517.

Nabighian, M.N. (1974) Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section. *Geophysics*, 39, 85–92.

Nabighian, M.N. (1984) Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform Fundamental relations. *Geophysics*, 49, 780–786.

Özyalın, Ş. (2003) Automatic evaluation techniques in potential fields and application to archaeological sites, *Ph.D. Thesis*, Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, İZMİR.

Rabeh, T., Khalil, A. (2015) Characterization of fault structures in southern Sinai Peninsula and Gulf of Suez region using geophysical data, *Environ. Earth Sci.*, 73, 1925–1937

Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.T., Somerton, I.W. (1990) Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. *Geophysics*, 55, 80–91.

Roy L., Agarwal B.N.P., & Shaw R.K. (2000) A new concept in euler deconvolution of isolated gravity anomalies. *Geophysical Prospecting*, 48, 559-575.

Sındırgı, P., Özyalın, Ş. (2019) "Estimating the location of a causative body from a self-potential anomaly using 2D and 3D normalized full gradient and Euler deconvolution," *Turkish Journal of Earth Sciences*: 28/4, 9, 640-659.

Silva, J.B.C., Barbosa, V.C.F., Medeiros, W.E. (2001) Scattering, symmetry, and bias analysis of source-position estimates in euler deconvolution and its practical implications. *Geophysics*, 66, 1149-1156.

Srivastava, S., Agarwal, B.N.P. (2010) Inversion of the amplitude of the two-dimensional analytic signal of magnetic anomaly by the particle swarm optimization technique, *Geophys. J. Int.*, 182, 652–62.

Stavrev, P.Y. (1997) Euler deconvolution using differential similarity transformations of gravity or magnetic anomalies *Geophys. Prospect.*, 45, 207–46.

Stavrev, P., Reid, A. (2007) Degrees of homogeneity of potential fields and structural indices of Euler deconvolution. *Geophysics*, 72, 1–12.

Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. & Keys, D.A. (1976) Applied geophysics: *Cambridge University Press, Cambridge, London*.

Thompson, D.T. EULDPH (1982) A new technique for making computer-assisted depth estimates from magnetic data. *Geophysics*, 47, 31–37.

Werner, R.T. (1953) Interpretation of Magnetic Anomalies at Sheet-Like Bodies. *Sver. Geol. Unders. Ser. C Arsb.* 6, 413-449.

Zunino, A., Benvenuto, F., Armadillo, E., Bertero, M., Bozzo, E. (2009) Iterative deconvolution and semi-blind deconvolution methods in magnetic archaeological prospecting. *Geophysics*, 74, 43–51.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Hemşirelerin İş Yükünü Azaltan Hastane İçinde ve Uzaktan Kullanımlı Hatırlatmalı İlaç Kutusu

Ayşe Nur AY GÜL[1]
Onur TEKER[2]

Özet

Hemşirelik, geçmişi çok eskiye dayanan toplumun gereksinimlerinden doğmuş bir meslektir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde hemşirelerin büyük çoğunluğu çok yüksek çalışma saatleri ile mesleklerini devam ettirmektedirler. Yüksek çalışma saati ve is yoğunluğu altında çalışan hemşirelerin iş yaşam dengelerini düzenleyecek ve iş yüklerini azaltacak uygulamaların araştırılması ve bu uygulamaların hayata geçirilmesi büyük önem arz etmektedir. Türkiye'deki hemşirelerin hastalara ilaç dağıtımına yıllık yaklaşık 176 saat gibi ciddi bir süre harcadıkları ve bu dağıtım esnasındaki hareketlilikten kaynaklı enfeksiyon riski artırımı belirlendi. Bu çalışmada tasarlanan hatırlatıcı ilaç kutusu ile saati gelen ilacın alımı için alarm devreye girecektir. Geliştirilen takip sistemi ile ilaç alımı takip edilecek ve ilaç alınmaması durumunda hemşirelere e-posta yoluyla bilgilendirme yapılacaktır. İlaç Kutusu 4 gün ve 3 ilaç saati olarak tasarlanmış ve sistemin yazılımı LabVIEW ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu sistem her yaşta hastaya ve her hastane tipine uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece düzenli ilaç alımının izlenmesi, hemşirelerin hastane içerisindeki hareketliliklerini ciddi oranda azalması ve iş yüklerinin de buna bağlı olarak düşmesi sağlanmıştır. Çalışma saatlerinin azalması ile hemşirelerin arta kalan zamanlarını kendilerine ve sevdiklerine ayırabilmesi, sosyal yaşamlarını ve çalışma hayatlarını daha motive sürdürebilmeleri ön görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: hemşire, iş yaşam kalitesi, akıllı sistem, ilaç , LabVIEW

[1] Dr. Öğr. Üyesi., Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, Orcıd: 0000-0002-4448-4858
[2] Öğrenci, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, Orcıd:

GİRİŞ

Hemşirelik toplumun gereksinimlerini yerine getirmek ve hasta ya da güçsüz kişileri iyileştirmek amacıyla ortaya çıkmış bir meslek grubudur. Hemşirelerin büyük çoğunluğunun çok yüksek çalışma saatleri ile mesleklerini devam ettirmekte oldukları bilinmektedir. Örneğin; Balıkesir Üniversitesi hastanesinde çalışan hemşirelerin tükenmişlik düzeyleri ve aile desteğinin etkisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaya göre hemşirelerin nöbetlerinin tükenmeyi artırdığı, kendilerini orta derece başarılı algıladıkları ve duyarsızlaşmanın da orta derece olduğu saptanmıştır. Ayrıca, duygusal tükenmişlik puanları yüksek bulunmuştur. Hemşirelerin kendilerini yorgun ve duygusal olarak yıpranmış hissettikleri saptanmıştır (Altay vd., 2010). Cerrahi hemşirelerin üzerinde yapılan bir diğer çalışmada hemşirelerin iş yükü algıları ile tıbbi hata eğilimleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmada hemşirelerin büyük çoğunluğunun haftalık çalışma saatlerinin 40 saatten fazla olduğu tespit edilmiştir. Günlük 12 saatten fazla çalışan hemşirelerin, 8 saat çalışan hemşirelere oranla 4 kat daha fazla tıbbi hata yapabileceği tespit edilmiştir. Haftalık 40 saatten fazla çalışma süresi olan hemşirelerin ise iş yükü algılarının tıbbi hataya yol açan tüm boyutlarla ilişkili olduğu saptanmıştır (Karacabay vd., 2020). Kocaeli ili Devlet Hastanelerinde hemşire sayısının yetersizliği, hastaneler arası ve hastane içerisindeki hemşire iş yükü dağılımı dengesizliği üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, 9 farklı hastane ve birimlerdeki hemşirelerin iş yükleri kıyaslanmış çalışma yapılan bütün hastanelerde hemşire sayıları yetersiz ve iş yükleri fazla bulunmuş ve iyileştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Özkan ve Uydacı, 2020). İş yükünün fazla olduğu kişiler tükenmişlik, iş tatminsizliği, işe karşı stres ve gerginlik yaşarken, kurum ve kuruluşlar ise çalışanların düşen performansından dolayı verimsizlik ile karşı karşıya kalabilmektedirler. Ayrıca yoğun iş yükü sebebiyle farklı psikolojik sorunlar yaşayan bireyler bu sorunları özel hayatlarına da taşıyarak durumu daha da karmaşık ve içinden çıkılamaz bir noktaya sürüklemektedirler. Bu sebeple, çalışan bireylerin iş yüklerinin dengelenmesine yönelik çalışmaların araştırılması ve uygulanması ciddi önem arz etmektedir. Yapılan incelemeler neticesinde Türkiye'de hemşirelerin birime bağlı değişmek kaydıyla yıllık yaklaşık 176 iş saati gibi bir süreyi sadece hastalara ilaç dağıtımına ayırdıkları tespit edilmiştir. Hastalara ilaç dağıtımı görevi, hemşirelerin diğer yaptıkları görevlere kıyasla çok daha basit ve dijital dönüşüme uygun bir görevdir. İlaç dağıtımı görevinin, yapılan incelemeler sonrasında dijitalleştirilebileceği ve hemşirelerin bu yükten kurtarılabileceği tespit edilmiştir. Bu bağlamda bu araştırmada hatırlatmalı ilaç kutusu üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Hatırlatmalı ilaç kutusu çalışması temelde hastanede yatan hastaların düzenli aralıklarla eşit ve uygun dozlarda ilaçlarını alması, ilaçlarını almamaları durumunda ise ilgili personelin uyarılması üzerine kurgulanmıştır. Çalışmanın hayata geçirilmesi durumunda hemşirelerin çalışma saatlerinde ciddi bir azalma sağlanacaktır. Bu sağlanan kazanımın yanında tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de hastane enfeksiyonu sorunu ciddi önem arz etmektedir. Hastane enfeksiyonu, diğer sağlık sorunları nedeniyle yatan hastaların vücudunda hastane sebebiyle vücudunda bakteri, virüs ve mantarların birikmesi olarak özetlenebilir. Dünyada hastane enfeksiyonu oranı %5,7 ila %19,1 aralığında değişmektedir. Ülkemizde ise %1 ila %16,5 aralığında bulunmakta ancak birim bazında bu oranlar değişiklik göstermektedir (Sönmez vd., 2021). Hemşirelerin ilaç dağıtımı esnasındaki hareketliliği hastane enfeksiyonu oranının artmasına sebep olmaktadır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ilaç kutusunun hayata geçirilmesi bu hareketliliği büyük oranda azaltacağı için hastane enfeksiyonu riskinin azalması da sağlanacaktır. Bu faydalarının yanında hastaların ilaçlarını almayı unutması, ilaç zamanını kaçırmalarının da önüne geçilebilecektir.

Dünyada çalışma saatlerinin azaltılması üzerine yapılan çalışmaların uygulama aşamasına geçmeye başladığı günümüzde, ülkemizde çalışma saatlerinin azaltılmasını yakın süreçte öngörülmeyen meslek gruplarının iş yüklerinin dijital dönüşüm sayesinde azaltılarak, kalan zamanlarını sosyal yaşamlarına ayırmaları veya sosyal yaşamlarına ayırabilecek yorgunluk seviyelerinin yakalanması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada ayrıca hemşirelerin çalışma saatlerinin fazlalığının psikolojik yönden etkileri araştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda riskli kategoride yer alan hemşirelerin çalışma saatlerinin düşürülmesi üzerine araştırmalar yapılması gerektiği düşünülmüş ve hemşirelerin günlük çalışma periyotları incelenmiştir. İnceleme sonrasında dijitalize edilebilecek olan ilaç dağıtım görevi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda hemşirelerin iş yüklerinin azaltılması, hastanedeki hemşire hareketliliği kaynaklı hastane enfeksiyonu artışının engellenmesi ve ilaç almayı unutan hastaların zamanında ilaçlarını almayı sağlanması üzerinde çıktılar elde edilmesi amaçlanmıştır.

YÖNTEM

Bu sistem, hastanede yatmakta olan ilaç alması gereken bütün hastaların ilaçlarını otonom sistemle almaları ve ilacını unutabilecek rahatsızlıkları olan hastaların ilaçlarını hatırlatmak üzerine tasarlanmıştır. Hastaların ilaç alma işlemi hemşirelerin ilaç dağıtımı ile gerçekleşmektedir (Şekil 1.).



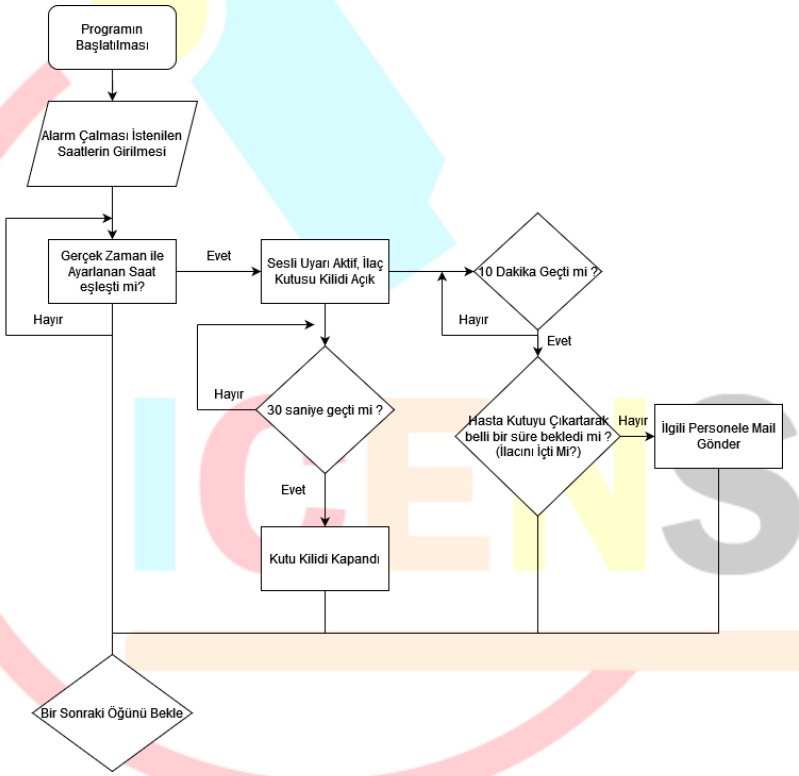
Şekil 1. İlaç Dağıtım Kutuları

Bu eski yöntem ilaç dağıtımı da belli başlı sorunlara sebep olmaktadır. Mevcut durumda hemşireler ilaçları, ilaç dağıtımının hemen öncesi hazırlamaktadır. Bu işlem farklı bölümler için değişmekle birlikte görüşülen hemşireler içerisinde ortalama 20 dakika hazırlık süresi olduğu tespit edilmiştir. İlaç dağıtımı için ise her ilaç öğünü yaklaşık 10 dakika gibi bir süre harcanmaktadır. Bu çalışma süreleri hemşireler için iyileştirilebilir ve tespit edilen sorunların parçalarını oluşturmaktadırlar. Sistem, tanımlanan sorunları azaltmak için tasarlanmıştır ve bu süreçte, donanım parçalının seçimi sistemin toplam maliyetini etkileyen önemli bir faktördür. Bu sistem için işlem birim olarak Arduino UNO tercih edilmiştir. Bunun nedeni, düşük maliyetleri, küçük

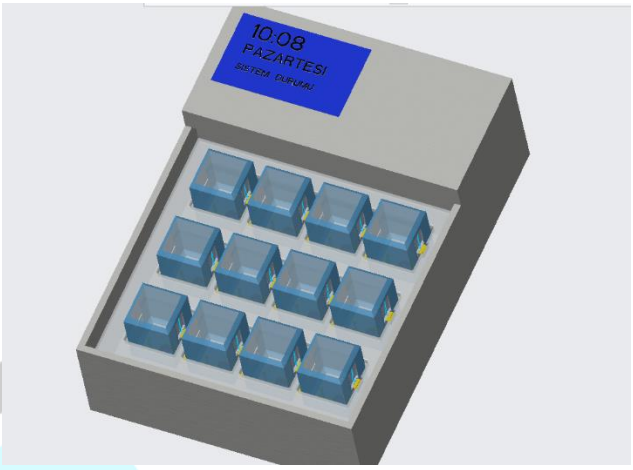
boyutları ve performans gerektiren görevleri yerine getirme yetenekleri ve sistem için gerekli olan tüm modülleri (analog/dijital/dönüştürücü, kablosuz iletişim modülleri) içermektedir.

Sistem tasarımını 4 gün x 3 ilaç saati olacak şekilde PTC Creo programında (parametrik modelleme tekniğini ilk olarak ortaya koyan üç boyutlu bilgisayar destekli tasarım) (Çalışkan, 2022). tasarlanmıştır. (Şekil 3.) Sistemin tasarımında sınırlar maliyetler ve boyutlar belirlenmiştir. Sistem yazılımı LabVIEW ortamında gerçekleştirilmiştir. LABVIEW, Ölçme ve enstrümantasyon odaklı olarak geliştirilen bir yazılım üretme platformudur ve diğer programlama dillerinden farklı olarak görsel bir programlama dilidir (Ay vd., 2017).

Sistemin verimle çalışması için, öncelikle ilgili hemşire ilaç kutusunu alarak hastanın aldığı ilaçları öğünlerin olduğu haznelere öğün özelinde yerleştirmesi gerekmektedir. Bu işlem 4 günde 1 defa gerçekleştirilecektir. Bu işlemin ardından bilgisayar üzerinden hastanın ilacı alması gereken saatlerin kurulumları yapılmalıdır. Programın kullanıcı ara yüzü üzerinden 1, 2 ve 3. öğünlerin saatleri girildikten sonra kurulum hazırlık işlemi tamamlanmış olur. (Şekil 2.)

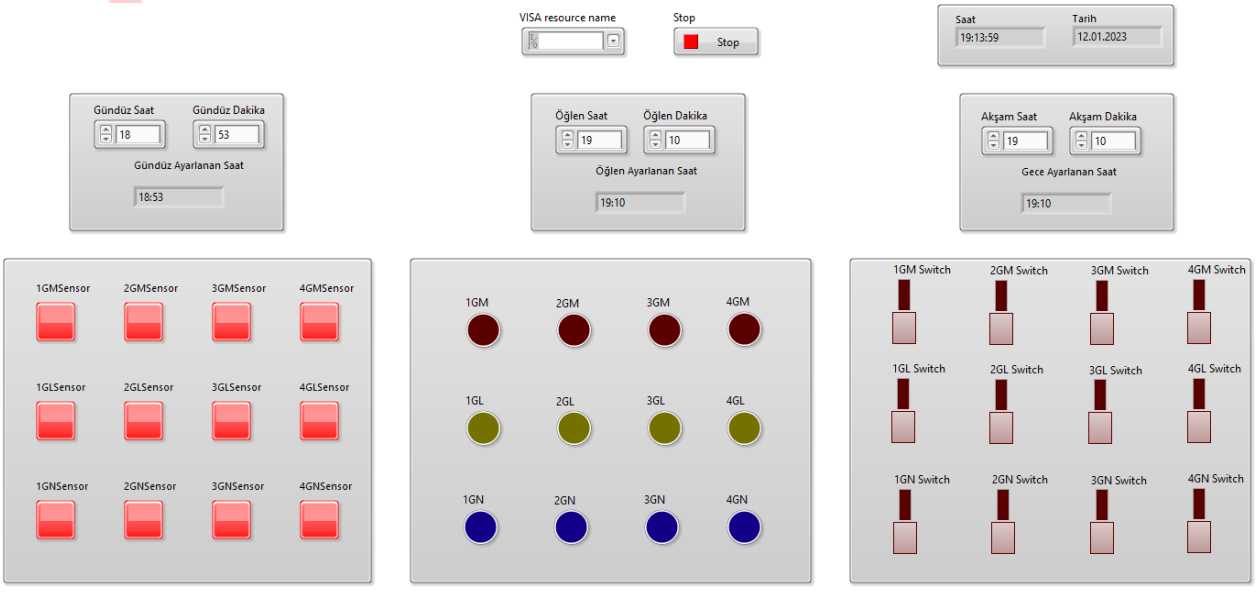


Şekil 2. Sistemin çalışma algoritması



Şekil 3. Tasarlanan ilaç kutusu

İlk olarak hemşire, ilacı ilgili hastanın yatağının kenarına konulması için hazırlanmış yere götürerek yerleştirme işlemini gerçekleştirir. Program ilaç zamanı geldiğinde ses modülü ile "Lütfen İlacınızı Alınız" şeklinde 3 defa 10 saniye aralıklarla hatırlatma yapmaktadır. Devamında ise kutunun hazneden çıkarılıp çıkarılmadığını takip edilmektedir. Eğer hasta 10 dakika içerisinde ilaç haznesini yerinden çıkarmaz veya çıkartıp hemen yerine geri takarsa (Uygun ilaç alım süreleri dışarısında) 10 dakika sonunda sorumlu hemşirenin e-posta kutusuna hastanın ilacını almadığı ile ilgili e-posta gönderimi gerçekleşmektedir. (Şekil 4., Şekil 5.)



Şekil 4. LabVIEW Front Panel



Şekil 5. İlaç Almama Uyarı Bildirim Ekranı

Kontrol panelinden hastanın ilaç alım saatinin geldiği veya gelmediği, haznelerin durumları, ilaç saatleri gibi parametreler görüntülenebilmektedir. (Şekil 3.) Hemşire sürece dahil olarak hastanın almadığı ilacı almasını sağlamakta ve sistemin düzgün çalışabilirliğini denetlemektedir. Kutunun üzerindeki kilit mekanizması ile süreç dışı ilaç alımları engellenmektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Hatırlatmalı ilaç kutusu, yoğun iş yükü altındaki hemşireler için önemli bir gelişme olacaktır. Geçirmiş olduğumuz pandemi sürecinde bu meslek grubunda çalışan insanların ne tür zorluklarla çalışma hayatlarına devam ettiklerini yakından gözlemlemiş olduk. Yapılan çalışmalar incelendiğinde tükenmişlik vb. gibi psikolojik sorunlar yaşayan hemşirelerin bu ve bunun gibi iş yüklerini hafifletecek dönüşümlere ihtiyaçları olduğu belirlenmiştir. Hemşireler ilaç kutusunun kullanıma başlamasının ardından ön görülen çalışma saatlerinin çok daha fazlasından kazanç sağlayabileceklelerdir. Böylece, hastanede veya çalıştıkları kurumda daha az yorulmalarını, daha az yorulan hemşirelerin çalışma saatleri içerisindeki verimlilik artışın, ekstra mesai yapmaları durumlarında bu mesailerin azaltılmasını, bir mesaide çalışan hemşire sayısının göreceli olarak düşürülmesi gibi etkileri olması beklenmektedir.

Bu çalışmaya benzer çalışmalar literatürde de mevcuttur. Örneğin; akıllı ilaç kutusu isimli çalışmada sistem tasarımı ilaçlarını almayı unutan hastalar üzerine gerçekleştirilmiştir. Sistem yazılımı Arduino ID üzerinden gerçekleştirilmiştir (Küçükerbir vd., 2019). Yapılan diğer çalışma aynı amaçta tasarlanarak yaşlıların ilaç almaları üzerine Arduino arayüzünde farklı bir tasarım düşünülerek çalışmaya gidilmiştir (Shinde vd., 2017). Başka bir çalışmada ilaçlarını almayı unutan hastalar üzerine odaklanılmıştır. Diğer çalışmalardan farklı olarak sistem üzerine GSM modülü eklenmiş ilaç vakti geldiğinde hastaya ilacını alması GSM modülü yolu ile SMS gönderilerek hatırlatılması üzerine çalışıldığı görülmüştür (Solanki ve Zope, 2018). Bindu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada alınması zorunlu olan ilaçlar veya günlük alınan vitamin benzeri ilaçların unutulduğu, unutulmanın sebep olduğu etkiler üzerine yapılan çalışma neticesinde akıllı ilaç kutusu çalışması gerçekleştirmişlerdir. Hatırlatmak için sesli uyarı, gösterge paneli sisteme dahil edilmiştir (Sree vd., 2020). Bir diğer çalışmada hasta kişilerin ihtiyaçlarını karşılayacakları akıllı ev otomasyonu üzerinde durulmuştur. Otomasyon bir hastanın düzenli olarak nabız kontrolü, sıcaklık kontrolü, ilaç hatırlatması gibi istemleri yerine getirmektedir. Herhangi bir anormal durum ile karşılaşılırsa hastanın yakınlarına e-posta ile bilgi verilmektedir (Ay vd., 2021). İncelenen çalışmaların evde

kullanım için tasarlandığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında tasarımını gerçekleştirdiğimiz hatırlatmalı ilaç kutusu hastanelerde kullanılabilecektir.

DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada hemşirelerin iş yüklerini azaltmaya ve bu iş yüklerinden kaynaklanan psikolojik ve sosyolojik sorunların çözümlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, hayata geçirildikten sonra optimum ölçüler belirlenerek tekrar düzenleme yapılabilir ve bu sayede küçülen ölçüler ile gün sayısı artırılarak daha az ilaç dolum işlemi gerçekleştirilebilir. İlaç dolum işlemi şuan için hemşirenin kontrolünde gerçekleşse de yapılabilecek otomasyon sistemi ile yatış kaydı yapılan hastanın verileri çekilerek ilaç kutusu istenen ilaçlara göre otomatik olarak hazırlanabilir. Gelecek çalışmalar sistemi tüm birimlerde kullanılabilir şekilde ortak bir veri tabanı üzerinden dağıtıma yönelik ilerleyebilir.

Kaynakça

ALTAY, B., GÖNENER, D., & DEMİRKIRAN, C. (2010, 02 01). Bir Üniversite Hastanesinde Çalışan Hemşirelerin Tükenmişlik Düzeyleri ve Aile Desteğinin Etkisi. *Fırat Tıp Dergisi*, s. 10-16.

AY, A. N., COKACAR, B., & TÜRKMEN, İ. (2021, 08 18). A low-cost smart home automation for elderly who has Alzheimer's or age-related memory loss. *Turkish Journal of Engineering*, s. 238-244.

AY, A. N., YILDIZ, M. Z., & BORU, B. (2017, 03 23). Real-time feature extraction of ECG signals using NI LabVIEW. *SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ*.

ÇALIŞKAN, M. (2022). *Creo ile Bilgisayar Destekli Mühendislik.* Sakarya: Değişim Yayınları.

KARACABAY, K., SAVCI, A., ÇÖMEZ, S., & ÇELİK, N. (2020, 19 10). Cerrahi hemşirelerinin iş yükü algilari ile tıbbi hata eğilimleri arasindaki ilişkinin belirlenmesi. *Mersin Üniv Sağlık Bilim Dergisi*, s. 404-417.

KÜÇÜKERBİR, T., GÜMÜŞ, O., & ÖZER, S. (2019). Smart Pill Box. *Tıp Teknoloji Kongresi* (s. 30-33). Aydın: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi.

ÖZKAN, Ş., & UYDACI, M. (2020, 13 10). Kamu Hastanelerinde İş Yüküne Dayalı Hemşire İşgücü Gereksiniminin Belirlenmesi. *Sağlık ve Hemşirelik Yönetim Dergisi*, s. 339-351.

Shinde, S., KADASTAR, T., PATİL, P., & BARATHE, R. (2017, 11). A Smart Pill Box with Remind and Consumption Using IOT. *International Research Journal of Engineering and Technology* , s. 152-154.

SOLANKİ, N., & ZOPE, P. (2018, 07). Smart Pill Box Health Care System. *International Research Journal of Engineering and Technology*, s. 919-928.

SÖNMEZ, A., ÖZTÜRK, Ş. B., & ABACIGİL, F. (2021, 02 16). Sağlık Hizmeti İlişkili Enfeksiyon Epidemiyolojisi ve Sürveyansı. *Hemşirelik Bilimi Dergisi*, s. 41-45.

V. SREE, B., K.S., I., & G. LATHA, M. S. (2020, 08 13). Smart medicine pill box reminder with voice and display for emergency patients. *Materials Today Proceedings*, s. 4876-4879.

INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Production and Characterization of Doped and Non-Doped Titanium Dioxide Coatings

Cemre SÜZGÜN[1]
Ali Can ÖZARSLAN[2]
Mehmet Burçin PİŞKİN[3]
Emek DERUN[4]

Abstract

In recent years, the surface properties of TiO_2 have been studied intensively. Stimulation of TiO_2 semiconductor metal oxide with ultraviolet (UV) light enables it to gain self-cleaning, wettability conversion properties and photocatalytic activites. The unique behavior of these reversible surfaces has provided significant potential in various high-tech fields. TiO_2 has three different crystal structures. These are anatase, rutile and brookite.The anatase crystal structure of TiO_2 has a high reduction power. Molecular oxygen (O_2), which is a very important reaction in the self-cleaning mechanism, can perform superoxide (O_2•-) electrolytic reduction. By this property, superoxides formed by decomposing water molecules into ions under UV light break down the ionic balance in the cell membrane of microorganisms and cause breaking of the cell. In this respect, UV doped TiO_2 maintains its antibacterial properties and the amount of product as long as it is used. TiO_2 and TTIP (Titanium (IV) isopropoxide) is used as material source for the photocatalytic activation in the production processes to be realized by the sol-gel method, boric acid as boron source is used. Experimental studies are selected from two methods that give the highest anatase score. Then, this method is doped with different ratios of boric acid and characterization procedures are performed. In this study, antibacterial coatings, which are of great importance worldwide, are produced by using TiO_2 with high photocatalytic properties. Different crystal structures of TiO_2 and these crystal structure transformation modifications were investigated. It has been observed that it can show a high photocatalytic effect at high temperatures.

Keywords: TiO_2, Anatase, Crystal Structure, Photocatalytic Impact, Sol-gel

[1] Biyomühendislik Doktora Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik, Orcıd: 0000-0002-6400-7266
[2] Doktor, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik, Orcıd: 0000-0002-4864-0598
[3] Profesör Doktor, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik, Orcıd: 0000-0002-2689-8547
[4] Profesör Doktor, Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik, Orcıd: 0000-0002-8587-2013

INTRODUCTION

Recently, it has been heavily emphasized on titanium dioxide with photocatalytic properties. Semiconductor TiO_2 breaks down organic components by showing photocatalytic activity under UV (ultraviolet) light. TiO_2 can be covered on various materials. Especially in areas where sterilization is important and disinfection is done frequently and regularly, it creates a great improvement and provides a large reduction in bacterial infections (Fujishima, 1972).

Semiconductor materials are often used as photocatalysts. Especially metal oxide and sulfides are used for excess. For example; TiO_2, ZrO_2, Fe_2O_3, Nb_2O_5, CdS, SnO_2 etc. Band space energy plays an important role in the photocatalyst to be more effectiveness. The band space energy of the semiconductor provides electrical conductivity with very little light energy. In other words, the semiconductor particle, which is stimulated or irradiated according to the energy required to stimulate the electron from the valence band to the conductivity band, creates spaces (h^+DB) in the valance band of its cages. This energy is a constant value of semiconductors and has a different value for each semiconductor (Hagfeldt, 1995) (Kansal, 2007).

Titanium dioxide has three different crystal structures: these are anatase, brookite and rutile. Many studies have shown that the anatase phase shows better photoactivity compared to other phases (Fujishima A. R., 2000).

One of the most important oxidants of a photocatalytic system is hydroxyl radicals. Most metal oxides can be defined as semiconductors (Mehos, 1993). Photocatalysts consisting of these have been used as photocatalysts in the destruction of environmental pollutants (Kansal S. K., 2007).

TiO_2 is among them the most active semiconductor to photocatalytic process. It maintains photochemical stability in the wide pH range. Although it does not cause corrosion, its photocatalytic effectiveness depends on the material and the method of preparation (Neppolian, 2002).

Titanium dioxide is typically an n-type semi-conductor due to oxygen deficiencies that have a band gap of 3.2 eV for anatase, 3.0 eV for rutile and ~ 3.2 eV for brookite. Rutile does not have regular crystal structure by showing orthorombic distortion. On the other hand, the anatase has undergone less distortion than the rutile. The crystal structure of both anatase and rutile is tetragonal (Fujishima A. H., 1999).

In the anatase structure, Ti-Ti distances are higher than in the rutile. In addition, Ti-O distances in the anatase are shorter than in the rutile. These separations are also reflected in the mass densities and band structures of the anatase and rutile. Brookites phase does not show photocatalytic properties. Usually, TiO_2 in the anatase structure shows more photoactivity properties than the rutile phase. Although the anatase phase has a higher energy band, it still shows more (Dionysiou, 2002).

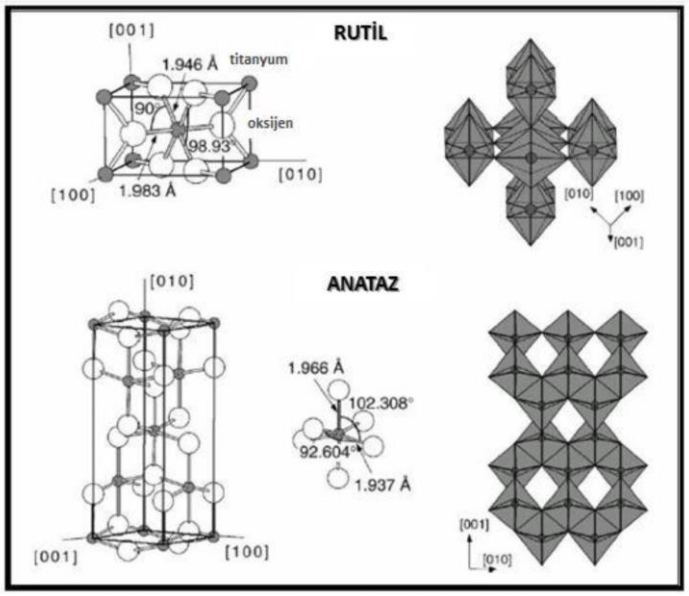


Figure 1. *Crystal Structure of Anatase and Rutile (Stepanov A.L., 2013)*

The anatase structure shows more photo-active properties than rutile due to the distinction in the band energy structure. While the anatase adsorps the light at wavelengths of 388 nm and below, the rutile adsorps light at wavelengths of 413 nm and below. If the semiconductor TiO_2 is stimulated with the same or more energy as the forbidden band gap energy, it will be released into an electron conductivity band in the valance band. A positively charged space occurs on the valance band. These formed gaps react with water and form the OH^- that is, hydroxyl radical. Hydroxyl radicals and gaps are highly reactive and have a strong oxidant effect and can be used to oxidize many materials (Fujishima A. H., 1999).

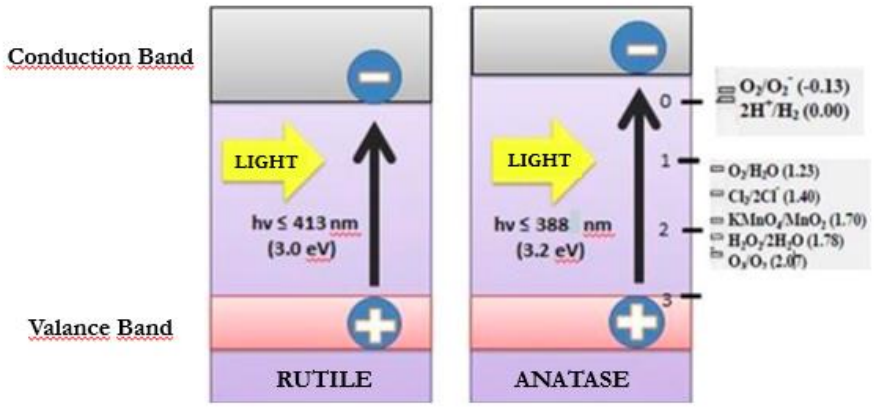


Figure 2. *Energy Diagram of TiO_2 and Its Redox Potentials*

Rutile and anatase valance band energies are shown as in Figure 2. Although it appears that the valence band energies are very low here, both the anatase and the rutile have high oxidation power of hydroxyl radicals and gaps in the valence bands (Fujishima A. H., 1999).

In the environment filled with molecular oxygen, they react with free radicals by creating organic peroxide radicals as there is an unshared electron. These are radicals in the chain reaction. In a very small time, they divide organic compounds into water and carbon dioxide and disassemble them (Fujishima A. H., 1999).

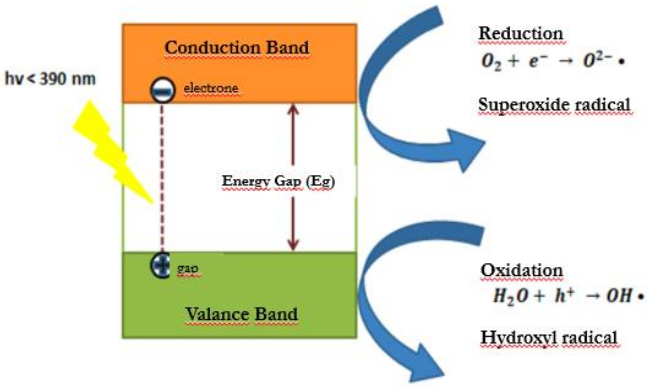


Figure 3. *Schematic Shown of Photocatalytic Mechanism*

The most important feature affecting the crystal structure of TiO_2 is heat treatment. At high temperatures, TiO_2 (600°C) turns into anatase structure. TiO_2 has high reductive power while in anatase crystal structure (Wang, 1997).

TiO_2 also gains a super hydrophilic feature when left in UV light. Thanks to this feature, TiO_2 enables the acquisition of non-fogged and self-cleaning surfaces (Wang, 1997).

Literature Reviews

In 1970, the photocatalytic activity feature of TiO_2. Fujishima et al. photocatalytically decomposed the water molecule into oxygen and hydrogen using platinum and TiO_2 electrodes. Photocatalytic technology, described as "Light cleaning revolution", has started to work hard after this invention, as it may be a solution to environmental pollution problems that have become a serious problem (Fujishima A. H., 1972).

Another feature of TiO_2 is its ability to kill bacteria. The first studies on this subject were carried out with Koli Basili cells. Kikuchi et al., Koli Basili suspensions that TiO_2 films sow on their surfaces, They irradiated the wavelength with a UV lamp (360 nm) and light intensity 1.0 $mWcm^{-2}$ and suggested that Koli-bassed cells died within 1 hour (Kikuchi, 1997) (Pulker, 1984).

Wang et al. suggested that the TiO_2 surface shows both hydrophilic and oleophilic when illuminated by UV light. They noted that the Ti^{+3} positions formed when illuminated by UV light were (site) hydrophilic, while the rest of the surface remained oleophilic. They suggested that the water was completely spread on the surface because the Ti^{+3} positions were very close to each other, resulting in a completely hydrophilic surface. (Wang R. S., 1999) Similar studies have been conducted to both illuminate the hydrophilic mechanism of TiO_2 and to reveal the effects of parameters such as microstructure, surface morphology, and crystal structure on TiO_2 in hydrophilic. Apart from these, it has been suggested that TiO_2/WO_3 thin films, whose effects on hydrophilic properties have been investigated by the addition of SiO_2 and Fe ions to TiO_2, can show hydrophilic in daylight (Miyauchi, 2002) (Katsumata, 2005).

In literature studies, it is seen that the temperature of TiO_2 from the anatase crystal structure to the rutile crystal structure is based on 600°C. However, processes that require high temperature limit the use of TiO_2 in material coatings such as ceramics, as it will increase conversion to the rutile phase. The necessary contribution to increasing the conversion temperature of the anatase phase is to contribute. Bor is a material that can be used industrially for many different purposes and is abundant in nature in quantity, the supply is easy and cheap, It is a mine that should be considered as an additive due to its abundant presence in Turkey and also not used commercially as a TiO_2 additive material. Boron additive to TiO_2 coatings is expected to draw the anatase –rutil conversion temperature to temperatures above 600°C.

In this study, antibacterial coatings, which are of great importance worldwide, will be produced using TiO_2, which has a high photocatalytic feature. It will be contributed with boron mine, which has plenty of reserves in our country. The effect of using different boron ratios on the anatase crystal phase of TiO_2 coatings on protection temperatures will be examined.

MATERIAL AND METHOD

In experimental studies, doped and unadulterated titanium dioxide solutions were prepared. These sol-gel solutions are coated with 3 layers of ceramics. Coated samples were sintered to different temperature values and then characterized. TiO_2-based solutions containing boric acid were prepared in different proportions, with the aim of investigating the effect of boric acid and TEOS (tetraethylortosilicate) on the anatase-rutile phase conversion temperature, and the effect of titanium dioxide on antibacterial property at high temperatures.

The glass is covered on unglazed ceramics. After drying, sintered and characterization analyzes were carried out at different temperatures.

First Stage

Initial materials used when preparing TiO_2-based solutions; solvent is catalyst, water, alkoxide.

- In method A; TiO_2 as raw material, ethanol as solvent, hydrochloric acid (HCl) as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides.
- In method B; TiO_2 as raw material, methanol as solvent, acetyl acetone as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides were used.
- In the C method; TiO_2 and TEOS (tetraethylortosilicate) as raw materials, Propanol–2 as solvent, nitric acid (HNO_3) as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides.
- In method D; Titanium isopropoxide [$Ti(OC_3H_7)_4$] as raw material, ethanol as solvent, nitric acid (HNO_3) and water for hydrolysis of metal alkoxides.
- In the E method; TiO_2 as raw material, propanol–2 as solvent, nitric acid (HNO_3) as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides.

In the first stage, no additives were used. Solutions were prepared at room temperature, in a magnetic mixer and using a fish.

While preparing the solutions, solvent and alkoxides were mixed at first. Afterwards, mixing continued with the addition of water and catalysts

Ceramics were covered and dried before sintering was performed. Drying was carried out at 110^oC for approximately 10 minutes.

Prepared coatings are sintered at 500^oC with a heating speed of 20^oC/min for 70 minutes. The sintering device is the Purotherm brand ash oven.

Second Stage

In the second stage, Method A and Method C, two methods that give the best anatase score from the above methods, were selected. These selected methods are sintered at different temperatures by adding boric acid at different rates.

In method A; TiO_2 as raw material, ethanol as solvent, hydrochloric acid (HCl) as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides.

In the C method; TiO_2 and TEOS (tetraethylortosilicate) as raw materials, propanol–2 as solvent, nitric acid (HNO_3) as catalyst and water for hydrolysis of metal alkoxides. In both methods, boric acid was added.

While preparing the solutions, alcohol and alkoxides were mixed primarily in a separate beaker for 2 hours. The boric acid to be used was mixed with alcohol in another glass beaker

for 2 hours at the same time. Then, with the alcohol-alkoxide mixture, the boric acid-alcohol mixture was combined and mixed for another 2 hours.

Samples were coated by adding three different boric acid in each method. Each coating has been applied to be 3 layers.

Ceramic samples were covered and dried before sintering. The drying process was carried out in Memmert brand incubator for approximately 10 minutes at 110^{o}C. Coatings have been dried on each floor.

The prepared coatings are sintered in the ash oven branded Purotherm Furnaces at 80 min Purotherm Furnaces at 750^{o}C with a heating speed of 20^{o}C/min. The slides are not covered as the resulting high temperature will melt in glass slides.

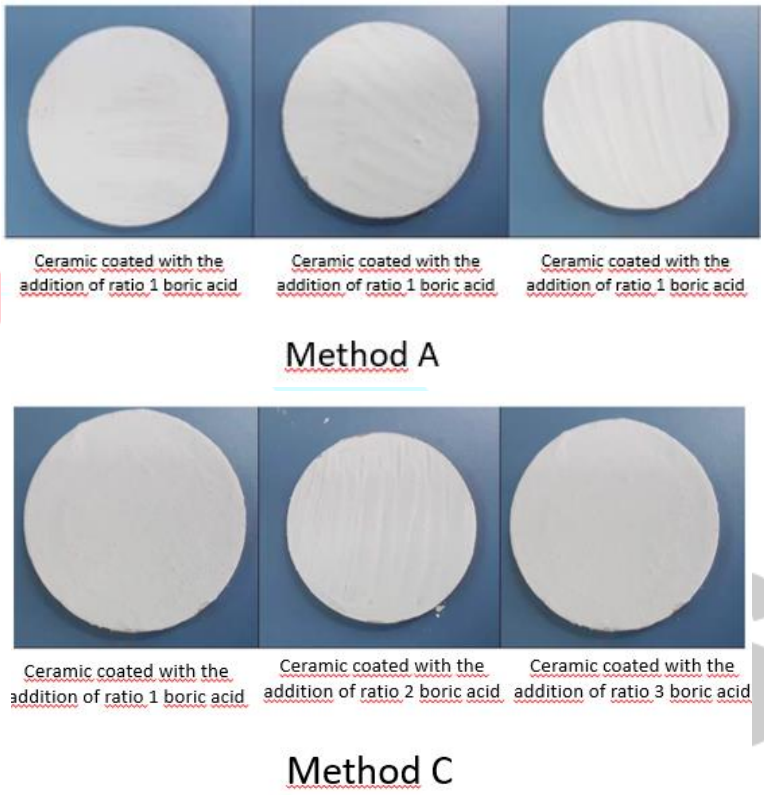


Figure 4. *The ceramic coated versions of the samples produced by boric acid additive*

Method A and Method C.

Functional groups were designated using ATR equipment with the Fourier Transform spectrometer with the IR Prestige-21 model. Phase determinations of samples with X-rays The Panalytical Xpert PRO model was made with the X-rays diffractometer (XRD). The device used to obtain images of samples at 20 kV and various magnifications is the EVO LS 10 model scanning electron microscope of ZEISS.

RESULTS

First Stage

SEM images of the morphology of TiO_2 powders synthesized with five different sol-gel methods are as in Figure 5. The grain shapes of the homogeneously dispersed TiO_2 particles seen in Method A are quite similar to the grain shape seen in the anatase phase. The rutile phase is not observed. The grain shapes seen in the anatase phase are found in Method B, the rutile phase is also seen in the structure. Tannic and shape distribution show heterogeneity. Method

C contains TiO_2 particles with a particle shape in the homogenous dispersed anatase phase. The rutile phase was not encountered. There is a particle shape of the anatase phase in Method D, full conversion has not occurred. It shows heterogeneity. Method E'did not observe the particle shape and size of the anatase phase in the structure. Complete transformation has not occurred. Tanecic shape and density show heterogeneity.

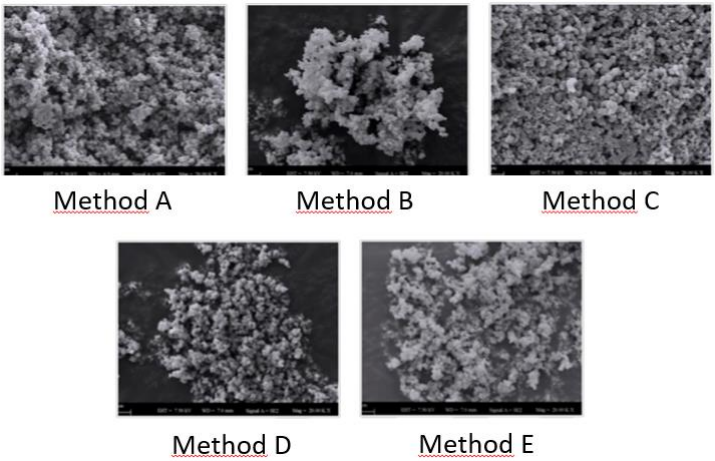


Figure 5*. 7.5 kV x 20.00 K X SEM Images of All Methods*

Considering the SEM images of TiO_2 coatings produced with Method A and Method C, a more successful anatase phase was obtained than other methods. Especially in the SEM image of Method C', the mentioned anatase phase grain size, shape and homogeneity seem clearer.

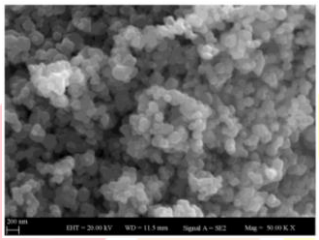


Figure 6. *SEM Image of Method C at 20 kV x 50.00 K X Magnification*

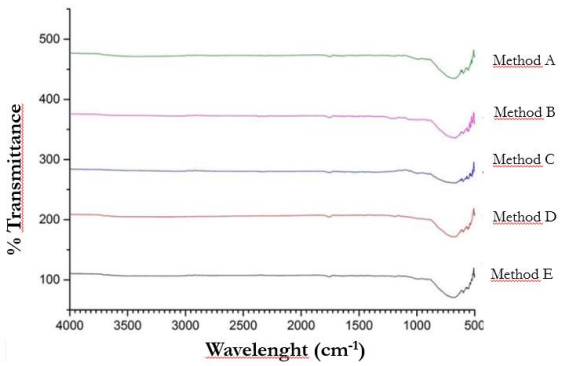


Figure 7. *FTIR Spectrophotometer Results of Samples Produced by All Methods*

The peaks in the range of 550–700 cm^{-1} indicate the O-Ti-O bond of anatase morphology. The peaks formed at 597 cm^{-1} and 500 cm^{-1} were formed by the contribution of

anatase titanium dioxide particles. Below is the FTIR spectrophotometer of Method A and Method C in Figure 8 for a more detailed view.

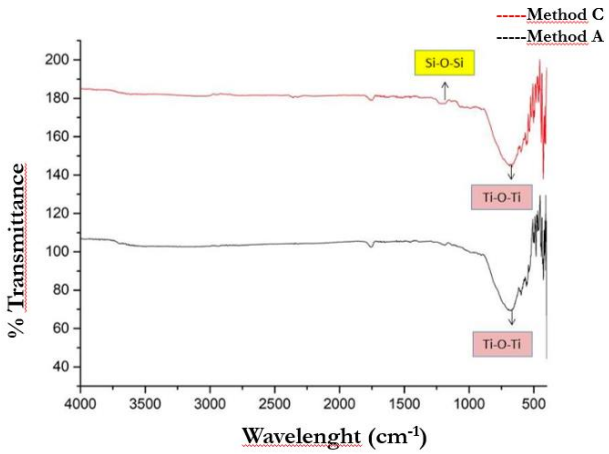


Figure 8. *FTIR Spectrophotometer Results of Samples Produced by Method A and Method C*

The peak observed in 3690 cm^{-1} was the result of intermolecular interaction of hydroxyl groups for water molecules on the surface of TiO_2. Peaks observed at 2900 cm^{-1} and 1650 cm^{-1}, It shows the characteristic of δ-H2O bending and hydroxyl group vibrations. It gives the surface absorption characteristic of peak hydroxyl groups and water in the range of 1350–1250 cm^{-1}. The peak observed in method C at 1050 cm^{-1} indicates the asymmetric stress vibration of Si-O-Si and provides silica vaccination of TiO_2 particles. The adsorption piki (950 cm^{-1} assigned to Ti-O-Si vibration formats in the C method also indicates that SiO_2 is chemically bound with TiO_2 particles.

As mentioned above, peaks in the range of 550–700 cm^{-1} show the O- Ti-O bond of anatase morphology. While peaks consisting of 600–400 cm^{-1} were formed only in the A method with the contribution of anatase titanium dioxide particles, The Si-O bond, which is seen in method C, however, in 450 cm^{-1}, was formed by bending vibration.

Method A

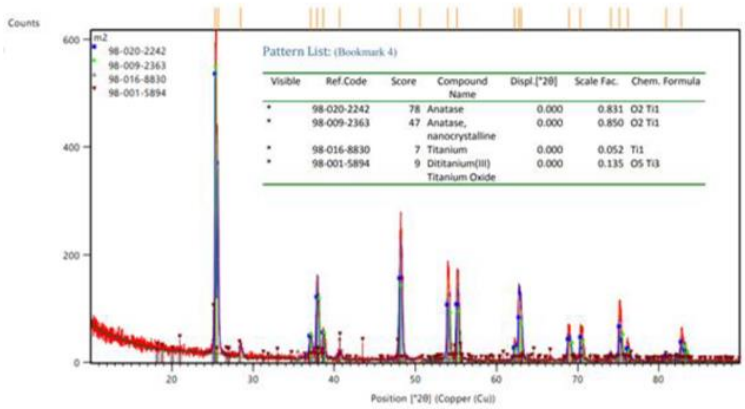


Figure 9. *The Result of XRD Analysis of the Sample Produced by Method A, Sintered at 500ºC*

The Anatase XRD score for the sample produced without additives in Method A is 78.

Method B

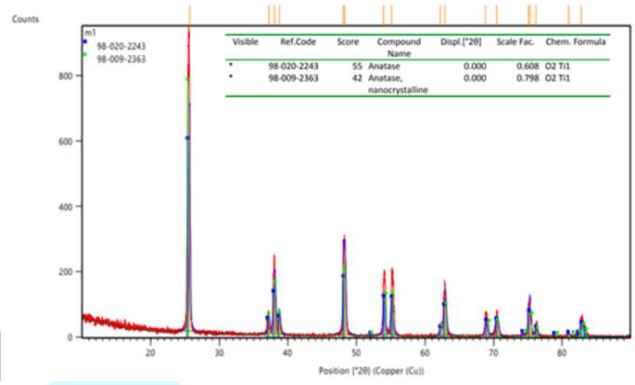


Figure 10. *The Result of XRD Analysis of the Sample Produced by Method B, Sintered at 500ºC*

The Anatase XRD score for the sample produced without additives in Method B is 55.

Method C

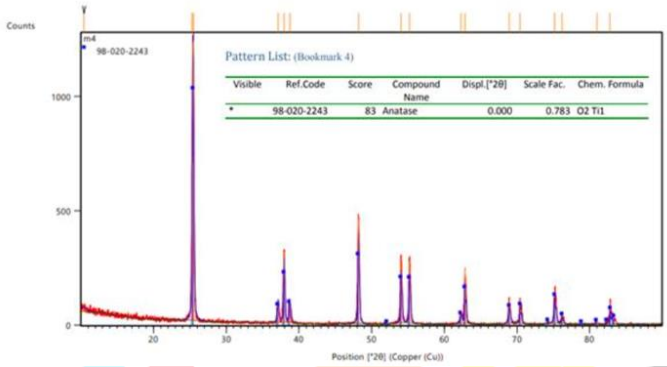


Figure 11. *The Result of XRD Analysis of the Sample Produced by Method C, Sintered at 500ºC*

The XRD score for the sample produced without additives in Method C is 83.

Method D

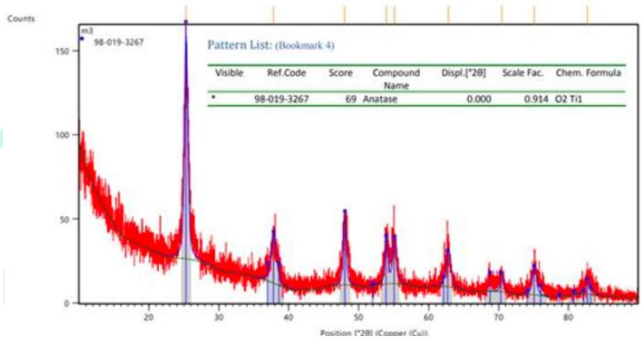


Figure 12. *The Result of XRD Analysis of the Sample Produced by Method D, Sintered at 500ºC*

The XRD score for the sample produced without additives in Method D is 69.

Method E

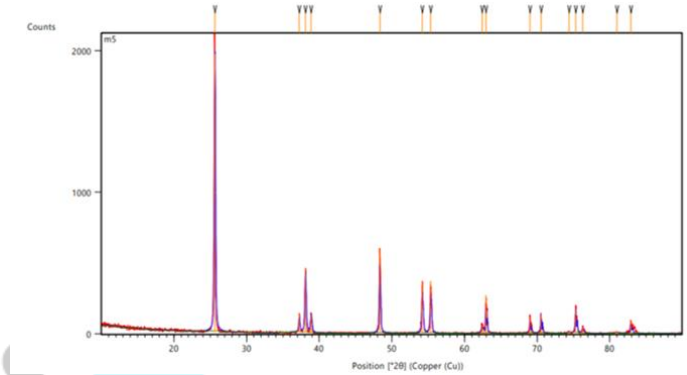


Figure 13. *The Result of XRD Analysis of the Sample Produced by Method E, Sintered at 500°C*

When the XRD graph of the sample produced without additives in Method E was examined, it was observed that the material had an amorphous structure.

Second Stage

Method A – Ratio 1

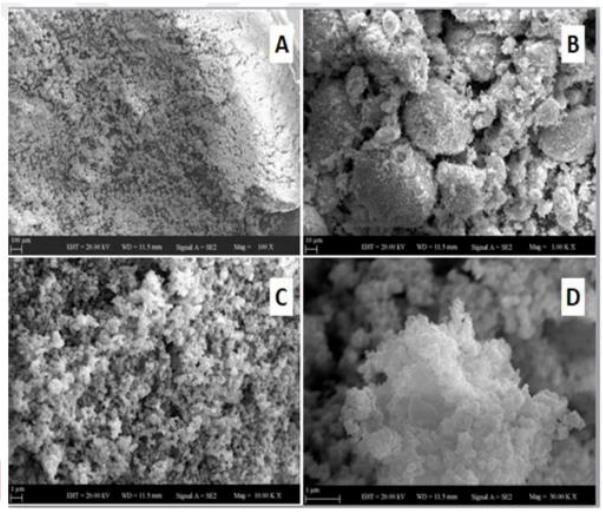


Figure 14. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method A with 1st Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

As can be seen from the images, the 1st Ratio boric acid doping of Method A increased the anatase phase compared to its undoped state, but there was no conversion to rutile phase at 700°C. Particle shape and distribution are homogeneous as in the anatase phase.

Method A – Ratio 2

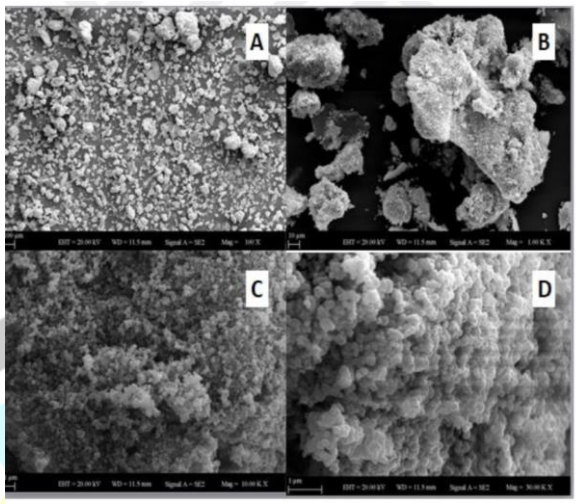


Figure 15. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method A with 2nd Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

As can be seen from the images, the 2nd ratio boric acid doping of Method A is also the same as in the first ratio. Homogeneously dispersed particles with anatase phase particle shape stand out.

Method A – Ratio 3

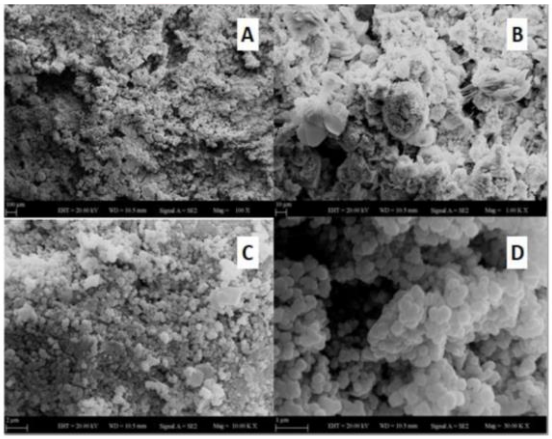


Figure 16. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method A with 3nd Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

In the 3rd Ratio boric acid doping of Method A, the result is homogenized dispersed anatase phase particles in the form of particles. The boric acid effect is observed more clearly when viewed from a distance.

Method C- Ratio 1

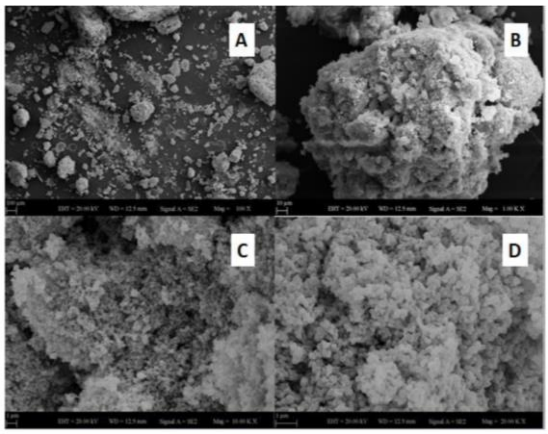


Figure 17. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method C with 1st Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

It was observed that boric acid doping in the 1st ratio of Method C had more particle shape and homogeneity in the anatase phase. It is seen that there is no conversion to rutile.

Method C- Ratio 2

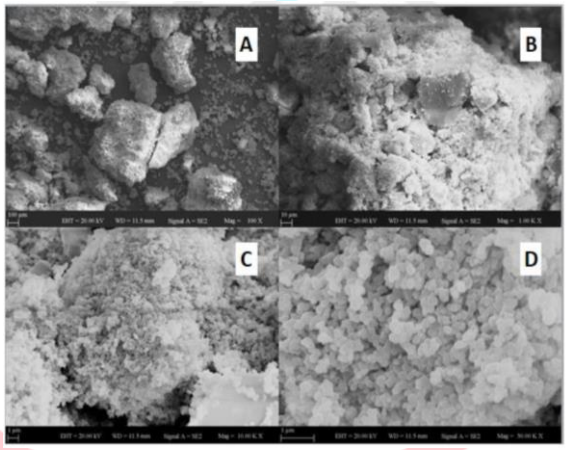


Figure 18. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method C with 2nd Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

It is understood by the particle density and homogeneity that boric acid additive in the second Ratio of Method C preserves the particles in more anatase phases. Anatase phase granular shape is also seen here.

Method C- Ratio 3

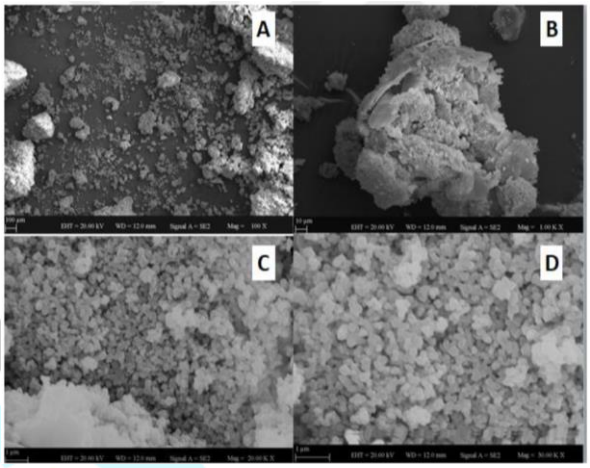


Figure 19. *SEM Image of the Sample Obtained as a Result of Doping Method C with 3rd Ratio Boric Acid at Various Magnifications. (A) 20 kV x 100X Magnification, (B) 20 kV x 1.00 KX Magnification, (C) 20 kV x 10.00 KX Magnification, (D) 20 kV x 30.00 KX Magnification SEM Images*

In the 3rd Ratio boric acid doping of Method C, which shows the best particle dispersion and shape at 700°C, homogeneity and particle size show a more pronounced anatase phase feature than other methods.

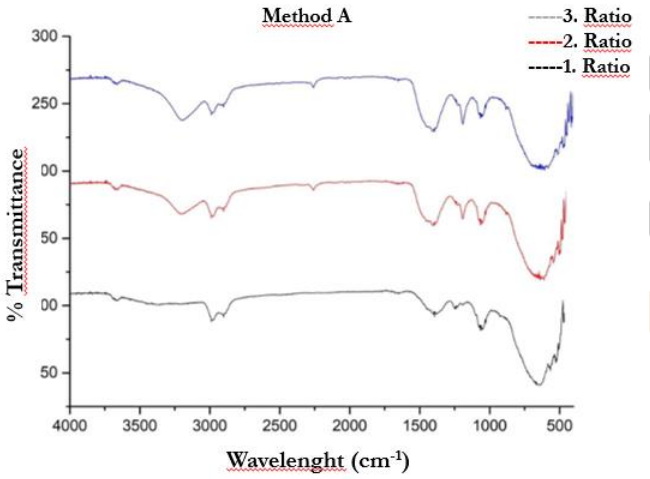


Figure 20. *FTIR Spectrophotometer Results of Samples Containing Boric Acid in All Ratios Produced by Method A*

It is formed by the intermolecular interactions of water molecules and hydroxyl groups on the surface of TiO_2 at 3670 cm^{-1}. The adsorption of large peak OH groups observed in 3250 cm^{-1} is peaks. Peaks 2945 cm^{-1} and 2891 cm^{-1} are defined as symmetrical and asymmetrical CH_2 voltage vibrations from alcohol used. The 2260 cm^{-1} peak gives the asymmetrical voltage of CO_2 molecules adsorbed on the surface of the catalyst. Although the peak in 1200 cm^{-1} looks like a B-O bond, the A method without boron additive is simply in the form of a very tiny peak. So it does not belong to the B-O bond.

The reason for increasing the rate of boric acid increases is the increasing adsorbing force. Method A, the other peak plain in 1400 cm^{-1}, was also found, and an increase was

observed in the rate of boron in B-added TiO_2. The peak in question represents the Ti-O-B bond, indicating that B atoms are substituted with the B atom by entering the cage of the TiO_2 and O atoms. The peak observed in 1050 cm^{-1} was formed as a result of the C-O tensile vibration of the alcohol used. Peaks in the range of 550-700 cm^{-1} show the O-Ti-O bond of anatase morphology. Peaks consisting of 597 cm^{-1} and 500 cm^{-1} were formed with the contribution of anatase titanium dioxide particles.

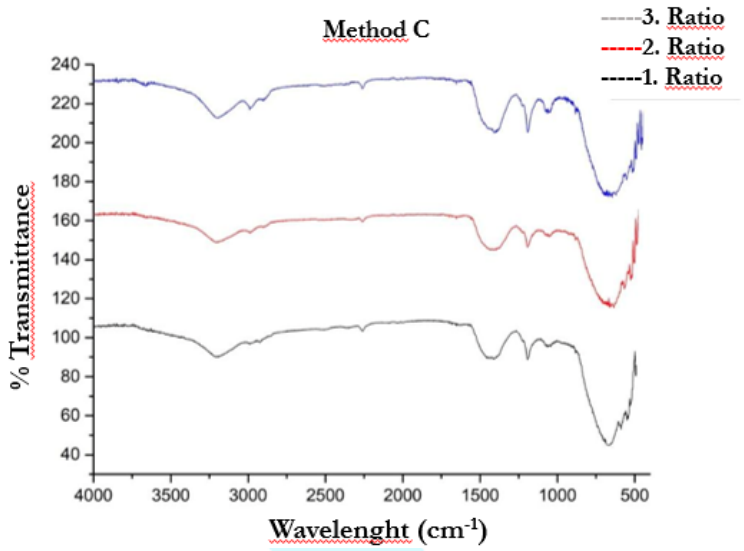


Figure 21. *FTIR Spectrophotometer Results of Samples Containing Boric Acid in All Ratios Produced by Method C*

It is formed as a result of intermolecular interactions of hydroxyl groups for water molecules on the surface of TiO_2 at 3600-3750 cm^{-1}. The peak at 3400 cm^{-1} belongs to the Si-OH bond. It is also included in this peak literature as the adsorption piki of OH groups. In this case, it is supported in a similar way to the literature. 2983 cm^{-1} and 2900 cm^{-1} peaks are defined as symmetrical and asymmetrical CH_2 voltage vibrations from alcohol used. The 2260 cm^{-1} piki gives the asymmetrical voltage of the CO_2 molecules adsorbed on the surface of the catalyst. The other peak plain Method in TiO_2 1400 cm^{-1} was not found in C', and an increase was observed in the B-doped TiO_2 with an increase in boron ratio. The peak in question represents the Ti-O-B bond, indicating that B atoms are substituted with the B atom by entering the cage of the TiO_2 and O atoms. The peak observed in 1100 cm^{-1} indicates the asymmetrical stress vibration of Si-O-Si. The tiny peaks observed at 800 cm^{-1} consisted of Si-O bending vibration. Peaks in the range of 550-700 cm^{-1} show the O-Ti-O bond of anatase morphology. Peaks consisting of 597 cm^{-1} and 500 cm^{-1} were formed with the contribution of anatase titanium dioxide particles.

Method A – Ratio 1

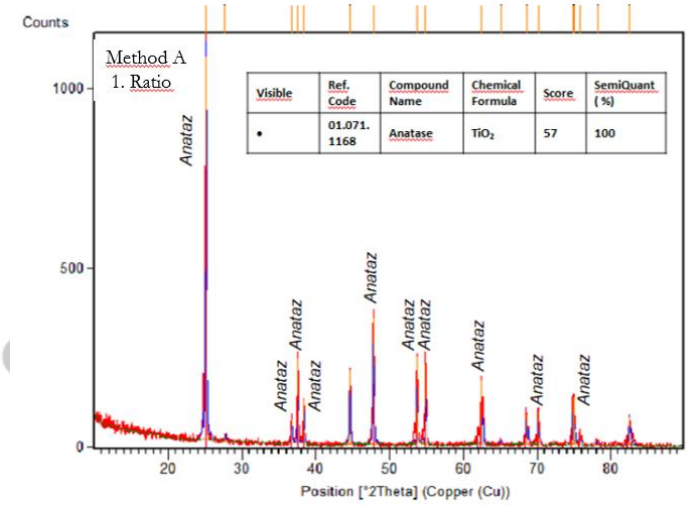


Figure 22. *Method A, XRD Analysis of the Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 1st Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method A- Ratio 1 is 69.

Method A – Ratio 2

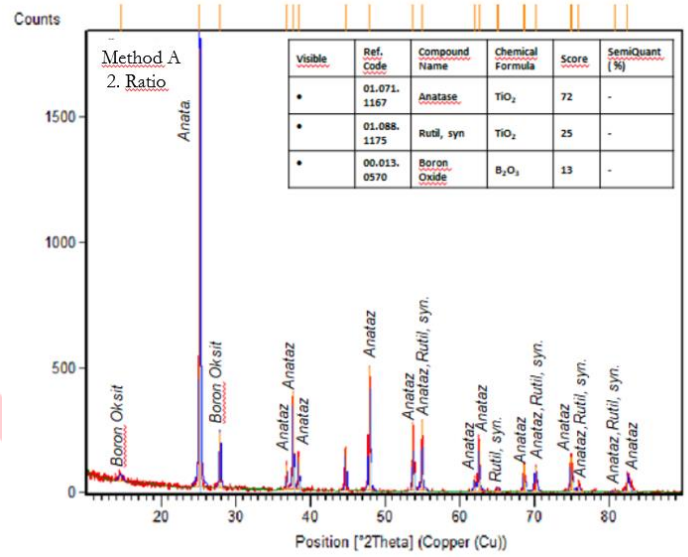


Figure 23. *Method A, XRD Analysis of The Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 2nd Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method A- Ratio 2 is 72.

Method A – Ratio 3

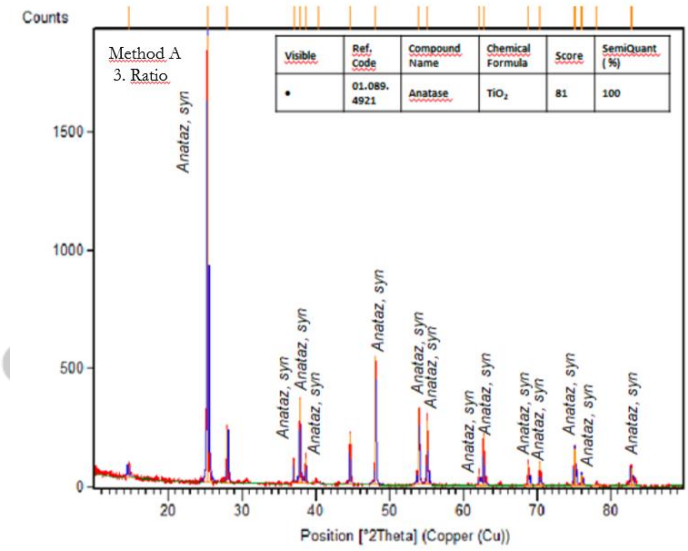


Figure 24. *Method A, XRD Analysis of the Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 3rd Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method A- Ratio 3 is 72. Although the boron additive sample was sintered at 750°C with the sol-gel method, it is clear that TiO_2 is in the anatase structure.

Method C – Ratio 1

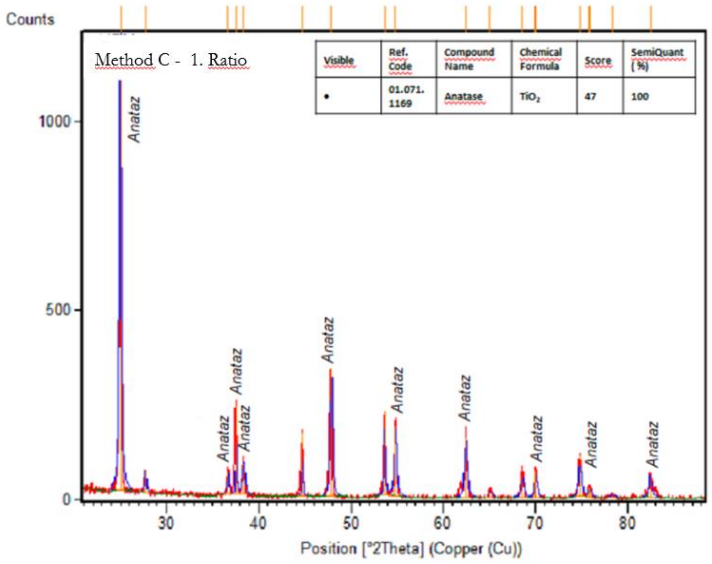


Figure 25. *Method C, XRD Analysis of the Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 1st Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method C- Ratio 1 is 47.

Method C – Ratio 2

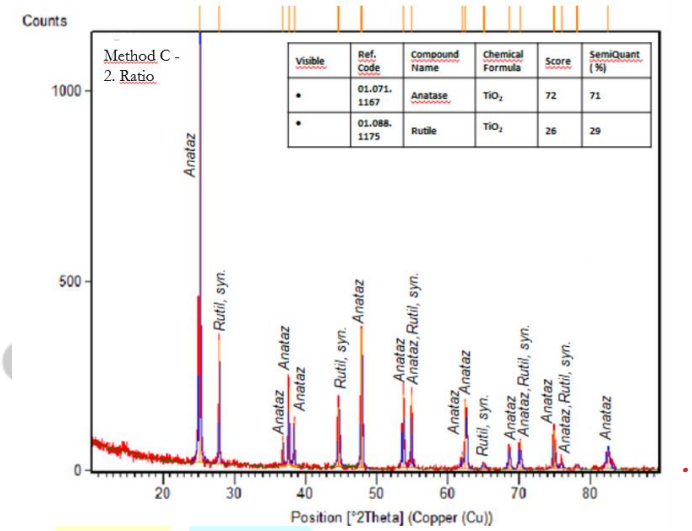


Figure 26. *Method C, XRD Analysis of the Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 2nd Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method C- Ratio 2 is 72.

Method C – Ratio 3

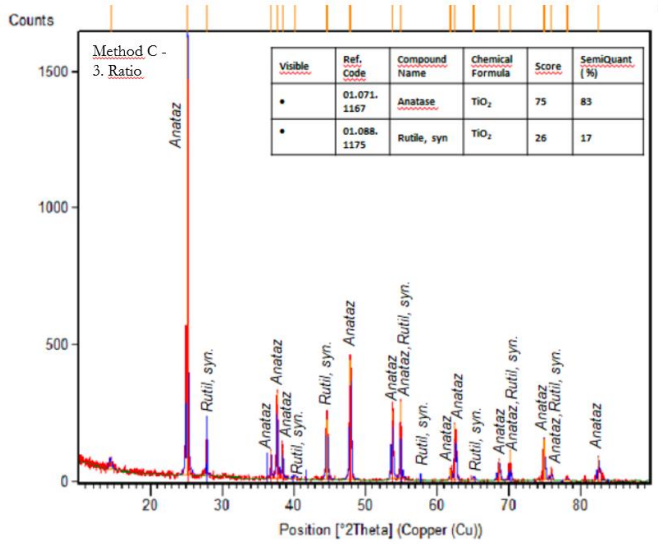


Figure 27. *Method C, XRD Analysis of the Sample Sintered at 750°C as a Result of the Addition of 3rd Rate Boric Acid*

The XRD score for the sample produced without additives in Method C- Ratio 3 is 75.

It is clearly seen in 3 different samples where the amount of boron is at different rates, as the rate of boron increased, the anatase score rate increased despite the sintering at 750°C.

CONCLUSION

TiO_2 additive process is one of the important issues worked today using very different components.

In this study; TiO_2 coatings are contributed with boric acid. In this way, the conversion of the anatase phase to the rutile phase at high temperatures is prevented; It brought with it the ability to be used as a coating in materials such as ceramics that require glaze.

In this study; Aseptic drug filling rooms have been set out for the purpose of developing ceramic coating materials for use in areas where sterility is important, such as intensive care units.

In the first stage, five different methods were tried. When their SEM, XRD, FTIR results are examined; Method A and Method C, which show the best homogeneity in SEM images and have anatase particle shape and size.

In FTIR spectrophotometers, peaks in the range of 550–700 cm^{-1} indicate the O-Ti-O bond of anatase morphology. Peaks consisting of 597 cm^{-1} and 500 cm^{-1} were formed with the contribution of anatase titanium dioxide particles. With the same peaks in both Method A and Method C, it also has different peaks due to TEOS in Method C content. The peak observed in 1050 cm^{-1} shows Si-O-Si asymmetrical stress vibration and provides silica vaccination of TiO_2 particles. The adsorption peak 950 cm^{-1} assigned to Ti-O-Si vibration formats in the C method also indicates that SiO_2 is chemically bound with TiO_2 particles.

When XRD charts are examined, the two highest XRD anatase scores found in the first stage are the two methods; Powder diffraction file (pdf) number when examining the XRD chart of the sample produced without additives in Method A; Anatase (TiO_2), 98-020-2242, Anatase nanocrystalline <TAG1Ti>, 98-009-2363, Titanium, which is 98-016-8830, Dititanium (III) titanium oxide, which is 98-001-5894, was synthesized. The Anatase XRD score for the sample is 78.

Powder diffraction file (pdf) number when the method examines the XRD chart of the sample produced without additives in C; Anatase (TiO_2) with 98-020-2243 was found to be synthesized. The sample's XRD score is 83.

Given these three analyzes, it has been determined that the two best methods to continue are method A and Method C. These selected analyzes are mixed with boric acid at different rates and sintered at high temperatures. When analyzed later, it was observed that boric acid prevented the anatase phase from turning into a rutile phase at high temperatures.

With the increase in boric acid additive rate, an increase in anatase XRD score occurred. In contrast, in the C method containing TEOS, a high anatase score of 500^oC was formed, while a high anatase score was obtained at 750^oC, although it could not achieve the same success rate. Method A showed a higher anatase score.

The boric acid additive manages to maintain the anatase phase at high temperatures and the increased boric acid ratio positively affects the anatase phase; primarily the particles observed in SEM images have the particle shape of the anatase phase and the particle size, It was concluded that the observed particles were homogeneously dispersed and in the FTIR spectrophotometer the materials contained boron and increased boron ratio and peak severity.

In XRD graphics, the effect of the increased boron ratio on the anatase score is given in the table below:

Table 1. *XRD anatase score and pdf number numbers of Method A and Method C*

Method Name	**Ref Code Pdf number**	**Ratio 1 Score of Anatase**	**Ref Code Pdf number**	**Ratio 2 Score of Anatase**	**Ref Code Pdf number**	**Ratio 3 Score of Anatase**
Method A	01-071-1168	**57**	01-071-1167	**72**	01-089-4912	**81**
Method C	01-071-1169	**47**	01.071-1167	**72**	01-071-1167	**75**

The contribution of boric acid to TiO_2 solutions has been proven to prevent the anatase phase from turning into a rutile phase at high temperatures. It was even proved in this study that the addition of boric acid increased with the increase in the usage rate of XRD anatase score.

In the following studies, it is recommended to perform glazing studies and perform antibacterial analysis by determining the XRD anatase score at higher temperatures in the light of this information.

References

Dionysiou, D. D. (2002). Effect of Oxygen in a Thin-Film Rotating Disk Photocatalytic Reactor. Environmental science & technology, 3834-3843.

Fujishima, A. H. (1972). Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. Nature, 37.

Fujishima, A. H. (1999). TiO2 Photocatalysis, Fundamentals and Applications. BKC, Inc Publishers, 50-62.

Fujishima, A. R. (2000). Titanium dioxide Photocatalysis. Journal of photochemistry and photobiology C: Photochemistry reviews, 1-21.

Hagfeldt, A. G. (1995). Light-İnduced Redox Reactions in Nanocrystalline Systems. Chemical Reviews, 49-68.

Kansal, S. K. (2007). Studies on Photodegradation of Two Commercial Dyes in Aqueous Phase Using Different Photocatalysts. Journal of hazardous materials, 581-590.

Kansal, S. K. (2007). Studies on Photodegradation of Two Commercial Dyes in Aqueous Phase Using Different Photocatalysts. Journal of hazardous materials, 581-590.

Katsumata, K. I. (2005). Effect of Microstructure On Photoinduced Hydrophilicity of Transparent Anatase Thin Films. Surface science, 123-130.

Kikuchi, Y. S. (1997). Photocatalytic Bactericidal Effect of TiO2 Thin Films: Dynamic View of the Active Oxygen Species Responsible for the Effec. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 51-56.

Mehos, M. T. (1993). Field Testing Solar Photocatalytic Detoxification on TCE-Contaminated Groundwater. Environmental Progress, 194-199.

Miyauchi, M. N. (2002). Photoinduced Hydrophilic Conversion of TiO2/WO3 Layered Thin Films. Chemistry of Materials, 4714-4720.

Neppolian, H. C. (2002). Solar/UV-İnduced Photocatalytic Degradation of Three Commercial Textile Dyes. J. Hazard. Mater, 303-317.

Pulker, H. K. (1984). Thin Film Science and Technology. Coatings on Glass, 100-120.

Stepanov A.L., X. X. (2013). Implantation of titanium dioxide with transition metalions. Nova Science Publishers, Inc, 59-83.

Wang, R. H. (1997). Light-Induced Amphiphilic Surfaces. Nature,, 431.

Wang, R. S. (1999). Studies of Surface Wettability Conversion on TiO2 Single-Crystal Surfaces",. The Journal of Physical Chemistry B,, 2188-219.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES

ISBN: 978-625-6488-05-2

Review Of Artificial Intelligence Based Integration Techniques Of Battery Management System For Electric Vehicles

ABDULKADİR MÜHENDİS[1]
RAMAZAN AKKAYA[2]

Abstract

Battery management systems (BMS) play a critical role in ensuring the safety and efficiency of electric vehicle (EV) batteries. Recent advancements in artificial intelligence (AI) technology have led to the development of new AI-based algorithms for BMS. This paper presents a review of the literature on AI-based algorithms integration techniques for BMS in EVs.

This paper aimed to overview of the traditional BMS architecture and its limitations and discusses the key components of AI-based BMS algorithms, including data acquisition, feature extraction, machine learning models, and control strategies. The work presents a comprehensive review of AI-based algorithms for BMS in EVs, covering various approaches such as neural networks, genetic algorithms, and discusses the challenges for the future directions in this field.

On the other hand, it highlights the benefits of using AI-based BMS algorithms, including improved accuracy in state of charge (SOC) and state of health (SOH) estimation, enhanced battery life, and increased the functional safety. The review includes a comparison of the performance of AI-based algorithms with traditional BMS approaches. Furthermore, BMS algorithms are often limited by computational power and memory constraints. Real-time monitoring and control require high computational power and efficient algorithms, which can be challenging to implement in the limited processing power of EV controllers.

This review indicate that AI-based BMS algorithms integration techniques offer significant advantages over traditional BMS approaches in terms of accuracy, adaptability, and safety. However, it is crucial to address these limitations to enhance the reliability, performance, and safety of BMS in EVs. Addressing these limitations can help extend battery life, improve driving range, and optimize energy efficiency, making EVs more accessible and practical for everyday use. This research paper analyzes the impact of AI-based algorithms on battery performance, safety, and overall EV operation, and identifies potential research directions for future advancements in the field.

Keywords

Artificial Intelligence, Battery Management System, Electric vehicles, Machine Learning, Neural Network, Functional Safety

[1] Ph.D. Candidate, Konya Technical University, Electrical and Electronic Engineering, Orcid: 0000-0001-8531-257X
[2] Prof. Dr., Konya Technical University, Electrical and Electronic Engineering, Orcid: 0000-0002-6314-1500

1. Introduction

In recent years, the rapid advancements in electric vehicle (EV) technology have brought significant attention to the field of battery management systems (BMS). The efficient and optimal utilization of battery resources is crucial for maximizing the performance and lifespan of electric vehicle batteries. Artificial Intelligence (AI) based algorithms have emerged as promising tools for enhancing the capabilities of BMS, enabling intelligent decision-making and control strategies.

This review aims to provide a comprehensive analysis of the various AI-based algorithms employed in battery management systems for electric vehicles. By examining the existing literature and research in this domain, we will explore the advancements, challenges, and potential benefits associated with the integration of AI in BMS.

The utilization of AI algorithms in BMS offers numerous advantages. Firstly, AI algorithms can effectively process vast amounts of data collected from the battery system, such as current, voltage, and temperature measurements. By analyzing this data, AI algorithms can provide accurate real-time information about the state of the battery, enabling precise estimation of battery parameters, such as state of charge (SoC) and state of health (SoH).

Moreover, AI-based algorithms can adapt and learn from the battery's dynamic behavior, considering the effects of aging, temperature variations, and load profiles. This adaptive capability allows for the development of intelligent control strategies that can optimize the charging and discharging processes, ensuring efficient energy utilization and extending the battery's lifespan.

Several AI techniques have been applied in the field of BMS, including machine learning, deep learning, reinforcement learning, and evolutionary algorithms (Dai et al., 2021). Machine learning algorithms can learn patterns and correlations from historical battery data, enabling accurate prediction of battery behavior and health estimation. Deep learning techniques, such as neural networks, can handle complex and nonlinear relationships within the battery system, offering improved accuracy in modeling and control.

Reinforcement learning algorithms enable BMS to make intelligent decisions in real-time, considering the dynamic interactions with the vehicle and the environment. Evolutionary algorithms, inspired by natural evolution processes, can optimize the BMS parameters and configurations to achieve better performance and energy efficiency (Hu et al., 2019).

While AI-based algorithms have shown significant promise in enhancing BMS for electric vehicles, several challenges need to be addressed. These include the robustness and reliability of AI algorithms in diverse operating conditions, the need for large-scale data collection and analysis, computational requirements, and the interpretability of AI models to gain insights into decision-making processes.

In conclusion, this review aims to present a comprehensive overview of the various AI-based algorithms employed in battery management systems for electric vehicles (How et al., 2019). By analyzing the existing research, we aim to highlight the benefits, challenges, and future directions for integrating AI in BMS (Lu et al., 2013). This knowledge will provide valuable insights to researchers, engineers, and policymakers in advancing the development and deployment of efficient and intelligent battery management systems, ultimately contributing to the widespread adoption of electric vehicles.

2. Overview of AI Techniques for BMS in Electric Vehicles (EVs)

As electric vehicles (EVs) continue to gain popularity and become more prevalent on the roads, the need for efficient and reliable battery management systems (BMS) becomes paramount. The BMS plays a crucial role in monitoring, controlling, and optimizing the performance of the battery pack in an EV (Choi et al., 2019). In recent years, the integration of artificial intelligence (AI) techniques in BMS has shown great potential in enhancing the overall functionality, safety, and lifespan of EV batteries. The following block diagram shows the functional structure of BMS in EV.

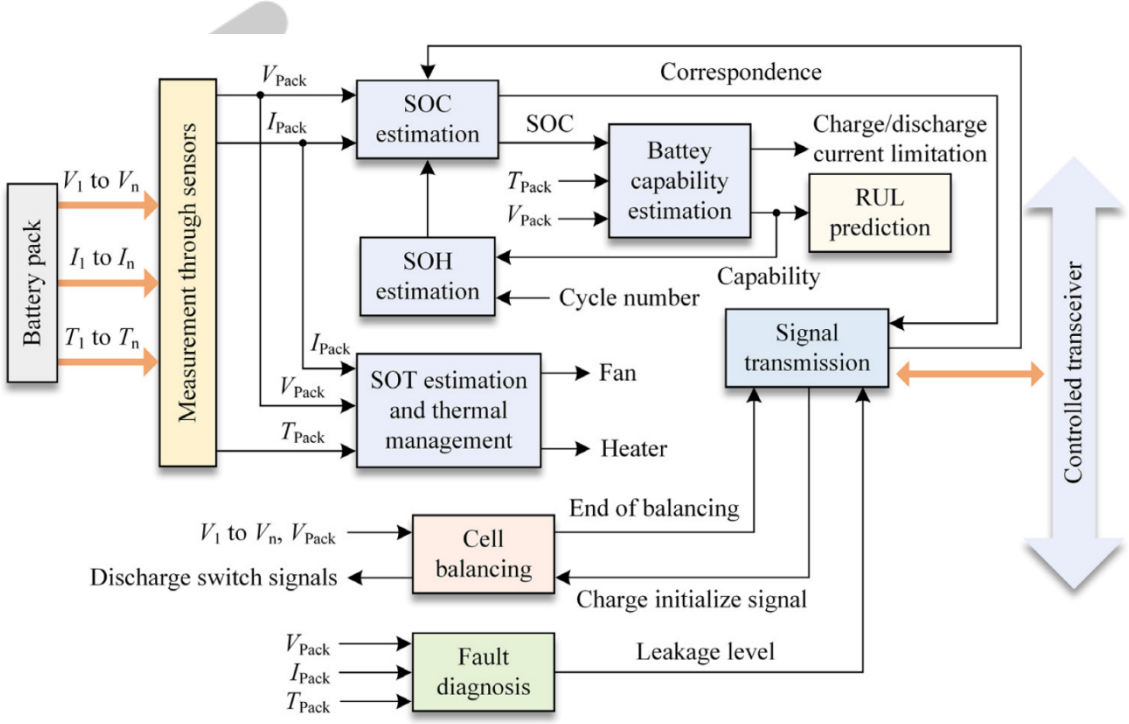


Fig. 1 Functional bock diagram of BMS in EV (Liu et al., 2022a)

2.1. Battery State Estimation

AI techniques, such as machine learning algorithms and neural networks, are employed for accurate battery state estimation. These techniques analyze the battery's voltage, current, temperature, and other relevant parameters to predict crucial information like state of charge (SoC), state of health (SoH), and state of power capability (SoP). By accurately estimating these states, the BMS can optimize the battery's operation, prevent overcharging or over-discharging, and extend its lifespan. The following table presnets the basic battery estimation methods details.

Tabel-1 Battery estimation methods review (Liu et al., 2022b)

Methods	Advantages	Disadvantages	Accuracy	Robustness
Characterstics parameters based state estimations	Easy to implement and has low computing cost	Could be affected by the operations factors and requires precision measuring	Poor	Good
Ampere-hour integral estimation method	Good real time performance	The initial value of the SoC accuracy	Ordinary	Poor

Model based estimation method	High accuracy and strong adaptability	According to the accuracy of the model	Excellent	Excellent
Data driven estimation method	High accuracy and good with nonlinear problems	High complexity	Excellent	Poor

2.2. Battery Modeling and Optimization Process

AI techniques enable the development of sophisticated battery models that capture the complex electrochemical processes occurring within the battery cells. These models can be used to optimize the charging and discharging strategies based on various factors such as driving conditions, weather conditions, and user preferences (Lelie et al., 2018). AI algorithms can also adapt the optimization strategy in real-time, considering factors like traffic patterns, terrain, and energy efficiency goals to maximize the battery's performance and range. The following block diagram shows the basic optimization process of the battery management system in electric vehicles.

2.3. Fault Diagnosis and Prognosis

AI techniques, including pattern recognition and anomaly detection algorithms, enable early fault diagnosis and prognosis in EV batteries. By continuously monitoring and analyzing the battery's behavior, these techniques can detect abnormal patterns or signs of degradation, identifying potential faults before they escalate (He et al., 2011). This proactive approach allows for timely maintenance or replacement, reducing the risk of unexpected failures and enhancing the overall safety and reliability of the EV. The following block diagram shows the general fault diagnosis framework for BMS.

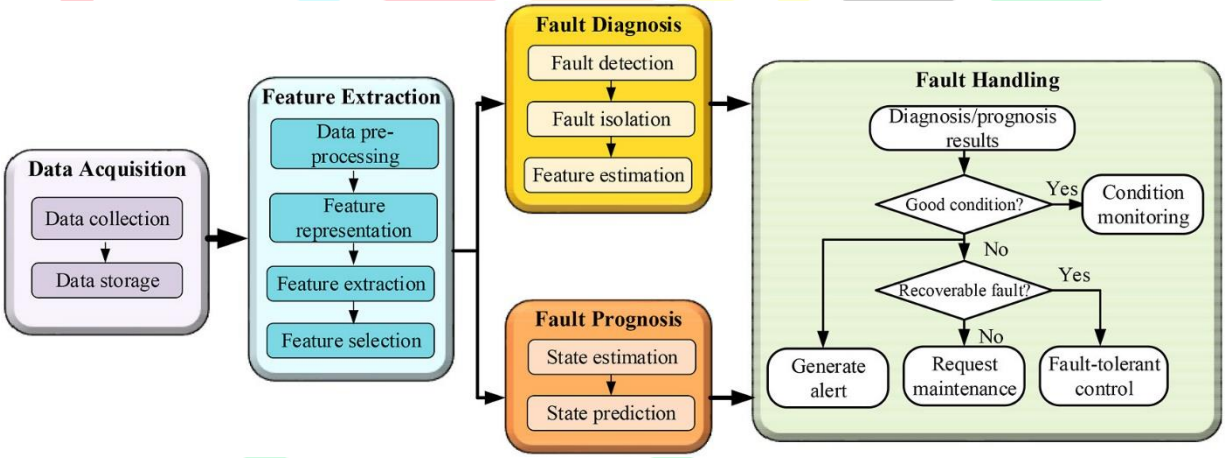


Fig. 2 General fault diagnosis framework for BMS

2.4. Adaptive and Predictive Control

AI-based control algorithms enable adaptive and predictive control strategies in BMS. By learning from historical data and real-time inputs, these algorithms can adjust the charging and discharging parameters to optimize the battery's performance and energy efficiency (Y. Yang et al., 2022). Predictive control algorithms also consider external factors, such as traffic conditions or upcoming elevation changes, to anticipate power demands and optimize the

battery's usage accordingly, ensuring optimal performance and range. The following figure shows the battery state estimation adaptive framework control concepts.

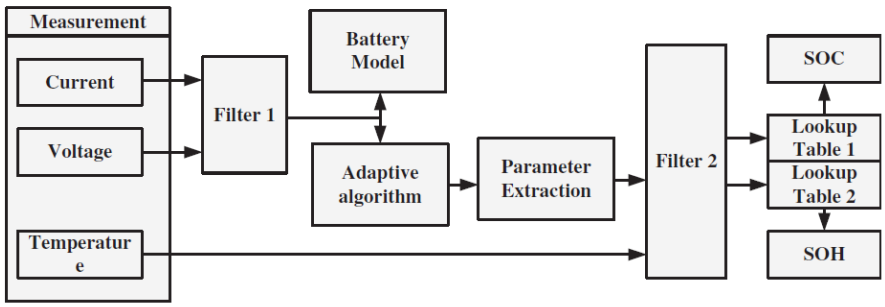


Fig. 3 Battery state estimation adaptive framework control concepts (F. Yang et al., 2019)

2.5. Intelligent Energy Management

AI techniques can facilitate intelligent energy management in EVs by considering various parameters, such as battery status, driving conditions, traffic information, and user preferences. By analyzing these factors in real-time, AI algorithms can make dynamic decisions on energy allocation, optimizing power distribution to different vehicle subsystems, such as propulsion, HVAC, and auxiliary systems, to enhance energy efficiency and extend the driving range.

On the other hand, the integration of AI techniques in battery management systems for electric vehicles opens up new possibilities for optimizing battery performance, extending battery lifespan, and enhancing overall system reliability (Jin et al., 2021a). The use of machine learning, neural networks, predictive control, and fault diagnosis algorithms allows for accurate battery state estimation, efficient energy management, and proactive fault detection. As AI continues to advance, the potential for further improvements in EV BMS becomes increasingly promising, paving the way for a more sustainable and efficient future of electric mobility.

3. Advanced BMS in EVs

The rapid growth of Electric Vehicles (EVs) in recent years has highlighted the critical role of advanced battery management systems in ensuring optimal performance and longevity of the vehicle's power source. With the increasing demand for sustainable transportation solutions, EVs have emerged as a promising alternative to traditional internal combustion engine vehicles. Central to the success of EVs is the efficient and effective management of their battery systems.

Advanced battery management in EVs involves the integration of sophisticated technologies and algorithms that monitor, control, and optimize the performance of the battery pack (Peng et al., 2022). These systems play a crucial role in enhancing the overall efficiency, safety, and reliability of EVs, addressing some of the key challenges associated with battery technology, such as limited range, charging time, and degradation.

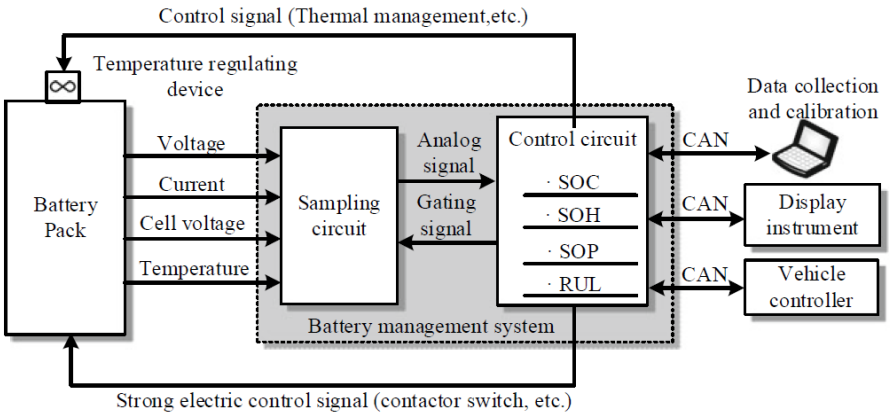


Fig. 4 Basic diagram of BMS in EV (Xiong et al., 2017)

One of the primary objectives of advanced battery management is to maximize the driving range of EVs while maintaining the battery's health. This is achieved through accurate monitoring of various battery parameters, including state of charge (SOC), state of health (SOH), and state of function (SOF). By continuously tracking these parameters, the management system can provide real-time feedback to the driver and optimize the vehicle's energy consumption (Peng et al., 2022). The following block diagram presents the fundamental concepts of advanced BMS structure design.

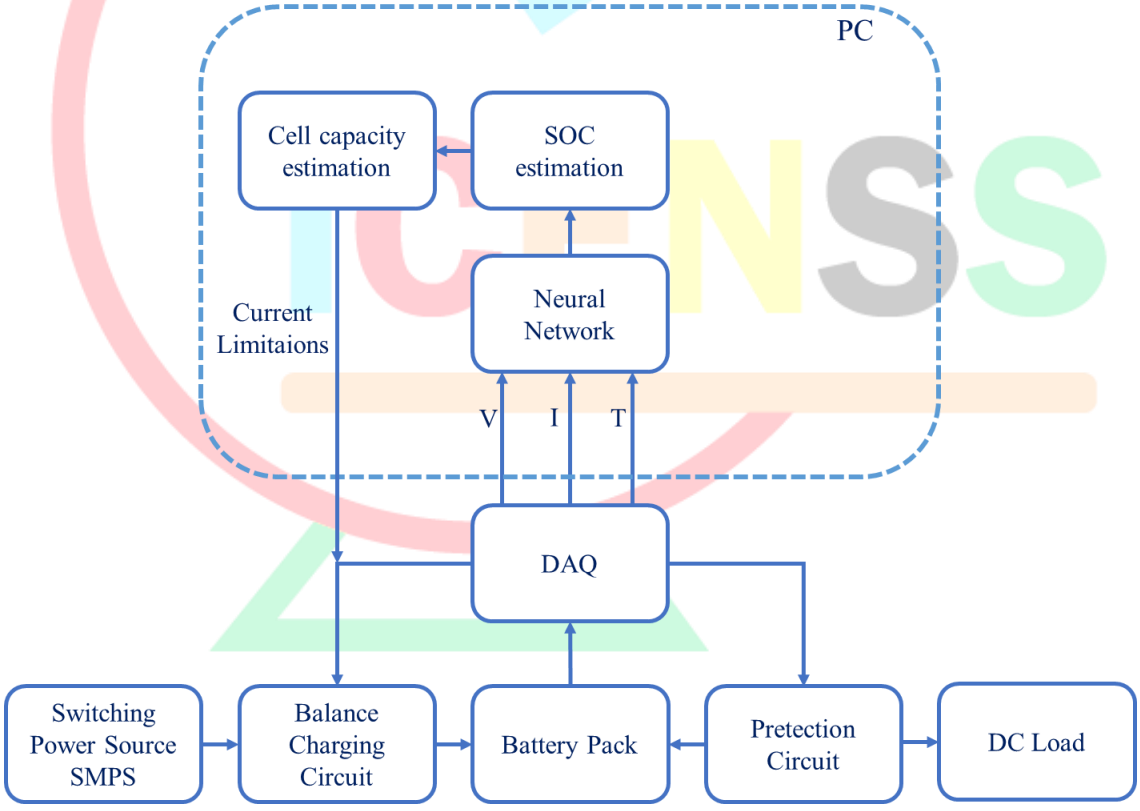


Fig. 5 The fundamental concepts of advanced BMS structure design

Moreover, advanced battery management systems utilize advanced algorithms to control the charging and discharging processes of the battery pack. These algorithms ensure that the battery operates within safe operating limits, preventing overcharging, over-discharging, and

thermal runaway. They also optimize the charging profile to minimize the time required for charging, enhance energy efficiency, and reduce the overall wear on the battery.

Another critical aspect of advanced battery management in EVs is predictive maintenance and diagnostics. By leveraging data from the battery management system, machine learning algorithms can analyze patterns and predict potential battery failures or degradation (Harippriya et al., 2022; Raj & Kashikar, n.d.). This enables proactive maintenance, early detection of issues, and timely replacement of faulty battery cells, ultimately extending the lifespan of the battery pack and reducing maintenance costs. The following block diagram presents the typical interaction flow diagram between forecasting methods in BMS.

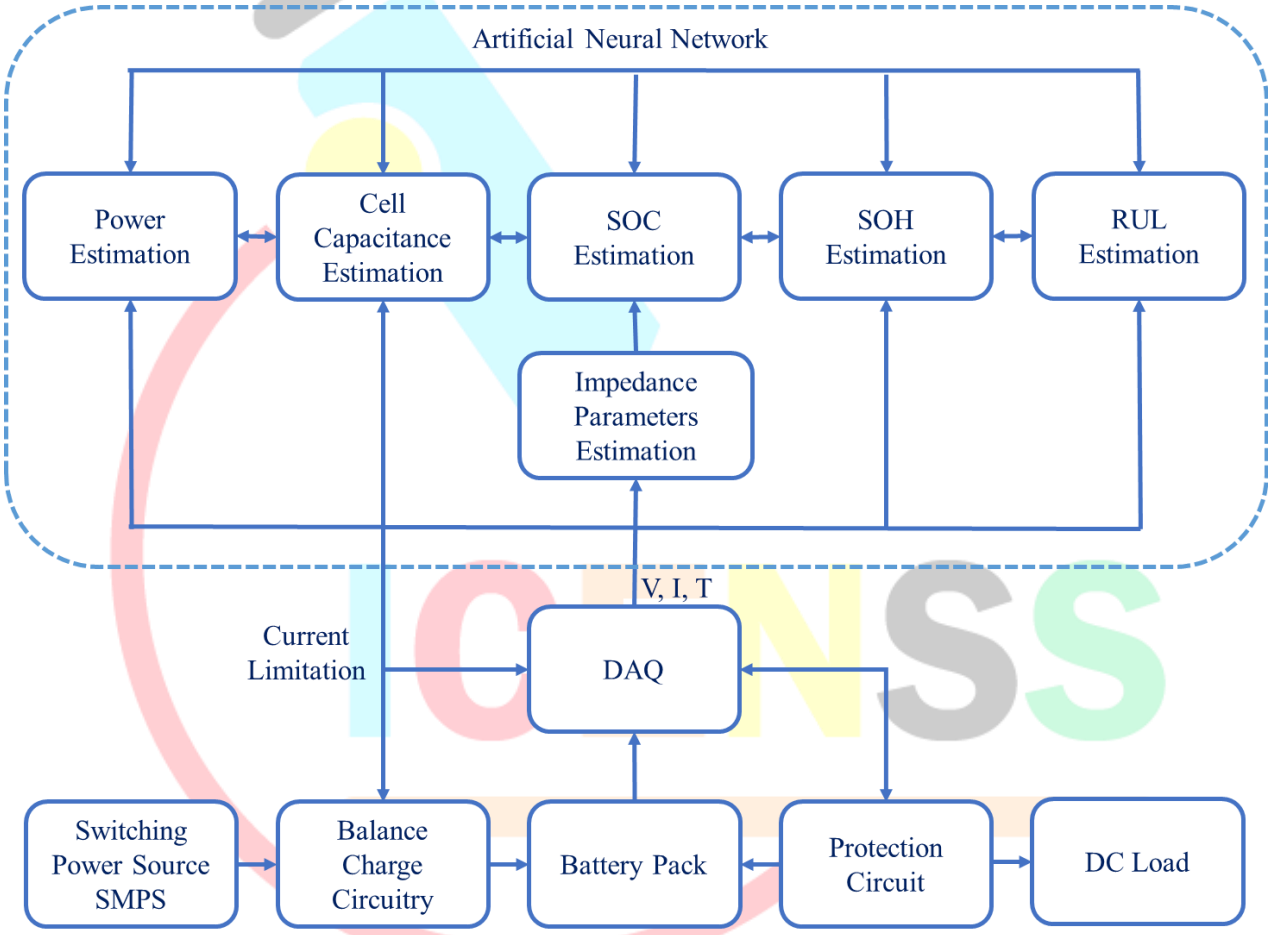


Fig. 6 Typical interaction flow diagram between forecasting methods in BMS

In conclusion, advanced battery management in EVs is a crucial field of research and development that focuses on optimizing the performance, safety, and lifespan of the battery systems. Through the integration of sophisticated technologies and algorithms, these management systems enhance the driving range, reduce charging times (Jin et al., 2021b), improve reliability, and enable smart grid integration. As the electric vehicle market continues to grow, further advancements in battery management will play a pivotal role in shaping the future of sustainable transportation.

4. Overview of multiple AI techniques for hybrid algorithms in BMS

As the demand for EVs continues to grow, there is a need for advanced algorithms that can effectively manage battery systems. Hybrid algorithms, which integrate multiple AI techniques, offer a promising approach to enhance the capabilities of BMS in EVs. This outlook explores the integration of multiple AI techniques for developing hybrid algorithms in BMS for EVs.

4.1. Machine Learning and Data Analytics

Machine learning techniques, such as neural networks, decision trees, and support vector machines, can be combined with data analytics approaches to extract meaningful insights from battery data. By integrating these techniques, hybrid algorithms can effectively predict battery performance, estimate state-of-charge and state-of-health, detect anomalies, and optimize charging and discharging strategies.

4.2. Reinforcement Learning and Adaptive Control

Reinforcement learning algorithms can enable BMS to learn optimal control policies through interaction with the environment (Harippriya et al., 2022). By integrating reinforcement learning with adaptive control techniques, hybrid algorithms can continuously adapt and optimize BMS parameters based on real-time battery behavior, user preferences, and operating conditions. This integration enables BMS to improve energy efficiency, extend battery life, and enhance overall system performance.

4.3. Evolutionary Algorithms and Optimization

Evolutionary algorithms, such as genetic algorithms and particle swarm optimization, excel at solving complex optimization problems (Feng et al., 2019). By combining these techniques with BMS, hybrid algorithms can find optimal charging and discharging strategies, determine battery pack configurations, and perform multi-objective optimization, considering factors like energy efficiency, power density, and battery life. This integration enhances BMS performance and helps maximize battery utilization.

4.4. Fuzzy Logic and Rule-Based Systems

Fuzzy logic provides a framework for dealing with uncertain or imprecise information, which is often encountered in BMS. By integrating fuzzy logic with rule-based systems, hybrid algorithms can make intelligent decisions and control actions based on linguistic rules and expert knowledge. This integration enables BMS to handle ambiguous situations, adapt to varying battery conditions, and provide robust control strategies.

4.5. Deep Learning and Neural Networks

Deep learning techniques, particularly deep neural networks, have shown remarkable capabilities in processing large-scale and complex data (Feng et al., 2019). By integrating deep learning with BMS, hybrid algorithms can learn intricate patterns from battery data, enhance fault diagnosis and prediction accuracy, and enable real-time decision-making. This integration empowers BMS to improve battery health monitoring, early fault detection, and predictive maintenance (Farmann et al., 2015). The following figure shows the basic neural network structure of the state of charge estimation SoC which is non-measurable critical factor in electric vehicles.

$$SoC_i = f_i\left\{\sum_k \omega_{j,k}\theta_j + \theta_{j,k}\right\} \quad (1)$$

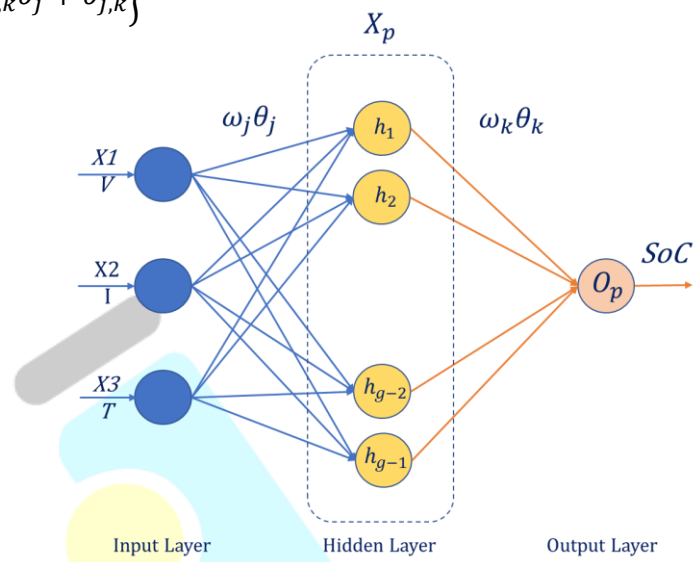


Fig. 7 Basic neural network structure for battery state estimation

4.6. Swarm Intelligence and Collective Intelligence

Swarm intelligence techniques, such as ant colony optimization and particle swarm optimization, draw inspiration from the behavior of social insect colonies. By integrating swarm intelligence with BMS, hybrid algorithms can leverage collective intelligence to solve optimization problems, manage battery state-of-charge balancing, and coordinate multiple batteries in a pack (Hossain Lipu et al., 2020). This integration enables BMS to achieve load balancing, prolong battery life, and enhance overall system resilience.

The integration of multiple AI techniques for hybrid algorithms in BMS for Electric Vehicles opens up new possibilities for improving battery performance, extending battery life, and enhancing overall system efficiency. By combining machine learning, reinforcement learning, evolutionary algorithms, fuzzy logic, deep learning, and swarm intelligence, hybrid algorithms can provide advanced control, optimization, and decision-making capabilities to BMS (Hossain Lipu et al., 2020). This integration will contribute to the development of intelligent and adaptive BMS solutions that are essential for the widespread adoption of EVs and the advancement of sustainable transportation.

5. Integration techniques of AI algorithms into smart BMS

Integrating AI algorithms into BMS for EV applications offers numerous advantages, including improved battery performance, extended lifespan, enhanced safety, and optimal energy management. As EV technology continues to evolve, smart BMS with machine learning will play a crucial role in maximizing the efficiency and sustainability of electric vehicles. Here are some common techniques used for integrating AI algorithms into smart BMS for EV applications(Ardeshiri et al., 2020).

5.1. Data acquisition and preprocessing

To apply machine learning algorithms, it is crucial to collect relevant battery data from various sensors embedded within the battery system. This data includes voltage, current, temperature, and other relevant parameters. The data is then preprocessed to remove noise,

normalize values, handle missing data, and perform feature engineering to extract meaningful features from the raw data. The data may be collected continuously or periodically during operation (Ardeshiri et al., 2020). Preprocessing techniques such as data cleaning, normalization, and feature engineering are employed to ensure data quality and suitability for machine learning analysis.

5.2. Model selection

The choice of machine learning models depends on the specific objectives and requirements of the BMS. Various models can be employed, such as regression models (linear regression, polynomial regression), decision trees, support vector machines (SVM), random forests, neural networks, or deep learning models (Zhou et al., 2021). The selection of the appropriate model is based on factors such as the complexity of the problem, data characteristics, and the desired accuracy and interpretability of the results. The following figure shows the evolutions map of battery modeling methods.

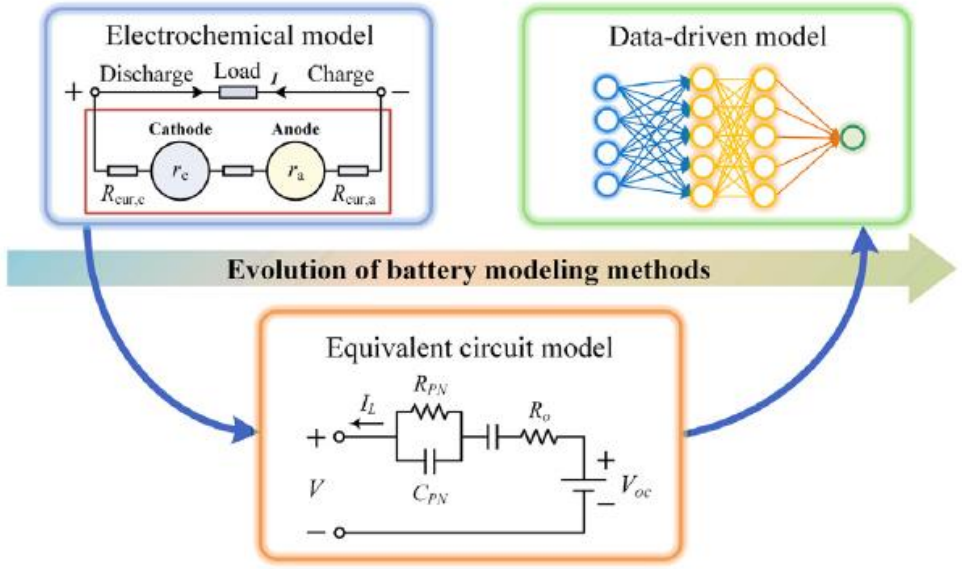


Fig. 8 Evolutions map of battery modeling methods (Liu et al., 2022a)

5.3. Training and model development

The machine learning models are trained using historical battery data that captures usage patterns, environmental conditions, charging and discharging profiles, and performance metrics. The dataset is divided into training and testing sets, and the model is trained using the training set to learn patterns and relationships within the data. Techniques like supervised learning, unsupervised learning, or reinforcement learning are applied depending on the availability of labeled data and the nature of the problem.

5.4. Feature selection and engineering

Feature selection involves identifying the most relevant battery parameters and reducing the dimensionality of the dataset. Feature engineering involves creating new derived features from the existing dataset to enhance the model's performance. Techniques like principal component analysis (PCA), correlation analysis, or domain expertise are employed to select and engineer the appropriate features for training the machine learning models.

5.5. Model validation and evaluation

Once the machine learning models are trained, they need to be validated and evaluated to assess their performance. Cross-validation techniques, such as k-fold cross-validation, are commonly used to assess the model's generalization capabilities. Evaluation metrics such as accuracy, precision, recall, F1-score, or root mean square error (RMSE) are used to measure the performance of the models. The models are refined and fine-tuned based on the evaluation results.

5.6. Integration with BMS software and hardware

Once the machine learning models are developed and validated, they need to be integrated into the BMS software and hardware. The BMS software is designed to receive real-time battery data from sensors and interface with the machine learning models. The models provide predictions, recommendations, or control signals to the BMS, which enables adaptive control, fault detection, state estimation, and optimal energy management within the EV battery system.

5.7. Continuous learning and adaptation

To ensure the longevity and effectiveness of the smart BMS, continuous learning and adaptation are essential. The machine learning models are periodically updated and retrained using new data collected during EV operation. This allows the models to adapt to changing battery conditions, usage patterns, and environmental factors, thereby maintaining accurate predictions and optimized control strategies over time (Vidal et al., 2020).

By following these integration techniques, machine learning algorithms can be effectively integrated into Smart Battery Management Systems for EVs, enabling improved performance, extended battery life, enhanced safety, and optimal energy management.

6. Challenges and Limitations

While the integration of artificial intelligence (AI) techniques in battery management systems (BMS) for electric vehicles (EVs) holds great promise, there are several challenges and limitations that need to be addressed. Understanding these challenges is essential for developing effective and robust AI-driven BMS solutions. This overview aims to highlight some of the key challenges and limitations associated with AI techniques in BMS for EVs.

6.1. Data Availability and Quality

AI techniques heavily rely on large volumes of high-quality data for training accurate models and algorithms. However, acquiring comprehensive and representative data sets for BMS in EVs can be challenging. EV battery systems exhibit complex behaviors influenced by various factors, including driving conditions, environmental conditions, and user habits. Obtaining diverse and real-world data that captures these dynamics can be difficult, impacting the performance and generalization ability of AI models.

6.2. Model Complexity and Interpretability

AI techniques, such as deep learning algorithms, often involve complex models with numerous parameters. While these models can achieve high accuracy, their complexity poses challenges in terms of interpretability. Understanding how AI models make decisions and providing explanations for their actions is crucial, especially in safety-critical applications like

BMS. Ensuring transparency and interpretability of AI-driven BMS solutions is essential to gain user trust and enable effective decision-making.

6.3. Limited Computational Resources

Implementing AI techniques in real-time BMS applications requires significant computational resources. EVs often have limited computing power and energy constraints, which can limit the deployment of resource-intensive AI algorithms. Balancing the computational requirements of AI techniques with the limited resources available in EVs is a significant challenge. Optimizing algorithms for efficiency and exploring edge computing and distributed computing solutions can help mitigate this limitation.

6.4. Robustness and Adaptability

AI models trained on specific data distributions may struggle to generalize to unseen scenarios or adapt to changing conditions. EVs operate in diverse environments and encounter various driving conditions, temperature ranges, and user behaviors. Ensuring the robustness and adaptability of AI-driven BMS solutions under such dynamic conditions is critical. Continuous monitoring, model updating, and reinforcement learning techniques can enhance the adaptability of AI models, but challenges remain in achieving real-time adaptability in BMS applications.

6.5. Safety and Security Concerns

AI techniques in BMS introduce potential safety and security risks. A faulty or compromised AI model could lead to incorrect decisions that impact the performance or safety of the EV battery system. Ensuring the reliability, resilience, and security of AI-driven BMS solutions is of utmost importance. Robust testing, validation, and verification procedures, as well as cybersecurity measures, are necessary to mitigate these risks and ensure the safe operation of EVs.

6.6. Regulatory and Ethical Considerations

The deployment of AI techniques in BMS for EVs raises regulatory and ethical concerns. Establishing clear guidelines and regulations for the development and deployment of AI-driven BMS solutions is essential to address potential risks and ensure compliance with safety and privacy standards (Laadjal & Cardoso, 2021). Ethical considerations, such as fairness, transparency, and accountability, should also be addressed to prevent biases and ensure responsible use of AI in BMS applications.

While AI techniques offer significant potential for enhancing the performance and functionality of BMS in EVs, there are several challenges and limitations that need to be carefully considered. Overcoming these challenges requires addressing data availability, model complexity, computational resources, robustness, safety and security concerns, and regulatory and ethical considerations (Feng et al., 2019). By actively addressing these limitations, researchers and developers can pave the way for the successful integration of AI techniques in BMS, leading to safer, more efficient, and sustainable electric mobility.

7. Outlook for future research directions

Battery Management Systems (BMS) play a crucial role in ensuring the safe, efficient, and reliable operation of batteries in electric vehicles (EVs). As the demand for EVs continues to grow and battery technologies advance, it becomes essential to identify and explore future research directions for BMS. This outlook aims to highlight key areas of focus for researchers and industry professionals working on BMS in EVs, taking into account emerging trends and challenges.

7.1. Enhanced Battery Diagnostics and Prognostics

Future research should aim to develop advanced diagnostic and prognostic techniques to monitor battery health and predict performance degradation. This includes investigating novel sensor technologies, data analytics, and machine learning algorithms to provide accurate and timely information about battery state-of-health, remaining useful life, and fault detection (Laadjal & Cardoso, 2021).

7.2. Intelligent Battery Thermal Management

Efficient thermal management is critical for battery longevity and performance. Future BMS research should focus on developing intelligent thermal management systems that optimize temperature distribution within battery packs. This involves exploring advanced cooling techniques, phase change materials, and thermal modeling algorithms to enhance battery safety, charging rates, and overall energy efficiency.

7.3. Multi-Objective Optimization

To maximize battery performance and longevity, BMS should consider multiple objectives such as energy efficiency, power density, and battery life. Future research directions should explore multi-objective optimization algorithms that strike a balance between conflicting objectives, taking into account factors like driving conditions, user preferences, and environmental considerations.

7.4. Adaptive and Learning BMS

The dynamic nature of battery systems requires BMS to adapt to changing operating conditions and user behavior. Future research should focus on developing adaptive and learning BMS algorithms that can continuously optimize battery performance based on real-time data. This includes exploring reinforcement learning techniques, adaptive control strategies, and intelligent decision-making algorithms.

7.5. Integration with Vehicle-to-Grid (V2G) Systems

As the concept of vehicle-to-grid (V2G) gains traction, BMS will need to adapt to support bidirectional power flow between EVs and the electrical grid. Future research should investigate BMS designs that enable seamless integration with V2G systems, ensuring efficient energy management, grid stability, and revenue optimization for EV owners.

7.6. Cybersecurity and Privacy

As EVs become more connected and autonomous, BMS must address cybersecurity threats and protect user privacy. Future research should focus on developing robust security protocols,

intrusion detection systems, and encryption techniques to safeguard BMS from cyber-attacks. Additionally, privacy-preserving methods should be explored to balance the need for data collection with user confidentiality.

7.7. Advanced Battery Chemistries

With ongoing advancements in battery chemistries, such as solid-state batteries and lithium-sulfur batteries, BMS research should adapt to these emerging technologies. Future directions should investigate BMS designs tailored to specific chemistries, addressing their unique characteristics, safety considerations, and optimization algorithms.

7.8. Edge computing and distributed AI in smart BMS

Edge computing and distributed AI are valuable technologies for real-time Battery Management System (BMS) applications in Electric Vehicles (EVs). Edge computing refers to the decentralized processing of data at the edge of the network, closer to the data source. In the context of EVs, edge computing enables the BMS to perform data processing and decision-making tasks locally, within the vehicle itself. Whereas distributed AI involves the distribution of computational tasks across multiple devices or nodes, enabling collaborative decision-making and data analysis. In summary, the combination of edge computing and distributed AI empowers BMS applications in EVs with real-time processing capabilities, enhanced decision-making, improved scalability, and advanced predictive maintenance capabilities. These technologies play a crucial role in optimizing battery performance, ensuring safety, and maximizing the lifespan of EV batteries.

7.9. Incorporating Uncertainty and Robustness in AI-Based BMS Algorithms

The presence of uncertainties and the need for robustness pose significant challenges in real-world applications. Incorporating uncertainty modeling and robustness considerations in AI-based BMS algorithms is essential for reliable and resilient operation of battery systems in Electric Vehicles. By incorporating uncertainty estimation, robust optimization, fault detection, online learning, sensitivity analysis, and validation, AI-based BMS algorithms can handle uncertainties effectively, adapt to changing conditions, and ensure the safe and efficient operation of battery systems (Laadjal & Cardoso, 2021). These approaches will contribute to the development of trustworthy BMS solutions that meet the challenges of real-world EV applications and facilitate the widespread adoption of electric vehicles.

7.10. Explainable AI and Trustworthiness in BMS Decision-Making

Explainable AI (XAI) techniques provide transparency and interpretability, allowing stakeholders to understand the reasoning behind BMS decisions. Incorporating Explainable AI (XAI) techniques in Battery Management Systems (BMS) enhances the trustworthiness of decision-making processes and fosters confidence in EV battery operations. Through model transparency, rule extraction, context-aware decision support, uncertainty quantification, interactive interfaces, and rigorous validation, BMS can provide interpretable and understandable explanations for decisions. The integration of XAI in BMS promotes trust, facilitates user understanding, and encourages collaboration between humans and AI systems, ultimately contributing to the safe and reliable operation of battery systems in Electric Vehicles.

The future of BMS in electric vehicles is promising, with numerous research directions that can further enhance the performance, safety, and longevity of battery systems. By focusing on areas such as enhanced diagnostics, intelligent thermal management, multi-objective optimization, adaptive algorithms, V2G integration, cybersecurity, and advanced chemistries,

researchers can contribute to the continued evolution of BMS, supporting the widespread adoption of electric vehicles and sustainable transportation.

8. Conclusion

AI-based algorithms have a profound impact on advancing the capabilities of Battery Management Systems in Electric Vehicles. They enable enhanced state estimation, optimal control, early fault detection, intelligent diagnostics, adaptability to varying conditions, data-driven insights, and continuous learning. By leveraging the power of AI, BMS can optimize battery performance, extend battery life, and ensure safe and efficient operation, contributing to the widespread adoption of Electric Vehicles and the advancement of sustainable transportation.

AI approaches, including machine learning, deep learning, and reinforcement learning, offer significant potential in BMS applications for Electric Vehicles. These approaches enable predictive analytics, fault detection, adaptive control, state estimation, anomaly detection, and optimal energy management. By leveraging AI, BMS can enhance battery performance, extend lifespan, improve safety, and optimize EV operation, leading to more efficient and reliable electric transportation systems. Continued research and development in AI-based BMS will contribute to the advancement of EV technology and sustainable mobility.

On the other hand, AI-based algorithms have tremendous potential to drive the future of Electric Vehicles (EVs) by revolutionizing various aspects of their operation and functionality. AI-based algorithms have the potential to drive the future of Electric Vehicles by enabling enhanced energy efficiency, autonomous driving, intelligent traffic management, personalized user experiences, battery optimization, fleet management, grid integration, and V2G interaction. The integration of AI in EVs brings about significant advancements in performance, safety, sustainability, and user satisfaction, contributing to the widespread adoption of electric transportation and the transformation of the automotive industry.

Refrences

Ardeshiri, R. R., Balagopal, B., Alsabbagh, A., Ma, C., & Chow, M.-Y. (2020). Machine Learning Approaches in Battery Management Systems: State of the Art: Remaining useful life and fault detection. In *2020 2nd IEEE International Conference on Industrial Electronics for Sustainable Energy Systems (IESES)* (Vol. 1).

Choi, Y., Ryu, S., Park, K., & Kim, H. (2019). Machine Learning-Based Lithium-Ion Battery Capacity Estimation Exploiting Multi-Channel Charging Profiles. *IEEE Access*, *7*, 75143–75152. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920932

Dai, H., Jiang, B., Hu, X., Lin, X., Wei, X., & Pecht, M. (2021). Advanced battery management strategies for a sustainable energy future: Multilayer design concepts and research trends. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 138). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110480

Farmann, A., Waag, W., Marongiu, A., & Sauer, D. U. (2015). Critical review of on-board capacity estimation techniques for lithium-ion batteries in electric and hybrid electric vehicles. *Journal of Power Sources*, *281*, 114–130. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2015.01.129

Feng, F., Hu, X., Liu, J., Lin, X., & Liu, B. (2019). A review of equalization strategies for series battery packs: variables, objectives, and algorithms. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 116). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109464

Harippriya, S., Esakki Vigneswaran, E., & Jayanthy, S. (2022). Battery Management System to Estimate Battery Aging using Deep Learning and Machine Learning Algorithms. *Journal of Physics: Conference Series*, *2325*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/2325/1/012004

He, H., Xiong, R., & Fan, J. (2011). Evaluation of lithium-ion battery equivalent circuit models for state of charge estimation by an experimental approach. *Energies*, *4*(4), 582–598. https://doi.org/10.3390/en4040582

Hossain Lipu, M. S., Hannan, M. A., Hussain, A., Ayob, A., Saad, M. H. M., Karim, T. F., & How, D. N. T. (2020). Data-driven state of charge estimation of lithium-ion batteries: Algorithms, implementation factors, limitations and future trends. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 277). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124110

How, D. N. T., Hannan, M. A., Hossain Lipu, M. S., & Ker, P. J. (2019). State of Charge Estimation for Lithium-Ion Batteries Using Model-Based and Data-Driven Methods: A Review. In *IEEE Access* (Vol. 7, pp. 136116–136136). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2942213

Hu, X., Feng, F., Liu, K., Zhang, L., Xie, J., & Liu, B. (2019). State estimation for advanced battery management: Key challenges and future trends. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 114). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109334

Jin, S., Sui, X., Huang, X., Wang, S., Teodorescu, R., & Stroe, D. I. (2021a). Overview of machine learning methods for lithium-ion battery remaining useful lifetime prediction. *Electronics (Switzerland)*, *10*(24). https://doi.org/10.3390/electronics10243126

Jin, S., Sui, X., Huang, X., Wang, S., Teodorescu, R., & Stroe, D. I. (2021b). Overview of machine learning methods for lithium-ion battery remaining useful lifetime prediction. *Electronics (Switzerland)*, *10*(24). https://doi.org/10.3390/electronics10243126

Laadjal, K., & Cardoso, A. J. M. (2021). Estimation of lithium-ion batteries state-condition in electric vehicle applications: Issues and state of the art. In *Electronics (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 13). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/electronics10131588

Lelie, M., Braun, T., Knips, M., Nordmann, H., Ringbeck, F., Zappen, H., & Sauer, D. U. (2018). Battery management system hardware concepts: An overview. *Applied Sciences (Switzerland)*, *8*(4). https://doi.org/10.3390/app8040534

Liu, W., Placke, T., & Chau, K. T. (2022a). Overview of batteries and battery management for electric vehicles. In *Energy Reports* (Vol. 8, pp. 4058–4084). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.016

Liu, W., Placke, T., & Chau, K. T. (2022b). Overview of batteries and battery management for electric vehicles. In *Energy Reports* (Vol. 8, pp. 4058–4084). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.016

Lu, L., Han, X., Li, J., Hua, J., & Ouyang, M. (2013). A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles. In *Journal of Power Sources* (Vol. 226, pp. 272–288). https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.10.060

Peng, J., Meng, J., Chen, D., Liu, H., Hao, S., Sui, X., & Du, X. (2022). A Review of Lithium-Ion Battery Capacity Estimation Methods for Onboard Battery Management Systems: Recent Progress and Perspectives. In *Batteries* (Vol. 8, Issue 11). MDPI. https://doi.org/10.3390/batteries8110229

Raj, R., & Kashikar, T. (n.d.). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS FOR LI-ION BATTERIES*. www.tjprc.org

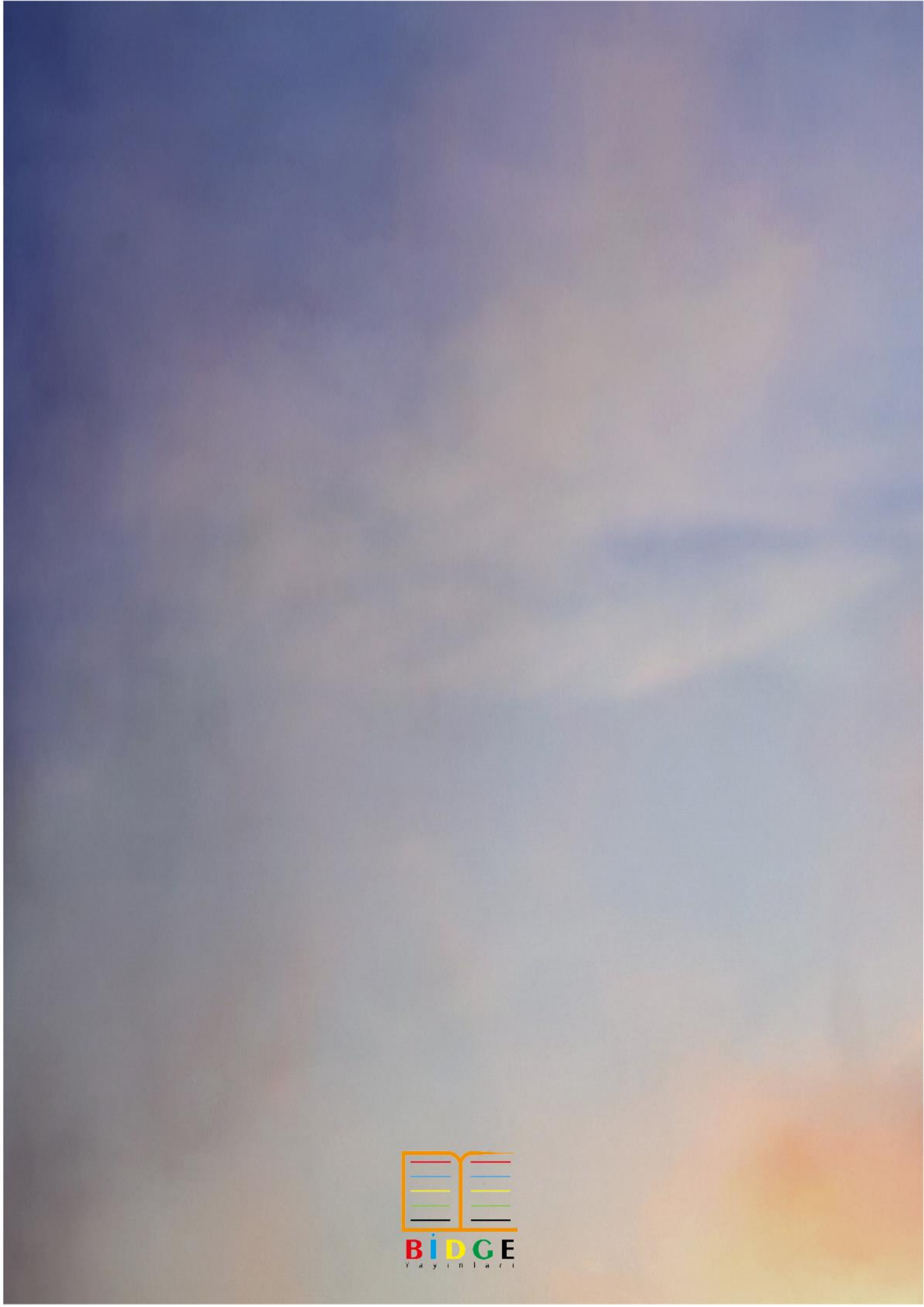
Vidal, C., Malysz, P., Kollmeyer, P., & Emadi, A. (2020). Machine Learning Applied to Electrified Vehicle Battery State of Charge and State of Health Estimation: State-of-the-Art. In *IEEE Access* (Vol. 8, pp. 52796–52814). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980961

Xiong, R., Cao, J., Yu, Q., He, H., & Sun, F. (2017). Critical Review on the Battery State of Charge Estimation Methods for Electric Vehicles. *IEEE Access*, *6*, 1832–1843. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2780258

Yang, F., Li, W., Li, C., & Miao, Q. (2019). State-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on gated recurrent neural network. *Energy*, *175*, 66–75. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.059

Yang, Y., Bremner, S., Menictas, C., & Kay, M. (2022). Modelling and optimal energy management for battery energy storage systems in renewable energy systems: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 167). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112671

Zhou, W., Zheng, Y., Pan, Z., & Lu, Q. (2021). Review on the battery model and SOC estimation method. In *Processes* (Vol. 9, Issue 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/pr9091685


BİDGE
Yayınları