ICENSS

ICENSS
ANKARA

International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies

FULL TEXT BOOKLET

BİDGE Yayınları

International

Congress of Engineering and Natural Sciences Studies

Full Text Booklet

07-09th May 2021

Ankara/Turkey

All Rights Reserved

It may not be reproduced in any way without the written permission of the publisher and the editor, except for short excerpts for promotion by reference.

ISBN: 978-605-06728-8-6

1st Edition

2021

International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies

Full Text Booklet

Support and Development of Science Association Publications pursuant to the law of intellectual and artistic works, it may not be quoted, copied, reproduced or published in any way without written permission.

Editors

Cengiz GÜLER

Zeynel KARACAGİL

Publisher

Support and Development of Science Association Publications

----Bidge Publications----

Certificate No: 46367

Oğuzlar Mahallesi 1397 Cadde No:11/1 Çankaya Ankara

bidgeyayin@gmail.com

SCIENTIFIC COMMITTEE

Akın ÖZÇİFT - Manisa Celâl Bayar Üniversitesi

Andressa SECODOMAS - University Of Navarre

Arif GÖNÜLOL - Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Arzu ÇIĞ - Siirt Üniversitesi

Arzu MORKOYUNLU YÜCE - Kocaeli Üniversitesi

Belgin COŞGE ŞENKAL - Yozgat Bozok Üniversitesi

Cafer TÜRKMEN - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Cengiz GÜLER - Düzce Üniversitesi

Derya YILTAŞ KAPLAN - İstanbul Üniversitesi-

Devrim ALKAYA - Pamukkale Üniversitesi

Emine Erman KARA - Niğde Ömer Halisdemir

Erhan ÇALIŞKAN - Karadeniz Teknik Üniversitesi

Erhan PİŞKİN - Dicle Üniversitesi

Erol YAVUZ - Uşak Üniversitesi

F.Zehra KÜÇÜKBAY - İnönü Üniversitesi

Fernane KHAIREDDINE - Universite Guelma

Habib GÜRBÜZ - Süleyman Demirel Üniversitesi

Hamdi TEMEL - Dicle Üniversitesi

Haşim PIHTILI - Fırat Üniversitesi

Hilal SURAT - Artvin Çoruh Üniversitesi

Hülya SAYĞI - Ege Üniversitesi

Idrıs BEDIRHANOGLU - Dicle Üniversitesi

Işık SEZEN - Atatürk Üniversitesi

İsmail DUTKUNER - Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jamal Ibrahim KHATIB - Beirut Arab University

Kamran POLAT - Ankara Üniversitesi

Kudrat E-ZAHAN - Rajshahi University

Luisiya ANGUREL - Zaragoza University

Mehmet ATÇEKEN - Tokat Gaziosmanpaşa

Mehmet ÇELİK - Niğde Ömer Halisdemir

Mehmet Eyüp KİRİŞ - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Mehmet Fırat BARAN - Siirt Üniversitesi

Mehmet TANRIVER - Erciyes Üniversitesi

Melda ALTIKATOĞLU YAPAÖZ - Yıldız Teknik Üniversitesi

Metin ERSOY - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Muharrem İMAL - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Necibe Canan USTA - Tokat Gaziosmanpaşa

Necibe Fusun OYMAN SERTELLER - Marmara Üniversitesi

Nurhan GÜMRÜKÇÜOĞLU - Karadeniz Teknik Üniversitesi

Nurhan KESKİN - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Remzi TUNTAŞ - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Serap TİTRETİR DURAN - İnönü Üniversitesi

Sibel AKAR - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Şafak SEYHANEYILDIZ CAN - Munzur Üniversitesi

Talat ÖZPOZAN - Erciyes Üniversitesi

Yasin ŞÖHRET - Süleyman Demirel Üniversitesi

Yaşar PANCAR - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

REVIEWER COMMITTEE

Ahmet Ali SÜZEN - Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Ahmet Fatih HACIYUSUFOĞLU - Aydın Adnan Menderes

Alaettin KEÇELİ - Pamukkale Üniversitesi

Ali ÖTER - Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Ali Sinan Dike DİKE - Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi

Ali ŞENDUR - Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi

Altuğ KARABEY - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Aydan AKSOĞAN KORKMAZ - Malatya Turgut Özal Üniversitesi

Aysel VEYİSOĞLU - Sinop Üniversitesi

Ayşe Deniz ÇARDAK - Aydın Adnan Menderes

Ayşegül Güneş SEFEROĞLU - Gümüşhane Üniversitesi

Bahattin Öztoprak ÖZTOPRAK - Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Bülent PİŞKİN - Harran Üniversitesi

Derya OKUYAN - Balıkesir Üniversitesi

Dilara BAŞAT DERELİ - Bitlis Eren Üniversitesi

Doğan ERDEMİR - Erciyes Üniversitesi

Elif MALYER - Manisa Celâl Bayar Üniversitesi

Emrah DOKUR - Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Ercan YÜKSEKYILDIZ - Samsun Üniversitesi

Erkan DUMAN - Fırat Üniversitesi

Erman ÜLKER - İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Evrim SÖNMEZ - Sinop Üniversitesi

Fatih ÇOLAK - Uşak Üniversitesi

Fatih HANCI - Erciyes Üniversitesi

Fikret BUDAK - Düzce Üniversitesi

Güler ÇAVUŞOĞLU - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Güncel SARIMAN - Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Güzide ŞENEL - Amasya Üniversitesi

Halil İbrahim BURGAN - İstanbul Kültür Üniversitesi

Halit KIRIKTAŞ - Siirt Üniversitesi

Hasan ARSLANOĞLU - Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Hediye Deniz ADA - Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

Hilal ÇELİK KAZICI - Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Hüseyin BABA - Hakkari Üniversitesi

İbrahim Sina KUSEYRİ - Marmara Üniversitesi

Jale METİN KIYICI - Erciyes Üniversitesi

Kemal ARMAGAN - Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Kıyas KAYAALP - Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Levent Yurdaer AYDEMİR - Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi

Mahmut KAYAR - Marmara Üniversitesi

Mehmet AKKAŞ - Kastamonu Üniversitesi

Mehmet Fatih TEFEK - Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Melikşah ÖZAKTÜRK - İskenderun Teknik Üniversitesi

Merve ERKINAY ÖZDEMİR - İskenderun Teknik Üniversitesi

Meryem GÖKTAŞ - Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Meryem GÖKTAŞ - Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

Mujde DURUKAN GÜLTEPE - Manisa Celâl Bayar Üniversitesi

Mustafa Selçuk UZMANOĞLU - Marmara Üniversitesi

Nuray KÜP AYLIKCI - İskenderun Teknik Üniversitesi

Nuri ÖZTÜRK - Giresun Üniversitesi

Osman KARA - Gümüşhane Üniversitesi

Ömer ERTUĞRUL - Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Ömer Faruk Efe EFE - Afyon Kocatepe Üniversitesi

Ömer KARABIYIK - Süleyman Demirel Üniversitesi

Özgür DEMİR - Muş Alparslan Üniversitesi

Recep KOÇ - Balıkesir Üniversitesi

Sadiye CAKMAK - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Said Efe DOST - Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Salih ÖZER - Muş Alparslan Üniversitesi

Sedat KARADAVUT - Trakya Üniversitesi

Serdar BİROĞUL - Düzce Üniversitesi

Seval ÖZGEL FELEK - Ordu Üniversitesi

Sinem BOZKURT KESER - Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Suzan ONUR YAMAN - Karabük Üniversitesi

Süleyman GÖKMEN - Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Süleyman ŞENYURT - Ordu Üniversitesi

Süleyman ÜSTÜN - Manisa Celâl Bayar Üniversitesi

Şekip Esat HAYBER - Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi

Tuğba Özge ONUR - Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Ümit İZGİ ONBAŞILI - Mersin Üniversitesi

Vildan KOÇBEKER - Selçuk Üniversitesi

Zeynep AYDOĞAN - Atatürk Üniversitesi

ORGANIZERS COMMITTEE

Ömer KAHYA – Ankara Üniversitesi

Faruk AKYÜZ – Samsun Üniversitesi

Şafak BOZGUN – Ankara Üniversitesi

Koray TOPTAŞ – Gazi Üniversitesi

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
Uluslararası M□hendislik ve Doğa Bilimleri □alışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Contents

Virtual Reality and Augmented Reality Integration into AEC Industry 17
Hilalnur Beral 17
Can B. Aktaş 17
Bütçe ve Zaman Kısıtlı Turist Rotalama Problemi: Genetik Algoritma Yaklaşımı 33
İbrahim YILMAZ 33
İman ASKERZADE 33
Büyük Hacimli Mekânsal Verilerin Açık Kaynak Yazılımlar ile Harita Katmanı Olarak Yayınlanması 50
Murat TAŞYÜREK 50
Neuro-Evolution of Augmenting Topologies for Food Quality Assessment Using Artificial Neural Network 59
Zainab ALİ 59
İman ASKERZADE 59
An Approach to Detecting Cyber Security Vulnerabilities of Web Applications with OWASP Top 10 Principles 72
Ahmet Toprak 72
Feyzanur Sağlam Toprak 72
A Comparative Analysis on the Usage of MQTT Protocol in IoT Devices 84
Ahmet Toprak 84
Tarımsal Ürünlerin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması 98
Emine Uçar 98
Kültürel Mirasın Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri Üzerinden Deneyimlenmesi 105
Fatih KILAVUZ 105
Bahadır UÇAN 105
Comparison of Machine Learning Methods on Network Based Intrusion Detection Systems 115
Yasin BALCI 115
Muhammed Ali AYDIN 115

ISBN: 978-605-06728-8-6

Kırşehir İli'nin Korumada Öncelikli Bitki taksonları ve Habitatları Hakkında Güncel Değerlendirme 130

Okan Ürker 130

Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'in Farklı Süs Bitkilerinde Popülasyon Değişimi 145

Fatma IŞIK GÜLSOY 145

Seher TANYOLAÇ 145

Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motoru Türleri: Avantajları ve Dezavantajları 153

Can Berk Aykaç 153

Kenan Yiğit 153

Bora Acarkan 153

Hodkin-Huxley Nöron Modeli'nin Excel Uygulamasıyla Simule Edilmesi 165

Erkan Atmaca 165

Gökberk Ayar 165

İremnaz Yeter 165

İznik Gölü Sulak Alanı Fonksiyonlarının Marmara Havzası Yönetimindeki Rolü'nün Değerlendirilmesi 179

Bihter SEZER GÜNEY 179

Augmented Reality and Drone Usage in Construction Industry 191

Tuğba S. Dursun 191

Line Aksu 191

Buse A. Ülkü 191

Diyar Önal 191

Can B. Aktaş 191

Quantifying Benefits of BIM for Quantity Takeoff: A Comparative Study 201

Kağan Berkay Yörük 201

Can Baran Aktaş 201

Farklı Agregalarla Üretilen Çimento Esaslı Kompozitlerin X-ışını Radyasyon Tutuculuk Özellikleri 212

Gülsüm Sağlam Çitoğlu 212

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Fuat Köksal[2] 212

Hafif Betonların Kırılma Enerjisine Çelik Tel Narinliğinin ve İçeriğinin Etkisi 226

Hüseyin Okan ANADUT 226

Fuat KÖKSAL 226

Yer Hareketinin Düşey Bileşeninin Önüretimli Betonarme Binalara Etkisi 237

Yakup Çevik 237

Hilal Meydanlı Atalay 237

Heyelanlı Kesimlerdeki Karayolu Tünel Portallarında Alınan Önlemler: Erkenek Tüneli Örneği, Malatya 248

Abdulgazi Gedik 248

A Preliminary Study on the Relationships between the Grain Contact Pattern and the Tensile Strength of a Rock Salt 282

Elif Avşar 282

Nazlı Tunar Özcan 282

Genome-Wide Analysis of GATA Transcription Factor Family in *Amborella trichopoda* 291

Melis Vuslat TUNÇ 291

Halis Batuhan ÜNAL 291

F. Şeyma GÖKDEMİR 291

CuSn10 Kalay Bronzu Malzemenin RF Magnetron Saçtırma Kaplamalar Yapılarak Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi 303

Mehmet Poyraz 303

Effect of Triangular-Shaped Winglets on Heat Transfer for Compact Fin-Tube Heat Exchangers 313

Ahmet Ümit TEPE 313

Yanmaz ve Anti-Manyetik Özellikli Elektrik Kelepçesi Tasarımı ve Üretimi 331

Mustafa AÇANGÜL 331

Fatma DOĞAN 331

Tuğçe YAĞCI 331

Adem KORKMAZ 331

ISBN: 978-605-06728-8-6

Katılaşmanın Geometri Tabanlı Matematik Modellemesinin Karmaşık Döküm Kesitlerine Uygulanması 338
Kamil Kunt Tüzünal 338
Dilara Yılmaz 338
Nonlinear Transformations in 3-Dimensional Euclidean Space 347
Emre Öztürk 347
Damage Analysis of Metal Matrix Composite Plates under Ballistic Impact Loading: A Comparative Study 355
Murat AYDIN 355
Sfero Dökme Demir Baca Kapaklarının Tasarım Optimizasyonu 362
Mustafa Gündoğdu 362
Hasan Aktaş 362
Murat Argun 362
Oğuzhan Terzi 362
Arif Ulu 362
Ferit Cakir 362
Microstructural and Electrochemical Properties of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ High Entropy Oxide Anode 369
Meltem ÇAYIRLI 369
Süleyman CAN 369
Ersu LÖKÇÜ 369
Mustafa ANIK 369
Synthesis and Characterization of rGO@SiO_2 Nanostructures for Li-Ion Batteries 375
Süleyman CAN 375
Meltem ÇAYIRLI 375
Ersu LÖKÇÜ 375
Mustafa ANIK 375
Face Detection and Tracking Using Deep Learning and Linear Classification 382
Maha ALBAYATI 382
Abdullahi Abdu IBRAHIM 382

ISBN: 978-605-06728-8-6

İki Kademeli Parçacık Sınıflayıcı Mini Siklonun Sınıflama Performansının Deneysel İncelenmesi ..390
Murat Önel.....390
Atakan Avcı.....390
Solar Envelope Yönteminin Konya Örneği Üzerinden Değerlendirilmesi.....403
Gökhan AF.....403
Fatih CANAN.....403
Tarihi Yapılarda Neme Bağlı Bozulmalar: Diyarbakır Suriçi Örneği.....415
Nursen IŞIK.....415
Tarihi Yapılardaki Yapısal Sorunların GPR (Georadar) Yöntemiyle Belirlenmesi: Diyarbakır Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ve İskender Paşa Cami Örneği.....427
Nursen IŞIK.....427
Fatma Meral HALİFEOĞLU.....427
Ultraviolet Protection Property of Reduced Graphene Oxide Coated Polyamide 6,6 Fabric via Environmentally Friendly Reducing Agent.....440
Nergis Demirel Gültekin.....440
Bekir Cenkkut Gültekin.....440
Hydrophilic Silicone Emulsions Developed for Use in %100 Cotton and Cotton/Elastane Blended Fabrics and Their Optimization Studies.....454
Sabiha Seda Sertas.....454
Ayrin Ibis.....454
Koray Pektas.....454
Some Characteristics of Soils and Mineral Nutrition Status of *Orchis anatolica* Orchid Species Growing in Kahramanmaraş Natural Flora.....461
Cafer Hakan Yılmaz.....461
Esra Bulunuz Palaz.....461
Decision Tree Applications in Soil Quality Index Based on Analytical Hierarchical Process Approach- Gelemen Example.....474
Fikret SAYGIN.....474
Orhan DENGİZ.....474
Pelin ALABOZ.....474

ISBN: 978-605-06728-8-6

Yusuf KOÇ 474

Physico-chemical and morphological properties of soils in Black Sea Agricultural Research Institute 494

Murat BİROL 494

Orhan DENGİZ 494

Elif ÖZTÜRK 494

Multifaceted Evaluation and Importance of Basin Mining in Turkey 508

Mahmut Suat Delibalta 508

Post germination seedling growth performance of two safflower cultivars Dincer and Remzibey against drought and salt stress tolerance 518

Fatma Kayaçetin 518

Khalid Mahmood Khawar 518

The Structural Characteristics of Small Ruminant Breeding of Ankara 529

Sedat BEHREM 529

Research on Physical and Some Quality Features of Bread Wheat Grain 539

Ruziye KARAMAN 539

İlknur AKGÜN 539

Cengiz TÜRKAY 539

Production of Cocoons in Different Materials For Sterile Medical Leech (Hirudo verbana) Breeding 551

Elif Duygu AKSUNGUR 551

DC Bara Gerilimleri Değişimleri Altında IPMSM Motorların Geniş Hız Aralığında Tork Kontrolünün İncelenmesi 564

Oğuz Atsız 564

Selçuk Kizir 564

Gıda Soslarının Beslenme ile İlişkisi ve Soya Sosu Üretim Metotlarının Karşılaştırılması 576

Hülya ŞİMŞEK 576

Hasan TEMİZ 576

Otomobil Sahipliği Analizi ve Etki Eden Faktörler 587

Hümeyra BOLAKAR TOSUN 587

ISBN: 978-605-06728-8-6

Ahmet TORTUM 587

Investigation of Moisture Detection with Terahertz Spectroscopy Method 595

Ramazan Hamza KARAKAYA 595

Murat ŞAHİN 595

Investigation of the Impact of Electric Vehicles on Stability Delay Margin of Single-Area LFC System with Fractional-Order Controller 610

Bukunmi Michael Olowe 610

Saffet Ayasun 610

Böhmit üretiminde reaksiyon süresinin Alumina safsızlığına etkisinin araştırılması 623

Ömer Faruk TOY 623

Havvanur UÇBEYİAY[2] 623

Sema VURAL[3] 623

Developing A Warning Sign According To Earthquake Intensity Through Intelligent Earthquake Information System 634

Murat TÖREN 634

Mücahit KINA[2] 634

Mehmet ÇEPNİ[3] 634

Yunus Emre DEMİRCİ[4] 634

Development of fatigue test device for torque and V-arm parts used in heavy load vehicles and modeling of fatigue analysis 657

Sıla ULUSOY 657

Hayrettin DÜZCÜKOĞLU 657

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

FULL PAPERS

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Virtual Reality and Augmented Reality Integration into AEC Industry

İnşaat Sektöründe Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Artırımı

Hilalnur Beral[1]
Can B. Aktaş[2]

Abstract

Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies are considered to be one of the most influential technologies anticipated in the near future to transform the architecture, engineering, and construction (AEC) industry through benefits in scheduling and project progress tracking, quality and defect management, time and cost management, employee and safety training. The goal of the study was to assess both technologies in terms of their reported advantages and shortcomings and identify and map hardware and software needs to aid institutions planning to implement such technology by providing a practical framework from which to initiate. The design environment has certain success factors that need attention and careful evaluation, including hardware abstraction, locally distributed applications, distributed environments, rapid

Özet

Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojileri, planlama ve proje takibi, kalite ve hata yönetimi, zaman ve maliyet yönetimi, çalışan ve iş güvenliği gibi faydaları dolayısıyla inşaat sektörünü önemi ölçüde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojiler arasında, artırılmış gerçekliğin kullanıcıya daha fazla esneklik sağlaması veya sanal gerçekliğin giyilebilen özel teçhizatlar gerektirmesi gibi bazı önemli farklar vardır. Karma gerçeklik sanal gerçekliği ve artırılmış gerçekliği içermektedir. Çalışmanın amacı, her iki teknolojiyi literatürde belirtilen avantajları ve eksiklikleri açısından değerlendirmek ve sektörde faaliyet gösteren mühendislik ve mimarlık firmalarının bu tür teknolojileri başlatabilecekleri pratik bir çerçeve sağlayarak kurumlara bu tür teknolojiyi uygulamayı planlamalarına yardımcı olmak için donanım ve yazılım ihtiyaçlarını belirlemek ve

[1] Hilalnur Beral, TED University, Department of Computer Engineering, hilalnur.beral@tedu.edu.tr
[2] Can B. Aktaş, Associate Professor, TED University, Department of Civil Engineering, can.aktas@tedu.edu.tr

prototyping and run time flexibility. Implementation of VR applications can be affected by development tools, interfaces and languages. In terms of interface, some offer a very high-level view where applications can be built using custom scripting languages and graphical software, and the framework itself assumes most responsibility for calculations, geometry, and interaction. Others float just above the level of hardware, using well-known graphics APIs and programming languages to provide maximum performance and flexibility. There are numerous software commercially available for VR. Platform, hardware support, limitations and strengths can play a decisive role in which software to choose. High cost of initiation and program development is still one of the most important limitations for both technologies.

Keywords: Construction Project Tracking; Mixed Reality; Wearable Computing; Immersive Environment; Design Technology; Spatial Perception

haritalamaktır. Sanal gerçeklik için ticari olarak temin edilebilen çok sayıda yazılım vardır. Tasarım ortamı, donanım soyutlaması, yerel olarak dağıtılmış uygulamalar, dağıtılmış ortamlar, hızlı prototip oluşturma ve çalışma süresi esnekliği başlıca olmak üzere dikkatli bir değerlendirme gerektiren belirli başarı faktörleri belirlenmiştir. Seçilen platformun donanım desteği, sınırlamalar ve güçlü yönleri hangi yazılımın seçileceği konusunda belirleyici bir rol oynayabilir. Başlatma ve program geliştirme maliyetlerinin yüksek olması, her iki teknoloji için hala en önemli sınırlamalardan biridir.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Proje Takibi, Karma Gerçeklik, Kapsayıcı Çevre, Tasarım Teknolojisi, Mekansal Algılama

1. Introduction

Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) technologies are considered to be one of the most influential innovations anticipated in the near future to transform the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. Their applications have already started to make noteworthy gains around the world, and it is expected that their use will increase moving forward (World Economic Forum, 2016).

The AEC industry is one of the largest industries in the United States with an annual budget in excess of $1 trillion in 2017. However, over 98% of construction projects cause cost overruns and delays. Many projects need redesign, costing 5% to 20% of the total contract value. The key reasons for the rework include lack of coordination between various building groups, lack of sufficient simulation capability to identify design disputes and lack of funding for advanced communication technologies (Noghabaei, Heydarian, Balali, &Han,2020)

In the construction industry to date, VR and AR have effectively been used in scheduling construction projects, for monitoring project progress, in training workers, time and cost management, and in the management of quality and defects (Yeh, Tsai&Kang,2012). Although there are similarities between the two technologies, there are certain differences that differentiate the two, and provide certain advantages depending on the purpose. As the definition of AR has developed as an extension or modification of VR, AR is closely related to VR (Milgram, Takemura, Utsumi&Kishino,1995). AR incorporates real-life and computer-based scenes and images by superimposing the view from a real-world physical environment with the objects from a virtual world to provide a seamless and enhanced view of the world.

VR goes a step further with 3-D visualization. VR is generally defined as a 3-D synthetic environment or structure generated by computers that gives the user a sense of being immersed in a real world. VR is an application that enables visualization of all kinds of indoor and outdoor spaces and activities to be interactively monitored in a computer and internet environment, with a perceivable 360-degree 3-dimensional angle where a person can experience and interact with a three-dimensional, computer generated world (Kıvrak&Arslan,2018). VR is a computer-generated simulation of a three-dimensional image or environment which can be viewed in an apparently real or physical way by a person using a special digital device, like a helmet with a display screen inside or gloves fitted with sensors (Ahmed 2018). The VR industry is expected to grow in scale and scope by 2025, and the technology is expected to extend from simple gaming to other applications including education, medicine and healthcare, architecture, sports and more. Furthermore, 2017 may be seen as a turning point in the commercialization of VR as multiple international companies such as Google, Microsoft, Facebook, HTC and others have created their own VR Head Mounted Display (HMD) designs (Nayyar, Mahapatra, Le& Suseendran,2018).

To date, many industries use virtual reality as a visualization tool, worker training technology, safety management tool, and quality and defects management. Although the use of VR and AR has been documented in academic literature in several different fields such as medicine, dentistry, building, industrial maintenance, and tourism, this paper focuses on the conceptual use of AR and VR primarily in the AEC industry, whose usage has increased in recent years. The goal of the study was to assess both technologies in terms of their reported advantages and shortcomings as well as discuss challenges for their widespread implementation and identify and map hardware and software needs to aid institutions planning to implement such technology by providing a practical framework from which to initiate. Such a framework, together with presented success factors should aid industry professionals avoid costly early mistakes related to hardware and software choices.

Shortcomings of 2D design and execution in construction

Traditionally, construction projects have been designed and executed in 2D, first by hand-drawing plans, and later by computer-generated 2D drawings. Nonetheless, there still is an inherent problem with using 2D for construction projects, as technical personnel are required to visualize drawings and spatial relationships between building elements and translate into 3D and effectively communicate with other stakeholders. A further problem area is poor portability and incorrect

handling of drawings. Two-dimensional drawings typically involve large amounts of information from various construction areas, and so the size of the 2D drawings must be large enough to handle the optimal amount of information. It makes sketches difficult to walk around in dynamic and dangerous construction environments. It is also time-consuming for users to find the details they need from a wide number of references and technical plans and drawings. This step is also an important factor in errors during construction projects (Yeh et.al, 2012).

AR and VR applications in practice

AR and VR technologies have found applications in a wide variety of industries including engineering; healthcare; education; military; sports; entertainment; and cultural heritage. Applications from around the globe representative of such distinct fields are summarized in this section. It must be noted that this is not a comprehensive list, but only aims to provide a glimpse of potential applications and perceived benefits of such technology.

AR can be used for classroom-based learning in topics such as chemistry, mathematics, biology, physics, astronomy and other fields of higher or K-12 education**.** There are current programs using AR to teach concepts of the 2nd grade, such as means of transport and animal types. 3D models and prototypes are superimposed on the real-time video feed shown to the entire class, such as a car, truck, and airplane. AR can also be used in higher education, and especially in engineering, to improve students' understanding of mechanisms of systems or machinery. Companies' automobile maintenance and repair divisions are now using AR technology to assist their service workers in their work by linking to database networks and collecting data that they need in addition to three-dimensional details on the component they are repairing to help them identify and fix the fault (Lee 2012). Its incorporation into the construction curricula was assessed with positive impacts to the learning of the students (Alizadehsalehi, Hadavi & Huang,2019). Researchers have also been exploring the viability of various AR technologies for use in the fields of e-commerce, e-learning systems, interior design and science education (Yuen, Yaoyuneyong & Johnson, 2011).

In healthcare, both AR and VR with a Head Mount Display (HMD) are used to display medical information and pictures in tandem with a procedure, either to provide surgical training for trainees to simulate an operation and aim to reduce the incidence of errors, or for education purposes (Huang 2018). They are also used for treatment to relieve anxiety and fear (Hsieh 2018).

In the field of cultural heritage, AR Tour Assistant System provides on-site assistance and AR reconstructions of ancient ruins, based on the location and orientation of users at the cultural site and on the rendering of real-time images. There is a tool which is called ARCHEOGUIDE that is an example which is based on computer and mobile technologies including AR, 3D visualization, mobile computing and multimodal techniques for interaction. A HMD, an earphone, and a mobile computing unit are included in the equipment. Individuals can use these AR devices to visit historic sites. In order to re-create dinosaurs inside the museum, some history museums have implemented AR technology. Thanks to the AR museum display system, individuals can see the recreated image of the dinosaur placed on the standing skeleton (Lee,2012).

2.1. AR in Construction

A research in the USA showed that 93% of general contractors and 87% of the sampled subcontractors used mobile devices at their workplaces to improve productivity. This use ranged from camera use to more technically sophisticated applications such as sensing systems and GPS. The number of possible site uses for mobile devices is growing (Zaher, Greenwood, &Marzouk,2018).

Augmented Reality (AR) enables information that is captured in the physical world to be viewed on-site and is thus necessarily consistent with the needs of the construction site (Zollmann et al.,2014). Reported advantages of using AR in construction are presented in Table 1.

Table 1. Benefits of using AR in construction projects (Ahmed, 2018; Behzadi 2016; Woodward 2010)

Benefit	Description
Scheduling and project progress tracking	An as-planned vs. an as-built form to ensure progress visualization can be viewed. The scheduling aspect of construction can be improved by AR. AR on a tablet, PC or mobile is an alternative to conventional progress monitoring. AR systems are used to capture and distribute data to field users. This also reflects the means of contact between project members and knowledge on the project. AR systems allow fast and easy access to information. They are helpful for project managers decide on corrective action to reduce costs and delays due to incompatibility with results.
Quality and defect management	Developing an AR technology-based management system is crucial to eliminate / minimize defects in a piping installation
Time and cost management	In construction management, AR-based applications are used to track and control time and costs. Minimize the physical labor required to conduct malfunction management procedures, including checking the transfer of information from the plans to the site. Save time and reduce labor hours for data acquisition.
Employee training and safety management program	The safety management system is an important topic for the construction industry in modern times. AR technologies enable the provision of appropriate training for workers and the implementation of a safety management system as defined. In the construction machinery field, wearable devices can be used to train safety measures AR technologies assist stakeholders in interpreting the various dynamic design elements in an efficient manner and in informing stakeholders on various project issues.

2.2. VR in Construction

Investigations to calculate the ability of a specific low-cost, projection-based immersive system in order to provide a deeper understanding of three-dimensional virtual representation compared to spatial experience using a conventional non-immersive model, Immersive environments provide opportunities for better communication between stakeholders, better spatial understanding of virtual designs, better understanding of design decisions and recognition of design problems that would not otherwise be found, And it can also predict human-building experiences that can feed designers and researchers to accurate user experience data. The immersive simulation gives users a realistic view of the environment, where users can simulate the sensation of moving around and communicating with the virtual world (Paes, Arantes, &Irizarry,2017). VR technologies are gradually incorporated into the construction industry with these advantages. These technologies can be used for worker training, safety management system, progress tracking, labor management, defect and quality management, and project visualization (Ahmed, 2018). VR is very suitable for providing realistic and cost-effective virtual environments for security education (P.Wang,Wu,J.Wang,Chi&X.Wang,2018). Descriptions of potential benefits of VR integration into the construction industry is outlined in Table 2.

Table 2. Benefits of using VR in construction projects (Ahmed 2018; Bhoir 2015; Messner 2003)

Benefits	Description
Construction safety management and worker training	Lack of attention and workers' failure to identify hazards is one of the main causes of accidents The workers' failure to understand the associated risks and hazards is a result of the ineffectiveness of the traditional construction training program. VR-based training programs are an effective and proven technology for the safety of construction machinery.
Defect and quality management	The help of VR technologies simplifies flaw detection and management. It also reduces labor-related costs and time for defect and quality management.
Visualization	A virtual project model can be created before the project begins physically. In the planning phase for making effective decision, VR can be used.

Primary Needs for VR development system

The development of VR systems has certain technical and non-technical needs. Hardware is important for successful development and use of VR technologies on the technical side. A high frame rate (15 Hz or better) and low latency are required in Effective immersive environments. processors and special graphics hardware can be useful for VR system. The development system should have little overhead to allow the hardware to operate at its maximum efficiency.

The development environment should be suitable for many hardware and software configurations It is very important to learn and configure the environment easily. Application Programming Interfaces (API) and / or languages used to create applications should be well designed and complexity in the system should be hidden.

3.1. Capabilities of the Environment

The design environment has certain success factors that need attention and careful evaluation:

Hardware Abstraction: Help for the hardware needed is important, but how well the toolkit describes the hardware interface information is just as essential. Although a less standardized interface may be better suited to the unique features of the computer, the standardized interface makes the program more versatile and simpler to update, manage and understand. Replacing a joystick with a glove is a major change. This process involves rethinking the user interface, but minor adjustments, such as moving a control device to another one or moving between HMD models, do not require changes to the VR framework itself.

Locally Distributed Application: In addition to raising the application frame rate, delivery has other advantages: display channels available for the application or increasing the number of input devices. It enables the use of additional computers for simulations and other computer-intensive activities.

Distributed Environments: For distributed systems connecting multiple computers, the idea of connecting machines and users to distant locations around the network opens up the possibility of communicating in a virtual world.

Rapid Prototyping: It is important to be able to run and interact with the application without using any special equipment because most development groups can only access one or two full VR installations. Otherwise, it is possible for developers to spend a lot of time waiting for the devices to turn on.

Run-time Flexibility: VR applications usually take a long time to start: processes must be created and configured, then the hardware is started and databases are loaded, etc. When a small change is made, the time required to restart an application can render the system inapplicable.

3.2. Development interfaces, tools, and languages

Development tools, interfaces and languages have different impact on development of VR applications. As far as the interface is concerned, some offer a very high-level view where applications can be designed using custom scripting languages and graphics tools, and the system itself assumes most responsibility for calculations, geometry and interaction. Others float just above hardware level using popular graphics APIs and programming languages for maximum performance and flexibility. VR development environments are quite different in terms of graphics, how they use graphics. Most environments highlight loading patterns created in a number of external modeling packages and Computer Aided Design (CAD). For example, if the software wants to load the car model and allow the user to move around the environment to view the model, the development environment needs to accommodate the loading models in the CAD format , according to the native needs of the VR framework. Generally, there will be a broader variety of interface capabilities in "high-level" environments using their own modeling languages or using CAD or related artifact sources.

Environments that provide developers with the opportunity to build their own graphics in OpenGL or other APIs often offer more responsibility for handling user experiences and objects.

3.3. Current VR Software

There is numerous software commercially available in the market today. These tools have been developed mostly by different firms, and each has a specific niche together with limitations. Details and characteristics of prominent tools have been summarized in Table 3. Information provided here is intended to aid construction firms or professionals that are starting to implement VR technology in their operations and project development and/or management.

Table 3. Characteristics, strengths, and limitations of available VR software (Bierbaum 1998; Costa 2019; Rohlf 1994; Prusten 2005; Shaw 1993; Sanner 1999; Alice 2020)

Software	Description	Platform	Hardware Support	Strengths	Limitations
Alice	It is intended to promote the rapid creation and prototyping of digital graphics and to provide non-technical users with the ability to write VR programs.. Python is used as script writing language. Python is an interpretive, interactive, object-oriented programming language. It has a surprisingly simple and elegant syntax, but it is a efficient and general-purpose programming language.	Microsoft Windows products	The freeware version of Alice for Windows uses only the mouse and the keyboard. HMDs, gloves, and other VR devices are available in larger models.	Ease of Learning Rapid Prototyping Ease of Understanding: It is easy to understand the Visualization of the algorithm and the ability to see the actions of the program during its execution.	VR Devices: A robust version of the program that provides support for VR devices is required to create VR applications Application Limitations: Applications that deal with vast quantities of data and require changing the geometry of each frame will be difficult to construct.
Avocado	It is a GMD-developed VR software system platform for their VR applications, based on Iris Performer. C++ is used as a programming language to describe two types of object classes-nodes and sensors. Nodes have an object-oriented scenic-graph API that allows complex geometry to be	Available only on SGI machines	Supporting for the CyberStage CAVE, the Responsive Workbench (RWB), and user workstations. (it can also support other devices)	Scripting: Rapid prototyping of applications. Fields: Creating powerful applications is made easy with the Data stream network. Extensibility: Objects with node, sensor, and device are very easy to extend.	Cross Platform: Only SGI platforms. Scripting: Scheme is not a well-known language. That's why Choosing Scheme as a language of scripting may be a challenge. It may also be challenging to understand Functional languages ..

	represented and rendered.. Sensors provide an interface to the real world that imports data from external devices into an application.				
CAVE Library	It is a collection of function calls in C or C++. Low-level library manages process setup and initialization, and provides access to different input devices. Cave Library based applications are configurable at run time, allowing different display Wall configurations or to be run in nearly any other immersive environment without the need to recompile the application's code.	The CAVE Library is only available for SGI computers	Originally the CAVE Library was planned to support the multi-screen VR projection system, CAVE. Added support for the ImmersaDesk, HMDs, and PowerWalls.	Hardware Independence Scalability: The CAVE Library includes a simulator mode for rapid development of applications and running them without any of the special hardware. Distributed Applications: CAVE Library Show Processes can be distributed through many devices.	Cross-platform Support: The CAVE Library is not a cross-platform solution. Distributed Applications: Support for load-balanced distributed applications is limited Ease of use for Advanced Applications: Sometimes the CAVE library allows the user to be aware of and manage the specifics of multiple processes and shared memory problems in order to create even non-distributed applications that run on multiple screens. Extensibility: The CAVE library is not a long-term solution for VR development..
DVise	It provides a virtual environment developer with a collection of very high-level interfaces. It uses a basic scripting language. DVISE which is Using hardware such as head-mounted screens, CAVE, Fakespace BOOM and Interactive Workbench, also facilitates fully immersive environments.	Division aims at a wide range of features for its software, from 2D and 3D desktop devices to completely interactive environments. The applications itself is suitable for workstations such as SGI, Sun Microsystem	Stereo shutter glasses supports 3D visualization for a more interactive desktop or large-screen experience, using a spaceball or mouse for navigating..	High-level Scripting Interface: It can decrease development time, and also shields developers from many of the painful details of the underlying system. Product Simulation: The use of dVISE in product simulation and engineering reviews is highlighted by the division. The ability of dVISE to get data from CAD programs is very powerful and flexible. Portability: DVISE is available on many different platforms.	Custom Language: DVISE's scripting language is another language that has different commands and syntax rules for a developer to understand, although it is well adapted to its ambitions and intended purposes. Highly Specialized: Due to the strong focus dVISE puts on product simulation, it may not be well suited to very different tasks, such as those for which loading of fixed models is not helpful.

		s and Hewlett Packard UNIX, as well as Windows NT-based PCs.		Graphics Scalability: Different platforms may have very different levels of rendering power without any real consideration on the part of the application	
Iris Performer	It is a high-performance graphics API for machines running Silicon Graphics Inc. (SGI). It can be used to create high-performance VR applications. Performer is a library of graphics based on C/C++. IRIS Performer is a runtime programming interface with an in-memory scene representation.	SGI machines only	No direct support for input devices other than mouse and keyboard.	Tool has visual simulation features such as fog, billboard geometry, LOD, light points, terrain definition, and clip texturing that are valuable for the development of VR applications for visual simulation.	Limited Platform Availability: Iris performer can work only in SGI machines. Limited Hardware Support: There is no support for other input devices except for mouse and keyboard.
Lightning	The part of Lightning developers interact with is a pool of objects. The objects in this collection are of various general types – sensor objects for trackers and other inputs, objects of simulation that monitor visual or audio output, objects of behavior to regulate interactions, and so on.	Lightning is currently implemented for Silicon Graphics computers.	For an immersive experience, Lightning supports projection screens, the BOOM, and several head-mounted displays.	Multiple Language Support: Performer-Based: It uses Iris Performer for graphics rendering. This results in a very high level of graphics performance.	No Distributed Application Support: Lightning developer's reference papers fail to mention any support for distributed operation.
MR Toolkit	MR (Minimal Reality) Toolkit is a toolkit in the classic sense – that is, it is a library of functions called from within an application. A basic MR Toolkit application can be written in C, C++, or FORTRAN. Improvement of VR applications has become easier because MR	MR Toolkit version 1.5 is available for many UNIX systems including those from Hewlett Packard, SGI and IBM.	MR Toolkit supports various tools which are unique to VR. MR Toolkit supports many different HMD tools.	Flexibility: Packages built on top of MR Toolkit render VR applications simple and quick to build. Performance Measurement: MR Toolkit includes built-in support for performance measurement.	Low-end Basic System: Most of MR Toolkit's drawbacks are simply due to features skipped in favor of the basic Toolkit's low-level approach and are remedied by using one of the higher-end tools, such as the Environment Manager. Support for Projection Systems: While MR Toolkit supports a wide

	Toolkit provides the standard facilities. These include support for distributed computing, head-mounted displays, room geometry control, performance tracking, hand input devices and sound feedback.				range of hardware, there are no direct references to supporting projection-based VR in its hardware support lists.
World Toolkit (WTK)	WTK is a VR library written in C (there are C++ wrappers). WTK handles the specifics of reading sensor input, rendering scene geometry, and loading databases. It provides good support for most visual and acoustic output configurations, but do not include force output.	WTK is a cross-platform environment including SGI, Intel, Sun, HP, DEC, PowerPC, and Evans and Sutherland.	Large range of devices are supported by WTK.	Widely Used Cross Platform Multi-Pipe Support: The SGI version supports multi-pipe applications. This allows WTK to control CAVEs and similar devices. Device Drivers: WTK has extensive device driver library. WTK supports almost every device that's on the market.	Device Abstraction: If there is a hardware update, the program code has to be modified and recompiled. Performance: Some VR libraries and libraries based on Iris Performer are not performed by WTK.

The information presented in Table 3 condenses factors critical for project success including platform and hardware support, where limitations and strengths in these can play a decisive role in which software to choose. If we want to compare the Iris performer and WTK (World Tool Kit) with the platform difference, WTK is cross platform whereas Iris performer work only in SGI (Silicon Graphics Inc) machines. As a result, the software developer needs to operate within the bounds of such limitations. This also applies to which programming language to choose when developing VR software. For example, in Python, variables are specified with dynamic type binding whereas in C they are specified with static type binding. While Python is an easier language to write in terms of syntax, it is open to more errors due to dynamic type binding and is a more costly language due to type checking at run time. On the other hand, C is a relatively more difficult language in terms of syntax, but variables are specified with static type binding, thus providing more reliability but reduced flexibility. As can be seen, languages have many different features and programmers should consider the needs of the project when they choose which language to use.

Limitations and Drawbacks

Although many people are familiar with simulated AR images through the television and movies media, convincing a user to wear a system also means addressing a number of problems. Fashion, personal appearance and privacy concerns are among these problems (Azuma 2001). There are some technical challenges such as binocular (stereo) vision, need for high resolution, depth of color, luminance, contrast, field of view and depth of focus (Van Krevelen &Poelman,2010). If we

compare the AEC industry with other industries, the AEC industry has been slow to adopt AR / VR technologies. This is partly due to the lack of feasibility studies that examine the actual potential implementation cost and potential production increase (Noghabaei et al.,2020). Therefore, it is not the technology, but professional choices and decisions, and the economics of implementation that hinder further adoption of either technology.

The high cost of direct VR and AR implementation and indirect costs tied to software development, and a general lack of technical expertise on the subject within the industry are two important challenges (Ahmed,2018). Overall, high cost of initiation and program development is one of the most important limitations for both technologies. For software, each line of code has a budgetary implication in terms of the need for technical personnel, and both technologies yet require substantial coding. An added factor is that both VR and AR applications are not yet widespread at the desired scale in the construction industry. The correct design of these applications requires superior skills and experience which may be difficult to find within the industry. This also reduces the software's maintainability. Maintenance activities are the most crucial part of software. At this stage, all software checks should be carried out before delivery because it is important to ensure customer satisfaction and keep the cost to a minimum. In addition, maintenance is usually performed by people other than the original author of the software, the codes must be understandable because poor readability can make the task difficult, making the attempt inconclusive. As a result, other applications within the company may be limited. So, if a decision is made to implement VR or AR, technical personnel must be secured in addition to funds to initiate implementation. The difficulties that arise due to the inexperience in this matter may prevent the development of AR and VR applications.

5. Conclusions and Future Prospects

The applications, potential benefits, and limitations of VR and AR technologies in the AEC industry have been covered. While VR and AR technologies are similar concepts, there nonetheless are some differences between the two technologies. AR may be seen as a variation of VR. Among the advantages for using these 3D technologies instead of 2D technologies are: improved portability and handling of construction drawings; display problems; and readability problems. Of course, this does not mean that 3D usage has no shortcomings. The high cost of AR and VR technologies and a general lack of AR and VR expertise in personnel are two major challenges limiting further dissemination of technologies in the AEC industry. Nevertheless, the non-technical conveniences and technical superiority in improving safety management, time and cost management, and defect and quality management provided by their use are too valuable to ignore. Their contribution towards scheduling and project progress tracking are also noteworthy for the field of construction.

Some critical factors must be addressed in order to develop VR applications correctly, including hardware abstraction, locally distributed application, distributed environments, rapid prototyping, and run time flexibility. Much better results can be obtained, and costly early mistakes prevented, if identified critical success factors are sufficiently addressed from the beginning before election are made on hardware and software.

With respect to the number of available software, industry consolidation has not occurred yet. Whether large-scale consolidation will occur moving forward similar to CAD software in the AEC industry is yet to be seen. If so, such a development may be seen as beneficial to the construction sector to limit variation and incompatibility among users and improve communication among different stakeholders and parties of a project.

Acknowledgments

Any specific grant was not received from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

References

Ahmed, S. (2018). A review on using opportunities of augmented reality and virtual reality in construction project management. Organization, technology & management in construction: an international journal, 10(1), 1839-1852.

Alice. http://www.alice.org/

Alizadehsalehi, S., Hadavi, A., & Huang, J. C. (2019). Virtual reality for design and construction education environment. In AEI 2019: Integrated Building Solutions—The National Agenda (pp. 193-203). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. IEEE computer graphics and applications, 21(6), 34-47.

Behzadi, A. (2016). Using augmented and virtual reality technology in the construction industry. American journal of engineering research, 5(12), 350-353.

Bhoir, S. A., Hasanzadeh, S., Esmaeili, B., Dodd, M. D., & Fardhosseini, M. S. (2015, June). Measuring construction workers' attention using eye-tracking technology. In Proc., ICSC15: The Canadian Society for Civil Engineering 5th Int./11th Construction Specialty Conf. Univ. of British Columbia, Vancouver, Canada.

Bierbaum, A., & Just, C. (1998). Software tools for virtual reality application development. Course Notes for SIGGRAPH, 98.

Costa, J. M., & Miranda, G. L. (2019). Using Alice Software with 4C-ID Model: Effects in Programming Knowledge and Logical Reasoning. Informatics in Education, 18(1), 1-15.

Hsieh, M. C., & Lee, J. J. (2018). Preliminary study of VR and AR applications in medical and healthcare education. J Nurs Health Stud, 3(1), 1.

Huang, T. K., Yang, C. H., Hsieh, Y. H., Wang, J. C., & Hung, C. C. (2018). Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. The Kaohsiung journal of medical sciences, 34(4), 243-248.

Kıvrak, S., & Arslan, G. İnşaat proje imalatlarında artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulamaları. Politeknik Dergisi, 21(2), 379-385.

Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. TechTrends, 56(2), 13-21.

Messner, J. I., Yerrapathruni, S. C., Baratta, A. J., & Whisker, V. E. (2003, June). Using virtual reality to improve construction engineering education. In American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In Telemanipulator and telepresence technologies (Vol. 2351, pp. 282-292). International Society for Optics and Photonics.

Nayyar, A., Mahapatra, B., Le, D., & Suseendran, G. (2018). Virtual Reality (VR) & Augmented Reality (AR) technologies for tourism and hospitality industry. International Journal of Engineering & Technology, 7(2.21), 156-160.

Noghabaei, M., Heydarian, A., Balali, V., & Han, K. (2020). Trend analysis on adoption of virtual and augmented reality in the architecture, engineering, and construction industry. Data, 5(1), 26.

Paes, D., Arantes, E., & Irizarry, J. (2017). Immersive environment for improving the understanding of architectural 3D models: Comparing user spatial perception between immersive and traditional virtual reality systems. Automation in Construction, 84, 292-303.

Prusten, M. J., McIntyre, M., & Landis, M. (2005). 3D workflow pipeline for CAVE virtual environments. In ACM SIGGRAPH 2005 Posters (pp. 58-es).

Rohlf, J., & Helman, J. (1994, July). IRIS Performer: A high performance multiprocessing toolkit for real-time 3D graphics. In Proceedings of the 21st annual conference on Computer graphics and interactive techniques (pp. 381-394).

Sanner, M. F. (1999). Python: a programming language for software integration and development. J Mol Graph Model, 17(1), 57-61.

Shaw, C., Green, M., Liang, J., & Sun, Y. (1993). Decoupled simulation in virtual reality with the MR toolkit. ACM Transactions on Information Systems (TOIS), 11(3), 287-317.

Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. International journal of virtual reality, 9(2), 1-20.

Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. International journal of environmental research and public health, 15(6), 1204.

World Economic Forum. (2016, June). Shaping the future of construction: A breakthrough in mindset and technology. In World Economic Forum.

Woodward, C., Hakkarainen, M., Korkalo, O., Kantonen, T., Aittala, M., Rainio, K., & Kähkönen, K. (2010, November). Mixed reality for mobile construction site visualization and communication. In Proc. 10th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2010) (pp. 4-5).

Yeh, K. C., Tsai, M. H., & Kang, S. C. (2012). On-site building information retrieval by using projection-based augmented reality. Journal of Computing in Civil Engineering, 26(3), 342-355.

Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE), 4(1), 11.

Zaher, M., Greenwood, D., & Marzouk, M. (2018). Mobile augmented reality applications for construction projects. Construction Innovation.

Zollmann, S., Hoppe, C., Kluckner, S., Poglitsch, C., Bischof, H., & Reitmayr, G. (2014). Augmented reality for construction site monitoring and documentation. Proceedings of the IEEE, 102(2), 137-154.

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Bütçe ve Zaman Kısıtlı Turist Rotalama Problemi: Genetik Algoritma Yaklaşımı

Budget and Time Constraint Tourist Routing Problem: A Genetic Algorithm Approach

İbrahim YILMAZ[1]
İman ASKERZADE[2]

Abstract

At the moment there is a decrease in the number of domestic and foreign tourists in our country as a result of different domestic and foreign situations. The contribution of tourists to the country's economy is quite large. In order to improve the economy, it is necessary to provide convenience to tourists. As a result of the surveys it is seen that there is no route application for tourists. As a result, the contribution to the number of tourists and economic of the country, which finds the shortest way, which has the highest level of satisfaction and does not exceed the budget, will be inevitable. As a result, with the use of the application it is possible to create a route where a tourist can best go with his budget. In our study, we will get help from the Traveling Salesman Problem technique. The Traveling Salesman Problem, which has a wide range of

Özet

Günümüzde ülkemizin gerek iç gerekse dışarıda yaşanan çeşitli olaylardan ötürü hem iç hem de dış turist sayısında bir düşüş yaşanmaktadır. Turistlerin ülke ekonomisine katkısı oldukça büyüktür. Ekonomiyi bir nebze olsun kalkındırmak amacıyla turistlere kolaylık sağlanması gerekmektedir. Araştırmalar sonucunda turistler için rota çizen bir uygulama olmadığı görülmektedir. Bunun sonucunda en kısa yolu bulan, toplam tatmin düzeyi en fazla olan ve bütçeyi de aşmayan bir uygulamanın ülke turist sayısına ve ekonomisine katkısı kaçınılmaz olacaktır. Sonuç olarak, uygulamanın kullanılmasıyla bir turist gitmek istediği şehirleri belirtmesi sonucunda bütçesine en uygun ve en doygun şekilde gezebileceği rotayı oluşturmak, seyahat saatleri ile gitmek istediği şehirlerde kaç gün kalması gerektiği konusunda geniş bir seyahat listesini kullanıcıya vererek, turistin

[1] İbrahim YILMAZ, Yüksek Bilgisayar Mühendisi, Ankara Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, ibrahimyilmaz05@gmail.com
[2] İman ASKERZADE, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, imaskerzade@gmail.com

applications in many sectors including; distribution, planning and logistics, is a difficult problem that has been worked on for many years by researchers and academicians in the area of optimization. In this study, a solution to the traveling vendor problem was sought with the help of a genetic algorithm which is a meta-intuitive method and the developed application will be done by the Ministry of Culture and Tourism.

Keywords: Team orienteering problem, tourist travel program, genetic algorithm

optimum sonuca ulaşmasının sağlanması olacaktır. Çalışmamızda Gezgin Satıcı Problemi tekniğinden yardım alacağız. Dağıtım, planlama, lojistik gibi alanlar başta olmak üzere birçok sektörde geniş uygulama alanlarına sahip olan gezgin satıcı problemi, optimizasyon alanında araştırmacı ve akademisyenler tarafından üzerinde uzun yıllardır yoğun olarak çalışılan çözümü zor (NP-hard) bir problemdir. Bu çalışmada meta sezgisel bir yöntem olan genetik algoritma yardımı ile gezgin satıcı problemine çözüm aranmış ve geliştirilen algoritmanın uygulaması Kültür ve Turizm Bakanlığında yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Takım oryantiring problemi, turist seyehat programı, genetik algoritma

Giriş

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak her geçen gün insanlar bilgisayarlardan daha fazla faydalanmaktadırlar. İnsanların çok uzun sürede çözebilecekleri hatta bazen çözemeyecekleri problemleri bilgisayarlar çok daha hızlı ve kolay bir biçimde çözebilmektedir. Bundan dolayı bilgisayarlar hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir.

İnsanların karşılaştıkları problemleri bilgisayarlar vasıtasıyla çözebilmeleri için karşı karşıya kaldıkları problemleri bilgisayara tanıtmaları gerekir. Tanıtılan problem veya sorun bilgisayar tarafından anlaşılıp, işlenip insan amacına uygun sonuçlar üretmelidir. Basit olarak bilgisayarlardan faydalanmak bu şekilde ifade edilebilir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte tıpkı bir insan gibi davranabilen, bir insan gibi düşünebilen, kendi kendine öğrenip, kendi kendini geliştirebilen bilgisayarların geliştirilmesi hiç de uzak olmayan bir ihtimaldir. Bu noktada yapay zekâ ve optimizasyon kavramları karşımıza çıkmaktadır. Yapay zekâ ve optimizasyon ile ilgili yapılmış, genel kabul görmüş tek bir tanım bulunmamakla birlikte literatürde birden fazla tanım yapıldığı görülmektedir.

Nabiyev' e göre Yapay zekâ, kabaca; bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. (Vagifoğlu, 2010)

Optimizasyon genel anlamda var olan bir problem için bulunan en iyi çözümdür. Yani mevcut kısıtlar altında ve belirli bir süre zarfında maksimizasyon veya minimizasyon yaparak eniyileme çalışmasıdır. Optimizasyon birçok çalışma alanının kapsamına girmektedir. Matematikten yöneylem araştırmasına, bilgisayar ve mühendislik bilimlerinden yapay zekâya kadar birçok alanda optimizasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bir problemin optimum çözümünün bulunabilmesi için optimizasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır. Uygulama alanının çok geniş olması nedeniyle optimizasyon için birçok tanımlama yapılmıştır. Dolayısıyla kesin bir tanım vermek mümkün değildir. (Raymond, 2009)

Problem Tanımı

Problem, Türkiye' yi gezmek isteyen bir turistin problemidir. Turistin tatil için ayırdığı bütçe B TL, tatile başlayacabileceği tarih-saat Ds, tatilden dönmesi gereken en son tarih-saat Df dir. Türkiye deki tatil yapabilecek yerlerin kümesi T={A,B,C,D,...,i}, i yerinin günlük konaklama maliyeti Ci, sağladığı tatmin miktarı g gün için Si + g*di (S, sabit tatmin düzeyi, g gün sayısı, di değişken tatmin düzeyi) dir. T kümesinde yerler arasında ulaşım programı (i,j,a,b,c) ∈ A' dır. Burada i ∈ T başlangıç yeri, j ∈ T varış yeri, a seyahat başlangıç zamanı, b seyahat bitiş zamanı, c seyahat maliyeti şeklindedir.

Amaç, toplam tatmin düzeyini max yapan, bütçeyi aşmayan, başlangıç ve bitiş yeri turistin seçtiği yer olan, başlangıç ve bitiş tarih-saati turistin belirttiği aralıkta olan birbirini makul şekilde takip eden bir seyahat programının oluşturulmasıdır. Seyahat programında tarih ve yer sırasında iki temel çıktı

Seyahat : Başlangıç ve bitiş yeri/tarih-saati, süresi, tutarı, Toplam tatmin ≅ 0
Konaklama : Yer, süre, tutar, toplam tatmin

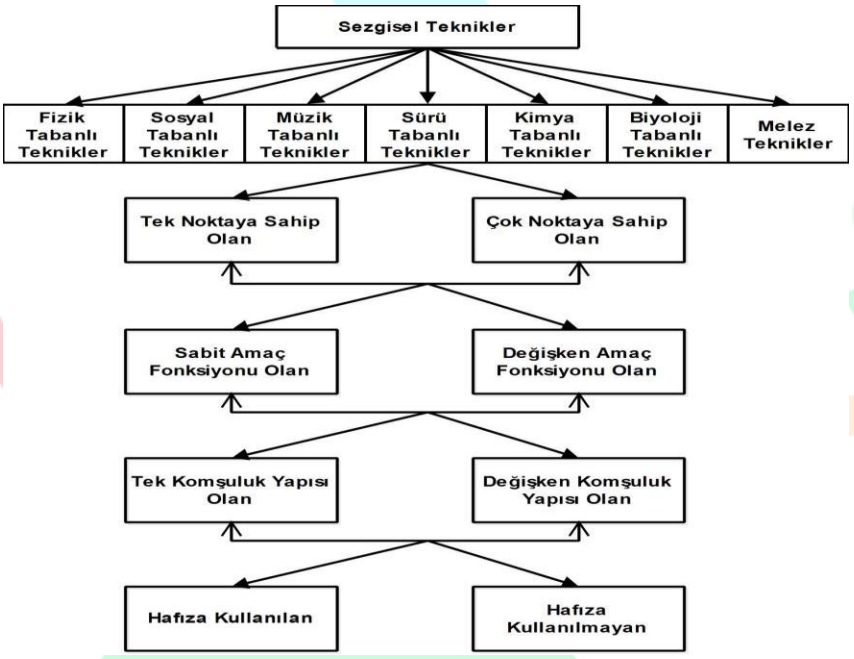
Sezgisel (Heuristic) Teknikler

Bu başlık altında literatürde yer alan sezgisel teknikler hakkında genel bilgiler verilecektir. Sezgisel teknikler hakkında genel bilgiler vermeden önce sezgisel kelimesi hakkında bilgi vermek daha yaralı olacaktır. Sezgisel kelimesi Türkçe literatürde "Sezgisel" olarak kullanılmakla birlikte yabancı literatürde "Heuristic" olarak kullanılmaktadır. Heuristic, "heuriskein" fiilinden türetilmiştir. Bu fiil keşfetmek, bulmak anlamına gelmektedir. (Tunçhan, 2008) Sezgisel tekniklerin hiç birisi tam anlamıyla kesin çözümü bulduğunu iddia edemez. Sezgisel teknikler sadece en iyi çözümü elde etmeye çalışan tekniklerdir. Sezgisel teknik ile ilgili bir tanım vermek gerekirse şöyle bir tanımlama yapmak mümkündür. Bir sezgisel teknik, kabul edilebilir hesaplama maliyetleri ile uygunluğu veya optimalliği kesin sağlamasa da optimale yakın çözümü arayan bir tekniktir. (Reeves, 1995)

Problemlerin çözümünde sezgisel teknikler kullanıldığında çözüm uzayında yer alan bütün çözümleri bulmak yerine sezgisel çözümün yaklaşımına bağlı olarak bazı çözümler bulunur. Bu nedenle sezgisel teknik kullanılarak elde edilmiş olan bir sonucun, bu yöntemle bulunan en iyi sonuç olarak değerlendirilmesine karşın optimal olduğu iddia edilemez. Çözüm uzayında yer alan bütün çözümlerin gerçekleştirilmesi problemde yer alan kısıtlara bağlı olmakla birlikte çoğu zaman mümkün değildir.

Bütün çözümlerin elde edilmesi ya çok uzun zaman alacaktır ya da çözüm uzayının sonsuz olmasından dolayı hiçbir zaman çözüm gerçekleştirilemeyecektir.

Sezgisel optimizasyon algoritmaları, biyoloji tabanlı, fizik tabanlı, sürü tabanlı, sosyal tabanlı, müzik tabanlı ve kimya tabanlı olmak üzere altı farklı grupta değerlendirilmektedir. Sürü zekâsı tabanlı optimizasyon algoritmaları kuş, balık, kedi ve arı gibi canlı sürülerinin hareketlerinin incelenmesiyle geliştirilmiştir. (Akyol ve Alataş, 2012) Sezgisel tekniklerin birden fazla olmasının nedeni her bir çözüm yönteminin kendine özgü çözüm metotlarının olmasıdır. Sezgisel tekniklerde kullanılan çözüm yöntemlerinin bazılarında sürekli optimizasyon bazılarında ise kesikli optimizasyon kullanılmaktadır. Problem çözüm sürecinde problem yapısına bağlı olarak sürekli ve kesikli olmak üzere iki optimizasyon tekniği vardır. Kesikli optimizasyonda tam sayılı değerler, sürekli optimizasyonda tam sayılı olmayan değerler de yer alır. Sezgisel yöntemde kullanılan amaç fonksiyonu problemin yapısına bağlı olarak sabit amaç fonksiyonu veya değişken amaç fonksiyonu şeklinde olabilir. Aynı şekilde sezgisel tekniklerde kullanılan algoritmalarda komşuluk yapısı tek komşuluk yapısı ya da değişken komşuluk yapısı şeklinde olabilir. Bir diğer husus ise kullanılan hafıza tipidir. Tekniğe göre değişkenlik göstermekle birlikte kullanılan algoritmaya bağlı olarak süreçte hafıza olabilir veya olmayabilir. Bu tür durumlara kullanıcının kendisi ihtiyaçları doğrultusunda karar vermek durumundadır. Aşağıda yer alan şekil de sezgisel yöntemler gösterilmektedir.



Sezgisel Teknikler (Akyol,2012)

Genetik Algoritmalar

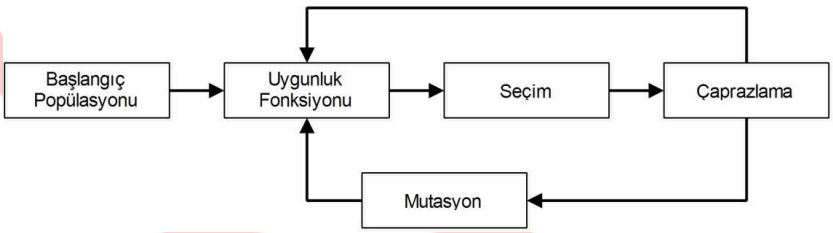
Genetik algoritma(GA)'nın mantığı, Charles Darvin tarafından ortaya atılmış olan Evrim Teorisi'ne dayanmaktadır. GA diğer sezgisel tekniklerde olduğu gibi rastgele arama yöntemiyle çözüm üretme prensibine göre çalışmaktadır. Temelleri 1975 yılında John H. Holland tarafından atılmıştır. 1975 yılından itibaren oldukça dikkat çekmiş ve birçok çalışmaya konu olmuştur. GA' nın fikir babası

John H. Holland' dır. Dizileri kullanarak problemin yapısını kodlayıp çözüm değerleri elde etmiştir. Her bir dizi, problemde yer alan çözüm uzayındaki bir çözüme tekabül etmektedir. Elde ettiği diziler popülasyonu oluşturmaktadır. Genetik operatörler vasıtasıyla popülasyon kalitesi arttırılarak optimum çözüm değerine ulaşılmaya çalışılır. (Özdemir, 2013)

GA günümüzde sezgisel teknikler içerisinde oldukça popüler bir konu olmasına rağmen aslında oldukça eski bir konudur. Yaklaşık 30-40 yıl kadar bir geçmişi olduğunu söylemek mümkündür. (Özdemir, 2013)

GA, genetik ve doğal seleksiyon tabanlı evrimsel bir algoritmadır. Evrim teorisine göre güçlü olan hayatta kalır anlayışından hareketle, zayıf canlılar yeni canlıları üretme noktasında zayıf kalacaklardır yani ya yeni canlılar üretemeyecek kadar kısa ömüre sahip olacaklar ya da yeni zayıf canlılar üretemeden yok olacaklardır. Bununla birlikte güçlü olan canlılar daha uzun süre hayatta kalacaklar ve daha fazla üreyeceklerdir. Güçlü canlıların sayısının artması demek zamanla daha güçlü canlıların üreyeceği anlamına gelecektir. Bazen bu üremeler esnasında güçlü canlılardan güçlü olmayan canlılar üreyebilecektir. Bu durum mutasyon olarak bilinmektedir. (Özdemir, 2013)

GA' ları özetlemek gerekirse probleme ait değişkenler kromozomlarla temsil edilirler. Her bir kromozom bir vektör gibi düşünülebilir. Bu vektörlerden bir kısmı seçilerek popülasyon oluşturulmaya çalışılır. Her bir kromozom bir çözüm değerini ifade etmektedir. Bu çözümlerin hepsine birden popülasyon denir. Tesadüfi bir başlangıç çözümü oluşturulduktan sonra iteratif olarak kromozomlar üzerinde değişiklikler yapılarak çözüm değerleri elde edilmeye çalışılır. Kromozomlar üzerindeki değişiklikler genetik operatörler vasıtasıyla gerçekleştirilirler. Bu genetik operatörler seçme, çaprazlama ve mutasyon gibi operatörlerdir. Seçme, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerden geçirilen kromozomlar, amaç fonksiyonunun aldığı değere göre rastlantısal olarak seçilirler. Her bir iterasyonda daha iyi çözüm değerleri elde edilmeye çalışılır. Aşağıdaki şekil de GA tekrarlı yapısı gösterilmektedir. (Özdemir, 2013)



GA' nın tekrarlı yapısı (Vagıfoğlu, 2010)

GA konusuyla ilgili giriş niteliğinde bilgiler verildikten sonra konuyu ayrıntılı olarak incelemeden önce GA ile ilgili kullanılan, terminolojide yer alan kavramların incelenmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla bir alt başlıkta GA terminolojisi kavramları irdelenecektir. (Özdemir, 2013)

Genetik Algoritma Terminolojisi

Evrimsel Algoritmalar: Rastgele arama yapma esasına dayalı bir algoritmadır. Çözüm uzayı içerisinde rastgele arama yaparak çözüm üretilmeye çalışılır. Birçok probleme kolaylıkla uygulanabilen

bir algoritmadır. Az sayıda parametreye ihtiyaç duyuyor olması evrimsel algoritmanın avantajını oluşturur. (Özdemir, 2013)

Kromozom: Kromozomlar, canlılarda kalıtımsal bilgiyi taşıyan yapılardır. Genlerin bir araya gelmesiyle kromozom oluşur. Örneğin insanlar 23 çift kromozomdan meydana gelirler. Genler kromozoma ait tek bir özelliktir. (Özdemir, 2013)

Gen: Kromozoma ait tek bir bilginin yer aldığı yapıdır. Canlıların kalıtsal karakterlerini taşıyıp karakterlerin ortaya çıkmasını sağlarlar ve bu karakterlerin canlıdan canlıya aktarılmasında rol alırlar. (Özdemir, 2013)

Alel: İngilizcede Allele olarak bilinen alel, bir gene ait değerdir ve bir genin değişik varyasyonudur. Bir karakterin ortaya çıkmasında belirleyici rol oynamaktadır. Saç renginin veya göz renginin aynı canlıdan gelmesine rağmen farklılık göstermesinin nedeni aleldir. (Özdemir, 2013)

Genotip: Bir kromozomda yer alan genetik yapıdır. Bir canlıya ebeveynlerinden geçen bütün özelliklere genotip denir. Genlerin bir araya gelmesiyle genotip ortaya çıkar. Örneğin bir gen 0 veya 1 değerinden oluşuyorsa, kromozomda yer alan genler bir araya gelerek genotipi oluştururlar. Yani bir kromozomun yapısı "0110010100" biçiminde olabilir. (Özdemir, 2013)

Fenotip: Genotipte yer alan değerlerin ortaya çıkardığı özelliklerdir denilebilir. Canlının dış yapısını ortaya çıkarır. Genotipte yer alan genlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan dış özelliktir. Kısa boylu olma, renkli göze sahip olma, sarışın olma gibi örnekler verilebilir. (Özdemir, 2013)

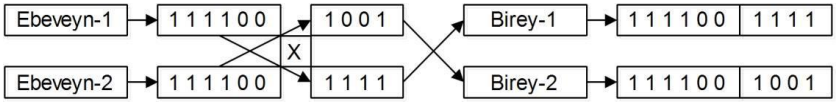
Şema: Bir tür gösterim şeklidir. Kromozomda yer alan genlerin gösterimi şema ile yapılır. Örneğin "010010" ve "010111" gibi iki gen dizisinin şema ile gösterimi "*1**1*" şeklinde olacaktır. Bu gen dizisinin ikinci ve beşinci geni "1" değerini almaktadır. (Özdemir, 2013)

Ebeveyn Seçimi: Bireyin uygunluk değeri ebeveynin seçiminde önemli bir faktördür. Uygunluk değeri yüksek olan ebeveynin seçilme olasılığı daha fazla olacaktır. (Özdemir, 2013)

Genetik Algoritma Operatörleri

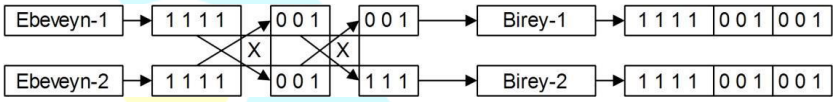
GA operatörlerinden en önemlileri çaprazlama operatörü ve mutasyon operatörüdür. Her iki operatör de yeni bir popülasyon oluşturulurken kullanılmaktadır. Çaprazlama operatörü ile ebeveyn kromozomlarından çeşitli çaprazlama yöntemleri ile bireyin kromozom yapısının ortaya çıkarılması sağlanmaktadır. Mutasyon operatörü ise birey kromozomlarının yapısının bozulması esasına dayanmaktadır. Çaprazlama ve mutasyon operatörleri, GA performansını büyük ölçüde etkileyen operatörlerdir. Çaprazlama ile bireyler arasındaki çeşitlilik artarken buradaki amaç en iyiye ulaşmaktır. Mutasyon da ise elde edilen kromozom yapısının bozularak farklı özellikteki bireylerin ortaya çıkarılması sağlanmaktadır. Mutasyon ile yerel minimumda takılma veya yerel maksimumda takılma riskine engel olmak amaçlandığı söylenebilir. (Özdemir, 2013)

Rastgele bir çaprazlama noktası seçilerek kromozom takası gerçekleştirilir. Seçilen çaprazlama noktasına göre birey kromozomları ebeveynlerinden almaktadır. Geri kalan kromozomlar ise diğer bireye kalmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere çaprazlama tek bir noktadan gerçekleştirilmektedir. Aşağıda tek noktalı çaprazlamaya örnek gösterilmektedir. (Özdemir, 2013)



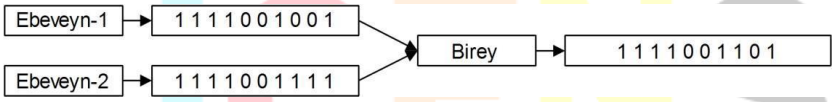
Tek noktalı çaprazlama örneği (Tunçhan, 2008)

Çift noktalı çaprazlama, tek noktalı çaprazlamaya oldukça benzemektedir. Buradaki tek fark tek noktadan değil de iki noktadan çaprazlama yapılmasıdır. Yukarıda tek noktalı çaprazlama için verilmiş olan örnek çift noktalı çaprazlama için yeniden düzenlenirse aşağıdaki gibi bir örnek oluşacaktır. (Özdemir, 2013)



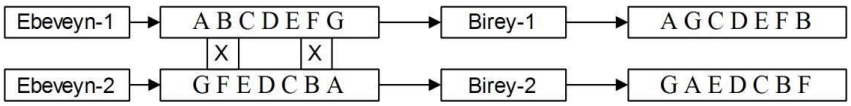
Çift noktalı çaprazlama örneği (Tunçhan, 2008)

Tek biçimli çaprazlama ile rastgele bir olasılığa göre çaprazlama gerçekleştirilemez. Dolayısıyla bu çaprazlama tekniğinde çaprazlama noktası bulunmaz. Her iki ebeveynin kromozomları rastgele bireye aktarılmaktadır. Bu çaprazlama yönteminde tek bir bireyin kromozom yapısı ortaya çıkmaktadır. Tek noktalı çaprazlamada kullanılan örnek tek biçimli çaprazlama için yeniden düzenlenirse aşağıdaki gibi bir şekil ortaya çıkacaktır. (Özdemir, 2013)



Tek biçimli çaprazlama örneği (Tunçhan, 2008)

Sıralı kromozom çaprazlama ile kromozomların çaprazlanması bazı durumlarda belirli bir sıraya göre gerçekleştirilir. Buradaki sıralama herhangi bir iş için önceliklerin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Yapılacak olan işler harflerle temsil edildiği düşünülürse; yedi adımda tamamlanması düşünülen bir iş için şu şekilde bir sıralı kodlama yapılabilir: "A B C D E F G" . Bu kodlama ile işin başlangıç adımının A kromozomu ile temsil edildiği, bitiş adımının ise G kromozomu ile temsil edildiği anlaşılır. Bu tür çaprazlama, kromozomu oluşturan ebeveynlerin sayı ve sıralarının önem taşıdığı durumlarda kullanılır. (Engin ve Fığlalı, 2002) Sıralı kromozom çaprazlama ile ilgili aşağıda bir örnek verilmiştir.



Sıralı kromozom çaprazlama örneği (Engin ve Fığlalı, 2002)

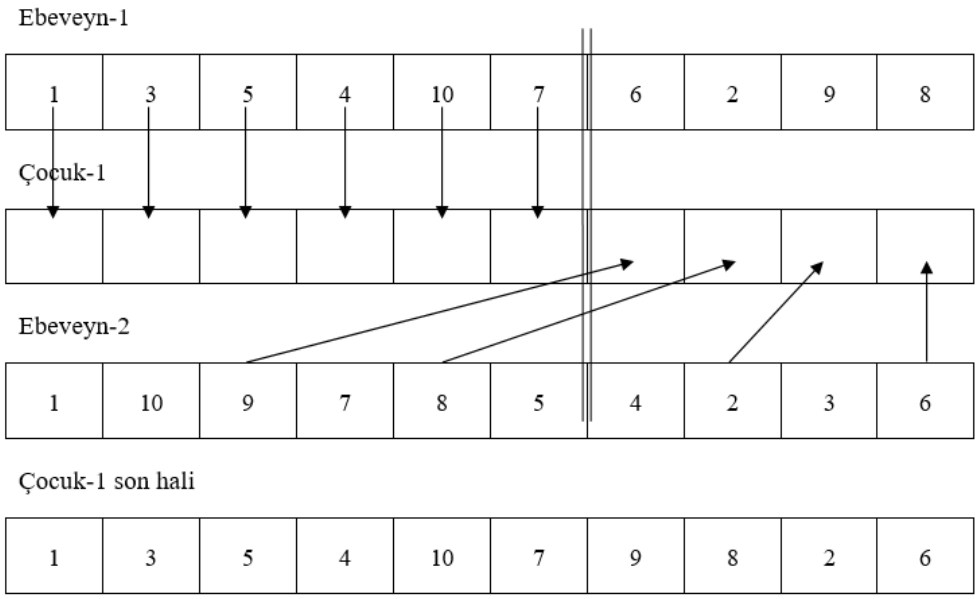
Genetik Algoritma Parametreleri

GA operatörlerinin, GA'nın etkinliğini büyük ölçüde etkilediği daha önceden söylenmişti. Yani kullanılan operatörler GA'nın başarısını etkilemektedir. Seçim, çaprazlama, mutasyon ve popülasyon büyüklüğü GA'nın parametreleridir. Seçim yaparken hangi seçim yönteminin kullanılacağı, çaprazlama ve mutasyonun hangi sıklıkta gerçekleştirileceği ve popülasyon büyüklüğünün ne kadar olması gerektiği GA' da bir sorun teşkil etmektedir. Aşağıda sırasıyla GA parametrelerinden kısaca bahsedilecektir. (Özdemir, 2013)

Seçim: Burada seçimden kasıt kromozomların nasıl seçileceği ile ilgilidir. GA en iyinin hayatta kalması esasına dayandığından dolayı nasıl bir seçim gerçekleştirilirse elde edilecek olan bireyler daha sağlıklı bireyler olurlar veya ebeveynlerinden nasıl daha üstün bireyler olurlar sorusunun cevabı aranmaktadır. Seçimle ilgili çeşitli yöntemler mevcut olup bu yöntemlere; rulet tekerleği seçimi, sıralama seçimi, sabit durum seçimi, turnuva seçimi ve stokastik seçim vb. örnek verilebilir. (Özdemir, 2013)

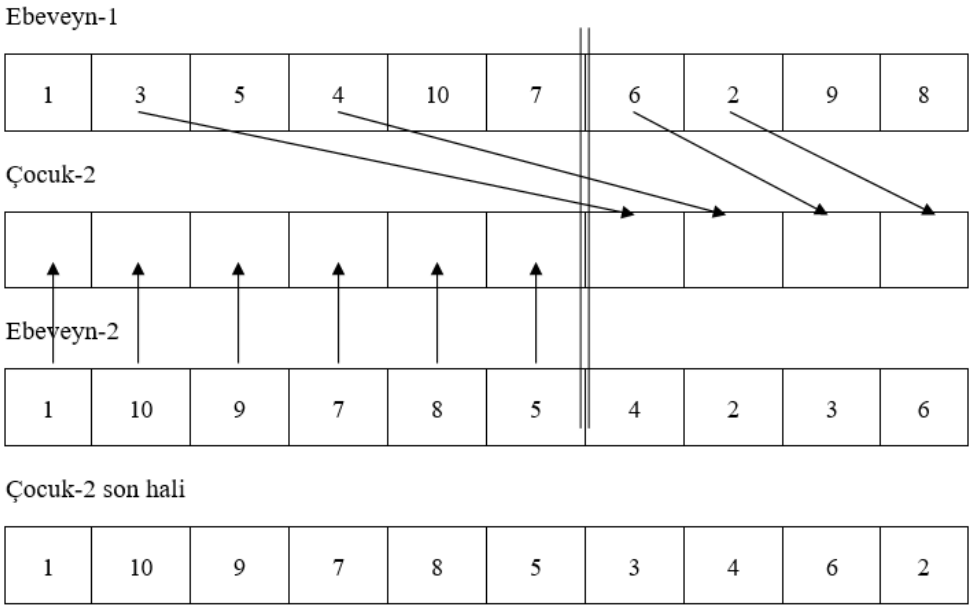
Çaprazlama: Çaprazlamanın amacı yeni nesillerin atalarının birebir kopyası olmalarını engellemek, bir öncekinden farklı nesiller üreterek çeşitliliği arttırmak ve böylece daha geniş bir çözüm uzayında çalışarak arzu edilen sonuca ulaşma olasılığını arttırmaktır. Çaprazlama operatörü, bireylerin kromozom yapısı oluşturulurken ebeveynlerinden gelen kromozomların hangi sıklıkta değişeceği ve hangi ebeveynden hangi kromozomun geleceğini belirler. Bu noktada şu çıkarımda bulunmak gayet yerinde olacaktır. Çaprazlama oranı ne kadar yüksek olursa ebeveyninden o derece farklı kombinasyondan oluşan kromozom yapısına sahip bireyler oluşacaktır. Bu da araştırma yapılan çözüm uzayının farklı noktalarında araştırma yapıldığı anlamına gelecektir. Çaprazlama oranının yüksek olmasıyla, çözüme ulaşma noktasında çözüm uzayında alternatif yöntemler denendiğinden dolayı çözüme daha kısa sürede ulaşılabileceği anlamına gelmektedir denilebilir. (Özdemir, 2013)

Çaprazlama genetik algoritmalardaki en önemli parametrelerden bir tanesidir. Seçim süreci sonunda elde edilen ebeveynler çaprazlamaya tabi tutularak yeni bireyler oluşturulur. Burada amaç ebeveyn kromozom genlerinden uygunluk değeri daha yüksek olan çocuk kromozomlar meydana getirmeye çalışmaktır. Literatürde birçok çaprazlama yöntemi mevcuttur. Bunlar arasında en kolayı tek noktalı çaprazlamadır. Bu yöntemde seçilmiş olan iki ebeveyn için ortak bir çaprazlama noktası belirlenir. Birinci çocuk çaprazlama noktasına kadar olan genleri olduğu gibi birinci ebeveynden alır. Diğer genler ise ikinci ebeveyndeki sıraya uygun olarak oluşturulur. Benzer şekilde ikinci çocuk çaprazlama noktasına kadar olan genleri ikinci ebeveynden, diğer genleri ise birinci ebeveynden uygun sıra ile alır.



Tek nokta çaprazlama örneği - 1

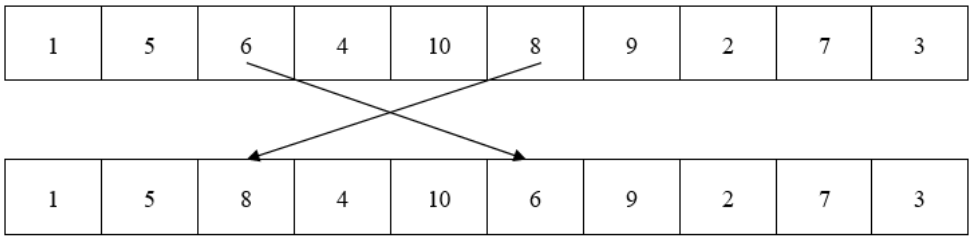
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi ebeveyn-1 den tek nokta için seçilen indise kadar olan genler çocuk-1 e aktarılmıştır. Geriye kalan boş genleri program ebeveyn-2 nin ilk geninden başlayıp son genine kadar dolaşmaktadır. Çocuk-1 de olmayan genleri tespit edip çocuk-1 in boş genlerini ebeveyn-2 nin genleriyle doldurmaktadır. Çocuk-2 nin oluşumu ise aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Tek nokta çaprazlama örneği - 2

Mutasyon: Mutasyon parametresi ile mutasyon sayısı belirlenir. Mutasyon ile bireyin genleri ebeveyninden aktarılırken değişikliğe uğrar. Mutasyonun çok yüksek olması gen yapısının tamamının değişmesine neden olurken, bu oranın düşük olması da bireyin genlerinin ebeveyninin genleri ile aynı olması anlamına gelecektir. Bu durum da araştırma yapılan uzayda istenilen sonuca ulaşmaya engel teşkil edecektir. Mutasyon ile yerel minimum ya da maksimumda takılma riski elimine edilmeye çalışılır. Yani elde edilmiş olan bir çözüm mutasyon ile bozulup yeni çözüm değerleri elde edilmeye çalışılır. Böylelikle yerel minimum ya da maksimumdan uzak durulmuş olur. (Özdemir, 2013)

Mutasyon popülasyonda genetik çeşitliliği sağlamak ve korumak için kullanılan bir operatördür. Mutasyon ile çaprazlama sonucu oluşan çocuğun genlerinden bir ya da bir kaçı rastgele olarak değiştirilir ve yeni kromozomlar elde edilir. Gezgin satıcı probleminde mutasyon rastgele seçilen iki genin yer değiştirmesi şeklinde yapılır. Bu operatör tüm çocuklara uygulanmayıp, üretilen çocukların belirli bir yüzdesine uygulanmaktadır. Bu yüzdeye mutasyon oranı veya mutasyon olasılığı adı verilir. Mutasyon olasılığı genellikle (0.01 gibi) düşük tutulmaktadır. Bu nedenle mutasyon etkileri kromozomlarda az görülmektedir. Mutasyon sırasında kromozomdaki gen sayısı değişmez, sabit kalır. Çaprazlama sonucu oluşan bir çocuğa uygulanan mutasyon örneği aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Mutasyon örneği

Bu örnekte birinci çocuğun üçüncü ve altıncı geninin rastgele seçilmiş iki gen olduğunu varsayalım. Bu şekilde çocuğun kromozomunda üçüncü ve altıncı genler yer değiştirerek çocuk mutasyona uğratılmıştır. (Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2010)

Uygunluk Fonksiyonu: Eğer çözüm uzayı X ile ifade edilirse, bu çözüm uzayında çözüm değeri x ile uygunluk fonksiyonu da f (x) ile ifade edilecektir. GA, popülasyonda yer alan kromozomlardan rastgele çözüm değerleri seçerek bu çözüm değerlerini hesaplar. Uygunluk fonksiyonu vasıtasıyla en iyi çözüm değeri seçilir. (Khoo ve Suganthan, 2002)

Popülasyon Büyüklüğü: Popülasyon büyüklüğünün belirlenmesi GA için oldukça önemli bir konudur. Popülasyonun gereğinden fazla büyük veya gereğinden düşük seçilmesi algoritmanın performansını etkilemektedir. Popülasyon değerinin büyük olması çözüm süresinin artmasına neden olurken popülasyon büyüklüğünün düşük seçilmesi araştırma uzayının yeterince temsil edilememesine neden olacaktır. (Colin, Reeves, Jonathan ve Rowe, 2003)

Açıklayıcı Örnek

Sadece seyahatler verilerek sonuç programı oluşturulabilir.

ID	Başlangıç Noktası	Bitiş Noktası
1	A	B
2	D	E
3	B	C
4	C	A
5	B	D
6	C	D
7	E	A

Seyahat programı

Bu listede en az bir ID turistin başlangıç şehri olmalıdır.

1	3	6	2

Rota

Çözüm: Bütçeyi aşmayan ∑ tatmin düzeyi max olan, kendi şehrinden çıkış tarihi Ds den sonra Dönüş tarihi Df den önce olan aşağıdaki çözüm,

Eylem	ID	Başlangıç	Bitiş	Süre	Tutar	Tatmin
Seyahat	1	A	B	5 saat	70	0
Konaklama		B	-	2 gün	30x2=60	60+5x2=70
Seyahat	3	B	C	7 saat	92	0
Konaklama		C	-	1 gün	40x1=40	70+4x1=74
Seyahat	6	C	D	4 saat	84	0
Konaklama		D	-	3 gün	35x3=105	55+6x3=73
Seyahat	2	D	E	6 saat	100	0
Konaklama		E	-	2 gün	40x2=80	80+6x2=92

Çözüm

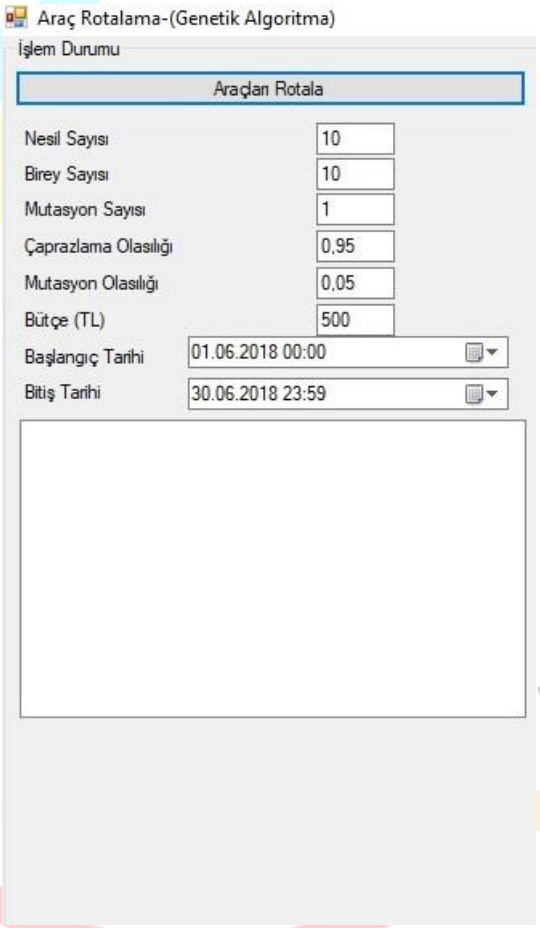
Toplam Tatmin: 309

Toplam Süre: 9 gün

Toplam Harcama: 631 TL
Toplam Şehir Sayısı: 5

Deneysel Çalışma

Bu araştırmada turist rotalama probleminin çözümü için GA kullanan bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamanın testi için kullanılan ekran görüntüsü aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

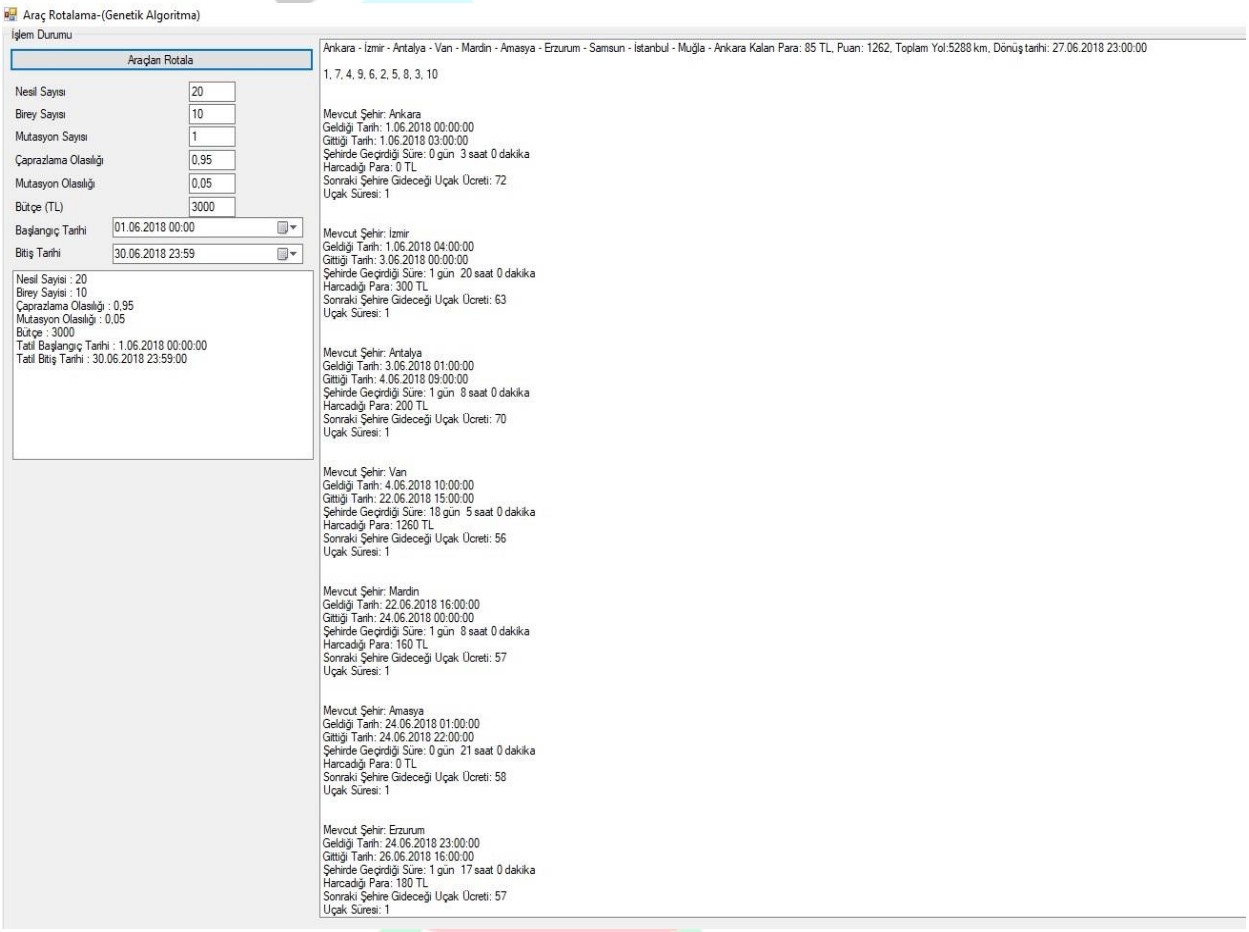


Uygulama görüntüsü

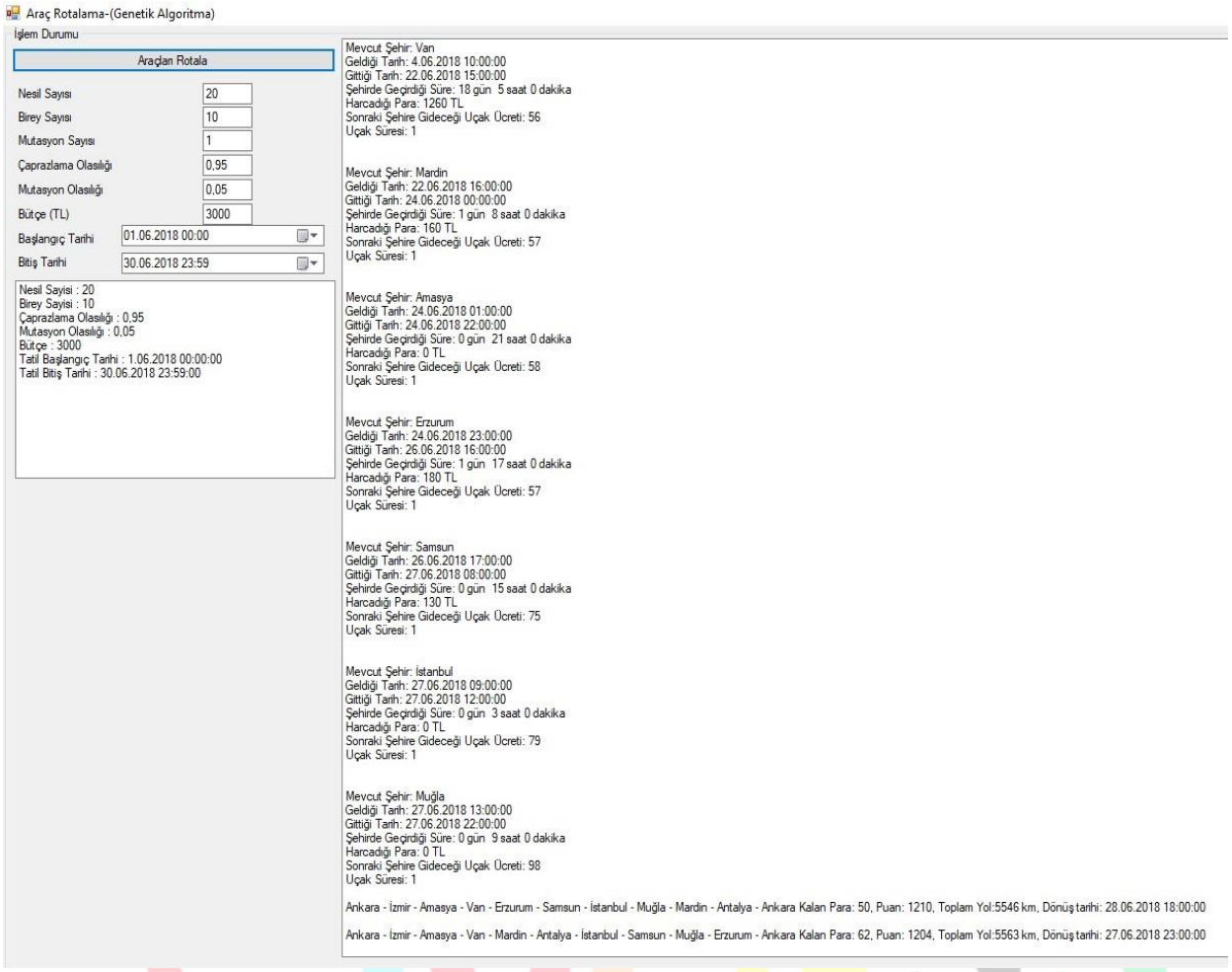
Yukarıdaki şekilde görünen program Microsoft Visual Studio 2015 da C# dili ile program içerisinde bulunan verileri alarak turist rotalama problemini çözmektedir. Kullanıcıdan istenen nesil sayısı, birey sayısı, mutasyon sayısı, mutasyon olasılığı, çaprazlama olasılığı, bütçe, başlangıç tarihi, bitiş tarihi gibi bilgilere göre dinamik bir şekilde program çalışmaktadır. Program çalışmayı durdurduğunda en iyi 3 adet rotayı kullanıcıya sunmaktadır. Bunlardan en iyisinin gittiği her bir şehir için geldiği tarih, gittiği tarih, şehirde geçirdiği süre, harcadığı para, sonraki şehre gideceği uçak ücreti ve uçak süresi verilerini kullanıcı ile paylaşmaktadır. Deneyler üzerinde Intel Core I7-6700 serisi 2.6 GHZ hıza sahip

4 çekirdekli işlemci, 12 GB belleğe sahip bir bilgisayarda, denenmiştir. Deney sonuçlarının bazıları aşağıdaki gibidir.

Bu deneyde birey sayısı 10, çaprazlama oranı %95, mutasyon oranı %5, mutasyon sayısı 1, bütçesi 3000 TL, tatil süresi 1 ay, nesil sayısı ise 20 olacak şekilde GA çalıştırılmıştır. Aynı test verileri ile birkaç kez denenmiş her seferinde birbirinden farklı olsa da yakın değerlere ulaşılmıştır. GA 10 dakika 55 saniyede çalışmayı bitirmiş, en iyi bireyin tatmin değeri 1262, kalan parası 85 TL, toplam yolu 5288 km, dönüşü ise 27. günde olmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekillerde görülmektedir.



Deney görüntüsü - 1



Deney görüntüsü – 2

GA sonunda ortaya çıkan rota, şehirler, bütçe, tatil süresi için incelenmiş, zorunlu kısıtların hepsinin çözüldüğü gözlenmiştir. Van' da diğer şehirlere göre daha fazla süre kalmasının sebepleri incelendiğinde bütçesine göre en ucuz uçak biletinin 22 Haziran tarihinde olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada turistler için büyük kolaylık sağlayacak turist rotalama problemi incelenmiştir. Turist rotalama problemi, bir turistin belirlemiş olduğu şehirleri, belirlemiş olduğu zaman aralığında, bütçesini aşmayacak şekilde en mantıklı biçimde dolaşmasını sağlama işlemidir.

Turist rotalama problemi kaynakların kıt ve bir çok kısıtlı durumun olması bu tip problemleri çözümü zor bir optimizasyon problemi haline getirmektedir. Bu tip optimizasyon problemlerini tam ve kesin çözüm veren geleneksel matematiksel yaklaşımlarla çözmek çok zor ve çok uzun zaman alacağından, tam çözüm ya da tam çözüme yakın çözümler veren sezgisel algoritmalara ihtiyaç

duyulmaktadır. Bu çalışmada sezgisel bir yaklaşım olan GA ile turist rotalama problemi çözülmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmada program içinde yer alan veriler ve kullanıcıdan alınan verilere göre çalışan bir GA kodlanmıştır. GA kısıt tabanlı çalışmaktadır. Kısıtlara uyulmasına zorlayan bir kodlama yapılmıştır. Bu sayede en fazla puanı toplama yoluna gidilmektedir.

GA ile yazılan program üzerinde değişik verilerle yapılan deneylerde GA' nın parametreleri değiştirilmiş değişik parametreler için değişik sonuçlar alınmıştır. Bu veriler değerlendirildiğinde %80 çaprazlama ve %10 mutasyon oranının iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Birey sayısının yüksek ve az olduğu değerler çaprazlama ve mutasyon oranları değiştirilmeden denendiğinde 80-120 birey aralığında GA' nın iyi sonuçlar verdiği ve hızlı çalıştığı görülmektedir. 80 bireyden daha az olan birey sayılarında daha hızlı bir çözüme ulaşılsa da tatmin edici sonuçlar alınamamıştır. Birey sayısı çok büyük tutulduğunda ise sonuçlar aynı oranda iyiye doğru gitmemiştir. Bu noktada turnuva metodunun sonucu ciddi şekilde etkilediği düşünülmektedir. Bu çalışmada kullanılan turnuva metodu birey sayısından bağımsız olarak çalışan daha iyi bireylerin seçildiği metottur. Nesil içerisinden seçilen iki bireyden daha iyisinin seçildiği turnuva metodu daha iyi bireylerin gelecek nesillere aktarılmasını sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışma ile yapılan testler zor bir optimizasyon problemi olan turist rotalama probleminin uygun çaprazlama ve mutasyon değerleri ile GA kullanılarak çözülebileceğini göstermektedir. GA nın daha iyi sonuçlar vermesi için popülasyon büyüklüğünün, çaprazlama ve mutasyon değerlerinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda algoritmanın hızı daha iyi seviyelere getirilebilir.

Kaynaklar

Bianchessı N. (2017). A Branch-And-Cut Algorithm Fort Theteam Orienteering Problem. *Internatıonal Transactıons In Operatıonal Research, 25*, 627–635

Ladesma J. , Gonzales J. (2017). A Solving the Team Orienteering Arc Routing Problem with a column generation approach. *European Journal of Operational Research, 262*, 14-27

El-Hajj R., Dang D., Moukrim A. (2016). Solving the team orienteering problem with cutting planes. *Computers & Operations Research, 74,* 21-30

Ka L., Zhai L., Li J., Chan F. (2015). Pareto mimic algorithm: An approach to the team orienteering problem. *Omega, 61*, 155-166

Keshtkaran M., Ziarati K., Bettinelli A., Vigo D. (2015). Pareto mimic algorithm: An approach to the team orienteering problem. *International Journal of Production Research, Vol. 54, No. 2*, 591–601

Brito J., Exposito A., Moreno A., (2016). Pareto Solving the Team Orienteering Problem with Fuzzy Scores and Constraints. *IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings, (2016)*, 1614-1620

Zettam M., Elbenani B., (Mayıs, 2016). A novel Randomized Heuristic for the Team Orienteering Problem, *3rd IEEE International Conference on Logistics Operations Management (GOL) konferansında sunuldu*, Fes, Morocco

Gavalas D., Konstantopuolos C., Mastakas K., Pantziou G., Vathis N., (2015). Heuristics for the time dependent team orienteering problem:Application to tourist route planning. *Computers and Operations Research, 62,* 36–50

Ben-Said A., El-Hajj R., Moukrim A., (2016). An adaptive heuristic for the Capacitated Team Orienteering Problem. *Elsevier, Ifac-PapersOnLine 49-12,* 1662–1666

Archetti C., Corberan A., Plana I., Sanchis JM., Speranza MG. (2015). A matheuristic for the Team Orienteering Arc Routing Problem. *European Journal of Operational Research, 245,* 392–401

Wang X., Golden B., Gulczynski D., (2014). A worst-case analysis for the split delivery capacitated team orienteering problem with minimum delivery amounts. *Optimization Letters, December 2014,* 2349-2356

Salazar-Aguilari MA., Langevin A., Laporte G., (2013). A The multi-district team orienteering problem. *Computers & Operations Research, 41*, 76–82

Archetti C., Bianchessi N., Sprenza MG., (2012). A The capacitated team orienteering problem with incomplete service. *Optimization Letters, October 2013*, 1405-1417

Dang D., Guibadj RN., Moukrim A., (2013). An effective PSO-inspired algorithm for the team orienteering problem. *European Journal of Operational Research, 229,* 332–344

Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 19, Sayı 3, 423-438

Özdemir M., (2013). *Zaman Kısıtı Altında Takım Oryantiring Problemlerinin Yapay Arı Kolonisi Yaklaşımı İle Çözülmesi,* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı

Tunçhan C., (2008). Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları, *Papatya Yayınevi,* 14

Akyol S., Alataş B., (2012). Sürü Zekâsı Optimizasyon Algoritmaları. *Güncel Sürü Zekâsı Optimizasyon Algoritmaları,* 36

Akay B., Karaboğa D. (2007). Signal Processing and Communications Applications. *SIU, IEEE 15th*

Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C.D., Vecchi Jr, M.P., (1983). Optimization By Simulated Annealing. *Science, 220*, 671-680

Connoly, D., (1990). An Improved Annealing Scheme for the QAP. *European Journal of Operational Research, 46,* 93–100

Huang, M., Romeo, F., Sangiovanni-Vincentelli, A. (1986). An Efficent General Cooling Scedule for Simulated Annealing. *IEEE Transact on Computer Aided Design, 5*, 381–384

Van Laarhoven, P.J.M,. Aarts, E.H.L., Lenstra, J.K. (1992), Job Shop Scheduling by Simulated Annealing, *Operations Research, 40*, 113–126.

Karaboğa D., (2011), Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları, *Nobel Yayın Dağıtım. Genişletilmiş 2. Basım,* 50

Engin O., Fığlalı A., (2002), Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma Yardımı İle Çözümünde Uygun Çaprazlama Operatörünün Kullanılması. *Doğuş Üniversitesi Dergisi 2002/6,* 27-35

Khoo, K. G., Suganthan, P. N., (2002), Evaluation of genetic operators and solution representations for shape recognition by genetic algorithms. *Pattern Recognition Letters, 23,* 1589-1597

Colin R. Reeves, Jonathan E. Rowe, (2003), Genetic Algorithms: Principles and Perspectives. *A Guide to GA Theory*, 25

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Büyük Hacimli Mekânsal Verilerin Açık Kaynak Yazılımlar ile Harita Katmanı Olarak Yayınlanması

Publishing Large Volume Spatial Data as Map Layer with Open-Source Software

Murat TAŞYÜREK[1]

Abstract

Today, the system that performs the functions of collecting, storing, processing, managing, spatial analysis, querying and presenting geographical data in location-based decision-making processes for the solution of many problems is called Geographic Information System (GIS).In the GIS system, the data are kept in the database system or file form in the format defined in the map projection system. These data, which can consist of data types such as point, line and polygon in the GIS system, are called spatial data. Infrastructure systems such as Natural Gas, Electricity, Water, Telephone and Internet can perform fast transactions in digital environment by examining their subscribers on the map by using GIS systems in address structure. Since the data in the GIS system constitute a map address layer of the systems that work in integration with the GIS system, it is important to present this data as the map layer.

Özet

Günümüzde birçok sorunun çözümüne yönelik konuma dayalı karar verme süreçlerinde, coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren sistem Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) olarak adlandırılmaktadır. CBS sisteminde veriler veri tabanı sisteminde veya dosya formatında harita projeksiyon sistemimde tanımlı olan formatta tutulmaktadır. CBS sisteminde nokta, çizgi ve poligon gibi veri tiplerinden oluşabilen bu veriler mekânsal veri olarak adlandırılmaktadır. Doğalgaz, Elektrik, Su, Telefon ve İnternet gibi alt yapı kurumları adres yapısında CBS sistemlerini kullanarak abonelerini harita üzerinde irdeleyerek dijital ortamda hızlı işlem yapabilmektedir. CBS sisteminde bulunan veriler, CBS sistemi ile entegre çalışan sistemlerin harita adres altlığını oluşturduğundan dolayı bu verilerin harita katmanı olarak sunulması önem

[1] Murat TAŞYÜREK, Dr. Öğr. Üyesi, Kayseri Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, murattasyure@kayseri.edu.tr

In this study, it is proposed to present the map layser using open source software in the GIS system with large volumes of spatial data. In the proposed system, spatial datasets belonging to Kayseri Metropolitan Municipality were used. In the proposed system, GeoServer software, which is an open-source software written in Java programming language and enables the sharing, processing and updating of spatial data, is used. TileCache system, which has BSD license, was used to increase the performance of GeoServer software. In the proposed study, the performances of GeoServer and GeoServer-TileCache systems were compared on real data. Experimental results showed that the proposed GeoServer-TileCache based system responded faster than the GeoServer based system.

Keywords: Geographic Information Systems, Spatial Data, GeoServer, TileCache, Map Layer

arz etmektedir. Bu çalışmada, büyük hacimli mekânsal verilerin bulunduğu CBS sisteminde harita altlığının açık kaynak yazılımlar kullanılarak sunulması önerilmiştir. Bu çalışmada önerilen sistemde Kayseri Büyükşehir Belediyesine ait mekânsal veriler kullanılmıştır. Önerilen sistemde Java programlama dili ile yazılmış açık kaynaklı bir yazılım olan ve mekânsal verilerin paylaşılmasına, işlenmesine ve güncellenmesine olanak sağlayan GeoServer yazılımı kullanılmıştır. GeoServer yazımının performansını artırmak için BSD lisansına sahip olan TileCache sistemi kullanılmıştır. Önerilen çalışmada gerçek veriler üzerinde GeoServer ve GeoServer-TileCache sistemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar, GeoServer-TileCache tabanlı önerilen sistemin GeoServer tabanlı sisteme göre daha hızlı cevap verdiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekânsal Veriler, GeoServer, TileCache, Harita Katmanı

1. Giriş

Günümüzde birçok sorunun çözümüne yönelik konuma dayalı karar verme süreçlerinde, coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren sistem Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) olarak adlandırılmaktadır (Taşyürek, 2021). CBS sisteminde veriler veri tabanı sisteminde veya dosya formatında harita projeksiyon sistemimde tanımlı olan formatta tutulmaktadır. CBS sisteminde nokta, çizgi ve poligon gibi veri tiplerinden oluşabilen bu veriler mekânsal veri olarak adlandırılmaktadır (Tecim, 2008). Doğalgaz, Elektrik, Su, Telefon ve İnternet gibi alt yapı sistemleri adres yapısında CBS sistemlerini kullanarak abonelerini harita üzerinde irdeleyerek dijital ortamda hızlı işlem yapabilmektedir. CBS sisteminde bulunan veriler, CBS sistemi ile entegre çalışan sistemlerin harita adres altlığını oluşturduğundan dolayı bu verilerin harita katmanı olarak sunulması önem arz etmektedir (Karabulut, 2008). CBS sisteminde kayıtlı mekânsal veriler genellikle büyü hacimlere sahiptir ve bu verilerin harita

altlığı olarak sunulması için harita sistemine uygun formatta görüntü oluşturacağından dolayı büyük hacimli mekânsal verilerden adres altlığı oluşturulması zordur.

ESRI firması tarafından geliştirilen ArcGIS sistemi büyük hacimli mekânsal verilerin harita altığı olarak sunulması için kullanılan en yaygın sistemlerden birisidir ve ücretli bir yazılımdır (Scott ve ark., 2010). Diğer taraftan, GeoServer sistemi kullanıcıların mekânsal verileri paylaşmasına, işlemesine ve düzenlemesine olanak tanıyan Java ile yazılmış açık kaynaklı bir sunucudur (Youngblood, 2013). Birlikte çalışabilirlik için tasarlanmış olan GeoServer yazılımı açık standartları kullanarak herhangi bir büyük mekânsal veri kaynağından veri yayınlayabilmektedir. Büyük hacimli mekânsal verilerin ücretsiz olarak yayınlanmasına olanak sağlayan GeoServer sunucusuna çok fazla sayıda kullanıcı aynı anda istekte bulunduğunda sunucuya gelen isteklere geç cevap verme sorunu oluşabilmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için farklı kullanıcılar tarafından istenilen aynı çerçevenin bir defa oluşturup bütün kullanıcılara oluşturulan çerçevenin sunulması gerekmektedir. MetaCarta tarafından BSD lisansı altında sunulan TileCache sistemi ise önbelleğe alma mekanizmaları ile ön plana çıkan Python tabanlı bir WMS-C / TMS sunucusudur (Labiosa ve ark., 2010).

Bu çalışmada, büyük hacimli mekânsal verilerin bulunduğu CBS sisteminde harita altlığının açık kaynak yazılımlar kullanılarak sunulması önerilmiştir. Bu çalışmada önerilen sistemde Kayseri Büyükşehir Belediyesine (KBB) ait büyük hacimli mekânsal veriler kullanılmıştır. Önerilen sistemde Java programlama dili ile yazılmış açık kaynaklı bir yazılım olan ve mekânsal verilerin paylaşılmasına, işlenmesine ve güncellenmesine olanak sağlayan GeoServer yazılımı kullanılmıştır. GeoServer yazımının performansını artırmak için BSD lisansına sahip olan TileCache sistemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde problem tanıtılmış ve çözüm yöntemleri sunulmuş ve daha sonra araştırma sonuçları ve tartışma bölümünde yapılan deney sonuçları paylaşılmıştır ve sonuçlar bölümünde ise çalışmanın sonucu sunulmuştur.

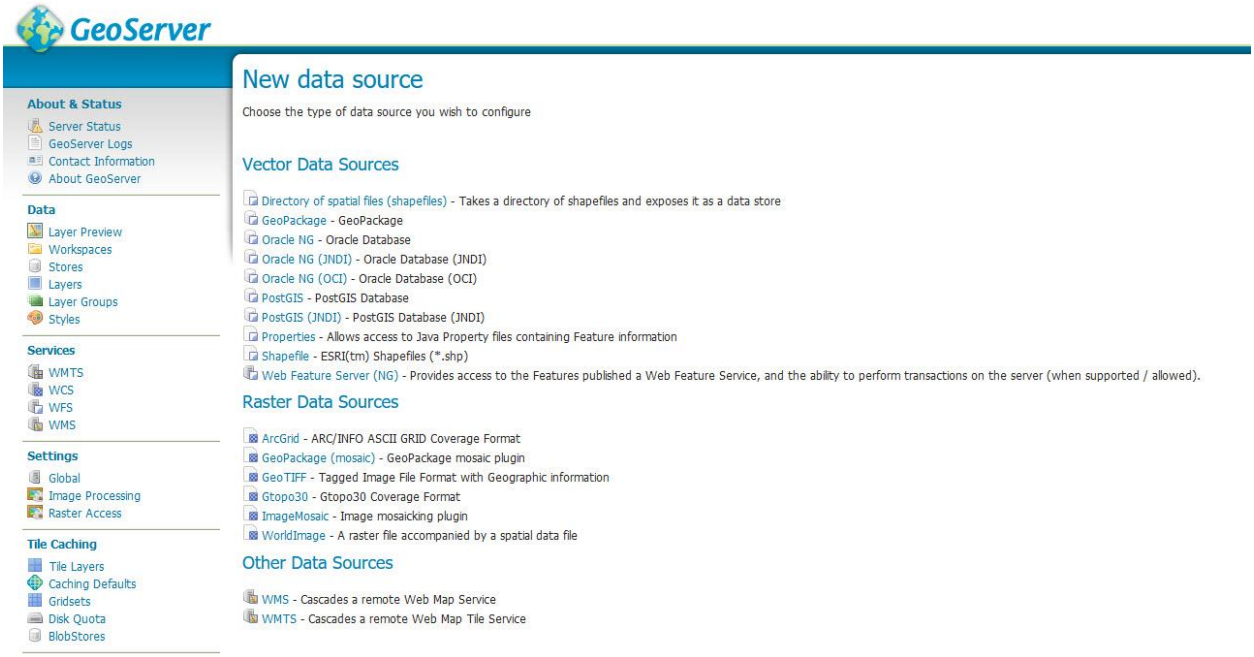
2. Problem ve Çözümler

Problem, KBB ait büyük hacimli mekânsal verilerin CBS sistemleri için harita altığı olarak kullanılması işleminde ortaya çıkmıştır. İlk olarak Java programlama dili ile yazılmış açık kaynaklı bir yazılım olan ve mekânsal verilerin paylaşılmasına, işlenmesine ve güncellenmesine olanak sağlayan GeoServer sunucu sistemi ile probleme çözüm üretilmeye çalışılmıştır. Ancak, uygulama aşamasında aynı anda çok fazla sayıda kullanıcı tarafından GeoServer sistemine istekte bulunulduğunda GeoServer sisteminin istenilen harita katmanının çerçevesi için cevap verme süresinin uzadığı görülmüştür. Bu sorunun üstesinden gelmek için GeoServer sistemi ile birlikte önbelleğe alma mekanizmaları ile ön plana çıkan Python tabanlı TileCache sistemi kullanılarak performans sorunu giderilmeye çalışılmıştır.

2.1. GeoServer Tabanlı Çözüm

Yapılan incelemeler sonucunda CBS sisteminde kayıtlı olan ve harita katmanı olarak sunulacak mekânsal verileri ilçe sınırı, mahalle sınırı, cadde sokak bulvar küme evler bilgisi, bina yapı bilgisi, bina

dış kapı numarası ve önemli noktalar (point of interest) olarak belirlenmiştir. GeoServer sisteminde, katmanlar raster ve vektör olmak üzere iki gruba ayrılır. Bu iki format, mekânsal bilgileri nasıl sakladıkları bakımından farklılık göstermektedir (Iacovella, 2017). Vektör veri grubu, özellik türleri hakkındaki bilgileri matematiksel olarak depolar. Vektör grubunu oluşturan nokta veri tipi tek bir x, y koordinatından oluşur, dizi formatında saklanan x, y koordinatı çizgi formatını oluşturur ve dizi formatında saklanan ve aynı yerde başlayıp biten x, y koordinatları ise çokgeni (poligon) oluşturur. KBB'den alınan ilçe sınırları, mahalle sınırları ve bina yapı sınırları verisi çok fazla sayıda x ve y koordinatlarından oluştuğundan dolayı ve çok fazla sayıda mekânsal veri olduğundan dolayı büyük hacimli veri özelliği göstermektedir. KBB CBS sisteminde veriler Oracle veritabanında tutulmaktadır. GeoServer siteminde Oracle veritabanında tutulan verilerin harita katmanı olarak eklenebilmesi için GeoServer Oracle eklentisinin indirilip GeoServer'ın kuruluğu olduğu dizinde bulunan WEB-INF/lib dizinine eklentinin eklenmesi gerekmektedir (Henderson, 2014). GeoServer sistemine Oracle eklentisi eklendikten sonra oluşan veri kaynaklarının listesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 GeoServer Veri Kaynakları

Veri kaynağı listesinde bulunan Oracle NG linki tıklanıp Oracle veritabanının bağlantı bilgilerinin girilmesi gerekmektedir. Bu adımdan sonra katmanlar (layers) kısmına tıklanarak Oracle veri kaynağından GeoServer sunucusu üzerinden sunulmak istenen tablolar sırasıyla katman olarak eklenmelidir. Nokta, çizgi ve poligon veri türleri farklı gösterim özellikleri olduğundan dolayı farklı katman sitillerinin seçilmelidir. Bu işlem adımından sonra katman ön izleme (layer preview) menüsü altında bulunan katmanların linki Leaflet ve OpenLayers gibi açık kaynak kütüphaneler kullanılarak ilgili web sitelerinde yayınlanabilir (Netek ve ark., 2019)

2.2 GeoServer-TileCache Tabanlı Çözüm

GeoServer sisteminde ilgili katmanı aynı anda çok fazla kullanıcı talep (request) ettiğinde her istek için harita katmanının çerçevelerini yeniden oluşturmaktadır ve bu işlem sistemin isteklere cevap verme süresini uzatmaktadır. GeoServer sunucu sisteminde özellikle büyük hacimli mekânsal veriler harita katmanı olarak yayınlandığında ve sisteme çok fazla sayıda kullanıcı istekte bulunduğunda sistemin cevap verme süresi daha fazla uzamaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için farklı kullanıcılar tarafından istenilen aynı çerçevenin bir defa oluşturup bütün kullanıcılara oluşturulan çerçevenin sunulması gerekmektedir. Bu çözüm yönteminde GeoServer tarafından üretilen harita katmanlarının TileCache sistemi ile bir defa ön belleğe kayıt edilmesi ve daha sonra isteklere bellek üzerinden cevap verilmesi önerilmiştir. TileCache sistemi, MetaCarta tarafından BSD lisansı altında sunulan önbelleğe alma mekanizmaları ile ön plana çıkan Python tabanlı bir WMS-C / TMS sunucusudur (Labiosa ve ark., 2010). GeoServer sistemi harita katmanlarını WMS olarak sunabilmektedir. WMS (Web Map Service), 1999 yılında GeoSpatial konsorsiyum tarafından internet üzerinden coğrafi referanslı harita görüntüleri sunmak için geliştirilen standart bir protokoldür (Blower ve ark., 2013). TMS (Tile Map Services), açık kaynak GeoSpatial kuruluşu tarafından geliştirilen ve verilerin ızgara formatında kaydedilmesini ve resim formatında sunulmasını sağlayan protokoldür.

TileCache sistemi farklı kaynaklar tarafından sunulan WMS veya TMS servislerinin ön belleğe alınarak tek bir kaynaktan hızlı bir şekilde sunulmasını sağlayan bir sistemdir. TileCache sistemi Python tabanlı olduğundan dolayı öncelikle ilgili sunucuya Python sisteminin kurulması gerekmektedir. Python kurulduktan sonra TileCache sistemi kurulmalı ve tilecache.cfg olarak belirlenen yapılandırma dosyası düzenlenmelidir (Chawanji, 2020). Yapılandırma dosyası içerisinde ilgili katmanın sınırlarını belirleyen bbox, katmanın uzantısını belirleyen extension, sunulacak katmanları belirleyen layers, ızgara boyutunu belirleyen size, katmanın projeksiyonunu belirleyen srs, katmanın türünü belirleyen type ve katmanın sunucu adresini belirten url parametreleri bulunmaktadır. Şekil 2'de TileCache sisteminin yapılandırma dosyasında bulunan parametrelerinin değer aralıkları paylaşılmıştır.

```
# mapfile=<full path to map file>
# url=<full URL of WMS>
# layers=<layer>[,<layer2>,<layer3>,...]
#                                *** optional iff layername if what
#                                    your data source calls the layer **
# extension={png,jpeg,gif}       *** defaults to "png"                ***
# size=256,256                   *** defaults to 256x256              ***
# bbox=-180.0,-90.0,180.0,90.0   *** defaults to world in lon/lat     ***
# srs=EPSG:4326                  *** defaults to EPSG:4326            ***
# levels=20                      *** defaults to 20 zoom levels       ***
# resolutions=0.1,0.05,0.025,... *** defaults to global profile       ***
# metaTile=true                  *** metatiling off by default
#                                    requires python-imaging          ***
# metaSize=5,5                   *** size of metatile in tiles
#                                    defaults to 5 x 5                ***
# metaBuffer=10                  *** size of metatile buffer in px    ***
# expired=1970-01-01T00:00:00Z   *** utc timestamp. disk cache only   ***
#                                *** all tiles with a mtime earlyer   ***
#                                *** will be rebuilt as they are      ***
#                                *** requested                        ***
# mime_type=image/png  *** by default, the mime type is image/extension ***
#                      *** but you may want to set extension=png8 for   ***
#                      *** GeoServer WMS, and this lets you set the     ***
#                      *** mime_type seperately.                        ***
```

Şekil 2 TileCache Parametre Değerleri

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada KBB'den alınan gerçek mekânsal verileri kullanılmıştır. Tablo 1'de KBB'ye ait verilerin genel bilgisi sunulmuştur. Tablo 1'de gösterilen mekânsal verilerin nokta sayısı incelendiğinde büyük hacim özelliği göstermektedir.

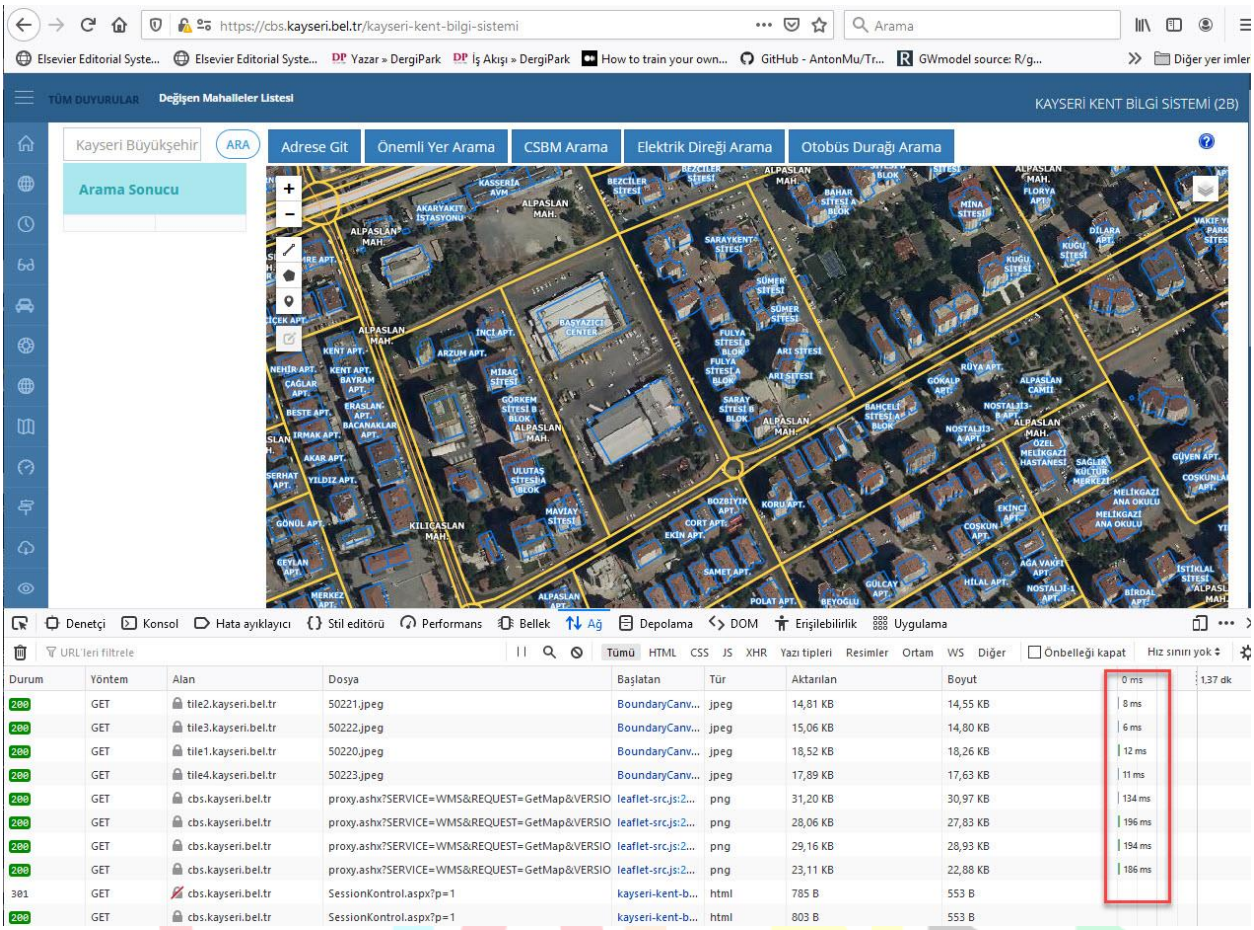
Tablo 1. KBB Mekânsal Veriler

Tablo	Mekânsal Veri Türü	Toplam İçerdiği Nokta Sayısı
İlçe Sınırı	Poligon	46.277
Mahalle Sınırı	Poligon	305.706
Cadde Sokak Bulvar Küme Evler	Çizgi	363.315
Bina Yapı Bilgisi	Poligon	1.830.522
Bina Dış Kapı Numarası	Nokta	699.750
Önemli Noktalar	Nokta	7.577

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler GeoServer 2.13.0, TileCache 2.8 ve Python 2.7 sürümleri kullanılarak Intel Xenon E5-2660 V3 2.30 GHz (8 Core) 32 GB Ram 1500 GB Sata disk özelliklerine sahip ve Windows Server 2012 sunucu işletim sistemi kurulu sunucu sisteminde çalıştırılmıştır.

3.1. Deneysel Sonuçlar

Geoserver ve Geoserver-TileCache tabanlı yöntemlerin sonuçları karşılaştırmak için web siteleri üzerinden yapılan isteklere (request) cevap verme süreleri incelenmiştir. Bu karşılaştırma işlemi için Mozilla Firefox eklentisi olarak geliştirilen Firebug eklentisi kullanılmıştır. Firebug herhangi bir web sitesinin CSS, HTML, DOM, XHR ve JavaScript'in canlı hata ayıklama, ağ trafiği izlenmesini ve isteklere cevap verme süresinin izlenmesini kolaylaştıran ücretsiz ve açık kaynaklı bir web tarayıcısı uzantısıdır (Karim, 2012). Şekil e'te Mozille Firefox tarayıcı üzerinde Firebug eklentisi kullanılarak KBB'den alınan gerçek mekânsal verilerin GeoServer ve GeoServer-TileCache yöntemlerinin web sitesi üzerinde yapılan isteklere verme süreleri gösterilmiştir. Şekil 3'te bulunan ve .jpeg uzantılı olan istekler GeoServer-Tilache yönteminin isteklerini göstermekte ve .png uzantılı olan WMS servisi olarak gönderilen isteklerde GeoServer sunucusuna yapılan istekleri göstermektedir. GeoServer-TileCache sisteminin isteklere cevap verme süresi sırasıyla 8, 6, 12 ve 11 mili saniyedir. GeoServer sunucusunun isteklere cevap verme süresi ise sırasıyla 134, 196, 194 ve 186 mili saniyedir. Bu işltem sadece bir tarayıcı tarafında istek yapıldığında oluşan cevap verme süresini göstermektedir. Sisteme bağlanan cevap verme süresi arttıkça GeoServer-TileCache sisteminin cevap verme süresi çok fazla değişmeyecektir çünkü GeoServer-TileCache sistemi resmi olarak oluşturulan ve hafızaya kaydedilen dosyaları sunmaktadır. GeoServer-TileCache sisteminin cevap verme süresi ağırlıklı olarak ağın hızına bağlıdır. GeoServer sunucusu ise her bir istek için tarayıcı tarafında istenilen çerçeveye ait görüntüleri anlık olarak üretmektedir ve bu işlemden dolayı cevap verme süresi yavaştır. Şekil 3'te gösterildiği üzere sadece bir tarayıcıdan istek yapıldığında bile GeoServer sunucusunun cevap verme süresi uzun iken çok fazla sayıda kullanıcı sisteme bağlanıp istekte bulunduğunda GeoServer sisteminin cevap verme süresi daha fazla uzamaktadır. Tek bir kullanıcı tarafından yapılan isteklerde GeoServer sunucusunun vermiş olduğu cevap süresine göre en az 10 kat daha hızlı cevap veren GeoServer-TileCache sistemi çok fazla sayıda kullanıcı sisteme bağlanıp web sitesi üzerinden istekte bulunduğunda GeoServer tabanlı sisteme göre çok daha hızlı sürede cevap vermektedir. Çok fazla sayıda kullanıcı GeoServer sistemine istekte bulunduğunda GeoServer sunucusu bu isteklere cevap veremediğinden GeoServer sisteminde kitlenmeler oluşmakta ve GeoServer sunucusu kapanmaktadır.



Şekil 3 Yöntemlerin Cevap Verme Süreleri

4. Sonuç

Doğalgaz, Elektrik, Su, Telefon ve İnternet gibi alt yapı sistemleri adres yapısında günümüzde birçok sorunun çözümüne yönelik konuma dayalı karar verme süreçlerinde, coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, mekânsal analizi, sorgulaması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren CBS sistemlerini kullanmaktadır. CBS sisteminde bulunan veriler, CBS sistemi ile entegre çalışan sistemlerin harita adres altlığını oluşturduğundan dolayı bu verilerin harita katmanı olarak sunulması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, büyük hacimli mekânsal verilerin bulunduğu CBS sisteminde harita altlığının GeoServer-TileCache tabanlı yöntem kullanılarak sunulması önerilmiştir. Önerilen GeoServer-TileCache yönteminin sonuçları gerçek mekânsal veriler kullanılarak GeoServer yönetminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen GeoServer-TileCache yönteminin GeoServer yöntemine göre en az 10 kat daha hızlı sürede cevap verdiğini göstermiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan mekânsal verileri paylaştığı için Kayseri Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynakça

Blower, J. D., Gemmell, A. L., Griffiths, G. H., Haines, K., Santokhee, A. and Yang, X. (2013). A Web Map Service implementation for the visualization of multidimensional gridded environmental data. Environmental Modelling & Software, 47, 218-224.

Chawanji, S. (2020). Vector tile cache connecting effective spatial communication and geospatial AI (Doctoral dissertation, Wien).

Henderson, C. (2014). Mastering GeoServer. Packt Publishing Ltd.

Karabulut, M. and Küçükönder, M. (2008). Kahramanmaraş ovası ve çevresinde CBS kullanılarak erozyon alanlarının tespiti. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 11(2), 14-22.

Karim, R., Dhawan, M., Ganapathy, V. and Shan, C. C. (2012, June). An analysis of the mozilla jetpack extension framework. In European Conference on Object-Oriented Programming (pp. 333-355). Springer, Berlin, Heidelberg.

Labiosa, W., Hearn, P., Strong, D., Bernknopf, R., Hogan, D. And Pearlstine, L. (2010). The South Florida ecosystem portfolio model: a web-enabled multicriteria land use planning decision support system. In 2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (pp. 1-10). IEEE.

Iacovella, S. (2017). GeoServer Beginner's Guide: Share Geospatial Data Using Open Source Standards. Packt Publishing Ltd.

Netek, R., Brus, J. And Tomecka, O. (2019). Performance testing on marker clustering and heatmap visualization techniques: a comparative study on javascript mapping libraries. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(8), 348.

Scott, L. M. and Janikas, M. V. (2010). Spatial statistics in ArcGIS. In Handbook of applied spatial analysis (pp. 27-41). Springer, Berlin, Heidelberg.

Taşyürek, M. (2021). Mekânsal Verilerin Sıklıkla Güncellendiği Coğrafi Bilgi Sistemleri Arama İşleminde Denormalizasyon Yöntemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (24), 18-23.

Taşyürek, M. (2021). Mekân-Zamansal Veri Madenciliği Yöntemi ile Otobüs Durak İhlallerinin Tespiti. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (24), 449-454.

Tecim, V. (2008). Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi. Vahap Tecim.

Youngblood, B. (2013). GeoServer Beginner's Guide. Packt Publishing Ltd.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Neuro-Evolution of Augmenting Topologies for Food Quality Assessment Using Artificial Neural Network

Yapay Sinir Ağı Kullanarak Gıda Kalitesi Değerlendirmesi için Artırma Topolojilerinin Nöro-Evrimi

Zainab ALİ[1]
İman ASKERZADE[2]

Abstract

With the growing need to automate the process of food quality assessment, the user of Artificial Intelligence (AI) has been attracting significant attention in recent years. Amongst AI methods, Artificial Neural Networks (ANNs) has shown the ability to produce accurate predictions but require significant processing power to handle the complex computations in these networks. According, a new approach is proposed in this paper to produce a neural network that can achieve the best-quality predictions using least possible resources using the Neuro-Evolution of Augmenting Topologies (NEAT) algorithm. This algorithm starts by creating a population of simple neural network and use the Genetic Algorithm (GA) to breed new networks using

Özet

Yapay Zeka (YZ) kullanıcısı, gıda kalitesi değerlendirme sürecini otomatikleştirme ihtiyacının artmasıyla birlikte son yıllarda anlamlı derecede dikkat çekmektedir. Yapay Zeka yöntemleri arasında bulunan, Yapay Sinir Ağları (YSA'lar), doğru tahminler üretebilme kabiliyeti sergilemişlerdir, ancak bu ağlardaki karmaşık hesaplamaları işlemek anlamlı bir işlem gücü gerektirmektedir. Dolayısıyla, bu makalede, Artırma Topolojilerinin Nöro-Evrimi (NEAT) algoritmasından istifade ederek en az olası kaynakları kullanan en kaliteli tahminleri elde edebilen bir sinir ağı üretmek amacıyla yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Bu algoritma, basit bir sinir ağı popülasyonu oluşturarak ve mevcut popülasyonda en iyi performans gösterenleri

[1] Zainab ALİ, Yüksek Bilgisayar Mühendisi, Ankara Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, znali@ankara.edu.tr
[2] İman ASKERZADE, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, imaskerzade@gmail.com

the best-performing ones in the current population. The complexity of the networks is increased during the breeding and the fitness is measured, so that, the lest complex neural network with the best fitness is selected for the intended task. The proposed approach has been able to produce a neural network that achieved 57.51% accuracy, compared to 57.14% achieved by a more-complex fully-connected neural network, while reducing the execution time to 12.7 milliseconds, compared to 26.19 required by the deep neural network. Additionally, the model produced by the NEAT algorithm allows investigating the features that influence the quality of the food, which allows improving this quality by adjusting the characteristics of the food according to the knowledge extracted from the model.

Keywords: Artificial Neural Networks; Food Quality Assessment; Neuro-Evolution of Augmented Topologies.

kullanarak yeni ağlar oluşturmak için Genetik Algoritmayı (GA) kullanarak başlar. Ağların karmaşıklığı üretme esnasında artar ve uygunluk ölçülür, böylece planlanan görev için en iyi uygunluğa sahip en az karmaşık sinir ağı seçilir. Önerilen yaklaşım, daha karmaşık, tam bağlantılı bir sinir ağı tarafından elde edilen% 57.14'e kıyasla% 57.51 doğruluk elde eden bir sinir ağı üretmeyi başardı ve yürütme süresini, derin sinirlerin gerektirdiği 26.19'a kıyasla 12.7 milisaniyeye düşürdü. ağ. Buna ek olarak, NEAT algoritması ile üretilen model, gıda kalitesini etkileyen özelliklerin incelenmesini sağlamaktadır ki bu da gıda özelliklerini modelden çıkarılan bilgiye göre ayarlayarak bu kalitenin iyileştirilmesine imkân tanımaktadır

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları; Gıda kalite değerlendirmesi; Artırılmış Topolojilerin Nöro-Evrimi problemi .

Introduction

Accurate assessment of food quality is a complex task, according to the high number of factors to be considered in the evaluation [1]. However, according to the growing need for such accurate assessment, significant attention has been brought towards the use of Artificial Intelligence (AI) techniques in this field. With their ability to detect complex patterns in the inputs and relate them to the output, these techniques have been able to mimic human experiences [2, 3]. However, in certain applications, such as the food quality assessment, these techniques still have a huge space for improvement, in terms of assessment accuracy [2, 4].

Artificial Neural Networks (ANNs) are being widely used in different AI applications, according to their outstanding performance. This performance is inherited by their ability to detect and combine features at different complexity levels to approximate a function that allows the neural network to compute the required output based on the inputs. Each neuron, which is the basic component of a neural network, executes the computations shown in Figure 1, which allows it to detect a certain feature that is defined by the values of the weights and bias parameters. Traditionally, these neurons are distributed in layers, so that, the features detected by neurons at a certain layer are

combined into more complex features in the next layer. Hence, increasing the number of neurons in a layer increases the number of features that the ANN can detect at the corresponding complexity level, whereas increasing the number of layers increases the complexity of the features the ANN can detect [5-7].

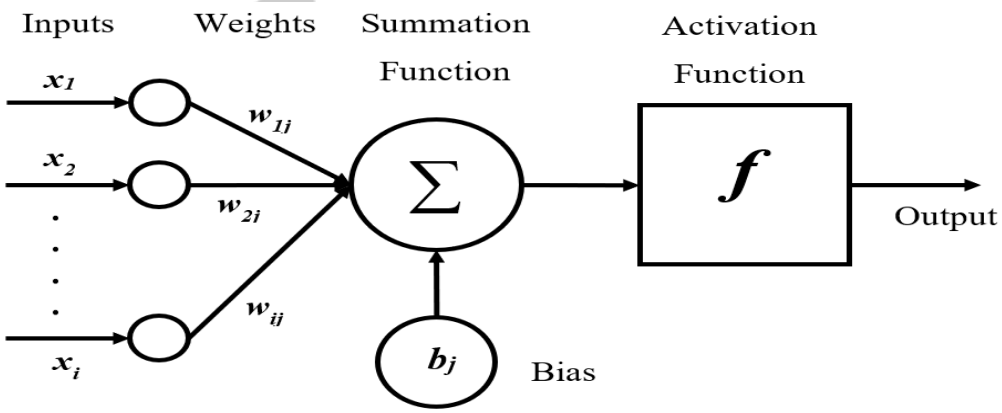


Figure 1: Illustration of the computations inside an artificial neuron [6]

One of the main challenges that the use of ANNs faces in different applications is finding the optimal structure of the neural network, i.e., the number of layers and neurons in each layer. Increasing the complexity of the ANN beyond the complexity of the features required by the application increases the resources required to execute the computations, or the execution time, whereas decreasing the complexity lower than the necessary level reduces the performance of the neural network [8, 9]. Hence, Neuro Evolution of Augmenting Topologies (NEAT) is proposed to address this problem. This method increments the complexity of a neural network until the highest accuracy is reached using the least-complex neural network. This method has been able to outperform the best fixed-topology methods on challenging benchmark reinforcement learning tasks.

The increased efficiency is due to (1) employing a principled method of crossover of different topologies, (2) protecting structural innovation using speciation, and (3) incrementally growing from minimal structure. NEAT is also an important contribution to the Genetic Algorithm (GA) because it shows how it is possible for evolution to both optimize and complexity solutions simultaneously, offering the possibility of evolving increasingly complex solutions over generations and strengthening the analogy with biological evolution [10, 11].

As shown in Figure 2, the NEAT algorithm uses a population of different neural networks to achieve the required task. Then, the neural networks that achieve the best performance, i.e., highest fitness, are selected to generate a new population in the next population. However, to ensure variation in performance, these neural networks, known as parents, the genes that describe the nodes and connection in these networks are disjoint and crossover with mutations at certain levels. Accordingly,

the produced neural networks have different performances in the environment. This performance can be better or worse than their parents. If the new population contains networks that outperform the parents, the new networks are selected for breeding in the next iteration. The use of NEAT has been able to produce the least complex neural networks to achieve the required task efficiently, compared to the use of static-topology neural networks [10].

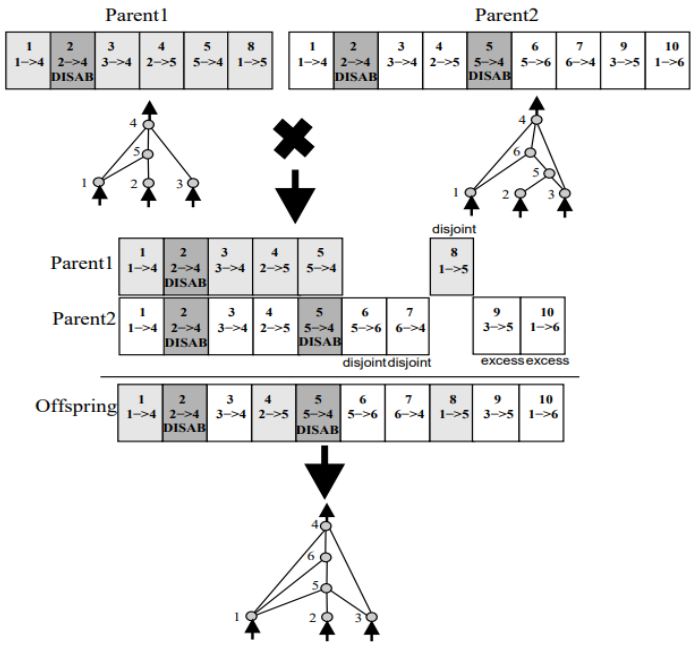


Figure 2: Breading neural networks in NEAT [10]

In this paper, we investigate the ability of the NEAT method to improve the food assessment by providing better predictions in lower complexity, compared to the use of a predefined structure of the neural network and other classification techniques. The investigation also includes the time required for training the evaluated methods, in order to provide an overview of all parameters that may affect such an application. The remainder of the paper is organized as follows: Section two presents the materials that are used in the proposed method and how they are implemented to achieve the goal of this paper. Section three illustrates the experiments conducted to evaluate the proposed approach and illustrate the improvement in the performance. Section four summarizes the conclusions and future directions based on the findings of this study.

Materials and Method

Originally, the NEAT algorithm is proposed for reinforcement learning applications, in which the neural network is used to select an action based on the state of the agent in the environment. A

generation of a predefined number of networks in a population is generated and evaluated by measuring their fitness in the environment.

Then, the best performing networks, i.e., the ones with the highest fitness, are selected for the generation of the new ones in the next generation. Accordingly, existing methods that attempt to use the NEAT algorithm for classification use each action as a class, whereas the quality of the predictions, e.g., the accuracy, is selected as the fitness of the network, to be maximized by the NEAT algorithm. Despite the ability of such an approach to allow the use of the NEAT algorithm in classification applications, the use of the accuracy, or other predictions quality measures, can limit the ability of the algorithm to converge to better solutions, as these measures change only when the predictions change and do not reflect any improvement if the network is getting closer to the correct solution.

Instead of using the accuracy as the fitness of the network, the proposed approach uses the categorical cross-entropy loss function, shown in Equation 1. This formula is widely used with ANNs and has been able to provide the required performance by minimizing the differences between the required outputs and the actual values outputted by the ANN. However, as the NEAT algorithm aims to maximize the fitness value, in which the loss value is placed in the proposed approach, this loss value is multiplies by a negative one, so that, is actual loss value is minimized when the NEAT maximizes the fitness of the networks. Hence, the fitness formula that is used to evaluate each network is shown in Equation 2.

$$categorical\ cross\ entropy = -\sum_{i=1}^{I} y_i \times \log \hat{y}_i \quad (1)$$

$$fitness = \sum_{i=1}^{I} y_i \times \log \hat{y}_i \quad (2)$$

where, $\hat{y}_i$ is the $\mathbf{i}^{th}$ scalar value in the output of the model, y_i is the corresponding target value and I is the number of scalar values in the model output, which is equal to the number of categories that food quality can belong to.

According to the existence of different value ranges in the attributes of the food dataset, it is important to normalize the value to a certain range, so that, no certain attributes with relatively larger values dominate the computations in the neural network. Additionally, the existence of different ranges increases the search space for the optimal structure of the neural network and the suitable weights for that structure, according to the need for larger intervals for the weights and biases of the generated neural networks to handle the different ranges in the inputs. Hence, all values are normalized into the range [0, 1] in the proposed approach, so that, the values in each attribute maintain their relativity to each other while avoiding the drawbacks of using different ranges for different attributes.

Performance Evaluation

The performance of the proposed approach is evaluated using one of the most challenging food quality assessment dataset, which is the white wine dataset [12]. This dataset contains 4,898 samples of wine, each is characterized using 11 numerical attributes. Each sample is assigned with a quality measure, varying from 3 to 10, i.e., ten classes. The dataset is loaded and split into training and testing sets, where 33% of the instances in the dataset, i.e., 1,616 instances, are selected for the testing phase, whereas the remaining instances are used for the training of the neural network. Although the NEAT algorithm does not require a training set, the evolution of the neural network in this approach is conducted using the training set. Then, the network with the highest fitness is evaluated using the testing set. This approach ensures unbiased evaluation, as all experiments are conducted using the same sets.

The NEAT algorithm is configured to initiate a population of 150 networks in each generation, and iterated for 1,000 generations. Figure 3 shows the fitness of the best network in the population versus the generation number, which shows that the NEAT algorithm has been able to produce a rapid improvement in the first 200 generations. Despite the relatively large number of generations that the algorithm has gone through without producing a significant improvement in the fitness, a slight improvement is shown by the end of the set number of generations. This improvement illustrates the ability of the NEAT algorithm to maintain improving the performance of the network when further generations are produced.

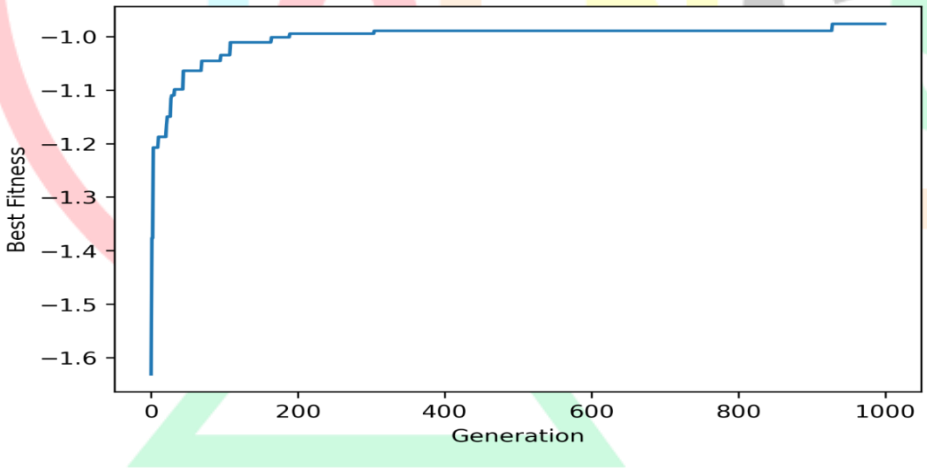


Figure 3: Best fitness of the network in each generation.

By the end of the 1,000 generations, the best network that the NEAT algorithm has recognized is shown in Figure 4, which shows that the optimal structure recognized by the NEAT algorithm has only three hidden neurons. As the inputs of these neurons are collected from the input and their outputs are directly used to calculate the output, these neurons can be considered to be in a single hidden layer, as no output from one neuron is fed to another neurons. Hence, an artificial neural

network with a single hidden layer, which contains three neurons, is implemented and trained using the same training set that is used with the NEAT algorithm. Then, this neural network is evaluated using the same testing set that is used to evaluate the neural network suggested by the NEAT algorithm. This neural network is trained for 1,000 epochs, where the loss value versus the training epochs is shown in Figure 5.

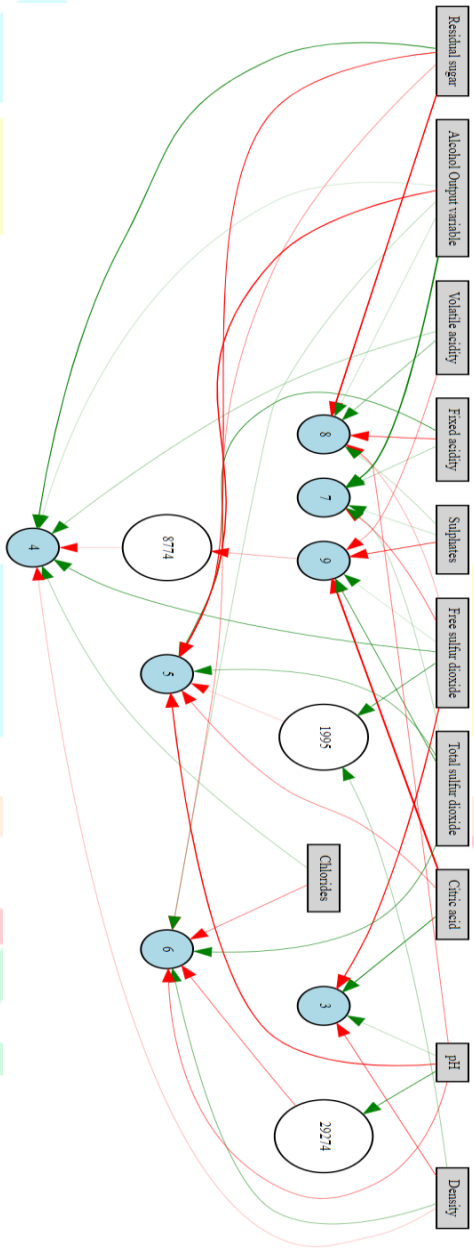


Figure 4: Structure of the best performing neatwork outputted by the NEAT algorithm.

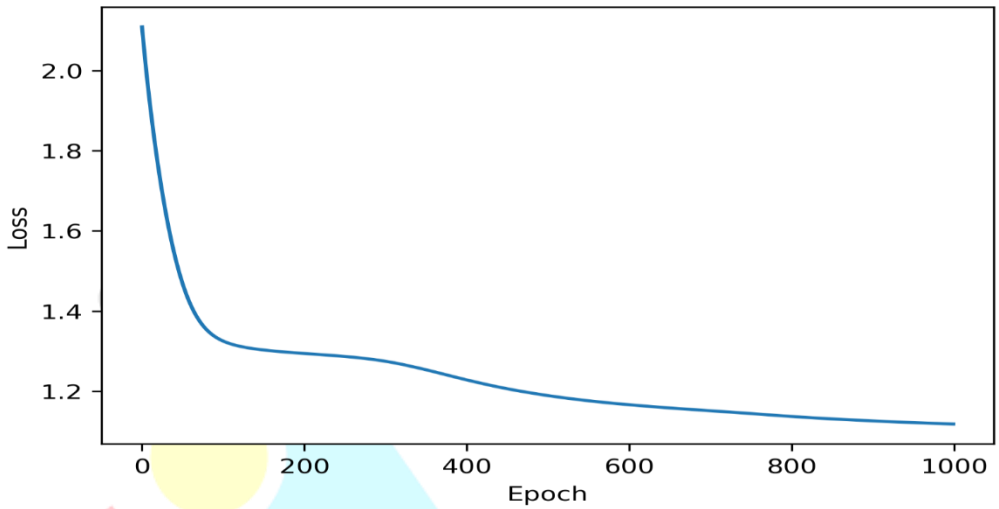


Figure 5: Loss versus training epochs of the implemented neural network.

By comparing the loss values by the end of the training between the NEAT approach, shown in Figure 3, and the artificial neural network, shown in Figure 5, the NEAT algorithm has been able to produce a neural network with lower loss value, which indicates better performance. This improvement is also illustrated by the better-quality predictions, illustrated by the confusion matrices shown in Figure 6, which shows that the neural network structured by the NEAT algorithm has been able to provide a higher number of correct predictions.

According to these matrices, the accuracy of the neural network produced by the NEAT algorithm, has achieved an accuracy of 57.51%, which is significantly higher than the accuracy achieved by the implemented neural network, with three neurons in the hidden layer, which has only 40.01% accuracy.

This better accuracy is a result of the ability of NEAT to selectively collect the inputs of neurons, as shown in Figure 4, whereas each neuron in the standard neural network collects its inputs from all the inputs of the network, of the neurons in the previous layer, in deep networks. Hence, despite the ability of traditional ANNs to set the weight values of certain inputs to zeros, i.e., neglect these inputs or disconnect them similar to the NEAT approach, reaching the exact value of zero is a difficult task, according to the training approach of the neural network, which relies on the gradient descent algorithm. Additionally, even if a value of zero is reached, this value is still considered into computations, which requires additional computational resources without an actual influence on the computations.

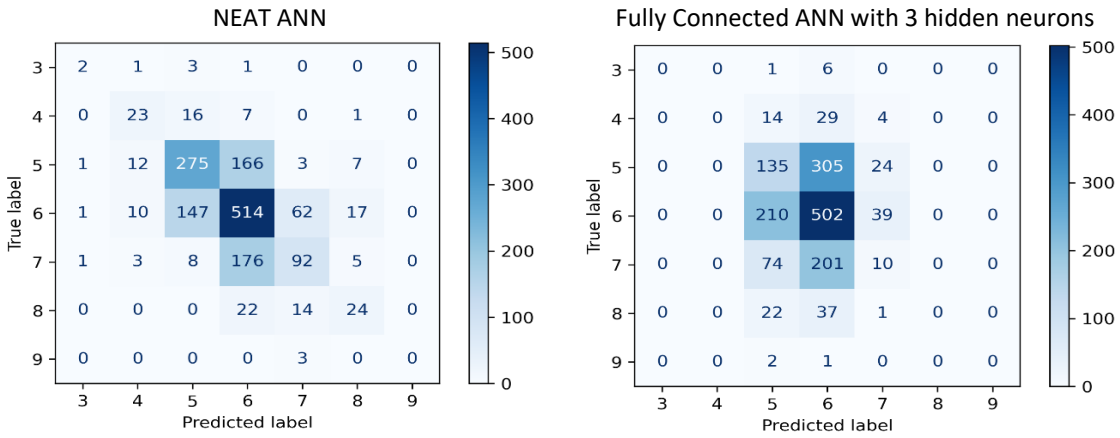


Figure 6: Confusion matrices of the ANN predictions. Left: ANN produced by the NEAT algorithm; Right: Fully connected ANN with three neurons in the hidden layer.

In addition to the ability of the neural network produced by the NEAT algorithm to outperform a fully-connected neural network with similar structure, a deeper neural network is implemented, trained and evaluated using the same datasets.

This neural network has three hidden layers, with the structure shown in Figure 7. Similar to the previous neural network, this network is trained for 1,000 epochs. The loss value versus training epochs is shown in Figure 8, which shows that this neural network has been able to achieve lower lass value, compared to the previous fully-connected neural network, i.e., the loss shown in Figure 5.

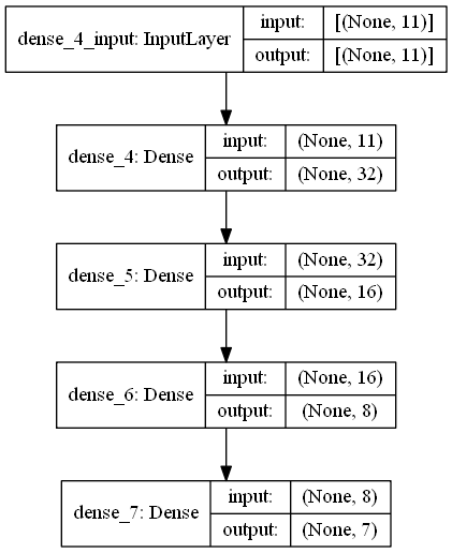


Figure 7: Structure of the implemented fully-connected deep neural network.

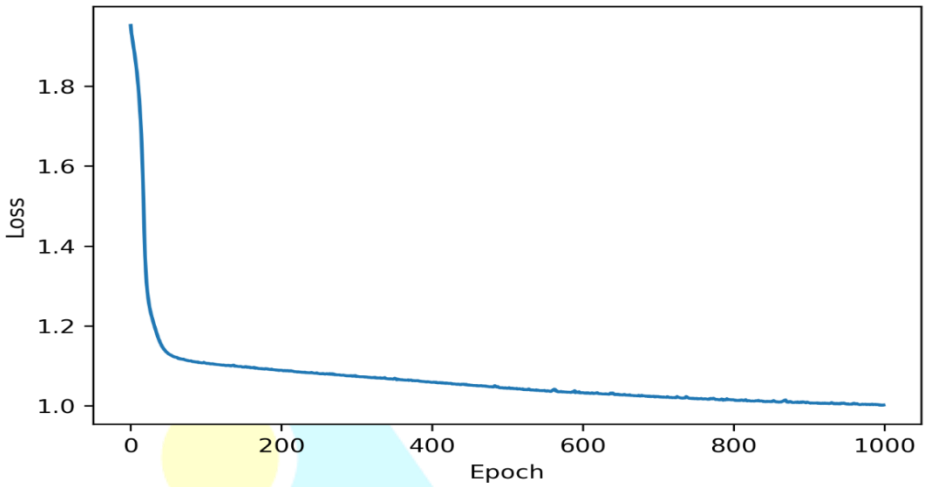


Figure 8: Loss versus training epochs for the fully-connected deep neural network.

As illustrated by the confusion matrix shown in Figure 9, this deep neural network has been able to achieve 57.14% accuracy, which is significantly better than the accuracy achieved by the fully-connected neural network with three hidden neurons. However, this accuracy is still lower than the accuracy achieved by the neural network produced by the NEAT algorithm. Moreover, as shown in Table 1, the neural network produced by the NEAT algorithm has significantly lower execution time, compared to the fully-connected deep neural network, according to the significantly lower complexity.

However, Table 1 also shown that the time required by the NEAT algorithm to reach its optimal solution is significantly larger than that required by the fully-connected networks, according to the huge population and the use of GA to breed these networks, which is significantly more complex than the gradient descent approach that is used to optimize the parameters of fully-connected networks.

Table 1: Summary of the performance of the evaluated neural networks.

Neural Network	Training Time (S)	Prediction Time (milli-S)	Accuracy (%)
NEAT	42685	12.70	57.51
Fully-Connected (3 neurons)	53.77	16.18	40.01
Deep Fully-Connected	77.83	26.19	57.14

Despite the low accuracy achieved by the neural networks, the results show that the NEAT algorithm has been able to improve the performance in both terms of quality of the provided predictions and the time required to produce these predictions. The low accuracy of the is according to the high difficulty of evaluating the quality of white wine, which is shown in several studies. Agrawal and Kang [13] have evaluated several structures of neural networks, with different configurations, and have only been able to achieve a maximum of 53% accuracy, which is similar to the results achieved in this study, keeping in mind the possible difference in the instances selected for the evaluation.

Additionally, the relations among the input attributes and the quality of the wine can be analyzed to recognize the features that can improve the quality of the wine. For instance, as shown in Figure 4, the pH level shows negative relation with the quality of the wine, as increasing the value corresponding to the pH induces lower levels, and prevents higher levels from being outputted, indicated by the green lines to the lowest quality, i.e., 3, and the green line to the neuron that damps, i.e., has red line, to a high-level quality, i.e., 6, as well as a direct red line to level 5. Hence, there is a high probability that the wine has low quality when it has high pH levels. Similar relations can be extracted by investigating the connection recognized by the NEAT algorithm, which is an additional benefit to the use of the proposed approach, which allows eliminating any redundant features, similar to the findings in [14].

Conclusion and Future Work

With the significant attention being brought towards the use of AI techniques to assess the quality of food and the outstanding performance of ANNs the high complexity of computations required by these networks poses a significant challenge towards that application. Reducing the complexity by reducing the number of neurons in the neural network can reduce the quality of the predictions, whereas increasing the number of neurons and layers in the network improves the quality of the predictions but dramatically increases the time required to process each input and compute the output. Accordingly, a new approach is proposed in this study to use the NEAT algorithm to produce the least-complex model that can produce high-quality predictions.

In addition to the improved accuracy of the predictions achieved by the model produced by the NEAT algorithm, which has 57.51% accuracy on the white wine quality dataset, this model has significantly lower execution time to process each input, which only 12.7 milliseconds to predict the outputs of the instances in the testing set. Using a similar structure, a fully-connected neural network has only been able to achieve 40.01% accuracy and 16.18 milliseconds to compute the predictions. The difference in the performances is according to the ability of NEAT to selectively connect neurons in the network, which reduces the required computations and eliminates any influence of irrelevant values on the output. Alternatively, a significantly deeper, i.e., more complex, neural network, with three hidden layers has been able to achieve similar but slightly lower accuracy of 57.14% but requires 26.19 milliseconds to compute the predictions of the instances in the testing dataset.

The only drawback in the performance of the proposed approach, compared to fully-connected neural network, is the long training time, which is required by the NEAT algorithm to evaluate large populations and apply GA on the members with high fitness. In addition to the improved performance, the model provided by the NEAT algorithm allows the investigation of the influence of each input attribute on the quality of the food, which assists improving the quality of the produced food.

In future work, the ability of using the NEAT algorithm to produce a neural network that assesses the quality of the food using a regression approach, instead of the classification approach that

is used in this paper. This direction is induced by two factors that are recognized during this study. The first factor is the need for a loss function that returns continuous values to present the directions in which the predictions are being improved, instead of discrete loss function in which a significant change is required to induce a change in the fitness. The second factor is the ability to use the produced model to investigate the features that influence the quality of the produced food, which can be used to improve the quality of the produced food.

References

Z. N. Ali, I. Askerzade, and S. Abdulwahab, "Estimation Model for Bread Quality Proficiency Using Fuzzy Weighted Relevance Vector Machine Classifier," *Applied Bionics and Biomechanics*, pp. 6670316, 2021.

A. E. Ozalp and İ. Askerzade, "A data science study for determining food quality: an application to wine," *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics,* vol. 68, pp. 762-770, 2018.

N. Noorbakhsh-Sabet, R. Zand, Y. Zhang, and V. Abedi, "Artificial intelligence transforms the future of health care," *The American journal of medicine,* vol. 132, pp. 795-801, 2019.

S. Dick, "Artificial intelligence," 2019.

W. Xiang, P. Musau, A. A. Wild, D. M. Lopez, N. Hamilton, X. Yang*, et al.*, "Verification for machine learning, autonomy, and neural networks survey," *arXiv preprint arXiv:1810.01989,* 2018.

S. K. Esser, R. Appuswamy, P. Merolla, J. V. Arthur, and D. S. Modha, "Backpropagation for energy-efficient neuromorphic computing," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, pp. 1117-1125, 2015.

A. Khan, A. Sohail, U. Zahoora, and A. S. Qureshi, "A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks," *Artificial Intelligence Review,* vol. 53, pp. 5455-5516, 2020.

K. O. Stanley and R. Miikkulainen, "Efficient evolution of neural network topologies," in *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation. CEC'02 (Cat. No. 02TH8600)*, pp. 1757-1762, 2002.

H. Ishigami, T. Fukuda, T. Shibata, and F. Arai, "Structure optimization of fuzzy neural network by genetic algorithm," *Fuzzy Sets and Systems,* vol. 71, pp. 257-264, 1995.

K. O. Stanley and R. Miikkulainen, "Evolving neural networks through augmenting topologies," *Evolutionary computation,* vol. 10, pp. 99-127, 2002.

T. J. Ikonen and I. Harjunkoski, "Decision-making of online rescheduling procedures using neuroevolution of augmenting topologies," in *Computer Aided Chemical Engineering.* vol. 46, ed: Elsevier, pp. 1177-1182, 2019.

P. Cortez, A. Cerdeira, F. Almeida, T. Matos, and J. Reis, "Modeling wine preferences by data mining from physicochemical properties," *Decision support systems,* vol. 47, pp. 547-553, 2009.

G. Agrawal and D.-K. Kang, "Wine Quality Classification with Multilayer Perceptron," *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication,* vol. 10, pp. 25-30, 2018.

U. Gupta, Y. Patidar, A. Agarwal, and K. P. Singh, "Wine Quality Analysis Using Machine Learning Algorithms," in *Micro-Electronics and Telecommunication Engineering*, ed: Springer, pp. 11-18, 2020.

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

An Approach to Detecting Cyber Security Vulnerabilities of Web Applications with OWASP Top 10 Principles

Ahmet Toprak [1]
Feyzanur Sağlam Toprak [2]

Abstract

Nowadays, the internet is used effectively in all areas of our lives. It seems that this usage rate will increase day by day. With the widespread use of the Internet, the use of web services and mobile applications has increased at the same level. In addition to the positive aspects of internet services such as fast access to information and time saving, there are also some vulnerabilities in terms of security. Security levels of web applications that process and store sensitive information of users such as banking and e-commerce are of vital importance. This data should not be made available to unauthorized users, shared and kept safe from attacks. People can easily do many operations using these applications. The use of these applications is stored in a huge amount of information. Therefore, databases contain large amounts of data. The fact that information reaches such large dimensions reveals the necessity of the reliability and protection of the information. Also, the purpose of malicious

[1] Ahmet Toprak, Istanbul Commerce University, Computer Engineering, ahmet.toprak@turkiyefinans.com.tr
[2] Feyzanur Sağlam Toprak, Türkiye Finans Participation Bank, Bilgi Sistemleri, feyzanur.saglam@turkiyefinans.com.tr

people may not be just to obtain information. It may be making the system or application inaccessible. For this purpose, all kinds of load, stress and functional tests must be carried out in a complete and safe manner from the development process of such applications to the production environment. In this study, structural recommendations will be made to the processes and procedures required to be implemented by corporate companies, especially those that make financial transactions, to guarantee the security of web applications they open to the outside world. For this purpose, the OWAPS (Open Web Application Security Project) principle, which is accepted all over the world and applied in e-commerce systems worldwide, has been discussed in detail. Each of the 10 most important items of the OWAPS principle is explained with examples and the actions to be taken are also specified. This study can be seen as a reference resource in web application designs.

Keywords: Internet Communication, OWAPS, Cyber Security, Web Application, Software Security

Introduction

Nowadays, internet usage has increased like never before. This usage has also increased the number of smart devices and smart applications. They have started to invest more in web applications in order to save human resources and reach more people in medium and large-scale organizations. With the increase in the number of web applications, security vulnerabilities have emerged as an issue that needs to be considered more. In particular, security tests of web applications that process sensitive information of users such as banking and e-commerce are important for the protection of internal and external resources of companies. Vulnerabilities and vulnerabilities in the internet applications of the institutions provide an environment for attackers to infiltrate into internal networks. In addition

to the complex structure of web server applications and potential vulnerability of database applications to code injection attacks, codes that are not written in consideration of security can expose the institution to various attacks. Figure 1 shows the most common types of security vulnerabilities for web security.

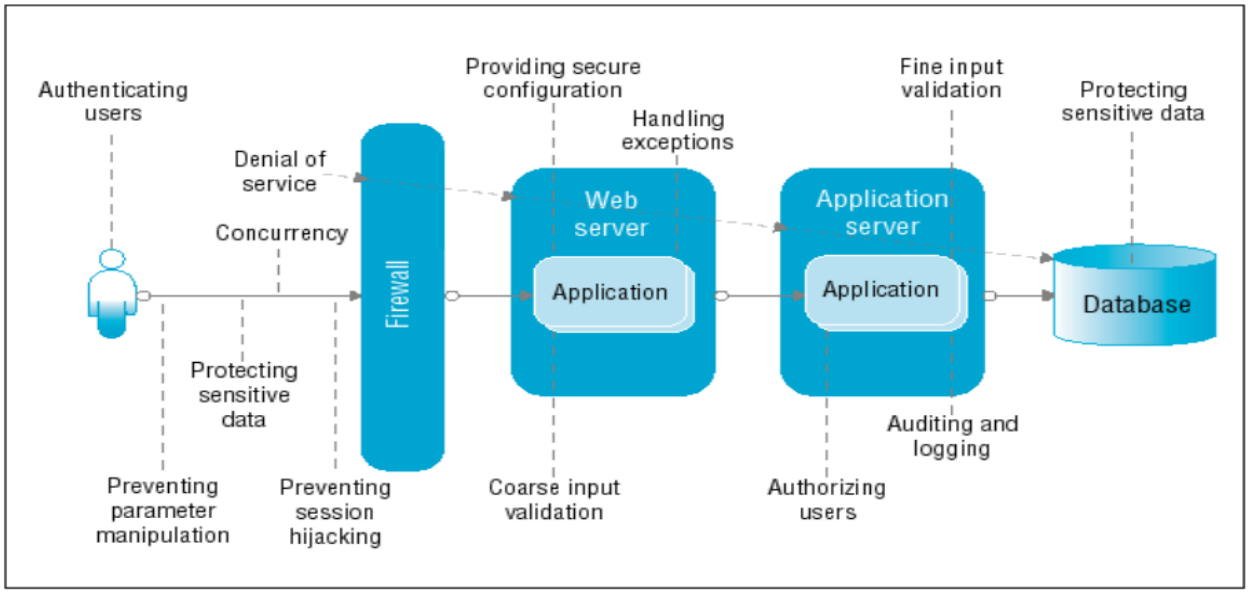


Figure 1. Web application security vulnerabilities (Danny,2008)

In particular, applications that take input from the user and interact with the database by running code in the background facilitate web attacks. Both having a wide variety of configurations and services and the variety of user permissions enrich the attack vector of web applications. The components in the application layer and the HTTP protocol rather than the network layer are effective in the occurrence of web security vulnerabilities (Beyaz Net, 2021). The life cycle of a web application is given in Figure 2.

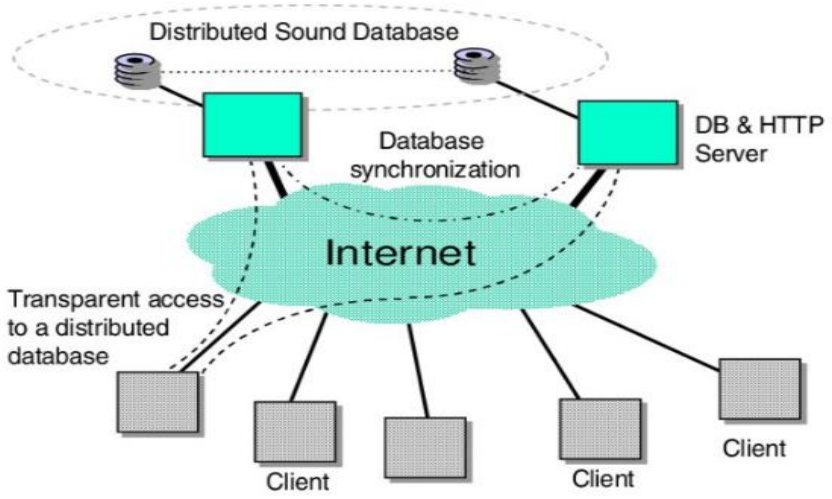


Figure 2. Client-Server architecture for a web application (Ramon and Xavier, 2002)

In this study, the types of web attacks that a web application is exposed to between different layers are discussed in detail and the methods to be taken to protect against these attack types are specified. In the last part, the studies that will be useful in the future are also mentioned.

Literature Review

Although there were not many studies done to detect web application vulnerabilities in the past, it is quite a lot today with the location of the internet at the center of my life. One of these studies is the study conducted by Sandeep Kumar et al. (Kumar et al., 2017) in 2017. In this study, web application security vulnerabilities are discussed in detail and available methods to eliminate these vulnerabilities are specified. It has been noted that these vulnerabilities are often triggered by incorrect entries entered by customers who are end users. It was also mentioned that the methods used to overcome these gaps are insufficient and the new method, whose details are given in the study, achieves more effective results.

In 2017, in a study conducted by Alzahrani et al. (Alzahrani et al., 2017), the architecture of web applications was analyzed in depth and common security vulnerabilities were evaluated. The vulnerabilities investigated are: Insufficient Transport Layer Protection, Information Leakage, Cross-Site Scripting, and SQL Injection. In addition to these, the study analyzed the tools used to scan these common vulnerabilities in web applications. In the last part of the study, these tools are compared with each other and their strengths and vulnerabilities are stated. It has been stated that this study will be beneficial for web application users and company administrators.

In 2014, in the study conducted by Arunima Jaiswalve et al. (Jaiswalve et al., 2014), it provides a PoC (Proof of Concept) infrastructure for penetration testing tools used to determine the vulnerabilities of web applications used in medium and large-scale organizations. Which tool should be used for what purpose has been stated. In particular, the web application vulnerabilities specified in the OWAPS Top 10 principles were taken as reference and the tools and test set to be used over these vulnerabilities were specified. It is thought that the study will be useful in detecting web application vulnerabilities.

There are also studies on OWAPS Top 10 principles that have entered our lives for the last few years. One of these studies is the work by Parth Sane (Sane, 2020) to examine whether the OWAPS Top 10 principles are sufficiently comprehensive in terms of ensuring web application security in 2020. In this study, considering all the attacks that a web application can be exposed to in its life cycle, it is tried to determine to what extent these attacks can be prevented with the OWAPS Top 10 principles. According to the results, it has been stated that although attacks at the web application level are usually detected with the OWAPS Top 10 principles, it cannot be said to reach the same competence at the database level.

In the study conducted by Adnan Masood et al. (Masood et al., 2015) in 2015, possible static code analysis techniques are suggested in the light of OWAPS Top 10 principles in order to protect

against Web API attacks. In particular, vulnerabilities and attacks on standards such as XML Encryption, XML Signature, WS-Security, and WS-SecureConversation used in Restful and SOAP type services were emphasized. In the study, some special solutions are offered to protect against these attacks.

In 2018, in a study conducted by Martin Gilje Jaatun and his team (Jaatun et al., 2018), a community study was conducted to determine whether entrepreneurs give importance to OWAPS TOP 10 principles. Security of data, cryptography, computer crime, computer network security, learning (artificial intelligence), pattern classification, invasive software, Internet; According to the results obtained from the studies conducted within the framework of issues such as support vector machines, and risk analysis, entrepreneurs generally do not use these principles in daily life.

Web Application Security Vulnerabilities

Security is a very important issue in web applications. Especially in the e-commerce and banking sector, financial damage can reach very high levels. For this reason, units such as information security or secure code design are now established in most institutions. These units aim to raise the security levels of the institution's external applications to higher levels. At this point, a manifesto was published by an organization called OWAPS in order to minimize the vulnerabilities in the web application point. OWASP is a global non-profit organization. The focus is on web application security. This organization published a manifesto in 2017 called The Top Ten Most Critical Web Application Security Risks. This manifesto is a technology-independent guide to website security risks management. This Top 10 manifest is also a security focus guide for web application developers and security professionals (OWAPS, 2021). In Figure 3, a flowchart of a threat encountered by a web application is given.

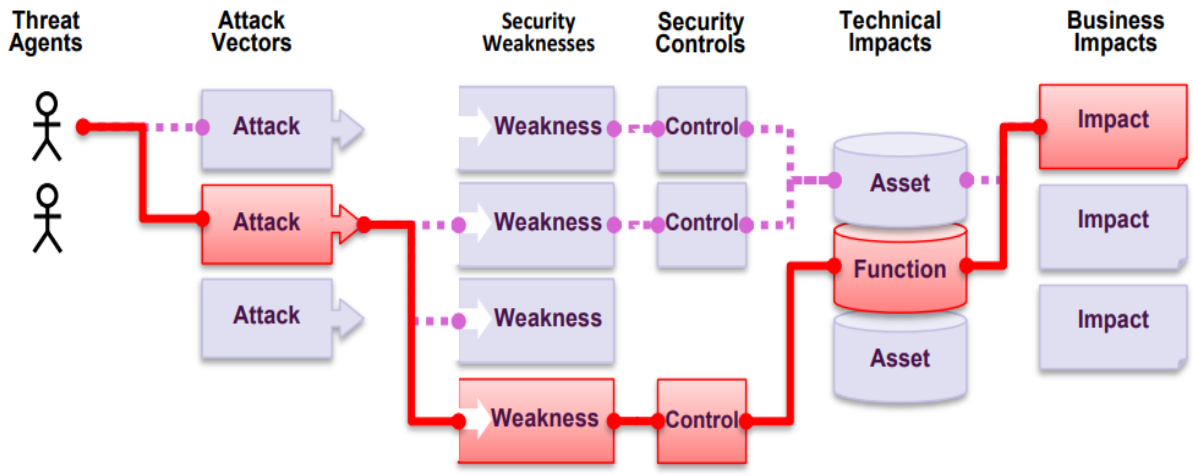


Figure 3. Threat encountered by a web application (OWAPS, 2021).

Below, the security vulnerabilities listed in OWASP Top 10 are ranked according to the most common and rare.

- Injection
- XSS: Cross-Site Scripting
- Broken Authentication and Session Management
- Insecure Direct Object References
- CSRF: Cross-Site Request Forgery
- Security Misconfiguration
- Insecure Cryptographic Storage
- Failure to Restrict URL Access
- Insufficient Transport Layer Protection
- Unvalidated Redirects and Forwards

Among these security vulnerabilities, the first 3 items most frequently encountered in corporate companies will be discussed in this study.

SQL Injection

SQL Injection is the manipulation of SQL queries created with user input from web applications. It is formed as a result of using data from the user in database queries without checking. Generally, the problems arise when the application developer does not take action against malicious characters such as UNION that can make sense in SQL queries. With SQL Injection, the attacker can create the table, make changes, gain access to the database or run a command on the server in line with the database user's rights. Figure 4 shows a visualization of an SQL statement manipulated using the UNION statement.

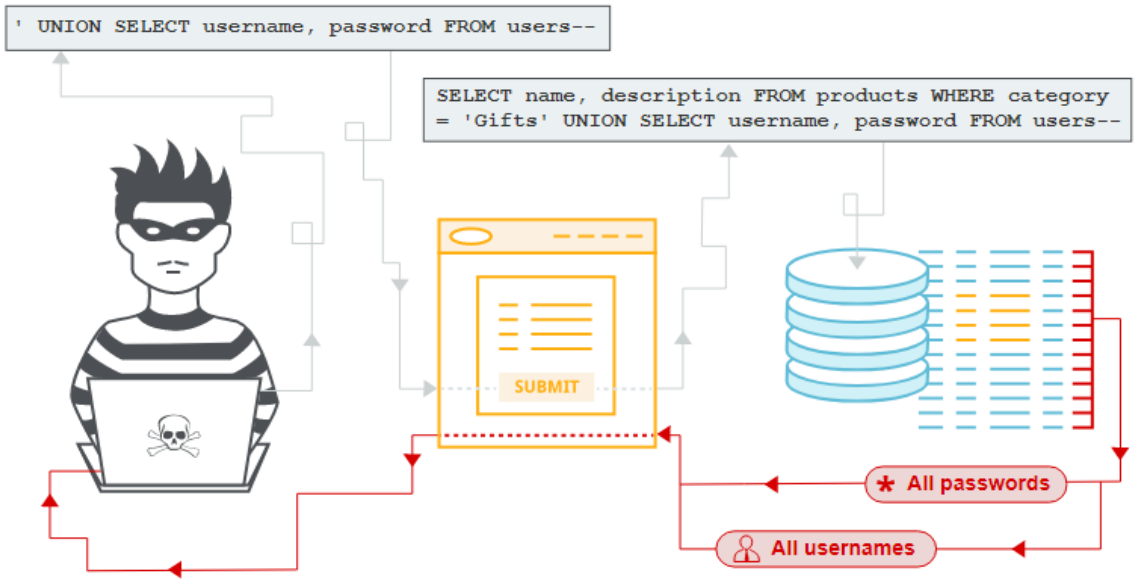


Figure 4. SQL injection using UNION statement (Portswigger, 2021)

Some manipulated sample SQL expressions are given.

SELECT * FROM categories WHERE name = '**${query}**';
query = "q**' OR 1= (SELECT COUNT (*) FROM AdminLogins); --**"
query = "q**' UNION SELECT username, password FROM Users; --**"
query = "q**'; DROP TABLE Customers; --**"
query = "q**'; UPDATE Users SET admin=1 WHERE username='hacker'; --**"
query = "q**'; INSERT INTO Orders (customer_id, product_id, paidAmount) VALUES (354, 729, 755.0); --**"

They are exposed to SQL Injection attacks not only by small-sized companies but also by large-scale companies that are known worldwide. One of these firms is Sonny firm. Sonny was exposed to SQL Injection attack in 2011 and stole many information of 1,000,000 users such as e-mail addresses, passwords, home addresses, and date of birth. The following measures can be taken to protect against SQL Injection attacks.

- The connection string statements in the web config file must be encrypt.
- Data sent with GET or POST must be verified.
- Minimum authorization should be made for the user who is connected to the database and sent a query.
- System Administration users should never be used for database transactions.
- The stored procedure or ORM tools should be used in user operations.

- Parameters such as id sent from query string must be converted to integer type.
- Parameters should definitely be used in SQL queries used in the code.
- Data that contains expressions such as "or" entered with user control must be cleared before processing.

XSS: Cross-Site Scripting

It is a type of attack in which software scripts sent to the server run on the user's browser. Commonly seen in PHP-ASP-ASP.NET pages. It usually occurs in areas where POST and GET methods are used. As a result of software scripts being run by the user, session information can be stolen, malicious code can be injected into the computer and computer management can be taken over. It is one of the most common types of security vulnerabilities. Figure 5 shows the XSS attack life cycle.

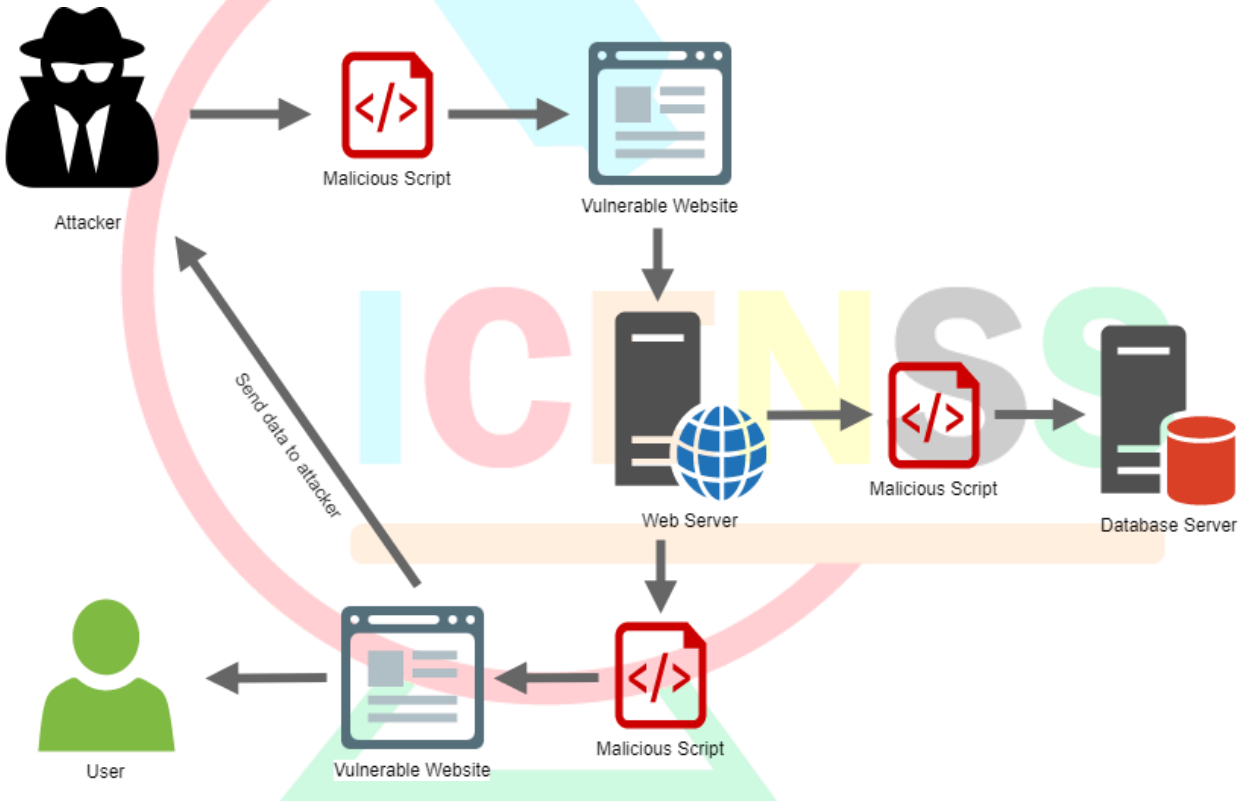


Figure 5. XSS attack life cycle

The following measures can be taken to protect against XSS attacks.

- It can be tried to be protected from XSS with the Blacklist method. However, whatever you filter, it can aggressively bypass it. For this, using the Whitelist method, whatever is necessary should be taken and everything else should be prevented.
- Using input and output encoding, the URLs that the user reaches during browsing should be encoded and the real address should be hidden.
- Using the AntiXssEncoder library, the XSS control of the data that the user enters into the user control can be controlled at the code level.
- It is a defense mechanism that comes naturally in browsers. There is XSS defense in Google Chrome by default.
- Using the validateRequest tag in ASP.NET pages, it can be automatically detected whether the requests coming to the page are an XSS attack. Figure 6 shows the error message generated by an ASP.NET page using validateRequest in an XSS attack.

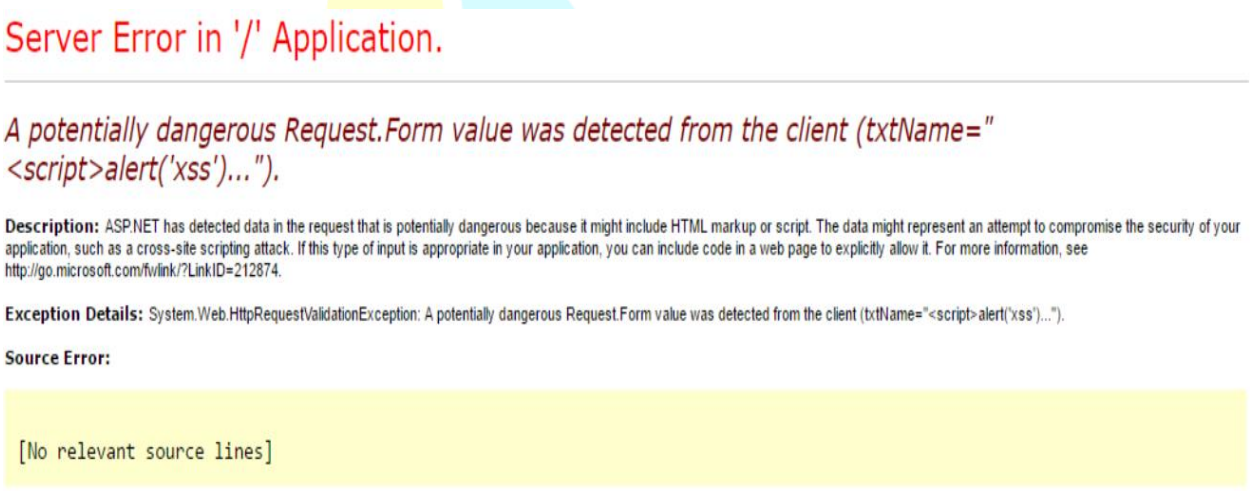


Figure 6. XSS detection using validateRequest

Broken Authentication and Session Management

It occurs due to the wrong identity verification and session management. Generally, it is a vulnerability to steal the session of the authorized user. HTTP is a sessionless protocol, but frameworks and browsers keep information called cookies due to session needs. The web server recognizes the user through this cookie information. In this type of attack, the flow occurs as follows. In Figure 7 the flow is visualized.

- Logs on to the attacker web server,
- The server defines a SID / session id,
- With this session ID, the attacker must send a link to the victim,
- The victim must click on this incoming link and connect with the server,
- The server sees that the session process has already been set up and does not need to create a new session ID. (here's the vulnerabilities)

- Thus, the attacker has access to the session.

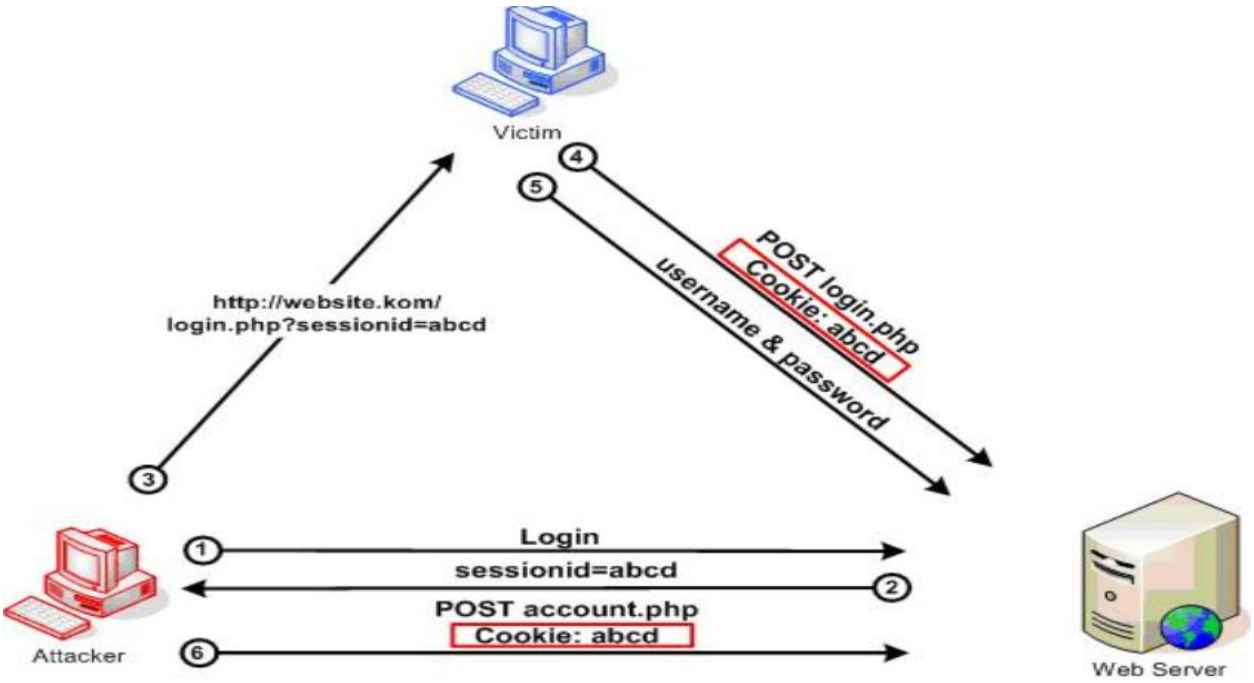


Figure 7. Broken Authentication and Session Management attack life cycle

The following measures can be taken to protect against Broken Authentication and Session Management attacks.

- Cookieless session should be closed.
- Authentication should be done with known and reliable methods.
- IP check must be done at the firewall level.
- Security should be increased in password recovery and sign up processes.
- SSL usage must be activated.
- The session must expire after a certain amount of time.

Conclusions and Recommendations

In this study, the causes of security vulnerabilities, which are frequently encountered in institutions making large-scale financial transactions, and the measures to be taken to eliminate these vulnerabilities are mentioned. This study is considered to be a reference resource for web application developers, especially due to the lack of resources on this subject. The aim is to discuss the processes determined by the organization named OWAPS, which publishes a standard manifesto for web application vulnerabilities, and to offer some solutions for these vulnerabilities. If we look in general;

- In OWAPS Top 10 principles, we see that the majority of errors are due to not checking the data from the user. If you do not always rely on the data coming from the user, keep

the system and services up-to-date and record and monitor the events, the attacks are somewhat prevented. In addition, it is better to develop secure code rather than provide security later (Tosun, 2021).

- It should be ensured that all login, access control errors and server-side login verification errors can be logged with sufficient user context to identify suspicious or malicious accounts, and enough time is kept to allow delayed forensic analysis.
- Unused dependency, unnecessary features, components, files and documents should be removed.
- Data processed, stored or transmitted by an application should be classified and determined which data is sensitive based on privacy laws, legal requirements or business requirements.
- Ensure that up-to-date and strong standard algorithms, protocols and keys are used.
- Session IDs should not be in the URL, stored securely, and should be overridden after logout, idle and absolute timeouts.
- Small size of the password length should not be allowed.
- Default or hard-coded credentials should not be used in any way.
- Attribute based Access Control (ABAC) method can be used in complex systems where role-based access control will be insufficient. Attribute-based access control is defined as a generalized version of role-based access control. This method is a control system that covers the nature of the user, the area he can access and the resources he can use, and performs access control.

This study will help corporate companies to choose what kind of security solution against which vulnerabilities in web application security for information security teams, web application developers, security experts and anyone interested in secure code standards. The following studies, which are thought to contribute to the literature in the future, can be considered.

- With reference to some of the OWAPS Top 10 principles mentioned above, a web application can be developed and then stress tested.

A more comprehensive study can be considered, including the OWAPS Top 10 principles not mentioned in this study.

References

S. Kumar, R. Mahajan, N. Kumar and S. K. Khatri, "A study on web application security and detecting security vulnerabilities," 2017 6th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO), 2017, pp. 451-455, doi: 10.1109/ICRITO.2017.8342469.

A. Alzahrani, A. Alqazzaz, Y. Zhu, H. Fu and N. Almashfi, "Web Application Security Tools Analysis," 2017 ieee 3rd international conference on big data security on cloud (bigdatasecurity), ieee international conference on high performance and smart computing (hpsc), and ieee international conference on intelligent data and security (ids), 2017, pp. 237-242, doi: 10.1109/BigDataSecurity.2017.47.

Jaiswal, Arunima & Raj, Gaurav & Singh, Dheerendra. (2014). Security Testing of Web Applications: Issues and Challenges. International Journal of Computer Applications. 88. 10.5120/15334-3667.

https://www.beyaz.net/tr/guvenlik/makaleler/web_uygulama_guvenligi.html

Sane, Parth. (2020). Is the OWASP Top 10 list comprehensive enough for writing secure code?

A. Masood and J. Java, "Static analysis for web service security - Tools & techniques for a secure development life cycle," 2015 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST), 2015, pp. 1-6, doi: 10.1109/THS.2015.7225337.

https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP_Top_10-2017_%28en%29.pdf.pdf

H. Sϕhoel, M. G. Jaatun and C. Boyd, "OWASP Top 10 - Do Startups Care?" 2018 International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security), 2018, pp. 1-8, doi: 10.1109/CyberSecPODS.2018.8560666.

https://umuttosun.com/owasp-top-10/

A Danny, 2008, Web application security: Automated scanning versus manual penetration testing. Rational Software, IBM Software group. Whitepaper. Accessed from http://www.ibm.com. Accessed on 12.07.2006.

WASC, 2004, Web Application Security Consortium: Threat Classification, Whitepaper. Available from http://www.webappsec.org/projects/threat. Accessed on 03.03.2006.

Loureiro, Ramon & Serra, Xavier. (2002). A Web Interface for a Sound Database and Processing System.

https://portswigger.net/web-security/sql-injection

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

A Comparative Analysis on the Usage of MQTT Protocol in IoT Devices

Ahmet Toprak[1]

Abstract

Nowadays, the number of smart devices has reached an uncountable volume. These smart devices are found in homes, hospitals, factories and any environment where IoT devices are used. It is predicted that this number will increase with the increase of internet usage. With the increasing number of devices, the amount of data made up of the context of these devices is also increasing. Especially in recent years, the concept of the Internet of Things, which has been in our lives a lot, is seeking new solutions to get instant information from these huge data heaps. The Internet of Things (IoT) concept is a new concept that has increased in popularity thanks to the development of modern wireless communication technologies. The basic formation of this concept is the development of applications that facilitate human life by enabling the objects in the world to communicate with each other. In this study, the process approaches and methods followed at the point of processing data obtained from IoT devices and obtaining

[1] Ahmet Toprak, Istanbul Commerce University, Computer Engineering, ahmet.toprak@turkiyefinans.com.tr

information are discussed and especially the MQTT protocol used for asynchronous processing of data is taken with all layers. The MQTT protocol was not only evaluated from a performance perspective, but also its security structure was considered structurally. The aspects that distinguish the MQTT protocol from other protocols such as AMQP and HTTP protocol are also addressed.

Keywords: AMQP, Asynchronous Messaging, Big Data, Communication Protocols, HTTP, MQTT, Internet of Things

Introduction

Nowadays, the number of electronic devices has increased considerably. It is expected that this number will gradually increase with the increase of internet usage. Due to the increase in the number of devices, the amount of data is also increasing. Figure 1 shows the graph of the year-based data growth. As can be seen, the year-based increase has increased logarithmically.

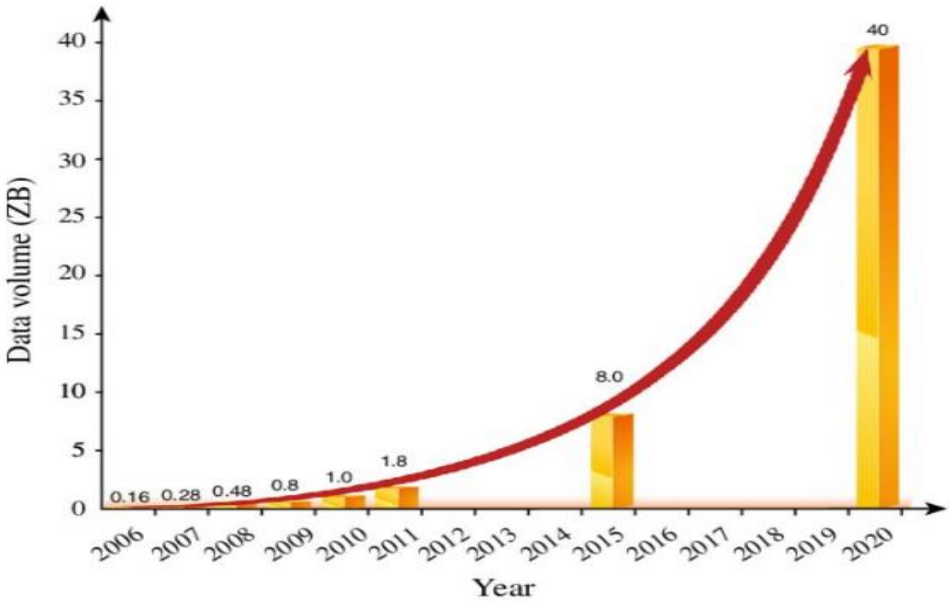


Figure 1. Global growth trend of data volume (Guo et al., 2014)

Big Data and the Internet of Things (IoT) are the concepts that have excited the technology world for a long time and are now a necessity. In recent years, the use of big data has been adopted and businesses quickly catch up with what they need. It is estimated that around 4.4 trillion GB of data will be generated through the Internet of Things in 2020. This is quite a large amount. However, with the increasing number of connected devices, more than twenty billion sensors and devices are becoming connected to the Internet this year. All these devices need to collect, analyze, share and transmit data in real time. This is why IoT devices lack full functionality and capabilities without data. After the data is obtained, it is necessary to process these data instantaneously and return a response to the user. For this purpose, time is a very important factor in IoT integrations.

In this study, it is aimed to design an integration that will respond to the user as soon as possible during the instantaneous processing of data obtained from IoT devices. First of all, messages received from different IoT sources were subjected to data preprocessing and the data was cleaned. Later, these data, which were streamlined, were transferred to RabbitMQ distributed message infrastructure and stored there until they were processed. Apache Hadoop was used to instantly process these messages kept in the RabbitMQ system. Apache Hadoop records the results in the Elasticsearch database by instantly analyzing the data that is passed through data preprocessing steps and brought into a uniform order. After these processes, MQTT and AMQP protocols were used in order to read the processed data from Elasticsearch database and transmit it to the user. The results obtained by these two protocols with different parameters are compared in the results section.

In the second part of the study, other studies focusing on similar issues with this study are mentioned. In the third chapter, the general system topology is explained in detail. In the fourth chapter, the topology steps mentioned in the third chapter are explained, and in the last chapter, the results and future studies are mentioned.

Literature Review

Studies on Big Data, Hadoop, HDFS (Hadoop Distributed File System) and MapReduce have been carried out from past to present and these studies have included different analysis and techniques until today. One of these works is the 2014 work of Shankar Ganesh Manikandan and his team (Manikandan and Ravi, 2014). In this study, various methods for the problems at hand are proposed through the Map Reduce framework over (HDFS). A Minimization technique using map indexing, sorting, mixing and finally reduction and file indexing has been developed using Map Reduce. This technique has been studied on large unstructured data from different sources. According to the study, it is seen as a promising approach to reach the desired analytics with Map Reduce in the processing and interpretation of these data obtained from different sources.

One of the works carried out to analyze large-scale data is Mrunal Sogodekar's and his team's 2016 (Sogodekar et al., 2016) study. In this study, it is aimed to analyze the data collected from sources such as e-mail, social media (Facebook, Twitter etc.). Especially, it is aimed to examine the user comments of the web pages that are visited extensively and make inferences from these comments.

For this purpose, different data analytical tools were used and their properties were compared against each other.

One of the works on MapReduce is the 2016 work of Ankush Verma and his team (Verma et al., 2016). In this study, Hadoop MapReduce and Spark structures are explained in detail and the differences between them are gradually stated. In the study, the following inferences are made. Hadoop MapReduce operates by analyzing large amounts of data across multiple nodes in parallel. However, MapReduce has two functions: map and reduce, big data is stored on HDFS. Due to the lack of this possibility in MapReduce, Spark is designed to run for real-time streaming data and quick queries. The Spark works on Durable Distributed Data Sets and a directed circular graphics execution engine. For the stated reasons, the study was shown one step ahead of Spark MapReduce.

In 2013 (Sagiroglu and Sinanc, 2013), Seref Sagiroglu and his team talk about very important basic information on Big Data. This paper presents an overview of big data's content, scope, samples, methods, advantages and challenges and discusses privacy concern on it.

One of the main areas with big data is the health area. Gaspard Harerimana and his team (Harerimana et al., 2018) also addressed this issue in their work. This study explores key challenges, data sources, techniques, technologies and future trends in big data analytics in healthcare. A do-it-yourself review is presented, offering a holistic, simplified and easily understandable view of the various technologies used to develop an integrated health analytics application.

One of the studies on Big Data in the field of health is the study (Reddy and Kumar, 2016). This did not work, the general structure of processing, storing and obtaining the real-time data flowing to the information systems in the hospitals was mentioned, and then the distressed parts in this structure were explained in detail. At the end of the study, some suggestions were made for the studies that should be done for these problems.

The processing of Big Data in live systems is usually accomplished using distributed message queues. Because the living system has to be in a continuous operating and scalable structure. A large number of studies have been conducted on processing large data in distributed message queues. In this study (Liao et al., 2017), a general distributed messaging framework is presented for online transaction processing applications in the e-commerce industry. This messaging system is called Metamorphosis (MetaQ). This system was later deployed and used on Taobao.com and Alipay.com. According to the results obtained, the actual uses in both types of online trading applications have proven that the nature of MetaQ can perform well for such large Internet applications.

Proposed Topology

A structure whose topology is shown in Figure 2 has been designed in order to provide real-time processing of IoT data using the MQTT protocol in the fastest and safest way. All steps in topology will be covered under separate headings.

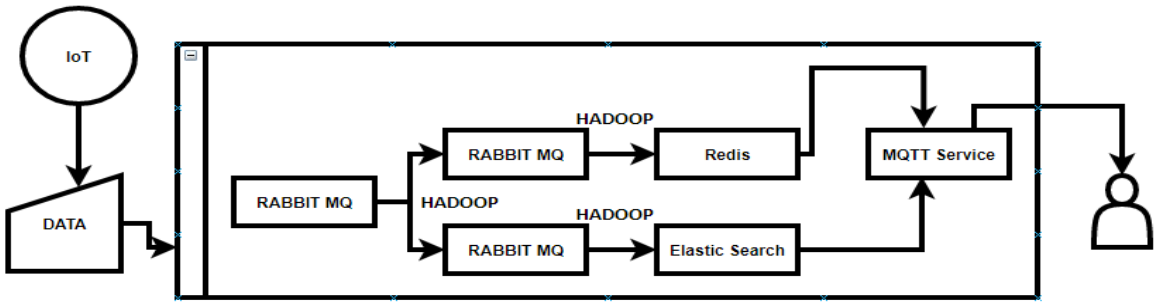


Figure 2. Proposed topology

Data Preprocessing Step

Data preprocessing aims to make the data in the database or data warehouses where there is a lot of data statistically healthy before the analysis phase. Making the data healthy requires identifying the incomplete, insufficient, inconsistent, and contrary characteristics and finding solutions to these problems with appropriate methods. It is a very serious situation that should be approached with suspicion, to carry the data from database records expressed in millions or even billions to an environment in an uncontrolled manner, to analyze and draw conclusions based on them, to make comments. After all, in most cases, researchers have no interest in how the data subject to analysis are transferred to the database. During data entry or transfer, incomplete, excessive, repetitive data may have been entered. In not well organized related databases, the same records can be entered under different variable names. Therefore, data preprocessing is a very important initial stage of data mining. This stage causes the researcher to spend 60% - 75% of the total time (Soner, 2021).

Data preprocessing process consists of data cleaning, data merging, data transformation and data reduction sub-steps. These steps are given in Figure 3.

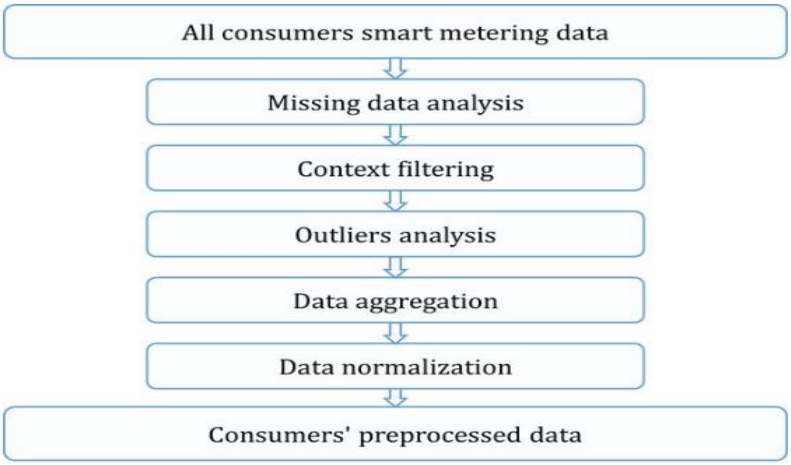


Figure 3. Data preprocessing steps (Fernandes et al., 2017).

RabbitMQ and MQTT Protocol

The MQ Telemetry Transport (MQTT) protocol is an increasingly popular lightweight messaging protocol for mobile applications, and support for it is distributed with RabbitMQ as an add-on. Created as a protocol based on a publish-subscribe model, MQTT was first invented in 1999 by IBM's Andy Stanford-Clark and Eurotech's Arien Nipper. MQTT is designed for messaging in resource-constrained devices and low-bandwidth environments without compromising reliable messaging restrictions. While not as feature-rich as AMQP, the rapid growth of mobile apps has led to the growing popularity of MQTT in recent years (Livebook, 2021).

RabbitMQ is an open source message queuing system. In other words, it is the system that receives a message from an application and transmits it to another application in its turn. We can think of this system as a post office or a cargo company. Just as a letter is delivered to the post office or when a product is delivered to the relevant address when it is due, RabbitMQ performs the same process and sends the message given to the relevant consumer at the right time. The structural topology of RabbitMQ and MQTT protocol is given in Figure 4.

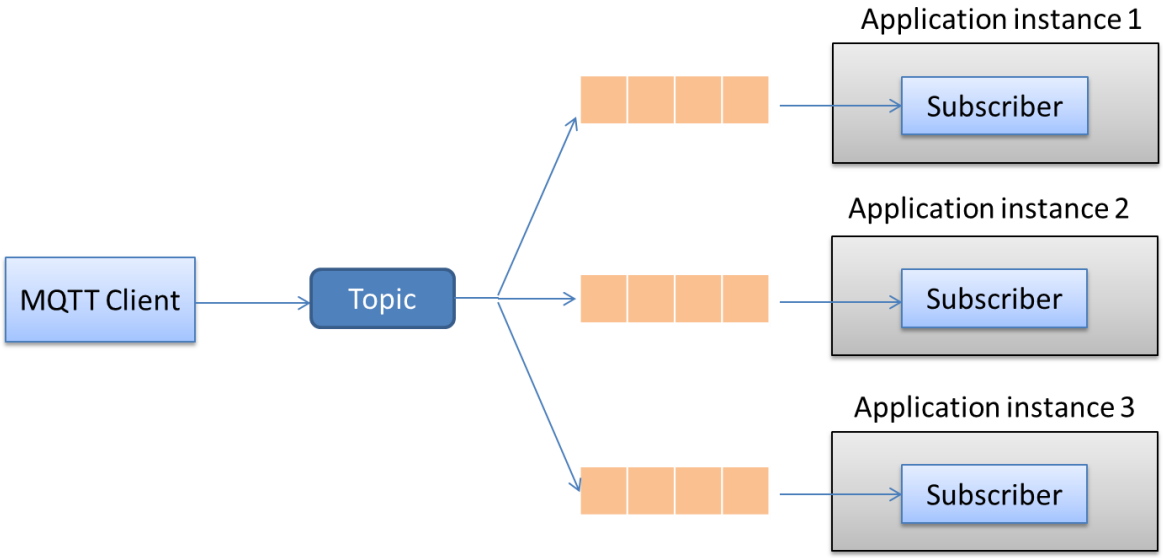


Figure 4. RabbitMQ and MQTT Protocol (Dzone, 2021)

In this study, RabbitMQ asynchronous messaging infrastructure is used for asynchronous retrieval and storage of data received from IoT devices. By default, RabbitMQ system uses AMQP as the message processing protocol. In this study, the MQTT protocol, which is lighter and works more stable with IoT systems, was used instead of AMQP protocol for processing RabbitMQ messages. The success rates achieved by the AMQP and MQTT protocols are shared in the results section.

Real-time Data Processing with Apache Hadoop

Hadoop is an open source software framework that allows data to be stored, processed and analyzed on your computer in a distributed environment across clusters. Hadoop is designed to distribute data to different machines rather than using a single server where each machine offers local computing and storage. Hadoop uses a simple programming model to do the necessary operations between these clusters and runs the application using the MapReduce algorithm, where data is processed in parallel on different CPU nodes. In other words, Hadoop is used to perform statistical analysis on big data stored in clustering on the computer. It consists of a storage partition known as the Hadoop Distributed File System and a processing part called MapReduce. Hadoop basically divides files into large blocks and distributes them across clusters. This approach allows the data set to be processed faster and more efficiently. Hadoop consists of four main modules. In Figure 5, the components belonging to the Apache Hadoop topology are given.

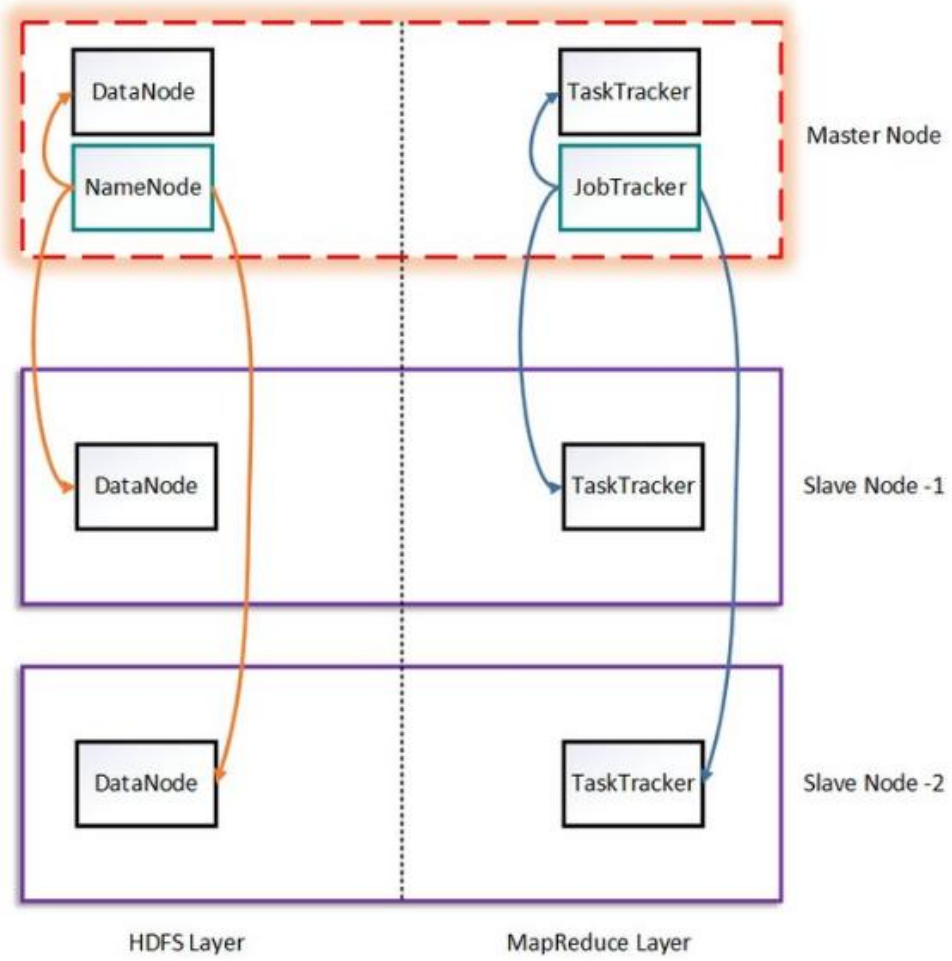


Figure 5. Apache hadoop architecture (Islam et al., 2018).

HDFS (Hadoop Distributed File System)

It is the Hadoop's file system. It is a distributed file system used to process big data on clusters of ordinary servers. Provides better data throughput compared to traditional file systems. It assembles ordinary server disks and creates a large virtual disk. This makes it possible to store and process very large files.

YARN (Yet Another Resource Negotiator)

YARN is the main component of Hadoop v2.0. YARN helps to open up Hadoop by allowing to process and run data for batch processing, stream processing, interactive processing and graph processing which are stored in HDFS. In this way, it helps to run different types of distributed applications other than MapReduce.

MapReduce

The Hadoop MapReduce module helps programs process data concurrently. Threads are distributed over the cluster and process at the same time. MapReduce Map task converts the input data into key-value pairs. The Reduce task takes the input, combines the information, and produces the result. Hadoop's great power is revealed here. Network traffic is not busy, as the processed files are always read from the local disk of the respective node. Moreover, as the number of nodes in the cluster increases, the performance increases in direct proportion.

Hadoop Common

Hadoop Common refers to the collection of common utilities and libraries that support other Hadoop modules. It is an essential part or module of the Apache Hadoop Framework, along with the HDFS, Hadoop YARN and Hadoop MapReduce. Like all other modules, Hadoop Common assumes that hardware failures are common and that these should be automatically handled in software by the Hadoop Framework.

In this study, Apache Hadoop was used to process the messages transmitted to the RabbitMQ asynchronous message queue in real time after the data preprocessing step. Apache Hadoop accomplishes this process thanks to the 4 main components mentioned above. Messages processed with Apache Hadoop are stored in the Elasticsearch database in order not to be lost before they are transmitted to the user.

Storage of Processed Data and Transmission to the User

After the data in RabbitMQ message queues are processed in real time, these data must be saved in order not to be lost. Elasticsearch database was used for this purpose in our study. Elasticsearch is a text search engine and analysis tool developed on Apache Lucene infrastructure

using Java programming language. Lucene, developed to perform searches on huge text files on a single machine, Elasticsearch, which emerged because it was insufficient for searches on instant data and distributed systems; It gained popularity in a short time with its flexible structure and capabilities such as working with real-time data in distributed systems. Advantages of Elasticsearch can be listed as follows (Gtech, 2021).

- It can operate in a distributed and highly scalable structure.
- It is open source.
- It has Restful API support.
- It is close to the truth. This way, they can make searches with SearchElastic seconds after the data is saved.
- It can be backed up easily.
- It works by using very few resources compared to its alternatives.
- It has a simple cluster structure.

After the processed data is saved in the Elasticsearch database, this data must be transmitted to the user. It is very important that this process is carried out extremely quickly and safely. For this purpose, Rest API was used in our study. The data in Elasticsearch database has been presented to the user by using the relevant API.

Conclusions and Recommendations

In this study, 3 different experiments were carried out for the effect of AMQP and MQTT protocols used during the processing of messages stored in RabbitMQ on IoT processes. In each of these experiments, different numbers of messages were transmitted to the message queues in the RabbitMQ system, and the processing times of these messages and the process impressions of the services created with AMQP and MQTT protocols were observed.

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	100
Consumer Count	10
Messaging Protocol	AMQP
Message Processing Time (sec)	7

Figure 6. 100 message processing times of services using AMQP protocol

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	100
Consumer Count	10
Messaging Protocol	MQTT
Message Processing Time (sec)	5

Figure 7. 100 message processing times of services using MQTT protocol

In the first experiment with a 100 message data set, when the results obtained in Figure 6 and Figure 7 are examined, the service using AMQP protocol processed 100 messages in 7 seconds, while the service using MQTT protocol processed 100 messages in 5 seconds.

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	1000
Consumer Count	10
Messaging Protocol	AMQP
Message Processing Time (sec)	30

Figure 8. 1000 message processing times of services using AMQP protocol

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	1000
Consumer Count	10
Messaging Protocol	MQTT
Message Processing Time (sec)	21

Figure 9. 1000 message processing times of services using MQTT protocol

In the first experiment with a 1000 message data set, when the results obtained in Figure 8 and Figure 9 are examined, the service using AMQP protocol processed 1000 messages in 30 seconds, while the service using MQTT protocol processed 1000 messages in 21 seconds.

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	10000
Consumer Count	10
Messaging Protocol	AMQP
Message Processing Time (sec)	122

Figure 10. 10000 message processing times of services using AMQP protocol

Parameter Name	Parameter Value
Message Count	10000
Consumer Count	10
Messaging Protocol	MQTT
Message Processing Time (sec)	98

Figure 11. 10000 message processing times of services using MQTT protocol

In the first experiment with a 10000 message data set, when the results obtained in Figure 10 and Figure 11 are examined, the service using AMQP protocol processed 10000 messages in 122 seconds, while the service using MQTT protocol processed 1000 messages in 98 seconds.

When the results of the 3 experiments were evaluated, it was seen that the MQTT protocol obtained better results than the AMQP protocol in all experiments. Achieving these results is due to the fact that the MQTT protocol is lightly designed, does not carry unnecessary parameters in service calls, and is especially designed for IoT processes. If we express the result of the study with a general evaluation, if asynchronous messaging infrastructures such as RabbitMQ will be used in real-time data processing processes and IoT processes, the MQTT protocol should be preferred instead of the AMQP protocol in order to process the messages received from the RabbitMQ message queue.

In this study, a design is proposed to process data received from different IoT sources in real time and to transmit these processed data to users. All technologies used in the study are the most popular products of today. According to the results obtained, RabbitMQ asynchronous message queue can distribute 1 million data to queues instantly. When we feed more than 1 million messages to RabbitMQ asynchronous messaging system, it has been seen that it has a negative effect on the performance of the system. The MQTT protocol, which is used to receive and process messages from RabbitMQ queues, achieves approximately 20% better performance than the AMQP protocol in all experiments.

It is thought that the studies to be carried out in the following areas in the following processes will contribute to the literature.

- By performing experiments with different protocols such as STOMP, the results can be evaluated comparatively.
- Apache Storm can be used instead of Apache Hadoop, which is used to provide real-time processing of data.
- IBMMQ or KafkaMQ asynchronous communication system can be used instead of RabbitMQ communication system.

References

Guo, Huadong & Wang, Lizhe & Chen, Fang & Liang, Dong. (2014). Scientific big data and Digital Earth. Chinese Science Bulletin (Chinese Version). 59. 1047. 10.1360/972013-1054.

Fernandes, Marta & Viegas, Joaquim & Vieira, Susana & Sousa, João. (2017). Segmentation of Residential Gas Consumers Using Clustering Analysis. Energies. 10. 2047. 10.3390/en10122047.

https://volkansoner.wordpress.com/2011/09/15/veri-onisleme/

J. Liao, X. Zhuang, R. Fan and X. Peng, "Toward a General Distributed Messaging Framework for Online Transaction Processing Applications," in IEEE Access, vol. 5, pp. 18166-18178, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2717930.

https://dzone.com/articles/mqtt-client-load-balancing-with-rabbitmq-and-sprin

Islam, Muhammed Tawfiqul & Buyya, Rajkumar. (2018). Resource Management and Scheduling for Big Data Applications in Cloud Computing Environments.

https://www.upgrad.com/blog/what-is-hadoop-yarn-architecture-its-components/

S. G. Manikandan and S. Ravi, "Big Data Analysis Using Apache Hadoop," 2014 International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS), Beijing, 2014, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICITCS.2014.7021746.

A. Verma, A. H. Mansuri and N. Jain, "Big data management processing with Hadoop MapReduce and spark technology: A comparison," 2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking (CDAN), Indore, 2016, pp. 1- 4, doi: 10.1109/CDAN.2016.7570891.

https://livebook.manning.com/book/rabbitmq-in-depth/chapter-9/

https://www.gtech.com.tr/elasticsearch-esnek-arama-nedir/

M. Sogodekar, S. Pandey, I. Tupkari and A. Manekar, "Big data analytics: hadoop and tools," 2016 IEEE Bombay Section Symposium (IBSS), Baramati, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/IBSS.2016.7940204.

S. Sagiroglu and D. Sinanc, "Big data: A review," 2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), San Diego, CA, 2013, pp. 42-47, doi: 10.1109/CTS.2013.6567202.

G. Harerimana, B. Jang, J. W. Kim and H. K. Park, "Health Big Data Analytics: A Technology Survey," in IEEE Access, vol. 6, pp. 65661-65678, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2878254.

A. R. Reddy and P. S. Kumar, "Predictive Big Data Analytics in Healthcare," 2016 Second International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICT), Ghaziabad, 2016, pp. 623-626, doi: 10.1109/CICT.2016.129.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Tarımsal Ürünlerin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Classification of Agricultural Crops using Deep Learning Methods

Emine Uçar[1]

Abstract

Agricultural crop classification based on remote sensing data is vital to support sustainable agriculture management at national and global scale. In this study, a public data set obtained by RapidEye satellites and Unmanned Aerial Vehicle Synthetic Aperture Radar (UAVSAR) system was used to classify agricultural crops. There are 174 features of 7 different crop type images including corn, peas, canola, soybeans, oats, wheat and broadleaf, in the dataset. These features are the combination of 98 features extracted from the radar images obtained by the UAVSAR system on two different dates on the same region and 76 features extracted from the images obtained via RapidEye satellites. In the study, a deep learning model based on convolutional neural networks was proposed. In order to determine the performance of the proposed model, the training and testing stages were carried out using the 5-fold cross validation method. As a result of the experimental tests, the

Özet

Uzaktan algılama verilerine dayalı tarımsal ürün sınıflandırma, ulusal ve küresel ölçekte sürdürülebilir tarım yönetimini desteklemek için çok önemlidir. Bu çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırılması amacıyla RapidEye uyduları ve İnsansız Hava Aracı Sentetik Açıklık Radarı (İHASAR) sistemi aracılığı ile elde edilmiş halka açık bir veri seti kullanılmıştır. Veri seti içerisinde mısır, bezelye, kanola, soya fasulyesi, yulaf, buğday ve hasır otu olmak üzere 7 farklı tarımsal ürün görüntülerine ait 174 özellik bulunmaktadır. Bu özellikler, iki farklı tarihte aynı bölge üzerinde İHASAR sistemi aracılığıyla elde edilen radar görüntülerinden çıkarılan 98 özellik ve RapidEye uyduları aracılığı ile elde edilen görüntülerden çıkarılan 76 özelliğin birleşimidir. Çalışmada evrişimli sinir ağlarına dayalı bir derin öğrenme modeli önerilmiştir. Önerilen modelin performansını belirlemek için eğitim ve test aşamaları 5-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

[1] Emine Uçar, Dr. Öğr. Üyesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, emine.ucar@iste.edu.tr

classification accuracy of the proposed model was measured as 99.69%. This result obtained in the study showed that the proposed deep learning model can be used effectively in the classification of agricultural crops.

Keywords: Deep learning, Convolutional Neural Networks, Classification, Agricultural crops, Satellite images

Deneysel testler sonucunda çalışmada önerilen modelin sınıflandırma doğruluğu %99,69 olarak ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen bu sonuç, önerilen derin öğrenme modelinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme, Evrişimli Sinir Ağları, Sınıflandırma, Tarımsal ürünler, Uydu görüntüleri

Giriş

Uydu verilerinden yararlanarak tarım arazilerinde parsel tabanlı tarım ürünlerinin sınıflandırılması hassas tarımda önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca tarımsal ürünlerin ekimi ve verim tahmini gibi hassas tarım alanında gerçekleştirilen birçok uzaktan algılama uygulaması için kritik öneme sahiptir (Shao et al., 2001). Uzaktan algılama teknikleri, tarım arazilerinin zamana göre değişkenliği hakkında hızlı bir şekilde veri toplama özellikleri sayesinde tarımsal izlemenin önemli bir parçası olmuştur (Jiao et al., 2014) (Yang et al., 2017) (Veloso et al., 2017). RapidEye, Sentinel-2 gibi optik uzaktan algılama görüntüleri yüksek ve orta çözünürlükte spektral ve mekânsal bilgi içermeleri sebebiyle tarımsal ürünlerin sınıflandırmasında başarılı sonuçlar elde etmektedir (Conrad et al., 2014). Ancak bu sistemler ile bulut ve sis gibi atmosfer koşullarından kaynaklı hatalar ya da güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda kaliteli görüntüler elde edilemeyebilir. Böyle durumlarda optik görüntülere kıyasla bulut ve sis gibi atmosfer koşullarından etkilenmeyen Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) görüntüleri tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında ön plana çıkmaktadır.

Literatürde optik uzaktan algılama görüntüleri kullanılarak yapılan tarımsal ürün sınıflandırmalarında Löw ve arkadaşları RapidEye görüntülerini kullanarak Rastgele Orman ve Destek Vektör Makinesi sınıflandırıcılarının birlikte kullanıldığı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada önerilen hibrit sınıflandırıcının tek sınıflandırıcılara kıyasla sınıflandırma başarısını arttırdığını bildirmişlerdir (Löw et al., 2012). Siachalou ve arkadaşları zaman serisi analizine dayalı gerçekleştirdikleri tarımsal ürün sınıflandırması çalışmasında Gizli Markov Modelini kullanmıştır. Önerilen modelin sınıflandırma başarısının %89,7 olduğunu bildirmişlerdir (Siachalou et al., 2015).

SAR görüntüleri ile gerçekleştirilen çalışmalarda Mahdian ve arkadaşları tarımsal ürün sınıflandırması için Beklenti-Maksimizasyon algoritmasını kullanmışlardır. Önerilen yaklaşımın elde ettiği yüksek doğrulukta sınıflandırma başarısı ile uzaktan algılamanın farklı uygulamalarında da kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Mahdian et al., 2013). Bargiel tarımsal ürün türlerinin fenolojik sekans örüntülerine dayalı çalışmasında Rastgele Orman ve Maksimum Olabilirlik yöntemlerini

kullanarak sınıflandırma gerçekleştirmiştir. Fenolojik sekans örüntülerine dayalı bu yeni yaklaşımın standart yöntemlere kıyasla daha iyi performans gösterdiğini bildirmiştir (Bargiel, 2017).

Diğer taraftan birçok araştırmacı, optik görüntüler ve SAR verilerinin birleşiminin tarımsal ürün sınıflandırmasına fayda sağlayabileceğini bildirmektedir (Skakun et al., 2015) (Inglada et al., 2016). Khosravi ve arkadaşları RapidEye uyduları ve IHASAR görüntülerinden oluşan bir özellik setinden maksimum ayrılabilirlik ve minimum bağımlılık olarak adlandırdıkları bir yöntem ile özellik seçimine dayalı bir sınıflandırma gerçekleştirmişlerdir. Önerilen bu yaklaşım diğer yöntemlere kıyasla hızlı olması ile ön plana çıkmaktadır (Khosravi et al., 2018). Zhou ve arkadaşları çalışmalarında optik görüntüler ve SAR verilerini kullanan derin öğrenmeye dayalı bir zaman serisi analiz yöntemi sunmuştur. Önerilen yöntem geleneksel yöntemlere kıyasla genel doğrulukta %5'lik bir iyileşme sağlamıştır (Zhou et al., 2019).

Bu çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırılması problemi için son yıllarda birçok alanda yaygın olarak kullanılan ve sınıflandırma işlemlerinde olağanüstü sonuçlar elde eden derin öğrenme yöntemlerine dayalı bir model önerilmiştir.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. Bölüm 2'de kullanılan veri seti ve önerilen yöntem ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 3'te, çalışmada elde edilen bulgular sunulmuştur. Çalışmanın Bölüm 4'te sonuçlandırılmıştır.

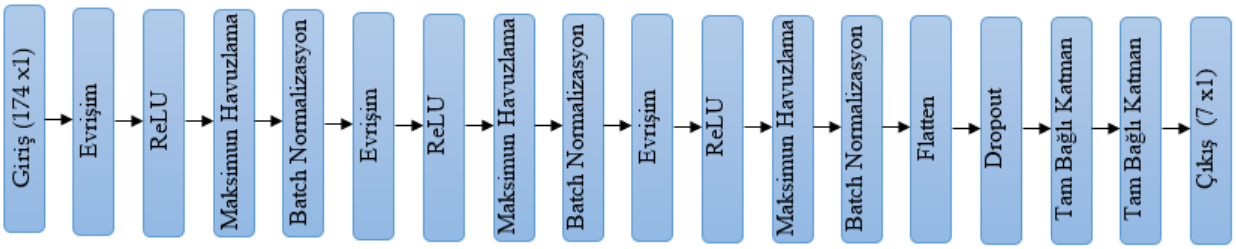
Materyal ve Metot

Veri Seti

Bu çalışmada Khosravi ve arkadaşları tarafından oluşturulan ve halka açık bir şekilde paylaşılan RapidEye uyduları ve İnsansız Hava Aracı Sentetik Açıklık Radarı (İHASAR) sistemi aracılığı ile elde edilmiş veriler kullanılmıştır (Khosravi et al., 2018). Veri seti içerisinde mısır, bezelye, kanola, soya fasulyesi, yulaf, buğday ve hasır otu olmak üzere 7 farklı tarımsal ürün görüntülerine ait 174 özellik bulunmaktadır. 174 özelliğin 98 tanesi, iki farklı tarihte aynı bölge üzerinde İHASAR sistemi aracılığıyla elde edilen radar görüntülerinden çıkarılan özellikler iken kalan 76 özellik RapidEye uyduları aracılığı ile elde edilen görüntülerden çıkarılan özelliklerdir.

Metot

Çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırılması amacıyla kullanılan tek boyutlu evrişimli sinir ağı modeli Şekil 1'de sunulmuştur. Önerilen modelde 174x1 boyutlarında veri alan bir giriş katmanı, üç evrişim katmanı, iki tam bağlı katman ve son katmanda ise sınıf sayısı kadar (7) nöronu bulunan bir çıkış katmanı bulunmaktadır. Bu mimaride aşırı öğrenme problemini çözmek için bırakma(dropout) katmanı kullanılmıştır.



Şekil 1. Önerilen evrişimli sinir ağı modeli yapısı.

Deneysel Sonuçlar

Veri setinin öğrenme sürecinde önerilen yaklaşım ile kararlı ve doğru bir şekilde sınıflandırma yapmak amacıyla sınıflandırma çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılan k katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 katlı çapraz doğrulama uygulanmış ve veri seti her bir katta %70 eğitim, %10 doğrulama ve %20 test olacak şekilde bölünmüştür. Bu çalışmada önerilen modelin eğitim aşamasında erken durdurma tekniği kullanılmış ve eğer doğrulama kaybı 5 devir boyunca düşmüyorsa eğitim otomatik durdurulmuştur. Eğitim sırasında optimizasyon için Adam optimizasyon algoritması ve kayıp fonksiyon için ise kategorik çapraz entropi kullanılmıştır. Öğrenme oranı 0.001, bırakma katmanı değeri ise 0.2 olarak ayarlanmıştır.

Bu çalışmada tarımsal ürün sınıflandırma veri setinde 7 farklı ürün görüntülerine ait özellikler bulunduğundan çok sınıflı sınıflandırma yapılmıştır ve önerilen modelin performansı Doğruluk, Duyarlılık, Özgüllük ve Kesinlik metrikleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Her bir sınıf için bu metriklere ait formüller eşitlik 1-4'te verilmiştir. Bu denklemlerde DP doğru sınıflandırılmış pozitif örnekleri, DN doğru sınıflandırılmış negatif örnekleri, YP yanlış sınıflandırılmış pozitif örnekleri ve YN ise yanlış sınıflandırılmış negatif örnekleri temsil etmektedir.

$$Doğruluk = \frac{(DP + DN)}{(DP + YP + DN + YN)} \quad (1)$$

$$Duyarlılık = \frac{DP}{DP + YN} \quad (2)$$

$$Özgüllük = \frac{DN}{DN + YP} \quad (3)$$

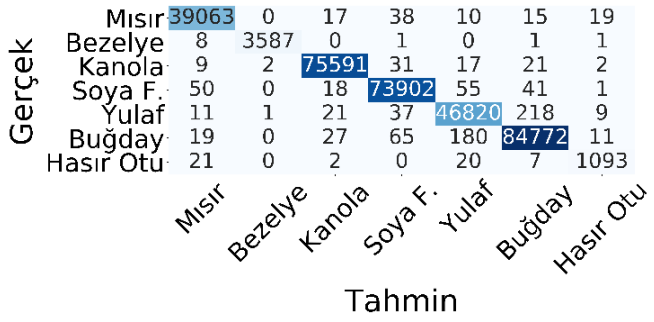
$$Kesinlik = \frac{DP}{DP+YP} \quad (4)$$

Bu çalışmada 5 katlı çapraz doğrulama tekniğine göre her bir katta her bir sınıfa ait analiz sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'den görülebileceği üzere önerilen derin öğrenme modeli veri setinde bulunan tüm sınıflar için oldukça yüksek başarı elde etmiştir.

Tablo 1. Analiz sonuçları

Kat	Sınıf	Duyarlılık	Kesinlik	Özgüllük	Genel Doğruluk
1	Mısır	0,9990	0,9958	0,9994	0,9972
	Bezelye	0,9930	1	1	
	Kanola	0,9983	0,9993	0,9998	
	Soya fasulyesi	0,9980	0,9974	0,9992	
	Yulaf	0,9962	0,9929	0,9988	
	Buğday	0,9967	0,9982	0,9994	
	Hasır otu	0,9079	0,9857	0,9999	
2	Mısır	0,9977	0,9973	0,9996	0,9969
	Bezelye	0,9986	0,9958	0,9999	
	Kanola	0,9987	0,9989	0,9997	
	Soya fasulyesi	0,9982	0,9985	0,9996	
	Yulaf	0,9898	0,9967	0,9994	
	Buğday	0,9981	0,9940	0,9979	
	Hasır otu	0,9607	0,9735	0,9999	
3	Mısır	0,9967	0,9950	0,9993	0,9960
	Bezelye	0,9944	1	1	
	Kanola	0,9990	0,9986	0,9996	
	Soya fasulyesi	0,9970	0,9972	0,9992	
	Yulaf	0,9914	0,9926	0,9987	
	Buğday	0,9953	0,9954	0,9984	
	Hasır otu	0,9563	0,9563	0,9998	
4	Mısır	0,9987	0,9974	0,9997	0,9975
	Bezelye	1	1	1	
	Kanola	0,9995	0,9994	0,9998	
	Soya fasulyesi	0,9978	0,9984	0,9995	
	Yulaf	0,9945	0,9951	0,9992	
	Buğday	0,9966	0,9971	0,9990	
	Hasır otu	0,9913	0,9458	0,9998	
5	Mısır	0,9953	0,9994	0,9999	0,9969
	Bezelye	0,9986	1	1	
	Kanola	0,9989	0,9982	0,9994	
	Soya fasulyesi	0,9979	0,9969	0,9991	
	Yulaf	0,9966	0,9928	0,9988	
	Buğday	0,9956	0,9975	0,9991	
	Hasır otu	0,9649	0,9524	0,9998	

Sonuç olarak yedi farklı tarımsal ürünün sınıflandırılmasında önerilen derin öğrenme yaklaşımı ile %99,69 oranında bir genel doğruluk performansı sağlanmıştır. Bu başarıya ait karmaşıklık matrisi Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Önerilen modelin karmaşıklık matrisi.

Sonuç

Bu çalışmada tarımsal ürünlerin sınıflandırılması probleminin çözümüne yönelik özel olarak tasarlanmış bir evrişimli sinir ağı modeli kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada RapidEye uyduları ve İHASAR sistemi aracılığı ile elde edilmiş veriler kullanılmıştır. Geliştirilen derin ağ modeli bu veri setinde test edilmiş ve 7 çeşit tarımsal ürün sınıfında %99,69 oranında bir genel doğruluk performansı elde edilmiştir. Gelecek çalışmalarda özellik seçim yöntemleri kullanılarak sınıflandırma başarısına etkisi araştırılacaktır.

Kaynakça

Bargiel, D. (2017). A new method for crop classification combining time series of radar images and crop phenology information. *Remote Sensing of Environment*, *198*, 369–383.

Conrad, C., Dech, S., Dubovyk, O., Fritsch, S., Klein, D., Löw, F., Schorcht, G., & Zeidler, J. (2014). Derivation of temporal windows for accurate crop discrimination in heterogeneous croplands of Uzbekistan using multitemporal RapidEye images. *Computers and Electronics in Agriculture*, *103*, 63–74.

Inglada, J., Vincent, A., Arias, M., & Marais-Sicre, C. (2016). Improved early crop type identification by joint use of high temporal resolution SAR and optical image time series. *Remote Sensing*, *8*(5), 362.

Jiao, X., Kovacs, J. M., Shang, J., McNairn, H., Walters, D., Ma, B., & Geng, X. (2014). Object-oriented crop mapping and monitoring using multi-temporal polarimetric RADARSAT-2 data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *96*, 38–46.

Khosravi, I., Safari, A., & Homayouni, S. (2018). MSMD: maximum separability and minimum dependency feature selection for cropland classification from optical and radar data. *International Journal of Remote Sensing*, *39*(8), 2159–2176.

Löw, F., Schorcht, G., Michel, U., Dech, S., & Conrad, C. (2012). Per-field crop classification in irrigated agricultural regions in middle Asia using random forest and support vector machine ensemble. *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications III*, *8538*, 85380R.

Mahdian, M., Homayouni, S., Fazel, M. A., & Mohammadimanesh, F. (2013). Agricultural land classification based on statistical analysis of full polarimetric SAR data. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *1*, W3.

Shao, Y., Fan, X., Liu, H., Xiao, J., Ross, S., Brisco, B., Brown, R., & Staples, G. (2001). Rice monitoring and production estimation using multitemporal RADARSAT. *Remote Sensing of Environment*, *76*(3), 310–325.

Siachalou, S., Mallinis, G., & Tsakiri-Strati, M. (2015). A hidden Markov models approach for crop classification: Linking crop phenology to time series of multi-sensor remote sensing data. *Remote Sensing*, *7*(4), 3633–3650.

Skakun, S., Kussul, N., Shelestov, A. Y., Lavreniuk, M., & Kussul, O. (2015). Efficiency assessment of multitemporal C-band Radarsat-2 intensity and Landsat-8 surface reflectance satellite imagery for crop classification in Ukraine. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, *9*(8), 3712–3719.

Veloso, A., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T., Planells, M., Dejoux, J.-F., & Ceschia, E. (2017). Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. *Remote Sensing of Environment*, *199*, 415–426.

Yang, Y., Huang, Q., Wu, W., Luo, J., Gao, L., Dong, W., Wu, T., & Hu, X. (2017). Geo-parcel based crop identification by integrating high spatial-temporal resolution imagery from multi-source satellite data. *Remote Sensing*, *9*(12), 1298.

Zhou, Y., Luo, J., Feng, L., Yang, Y., Chen, Y., & Wu, W. (2019). Long-short-term-memory-based crop classification using high-resolution optical images and multi-temporal SAR data. *GIScience \& Remote Sensing*, *56*(8), 1170–1191.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Kültürel Mirasın Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri Üzerinden Deneyimlenmesi

Experiencing Cultural Heritage Through Extended Reality Technologies

Fatih KILAVUZ[1]
Bahadır UÇAN[2]

Abstract

The transfer of cultural heritage assets to the audience through different experiences is seen as a current requirement. Via extended reality Technologies (XR) the audience can have knowledge about the cultural heritage assets and reach to an immersive experience without the need to be physically there. The limitation of physical visits and activities during the pandemic has led to an increase in studies based on extended reality technologies and led to industrial development of the sector in this field. Within the scope of this study, the methods of extended reality technologies used to experience cultural heritage assets are examined. These studies are discussed through examples. Various techniques used among these methods, photogrammetry, 3D modeling studies, software

Özet

Kültürel miras varlıklarının farklı deneyimler üzerinden izleyiciye aktarılması güncel bir gereklilik olarak görülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojileri (XR) üzerinden izleyici, kültürel miras varlığı hakkında bilgi sahibi olabilmekte ve fiziksel olarak orada bulunmasına ihtiyaç kalmadan mekanı bütün gerçekliğiyle, oradalık deneyimi (immersive experince) yaşama imkanına erişebilmektedir. Pandemi sürecinde fiziksel ziyaret ve etkinliklerin sınırlandırılması, genişletilmiş gerçeklik teknolojileri temelli çalışmaların artmasına ve bu alanda sektörün endüstriyel anlamda gelişmesine sebep olmuştur. Bu çalışma kapsamında kültürel miras varlıkları üzerinden onların deneyimlenmesinde kullanılan genişletilmiş gerçeklik teknolojileri yöntemleri incelenmiştir. Örnekler üzerinden bu çalışmalar

[1] Fatih Kılavuz, Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, İletişim ve Tasarımı Bölümü, fkilavuz@yildiz.edu.tr
[2] Bahadır Uçan, Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İletişim ve Tasarımı Bölümü, bucan@yildiz.edu.tr

tools and programs were examined, and studies were evaluated within the scope of augmented reality and virtual reality technologies under the umbrella of extended reality. With the ease of access to augmented reality applications and the widespread use of devices using this technology (phones, tablets etc.) and the other hand the decrease in the costs of virtual reality devices, the increasing availability of virtual reality applications and with diversified virtual reality applications (museum, games, education etc.) the effect of the growing market share it is seen that the usage area has increased. In this study, literature review and content analysis (visual) were adopted as methods.

Keywords: Cultural Heritage, Pandemic, Extended reality technologies, Augmented reality, Virtual Reality, Immersive experience

ele alınmıştır. Bu yöntemler arasında kullanılan çeşitli teknikler fotogrametri, üç boyutlu modelleme çalışmaları, yazılım araçları ve programlar incelenmiş olup genişletilmiş gerçeklik çatısı altındaki artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri kapsamında çalışmalar değerlendirilmiştir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarına erişimin kolaylaşması ve bu teknolojiyi kullanan cihazların yaygınlaşması (telefon, tablet vb.) diğer yandan sanal gerçeklik cihazlarının ise maliyetlerinin azalması, gün geçtikçe daha da ulaşılabilir olması ve çeşitlenen sanal gerçeklik uygulamaları ile büyüyen pazar payının da etkisiyle çok çeşitli mecralarda (müzeler, oyun endüstrisi, eğitim çalışmaları vb.) kullanım alanının arttığı görülmektedir. Bu çalışmada yöntem olarak literatür taraması ve içerik analizi (görsel) benimsenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kültürel miras, Pandemi, Genişletilmiş gerçeklik teknolojileri, Sanal gerçeklik, Artırılmış gerçeklik, Oradalık

Giriş

Kültürel miras, kavram olarak ele alındığında birtakım tarihi niteliğe sahip yapılara (cami, kilise, sur, han, hamam, vb.) işaret ettiği gibi somut olmayan değerler üzerinden de tanımlanabilmektedir. Somut olmayan kültürel miras öğeleri ise masal, destan, hikâye gibi sözlü geleneğin unsurları olabilmektedir. Kültürel miras bu bağlamda geniş bir zemine oturmaktadır. Kültürel mirasın temsil yöntemlerinin farklılaştırılması ise bir gereklilik olarak görülmelidir. Öyle ki, özellikle COVID-19 sonrası dönemde dijital mecralar büyük önem kazanmış ve dijital yenilikler pek çok alanda öne çıkmaya başlamıştır. Örneğin, eğitim alanında uzaktan eğitim süreci yaygınlaşmış ve güzel sanatlar eğitiminin atölye gibi uygulama ağırlıklı dersleri dâhil uzaktan eğitim platformlarına uyarlanmak durumunda kalmıştır. Benzer şekilde dijital alışveriş yöntemleri hız kazanmış ve tüketici bu doğrultuda yeni alışkanlıklar edinmeye başlamıştır. Kültürel miras unsurlarının da bu eksende ele alınması ihtiyacı doğmuştur. Genişletilmiş gerçeklik teknolojileri üzerinde konumlandırıldığında kültürel mirasın somut ya da somut olmayan varlıklarının bütünü zenginleştirilme imkânına sahip olmaktadır. Fiziksel ortamda ziyaret edilmesi mümkün olunmayan tarihi yapılar, genişletilmiş gerçeklik teknolojileri

üzerinden izleyicinin deneyimine sunulabilmektedir. Bu çalışmada, genişletilmiş gerçeklik teknolojisi ile ifade ve anlam kazanan somut ve somut olmayan kültürel miras varlıkları üzerine araştırmaya gidilmiş olup genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin tarihsel süreci, günümüz örnekleri ve gelecekteki konumlanması üzerine varsayımlarda bulunulmuştur. Çalışma kapsamında seçilen örnekler, kültürel miras ile ilişkisi bağlamında incelenmiştir.

1. Kültürel Miras

Kültürel miras kavramı; bir topluluğun, kültürün ortaya çıkarttığı bir değer olarak düşünülebilir. Bu değer, toplumdakileri birbirine yakınlaştıran aradaki bağı kuvvetlendiren ve tarihlerini anlamlandıran herhangi bir unsur olabilir. Kültürel mirasın sınırları yoktur, somut ya da soyut olarak çok geniş kavramları karşılamaktadır. Tarihi yerleşim yerleri, mimari yapılar, anıtsal yapılar, sanat eserleri ve arkeolojik bulgular gibi somut eserlerin yanı sıra; soyut olarak tanımlayabileceğimiz hikayeler, efsaneler, destanlar, müzikler, geleneksel halk oyunları, ritüeller gibi kavramlar da kültürel mirasa dahil olmaktadır. Kültürel miras aynı zamanda geçmişle bugün arasında bağlantı kurarak, içinde yaşanılan kültüre ve dünyaya bir temel oluşturur ve geleceğin oluşturulmasında sağlam bir referans verirken manevi anlamda da insan hayatlarını zenginleştirir. (Kuşçuoğlu ve Taş, 2017:60) Kültürel miras ürünü, ortaya çıktığı topluma ait özellikler ve toplumun yaşamından yansımalar gösterse de bir noktada bu kültürel miras değerleri; korunması ve gelecek nesillere aktarılması gereken, insanlığın ortak zenginliği olarak kabul edilmektedir. İnsanları aynı noktada buluşturan ortak bir değer anlamını da taşımaktadır. İtalyan sanatçı Leonardo Da Vinci'nin Mona Lisa tablosu Louvre Müzesi Paris Fransa'da yüzyıllardır sergilenmektedir. Bu sanat eseri bir İtalyan kültür mirası mı yoksa Fransız kültür mirası mı olduğu konusunun bir noktadan sonra önemi kalmamaktadır. Çünkü bu eser bütün dünya tarafından ortak bir kültürel miras değeri olarak benimsenmiştir.

1.1 Kültürel Mirasın Deneyimlenmesi

Kültürel miras ögeleri -özellikle somut olanlar- yapıları gereği biricik olduklarından var oldukları belirli konumlarda fiziksel olarak bulunarak deneyimlenme imkânı sunmaktadır. Bu durum kültürel mirasın deneyimlenmesini etkileyen faktörlerden birisidir. Bir kültürel miras ürününün, çok uzun yıllardır var olması ve tarihsel değeriyle birlikte, o eserle insanlar arasındaki deneyimin çeşitli kısıtlamalara ve engellere uğramasının kısıtlı bir deneyim sunacağı durumlar olabilmektedir. Bu durum yaşadığımız deneyimin kalitesini düşürse de eserin korunması konusunda alınması gereken zorunlu kararlar olarak da görülmektedir. Zaman geçtikçe eserin fiziksel olarak yıpranması, kendiliğinden hasar görmesi gibi durumların yanı sıra insan eliyle de kasıtlı zarar verilebilir, kaza yaşanabilir. Örneğin Michelangelo'nun Pieta heykelinin 1972 yılında çekiçli saldırıya uğrayıp zarar görmesi dolayısıyla cam panel ardında sergilenmeye başlanması, bundan sonraki ziyaretlerin öncekilere kıyasla çeşitli deneyim farklılıkları oluşturduğu söylenebilir. Diğer yandan 2019 yılında Paris Notre-Dame katedralinde çıkan yangın sonucu tarihi çan kulesinin tamamen yok olması ve artık deneyimlenemeyecek olması buna eklenebilir. Ayrıca günümüze fiziksel olarak ulaşmayan kültürel miraslar ve sadece bazı kısımları muhafaza edilebilmiş, günümüze bu şekilde aktarılmış eserler olduğunu da görmekteyiz.

Kültürel mirasın deneyimlenmesi konusunda karşılaşılan bir sorun da bilgi edinme meselesidir. Yapılan fiziksel ziyaretler ve eseri sadece görmek o eserle ilgili bilgiyi aktarmakta yeterli olmayacaktır. Eserin yapım yılı, kim ya da kimler tarafından oluşturulduğu, varsa anlatılmak istenen mesajlar gibi kültür mirası yapıtının içerdiği çok çeşitli bilgilerin kişiye aktarılması, kültür mirası deneyiminin önemli bir parçasıdır. Bu bilgilendirme şekilleri, eserin türüne göre değişkenlik gösterebilir. Broşürler, kitapçıklar, yazılı ve görsel levhalar ile desteklenebilmektedir fakat kimi zaman yetersiz kalabilmektedir. Fiziksel olarak kişinin orada olmama durumları için tasarlanacak deneyimler kültür mirası kavramının önemi düşünüldüğünde oldukça önemli olacaktır.

1.2 Pandemi Sürecinin Kültürel Miras Deneyimine Etkileri

Somut kültürel miras örneklerinin deneyimlenmesinde çoğu zaman fiziksel olarak o ortamda olma gerekliliği bulunmaktadır. Anıtlar, heykeller, müzeler, mimari yapılar gibi kültür mirası ögeleri uzunca süredir toplumla etkileşim halinde fiziksel olarak orada bulunarak deneyimlenebilmekteydi. Tarihte, kara veba, kolera, grip (İspanyol gribi, Hong Kong gribi, Domuz gribi), tifo gibi küresel salgınlara ek olarak günümüzde Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) da bu listeye eklenmiştir. İlk olarak Çin'in Vuhan Eyaleti'nde aralık ayının sonlarında (2019) solunum yolu rahatsızlık belirtileri ile ortaya çıkan COVID-19, yapılan araştırmalar sonucunda 13 Ocak 2020'de Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organisation-WHO) tarafından tanımlanarak pandemik bir virüs olarak adlandırılmıştır.(Akyol, 2020:73) Bu salgının yayılma hızına bağlı olarak ortaya çıkacak vakaları önlemek ve virüsü kontrol altına almak için, tüm dünyada çeşitli sosyal etkinliklerin kısıtlanması, kültürel ve kamusal alanlar kapatılıp sokağa çıkma yasakları uygulanmıştır. 2019 yılında ortaya çıkan bu küresel virüs salgını ve ilan edilen pandemi ile ulaşılabilir kültür miraslarının bile ulaşılamaz hale gelmesi, tüm dünyada seyahat ve özel yaşam kısıtlamaları, kütüphaneler, tiyatrolar, sinemalar, kafeler, restoranlar ve en çok da müzelerin kapatılmasıyla kültür mirası deneyimleri derinden etkilenmiştir. İnsanlar için kültürel aktivitelerin önemi ve hayatlarındaki kapladığı yer düşünüldüğünde pandemi süreciyle yaşanan yasaklar, bu ihtiyacın karşılanmasını engellediği görülmüştür. Kültürel mirasın deneyimlenmesinde fiziksel olarak belirli konuma bağlı kalmak, bu deneyimin kamusal alanda toplulukla birlikte yapılması durumlarına karşı alternatif yollar, farklı çözümlerin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

2. Oradalık Deneyimi (Immersive Experience)

İnsanların kültürel miras ögeleriyle farklı şekillerde alternatif deneyim ve etkileşime geçme ihtiyacı, insanları yeni çözüm arayışlarına itmiştir. Giderek artan bu çözüm arayışları teknolojinin gelişmesiyle ve fotoğraf, video gibi statik unsurların insanların bu deneyim ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Fiziksel olarak orada olmasa da oradaymış gibi hissetmek ve kültür mirası yapıtıyla çeşitli yollardan etkileşime geçebilecek bir deneyime ulaşmak günümüzde bir gereklilik olarak görülmektedir.

Oradalık deneyimi fiziksel olmayan bir dünyada fiziksel olarak var olduğunun algılanmasıdır. Bu algı; kişiye, etkileyici topyekûn bir ortam sağlayan görüntüler, ses veya diğer uyaranlarla çevrelenmesiyle

yaratılır. Türkçe literatürde immersive experience kavramı oradalık, içine gömülme, sürükleyicilik, (gerçekliğe) daldırma gibi karşılıklar bulmuştur. Kamera ve anlatıyla ilişkili sanatların gözlemciyi resme dahil etmeye ve gerçekliğin temsilleriyle büyülemeye çalıştığı görülmektedir. Geçmişten bu yana görsel sanatlarda devam eden kusursuz bir illüzyon oluşturma isteği, video oyunları, sanal gerçeklik ve interaktif sinemanın gelişimine ön ayak olmuştur. Görsel teknolojiler söz konusu olduğunda öne çıkan konulardan birisi olan oradalık, illüzyon oluşturma denemelerinin teoriye dökülmesi neticesinde kavramsallaşmıştır. Tarihsel olarak bakıldığında gösterim teknolojilerinin oradalık hedefiyle geliştiği ancak terimin gerçek anlamda video oyunları ve sanal gerçeklikle gerçekleştirilebildiği görülmektedir. Böylece oradalık hedefine ulaşılmasıyla birlikte ortaya çıkan anlatım olanakları hem sanat alanında hem de eğlence endüstrisinde yeni bir yorum olarak değerlendirilmiştir. (Halaçoğlu, 2019:171) Video oyunlarında ve filmlerde sıklıkla görülmekte olan izleyiciyi o atmosfere dahil etmek, onu kurgulanan ortamda hissettirmek adına; görüntü, müzik ve ses efektleriyle oluşturulan illüzyonlarla birlikte oradalık etkisi yaratılmaktadır.

3. Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri

Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri (Extended Reality Technologies-XR) oradalık deneyimini en üst seviyede yaşatmayı amaçlayan teknolojiler bütünüdür. Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality-AR) ve Sanal gerçeklik (Virtual Reality-VR) olarak iki temel başlıkta incelenir. Ayrıca karma gerçeklik (Mixed Reality-MR) kavramı ise çoğunlukla artırılmış gerçeklik kapsamı altında değerlendirilir.

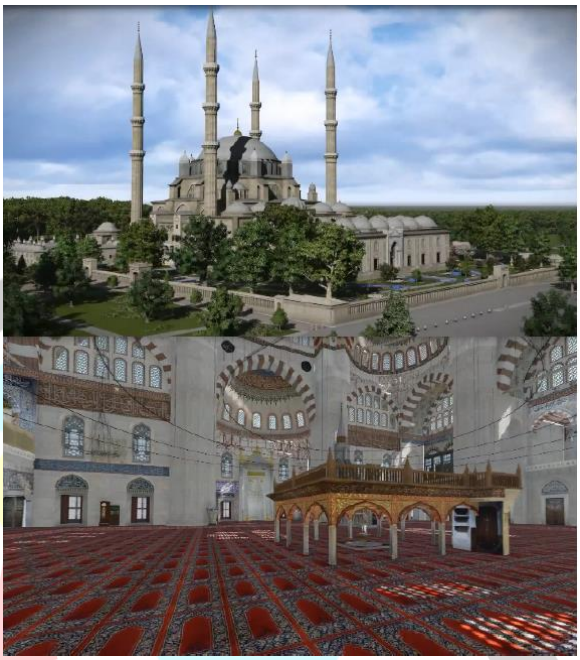
Artırılmış gerçeklik; çeşitli mobil cihazlar (tablet, akıllı telefon vb.) ve özel üretilmiş artırılmış gerçeklik gözlükleri vasıtasıyla deneyimleyebildiğimiz bir teknolojidir. Burada gerçek dünya üzerine oluşturulan sanal bir katman görürüz. Karma gerçeklikte ise özel üretilmiş gözlükler ve insan elinin hareketlerini tarayan takip cihazlarıyla artırılmış gerçekliğe ek olarak bu sanal katmanla etkileşime girmek mümkün olmaktadır. Fiziksel olarak gerçek dünya üzerinde gördüğümüz sanal kavramları manipüle edebilmekte, onlarla etkileşime geçebilmeyi mümkün hale getirmektedir. Sanal gerçeklik ise gerçeklik algısının tamamen ortadan kaldırılarak oluşturulan sanal bir dünya içerisini deneyimlememize olanak sağlayan teknolojidir. Sanal gerçeklik başlıkları vasıtasıyla oluşturulan sanal dünyayı topyekûn deneyimler, kumandalar ile bu sanal dünyadaki ögelerle çeşitli etkileşimler kurabiliriz. 360 derece çekilmiş görüntüleri deneyimleyebiliriz. Sanal gerçeklik, oradalık deneyimini en üst seviyede yaşayabilmemize fırsat tanımaktadır.

3.1 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri ile Kültürel Mirasın Deneyimlenmesi

Kültürel mirasın somut ögelerini fiziksel olarak orada bulunmadan oradaymış gibi deneyimlemede genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin önemi görülmektedir. Kültürel mirasın dijitale aktarılarak gelecek nesillere ulaştırılması ve insanlara çeşitli etkileşimler sunarak yeni deneyimler yaratması bakımından genişletilmiş gerçeklik teknolojileri bu konuya en büyük desteklerden birini sağlamaktadır.

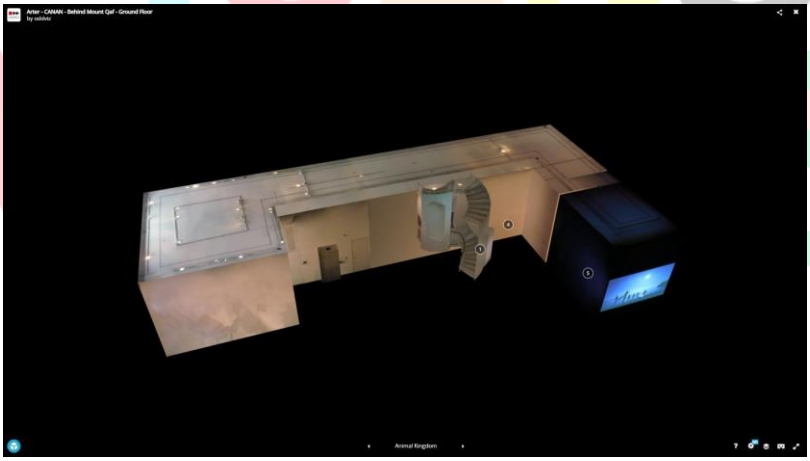
Dijital 3 boyutlu modelleme, fotogrametri gibi çeşitli tekniklerin yardımıyla bir kültürel miras yapıtını dijital ortama aktarıp sanal gerçeklik başlığıyla fiziksel olarak orada bulunmadan oradaymış gibi o deneyimi yaşayabilmek mümkün hale gelmiştir. Görsel 1 ve 2'de görüldüğü üzere sanal olarak Selimiye Cami'ni deneyimlemek orada olmadan da mümkün hale getirilmiştir. Profesyonel bir ekip tarafından fotogrametri tekniği ile caminin iç ve dış kaba modeli oluşturulmuş, doku örnekleri için fotoğraflar çekilmiş, bilgisayar destekli 3 boyutlu modelleme programlarıyla gerekli düzenlemeler yapılmış ve yapı sanal bir ortam haline getirilmiştir.

Görsel 4: VR ile Selimiye Cami deneyimi



Görsel 5: Selimiye Cami iç-dış sanal

İstanbul merkezli Oddviz sanat topluluğunun yaptığı bir çalışmada ise fiziksel olarak düzenledikleri Kaf Dağı'nın Ardında (Behind Mount Qaf) sergisini tamamen sanal ortama taşımışlardır. Fotogrametri tekniğiyle bütün mekan lazerlerle taranıp matematiksel ölçülü kaba model oluşturulmuş, fotoğraflanarak modelin gerçekçiliği yükseltilmiş ve hem sanal hem artırılmış gerçekliğe uygun deneyim yaşatacak dijital sergi haline getirilmiştir.



Görsel 6: Kaf Dağı'nın Ardında sergisi giriş kat

Görsel 7: Kaf Dağı'nın Ardında sergisi iç mekan

Görsel 3'te görüldüğü gibi fiziksel sergi alanı tamamen sanal ortamda deneyimlenebilecek haldedir. Bu 3 boyulu dijital model, hem mobil cihazlarla bulunulan konuma artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla getirilip deneyimlenebilecek durumdadır. Görsel 4 sergi alanının iç mekânında sanal gerçeklik başlıkları vasıtasıyla da dolaşabilir oradaki eserleri fiziksel olarak oradaymış gibi deneyimleme imkânına ulaşılabilir.

Bu ve bunlar gibi uygulamalarla sanal ortamda, kültür mirası yapıtlarıyla çeşitli etkileşimler kurulabilir, kişiye özel deneyimler tasarlanabilir ve derlenmiş bilgi akıcı bir şekilde sunulabilir.

Sonuç

Sanat ve teknoloji, birbiri üzerinden yükselen ve bir topluma değer katan iki kavram olarak görülebilir. Öyle ki, tarih boyunca sanatın teknoloji üzerinden farklı tarifleri yapılmış ve bilimsel ilerlemeler sanatın teknik yönüne katkılar sunmuştur. Örneğin yağlı boya devrinin önemli bir teknik ve sanatsal buluşu iken günümüz dünyasında yeni ifade biçimleri bulmak zorunluluğu doğmuştur. Bu bağlamda, genişletilmiş gerçeklik teknolojilere sanata yeni anlamlar katmakta ve sanat üzerinden kitlelere ulaşmanın ilerici bir yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Sanat ve kültür, tekniğin en üst imkânları üzerinden ele alınmalı ve toplumlara başkalaşan teknolojik gelişmeler ışığında, ifade gücünü artırılarak sunulmalıdır. Kültürel mirasın genişletilmiş gerçeklik ortamlarında yeni deneyimler üzerinden izleyiciye sunulması bu noktalarda anlam kazanmaktadır. Bu çalışma kapsamında seçilen örnekler, güncel teknolojilerin kültürel unsurları ele alış biçimleri üzerinden değerlendirilmeye çalışılmıştır. Genişletilmiş gerçeklik, teknik olarak iki başlığı kapsamaktadır: artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik. Artırılmış gerçeklik örnekleri, fiziksel bir gerçeklik ortamına telefon ya da tablet üzerinden deneyimlenebilir bir ara gerçeklik katmanı sunmakta iken sanal gerçeklik, sanal gerçeklik gözlükleri ve sistemleri aracılığıyla kullanıcıya etkileşime daha açık bir ortam sağlamaktadır. Ancak, her iki yöntemde

de kültürel mirasın özenli bir çalışma üzerinden tanımlanması önem arz etmektedir. Öyle ki, genişletilmiş gerçeklik izleyicinin (kullanıcının) görsel ve işitsel algılarının bütününe hitap ettiğinden ve bunun ötesinde izleyiciye (kullanıcıya) alışkınlıklarının dışında şaşırtıcı bir deneyim yaşatabildiğinden etkileyiciliği bir hayli fazla olabilmektedir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojisine adapte edilecek tarihi yapı, masal ya da başka tür kültür nesneleri bu anlamda tarih danışmanları ve uzmanlar ile birlikte seçilmelidir. Sözgelimi genişletilmiş gerçeklik teknolojisi üzerinden aktarılan yanlış bir unsur (nesne, söz, vb.), gelecek nesiller üzerinde sorunlu bir algıya neden olabilmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik teknolojisine dâhil edilecek kültür nesneleri dışında teknolojinin günümüz altyapısındaki durumu da birtakım olumsuzluklar içermektedir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojileri, özellikle sanal gerçeklik, henüz toplumun her kesiminin rahatlıkla edinebileceği maliyetlerden uzaktır. Ayrıca, sanal gerçeklik teknolojisi ergonomik anlamda da taşınabilme, kullanabilme pratikliği noktasında sorunlar içermektedir. Bununla birlikte yakın gelecekte genişletilmiş gerçeklik teknolojilerine olan yatırımların artacağı ve bu tür ergonomik sorunların aşılabileceği söylenebilir. Önümüzdeki yıllarda kültürel miras ve değerleri üzerinden daha çok çalışma geliştirileceği ve bu tür çalışmaların eğitim müfredatına uygun hale getirileceği söylenebilir. Dijital araçlarla teması önceki kuşaklara kıyasla daha fazla olan yeni neslin kültürel mirasla tanışması ve benimsemesi noktasında klasikleşmiş eğitim araçlarının ve yöntemlerin yeterli olmayacağı düşünüldüğünde genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin ivme kazanacağı açık olarak görülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin kültürel miras ile uyumu ya da kültürel mirasın bu anlamda temsilinin sağlıklı şekilde yapılması, çalışmaların disiplinler arası işbirliği ile yürütülmesine bağlı olarak görülebilir. Üniversitelerin araştırmacılarının endüstri ile temas kurması, üniversite-sanayi dayanışması ve farklı disiplinlerden araştırmacıların birlikteliği (tarih/sosyal bilimler & bilgisayar mühendisliği, iletişim tasarımı & yazılım, vb.) kültürel mirasın güncel teknolojiler üzerinden amacına uygun bir işlev kazanmasında önemli rol oynamaktadır.

Kaynakça

KUŞÇUOĞLU, G. Ö., & Murat, T. A. Ş. (2017). Sürdürülebilir kültürel miras yönetimi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, *2*(1), 58-67.

AKYOL, P. K. Covıd-19 Küresel Salgın Dönemi ve Sonrası Müze Etkinlikleri. *Milli Folklor*, *16*(127), 72-86.

HALAÇOĞLU, B. N. (2019). Panoramadan İçine-Gömülmeye; Video Oyunlarında Kusursuz İllüzyon. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (24), 171-193.

Kersten, T. P., Büyüksalih, G., Tschirschwitz, F., Kan, T., Deggim, S., Kaya, Y., & Baskaraca, A. P. (2017). THE SELIMIYE MOSQUE OF EDIRNE, TURKEY-AN IMMERSIVE AND INTERACTIVE VIRTUAL REALITY EXPERIENCE USING HTC VIVE. International archives of the photogrammetry, remote sensing & spatial information sciences, 42.

Dhanda, A., Reina Ortiz, M., Weigert, A., Paladini, A., Min, A., Gyi, M., ... & Santana Quintero, M. (2019). Recreating cultural heritage environments for VR using photogrammetry. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences.

Putra, E. Y., Wahyudi, A. K., & Dumingan, C. (2016, October). A proposed combination of photogrammetry, Augmented Reality and Virtual Reality Headset for heritage visualisation. In 2016 International Conference on Informatics and Computing (ICIC) (pp. 43-48). IEEE.

Görsel Kaynakça

Görsel 1: Kersten, T. P., Büyüksalih, G., Tschirschwitz, F., Kan, T., Deggim, S., Kaya, Y., & Baskaraca, A. P. (2017). THE SELIMIYE MOSQUE OF EDIRNE, TURKEY-AN IMMERSIVE AND INTERACTIVE VIRTUAL REALITY EXPERIENCE USING HTC VIVE. International archives of the photogrammetry, remote sensing & spatial information sciences, 42. (Sayfa 407)

Görsel 2: Kersten, T. P., Büyüksalih, G., Tschirschwitz, F., Kan, T., Deggim, S., Kaya, Y., & Baskaraca, A. P. (2017). THE SELIMIYE MOSQUE OF EDIRNE, TURKEY-AN IMMERSIVE AND INTERACTIVE VIRTUAL REALITY EXPERIENCE USING HTC VIVE. International archives of the photogrammetry, remote sensing & spatial information sciences, 42. (Sayfa 406)

Görsel 3: https://sketchfab.com/3d-models/arter-canan-behind-mount-qaf-first-floor-98faecf799f54091839438a031dc5c0c (Erişim tarihi 25.04.2021)

Görsel 4: https://sketchfab.com/3d-models/arter-canan-behind-mount-qaf-first-floor-98faecf799f54091839438a031dc5c0c (Erişim tarihi 25.04.2021)

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Comparison of Machine Learning Methods on Network Based Intrusion Detection Systems

Ağ Tabanlı Saldırı Tespit Sistemleri Üzerinde Makine Öğrenmesi Yöntemlerinin Karşılaştırılması

***Yasin BALCI*[1]**
***Muhammed Ali AYDIN*[2]**

Abstract

In recent years, the internet has started to touch the indispensable points of our life. The internet, which has entered human life significantly, has brought many developments with it. The area where the Internet will be most effective from now on is the Internet of Things (IoT) devices that increase its diversity day by day. IoT devices are taking their place in our lives more and more every day, and the size of the data processed here is increasing day by day. Since the behavior of IoT systems is not like a traditional network, new algorithms are designed to secure communication and data, especially due to low processor and battery power. It has increased the importance of Intrusion Detection Systems

Özet

Son yıllarda internet hayatımızın olmazsa olmaz noktalarına dokunmaya başlamıştır. İnsan hayatına önemli ölçüde giren internet birçok gelişmeyi de beraberinde getirmiştir. İnternet'in bundan sonra en etkili olacağı alan ise her geçen gün çeşitliliğini arttıran Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) cihazlardır. IoT cihazları her geçen gün daha da çok hayatımızdaki yerini almakta ve burada işlenen verinin boyutu her geçen gün daha da artmaktadır. IoT sistemlerin davranışları geleneksel bir ağ gibi olmadığından iletişimi ve veriyi güvenlik altına almak amacıyla özellikle düşük işlemci ve batarya gücü nedeniyle yeni algoritmalar tasarlanmaktadır. Cihazlar

[1] Yasin BALCI, Y. Lisans Öğrencisi, Bilgisayar Mühendisliği A.B.D, Millî Savunma Üniversitesi Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yeşilyurt/İstanbul, ybalci@hho.edu.tr
[2] Muhammed Ali AYDIN, Doç.Dr., Bilgisayar Mühendisliği A.B.D, MSÜ Hezârfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Yeşilyurt/İstanbul İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, aydinali@iuc.edu.tr

(IDS), which are used to detect and prevent attacks on IoT systems, to keep sessions between devices secure. Recently, it has been clearly understood that the performance of an IDS using machine learning methods is better than traditional IDSs. In this study, machine learning methods such as Artificial Neural Networks(ANN), K-Nearest Neighbor (KNN) and Decision Trees were used with the capabilities of the MATLAB software by researching IDSs made or proposed using machine learning methods. We used the Kitsune data set focusing on attacks on IoT devices, it was determined which of the machine learning methods gave us the best results by comparing the results we obtained with these three different algorithms.

Keywords: Internet of Things, Intrusion Detection Systems, Machine Learning

arasındaki oturumları güvenli tutmak, IoT sistemlerine yapılan saldırıları tespit etmek ve önlemek amacıyla kullanılan Saldırı Tespit Sistemlerinin (Intrusion Detection Systems-IDS) önemini arttırmıştır. Makine öğrenmesi yöntemleri kullanan bir IDS'in performansının geleneksel IDS'lerden daha iyi olduğu son dönemlerde belirgin bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu çalışmada makine öğrenme yöntemleri kullanılarak yapılmış veya önerilmiş IDS'ler üzerine araştırmalar yapılarak MATLAB yazılımının kabiliyetleriyle yapay sinir ağları, K-en yakın komşu ve karar ağaçları gibi makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. IoT cihazlardaki saldırılara odaklanan Kitsune veri seti kullanılarak bu üç farklı algoritma ile almış olduğumuz sonuçlar karşılaştırılarak makine öğrenmesi yöntemlerinden hangisinin bize en iyi sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Saldırı Tespit Sistemleri, Makine Öğrenme Yöntemleri

Giriş

IoT cihazların bize sunmakta olduğu birçok yeniliğe karşın güvenlik, gizlilik, birlikte çalışabilirlik, güç tüketimi konularında bize yeni zorluklar çıkararak yeni ihtiyaçların doğmasına sebep olmakta aynı zamanda konu ile ilgili yasal mevzuatın henüz oluşmamasından dolayı da hareket alanı net olarak görülmemektedir. IoT sadece bilgisayar alanındaki bir yenilik değil gelecek teknolojilerinin en önemlisi olarak tanımlanmalıdır. Son dönemlerde endüstriyel hayatın IoT cihazlara dikkati süratle artmaktadır. İşletmeler için IoT'nin gerçek değeri cihazların birbiri ile haberleşmesinin yanında kendi kendine çalışan sistemlerin kurulması, akıllı iş uygulamaları, müşteri destek sistemlerinin kullanılmasıyla daha iyi anlaşılacaktır [1]. Bütün bu özelliklerin kazandırılması da biz siber güvenlikçilerin güvenlik ile ilgili sorunların nasıl aşılacağı, saldırganların nasıl tespit edileceği, saldırıların nasıl önlenebileceği gibi bazı temel problemlerle karşı karşıya kalmamıza neden olmaktadır. Bu zorlukların aşılmasında elbette ki Saldırı Tespit Sistemleri ile makine öğrenmesi tekniklerinin bize vereceği katkının büyüklüğü tartışılmayacak seviyededir.

İlgili Çalışmalar

Giriş bölümünde de yer aldığı üzere IoT cihazlar çoğu zaman basit ve yönetilmesi kolay saldırılara hedef olmaktadır. Bu cihazların korunma yöntemleri ise içerdiği verinin önem derecesine göre farklılık göstermektedir. Makine öğrenmesi yöntemleri kullanan saldırı tespit sistemleri IoT cihazlara yapılan saldırılarda en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmektedir.

Buczak ve Guven'e göre ağ iletişimi alanındaki kavramların yanı sıra karışık konseptleri öğrenebilme yeteneğinden dolayı saldırı tespit sistemlerindeki en popüler algoritmaların başında Yapay sinir Ağları (YSA) gelmektedir [2]. Makine öğrenmesi tabanlı algoritmalar her geçen gün performans olarak gelişme kaydetmekte ve IoT sistemleri de içermektedir. Bununla birlikte, IoT cihazlarda var olan sınırlı kaynaklar doğru makine öğrenmesi tekniğinin seçimini zorlaştırmaktadır [3].

Literatür araştırmasında yer alan en eski çalışmalardan birisi, NSL-KDD veri seti üzerinde sınıflandırıcı olarak destek vektör makinesi (SVM), özellik seçici olarak kendi tasarladıkları DBN (Deep Belief Network) modelini derin öğrenme yaklaşımını kullanmıştır [4].

İlgili çalışmada Lei and Ghorbani öğrenme temelli, yapay sinir ağı kullanan bir saldırı tespit sistemi yaklaşımını bizlere ulaştırmaktadır [5]. O dönemlerdeki popüler denetimsiz öğrenme algoritması olan Self-organizing map (SOM) algoritmasından daha iyi performans değerleri, doğruluk ve 4 kez daha iyi öğrenen ve Improved Competitive Learning Network (ICLN) olarak adlandırdıkları çalışmayı bizlerle paylaşmışlardır. Saldırı tespit sistemlerinde yaygın olarak kullanılan KDD99 veri seti kullanan yazarlar çalışmada kazanan nöronları örnekten daha yakına, kaybeden nöronları da daha uzağa konumlandırmak üzere dinamik bir yapı önermişlerdir.

Yine KDD 99 veri seti kullanan Amini, Jalili and Shahriari [6] denetimsiz öğrenme için iki adet saldırı tespit sistemi çözümü sunmuşlardır. Deneylerinde ART-1, ART-2 ve SOM olmak üzere üç çeşit YSA kullanmışlardır. Sonuçlarını incelediğimizde %97,42'ye varan doğrulukta sonuçları görmekteyiz. Ayrıca false pozitif oranlarının da sadece %1,99 ile %3,5 arasında olduğu gözükmektedir.

Yan, Wang and Liu [7] kural tabanlı bir saldırı tespit sistemi yaklaşımını YSA ile eşleştirerek karışık bir model önermişlerdir. Kurallar bir anomali sezdiğinde ilgili paket 50 gizli nöronun olduğu bir Multi Layer Perception (MLP) yapısına gönderilerek gerçekten bir saldırı olup olmadığına dair ikinci bir kural tabanlı YSA tarafından karar verilmektedir.

2005 yılında yapılan çalışmada Mukkamala ve arkadaşları, diğer sınıflandırma algoritmalarının yanı sıra YSA'yı ağ saldırı tespiti görevinde değerlendirerek bağlantı tabanlı özellikleri kullanan bir grup sınıflandırmaya dayalı bir çözüm önermişlerdir [8].

Bu çalışmada da KDD99 veri seti kullanılmış ve verinin normalleşmesini sağlayan bir ön işlemden sonra özellik sayısını 41'den 24'e düşüren özellik azaltma metodu Jong tarafından önerilmiştir [9]. Bu teknik %99,75 doğruluk oranı ile 0.75 false pozitif oranı sunmaktadır.

Almeida ve arkadaşları KDD99 veri seti üzerinde IoT tabanlı IDSler için daha uygun olan iki YSA tasarımı geliştirerek bunlardan alınan performans değerlerini karşılaştırmıştır. Karşılaştırma işlemi her ikisinde de 10 nöron bulunan sıradan MLP ile IoT cihazlar için geliştirilmiş hafif siklet (lightweight) MLP arasında yapılmıştır. Model 354 byte ROM ve 420 byte RAM kullanarak yüzde 97'nin üzerinde doğruluk değerleri vermiştir [10].

Eskandari çalışmasında Passban adını verdikleri, ağ trafiğini izleyen ve ağ normal durumunda iken değişik saldırı çeşitlerini öğretebildikleri, ML algoritmaları kullanan bir anomali tabanlı Saldırı tespit sistemi önermektedir [11]. Bu modelde saldırı tespit sistemi öğrenme evresinde sadece normal trafik akışını izleyerek anomalileri tanıyacak bir algoritma tasarlanmıştır.

Geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri büyük ölçüde özellik mühendisliğine bağlı olduğundan, özelliklerin ayıklanması genellikle zaman alır ve karmaşıktır. Bu nedenle, gerçek zamanlı uygulamalarda geleneksel makine öğrenmesi yöntemleriyle saldırıları tespit etmek pek de pratik değildir [12].

Kitsune, Derin Sinir Ağları kullanan son zamanlarda yapılmış en güncel NIDS saldırılarından biridir. Orijinal veri dağıtımının tanımlama işlevini öğrenmek için bir otomatik kodlayıcılar topluluğu tasarlamışlardır [13]. Mirsky ve arkadaşlarının hafif siklet algoritmalar kullanan bu kodlayıcı tasarlarken odak noktası ölçeklenebilir olması olmuştur [14]. Hafif siklet algoritmalar, IoT cihazlardaki işlemci gücünün ve enerji kabiliyetlerinin kısıtlı olmasından dolayı daha önemli hale gelmiştir. Bununla birlikte hafif siklet çözümler IoT sistemlerinin hesaplama açısından daha ağır protokoller kullanılmamasından dolayı IoT sistemleri daha savunmasız hale getirebiliyor [15].

Yöntem

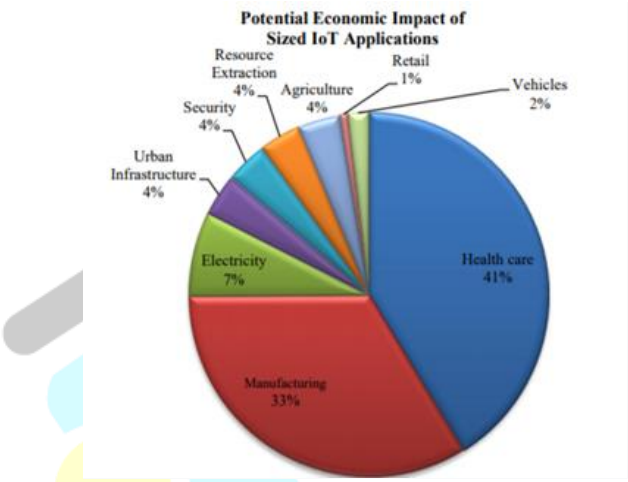
Bu çalışmada nesnelerin interneti ekosisteminde makine öğrenmesi teknikleri kullanarak tasarlanan bir saldırı tespit sisteminin değişik makine öğrenmesi yöntemlerinde verdiği sonuçları tespit ederek bu sonuçların karşılaştırılması sonucu en başarılı makine öğrenmesi yönteminin hangisi olduğunu tespit etmeye çalıştık.

1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti ilk olarak 1980 yılında ortaya çıkmış, 1990 yılında kahve makinesini ölçen sistem ile bağlı nesneler kavramı ortaya çıkmış, 1990 yılında yine internet üzerinden açılıp kapatılabilen tost makinesi geliştirilmiştir. IoT kavramı ilk olarak Kevin Ashton tarafından 1999 yılında kullanılmıştır [16].

İnternete bağlanabilen bu nesneler daha gelişme aşamalarında olmalarına rağmen şimdiden hayatımızda yer almaya başlamıştır. Akıllı telefonlar ile hayatımızın merkezi haline gelen bu cihazlar aynı zamanda arabalarda, kullandığımız nesnelerde, aksesuarlarımızda yer almaya başladı. Gelecek yıllarda bu cihazların piyasada çok daha fazla yer almaya başlayacağı öngörülmektedir [17].

IoT sistemleri kullanıcıların akıllı cihazlarla internet aracılığıyla irtibata geçmelerine olanak sağlar. IoT sistemler kullanıcılarına fayda sağlamak üzere fiziksel cihazlara iletişim ve işleme kabiliyetleri katmıştır. Endüstriyel sistemlerde IoT uygulamalarının Pazar payı arttıkça (şekil-1) üretimin kaynak ve operasyonel verimliliği arttırmaktadır [18].



Şekil – 1 2025 yılına kadarki IoT uygulamalarının pazar payı

2. Ağ Saldırı Tespit Sistemleri

Ağ Saldırı Tespit Sistemler, temel olarak sistemlerin normal davranışları dışındaki davranışlarını tespit ederek olası bir saldırıyı bize haber veren mekanizmadır diyebiliriz. Saldırı tespit sistemi kavramı ilk olarak 1980 yılında Anderson [19] tarafından ortaya atılmış, 1984-1986 yılları arasında Dorothy Denning ve Peter Neumann tarafından Intrusion Detection Expert System (IDES) adı ile geliştirilmiştir. IDES modeli, kullanım istatistiklerini inceleyerek, davetsiz bir misafirin meşru bir kullanıcıya göre farklı davranış sergilediği hipotezine dayanmaktadır. Bu nedenle bu model bilinen ihlallerin tespitinin yanında hem kısa hem de uzun vade için saldırıların tespiti için bir davranış modeli oluşturmaya çalışır [20]. IDS network sistemlerine 1990 yılında Heberlein tarafından sunulmuştur [21]. Bir saldırı tespit sistemi, ağdaki değişik davranışların izlenmesi yoluyla, bir sistem veya ağa yetkisiz erişim ile saldırıları tespit etmek için kullanılan bir sistem veya mekanizmadır diyebiliriz. Saldırı Tespit Sistemlerinin temel olarak üç bileşeni bulunur; veri toplama, tespit ve karşı koyma. Veri toplama bileşeni, göreve ilişkin verilerin toplanmasından ve toplanan verilerin ön analize tabi tutarak ortak bir veri formatına dönüştürülmesi, bu verilerin depolanması ve tespit bileşenine gönderilmesinden sorumludur. Sensörler farklı ağ yerlerine veya ana bilgisayarlara yerleştirilir ve ana görevleri veri toplamaktır Saldırı tespit sistemi sistem logları, ağdaki veri paketleri gibi değişik kaynaklardan veri elde edebilir. Tespit bileşeninde elde edilen veriler değerlendirilerek muhtemel sızmalar belirlenir ve karşı koyma bileşeninde gereken tedbirler ortaya konulur.

Saldırı Tespit Sistemleri birkaç şekilde kategorize edilebilir: 1) Ana Bilgisayar Tabanlı (Host-Based) Saldırı Tespit Sistemleri (HIDS), 2) Ağ Tabanlı (Network-Based) Saldırı Tespit Sistemleri (NIDS), 3) Çevre Tabanlı Saldırı Tespit Sistemleri (Perimeter IDS), 4) Sanal Makine Tabanlı (VM-Based) Saldırı Tespit Sistemleri. Bunlar arasında Ağ ve ana bilgisayar tabanlı saldırı tespit sistemi en önemli iki kategoridir. Ağ tabanlı saldırı tespit sistemlerinde ağ izlenir, ağın normal durumu tespit edilir ve şüpheli veri paketler vasıtasıyla tespit edilmeye çalışılır. Bu saldırı tespit sistemleri ağa konuşlandırılırken merkezi veya dağıtık yapıda konuşlandırılabilirler. Ana bilgisayar tabanlı saldırı tespit sistemleri ise

ağdaki tüm bilgisayarlara kurularak bilgisayara gelen ve giden veri paketlerini izleyerek şüpheli aktiviteleri bildirir [22].

Olaylar incelenirken saldırı tespit sistemleri temel olarak üç metodoloji kullanırlar. Bunlar imza tabanlı, anomali tabanlı ve protokol analizi yapanlar [23]. Bir tehdit önceden biliniyorsa kullandığı yöntem onun imzası olarak tanımlanabilir. İmza tabanlı tespit yöntemi (Kötüye Kullanım Saldırı Tespiti olarak da bilinir (Misuse Detection)) tehdit ile ilgili edindiği bilgileri veri tabanlarıyla karşılaştırarak saldırıyı tespit etmeye çalışır.

Anomali tabanlı saldırı tespit sistemleri tehdit ile ilgili herhangi bir fikrimiz olmadığında daha etkilidir. Bu yöntemde ağdaki normal aktiviteler bir saldırı olduğu andaki ağ davranışlarıyla karşılaştırılır. Bu nedenle kullanıcı grupları veya her bir kullanıcı için bir normal davranış profili belirlenerek bir temel oluşturulur. Bu temeller networkteki veya sistemdeki değişiklerle birlikte zaman zaman güncellenir. Anomali tabanlı saldırı tespit sistemlerinde istatistiksel yaklaşım, yapay zekâ, nöral ağlar gibi tespit yöntemleri de denenmiştir. Anomali tabanlı Network IDSler temel olarak 3 ana teknik kullanmaktadır: İstatistik tabanlı, Bilgi tabanlı ve Makine Öğrenmesi tabanlı [24]. Birçoğunun paket yükü incelemesi olmaksızın özellikleri barındıran KDD-99 ya da NSL-KDD veri seti kullandığı başka öğrenme tabanlı NIDSlerin önerildiği yaklaşımlar da bulunmaktadır [2], [24]. IoT güvenliği için genellikle Ağ tabanlı saldırı tespit sistemleri kullanılmaktadır çünkü IoT cihazlar kişisel bilgisayar gibi düşünülmemeli, bir ekosistemin parçaları gibi değerlendirilmelidir [13], [25], [26].

Protokol analizi yapan sistemler (derin paket inceleme olarak da bilinirler (deep packet inspection) ise protokol aktivitelerinin derinlemesine incelenmesi esasına dayanır. Ağda bu protokolleri kullanan uygulamaların durumlarını takip ederek. Bu yöntemde aslında bir protokolün normal bir aktivitesi ile sapmaları belirlemek için gözlemlenen olaylar karşılaştırılır. Örneğin, kimlik doğrulama sürecindeki bir durum kodunun incelenmesi bir IoT cihaza erişmeye çalışan bir şüpheli durumu ortaya çıkarabilir [23].

3. Yapay Zeka

a. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi, yapay zekanın önemli bir alt alanıdır. Temel amacı, veriden bilgi elde etmek amacıyla gerek duyulan hesaplama yöntemlerini kullanmaktır. Konuşma ve el yazısı tanıma, yüz tanıma sistemleri, bilgisayar oyunları, bioenformatik, beyin-makine ara yüzü, doğal dil işleme vb. geniş bir uygulama alanına sahiptir [27]. Verilen bir problemi bir öğrenme verisi üzerinde öğrenerek model oluşturan algoritmalara verilen addır. Bu konuda yoğun çalışmalar yapıldığından mevcutta sınıflandırma ve tahmin yapabilen bir çok algoritma ve yaklaşımlar bulunmaktadır.

Bayes sınıflandırma, yapay sinir ağları, k en yakın komşu algoritması, bulanık mantık, destek vektör makineleri, doğrusal lojistik ağaçları (regression trees) ve karar ağaçlarının saldırı tespit sistemi tasarımlarında aktif olarak kullanıldığı görülmektedir. Son dönemlerde makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri; yüz tanıma [28] [29], büyük veri analizi [30] [31], hastalık tahmini [32][33] gibi birçok araştırmada yaygın olarak kullanılmaktadır.

b. Yapay Sinir Ağları

Sinir ağı, insan beyninin nöronlarını taklit eden bilgi işlem üniteleridir. YSA ve çok katmanlı algılayıcı (MLP), birçok örüntü tanıma probleminde yaygın olarak kullanılan sinir ağ mimarisidir [34]. Bir MLP ağı, giriş nöronları dışında, bir veya daha fazla gizli katmanı ve bir çıktı katmanı içerir. Nöronlar arasındaki bağ skaler bir ağırlıkla ilişkilendirilmiş eğitim ile bu bağların kuvvetlenmesi veya zayıflatılması sağlanır. Bunun yanında, geri-yayılma öğrenme algoritması MLP'yi eğitmek için kullanılır. Eğitim başında rastgele ağırlıklar verilir, daha sonra algoritma, yanlış sınıflandırma hatalarını en aza indirmede en etkili olanı tanımlamak için ağırlık ayarını gerçekleştirir ve belli bir iterasyon sonunda ağırlıklar sabit kalır ve öğrenme gerçekleşmiş olur.

c. K En Yakın Komşu

K en yakın komşu algoritması (KNN), popüler sınıflandırma algoritmaları arasında yer alır. Algoritması birçok sınıfa ayrılmış veri noktalarına sahip bir veri tabanı kullanarak kendisine verilen örnek veri noktasını (k parametresi) bir sınıflandırma problemi olarak sınıflandırmaya çalışır. Herhangi bir temel veri dağıtımı yapmadığından parametrik olarak değerlendirilmez. Basit bir teknik olması, kolay uygulanması, ucuz ve esnek olması avantajları olarak sayılabilir [35]. Belirlenen k parametresi ilgili uzaklık fonksiyonları yardımıyla yeni verinin, mevcut verilerden uzaklığı hesaplanır. İlgili uzaklıklardan en yakın k komşu değeri ele alınarak ya k komşu ya da komşuların sınıfına ataması yapılır. Yeni veri bu şekilde etiketlenmiş olur [36] [37].

d. Karar Ağaçları

Karar ağacı, kökten başlayan her bir yolun, en uçtaki düğümde bir Boolean sonucuna ulaşılana kadar bir veri bölme dizisini temsil ettiği ağaç tabanlı bir yöntemdir. Her ağaç dal ve düğümlerden meydana gelmektedir. Sınıflandırılacak özellikler bir düğüm ile, bu düğümlerin alabileceği değerler ise dal ile temsil edilir. Tüm yollar dikkate ele alındığında tüm ağaç Boolean bir ifadeye karşılık gelir. Sınıflandırma ve kümeleme problemlerinin neredeyse tamamı için kullanılabilmesi ve gerçek hayattaki uygulamalarda insan dillerine veya programlama dillerine kolayca çevrilebilen kuralar içermesinden dolayı denetimli öğrenme algoritmalarının en popüleri diyebiliriz [38][39].

Deneysel Çalışmalar

Çalışmamız kapsamında tasarlanan saldırı tespit sisteminde hazır bir veri seti üzerinde en yaygın makine öğrenmesi yöntemleri olan YSA, KNN ve Karar Ağaçları kullanılarak almış olduğumuz sonuçlar kıyaslanmıştır.

Literatür incelendiğinde IoT veri seti olarak çeşitli deneylerde kullanılmış [40], [41] ve [42]'de yer alan değişik veri setleri bulunmaktadır. Biz yapmış olduğumuz çalışmada Mirsky ve arkadaşları tarafından tasarlanan online ağ tabanlı Saldırı tespit sistemi Kitsune veri setini kullandık. Çalışmada 4 farklı saldırı türü için Ettercap yazlımı ile 9 farklı veriseti kullanılmış olup biz bu çalışma için ARP poisoning saldırısı ile tüm trafiği kesen ARP ortadaki adam saldırısına (Man in the Middle (MitM)) ait veri setini kullandık [13]. Kitsune veri seti dağıtık ağ tabanlı bir yerleşim mimarisi kullanmıştır. Bu mimaride saldırı tespit sistemi merkezi bir sunucuya kurmak yerine router ve gateway gibi strateji

noktalara konuşlandırılır [43]. Veri seti 2.504.267 örnekten ve son sütunu saldırı olup olmadığını gösteren toplam 116 özellikten oluşmaktadır.

Ortadaki adam saldırısının YSA, KNN ve Karar Ağacı sınıflandırma algoritmaları üzerindeki sonuçlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Modelimizi veri setinden alınan örnekler üzerinde eğitip test ettik. Veri seti seçimindeki en önemli kriter ağ tabanlı ve online bir saldırı tespit sistemine yönelik bir veri seti olmasıdır. İlk başta donanımsal kaygılardan ötürü veri setindeki özelliklerin sayısının azaltılması düşünülmüş fakat sonrasında donanımın da elvermesi neticesinde bu işlemden vazgeçilerek 115 özellik kullanılarak deney gerçekleştirilmiştir.

1. Donanım ve Yazılım

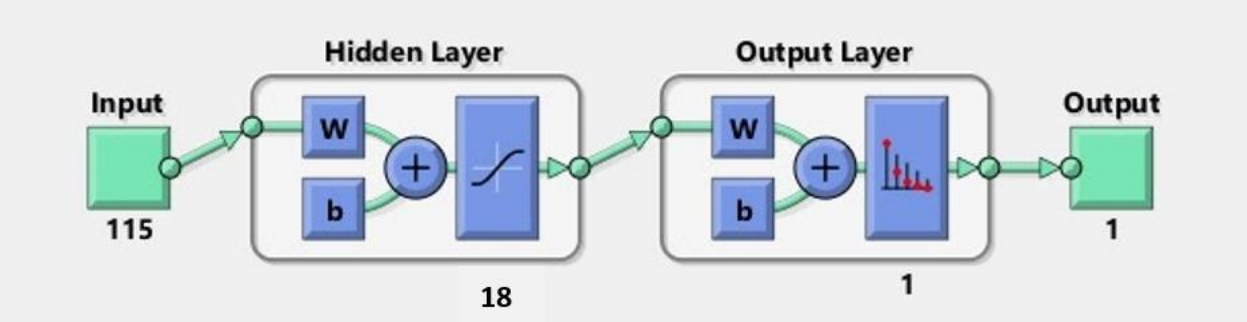
İşlemci: Intel Core i7-7700K 4.20 GHz
Bellek: 32 GB
İşletim Sistemi: Windows 10 Pro 64 bit
MATLAB R2019a

2. Önişlem:

Deneyde kullandığımız Kitsune veri setinin daha önceden bazı ön işlemlerden geçmiş olması, yaptığımız kontroller sonucunda eksik veya hatalı verilerin olmadığı görülmüştür. Bu sebeple ön işlem safhasında veri seti üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmamış, sadece kontrol edilmiştir. Bizim burada yapmak istediğimiz aynı veri setinin değişik yöntemlerde kullanılmasıdır.

3. Model:

Daha sonra modeli oluşturmaya başladık. Çalışmamızda kullandığımız model YSA için 115 giriş verisi, 18 gizli katman nöronu, 1 çıkıştan oluşmaktadır. Çıkış veriyi saldırı veya değil şeklinde iki farklı kategoriye ayırmaktadır. Marsland'ın kitabında yer aldığı üzere [44], gizli katmandaki nöron sayısının belirlemek için elimizde bir rehber veya bir teori bulunmamaktadır. Farklı sayılardaki nöron sayılarını kullanarak içinde bize en iyi sonuçları veren sayıyı seçmeliyiz. Biz de nöron sayılarını belirlerken literatürdeki diğer oranlara ve yapmış olduğumuz onlarca deneydeki tecrübelerimize baktık. Gizli katmanda en fazla 20 olacak şekilde nöron sayılarını düşük tutarak deneylerimizi gerçekleştirip en az hafızayı kullanacak şekilde optimum değerleri aldığımız modeli belirledik. Deneyler MATLAB yazılımı kullanılarak yapılmış, sonrasında karışıklık matrisi üretilmiştir.



Şekil-2 Yapay Sinir Ağı Modeli

Karışıklık matrisi değerleri kullanılarak Kesinlik (Precision), Duyarlılık (Recall), Başarı Oranı (Accuracy Rate) ve F1 Score değerleri hesaplanmıştır.

Kesinlik pozitif olarak tahmin ettiğimiz değerlerin gerçekten kaç adedinin pozitif olduğunu gösterir. True Pozitif değerlerinin tüm pozitiflere oranı bulunarak hesaplanır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP+FP} \quad [45]$$

Duyarlılık, tahmin edilirken pozitif olması gereken işlemlerin ne kadarının pozitif olarak tahmin edildiğini gösterir metriktir. Algoritmamızın ne kadar gerekli veri sağladığını gösterir.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad [46]$$

Doğruluk, analiz sonuçlarının gerçek değere yakınlığıdır. Bir başka deyişle doğru tahmin edilen alanların veri kümesinin tamamına olan oranıdır ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

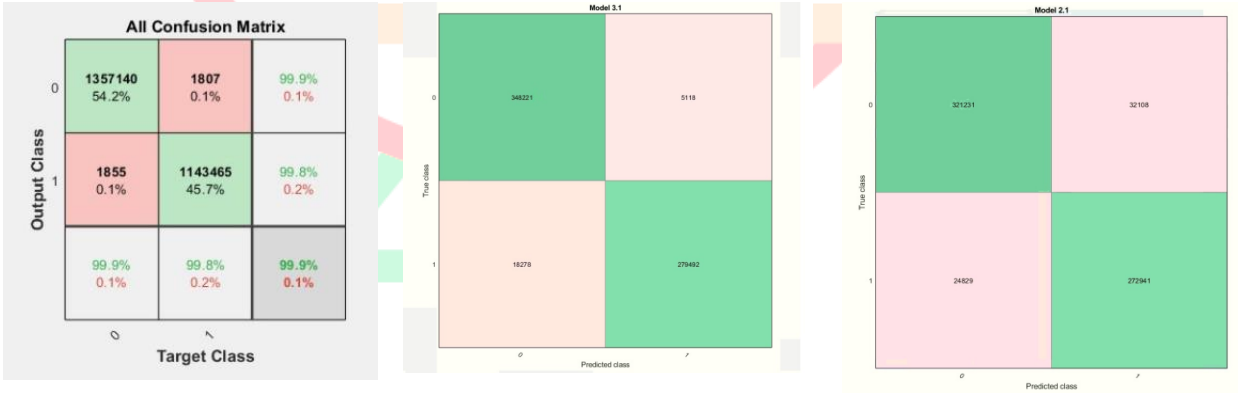
$$\text{Doğruluk} = = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad [47]$$

F1 Score Kesinlik ve Duyarlılık ölçümlerinin harmonik ortalamasıdır ve iki metriğin daha küçük değerine yaklaşma eğilimindedir. Bu nedenle yüksek bir F1 Score değeri, her iki ölçümün de nispeten daha yüksek olduğunu gösterir. Basit bir ortalama yerine harmonik ortalama alınmasının sebebi ise uç durumların da göz önünde bulundurulması gerekmesidir.

$$\text{F1 Score} = \mathbf{2} * \frac{kesinlik*duyarlılık}{kesinlik+duyarlılık} \quad [48]$$

Bulgular

Karışıklık matrisi değerleri Şekil-3'te sunulmuştur. Yapay sinir ağları algoritması kullanıldığında toplamda %99,9'a varan başarı oranı görülmekte, KNN algoritmasında %90'ın üzerinde, Tree algoritmasında ise % 95 civarlarında değerler üretildiği görülmektedir.



a. b. c.

Şekil - 3 a. YSA Karışıklık matrisi, b. KNN Karışıklık matrisi, c. Karar ağacı Karışıklık matrisi

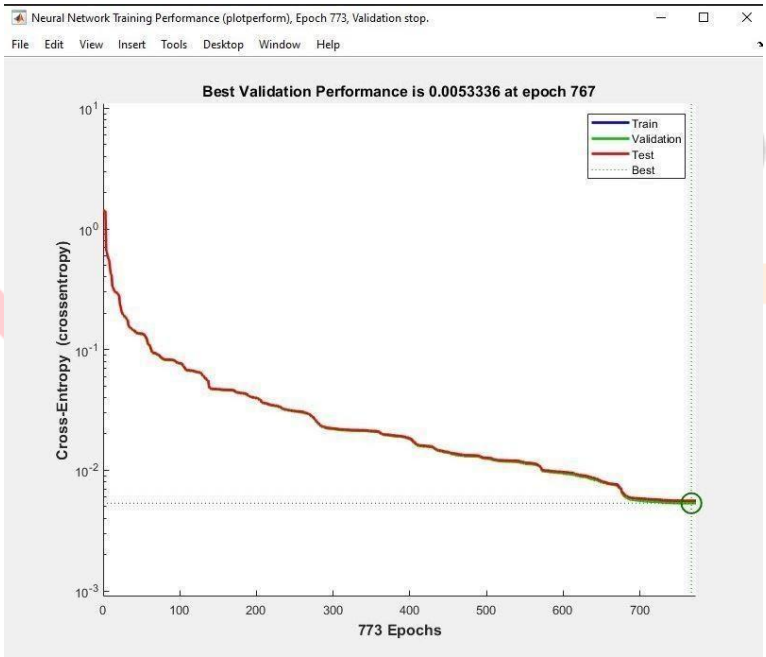
YSA denemelerinde değişik nöron sayıları kullanılmış, en yüksek doğruluk oranına gizli katmanda 18 nöron kullanıldığında ulaşılmıştır. Tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar Tablo-1'de yer almaktadır.

	YSA	KNN	Tree	En İyi Değer
Kesinlik	0,998	0,895	0,992	YSA
Duyarlılık	0,998	0,916	0,938	YSA
Başarı Oranı	0,998	0,912	0,964	YSA
F1 Score	0,998	0,905	0,964	YSA

Tablo-1

Dört farklı hesaplama sonucunda da en iyi değerleri yapay sinir ağlarından aldığımız görülmektedir. Yüzde 99'un da üzerinde olan bu değerler yapay sinir ağlarının gerçek zamanlı ağ tabanlı saldırı tespit sistemlerinde ne kadar verimli olduğunu göstermektedir.

Tasarlanan YSA tabanlı saldırı tespit sisteminin Matlab yazılımı ile gerçeklemesi sonucunda girilen eğitim seti ile performansı Resim-1'de gösterilmiştir. Bu eğitim toplam 773 iterasyon sürmüş ancak en iyi performansın 767 iterasyon olduğu anlaşılmaktadır.



Resim-1

Tartışma ve Sonuç

IoT cihazların güvenliği, gelişmiş IoT sistemlerin kullanıma geçmesinden önce çözülmesi gereken önemli problemlerden biridir. IoT sistemlerin kapsayacağı alanlar, bu cihazlarda işlenecek verilerin kritikliği bizi önlemler almaya ve bu cihazları daha iyi korumaya yönelik çözümler bulmaya zorlamaktadır. Biz bu çalışmada IoT cihazları temsilen kullanmış olduğumuz veri setini hedef alan bir saldırıyı tespit etmeye çalışarak, ağ tabanlı bir saldırı tespit sisteminde makine öğrenmesi yöntemlerinden yapay sinir ağlarının en iyi değerleri verdiği görülmüştür. Yapay sinir ağlarından alınan neticenin de farklı katman ve nöron sayılarına bağlı olarak değişik sonuçlar verdiği yapılan testlerle görülmüştür. Deneyde kullandığımız diğer makine öğrenmesi yöntemlerinin de başarısı yüksek olmakla birlikte yapay sinir ağlarının üstün problem çözme yeteneğinin tasarlanacak bir saldırı tespit sisteminde diğer sınıflandırma algoritmalarına göre daha başarılı olduğu görülmektedir. En yakın komşu algoritmasında komşu sayısının arttırılması da daha başarılı sonuçlar almamızı sağlamaktadır.

Gelecekte yapılabilecek çalışmalara yönelik olarak en az etkisi olan özelliklerin tespit edilip giriş verilerinden elimine edilmesi ve performansının karşılaştırılması önerilmektedir. Ayrıca yerleşim mimarisine göre merkezi, dağıtık veya hibrit yapıda tasarlanacak bir saldırı tespit sisteminin vereceği sonuçlar da yeni bir çalışma için ilham kaynağı olabilir.

KAYNAKÇA

[1] I. Lee, K. Lee, The internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises, Business Horizons 58 (4) (2015) 431 – 440.

[2] Anna L Buczak and Erhan Guven. A survey of data mining and machine learning methods for cyber security intrusion detection. IEEE Communications Surveys&Tutorials, 18(2):1153–1176, 2016.

[3] S. M. Tahsien, H. Karimipour, and P. Spachos, "Machine learning based solutions for security of Internet of Things (IoT): A survey," J. Netw. Comput. Appl., vol. 161, Jul. 2020, Art. no. 102630.

[4] M. A. Salama, H. F. Eid, R. A. Ramadan et al., "Hybrid intelligent intrusion detection scheme" in Soft Computing in Industrial Applications, Berlin, Heidelberg:Springer Berlin Heidelberg, pp. 293-303, 2011.

[5] J. Z. Lei and A. Ghorbani, "Network intrusion detection using an improved competitive learning neural network," Proceedings. Second Annual Conference on Communication Networks and Services Research, 2004., Fredericton, NB, Canada, 2004, pp. 190-197, doi: 10.1109/DNSR.2004.1344728.

[6] Morteza Amini, Rasool Jalili, Hamid Reza Shahriari, "RT-UNNID: A practical solution to real-time network-based intrusion detection using unsupervised neural networks," Computers & Security, Volume 25, Issue 6, 2006, Pages 459-468,ISSN 0167-4048

[7] K. Q. Yan, S. C. Wang, S. S. Wang and C. W. Liu, "Hybrid Intrusion Detection System for enhancing the security of a cluster-based Wireless Sensor Network," 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology, Chengdu, China, 2010, pp. 114-118, doi: 10.1109/ICCSIT.2010.5563886.

[8] Irinivas Mukkamala, Andrew H Sung, and Ajith Abraham. Intrusion detection using an ensemble of intelligent paradigms. Journal of network and computer applications, 28(2):167–182, 2005.

[9] K. Jong, E. Marchiori, M. Sebag and A. van der Vaart, "Feature selection in proteomic pattern data with support vector machines," 2004 Symposium on Computational Intelligence in Bioinformatics and Computational Biology, La Jolla, CA, USA, 2004, pp. 41-48, doi: 10.1109/CIBCB.2004.1393930.

[10] F. M. de Almeida, A. de R. L. Ribeiro, E. D. Moreno, and C. A. E. Montesco, "Performance evaluation of an artificial neural network multilayer perceptron with limited weights for detecting denial of service attack on internet of things," in The Twelfth Advanced International Conference on Telecommunications, 2016, pp. 82–87.

[11] M. Eskandari, Z. H. Janjua, M. Vecchio and F. Antonelli, "Passban IDS: An Intelligent Anomaly-Based Intrusion Detection System for IoT Edge Devices," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 8, pp. 6882-6897, Aug. 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.2970501.

[12] Liu, H. et al. "CNN and RNN based payload classification methods for attack detection." Knowl. Based Syst. 163 (2019): 332-341.

[13] Mirsky, Y., Doitshman, T., Elovici, Y., Shabtai, A.: Kitsune: an ensemble of autoencoders for online network intrusion detection. arXiv preprint arXiv:1802.09089 (2018)

[14] Q. P. Nguyen, K. W. Lim, D. M. Divakaran, K. H. Low and M. C. Chan, "GEE: A Gradient-based Explainable Variational Autoencoder for Network Anomaly Detection," 2019 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS), Washington, DC, USA, 2019, pp. 91-99, doi: 10.1109/CNS.2019.8802833.

[15] M. N. Khan, A. Rao and S. Camtepe, "Lightweight Cryptographic Protocols for IoT-Constrained Devices: A Survey," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 6, pp. 4132-4156, 15 March15, 2021, doi: 10.1109/ JIOT.2020.3026493.

[16] RFIDjournal. http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf.

[17] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, Fourthquarter 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.

[18] H. Xu, W. Yu, D. Griffith, and N. Golmie, "A survey on industrial Internet of Things: A cyber-physical systems perspective," IEEE Access, vol. 6, pp. 78238–78259, 2018.

[19] Anderson, James P.. "Computer security threat monitoring and surveillance." (1980).

[20] T.F.Lunt, "IDES:The enhanced prototype" Technical Report No. SRI-CSL-88-12, SRI International, Menlo Park, CA, Oct.1988.

[21] L. T. Heberlein, G. V. Dias, K. N. Levitt, B. Mukherjee, J. Wood and D. Wolber, "A network security monitor," Proceedings. 1990 IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy, Oakland, CA, USA, 1990, pp. 296-304.

[22] S. Shende and S. Thorat, "A Review on Deep Learning Method for Intrusion Detection in Network Security," 2020 2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA), Bangalore, India, 2020, pp. 173-177, doi: 10.1109/ICIMIA48430.2020.9074975.

[23] K. A. Scarfone and P. M. Mell, "Guide to Intrusion Detection and Prevention Systems (IDPS)," National Institute of Standards and Technology of USA, Gaithersburg, MD, United States, Tech. Rep. SP 800-94, February 2007.

[24] P. Garcia-Teodoro, J. Diaz-Verdejo, G. Macia-Fern ´ andez, and E. ´ Vazquez, "Anomaly-based network intrusion detection: Techniques, sys- ´ tems and challenges," computers & security, vol. 28, 1-2, pp. 18–28, 2009.

[25] A. A. Diro, and N. Chilamkurti, "Distributed attack detection scheme using deep learning approach for Internet of Things," Future Generation Computer Systems, vol. 82, pp. 761–768, 2018.

[26] A. Abeshu, and N. Chilamkurti, "Deep learning: the frontier for distributed attack detection in Fog-to-Things computin g," IEEE Communications Magazine, vol. 56, 2, pp. 169–175, 2018.

[27] Peng, H. (2015). Air quality prediction by machine learning methods.

[28] M. Sharma, J. Anuradha, H. Manne, G. Kashyap Facial Detection Using Deep Learning IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 263 (2017), Article 042092, 10.1088/1757-899X/263/4/042092.

[29] M. Tursun and Ö. Çetin, "Automated Real Time Detection of Suspicious Appearances Using Deep Learning", JAST, vol. 14, no. 1, pp. 71-78, Jan. 2021.

[30] P. Gupta, A. Sharma, R. Jindal, Scalable machine-learning algorithms for big data analytics: a comprehensive review, WIREs Data Min. Knowl. Discovery 6 (6) (2016) 194–214.

[31] T.T. Zin, J.C.W. Lin, Big Data Analysis and Deep Learning Applications: Proceedings of the First International Conference on Big Data Analysis and Deep Learning, 2019.

[32] A.Yılmaz, S. Arı, U. Kocabıçak, Risk analysis of lung cancer and effects of stress level on cancer risk through neuro-fuzzy model, Computer Methods and Programs in Biomedicine, Volume 137, 2016, Pages 35-46, ISSN 0169-2607

[33] Yavuz B.Ç.,Yıldız T. K.,Yurtay N., Pamuk Z. Comparison of k nearest neighbours and regression tree classifiers used with clonal selection algorithm diagnose haematological diseases. AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi. 2014;

[34] F. M. de Almeida, A. de R. L. Ribeiro, E. D. Moreno, and C. A. E. Montesco, "Performance evaluation of an artificial neural network multilayer perceptron with limited weights for detecting denial of service attack on internet of things," in The Twelfth Advanced International Conference on Telecommunications, 2016, pp. 82–87.

[35] S. Ray, "A Quick Review of Machine Learning Algorithms," 2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), 2019, pp. 35-39, doi: 10.1109/COMITCon.2019.8862451.

[36] Wu, X., Kumar, V., Ross Quinlan, J. et al. Top 10 algorithms in data mining. Knowl Inf Syst 14, 1–37 (2008).

[37] A. Fahad et al., "A Survey of Clustering Algorithms for Big Data: Taxonomy and Empirical Analysis," in IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, vol. 2, no. 3, pp. 267-279, Sept. 2014, doi: 0.1109/TETC.2014.2330519.

[38] Dey, A.(2016). Machine Learning Algorithms : A Review. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 7(3): 1174-1179.

[39] F. Yang, "An Extended Idea about Decision Trees," 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), 2019, pp. 349-354, doi: 10.1109/CSCI49370.2019.00068.

[40] Y. Meidan et al., "N-BAIOT—Network-based detection of IoT botnet attacks using deep autoencoders," IEEE Pervasive Comput., vol. 17, no. 3, pp. 12–22, Jul. 2018.

[41] V. H. Bezerra, V. G. T. da Costa, S. B. Junior, R. S. Miani, and B. B. Zarpelão, "One-class classification to detect botnets in IoT devices," in Proc. XVIII Simpósio Brasileiro em Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais, 2018, pp. 43–56. [Online]. Available: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbseg/article/view/4242

[42] Y. M. P. Pa, S. Suzuki, K. Yoshioka, T. Matsumoto, T. Kasama, and C. Rossow, "IoTPoT: A novel Honeypot for revealing current IoT threats," J. Inf. Process., vol. 24, no. 3, pp. 522–533, 2016

[43] S. Ahn, H. Yi, Y. Lee, W. R. Ha, G. Kim and Y. Paek, "Hawkware: Network Intrusion Detection based on Behavior Analysis with ANNs on an IoT Device," 2020 57th ACM/IEEE Design Automation Conference (DAC), San Francisco, CA, USA, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/DAC18072.2020.9218559.

[44] S. Marsland, Machine Learning: An Algorithmic Perspective, Second Edition, 2nd ed. Chapman & Hall/CRC Press, 2015 p.86

[45] Ke S.-R., Thuc H. L., Lee Y.-J., Hwang J.-N., Yoo J.- H., Choi K.-H., A Review on Video-Based Human Activity Recognition, Computers, 2 (2), 88-131, 2013.

[46] Demirci M. F., Osmanlıoğlu Y., Shokoufandeh A. and Dickinson S., Efficient many-to-many feature matching under the l1 norm, Computer Vision and Image Understanding, 115 (7), 976-983, 2011.

[47] Gaidon A., Harchaoui Z., Schmid C., Actom Sequence Models for Efficient Action Detection, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Providence, Amerika, 20-25 Haziran 2011. 11.

[48] Ziaeefard M. T., Bergevin R., Semantic Human Activity Recognition: A Literature Review, Pattern Recognition, 48 (8), 2329-2345, 2015.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Kırşehir İli'nin Korumada Öncelikli Bitki taksonları ve Habitatları Hakkında Güncel Değerlendirme

Up-to-Date Evaluation of The Priority Plant Taxa and Habitats of Kırşehir Province

Okan Ürker[1]

Abstract

In this study, the target habitats rich with endemic species in the eyes of vascular plant diversity of Kırşehir, endangered target taxa, the ecosystem and habitat diversities of the study area, the featured plant communities and indicator taxa, the monitoring plans at species, habitat, ecosystem and regional level, threats to biodiversity of research area and solutions are offered. When the data from the field studies are included on the literature scans, the number of plant taxa detected within Kırşehir Province reached 1,300. According to the IUCN's the most critical threat categories, 6 of the plant species within Kırşehir Province are in "CR", 5 of them are in "EN" and 13 of them are in "VU" category. None of these species are included in Appendix-I of Bern Convention, while 26 species are included in Annex-II of CITES Convention. In addition, 209 of the plant species distributed in Kırşehir Province are endemic. As a result, this study has the feature of being the

Özet

Bu çalışmada, Kırşehir ili damarlı bitki çeşitliliği açısından korumada öncelikli taksonları, hedef türlerce zengin habitatları, ekosistem ve habitat çeşitliliği, özellikli bitki toplulukları ve gösterge taksonları, tür, habitat, ekosistem ve bölgesel düzeyde izleme planları ile biyolojik çeşitliliğe ilişkin tehditler ve önerilere yer verilmiştir. Literatür taramalarına arazi çalışmalarındaki kayıtların da eklenmesiyle Kırşehir İli sınırları içerisinde tespit edilen bitki taksonu sayısı 1.300'e ulaşmıştır. Bu türlerden 209 tanesi endemik olup, 6'sı CR, 5'i "EN" ve 13'ü ise "VU" kategorisinde bulunup, IUCN tehdit kategorilerine göre yüksek koruma önceliğini ifade etmektedir. Bu türlerden hiçbiri Bern Sözleşmesi Ek-I listesinde yer almamakta iken, 26 tür ise CITES sözleşmesi Ek-II listelerinde yer almaktadır. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma, Kırşehir ili için kapsamlı en güncel flora araştırması olma özelliği göstermekte olup, bölgenin bitki çeşitliliğinin sürdürülebilirlik ilkesi

[1] Okan Ürker, Dr. Öğr. Üy., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Eldivan SHMYO, okanurker@karatekin.edu.tr

most up-to-date flora research for Kırşehir province and provides a long-term roadmap for the protection of the plant diversity of the region under the sustainability principle.

Keywords: Biodiversity, Flora, Endemic, Threatened, Conservation.

kapsamında uzun vadeli korunması yönünde yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, Flora, Endemik, Tehdit altında, Doğa koruma.

Giriş

Son 100 yıllık dönemde sanayileşmenin artması ile beraber, doğayla barışık insanoğlu, parçası olduğu doğadan kopmuş ve doğanın en büyük tahripçisi konumuna gelmiştir. Özellikle 1900'lerin sonuna yakın dönemde ise doğada geri kazanma çabası başlamış ve yeni terimler ve bilim dalları ile konu desteklenmiş ve ön plana çıkarılmıştır. Bu terimlerden ve çalışma alanlarından biri de "Koruma Biyolojisi'dir". Özellikle türlerin (bayrak türlerin) ve bu bayrak türler çerçevesinde ekosistemlerin (habitatların) korunmasına dayanan bu terim giderek önemini arttırmış ve ekoloji çalışan bilim insanları tarafından büyük projeler ile destek bulmuştur (Primack, 2012). Öte yandan, bitki çeşitliliği bakımından bir hayli zengin olan ülkemizde gün geçtikçe bu çeşitlilik artan bir şekilde tehlike altına girmeye devam etmektedir. Bu zenginliğin korunması adına sahip olduğumuz biyolojik çeşitlilik envanterinin tamamlanması ve izleme çalışmalarının yapılması zaruri bir ihtiyaç halini almıştır. Bu zorunluluk tüm dünyada olduğu gibi Türkiye ölçeğinde de kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, bu eksikliği giderme noktasında yüzölçümü genişliği, topoğrafik, coğrafik ve jeolojik çeşitliliği de dikkate alındığında, tüm Türkiye'yi tek bir elden çalışmak yerine iller bazında parçalara ayırarak çalışmak daha efektif ve hızlı sonuçlar sunmaktadır.

Davis'in yaptığı kareleme sistemine göre B5 karesi içerisinde yer alan Kırşehir İl sınırları içerisinde bazı floristik çalışmalar yapılmış olmakla birlikte Kırşehir İli'nin tamamı bütüncül biçimde henüz tam olarak çalışılmamıştır. Ancak Kırşehir Florası'na ait B5 karesi içerisinden yeni floristik kayıtların tespit edildiği bir çalışmada 43 takson B5 karesi için yeni kayıt olarak verilmektedir (Hamzaoğlu & Aydoğdu, 1995). Çiçekdağı üzerine yapılan bir floristik çalışmada ise 376 cinse ait 822 takson tespit edilmiştir (Karavelioğulları et al., 2005). Çiçekdağı ve çevresinin etnobotanik özelliklerinin derlendiği bir başka çalışmada ise 60 bitki taksonunun yöre halkı tarafından kullanım biçimlerine yer verilmiştir (Vural et al., 1997). Öte yandan Kervansaray Dağı'nın floristik yapısının incelendiği bir çalışmada 310 cinse ait 630 takson tespit edilmiştir (Hamzaoğlu, 1996). Bununla birlikte Tamadağ (Kaman/Kırşehir) Florası'na ilişkin tamamlanan bir yüksek lisans tez çalışmasında ise 129 cinse ait 184 takson kaydedilmiştir (Atak, 2008). Bir doktora tez çalışmasında ise Seyfe Gölü Tabiatı Koruma Alanı ve yakın çevresinden 237 cinse ait 388 takson kaydedilmiştir (Eyüboğlu, 1995). Başka bir yüksek lisans tez çalışmasında ise Çiçekdağı batı yarısından 324 cinse ait 624 takson tespit edilmiştir

(Polat, 1998). Naldöken Dağı florasının incelendiği yüksek lisans tez çalışmasında ise 53 familyaya ait 466 takson tespit edilmiştir (Keleş, 1998).

Yukarıda sunulan referans kaynakların haricinde Türkiye Bitkileri Veri Servisi (TÜBİVES)'nin web portalı üzerinde yapılan inceleme neticesinde ise Kırşehir İli'ne ait yalnızca 83 takson kaydı tespit edilmiştir (TÜBİVES, 2020). Bölgeye ilişkin bir diğer önemli fitososyoloji çalışması ise Ayla Baysal tarafından 2003 yılında tamamlanmış olan "*Aksaray-Niğde ve Kırşehir arasında kalan bölgenin step vejetasyonunun sintaksonomik analizi"* isimli doktora tez araştırmasıdır (Baysal, 2003). Buna göre İç Anadolu Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan araştırma alanı tipik olarak yarı-kurak alt çok soğuk Akdeniz iklimini yansıtmaktadır. Bitki coğrafyası açısından İran-Turan Floristik Bölgesine dahil olan araştırma alanında vejetasyon analizi (Braun-Blanquet, 1932) metoduyla gerçekleştirilmiş olup, alandaki bitki örtüsü 4 bitki birliği, 2 alt birlik ve 1 bitki grubu halinde sınıflandırılmıştır. Tanımlanan sintaksonlardan 2 birlik ve alt birlikler bilim dünyasına ilk kez tanıtılmıştır (Baysal, 2003).

Türkiye'nin sahip olduğu vasküler bitki potansiyeli halen tam olarak ortaya konulmuş değildir. Zira her yıl ortalama olarak 40 kadar yeni vasküler bitki, Türkiye Florası'na eklenmektedir (Özhatay & Kültür, 2006). İç Anadolu Bölgesi, bilhassa barındırmış olduğu bakir step alanları, jipsli kayalıklar ve tuzcul alanlar bakımından endemizm oranı yüksek olan önemli bitki alanları barındırmaktadır (Ekim et al., 2000). İç Anadolu, bilhassa araştırma alanımızın dahil olduğu ve Davis'in kareleme sistemine göre B5 karesine giren sahalarla ilgili kapsamlı çalışmaları yanında yurt içi ve yurtdışından da çok sayıda araştırmacının da ziyaretleri olmuştur (Davis, 1965-1985; Davis et al., 1971; Davis et al., 1988). Bununla birlikte Kırşehir İli'ne ait literatür verileri incelendiğinde esasen bu bölgenin uzun bitki araştırmaları sırasında ihmal edildiği, bölgedeki çalışmaların daha çok Seyfe Gölü Kapalı Havzası (Kervansaray Dağları dahil) ile sınırlı kaldığı ve günümüzde bu ile ait botanik araştırmalarına ilişkin kısıtlı sayıda çalışma olduğu ortaya çıkmaktadır (Eyüboğlu, 1995; Hamzaoğlu, 1996). Özet olarak bu gerçekler dikkate alındığında Kırşehir İli'nin bitki biyoçeşitliliğinin incelenmesi oldukça önem arz etmektedir.

P.H. Davis tarafından hazırlanan "*Flora of Turkey and East Aegean Islands* (Davis, 1965-1985; Davis et al., 1971; Davis et al., 1988)" adlı 11 ciltlik eser ile bu esere ait bilgileri temel alan "*Türkiye Bitkileri Veri Servisi* (TÜBİVES, 2020)"nden yararlanılarak Kırşehir İli için ilkin bir Bitki Listesi hazırlanmıştır. Daha sonra Kırşehir ili ile ilgili yapılmış olan bilimsel çalışmalar taranarak tüm bitki kayıtları aynı listede bir araya getirilmiştir. Bitki kayıtlarının doğru ve güncel, bilimsel ve yerel isimlerinin belirlenebilmesi için "*Türkiye Bitkileri Listesi* (Güner et al., 2012)" ile "*World Checklist of Selected Plant Families* (Govaerts et al., 2014)", "*International Plant Name Index* (IPNI, 2014)" ve "*the Plant List* (The Plant List, 2014)"ten yararlanılmıştır. Ayrıca yapılan yeni yayınlar ile eklenen yeni takson kayıtlarında Özhatay et al. (Özhatay et al., 1999; Özhatay et al., 2003; Özhatay et al., 2011; Özhatay & Kültür, 2006)'nin hazırladığı derleme yayınlardan ve Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları (Özhatay et al., 2003), Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları (Eken et al., 2006) gibi eserlerden de yararlanılmıştır. Bunun yanı sıra tüm kayıtlar bir süzgeçten geçirilerek yanlış kayıtlar ayıklanmış ve listeye eklenenlerin geçerli bilimsel ismi ve otörü yazılmıştır. Bazı bitkilerin çevre ülkelerde de tespitiyle endemiklikten düştüğü ve bazı taksonların sistematik kategorilerinin değiştiği de göz önüne alınarak, ile ait en güncel floristik liste

oluşturulmaya çalışılmıştır. Ancak bu çalışma özelinde, elde edilen ilgili güncel floristik liste endemik, nadir, ulusal ve uluslararası kırmızı liste kategorileri ve uluslararası sözleşmeler açısından ele alınarak korumada öncelikli taksonlar özelinde değerlendirme yapılarak, ilgili sonuçlar sunulmuştur.

Bu kapsamda Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tüm Türkiye'yi kapsayacak şekilde, "Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi"ni başlatmıştır. İş bu amaç doğrultusunda Mülga Orman Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü IX. Bölge Müdürlüğü Kırşehir Şube Müdürlüğü adına "Kırşehir İli'nin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme İşi" EMS Çevre Araştırmaları Sosyal Hizmetler ve Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. tarafından yürütülmüş olup, proje kapsamında Mart 2016 - Eylül 2017 arasında bitki, memeli, kuş, çift yaşar, sürüngen ve iç su balıkları uzmanları tarafından yapılan arazi çalışmalarıyla Kırşehir İli'nin biyolojik çeşitlilik envanteri ortaya konulmuştur.

Bu zaruretten doğan bahse konu ilgili araştırma makalesi kapsamında da -bahsi geçen projenin de bir parçası olarak- Kırşehir ilinin floristik bitki listesinin gerek arazi çalışmaları, gerekse literatür çalışmalarıyla güncellenmesi, endemik ve nadir taksonların popülasyon gözlemlerinin yapılarak tehlike kategorilerinin gözden geçirilmesi, araştırma alanının ekosistem çeşitliliği, özellikli bitki toplumları, gösterge türler ile önem arz eden habitat yapısının ortaya konulması amaçlanmıştır. Öte yandan bu çalışma özelinde ise daha çok koruma öncelikli ve izlemeye alınacak taksonların ve habitatların belirlenmesi, araştırma alanında biyolojik çeşitliliğe ilişkin tehditlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

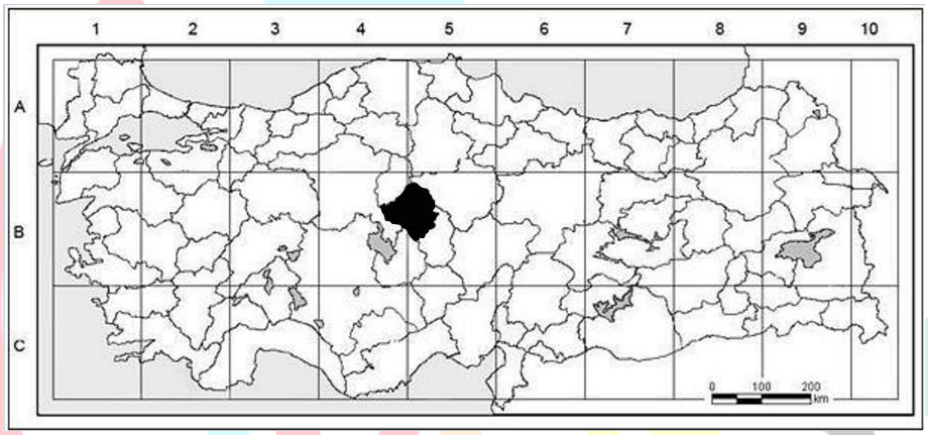
2. Materyal ve Metot

2016-2017 Yılları arasında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında mevsimlere ve bitkilerin çiçeklenme dönemlerine göre güzergahlar belirlenerek, 6570 km^2 genişliğindeki Kırşehir İli 10 km X 10 km kareler halindeki toplamda 64 pafta içerisinde değerlendirilmiş olup, arazi çalışmaları da bu paftaların her birinde %10'luk dilimi kapsayacak biçimde bitki örneklerinin toplanması ve kaydedilmesi, vejetasyon ve ekosistem özelliklerinin kaydedilmesi, arazi kullanım özellikleri ve alana ilişkin tehditlerin derlenmesi biçiminde gerçekleştirilmiştir. İl genelindeki 64 paftada toplamda 85 gün boyunca 543 noktada flora ve vejetasyon çalışmaları gerçekleştirmiştir. Bitki taksonlarından sahada teşhisi ve bilimsel isimleri önceden araştırmada yer alan uzmanlarca bilinenler ve kozmopolit taksonlar toplanmayıp, yalnızca kaydedilmiş ve fotoğraf kayıtları alınmıştır. Arazi çalışmaları esnasında doğrudan gözlem sırasında arazide daha fazla zaman kazanabilmek adına Türkiye Florası'nı yansıtıcı ve yönlendirici foto-rehberlerden de yararlanılmıştır (Pils, 2006). Öte yandan, endemik ve nadir olanlar ile takson düzeyinde teşhisi yapılamayanlar ise tür ve popülasyonlarına zarar vermeyecek biçimde –botanik özellikleri de kaydedilerek- araziden toplanarak herbaryum materyali haline getirilmiş ve laboratuarda teşhisleri yapılmıştır. Toplanan bütün bitkisel materyal Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Herbaryumu'na (HUB) teslim edilmiştir.

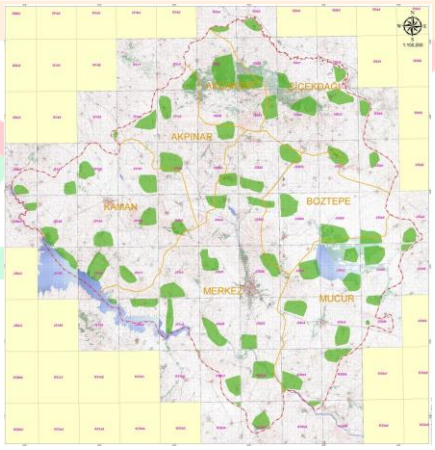
Endemik ve nadir bitkilerin Dünya Doğayı Koruma Birliği (IUCN) tehlike kategorileri belirlenirken "Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (Ekim et al., 2000)"ndaki veriler kullanılmış; bunun yanısıra tarafımızdan son yıllarda yayınlanan makaleleri tarayarak elde ettiğimiz bilgiler ve arazi

gözlemlerindeki veriler de dikkate alınarak güncellenmiştir. Böylece bazı taksonların tehlike kategorileri yeniden değerlendirilmiştir. Bitki türlerinin Dünya Doğayı Koruma Birliği (International Union for Conservation of Nature - IUCN) "IUCN Red Data Book" tehlike kategorilerinin tespitinde kullanılan kısaltmalar ve anlamları şöyledir: Tükenmiş (EX), Doğada tükenmiş (EW), Kritik tehlike altında (CR), Tehlikede (EN), zarar görebilir (VU), Tehlike altına girmeye aday (NT), Az tehdit altında (LC), Değerlendirilemeyen (NE), Veri yetersiz (DD) (IUCN, 2001). Başta bazı orkide türleri ve sütleğenler olmak üzere CITES sözleşmesinin EK II nolu listesinde (CITES, 1979) yer alan ve Kırşehir İli'nde yayılışı olan bitkilerin listesi bu çalışmanın bulgular kısmında verilmiştir. Diğer taraftan, ülkemizin taraf olduğu Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarının Korunması Sözleşmesi olarak bilinen BERN Sözleşmesi EK I nolu listesinde (Council of Europe, 1999) varsa Kırşehir İli'nden tespiti yapılan taksonlara da bu çalışmanın bulgular kısmında yer verilmiştir.

Araştırma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1'de sunulmuştur. Araştırma alanındaki 64 adet pafta içerisinde gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait noktaların dağılımı ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının coğrafi konumu.
Figure 1. Geographical location of the study area.



Şekil 2. Araştırma alanı içerisindeki damarlı bitki çalışma noktalarının paftalara dağılımı.
Figure 2. Distribution on sheets of the study points of vascular plants inside the study area.

3. Sonuçlar

3.1. Hedef türlerce zengin habitatlar ve koruma öncelikli taksonlar ile izleme planları

Literatür kayıtları ve arazi çalışmaları sonucunda Kırşehir İli'nde tespit edilen 1300 bitki taksonundan Türkiye Bitkileri Kırmızı Listesine göre 209'u endemik olup, IUCN'in belirlemiş olduğu tehdit kategorileri ışığında VU, EN ve CR statülerine giren 23 bitki taksonunun 12'si VU ve 5'i EN ve 6'sı da en yüksek tehdit kategorisi olan CR içerisinde yer almaktadır (Ekim et al., 2000). Öte yandan bu taksonlardan 31'i NT kategorisinde yer alırken, DD yani değerlendirilmemiş kategoride herhangi bir tür bulunmamaktadır. Geriye kalan bitki taksonlarının ise LC (147 tür) ve NE (8 tür) düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmaları neticesinde nadir statüde bir tür tespit edilmediği gibi uluslararası koruma sözleşmelerinden Bern Sözleşmesi'nin Ek-1 Listesi'nde de herhangi bir türün yer almadığı tespit edilmiştir. Öte yandan bitki türlerinin ticaretini düzenleyen ve bir diğer uluslararası sözleşme olan CITES kapsamında ise bu sözleşmenin Ek-2 listesinde Euphorbiacaea ve Orchidaceae familyasında yer alan bitki taksonları yer almaktadır.

"Özellikle yaban hayatı koruma sahalarında ve/veya yaban hayatı geliştirme sahalarında alanın koruma sahası olarak ayrılmasına gerekçe olan tür veya türleri" şeklinde tanımlanan '*hedef tür*' tanımına uygun olarak alanda yapılan çalışmalarda tespit edilen türler bölge ve ülke için, ayrıca biyoçeşitlilik ve ekolojik denge açısından önem arz eden türler olarak değerlendirilebilir. Kırşehir ilinde endemik ve/veya nadir bitkilerin yayılış gösterdiği ve biyoçeşitliliğin yüksek olduğu hedef türlerce zengin habitatlar ve bölgeler ise şunlardır:

1. Çiçek Dağı
2. Tama Dağı (Kördağ)
3. Seyfe Gölü Kapalı Havzası
4. Kervansaray Dağı
5. Kalkanlı Dağı
6. Dulkadirli Jipsli Tepeler

Kırşehir ili için belirlenen koruma öncelikli taksonlara yönelik izleme planı Tablo 1'de, hedef türlerce zengin habitatların florasının izleme planı ise Tablo 2'de verilmiştir. Alanlar arasındaki önceliklendirmede tablolardaki sıralama esas alınmalıdır.

Tablo 1. Kırşehir İli için belirlenen koruma öncelikli taksonlara ait izleme planı.
Table 1. Monitoring plan for the taxa with conservation priority determined for Kırşehir province.

İzlenecek çalışma konusu	İzleme düzeyi	İzleme zamanı	İzlenecek alan	Başarı göstergesi
Limonium tamaricoides	Tür	Türün çiçeklenme dönemi olan Haziran-Eylül ayları arasında ve haricen yılda 4 mevsim birer kez olası habitat tahribatı ve mevcut durum kontrolleri	Seyfe Gölü Kapalı Havzası Özellikli Bitki Alanı Falezler Bölümünde yer alan tuzcul bozkırlar	Doğal alanların tahribinin engellenmesi, popülasyon artışı, dağılımın genişlemesi ve canlılık gelişimi
Achillea hamzaoglui	Tür	Türün çiçeklenme dönemi olan Mayıs-Haziran-Temmuz ayları arasında ve haricen yılda 4 mevsim birer kez olası habitat tahribatı ve mevcut durum kontrolleri	Kervansaray Dağı Özellikli Bitki Alanı ve Kalkanlı Dağı Özellikli Bitki Alanı	
Salvia brachyantha subsp. *tankutiana*	Tür	Türün çiçeklenme dönemi olan Mayıs-Haziran ayları arasında ve haricen yılda 4 mevsim birer kez olası habitat tahribatı ve mevcut durum kontrolleri	Kervansaray Dağı Özellikli Bitki Alanı ve Kalkanlı Dağı Özellikli Bitki Alanı	
Achillea gypsicola	Tür	Türün çiçeklenme dönemi olan Mayıs-Haziran-Temmuz ayları arasında ve haricen yılda 4 mevsim birer kez olası habitat tahribatı ve mevcut durum kontrolleri	Dulkadirli Köyü ile Dulkadirliyarımkale Köyleri arasında kalan Dulkadirli Jipsli Tepeleri Özellikli Bitki Alanı	

Tablo 2. Kırşehir ili için belirlenen hedef türlerce zengin habitatların florasının izleme planı.
Table 2. Monitoring plan of the flora of habitats rich in target species determined for Kırşehir province.

İzlenecek çalışma konusu	İzleme düzeyi	İzleme zamanı	İzlenecek alan	Başarı göstergesi
Çiçek Dağı	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Dağ silsilesi boyunca yer alan meşe ormanları	
Tama Dağı (Kördağ)	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Dağın 1400-1500m yükselti aralığında kalan kayalık alanları	
Seyfe Gölü Kapalı Havzası	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Seyfe Gölü Kapalı Havzası Özellikli Bitki Alanı Falezler	Doğal alanların tahribinin

			Bölümünde yer alan tuzcul bozkırlar	engellenmesi, gençleşme
Kervansaray Dağı	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Dağın 1400-1600m yükselti aralığında kalan zonları	ve rejenerasyon görülmesi, popülasyon artışı,
Kalkanlı Dağı	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Dağın batı ucundaki Barandağ Tepe, kuzeydoğu ucundaki Bozçaldağ Tepe ve Kırşehir şehir merkezine yakın noktadaki dağın güneydoğu uç bölümünde yer alan Naldöken Tepe boyunca yer alan kireçtaşı bloklar	dağılımın genişlemesi ve canlılık gelişimi
Dulkadirli Jipsli Tepeler	Habitat	Birer gün olmak üzere her yıl Mart, Haziran, Eylül, Aralık ayının ilk haftası	Dulkadirli Köyü ile Dulkadirliyarımkale Köyü arasında kalan jipsli bozkırlar ve jipsli kayalık alanlar	

Arazi çalışmaları sonucunda tespit edilen endemik türler içerisinden 2 tanesinin (*Limonium tamaricoides* Bokhari– Çorak kuduzotu, *Achillea hamzaoglui* Arabacı & Budak – Bey civanperçemi) lokal endemik olduğu ve yalnızca Kırşehir İli içerisindeki çok küçük alanlarda varlığını devam ettirdiği tespit edilmiştir. Bu iki endemik bitki türü lokal yayılış göstermelerinin yanı sıra ilgili türlerden *Limonium tamaricoides* Bokhari, aynı zamanda CR kategorisinde çok dar bir alanda ve özel bir habitat içerisinde yer aldığı, bu habitat parçasına yönelik olarak devam eden tarım alanı açma amaçlı işgal problemlerinden dolayı da Kırşehir İli için izlemeye konu gösterge tür olarak seçilmiştir. Tür, mevcut durumu itibariyle çok hassas bir pozisyonda yer almaktadır. Bu nedenle türe yönelik koruma ve izleme çalışmaları geliştirilmelidir. Diğer bir lokal endemik tür olan *Achillea hamzaoglui* Arabacı & Budak – Bey civanperçemi ise mevcut durumu itibariyle NE-Değerlendirmeye Alınmamış kategorisinde yer almaktadır. Bu türün, yaşam alanı olan Kervansaray Dağı ile Kalkanlı Dağı'nın kireçtaşınca zenginlik arz eden özel habitat bölümlerinde sığınıp kalmış olup, bu alanlar içerisinde de ya mermer-maden ocaklarına bağlı doğrudan habitat kayıpları ya da yanlış ağaçlandırma faaliyetleri sonucu habitat kalitesinde yaşanan bozulmalara bağlı olarak yüksek risk altındadır. *Achillea hamzaoglui* Arabacı & Budak – Bey civanperçemi ile hemen hemen aynı yaşam alanlarını tercih eden bir başka endemik *Salvia brachyantha* subsp. *tankutiana* Bagherpour, Celep, Kahraman & Doğan – Kazan şalbası mevcut durumu itibariyle NE-Değerlendirmeye Alınmamış kategoride yer almaktadır. Bir başka gösterge tür olarak seçilen bu endemik bitki taksonu da Kervansaray Dağı ile Kalkanlı Dağı'nın kireçtaşınca zenginlik arz eden özel habitat bölümlerinde sığınıp kalmış olup, bu alanlar içerisinde de ya mermer-maden

ocaklarına bağlı doğrudan habitat kayıpları ya da yanlış ağaçlandırma faaliyetleri sonucu habitat kalitesinde yaşanan bozulmalara bağlı olarak yüksek risk altındadır.

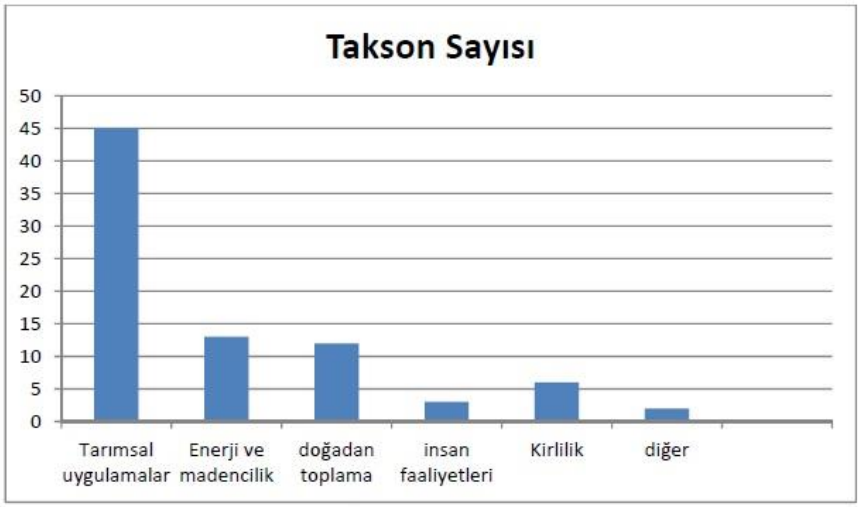
Kırşehir İli'nin orta bölümlerinde yer alan Dulkadirli Köyü ile Dulkadirliyarımkale Köyü arasında doğu-batı doğrultusunda uzanan ve yaklaşık 3 km^2'lik bir alanı kaplayan jipsli tepeye sığınıp kalmış olan *Achillea gypsicola* Hub.-Mor.– Oymadere isimli bitki türü, VU-hassas kategoride yer alan bir başka endemik bitki taksonudur. Bahsi geçen bu endemik bitki taksonu her ne kadar Kırşehir İli'nin yakın çevresindeki bölümlerde benzer habitat koşullarında yayılış gösterse de il genelinde yalnızca bu alanda yaşaması ve alana ilişkin gerçekleşebilecek herhangi bir olumsuzluk durumunda yok olma derecesi çok yüksek olan hassas bir tür olması bakımından izlemeye konu koruma önceliği yüksek tür olarak önerilmiştir. Koruma önceliği taşıyan taksonlara ait fotoğraflar, Şekil 3'de verilmiştir.

Şekil 3. Kırşehir ili için belirlenmiş koruma öncelikli taksonlara ait bazı görünümler (a- *Limonium tamaricoides* Bokhari, b- *Achillea hamzaoglui* Arabacı & Budak, c- *Salvia brachyantha* subsp. *tankutiana* Bagherpour, Celep, Kahraman & Doğan, d- *Achillea gypsicola* Hub.-Mor.)

Figure 3. Some views of the taxa with conservation priority determined for Kırşehir province.

3.2. Araştırma alanında biyoçeşitliliğe yönelik tehditler

Söz konusu araştırma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları doğrultusunda damarlı bitkilere ilişkin belirlenen tehditlere aşağıda özet olarak yer verilmiş ve bu tehditlerin taksonlar bazında dağılımı Şekil 4'de özetlenmiştir.



Şekil 4. Belirlenen tehditlere göre takson sayısı.
Figure 4. The number of taxa according to the threats identified.

Kırsal alanlarda, hızlı nüfus artışından kaynaklanan ekonomik baskı ve aşırı kullanım talepleri nedeniyle, tarım alanlarının planlamasında yaşanan sorunlar, çiftçilerin gelirlerinin düşmesine neden olabilmektedir. Bu durum çiftçileri, arazi alanı kazanmak üzere orman açma, aşırı otlatma ile meraların tahribi ve bitkilerin aşırı toplanması gibi biyolojik çeşitliliği tahrip eden faaliyetlere yöneltebilmektedir. İlin kırsal bölümlerindeki doğal ve antropojenik bozkırlar üzerindeki en ciddi tehdit olarak da aşırı otlatma faaliyetleri en ön sıralarda yer almaktadır. Bununla birlikte, günümüzde sürdürülebilir ormancılık politikalarına geçişe paralel olarak değişim gösteren ormancılık politikalarındaki sürdürülemez uygulamalar da biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyen diğer faktörlerdendir. Her ne kadar il genelindeki orman varlığı baskın habitat tipi olan bozkır ile kıyaslanamayacak miktarlarda olsa bile mevcut orman varlığı içerisinde zaman zaman kontrolsüz ve kaçak ağaç kesimleri olduğu gözlenmiştir. Ormancılık faaliyetlerine ilişkin il genelinde yapılan hatalı uygulamalardan bir diğeri ve en önemlisi ise doğal bozkır alanları üzerinde yapılan yanlış ağaçlandırma faaliyetleri olarak gösterilebilir. Bu doğal bozkırlar üzerinde özellikle karaçam ve sedir ağaçlandırmaları yapılması sonucunda birçok nadir ve endemik türün habitat alanları kaybolma riski taşımaktadır. Bu tarz hatalı ağaçlandırmalara özellikle Kervansaray Dağı çevresinde rastlanılmaktadır.

Step alanlarında ise sürdürülebilir olmayan tarım yöntemleri, toprak elde etmek için meraların tahrip edilmesi gibi unsurlar, bu habitat yapısındaki biyolojik çeşitliliğe yönelik en büyük tehditler arasındadır. Bu habitat yapısında ayrıca anız yakma gibi çevresel problemler topraktaki mikro organizmaları yok etmekte, birçok mikro düzeyde hayvanın ve böceklerin yok olmasına neden olarak toprak yapısında verimliliği de sekteye uğratmaktadır. İlin genelinde gözlenmesine rağmen, özellikle

Seyfe Gölü'nün kuzey bölümündeki falezlerin üst kısımlarında yer alan tuzcul bozkırlar gibi önemli ekolojik bölgeler çevresinde yaşanan tarla açmalar doğrudan bozkır alanlarının yok olmasına yol açmaktadır. İl genelinde özellikle anız yakma doğal bitki varlığı üzerinde ciddi bir problem olarak gözlenmekte olup bu durum ilin bütününe dağılmış olan tarım alanlarında söz konusudur. Kentlerin çevresinde ise bu durum kırsal kesimden gelen göçlerle beraber, endüstriyel ve evsel yapılanmaların kontrolsüz ve plansız yayılması sonucu katlanarak artmakta ve doğal habitatlar daha hızlı bir şekilde yok olmaktadır. Kırşehir İli'nde bu durum daha çok şehir merkezinin batısındaki doğal step alanları üzerinde gelişen yeni yerleşim birimlerine bağlı alanlarda gözlenmektedir. Tarım sektöründe, doğanın taleplerini ve ekolojik koşulları dikkate almadan dağıtılan teşvikler, ağır kimyasal ve gübre kullanımı ile yanlış sulama projelerinin uygulanmasına neden olmuştur. Bölgede konu ile ilgili herhangi bir profesyonel denetimin söz konusu olmadığı görülmüş olup vatandaşlar su ve gübre kullanımında gelişigüzel hareket etmektedir. Karasal iklime sahip olan Kırşehir İli'nde esasen tarımsal ürün deseni özellikle kırsal kesimlerde iyi tarım tekniklerinin uygulanarak, su isteği az olan ve buna rağmen verimliliği daha yüksek olan türler lehinde planlanıp teşvik edildiği takdirde ciddi oranlarda habitat kaybı, su ve toprak kirliliği gibi olumsuzlukların da önüne geçilmiş olunacaktır.

Taş, mermer, kireçtaşı, kum, pomza, perlit, bakır, çinko, kurşun, demir, bentonit, florit vb. maden ocağı açmaları: Kırşehir İli genelindeki doğal bitki varlığına yönelik en ciddi ve doğrudan tehdit olarak maden ocaklarının oluşturduğu habitat kaybı riskleri gösterilebilir. Bu tarz bir durumda türün yaşam alanı ortadan kalktığı için geri dönüşsüz bir yok oluşa sebebiyet verilmektedir. İl genelinde özellikle Kalkanlı Dağı boyunca gelişmiş mermer ocakları, Kızılırmak Nehri kenarlarında şekillenmiş taş-kum ocakları ile ilin geneline düzensiz olarak dağılmış farklı nitelikteki çok sayıda maden ocağının da ilin bitki çeşitliliğini tehdit ettiği gözlenmiştir. Bu duruma önlem olarak ruhsat yenileme işlemleri sırasında sıkı denetimler yapılmalı ve yeni ruhsatlar verilirken bu çalışmanın sonuçları dikkate alınarak hareket edilmelidir. Kızılırmak Nehri üzerinde yer alan baraj ve HES projelerinin yanı sıra bu nehir sistemine yönelik sanayi ve evsel nitelikli atıkların boşaltılması, zirai sulamanın deşarjı gibi süreçlerden dolayı nehrin aşırı kirlendiği gözlenmiştir. Bu duruma ek olarak nehirden özellikle yaz aylarında aşırı miktarlarda tarımsal sulama amaçlı su çekildiği de tespit edilmiştir.

4. Tartışma

Güncel literatür verileri ve arazi çalışmalarına göre Kırşehir İli'nde dağılış gösteren flora unsurlarına ait 1300 takson tespit edilmiştir. Kırşehir İli'nde dağılış gösteren flora türleri arasında 209 endemik tür bulunurken, nadir statüde bir türe rastlanılmamıştır (Ek-1). IUCN'in belirlemiş olduğu tehdit kategorileri ışığında bitki taksonlarının 6'sı CR, 5'i EN, 12'si VU, 31'i NT, 147'si LC ve geriye kalan 8'i ise NE kategorilerinde yer almaktadır. Bu türlerden 26'sı CITES Ek-II listelerinde yer almakta iken, hiçbiri Bern Sözleşmesi Ek-I listesinde yer almamaktadır.

Kırşehir İli'nde gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda flora unsurlarına dahil 4 türe yönelik Tür / Populasyon izleme önerilmiştir. Türlerin belirlenmesinde IUCN kategorileri, BERN ve

CITES sözleşmeleri, endemizm durumları ve türlerin konunun uzmanınca arazi çalışması sırasında yaptığı gözlemler etkili olmuştur.

Bahsi geçen kritik derecede tehdit altında olan lokal endemik türlerden (CR) *Limonium tamaricoides* (Çorak kuduzotu), aynı zamanda dar bir alanda, özel bir habitat dokusu içerisinde yer aldığı ve bu habitat dokusuna yönelik olarak da devam eden tarım alanı açma amaçlı işgal problemlerinden dolayı Kırşehir İli için izlemeye konu gösterge tür olarak seçilmiştir.

Bunun yanında *Achillea hamzaoglui* – Bey civanperçemi ve *Salvia brachyantha* subsp. *tankutiana* – Kazan şalbası türleri ise NE (Not Evaulated-Değerlendirmeye Alınmamış) statüde yer almakla beraber çok lokal bir alan içerisindeki özellikli bir habitat içerisinde (kireçtaşlarınca zengin bozkırlar) çeşitli tehditlere (Kervansaray Dağı ile Kalkanlı Dağı'nın kireçtaşınca zenginlik arz eden özel habitat bölümlerinde sığınıp kalmış olup, bu alanlar içerisinde de ya mermer-maden ocaklarına bağlı doğrudan habitat kayıpları ya da yanlış ağaçlandırma faaliyetleri) maruz kalma riski yüksek olduğu için gösterge türler olarak seçilmiştir.

VU-hassas kategoride yer alan bir endemik bitki taksonu olan *Achillea gypsicola* – Oymadere isimli bitki türü de özellik arz eden (jipsli kayalıklar) bir habitat yapısı içerisinde çok dar bir alana sığınmış olması nedeniyle Kırşehir İli için bir başka gösterge tür olarak önerilmiştir. Kırşehir İli'nin orta bölümlerinde yer alan Dulkadirli Köyü ile Dulkadirliyarımkale Köyü arasında doğu-batı doğrultusunda uzanan ve yaklaşık 3 km^2'lik bir alanı kaplayan jipsli tepeye sığınıp kalmış olan *Achillea gypsicola* – Oymadere isimli bitki türü,. Bahsi geçen bu endemik bitki taksonu her ne kadar Kırşehir İli'nin yakın çevresindeki bölümlerde benzer habitat koşullarında yayılış gösterse de il genelinde yalnızca bu alanda yaşaması ve alana ilişkin gerçekleşebilecek herhangi bir olumsuzluk durumunda yok olma derecesi çok yüksek olan hassas bir tür olması bakımından izlemeye konu koruma önceliği yüksek tür olarak önerilmiştir.

Kırşehir İli'nde şehir merkezinde yer alan Aşıkpaşa Tabiat Parkı ile Seyfe Gölü Kapalı Havzası'nda yer alan Seyfe Gölü Tabiatı Koruma Alanı (Ramsar alanı ve 1. Derece Doğal Sit Alanı statüleri de bulunmaktadır) haricinde resmi statüye sahip herhangi bir korunan alan bulunmamaktadır. Yapılan incelemelerde bu korunan alanlardan Seyfe Gölü Kapalı Havzası'nın bünyesindeki tuzcul bataklıklar, tuzcul stepler ve tuzlu göl sistemlerine bağlı olarak uluslararası ölçekte özellikli ve/veya önemli bir bitki alanı özelliği taşıdığı anlaşılmış olup, dolayısıyla bu alanın hem korunan alan hem de özellikli bir bitki alanı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, Aşıkpaşa Tabiat Parkı'nın ise bünyesindeki birçok günübirlik tesis, idari yapı, spor alanları gibi yapay alanların varlığından dolayı oldukça tahrip edilmiş olması göz önüne alındığında, özellikli bir bitki alanı olmadığı da gözlenmiştir.

İl genelinde EUNIS Habitat Sınıflandırma Sistemi 2. Düzeyde detaylandırılmış ve sonucunda 12 adet alt habitat sınıfı kaydedilmiştir. CORINE Arazi Sınıflandırma sistemine göre 5 temel ekosistem sınıfı (yapay alanlar-yerleşimler, tarım, orman, sulak alan) tespit edilmiş olup, buradan elde edilen verilerin EUNIS Habitat Sınıflandırma Sistemi ile uyumluluk arz ettiği görülmüştür. Kırşehir İli ayrıca Özellikli Bitki Toplumları açısından da değerlendirilmiş olup il genelinde 6 farklı vejetasyon birliğine ilişkin 9 farklı alan için izleme önerilmiştir. Son olarak Kırşehir İli önem arz eden bitki türleri, hedef

türlerce zengin alanlar ve ekosistem tipleri açısından da değerlendirilerek 4'ü hedef türce zengin, 2'si de ekosistem açısından önem taşıyan toplamda 6 adet Özellikli Bitki Alanı tanımlanmış olup, bu alanlara ilişkin izleme planları geliştirilmiştir. Bahsi geçen bu tüm alanlar için mevcut durumda çok ciddi bir tehdit gözlenmemekle birlikte yapılacak izleme çalışmalarında temel hedef; habitat tahribatları, kayıpları ve kalite bozunmalarının takibinin yapılarak bu tarz bozunmalar-tahribatların tespiti halinde ivedi olarak gerekli müdahalelerin tatbik edilmesi olmalıdır.

İl genelinde doğal bitki varlığına ilişkin yaşanan en ciddi tehditleri aciliyet sırasına göre sıraladığımızda; özellikle Seyfe Gölü Kapalı Havzası boyunca step alanları üzerinde yaşanan tarımsal işgallerin habitat kaybı anlamında en fazla önem arz eden mesele olduğu açıklanabilir. Öte yandan açık maden sahalarının Kırşehir İli doğal alanlarına yönelik ikinci düzeyde önem arz eden ciddi ve korunmaya yönelik acil tedbirlerin alınması gerekli problem olarak ön plana çıktığı söylenebilir. Bunu takiben il geneline dağılmış dağ sistemleri üzerindeki step alanları üzerinde yaşanan yanlış ağaçlandırmalar step habitatları ve bu habitatlara adapte olmuş türlere yönelik olası kayıplara yol açan bir diğer önem arz eden mesele olduğu açıklanabilir. Kızılırmak Nehri gibi ilin en önemli su kaynağı üzerinde yaşanan kirlilik, aşırı su talebi, maden ve enerji yatırımları gibi hususlarda ilin geleceğine yönelik ciddi önlem alınması gereken sorunlar olarak gözlenmektedir. Bu sorunları takiben aşırı otlatma, anız yakma, kaçak ağaç kesimi ve bilinçsiz tarımsal üretimin nispeten daha düşük düzeylerde bitki varlığına yönelik tehditler olarak dikkate alınması gerektiği de ifade edilmelidir.

Yapılan çalışmalar ve mevcut durum dikkate alındığında; gelecekte Kırşehir İli ile ilgili korunan alan planlamaları yapılırken, Korunan Alan Olabilecek Aday Alanlar olarak; Çiçekdağ (Tabiat Parkı veya Tabiatı Koruma Alanı statüsünde), Kervansaray Dağı (Tabiat Parkı veya Tabiatı Koruma Alanı statüsünde), Kalkanlı Dağı (Tabiatı Koruma Alanı statüsünde), Kocabey Kavaklığı (Tabiat Parkı statüsünde), Obruk (Tabiat Anıtı statüsünde) tarafımızca dikkate alınması önerilmiştir.

Kaynaklar

Atak, F. (2008). Tamadağ (Kaman/Kırşehir) Florası (212903). Retrieved from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp.

Baysal, A. (2003). Aksaray-Niğde ve Kırşehir Arasında Kalan Bölgenin Step Vejetasyonunun Sintaksonomik Analizi (133230). Retrieved from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp.

Braun-Blanquet, J. (1932). Plant Sociology: the Study of Plant Communities. English translation of Pflanzensoziologie (Translated by Fuller, G.D. & Conard, H.S.), McGraw-Hill. New York.

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). (1979). *Appendice-I* (valid from 5 February 2015). Bonn.

Council of Europe. (1999). Appendices to the Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Secretariat Memorandum prepared by the Directorate of Environment and Local Authorities. Strasbourg, 26 pp.

Davis, P.H. (1965-1985). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 1-9, University Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Harper, P.C., & Hedge, I.C. (1971). Plant Life of South-West Asia. The Botanical Society of Edinburgh, 335 pp.

Davis, P.H., Mill, R.R., & Tan, K. (1988). Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 10, Edinburgh, Edinburgh University Press, 590 pp.

Eken, G., Bozdoğan, M., İsfendiyaroğlu, S., Kılıç, D.T., & Lise, Y. (eds.). (2006). Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. 2 Cilt. Doğa Derneği, Ankara.

Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., & Adıgüzel N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Listesi, (Red Data Book of Turkish Plants (Pteridophyta and Angiospermae)). Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van 100. Yıl Üniversitesi Yayını, Ankara. 246 pp.

Eyüboğlu, Ö. (1995). Seyfe Gölü (Kırşehir) Tabiatı Koruma Alanının Florası (45569). Retrieved from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp.

Govaerts, R., Dransfield, J., Zona, S., Hodel, D.R., & Henderson, A. (2014). World Checklist of Selected Plant Families. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet. Retrieved from http://wcsp.science.kew.org/

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M.T. (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul, 1290 pp.

Hamzaoğlu, E. (1996). Kervansaray Dağı'nın Florası (Kırşehir). *Ot Sistematik Botanik Dergisi,* 3, 1, Syf.1-24. ISSN:1300-2953, Ankara.

Hamzaoğlu, E., & Aydoğdu, M. (1995). B5 Karesinden (Kırşehir) Yeni Floristik Kayıtlar. *Ot Sistematik Botanik Dergisi,* 2, 2, Syf.67-72. ISSN:1300-2953, Ankara.

International Union for Conservation of Nature-IUCN. (2001). Red List Categories and Criterias, Gland-Switzerland. IUCN Red List, Ver.2020.3. Erişim linki www.iucnredlist.org

IPNI. (2014). *International Plant Name Index*. Retrieved from https://www.ipni.org/

Karavelioğulları, F.A., Vural, M., & Polat, H. (2005). Çiçekdağı (Kırşehir) florası. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 12(2), 63-102.

Keleş, A.V. (1998). Naldöken Dağı (Kırşehir) Florası (76200). Erişim linki https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp.

Özhatay, N., Byfield, A., & Atay, S. (2003). Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları. İstanbul: Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF Türkiye)Yayını (in Turkish).

Özhatay, N., Kültür, Ş., & Aksoy, N. (1999). Check-list of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey II. *Turkish Journal of Botany*, 23(3), 151-169.

Özhatay, N., & Kültür Ş. (2006). Check-list of aadditional taxa to the supplement flora of Turkey III. *Turkish Journal of Botany*, 30, 281-316.

Özhatay, N.F., Kültür, Ş., & Gürdal, M.B. (2011). Check-list of additional taxa to the supplement flora of Turkey V. *Turkish Journal of Botany*, 35(5), 589-694.

Özhatay, N., Byfield, A., & Atay, S. (2003). Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları, WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul.

Pils, G. (2006). Flowers of Turkey, A Photo Guide. Friedrich VDV, 408 pp. Austria.

Polat, H. (1998). Çiçekdağı Batı Yarısı (Kırşehir) Florası (76152). Retrieved from https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/giris.jsp.

Primack, R.B. (2012). Koruma Biyolojisi. (Çev. Ed. Ali A. Dönmez, Emel O. Dönmez), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 602 Syf. Ankara.

The Plant List. (2014). Retrieved from http://www.theplantlist.org/

TÜBİVES (Türkiye Bitkileri Veri Servisi). (2020). Erişim linki http://www.tubives.com/

Vural, M., Karavelioğulları, F.A., & Polat, H. (1997). B5 (Nevşehir, Kırşehir) Karesi İçin Yeni Floristik Kayıtlar. *Ot Sistematik Botanik Dergisi,* 4(2), 61-70.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)'in Farklı Süs Bitkilerinde Popülasyon Değişimi

Popülation Change of Frankliniella occidentalis (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) in Different Ornamental plants.

Fatma IŞIK GÜLSOY[1]
Seher TANYOLAÇ

Abstract

In this study, a survey was conducted to determine the population change of flower thrips pests found in different cut flower species in İzmir province districts. Thrips were collected by shaking the plants onto the white tray.
In the district of Balçova in the province of İzmir, gypsophila, cloves, starlice and gypsum-in the district of Guzelbahce, cloves, chrysanthemums and roses-rose, in the town of Menderes, rose, gladiolus, carnation, statis, tagates and lisyantus-rose, in the district of Narlıdere, gerbera, chrysanthemum and lilyum in the district of Seferihisar, gerbera, freesia, carnation and chrysanthemum-Urla district, including gerbera, carnation, chrysanthemum and lilium, 13 different types of cut flowers *Frankliniella occidentalis* (Thripidae; Thysanoptera) harms the nature, as a natural enemy Hemiptera

Özet

Bu çalışmada, farklı kesme çiçek türlerinde bulunan çiçek thripsi'nin popülasyon değişimi belirlemek için survey yapılmıştır. Thrips bireyleri beyaz bir tepsi içine çiçekler silkelenerek toplanmıştır.
İzmir ili Balçova ilçesinde, gypsophila, karanfil, starliçe ve şebboy-Güzelbahçe ilçesinde, karanfil, krizantem ve gül- Menderes ilçesinde, gül, glayöl, karanfil, statis, tagates ve lisyantus-Narlıdere ilçesinde, gül, gerbera, krizantem ve lilyum-Seferihisar ilçesinde, gerbera, frezya, karanfil ve krizantem-Urla ilçesinde, gerbera, karanfil, krizantem ve lilyum olmak üzere, 13 farklı kesme çiçek türünde *Frankliniella occidentalis* (Thripidae;Thysanoptera) türünün zarar yaptığı, doğal düşman olarak Hemiptera, Thysanoptera,

[1]Fatma IŞIK GÜLSOY, Msc., Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü- Bornova/İZMİR, Bitki Koruma, fatma.isik@tarimorman.gov.tr

, Thysanoptera, Neuroptera, Areanea and Coleoptera.
In addition, in the districts of Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar and Urla, a total of 184 greenhouses surveyed were found to be contaminated with *F. occidentalis*.
The densest *F. occidentalis* population was detected in rose and chrysanthemum plants.

Keywords: *Frankliniella occidentallis*, ornamental plants, popülation change, İzmir.

Neuroptera, Areanea ve Coleoptera takımlarına ait bireylerin var olduğu saptanmıştır.
Ayrıca, Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar ve Urla ilçelerinde, survey yapılan toplam 184 seranın *F. occidentalis* ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir.
Çiçek thripsi popülasyon yoğunluğu en çok gül ve krizantem bitkilerinde saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Frankliniella occidentalis*, süs bitkileri, popülasyon değişimi, İzmir.

Giriş

Türkiye'de süs bitkileri üretimi 1940'lı yıllarda başlamış olup, ülkemizin farklı ekolojik bölgelere sahip olması, iklim ve toprak özelliklerinin süs bitkileri üreticiliği açısından geniş imkanlar sunması ve birçok süs bitkisinin gen kaynağını oluşturması, sektörün hızla gelişimini sağlamıştır. Türkiye süs bitkileri üretim alanlarının 2,5 kat arttığı ve süs bitkileri ihracatının 2018 yılında % 17 artışla 100 milyon dolara ulaştığı, 2019 yılında ise 125 milyon dolar olacağı bildirilmiştir (Süsbir, 2019; OAİB, 2019). Türkiye Süs bitkileri üretim alanları 2014-2019 yılları arasında artış göstermiş ve 2018 yılında 51.802 da olan üretim alanının 2019 yılında 52.477 da alana yükseldiği bildirilmektedir (Tüik, 2020).

Örtü altı kesme çiçek üretiminde gerek yurtiçi gerekse yurtdışında yapılan çalışmalarda thripslerin ciddi sorunlara yol açtığı görülmektedir (Tunç ve Göçmen,1995; Keçecioğlu, 2001; Carrizo and Klasman, 2001, 2002; Guihong et al., 2007; Şevik ve Saruhan 2010). *F. occidentalis* bitki sağlığında risk oluşturan karantina etmeni olarak bilinmekte ve süs bitkilerinin taç yapraklarında beslenerek, lekelenmelere, rengin bozulmasına sebep olmakta ve pazar değerini doğrudan düşürmektedir (Eppo,1989). Ayrıca, *F. occidentalis*'in dünyada tarla ve sera üretiminde önemli sorun oluşturan bir zararlı olduğu bildirilmektedir (Tommasini and Maini, 1995).

Frankliniella occidentalis (Pergande) süs bitkileri de dahil bir çok kültür bitkisinde ekonomik öneme sahip zararlı tür, süs bitkilerinde de sorun olan Domates halkalı leke virüsü (*Tomato spotted wilt tospovirus*, TSWV) ve Camgüzeli nekrotik leke virüsü (*Impatiens necrotic spot tospovirus*, INSV)'nü bitkilere taşıyarak, ciddi sorunlara neden olmaktadır (Sakimura 1962; German and et al., 1992 ; Wijkamp and et al, 1995; Lowry and et al., 1995; Daughtrey et al., 1997; Ulmann et al., 1997). Thripslerin karanfilde petal yapraklarda beslenmeleri sonucu oluşan lekelerden ve şekil bozukluklarından dolayı çiçek kalitesini düşürmektedir (Tunç ve Göçmen, 1995; Şevik ve Saruhan, 2010).

Türkiye'de yapılan çalışmalara bakıldığında genellikle park alanlarındaki süs bitkilerine yönelik çalışmaların yapılmış olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile örtü altı kesme çiçek üretim alanlarında görülen önemli trips türünün popülasyon yoğunluğu ve bulaşma oranı İzmir ili ve ilçelerinde (Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar, Urla) saptanmaya çalışılmıştır. Farklı süs bitkileri üzerindeki popülasyon değişimi ortaya konarak zararlının bitkinin fenolojik dönemlerine göre yoğunluğu ve mücadelesi ile ilgili uygun zaman belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmanın ana materyalini İzmir ilinin ilçelerindeki (Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar ve Urla) örtü altı kesme çiçek türlerine ait bitkiler, önemli thrips türü ve doğal düşmanlar oluşturmaktadır.

1. Survey Çalışmaları

Survey çalışmaları 2016 yılında İzmir ilinin Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar ve Urla ilçelerinde gerçekleştirilmiştir. Kesme çiçek türlerine göre toplam üretim alanı 2 da'dan büyük olan ilçelerin farklı yöneylerindeki, kesme çiçek türlerinde, yaklaşık 1 da büyüklüğündeki seralarda örnekleme yapılmıştır (Çizelge 1). Kesme çiçek türlerine göre üretim alanlarının, 2 da ile 10 da üretimi olan ilçelerden % 50, 10 da ile 100 da üretimi olan ilçelerden % 10, 100 da ile 825 da üretimi olan ilçelerden % 3, oranında hesaplama yapılarak, sera sayıları belirlenmiştir (Bora ve Karaca, 1970).

Çizelge 1. İzmir İli ilçelerinde yetiştirilen örtü altı kesme çiçek türleri ve üretim alanları (da)

İlçe	Balçova	Güzelbahçe	Menderes	Narlıdere	Seferihisar	Urla
Gül	-	6,00	825,00	6,00	-	25,00
Karanfil	478,00	154,00	315,00	-	119,00	451,00
Gerbera	61,00	14,30	36,00	8,00	10,00	44,50
Gypsohilla	3,00	1,50	-	2,00	-	7,00
Kasımpatı	18,00	17,00	230,00	9,00	122,70	84,00
Lilyum	1,50	1,00	55,00	2,00	-	15,00
Starliçe	18,00	1,00	-	6,00	-	-
Lisianthus	-	3,50	35,00	1,80	1,00	-
Şebboy	-	6,00	-	-	2,30	-
Glayöl	-	-	-	-	2,50	2,50
Fresia	-	-	-	-	10,08	-
Toplam	579,50	204,30	1496,00	34,80	267,58	629,00

Kaynak: Anonim, 2016

Survey çalışmaları, örtü altı kesme çiçek türlerinin dikim tarihlerine göre belirlenerek, seralara 15 günde bir kez gidilerek ve toplam 184 serada örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Her serada, sera büyüklüğü dikkate alınarak o serayı temsil edecek şekilde en az 25 bitkinin her birinden bir çiçek olmak üzere toplam 25 çiçek, beyaz renkli kap (37×28×7 cm) içerisine silkelenmiştir (Atakan, et al., 2014). Silkeleme işlemi sırasında thrips bireyleri sayılarak kayıt altına alınmıştır.

Kap içerisine düşen thrips bireyleri (0) numaralı samur fırça ve emgi tüpü yardımıyla toplanarak içinde % 60 etil alkol bulunan plastik tüplere (Eppendorf) (1 ml) alınmıştır. Bitkinin alt, orta ve üst kısımlarından birer yaprak olmak üzere, toplam 75 yaprak alınarak (Canbay ve ark., 2011), yapraklar bitki kısmına göre ayrı ayrı, kese kağıdına konduktan sonra etiketlenerek, buz kutusu içinde laboratuvara getirilmiştir. Survey çalışması sonucunda; thrips türlerinin en yoğun bulunduğu örtü altı kesme çiçek türleri ve doğal düşmanlar belirlenmiştir.

2. Laboratuvar Çalışmaları ve Preparatların Hazırlanması

Laboratuvara getirilen yaprak örnekleri büyük beyaz küvet içerisine silkelenerek düşen thripsler (0) numaralı samur fırça ile toplanarak, eppendorf tüpleri içindeki thrips saklama solüsyonu (1 kısım glasiyal asetik asit + 1 kısım gliserin + 10 kısım % 60'lık etil alkol)'na konularak, etiket bilgileri yazılmıştır. Thripsler bir ay sonra bu solüsyondan % 30'luk etil alkole aktarılarak preparat yapımına kadar bu şekilde saklanmıştır. Teşhisi yapılacak thrips türleri en son bulundukları % 30'luk etil alkolden çıkartılarak, içerisinde laktofenol bulunan petrilerde 30 dakika beklemesi sağlanmıştır. Bireyler daha sonra üzerine Hoyer damlatılmış lam üzerine ventral olarak yerleştirilerek kanat, bacak ve antenleri düzeltildikten sonra üzerleri lamelle kapatılıp 55°C'ye ayarlanmış etüvde 1 saat bekletilmiştir. Bu şekilde preparatları yapılan örnekler teşhise hazır hale getirilerek, teşhis için konu uzmanına gönderilmiştir. Predatör böcek ve akarlar için; yaprakların alt ve üst yüzeyleri stereo mikroskop altında incelenerek, rastlanan akar bireylerinin preparasyonu Düzgüneş (1980)' e göre yapılarak teşhise gönderilmiştir. Yararlı böcek türlerinin ergin ve ergin öncesi dönemleri ile predatör thrips erginleri de kaydedilmiştir. Ergin öncesi dönemlerin etiket bilgileri (toplandığı il, ilçe, köy, tarih, bitkinin fenolojik dönemi ve sera adı) yazılarak iklim odasında 25±1^{0}C' de, % 60±10 orantılı nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık koşullarda ergin olmaları sağlanmıştır.

Bulgular

Örtü altı kesme çiçek üretilen seralarda zararlı olarak görülen thrips türünün *Frankliniella occidentallis* (Pergande) (Thripidae:Thysanoptera) olduğu saptanmıştır. İzmir ili Balçova ilçesinde gypsophila, karanfil, starliçe ve şebboy, Güzelbahçe ilçesinde karanfil, krizantem ve gül, Menderes ilçesinde gül, glayöl, karanfil, statis, tagates ve lisyantus, Narlıdere ilçesinde gül, gerbera, krizantem ve lilyum, Seferihisar ilçesinde gerbera, frezya, karanfil ve krizantem, Urla ilçesinde gerbera, karanfil, krizantem ve lilyum olmak üzere 13 farklı kesme çiçek türünde *F. occidentallis* türünün zarar yaptığı, doğal düşman olarak Hemiptera, Thysanoptera, Neuroptera, Areanea ve Coleoptera takımlarına ait

bireylerin var olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Balçova, Güzelbahçe, Menderes, Narlıdere, Seferihisar ve Urla ilçeleri survey yapılan toplam 184 seranın *F. occidentallis* ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir.

F. occidentallis zararlısına ait ergin, larva ve doğal düşman survey çalışmaları kesme çiçek türlerinin çiçek ile yaprak organlarında yapılmıştır. Narlıdere ilçesinde gerbera bitkisinde 17 adet ergin ile 14 adet larva saptanmıştır. Menderes ilçesi gül bitkisinde çiçek başına 34 ergin ile 19 adet larva tespit edilmiş, yaprakta ise 2 adet ergin ile 1 adet larva saptanmıştır. Urla ilçesinde krizantem bitkisinde bir çiçek de 39 ergin ile 16 adet larva, yaprak üzerinde 2 adet ergin ile 3 adet larva ile en yüksek yoğunluğa ulaştığı belirlenmiştir. Böylelikle ilçelere göre popülasyon yoğunluğuna bakıldığında, Urla ilçesinde krizantem bitkisinde 39 ergin birey ile en yüksek yoğunluğa ulaşırken, karanfil bitkisinde 21 adet ergin ile 12 adet larva saptanarak zararlı krizantem bitkisinden sonra en yüksek yoğunluğa karanfil bitkisinde ulaşmıştır. Menderes ilçesi gül bitkisinde 34 adet ergin ile en yüksek yoğunluğa ulaşırken, karanfil bitkisinde 14 adet ergin ile 3 adet larva saptanarak, karanfil bitkisi popülasyon yoğunluğu açısından ikinci sırada yer almaktadır

Tartışma ve Sonuç

Çalışmamızın 2016 yılı verilerine göre örtü altı kesme çiçek üretilen seralarda zararlı olarak görülen thrips türünün sadece, *Frankliniella occidentallis* (Pergande) (Thripidae:Thysanoptera) olduğu saptanmıştır. *F. occidentallis* Menderes ilçesinde gül, Urla ilçesinde krizantemde çiçek üzerinde en yüksek popülasyon yoğunluğuna, Balçova, Güzelbahçe ve Narlıdere ilçelerinde Karanfil bitkisinde orta yükseklikte popülasyon yoğunluğuna ulaşmıştır. En düşük popülasyon yoğunluğu Balçova ilçesinde starliçe, Güzelbahçe ilçesinde krizantem, Menderes ilçesinde Statis, Narlıdere ilçesinde Lilyum, Seferihisar ilçesinde gerbera, Urla ilçesinde Lilyum bitkileri üzerinde gözlenmiştir. Böylelikle, tüm kesme çiçek türlerinde zararlı yoğunluğu en çok çiçeklenme döneminde saptanmıştır. Buna paralel olarak doğal düşmanların çiçeklenme döneminde daha yoğun gözlendiği belirlenmiştir.

Romanya'da serada yetiştirilen gelin çiçeği (*Zantedeschia aethiopica*) ile gül çeşitleri (*Rosa* sp.) üzerinde en yoğun zararlı türün *F. occidentalis* olduğu (Barbuceanu and Oromulu, 2012), Çin' de karanfil, gül, lily, gala ve gypsophila çiçeklerinde *Aeolothrips fasciatus*, *F. occidentalis*, *F. intonsa*, *Thrips flavus*, *T. hawaiiensis* ve *T. tabaci* türlerinin saptandığı, hakim türlerin *F. occidentalis* ve *F. intonsa* olduğu bildirilmektedir (Guihong *et al.*,2007).

Çukurova Bölgesinde açıkta ve seralarda yetiştirilen süs bitkilerinde Thysanoptera (thrips) türleri araştırılmıştır. Otuz beş bitki familyasına bağlı 62 bitki türü thripsler için örnekleme yapılmıştır. Thysanoptera takıma bağlı Aeolothripidae (6 tür), Phlaeothripidae (5 tür) ve Thripidae (12 tür) familyalarından toplam 23 thrips türü bulunmuştur. Toplanan örneklerde en fazla bulunan tür *Frankliniella occidentalis* (Pergande) olmuştur. Seralarda yetiştirilen süs bitkilerinde sadece *F. occidentalis* bireyleri kaydedilmiştir. Bir serada *Dianthus caryophyllus* karanfil ve *Dahlia* (yıldız çiçeği) üzerinde *F. occidentalis* nedeniyle yoğun zarar kaydedilmiştir (Atakan ve ark.,2016). Antalya ili ve ilçelerinde yürütülen bu çalışmada 28 serada 13 kesme çiçek türünde Insecta sınıfına ait 64 tür ve Arachnida

sınıfına ait bir tür saptanmıştır. *Frankliniella occidentalis*'in kesme çiçeklerde ana zararlı konumunda olduğu bildirilmektedir (Tıraş ve Yaşar, 2017).

Sonuç olarak, çalışmamızda da örtü altı kesme çiçek yetiştiriciliği yapılan seralarda Thysanoptera takımına bağlı zararlı türün sadece *F. occidentalis* olduğu saptanmıştır. Çiçeklenme döneminde hem çiçek thripsi hem de doğal düşmanların yoğunluğu artış göstermektedir. Örtü altı kesme çiçek yetiştiriciliğinde yapılan bitki koruma mücadele programlarında çiçeklenme dönemin de ki doğal düşman yoğunluklarının dikkate alınarak çiçek thripsi ile mücadele edilmesi kimyasal ilaçların kullanımının azaltılması ve doğal çevrenin korunması açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

ATAKAN, E., 2011. Adana Kentinde Parklardaki Bazı Süs Bitkilerinde Bulunan Thysanoptera (Thrips) Türleri. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 10 (2): 79-84, Adana.

ATAKAN, E., PEHLİVAN, S. and ÖLÇÜLÜ, M., 2014. Farklı Renkteki Tuzakların Nektarindeki Thrips major Uzel (Thysanoptera: Thripidae)' a Çekicilikleri. Türk., Entomol. Derg., 38(1) : 51-60.

ATAKAN, E., KAMBEROĞLU, M., A., ÇALIŞKAN KEÇE, A., F., 2016. Çukurova Bölgesinde Süs Bitkilerinde Thysanoptera (Thrips) Türleri ve Domates Lekeli Solgunluk Virüs Hastalığının Araştırılması. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi 5-8 Eylül, Konya.

BORA,T. ve KARACA İ., (1970). Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçülmesi, Ege Üni. Ziraat Fak. Ders Kitabı, No:167, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, Pp:8.

BUİTENHUİS R. and SHİPP, J. L., 2007. Influence of plant species and plant growth stage on *Frankliniella occidentalis* pupation behaviour in greenhouse ornamentals. Journal of Applied Entomology, 132 (2008) 86–88.

CANBAY, A., BOZBEK, Ö., ALICI, H., and ÇAKIRBAY, F., 2011. Erzincan İli Örtüaltında Yetiştirilen Domates ve Hıyarlarda Görülen Zararlı Türlerin Tespiti ve Popülasyon gelişimi. Bitki Koruma Bülteni, 51(2):119-146.

CARRİZO P.I. and KLASMAN R. 2002. Muestreo para el seguimiento poblacional de *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) (Thysanoptera: Thripidae) en cultivo de *Dianthus caryophyllus* (Cariophyllaceae) en invernadero. Entomotropica 17(1):7-14.

DAUGHTREY, M. L., JONES, R.K., MOYER, J.W., DAUB, M.E., BAKER, J.R., 1997. Tospoviruses Strike the Greehouse Industry: INSV has Become a Major Pathogen on Flower Crops.Plant Disease. 81: 1220-1230.

DÜZGÜNEŞ, Z., (1980). Küçük arthropodların toplanması, saklanması ve mikroskobik preparatlarının hazırlanması, Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü, Ankara, 77 s.

EPPO (1989). Data sheets on quarantine organisms No. 177, *Frankliniella occidentalis*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 19, 725-731.

GERMAN, T. L., D. E. ULLMAN, and J. W. MOYER. 1992. Tospoviruses: diagosis, molecularbiology, phylogeny, and vector relationships. Annu. Rev. Phytopathol. 30: 315- 348.

GUİHONG, L., HONGRUİ, Z., ZİMİN, L. and TAO, L., 2007. Studies on The Species of Flower Thrips and Its Occurrence in Dounan Chenggong County of Yunnan. Southwest China Journal of Agricultural Sciences 2007 Vol. 20 No. 6 pp. 1291-1295.

KEÇECİOĞLU, O., 2001. Antalya ilinde örtüaltı karanfil yetiştiriciliğinde Batı Çiçek Thripsi *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)' in Önemi ve Kimyasal Savaşının Geliştirilmesi Üzerinde Araştırmalar. E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 54s.

LOWRY, V. K., J. W. SMİTH, JR., F. L. MİTCHELL, and C., R., CMMLEY. 1995. Thrips vectors responsible for the secondary spread of tomato spotted wilt vims in south Texas peanut, pp. 167-170.

OAİB, (2019). Orta Anadolu Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği

SAKİMURA, K., 1962. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) vector of the tomato spotted wilt virus with special reference to the color forms. Ann. Ent. Soc. Am. 55:87-389.

ŞEVİK, M., A. and SARUHAN, İ., 2010. Karanfil (Dianthus Caryophyllus L .)' De Görülen Bitki Koruma Problemleri Plant Protecton Problems in Carnation (Dianthus caryophyllus L .) Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 3(2): 33-41.

TUNÇ, İ., 1991. Studies on the Thysanoptera of Antalya IV. Thripidae Stephens-3. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 4: 11–26.

TUNÇ, İ., 1992a. Studies on the Thysanoptera of Antalya II.Thripidae Stephens (part 1) Türkiye Entomoloji Dergisi. 16: 33–46.

TUNÇ, İ., 1992b. Studies on the Thysanoptera of Antalya III.Thripidae Stephens (part 2). Türkiye Entomoloji Dergisi. 16: 73–86.

TUNÇ, İ. and GÖÇMEN, H., 1995. Antalya'da Bulunan İki Sera Zararlısı Polyphagotarsonemus latus (Banks) (Acarina: Tarsonemidae) ve *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) üzerine notlar. Türk. Entomol. Der., 19(2):101-109.

TÜİK, (2020).www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi: 08.02.2021

TOMMASİNİ, M. G., and S. MAİNİ. 1995. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe, pp. In J. C. van Lenteren, A. J. M. Netherland,1-42.

TIRAŞ, Z. ve YAŞAR, B., 2017. Antalya İlinde Kesme Çiçek Seralarında Bulunan Zararlı Böcek ve Akar Türleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Cilt 21, Sayı 1 , 1-8, 2017.

WİJKAMP, L., J.,VAN LENT, R., KORMELİNK, R., GOLDBACH, and D., PERTERS, 1995. Multiplication of tomato spotted wilt virus in western flower thrips, pp. 157-162.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motoru Türleri: Avantajları ve Dezavantajları

Electric Motor Types for Electric Vehicles: Advantages and Disadvantages

***Can Berk Aykaç*[1]**
***Kenan Yiğit*[2]**
***Bora Acarkan*[3]**

Abstract

Nowadays, electric motors are widely used in the automotive industry as well as in all areas of life. In conventional vehicles, it is used as a starter motor that provides the initial starting of internal combustion engines or as an alternator to charge the battery while the vehicle is running. In addition, it can be used for side functions such as power window regulator or wiper motor. Especially with the entry of electric vehicles into the market, electric motors have become an important part of vehicle drive systems.

In electric vehicles, electric motors provide movement energy by using the energy that taken from battery group. Movement energy is changed according to many different factors such as the state of the road, driving

Özet

Günümüzde elektrik motorları, hayatın her alanında olduğu gibi otomotiv sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Konvansiyonel taşıtlarda, içten yanmalı motorların ilk hareketini sağlayan marş motoru olarak veya araç çalışırken akünün şarj olması amacıyla alternatör olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra cam kaldırma motoru veya silecek motoru gibi yan işlevlerde de kullanılabilmektedir. Özellikle elektrikli taşıtların piyasa girişiyle beraber elektrik motorları, taşıt tahrik sistemlerinin de önemli bir parçası haline gelmiştir.

Elektrikli taşıtlarda elektrik motorları batarya grubu üzerinden aldığı enerji ile hareket enerjisi sağlamaktadır. Hareket enerjisi yolun durumu,

[1] Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Elektrik Tesisleri Yüksek Lisans Programı, e-posta: f4917024@std.yildiz.edu.tr; canberkaykac@gmail.com
[2] Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, e-posta: kyigit@yildiz.edu.tr
[3] Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, e-posta: acarkan@yildiz.edu.tr

characteristics of the driver, starting and braking situations. It is seen that the use of different types of electric motors in electric vehicles comes to the fore in order to minimize the negative effects of such parameters and to achieve the desired performance.

In this study, the subject of electric motor types used in electric vehicles, which is one of the current research topics, is discussed. Electric motors have been examined from different perspectives such as power density, efficiency, controllability and price, and comparison analyzes have been made.

As a result, it was concluded that permanent magnet synchronous motors in terms of power density and efficiency, DC motors in terms of controllability and induction motors in terms of cost provide more advantages for electric vehicles.

Keywords: Electric Vehicles, Electric Motor Types for Electric Vehicles, DC Motor, Permanent Magnet Synchronous Motor, Switched Reluctance Motor, Induction Motor

sürücünün sürüş karakteristiği, kalkış ve frenleme durumları gibi pek çok farklı etkene göre şekillenmektedir. Bu tür parametrelerin olumsuz etkilerini en aza indirmek ve istenilen performansı elde etmek için elektrikli taşıtlarda farklı elektrik motoru türlerinin kullanımının ön plana çıktığı görülmektedir.

Bu çalışmada, güncel araştırma konularından biri olan elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türleri konusu ele alınmıştır. Elektrik motorları güç yoğunluğu, verim, kontrol edilebilirlik ve fiyat gibi farklı açılardan incelenmiş ve karşılaştırma analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, güç yoğunluğu ve verim açısından daimi mıknatıslı senkron motorların, kontrol edilebilirlik açısından DC motorların, maliyet açısından ise asenkron (endüksiyon) motorların elektrikli taşıtlar için daha fazla avantaj sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Taşıtlar, Elektrikli Taşıt Motor Türleri, DC Motor, Daimi Mıknatıslı Senkron Motor, Anahtarlamalı Relüktans Motor, Asenkron Motor

Giriş

Tarih boyunca insanlığın ulaşım ve taşımacılık ihtiyaçlarına cevap veren taşıtlar günümüzde de önemini korumaktadır. Son yıllarda artan petrol fiyatları, gelişen teknoloji ve çevresel duyarlılık gibi pek çok sebeple içten yanmalı motor teknolojisi yerini elektrik motorlarına bırakmaya başlamıştır. Elektrikli taşıtlardaki gelişmelerle beraber elektrik motorları otomotiv sektöründeki önemini hızla pekiştirmiştir.

Konvansiyonel taşıtlarda elektrik motorları marş motoru, alternatör, silecek motoru, cam kaldırma motoru ve pompa motoru gibi farklı ihtiyaçlar için kullanılmaktadır. Elektrikli taşıtlarda ise elektrik motoru tahrik sisteminin bir parçası olarak taşıtın hareketi için ihtiyacı olan temel gücü üretmek amacıyla kullanılmaktadır.

Literatür incelendiğinde, elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motorlarının çeşitli açılardan incelendiği görülmektedir. Kumar ve Ravenkar, sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorlarının elektrikli taşıtlardaki uygulamaları üzerine çalışmışlardır [1]. Wei vd., hibrit elektrikli taşıtlarda kullanılan daimi

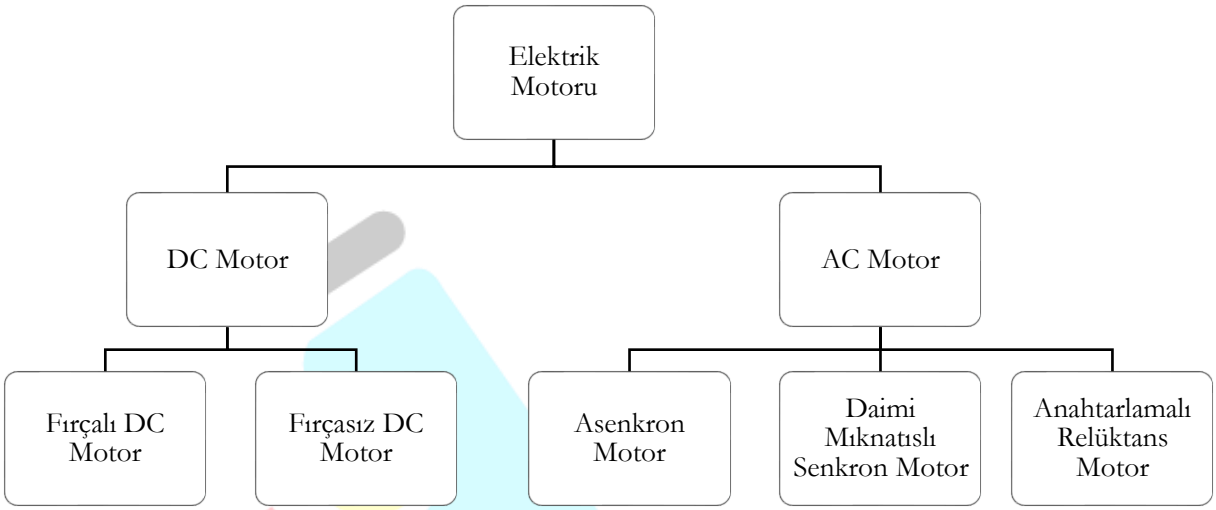
mıknatıslı senkron motor için yeni bir optimum tasarım yaklaşımı sunmuşlardır [2]. Demir ve Aküner, elektrikli taşıtlar için asenkron motor performans karakteristiğini ve tasarım parametrelerini incelemişleridir [3]. Savitski vd., teker içi motorlu tam elektrikli taşıtlarda sürekli teker kayma kontrolü sistemi üzerine çalışmışlar ve dört farklı kontrolcü tasarımı öne sürmüşlerdir [4]. Aktaş vd., elektrikli taşıtlarda kullanılan asenkron (endüksiyon) motorları için doğrudan tork kontrolü ve dolaylı alan temelli kontrol arasında bir karşılaştırma çalışması sunmuşlardır [5]. Rind vd., elektrikli taşıtlarda kullanılan çekiş motorlarının konfigürasyonu ve kontrolü açısından karşılaştırmalı bir çalışma ortaya koymuşlardır [6]. Bhatt vd., gelişen teknolojiye uygun olarak elektrikli taşıtlarda kullanılan farklı motor türlerini verim, güç yoğunluğu, dayanıklılık ve boyut bakımından karşılaştırmışlardır [7]. Zarma vd., elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türlerini tasarım kolaylığı, fiyat ve sağlamlık yönünden incelemişlerdir [8]. Demir ve Kaymaz is elektrikli taşıtlarda elektrik motor tipi seçilirken dikkat edilmesi gereken parametreler üzerine çalışmışlardır [9].

Literatürden görüleceği üzere, elektrikli taşıtlar için kullanılan elektrik motorları başta tasarım ve performans olmak üzere birçok açıdan incelenmiştir. Bu durum, elektrik motorlarının elektrikli taşıtlarda kullanımı sonucu ortaya yeni fikirlerin ve çalışma alanlarının çıkacağını göstermektedir. Bu çalışmada da bu tür gelişmelere katkı sunmak amacıyla, elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türleri güç yoğunluğu, verim, kontrol edilebilirlik ve maliyet yönünden incelenmiş ve karşılaştırma analizleri yapılmıştır.

Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan Elektrik Motoru Türleri

Günümüzde içten yanmalı motorların ve konvansiyonel taşıtların yerini elektrik motorlarına ve elektrikli taşıtlara bırakması ile yeni bir çağ başlamaktadır. Hayatın pek çok farklı alanında kullanılan elektrik motorları bu yeniçağ ile beraber otomotiv sektöründe de ana tahrik sistemi olarak kullanılmaktadır. Elektrikli taşıt mimarileri tam elektrikli, hibrit veya yakıt hücreli olarak birbirinden ayrılsa da kullanılan elektrik motorları bu konuda benzerlik göstermektedir. Ancak yine de taşıtın yapısına göre elektrik motorları arasında da bir çeşitlilik söz konusudur.

Temel olarak elektrik motorları statorda meydana gelen elektrik alanın rotor üzerinde bir dönel kuvvet oluşturması prensibine bağlı olarak çalışan elektromanyetik cihazlardır. Bu bakımdan elektrik motorları birbirine benzese de çalışma metodları ve yapısal farklılıkları sebebi ile farklı türlere ayrılmaktadır. Elektrikli taşıtlarda da bu türlerin bazıları kullanılmaktadır. Bunlar; DC motor, asenkron motor, daimi mıknatıslı senkron motor ve anahtarlamalı relüktans motordur. Şekil 1'de elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türleri.

Elektrik motorları elektrikli taşıtlarda kalkış torku, frenleme, hız ve ivme gibi pek çok konuya doğrudan etki etmektedir. Ayrıca elektrik motorunun türüne göre fiyat, performans, enerji tüketimi, menzil ve denge gibi pek çok karakteristik özellikte değişkenlik göstermektedir.

DC Motor

DC motorlar, statorlarında manyetik alan oluşturmak için dışarından doğru akım ile uyarılan kutuplara ve rotorlarında lamine edilmiş, oluklu, dairesel, demir bir nüveye sahiptir [10]. Bu çalışmada doğru akım motorları fırçalı ve fırçasız olarak iki kısımda incelenmiştir. Şekil 2'de elektrikli taşıtlarda kullanılan bir DC motor örneği verilmiştir [11].

Şekil 2. Elektrikli taşıtlarda kullanılan doğru akım motoru.

Fırçalı DC motorların düşük hızlarda yüksek tork üretebilme yeteneği elektrikli taşıtlarda çekiş motoru olarak kullanılmaları için uygun bir özelliktir [7]. Hız kontrolü konusunda AC motorlara göre avantajları olması ve elektrikli taşıtlarda basit gerilim bölücü devreler ile kontrol edilebilmesi yönünden kullanım kolaylığına sahiptirler. Buna karşın fırçalı DC motorlar ağırlık açısından dezavantaja sahiptirler. Bu sebeple güç yoğunlukları düşüktür. Bu durum elektrikli taşıtlarda menzil ve performans açısından bir dezavantaj oluşturur. Buna ek olarak motorun içerisindeki kollektörlerin yüksek hızlarda çabuk aşınması ve motorun düzenli olarak bakıma ihtiyaç duyması bir başka olumsuz yönü teşkil etmektedir. Ayrıca kolektörler çalışma sırasında ısı enerjisi de ürettikleri için soğutma konusu da fırçalı DC motorlar için sorun teşkil etmektedir. Özetle, fırçalı DC motorlar basit yapıları ve kolayca kontrol edilebilmeleri sebebi ile fiyat yönünden elektrikli taşıt uygulamaları için tercih edilebilir durumdadır. Basit ve yüksek verimin temel olmadığı uygulamalar için uygun bir motor türüdür [8].

DC motorların bir başka türü olan fırçasız DC motorlar ise günümüzde pek çok alanda kullanılan yaygın bir motor türüdür. Bu motorlar sabit mıknatıslı rotor yapısına ve sargılı stator kutuplarına sahiptir [8]. Fırçalı motorlardaki kolektör düzeni bu motor türünde yoktur. Dolayısıyla bakım ihtiyaçları daha azdır. Bunun yanı sıra tıpkı fırçalı DC motorlarda olduğu gibi basit, sağlam ve düşük fiyatlı yapıları sayesinde elektrikli taşıtlarda tercih edilebilirliği yüksektir. Fırçasız DC motorlar yapıları itibariyle doğrudan tekere bağlı olarak kullanılabilirler. Fırçasız doğru akım motorları yüksek kalkış torku sunmaları, çalışmaları sırasında düşük gürültü oluşturmaları ve elektromanyetik etkilere karşı dirençli olmaları sebebi ile otomotiv endüstrisinde elektrikli taşıtlar için tercih sebebi oluşturmaktadır.

Asenkron Motor

Asenkron motor yani diğer adı ile endüksiyon motoru, alternatif akımla çalışan bir elektrik motoru türüdür. Stator sargıları tarafından oluşturulan elektromanyetik alanın, rotor üzerindeki sargılarda bir elektrik akımı endüklemesi ile rotorun dönmesini sağlayan bir çalışma prensibine sahiptir. Asenkron motor dış uyartıma ihtiyaç duymadan kalkış gerçekleştirebilir. Fiziksel olarak güçlü ve sağlam bir yapıya sahiptirler. Hemen hemen her alanda kullanılmaktadırlar. Elektrikli taşıtlarda ana tahrik motoru olarak kullanılabilirler. Çalışma sırasında hem rotor hem de stator kısımları ayrı ayrı ısındığı için soğutmaya ihtiyaç duymaktadırlar [12]. Şekil 3'te genelde hafif hibrit elektrikli taşıtlarda kullanılan 48 V asenkron motor örneği verilmiştir [13].

Şekil 3. Hafif hibrit elektrikli taşıtlarda kullanılan asenkron motor.

Asenkron motorlar tek veya çok fazlı olarak üretilebilirler. Elektrikli taşıtlarda çok fazlı versiyonları tercih edilmektedir. Duruma göre 3, 9 veya 12 faz olan türleri de tercih edilebilir. Bu duruma taşıtın ağırlığının ve ihtiyaç duyulan kalkış torkunun büyüklüğünün ciddi etkisi vardır. Çok fazlı motorlarda DC/AC dönüştürücülerdeki karmaşık yapı kontrol edilebilirliğini olumsuz yönde etkilese de asenkron motorlar piyasada bulunan en ucuz motorlar arasında yer almaktadır. Asenkron motorlarının çalışmaları sırasında elektrik arkı meydana gelmez, ayrıca maliyet yönüyle ve bakım ihtiyacının az olması nedeniyle diğer elektrik motorlarına göre de avantaj gösterirler [14].

Asenkron motorların bir alt türü olan kafesli asenkron motorlarda elektrikli taşıt uygulamalarında tercih edilen bir diğer motor türüdür. Bu motorlar da ucuz ve sağlam yapıları ile ön plana çıkmaktadır. Rotorlarında sargı yerine döküm kafes bulunmaktadır. Bakım maliyeti düşüktür. Elektrikli taşıtlarda olduğu gibi hız değişkenliğinin ön plana çıktığı uygulamalarda karmaşık kontrol devrelerine ihtiyaç duyarlar. Bu durum maliyet ve kontrol yönünden bir dezavantaj teşkil etmektedir.

Son dönemlerde özellikle Tesla Motor firmasının çalışmaları ile tamamen döküm bakır rotorlu asenkron motorlara ciddi bir ilgi artışı yaşanmıştır. Rotorun tamamı döküm bakır ile imal edildiği zaman benzer güçteki motorlarla karşılaştırıldığında rotor, çekirdek ve yüzey kayıpları ciddi oranda azalmaktadır [15]. Bu kayıpların azalması da motorun performansını olumlu yönde etkilemekte ve özellikle tork değerlerinde artış gözlemlenmektedir.

Daimi Mıknatıslı Senkron Motor

Elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motorlarının bir diğer türü de daimi mıknatıslı senkron motorlardır. Bu motorlar çelik rotor kafeslerinin içerisinde bulunan sabit mıknatısların stator sargılarında oluşturulan döner elektrik alanı takip etmesi prensibine uygun olarak çalışırlar. Statorda bulunan sargılar tıpkı asenkron motorda olduğu gibi dönen bir manyetik alan üretirler. Motorların rotorlarında bulunan mıknatıslar çalışma sırasında statordaki manyetik alanı senkron bir hızla takip ederler. Şekil 4'te daimi mıknatıslı senkron motor görseli verilmiştir [16].

Şekil 4. Daimi mıknatıslı senkron motor.

Daimi mıknatıslı motorların elektrikli taşıtlarda kullanılmasının başlıca nedenlerinden biri de az yer kaplamaları ve hafif olmalarıdır. Bunun yanı sıra güç yoğunluklarının fazla olması, verimlerinin yüksek olması ve sağlam yapıları bu motorları ön plana çıkarmaktadır [17]. Bu motorlar çok fazlı olarak tercih edilirler. Bunun temelinde faz arızası durumunda daha az etkilenmeleri ve tork dalgalanmalarını minimuma indirmeleri bulunmaktadır [18].

Daimi mıknatıslı senkron motorların en büyük dezavantajı ise soğutma problemleridir. Bu tür motorlarda sıcaklıktan etkilenme durumu doğrudan içerisinde kullanılan mıknatısın karakteristiğine bağlıdır. Sıcaklık artışı bu motorların çalışma performansını olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca rotorun manyetik çeliğindeki sıcaklık değerinin mıknatısın karakteristik limitini geçmesi sonucu kalıcı olarak demanyetizasyon ortaya çıkabilmektedir [19]. Bu tür dezavantajın ortadan kaldırılması için uygun bir soğutma sisteminin tasarlanması gerekmektedir. Bu durum ise maliyet artışına sebep olacaktır.

Anahtarlamalı Relüktans Motor

Anahtarlamalı relüktans motorları sadece statorlarında sargı bulunan ve rotorlarında herhangi bir mıknatıs veya sargı bulundurmayan özel bir motor türüdür. Bu tür motorların stator ve rotorlarındaki kutup sayıları birbirinden farklıdır. Bu sayede statordan bakıldığında her kutup için relüktans değeri farklılık göstermektedir. Ayrıca statordaki sargılarda faz belirli bir anahtarlama yöntemi ile sürekli değiştirilerek döner alan oluşturulur ve rotor da bu döner alanı takip eder. Şekil 5'te anahtarlamalı relüktans motoruna ait görsel verilmiştir [20].

Şekil 5. Anahtarlamalı relüktans motoru.

Sağlam yapısı, kolay imal edilebilir olması, yüksek hızlarda çalışabilme performansı ve yüksek verimi sayesinde anahtarlamalı relüktans motoru diğer motorlardan ayrışmakta ve öne çıkmaktadır [14]. Bunun yanı sıra soğutma konusunda önemli bir dezavantajı bulunmamaktadır. Kontrol devreleri sürekli anahtarlama işlemi yapabilecek yönde geliştirilmiş olduğundan karmaşık denebilecek bir yapıya sahiptir. Rotorunda herhangi bir sargı veya mıknatıs içermediği için bakım ihtiyacı oldukça düşüktür. Ayrıca rotor ve statorundaki çıkık kutuplu yapısı ile oldukça basit ve sağlam

bir yapıya sahiptir. Bu nedenle anahtarlamalı relüktans motorları elektrikli taşıtların yüksek hızlara çıkabilmesi talebini karşılayabilmesi açısından iyi bir seçenek sunmaktadır [21].

Elektrik Motoru Türlerinin Kıyaslaması

Elektrikli taşıtlarda kullanılan motor türleri incelendiğinde her motor türünün olumlu ve olumsuz parametrelerinin farklı olduğu görülmektedir. Her yönden mükemmel bir elektrik motoru olmadığı için fizibilite çalışmalarında öncelikle motorun kullanım yeri ve kullanım karakteristiği ele alınarak seçim yapılmaktadır. Bu durumda motorların artı ve eksileri karar tablosunda değerlendirilir. Bu karar tablosunda elektrik motorlarının hangi yönlerden avantajlı hangi yönlerden dezavantajlı olacağını gösterilir. Elektrikli taşıtlar için seçilecek elektrik motorları belirlenen toleranslar içinde kalarak her türlü ihtiyacı optimum seviyede karşılayacak şekilde seçilmelidir. Tablo 1'de elektrikli otomobillerin bazılarında kullanılan elektrik motoru türleri verilmiştir [6].

Tablo 1. Elektrikli otomobillerde kullanılan elektrik motoru türleri.

Marka	Model	Motor Türü
Honda	EV Plus	Fırçasız DC
Volkswagen	ID.4	Fırçasız DC
BMW	X5	Asenkron
Ford	Focus Electric, Transit Connect	Asenkron
Mercedes	EQC, EQS	Asenkron
Porsche	Taycan	Asenkron
Renault	Kangoo	Asenkron
Tesla	Model S, Roadster	Asenkron
Audi	e-Tron GT RS	Daimi Mıknatıslı Senkron
BMW	i3	Daimi Mıknatıslı Senkron
Chevrolet	Volt	Daimi Mıknatıslı Senkron
Fiat	500e	Daimi Mıknatıslı Senkron
Ford	Fusion SE Hybrid, C-Max Hybrid SEL	Daimi Mıknatıslı Senkron
Honda	Insight, Accord, Civic	Daimi Mıknatıslı Senkron
Hyundai	Blueon	Daimi Mıknatıslı Senkron
Jaguar	I-Pace	Daimi Mıknatıslı Senkron
Mercedes	Smart EQ	Daimi Mıknatıslı Senkron
Nissan	Leaf, Altra	Daimi Mıknatıslı Senkron
Polestar	Polestar 2	Daimi Mıknatıslı Senkron
Renault	Zoe	Daimi Mıknatıslı Senkron
Toyota	C-HR, Prius C, Prius V, RAV4	Daimi Mıknatıslı Senkron
Volkswagen	e-Golf 7	Daimi Mıknatıslı Senkron
Holden	Ecommodore	Anahtarlamalı Relüktans

Tablo 1'den görüleceği üzere, elektrikli taşıtlarda üreticiler daha çok daimi mıknatıslı senkron motorlara ve asenkron motorlara yönelmektedirler. Bunun en büyük sebebi bu iki motor türünün karakteristiklerindeki avantaj ve dezavantajlar bakımından dengeli olmalarıdır.

Elektrik motorlarının genel bir karşılaştırması yapıldığında, her bir motorun farklı karakteristik özelliklerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Tablo 2'de elektrik motoru türlerinin karakteristik özellikleri kıyaslanmıştır [6].

Tablo 2. Elektrik motorlarının karakteristik özellikleri.

Motor Karakteristiği	DC	Asenkron	Daimi Mıknatıslı Senkron	Anahtarlamalı Relüktans
Güç Yoğunluğu	–	+	++	O
Verim	– –	O	++	+
Kontrol Edilebilirlik	++	++	+	O
Sağlamlık	O	++	+	++
Hız Aralığı	O	+	++	++
Teknik Olgunluk	++	+	O	–
Boyut Avantajı	O	+	++	+
Maliyet Avantajı	+	++	O	+

Burada; – – çok düşük, – düşük, O ortada, + yüksek, ++ çok yüksek değeri ifade etmektedir.

Tablo 2 incelendiğinde, daimi mıknatıslı senkron motorların elektrikli taşıtlarda en çok tercih edilen türlerden olduğu görülmektedir. Karakteristik özelliklerine bakıldığında güç yoğunluğu, verim, hız aralığı ve boyut yönüyle ön plana çıkmaktadırlar. Ancak yapısındaki mıknatısların pahalılığı sebebiyle maliyet yönünden dezavantajlı durumdadırlar. Kontrol edilebilirlik ve sağlamlık yönünden ise ortalama düzeydedir.

Asenkron motorlar, elektrikli taşıtların kullanımında en çok tercih edilen bir diğer motor türüdür. Bu motorların en büyük avantajları kolay uygulanabilir kontrol donanımları, sağlamlıkları ve ucuz maliyetleri olarak sıralanabilir. Güç yoğunluğu bakımından ortalamanın üstünde, verim bakımından ise ortalama seviyededir. Asenkron motorlar teknik olgunluk bakımından DC motorlara en çok yaklaşan motor türüdür. Hız aralıklarının ortalama seviyede olması daimi mıknatıslı senkron motorlara ve anahtarlamalı relüktans motorlara göre bir miktar geride kalmasına yol açmaktadır. Fakat fiyat-performans oranı bakımından tercih edilebilirliklerini artırmaktadırlar.

DC motorlar, teknik olgunluk bakımından en öne çıkan motorlardır. Kontrol edilebilirlikleri kolaydır, fiyat açısından ise ortalama seviyededir. Güç yoğunluğu, verim, hız aralığı, sağlamlık ve bakım ihtiyacı yönünden ise diğer motor türlerinden geride kalmaktadır.

Anahtarlamalı relüktans motorlar ise teknik olgunluk bakımından diğer motor türlerine göre en geride olan motor türüdür. Demir rotor çekirdeği nedeniyle ağırlığı artan bu motor türü, güç yoğunluğu ve maliyet bakımından ortalama düzeydedir. Hız aralığı ve sağlamlıkları bakımından ise ön plana çıkmaktadır.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, elektrikli taşıtlarda kullanılan elektrik motoru türleri incelenmiştir. Elektrikli taşıtlarda kullanım alanı bulan DC motorlar, asenkron motorlar, daimi mıknatıslı senkron motorlar ve

anahtarlamalı relüktans motorlar hakkında bilgiler verilmiştir. Sonrasında elektrik motorlarının güç yoğunluğu, verim, sağlamlık, kontrol edilebilirlik, hız aralığı, teknik olgunluk, boyut ve maliyetler açısından karşılaştırma analizleri yapılmıştır.

Sonuç olarak, güç yoğunluğu ve verim açısından daimi mıknatıslı senkron motorlar; kontrol devrelerinin basitliği açısından DC ve asenkron motorlar; sağlamlık açısından asenkron ve anahtarlamalı relüktans motorlar; hız aralıklarının genişliği açısından daimi mıknatıslı senkron motor ve anahtarlamalı relüktans motorlar; boyut açısından daimi mıknatıslı senkron motorlar; maliyet açısından ise asenkron motorlar elektrikli taşıtlarda kullanım için öne çıkmakta ve tercih edilmektedir.

Endüstrinin hemen hemen her alanında kullanılan elektrik motorlarının elektrikli taşıtlarda kullanılması ile yeni bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda, elektrik motorlarının elektrikli taşıtlarda kullanılmasına yönelik birçok Ar-Ge faaliyeti yürütülmüş, akademik ve endüstriyel çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte, özellikle verim, hız aralığı ve sağlamlık gibi konularda daha da fazla çalışma yapılması ve bu parametrelerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Elektrikli taşıtlarda menzil ve enerji tüketimi konuları da geliştirilmesi gereken parametrelerden biridir. Elektrik motorları üzerinde yapılacak iyileştirmelerle bu konulara ayrı bir bakış açısı getirilebilir. Güç yoğunluğu bu konudaki kritik karakteristiklerden biri olduğu için motorların çıkış güçleri değişmese bile daha hafif malzemeler ile üretilmesi elektrik motorlarının daha yüksek performans sunmasını sağlayacaktır.

Otomotiv endüstrisinde içten yanmalı motor teknolojisinin yerini almaya başlayan elektrik motorlarının bir diğer önemli karakteristiği ise kontrol edilebilir olmasıdır. Günümüzde üretilen içten yanmalı motorlar, bir motor kontrol ünitesi aracılığıyla sürekli kontrol edilmektedir. Sensörler kullanılarak devir sayısı, yanma sıcaklıkları ve aşınma oranları izlenmektedir. Bu sayede ortaya çıkan bakım ve onarım ihtiyaçları kullanıcıya bildirilmektedir. Benzer işlemler elektrikli taşıtlarda karmaşık kontrol devreleri ile gerçekleştirilmektedir. Kontrol devrelerinin daha basit ve düşük maliyetli yapılara dönüştürülmesi gerekmektedir.

Elektrik motorlarının temel maliyetlerinin içten yanmalı motorlara göre daha düşük olması önemli bir avantajdır. Bu avantajı sürekli kılabilmek adına bakım ve motor ömrü konuları da çalışmaya açık alanlardır. Bunun yanı sıra malzeme bilimi ve iletkenlerin yapısı hakkında yapılacak çalışmalar da birim maliyeti azaltacak yönde etkili olacaktır. Özellikle tamamen döküm bakır rotorlu motorlarda olduğu gibi malzemenin alternatif kullanımının da sağlanması endüstriyel uygulamalar için avantajlı bir durum ortaya çıkaracaktır.

Ayrıca elektrik motorlarında soğutma ve vuruntu problemlerinin çözümü ve iyileştirilmesi konuları da elektrikli taşıtlar için önem arz etmektedir.

Elektrikli taşıtlarda kullanılacak elektrik motorlarının iyileştirilmesine yönelik belirtilen konuların her biri elektrikli taşıtların günden güne kullanılması artıracak önemli parametrelerdir. Özellikle bu alanlarda yapılacak Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi otomotiv sektörünün bu dönüşüm sürecini hızla tamamlamasına ve sürdürülebilir taşımacılığın yaygınlaşmasına pozitif katkı sunacaktır.

Kaynaklar

[1] Kumar, M. S., & Revankar, S. T. (2017). Development scheme and key technology of an electric vehicle: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70, 1266-1285.

[2] Wei, D., He, H., & Cao, J. (2020). Hybrid electric vehicle electric motors for optimum energy efficiency: A computationally efficient design. Energy, 203, 117779.

[3] Demir, U., & Aküner, M. C. (2018). Elektrikli bir araç için tekerlek içi asenkron motorun tasarım ve optimizasyonu. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(4), 1517-1530.

[4] Savitski, D., Ivanov, V., Augsburg, K., Emmei, T., Fuse, H., Fujimoto, H., & Fridman, L. M. (2019). Wheel slip control for the electric vehicle with in-wheel motors: Variable structure and sliding mode methods. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(10), 8535-8544.

[5] Aktas, M., Awaili, K., Ehsani, M., & Arisoy, A. (2020). Direct torque control versus indirect field-oriented control of induction motors for electric vehicle applications. Engineering Science and Technology, an International Journal, 23(5), 1134-1143.

[6] Rind, S. J., Ren, Y., Hu, Y., Wang, J., & Jiang, L. (2017). Configurations and control of traction motors for electric vehicles: A review. Chinese Journal of Electrical Engineering, 3(3), 1-17.

[7] Bhatt, P., Mehar, H., & Sahajwani, M. (2019). Electrical Motors for Electric Vehicle–A Comparative Study. Proceedings of Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications (RAITEA).

[8] Zarma, T. A., Galadima, A. A., & Aminu, M. A. (2019). Review of Motors for Electric Vehicles. Journal of Scientific Research and Reports, 1-6.

[9] Kaymaz, H., & Demir, M. F. Elektrikli Otomobiller için Çekiş Motor Tip Seçimi. International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering, 2(1), 35-41.

[10] Pandey, N. D., & Tiwari, P. (2017). Comparison between speed control dc motor using genetic algorithm and pso-pid algorithm. International Journal of Electrical Engineering & Technology, 8(1), 17-25.

[11] Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan DC Motor Görseli: https://www.alibaba.com/product-detail/15kw-20kw-30kw-144v-50hp-high_60851528038.html [Erişim Tarihi: 10 Nisan 2021].

[12] Kıyak, İ., & Kaya, K. Y. (2020). Elektrikli Taşıtlarda Kullanılan İndüksiyon/Sabit Mıknatıslı Motor Sürücülerinin Simülasyonu ve Motor Dinamiklerinin Analizi. International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences, 32(2), 152-157.

[13] Hafif Hibrit Elektrikli Taşıtlar Kullanılan İndüksiyon Motoru Görseli: https://turkish.alibaba.com/product-detail/electric-vehicle-drive-48v-3-phase-ac-induction-asynchronous-motor-60805037436.html [Erişim Tarihi: 11 Nisan 2021].

[14] Karakaş, İ., Pekcan, M., (2014), Elektrikli Taşıt Tasarımı, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Ankara.

[15] Dyess, N. K., Agamloh, E., & Advanced Energy. (2007). Copper rotor motors: a step toward economical super-premium efficiency motors. In ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry (2), 65-74.

[16] Daimi Mıknatıslı Senkron Motor Görseli: http://www.hanyu-motor.com/Page/387/Product_61_en.html [Erişim Tarihi: 12 Nisan 2021].

[17] Araz, H. K., & YİLMAZ, M. (2020). Elektrikli araçlar için mıknatıs oranı ve moment titreşimi azaltılmış yüksek verimli sürekli mıknatıslı senkron motor tasarım süreci ve gerçeklenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(2), 1089-1110.

[18] Hezzi, A., Ben Elghali, S., Bensalem, Y., Zhou, Z., Benbouzid, M., & Abdelkrim, M. N. (2020). ADRC-Based Robust and Resilient Control of a 5-Phase PMSM Driven Electric Vehicle. Machines, 8(2), 17.

[19] Zhou, A., Du, C., Peng, Z., Peng, Q., & Qin, D. (2020). Rotor Temperature Safety Prediction Method of PMSM for Electric Vehicle on Real-Time Energy Equivalence. Mathematical Problems in Engineering, 2020.

[20] Anahtarlamalı Relüktans Motoru Görseli: http://kaskod.ee/technology/switched-meluctance-motor-generator-technology/ [Erişim Tarihi: 15 Nisan 2021].

[21] Aiso, K., & Akatsu, K. (2020). High speed SRM using vector control for electric vehicle. CES Transactions on Electrical Machines and Systems, 4(1), 61-68.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Hodkin-Huxley Nöron Modeli'nin Excel Uygulamasıyla Simule Edilmesi

An Excel Application İn Simulating The Hodkey-Huxley Model Of The Neuron

Erkan Atmaca[1]
Gökberk Ayar[2]
İremnaz Yeter[3]

Abstract

As we know that, there is a famous term in artificial intelligence. It is neural networks and we wanted to get more detail on it. Then, we figure it out with modeling of single neuron and understanding that its working principle. These models are mathematical and electrical model. There is a model that named as Hodking-Huxley Neuron Model exist and this case earned nobel price. In our case, we used the equations and parameters that used in this model and we got action potential graphs as real neuron's graphs with just using excel and we just did not use excel, we also achieved same results with using matlab and python.

Keywords: Neuron, Simulation, Excel, Python, Matlab

Özet

Yapay zeka alanında da çokça duymakta olduğumuz nöron ağları ve onların modellenmesi konusunu daha da detaylandırarak ele almak istedik. Bunu tek bir nöronun ve onun çalışma prensibinin matematiksel ve elektriksel modelini ve bunların simülasyonlarını anlama yoluyla elde edeceğimizi anladık. Bu alanda yapılmış ve nobel ödülü almış bir çalışma olan Hodgkin-Huxley nöron modeli ve onun matematiksel parametrelerini ve eşitliklerini kullanarak yaptığımız bu çalışmada, yalnızca excel ile de değil python ve matlab ortamında da, aksiyon potansiyelinin grafiksel sonuçlarını gerçek bir nöron hücresininkine yakın bir şekilde elde ettik.

Anahtar Kelimeler: Nöron, Simülasyon, Excel, Python, Matlab

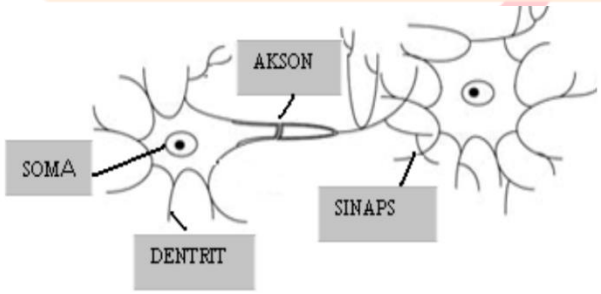
[1] Erkan Atmaca, Doç.Dr., İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik Elektronik Mühendisliği, erkana@istanbul.edu.tr
[2] Gökberk Ayar, Öğrenci, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik Elektronik Mühendisliği, gokberkayar@gmail.com
[3] İremnaz Yeter, Öğrenci, İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Elektrik Elektronik Mühendisliği, iremnazyeter@gmail.com

Giriş

Zamanın eski çağlarından bu yana beyin her zaman bir merak konusu olmuştur ve olmaya da devam edecektir. Yaşayan ve düşünen hemen her insanın merak konusu olan beyin bu sayede farklı bilim alanlarının radarından kaçamamıştır. Tıp, psikoloji, biyoloji, nöroloji ve davranış bilimlerinin beyinle içli dışlı olduğunu biliyoruz. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar beyin ile uğraşmak için aslında gerçek bir mühendislik disiplini gerektiğini ortaya koyar. Elektrik elektronik mühendisliği bu alanda hem müfredat içeriği açısından hem de matematik alt yapısı ile nöronu anlama ve modelleme konularında çok uygun olduğu anlaşılmıştır. Bu konu ile alakalı geçmişe baktığımızda beyinle ilgili sorunu olan bir hastanın mühendislik disiplini ile elde edilen eşitliklerden yararlanılarak tedavisinin yapıldığı görülmüştür. 21. yüzyılda Uluslararası Mühendislik Akademisi beynin tersine mühendisliğini "14 büyük meydan okuma" listesine eklemiştir. Bu konu; yakın gelecekte, nörologlara, sinir sisteminin fonksiyonunun analizi gibi konularda asistanlık yapabilecek uygulamaların önünü açmıştır. Bu durum ilerde sinir bilim alanında mühendisleri daha çok göreceğimiz anlamına gelir. Bizler de birer elektrik elektronik mühendisleri olarak nöronla ilgili yapılan birçok çalışma arasından Hudgkin-Huxley modelini inceleyeceğiz. Nöronun Hodgkin-Huxley modeli oldukça karmaşıktır ve nöronun biyofiziksel tepkisini yansıtır. Bu çalışma; nöronun davranışını modellemede ortak bir ofis uygulamasının, Excel'in uygulanabilirliğini göstermektedir. Nöronun davranışını tanımlayan diferansiyel denklemleri , Matlab ve Python programlama dilleri gibi üst düzey hesaplama araçlarının bilgisi olmadan denklemin hızlı ve ilk elden çözümünü sağlayan Excel'i kullanarak simüle ediyoruz. Matlab ve Pyhton ortamında elde ettiğimiz grafikler ile karşılaştırma yaparak Excel'in de bu konuda effektif olabileceğini göstermiş oluyoruz.

Nöronun yapısı ve aksiyon Potansiyeli

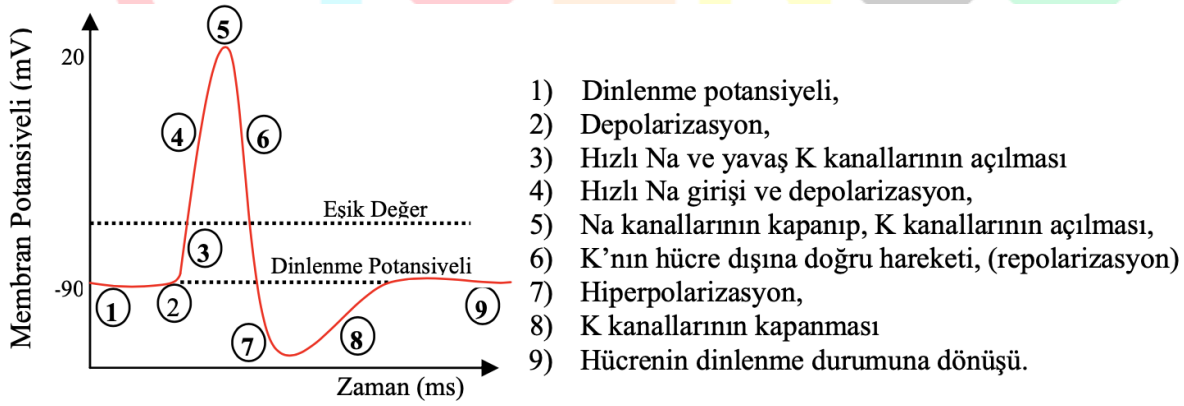
Nöronun tanımını en kısa şekilde yapmak istersek bir "sinir hücresi" diyebiliriz. Nöronlar sinir sistemimizin en temel ve fonksiyonel birimleri olmakla beraber bilgi transferini gerçekleştirmekle görevlidirler. Normal bir yetişkin sinir sisteminde yaklaşık olarak 100 milyar nöron olduğu tahmin edilmektedir. Nöronlar yaptıkları özelleşmiş işlere bağlı olarak farklı şekillerde ve çeşitlerde olabilirler. (wikipedia, https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinir_h%C3%BCcresi)



Şekil 1.1. Sinir Hücresi

Not. Makale, DAHASERT, NİMET., 2012, Biyolojik Nöron Modellerinin Elektronik Donanımlarının Incelenmesi, Yüksek Lisans, T.C. ERCIYES ÜNIVERSITESI FEN BILIMLERI ENSTITÜSÜ

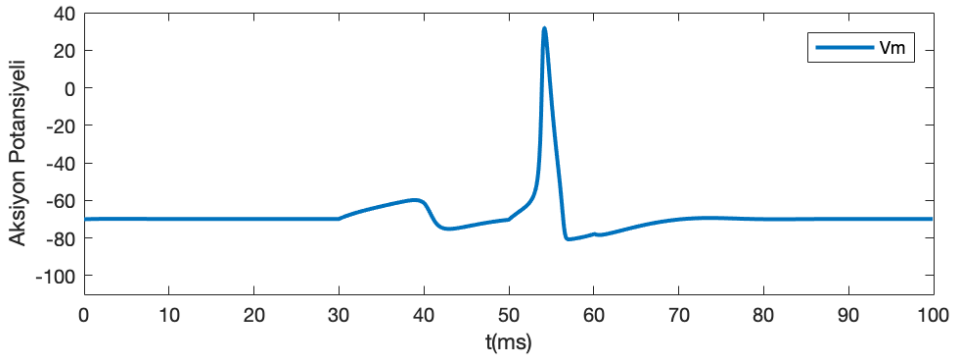
Nöronların genel yapılarına kısaca değinmek gerekirse, hücre gövdesi (Soma), dentritleri ve aksonlardan meydana gelirler. Şekil 1.'de gösterilen sinaps ise bir nöronun aksonunun ucu ile diğer nöronun dentritnin yapmış olduğu bağlantıya denir. Elektrik iletimi nöronun aksonu boyunca ilerler ve ardından başka bir nörona iletilir. Bu oluşturulan sinaptik bağlantılar ile nöronlar arasında bir iletişim ağı oluşur. Bu ağ sayesinde elektriksel iletimler meydana gelir ve bu iletimler sayesinde bilgi beyine ulaşır ve orada yorumlanır ve ona göre beyin tepki verir ve verilen tepki aynı yolları kullanarak geri döner. Nöronun ve beyinin çalışma şeklini kısaca bu şekilde özetleyebiliriz. Ancak modellemeyi yapabilmek için daha ayrıntılı bir analize ihtiyaç duymaktayız. Nöronlar arasındaki iletişim ağı sayesinde oluşan elektriksel iletimin nasıl gerçekleştiğini inceleyeceğiz. Bu iletim, elektron hareketinden ziyade iyon hareketleri ile gerçekleşir. Her hücrede olduğu gibi, nöron hücrelerinde de bir hücre zarı bulunmaktadır ve hücre zarı yer yer tamamen geçirgen olsa da yer yer yarı geçirgen yani seçici geçirgen özellik göstermektedir. İyonların hareketleri, hücre zarından içeri ve dışarı geçişler ile gerçekleşmektedir. Bu geçişler yer yer difüzyon ile yer yer aktif taşıma adı verilen bir olay ile gerçekleşir. Aktif taşıma; hücreye seçici geçirgenlik özelliği kazandırmaktadır. Aktif taşıma; hücre zarında bulunan ve reseptörlere sahip olan bir kaç çeşit protein tipi kapılar ile gerçekleşmektedir. Bu hareketli iyonlar, sodyum (Na+), potasyum (K+), kalsiyum (Ca+) ve klor (Cl-) iyonlarıdır. Bu iyonların hücre içi ve hücre dışı yoğunlukları farklıdır. Bu yoğunluk farkı hücre içinde ve hücre dışında elektriksel potansiyel fark oluşturmaktadır ve bu fark hücre dışına göre, hücre içi için -40mV ile -80mV değerleri arasında değişmektedir. Bu gerilim değerleri hücrenin durgun hali için zar yüzeyinde -70mV olarak kabul edebilir ve durgun halde **hücre içerisinde** potasyum (K+) iyonları ve bazı negatif değere sahip iyonlar fazlalık olarak bulunurken **hücre dışında** sodyum (Na+), klor (Cl-) iyonları bir de nispeten kalsiyum (Ca+) iyonları fazlalık olarak bulunmaktadır. Hücrenin her bir farklı durumlarında, hücre membranı üzerindeki potansiyel ve potansiyelin değişimi de zaman ve uyarıma göre farklılık göstermektedirler. Bu potansiyel değişimlerini farklı durumlarda incelersek eğer, "dinlenme potansiyeli, aksiyon potansiyeli, depolarizasyon, repolarizasyon ve hiperpolarizasyon" durumları olarak özetleyebiliriz. Bu durumları nöron uyarımı sonucu elde edilen grafik üzerindeki inceleyelim.



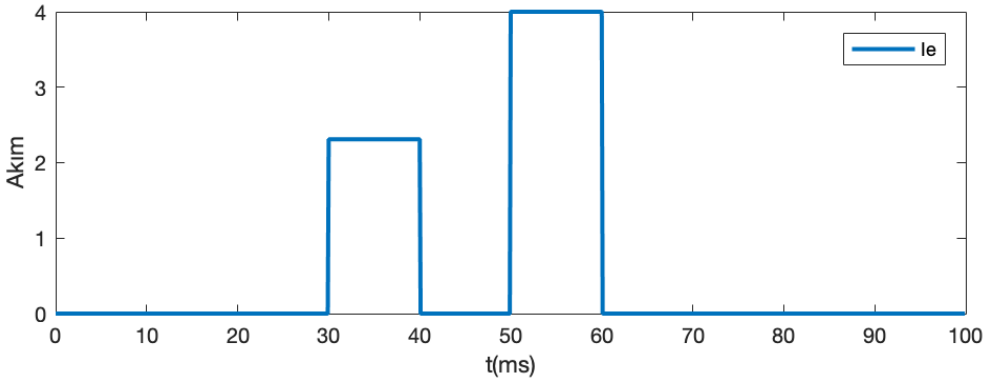
Şekil 1.2 Nöronun uyarım sonucu gösterdiği davranışı özetleyen grafik

Not. Makale, DAHASERT, NİMET., 2012, Biyolojik Nöron Modellerinin Elektronik Donanımlarının Incelenmesi, Yüksek Lisans, T.C. ERCIYES ÜNIVERSITESI FEN BILIMLERI ENSTITÜSÜ

Şekil 1.2.'de yukarıda bahsettiğimiz durumlar numaralarla gösterilmiştir. 1 numaralı durumda zar potansiyeli -70mV civarlarındadır ve hücre dinlenme durumundadır. Bir uyarım aldığı zaman çok kısa bir sürede 2 numaraları durumda adı geçen depolarizasyon durumu gerçekleşecektir. Bu durum hücre içi ve hücre dışı arasındaki polarize durumu değiştirecek, hücre içine hızla Na iyonları girerken bir yandan hücre içinden K iyonları çıkmaya başlayacaktır. Bu uyarım eğer yeterli büyüklükte olmazsa 3 numaralı durumda yeteri kadar iyon geçişi olamayacağından membran potansiyeli eşik değeri geçemez ve dinlenme durumuna geri döner. Bu duruma "ya hep ya hiç prensibi" denmektedir.



Şekil 1.3. Aksiyon Potansiyeli Grafiği



Şekil 1.4. Aksiyon Potansiyeline Uygulanmış Akımın Step Fonksiyonu

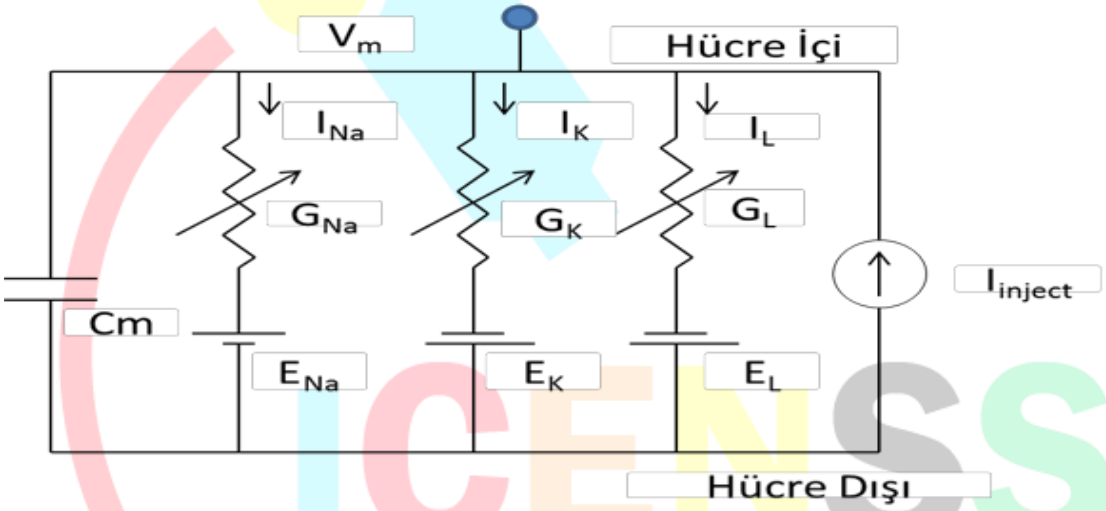
Yukarıda verilen akım ve aksiyon potansiyeli grafiklerinde "ya hep ya hiç prensibi" yüzünden spike davranışı yapamayan bir nöron simülasyonu bulunmaktadır. Akım grafiğinde uygulanan ilk akım yeteri kadar büyük olmadığı için; aksiyon potansiyeli grafiğinde ise depolarizasyon durumunda yeteri kadar iyon geçişi olmadığından, nöron dinlenme durumuna geri dönmektedir. Bu simülasyon sonucu Matlab ortamında hazırlanmıştır. Matlab ortamında nasıl oluşturulduğundan IV. Kısımda söz edeceğiz.

Şekil 1.4'te 50. ms'de uygulanan akım sayesinde Şekil 1.3'te aynı anda oluşan bir spike grafiği görmekteyiz. Böylelikle nöronun ateşlenmesi için gereken eşik değerini aştığını görürüz ve bu durumda, Şekil 1.2'de grafik üzerindeki 4 numaralı bölgede görüldüğü gibi hücre içine Na iyonu girmekte ve depolarizasyon durumu da devam etmektedir. Tepe noktasına ulaşınca hücre dinlenme durumuna dönmek ister ve bunu Na kapılarını kapayıp K kapılarını açarak ve bu sayede yoğunluk farkı

oluşturarak sağlar. Bu durumda K iyonları hücre dışına çıkarak repolarizasyon adı veren olayı gerçekleştirir. Bu olay sonucu yoğunluk farkı çok fazla olur ve membran potansiyeli hiperpolarizasyon durumuna geçer. Ardından difüzyon yardımıyla aktif taşıma olmaksızın hücre denge durumuna döner. Bu topoloji, nöron hücresinin çalışma potansiyelini biraz daha detaylı bir şekilde özetlemektedir ve bu topoloji üzerinden daha derin ve detaylı incelemeler yaparak tek bir nöronun matematiksel modelini ve elektronik modelini gerçekleştirebiliriz.

Hodgkin - Huxley Nöron Modeli

Hodgkin-Huxley nöron modeli, bu konuda yapılmış, aksiyon potansiyelinin üretimi ve iletiminde gerçek sonuçlara en yakın sonuçları veren modeldir. Bu model Hodgkin-Huxley'e 1952 yılında Nobel ödülü kazandırmıştır. Bu başlık altında şimdiye dek ayrıntılı olarak bahsedilen kavramların Hodgkin-Huxley nöron modeli denklemlerinde nasıl birleştiklerini inceleyelim.



Şekil 1.5. HH eşdeğer elektriksel devre

Not. Makale, Turan, Ahmet; Kayıkçıoğlu, Temel, 2016, Huxley Sinir Hücresi Modelinin Doğru, Alternatif ve Rastlantısal Akım Uyarılarına Tepkisinin İncelenmesi, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Şekil 1.5'te verilen devrede Kirchoff akımlar yasasını uygularsak;
"$(g_{Na}+g_K+g_L)V_{inf}=I_e+g_{Na}E_{na}+g_KE_k+g_LE_L$" bağıntısını elde ederiz. Bağıntıda verilen g_{Na} ,g_K ve g_L değerleri iyonların geçiş iletkenliklerini temsil etmektedir. V_0hücre içindeki gerilimin başlangıç değeri, V_{inf}hücre içerisindeki gerilimin sonsuzdaki değerini ifade eder ve bu iki parametreyi hücre içi geriliminin gerçek değeri olan **V**'yi bulmak için kullanırız.
"V_0=-70mV, E_{Na}=45mV, E_k=-82mV, E_L=-59mV C=1pF, m_0=0.053, h_0=0.6, n_0=0.32"
Değerlerini başlangıç değerlerimiz olarak alırız. E_{Na} , E_k ve E_L değerleri iyonların hücre içi ve hücre dışına uyguladıkları potansiyel farkı temsil eder. Sonrasında ise eşitliklerimiz;
"$V=V_{inf}+(V_0-V_{inf})e^{-0.1/\tau V}$ $\tau_V=1/(g_{Na}+g_K+g_L)$ $g_{Na}=120m^2h$, gK=36n^4, gL=0.3" şeklinde sıralanabilir.

Yukarıda başlangıç değerinde verilen m, h ve n parametrelerinin sonsuzdaki değerlerinin ve anlık değerlerinin hesapları için ise;

$$\text{“}m = m_{inf}(m_0-m_{inf})e^{-0.1/\tau m},\ h = h_{inf}(h_0-h_{inf})e^{-0.1/\tau h},\ n = n_{inf}(n_0-n_{inf})e^{-0.1/\tau n}$$

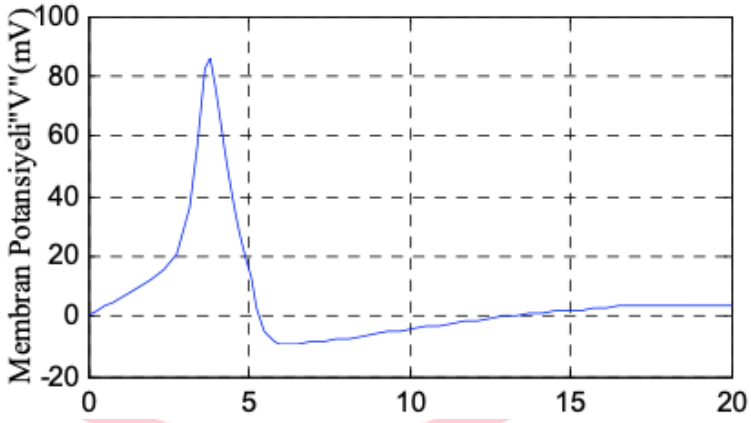
$$m_{inf}=\alpha_m/(\alpha_m+\beta_m),\ h_{inf}=\alpha_h/(\alpha_h+\beta_h),\ n_{inf}=\alpha_n/(\alpha_n+\beta_n)$$

$$\tau_m=1/(\alpha_m+\beta_m),\ \tau_h=1/(\alpha_h+\beta_h),\ \tau_n=1/(\alpha_n+\beta_n)\text{”}$$ eşitliklerini yazabiliriz.

Yukarıdaki eşitliklerde bulunan elektriksel devre harici var olan parametreler için; m ve h parametreleri, Na kapısının açık olma durumu için oluşturulan değişken olasılık değeri iken n parametresi, K kapının açık olma durumu için oluşturulan değişken olasılık değerini verir. α ve β parametreleri için ise α hücre içine giriş durumlarını; β ise hücre dışına çıkış durumlarını temsilen kullanılır.

Tüm τ_x ifadeleri ise kullanıldığı denklem için zaman sabitini ifade etmektedir.

Bu denklemlerden anlayacağımız üzere gerilim ile m,h,n arasında daimi bir bağlantı vardır ve biri değiştikçe öteki değişmekte, ardından öteki değiştiği için ilki tekrar değişmektedir. Bu bağlantı sayesinde her iterasyonda da eşik değeri güncellenmektedir. Örneğin; gerilim değerimiz -70mV'tan -20mV'a yükselsin. O halde; m, h ve n değerleri yeni bir değer kazanacak ancak bu yeni değerler yüzünden gerilim değerimiz de artık -20mV olmayacak ve o da değişmiş olacaktır. Bunun akabinde m, h ve n değerlerimiz tekrar değişecektir.



Şekil 1.6. HH model için I = 10uA/cm2 olduğunda elde edilen nöron spike davranışı

Not. Makale, DAHASERT, NİMET., 2012, Biyolojik Nöron Modellerinin Elektronik Donanımlarının Incelenmesi, Yüksek Lisans, T.C. ERCIYES ÜNIVERSITESI FEN BILIMLERI ENSTITÜSÜ

Şekil 1.6 nöronun aksiyon potansiyelinin bir temsili olarak gösterilebilir. Burada dinlenme durumundaki hücrenin potansiyeli yaklaşık olarak 5mV'tur. Nöron yaklaşık olarak 0-3ms arasında depolarizasyon durumunda, 3-5ms'de repolarizasyon durumunda, 6-16ms arasında hiperpolarizasyon durumundadır. Ardından tekrar dinlenme potansiyeline geri dönülmüştür.

Python-Matlab-Excel ile oluşturulan simülasyonların karşılaştırılması

Yaptığımız simülasyonlardan elde ettiğimiz sonuçların, şekil 1.6'daki Hodgkin-Huxley model için verilen aksiyon potansiyeli grafiğine benzemesini beklemekteyiz.

Karşılaştırma yapmadan önce python ile matlab ortamında yazılan kodlar ve bu kodların sonuçları aşağıda verilmiştir.

Python ile yazılmış kodlar ve sonuçları;

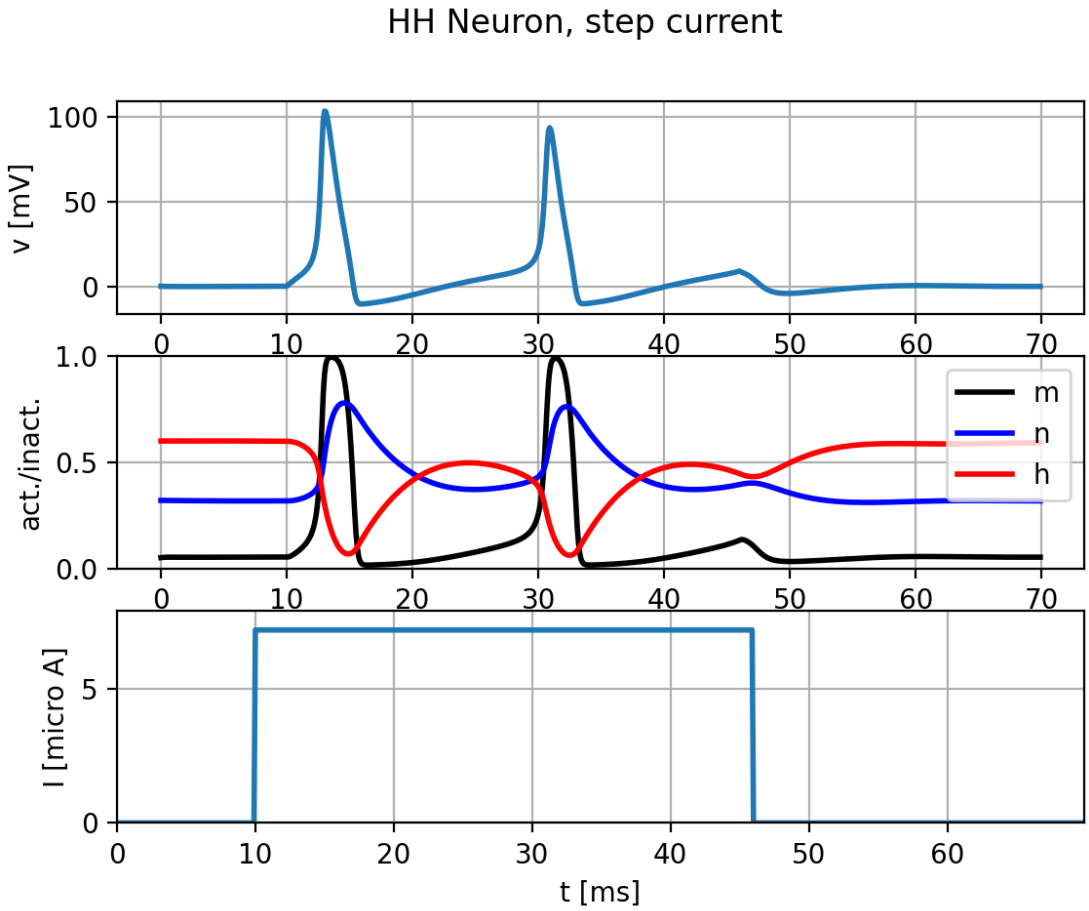
```
"import brian2 as b2
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from neurodynex3.hodgkin_huxley import HH
from neurodynex3.tools import input_factory

HH.getting_started()"
```

Kodlarda verilen neurodynex3.tools ve neurodynex3.hodgkin_huxley modüllerinin içeriklerinin kaynakları aşağıdaki gibidir;

neurodynex3.tools için; ***https://neuronaldynamics-exercises.readthedocs.io/en/latest/_modules/neurodynex3/tools/input_factory.html#get_ramp_current***

neurodynex3.hodgkin_huxley için***; https://neuronaldynamics-exercises.readthedocs.io/en/latest/_modules/neurodynex3/hodgkin_huxley/HH.html#getting_started***

Sonuçlar;



Şekil 1.7. Python ile elde edilmiş sonuçlar

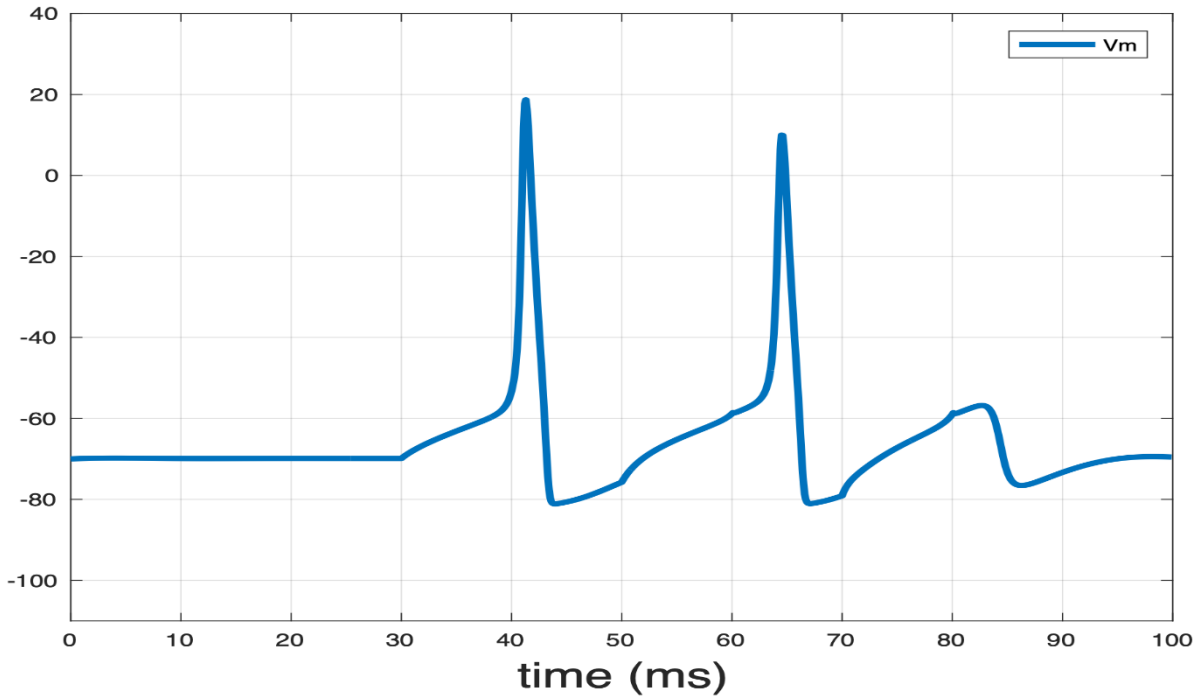
Yukarıda verilen sonuçlar neurodynex3 kaynağındaki parametrelere göre elde edilmiştir.

Matlab ile yazılmış kodlar ve sonuçları;
Kodlar altta bulunan 1, 2 ve 3 nolu kutucuklarda sırasıyla verilmiştir.

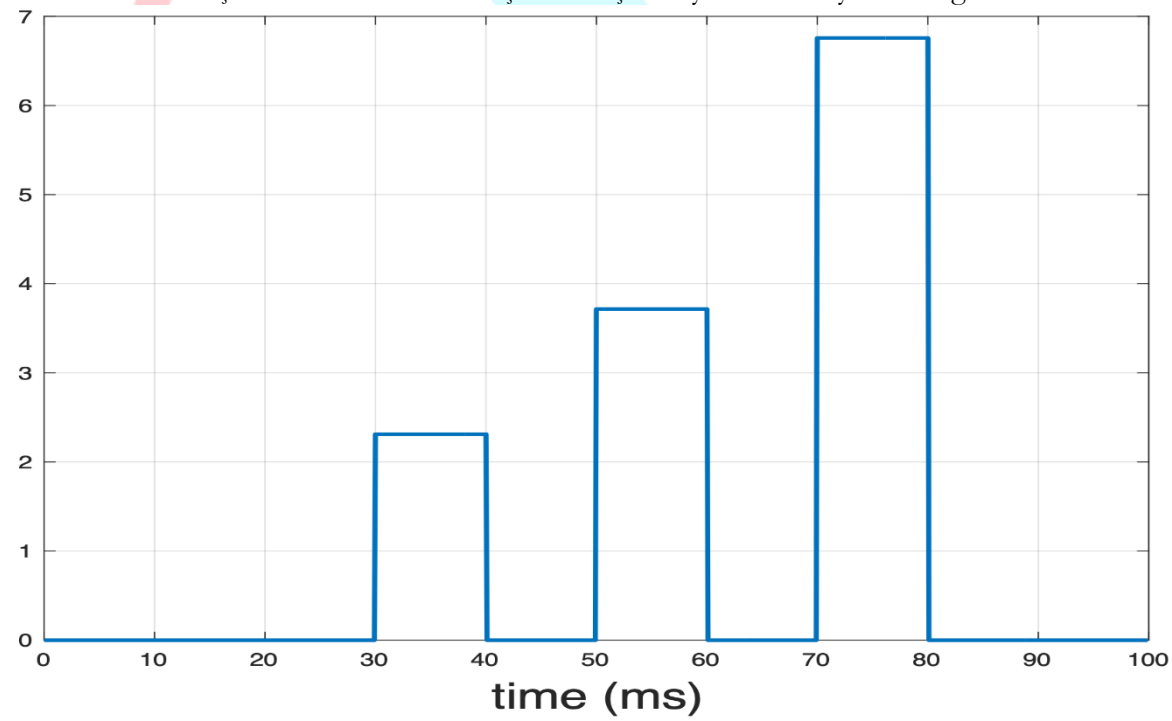
1.
```
clear;

%Current in ÂA
A=1 %cm^2;
C=1 % ÂF/cm^2;
gNabar=120; %mS/cm^2;
gKbar=36; gL=0.3;
ENa=45; %mV
EK=-82; EL=-59;

delt=0.1; %msec;
Vm(1)=-70;

Tsim=100 %(msec);
N=ceil(Tsim/delt);
T=(0:N-1)*delt;

Ie=zeros(1,N);
Ie(T>=30 & T<=40)=2.312;
Ie(T>=50 & T<=60)=3.7151;
Ie(T>=70 & T<=80)=6.758;

alfam(1)=0.1*(Vm(1)+45)/(1-exp(-
0.1*(Vm(1)+45)));
betam(1)=4*exp(-0.0556*(Vm(1)+70));
alfah(1)=0.07*exp(-0.05*(Vm(1)+70));
betah(1)=1/(1+exp(-0.1*(Vm(1)+40)));
alfan(1)=0.01*(Vm(1)+60)/(1-exp(-
0.1*(Vm(1)+60)));
betan(1)=0.125*exp(-
0.0125*(Vm(1)+70));
minf(1)=alfam(1)/(alfam(1)+betam(1));
hinf(1)=alfah(1)/(alfah(1)+betah(1));
ninf(1)=alfan(1)/(alfan(1)+betan(1));

m(1)=minf(1); h(1)=hinf(1); n(1)=ninf(1);
taum(1)=1/(alfam(1)+betam(1));
tauh(1)=1/(alfah(1)+betah(1));
taun(1)=1/(alfan(1)+betan(1));
```

3.
```
%xlabel('time(ms)', 'fontsize', 20); figure (3)
ylabel('Ie (\muA/cm^2)', 'fontsize', 20);
legend('Ie');
gating=[m; h; n];
plot(T,gating, 'linewidth', 2); legend('m', 'h',
'n'); xlabel('time (ms)', 'fontsize', 20);grid;
```

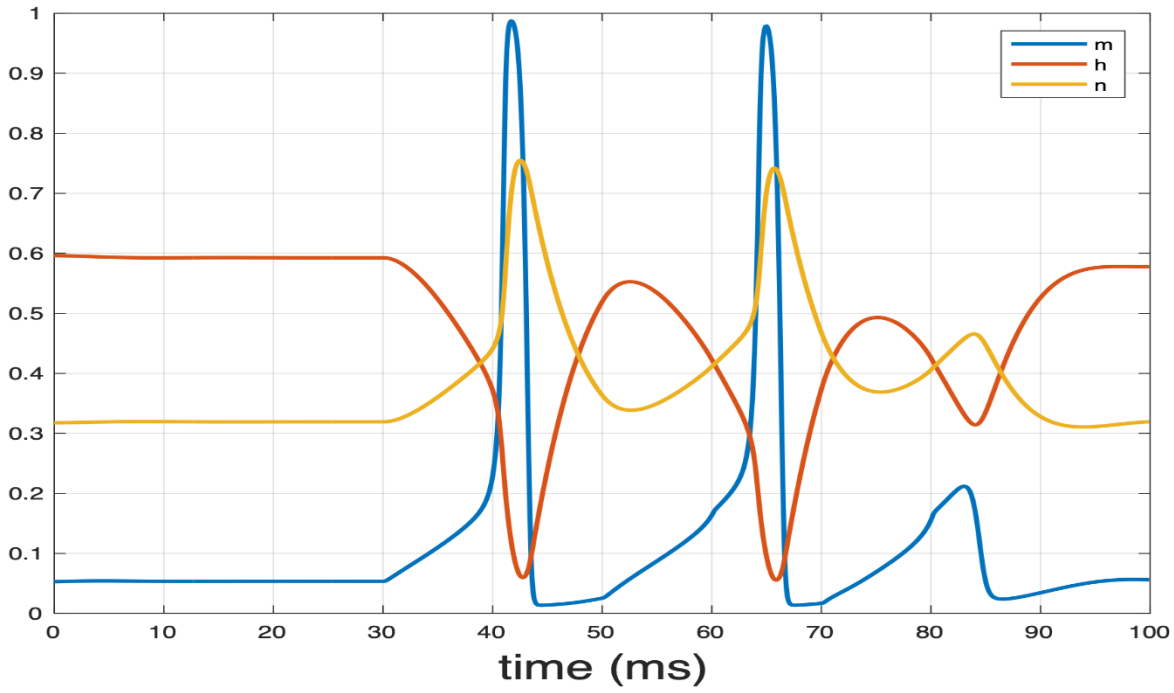
2.
```
gNa(1)=gNabar*m(1)^3*h(1);
gK(1)=gKbar*n(1)^4;
Vminf(1)=(Ie(1)/A+gNa(1)*ENa+gK(1)
*EK+gL*EL)/(gNa(1)+gK(1)+gL);
tauVm(1)=C/(gNa(1)+gK(1)+gL);
for k=2:N
   %T(k)=T(k-1)+delt;
   m(k)=minf(k-1)+(m(k-1)-minf(k-
1))*exp(-delt/taum(k-1));
   h(k)=hinf(k-1)+(h(k-1)-hinf(k-
1))*exp(-delt/tauh(k-1));
   n(k)=ninf(k-1)+(n(k-1)-ninf(k-
1))*exp(-delt/taun(k-1));

   Vm(k)=Vminf(k-1)+(Vm(k-1)-
Vminf(k-1))*exp(-delt/tauVm(k-1));
alfam(k)=0.1*(Vm(k)+45)/(1-exp(-
0.1*(Vm(k)+45)));
betam(k)=4*exp(-0.0556*(Vm(k)+70));
alfah(k)=0.07*exp(-0.05*(Vm(k)+70));
betah(k)=1/(1+exp(-0.1*(Vm(k)+40)));
alfan(k)=0.01*(Vm(k)+60)/(1-exp(-
0.1*(Vm(k)+60)));
betan(k)=0.125*exp(-
0.0125*(Vm(k)+70));
minf(k)=alfam(k)/(alfam(k)+betam(k));
hinf(k)=alfah(k)/(alfah(k)+betah(k));
ninf(k)=alfan(k)/(alfan(k)+betan(k));
taum(k)=1/(alfam(k)+betam(k));
tauh(k)=1/(alfah(k)+betah(k));
taun(k)=1/(alfan(k)+betan(k));
gNa(k)=gNabar*m(k)^3*h(k);
gK(k)=gKbar*n(k)^4;
Vminf(k)=(Ie(k)/A+gNa(k)*ENa+gK(
k)*EK+gL*EL)/(gNa(k)+gK(k)+gL);
tauVm(k)=C/(gNa(k)+gK(k)+gL);
end
figure (1)
plot(T,Vm, 'linewidth',3); ylim([-110
40]); legend('Vm');
xlabel('time (ms)', 'fontsize', 20);
grid;
%xlabel('time(ms)', 'fontsize', 20);
figure (2)
plot(T,Ie, 'linewidth', 2);
xlabel('time (ms)', 'fontsize', 20); grid;
```



Şekil 1.8. Matlab ile oluşturulmuş Aksiyon Potansiyeli Grafiği



Şekil 1.9. Matlab ile oluşturulmuş Akım Grafiği

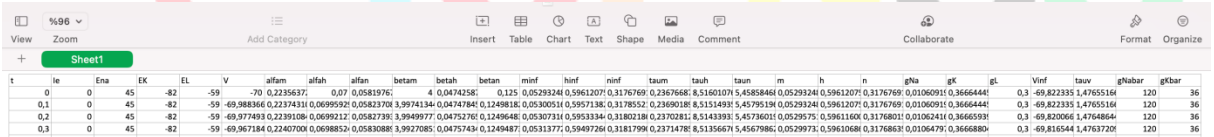


Şekil 1.10. Matlab ile oluşturulmuş m-h-n Grafiği

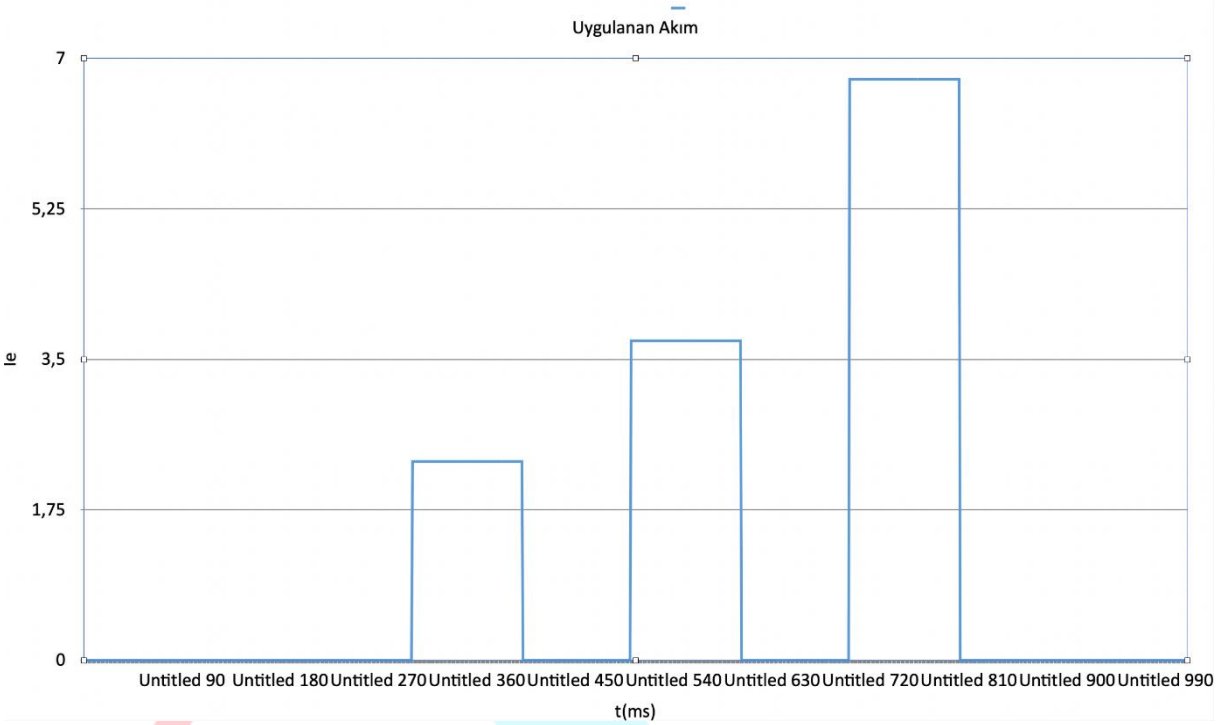
Yukarıdan da anlaşılacağı üzere matlab ve python sonuçları birbirlerine oldukça benzemektedir.

Çalışmamızın amacına ulaşması için Excel ortamında elde ettiğimiz grafiklerin Pyhon ve Matlab'den elde edilen grafiklere benzemesi gerekiyor.

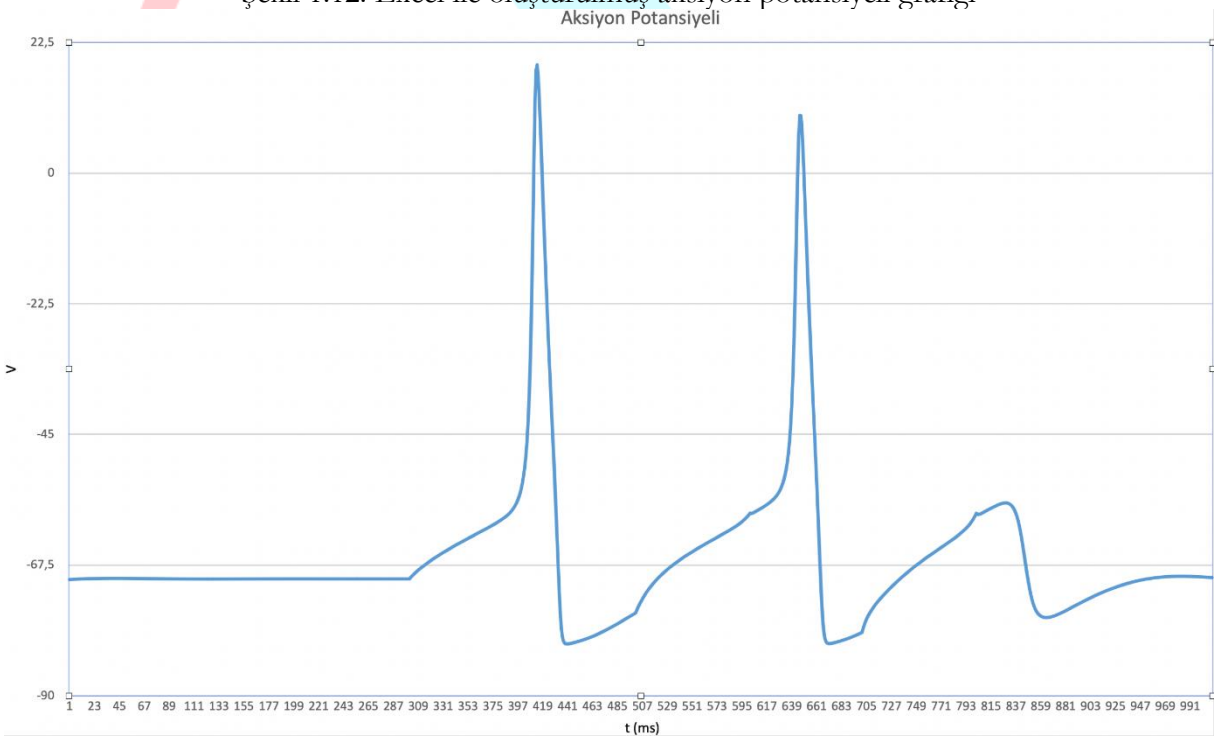
Excel sonuçları;



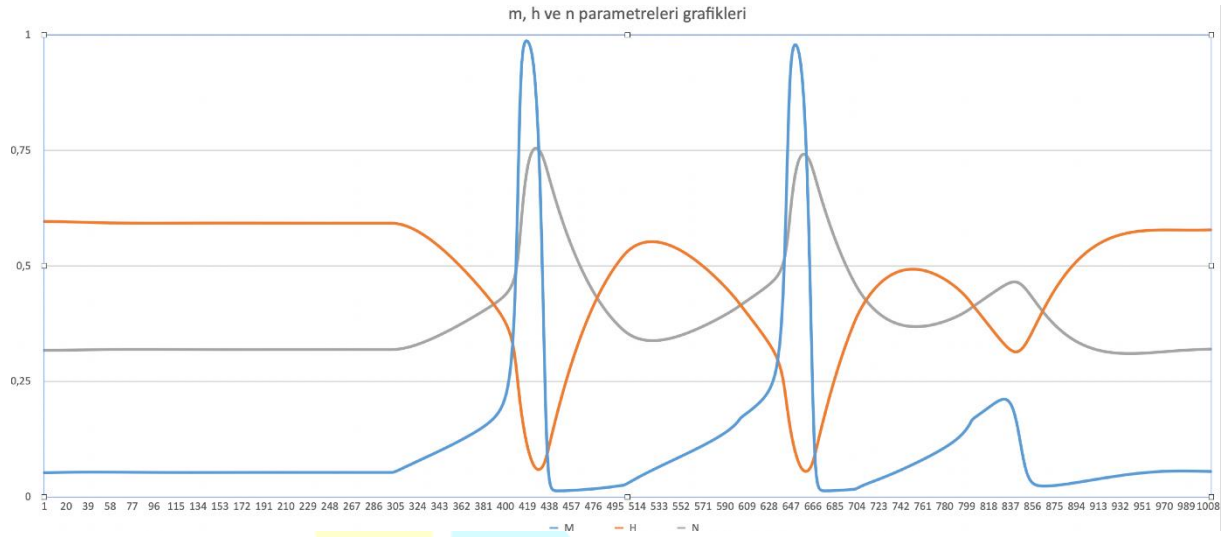
Şekil 1.11. Hodgkin-Huxley model için oluşturulmuş Excel tablosu



Şekil 1.12. Excel ile oluşturulmuş aksiyon potansiyeli grafiği



Şekil 1.13. Excel ile oluşturulmuş akım grafiği



Şekil 1.14. Excel ile oluşturulmuş m, h, n olasılık değerleri grafiği

Sonuç

Görüldüğü üzere Matlab ve Python ortamında hazırlanan sonuçlar ile Excel ortamında hazırlanmış sonuçlar birbirlerinin neredeyse aynısıdır. O halde, sinir bilimi analizi yapmak için çok fazla teknik bilgi bilmeden de analizler yapılabilir. Matlab ve Pyhton gibi incelikleri çok fazla olan karmaşık yazılım programları kullanmaya gerek kalmadan basit bir Excel programı ile de aynı sonuçları elde edebildiğimiz gördük. Bu sayede, ileride sinir bilimi için daha derin analizleri, daha kolay elde edebileceğimiz çalışmaların yapılabileceği kanısına varmaktayız.

Kaynakça

Dahasert, N. (2012). Biyolojik nöron modellerinin elektronik donanımlarının incelenmesi, (Yüksek lisans tezi). YÖK tez merkezinden edinilmiştir (320843).

Wikipedia(2021). Sinir Hücresi. https://tr.wikipedia.org/wiki/Sinir_h%C3%BCcresi

Turan, A. ve Kayıkçıoğlu, T. (2016). Hodgkin – Huxley Sinir Hücresi Modelinin Doğru, Alternatif ve Rastlantısal Akım Uyarılarına Tepkisinin İncelenmesi, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(2),170-183.

St Andrews. (2020). The Hodgkin-Huxley Model fort he Generation of Action Potentials. Retrieved from https://www.st-andrews.ac.uk/~wjh/hh_model_intro/

Neuronal Dynamics Exercises. (2016). Numerical integration of the HH model of the squid axon. Retrieved from https://neuronaldynamics-exercises.readthedocs.io/en/latest/exercises/hodgkin-huxley.html

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

İznik Gölü Sulak Alanı Fonksiyonlarının Marmara Havzası Yönetimindeki Rolü'nün Değerlendirilmesi

Evaluation of the Role of Functions of İznik Lake Wetland in Marmara Basin Management

***Bihter SEZER GÜNEY*[1]**

Abstract

The aim of this study is to examine the functions of Iznik Lake Wetland on the basis of basin management. Wetlands are hydrologically complex ecosystems, from an ecological point of view, wetlands are heterogeneous, unique ecosystems that can develop naturally or can be formed as a result of human activities. Common features are aquatic soil structure, microorganisms that adapt to biological and chemical environment conditions due to constant or variable water movements, hydrophilic and humid environment-loving vegetation and fauna. Wetlands have many functions due to their structure. Like; flood control, groundwater feeding, coastal stabilization and storm protection, sediment, nutrient storage and transport, water treatment, biodiversity reservoir, wetland products, cultural value, recreation and tourism, reducing and adapting to climate change. In this study, it is aimed to contribute to the determination of the functions of Iznik Lake wetland and determining its place within the River Basin Management.

Özet

Bu çalışmada amaç İznik Gölü Sulak Alanı fonksiyonlarının havza yönetimi bazında irdelenmesidir. Sulak alanlar, hidrolojik olarak kompleks ekosistemlerdir,ekolojik bakış açısıyla sulak alanlar, heterojen, doğal olarak gelişebilen özgün ekosistemlerdir veya insan aktiviteleri sonucu oluşabilirler. Ortak özellikleri, sucul toprak yapısı, sabit veya değişken su hareketlerine bağlı oluşan biyolojik ve kimyasal ortam koşullarına uyum sağlayan mikroorganizmalar, hidrofil ve nemli ortam seven bitki örtüsü ve faunadır. Sulak alanlar yapıları gereği birçok fonksiyona sahiptir. Bunlar genel olarak; taşkın kontrolü, yeraltı suyu besleme, kıyı stabilizasyonu ve fırtınalardan koruma, sediment, nutrient depolama ve taşınımı, su arıtma, biyoçeşitlilik rezervuarı, sulak alan ürünleri, kültürel değer, rekreasyon ve turizm, iklim değişikliğini azaltmak ve adaptasyonu sağlamak şeklinde sıralanabilir. Bu çalışmada İznik Gölünün sulak alan özelinde fonksiyonları belirlenerek Nehir Havza Yönetimi içerisindeki yerinin belirlenmesine

[1] Bihter Sezer Güney, Çevre Yüksek Mühendisi, Devlet Su İşleri 1.Bölge Müdürlüğü, bihter@dsi.gov.tr

The fact that river basin management plans have not yet been completed in Turkey may provide an advantage in terms of the integration of wetlands into the river basin. Before the Marmara basin management plan is completed, the current status of the wetlands can be determined with the wetland inventory, function and status determination.

Keywords: İznik Lake, Wetland, Wetland Functions, Entegration of River Basin Management, Marmara Basin Management.

katkı sağlanması hedeflenmiştir. Türkiye' de henüz nehir havza yönetim planlarının tamamlanmamış olması sulak alanların nehir havzasına entegrasyonu açısından avantaj sağlayabilir. Marmara havza yönetim planı tamamlanmadan önce yapılacak sulak alan envanter, fonksiyon ve statü belirleme çalışması ile Marmara havzası içerisindeki sulak alanların mevcut durumu belirlenebilir. Yönetim planı hazırlanma aşamasında öncelikler ve önlemler programı belirlenirken sulak alanlar nehir havza yönetimine entegre edilebilir veya nehir havza yönetim planları tamamlanmış bile olsa erken aşamalarında sulak alanlar da nehir havzasına entegre edilebilir.

Anahtar Kelimeler: İznik Gölü, Sulak Alan, Sulak Alan Fonksiyonları, Nehir Havza Yönetimine Entegrasyon, Marmara Havza Yönetimi

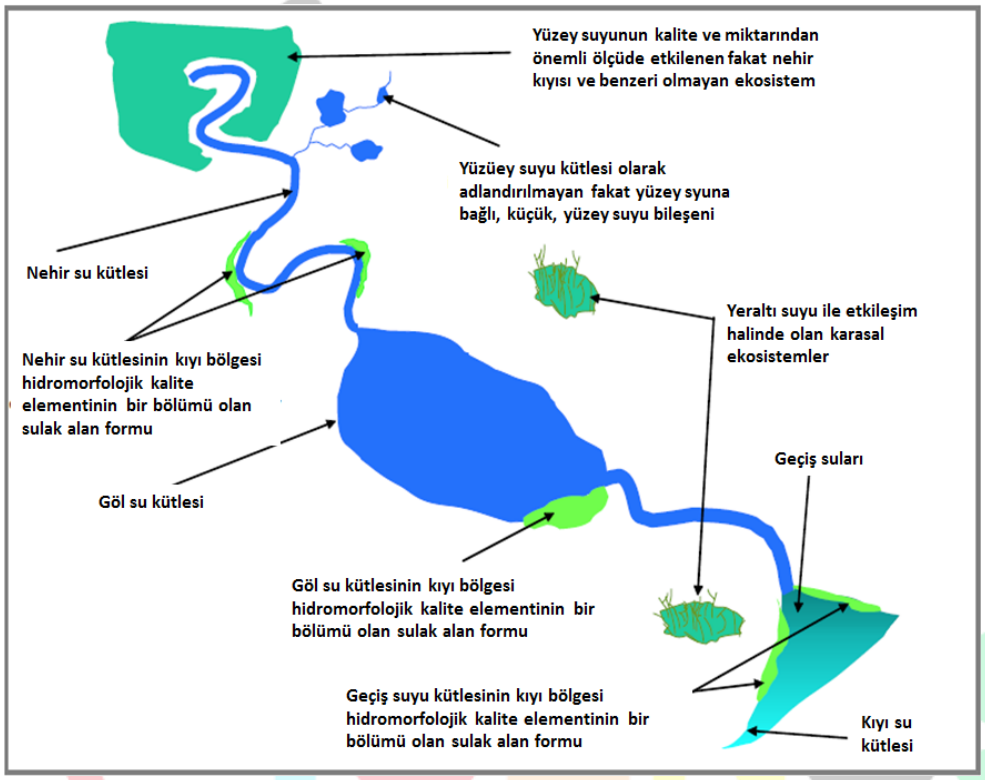
Giriş

Sulak Alan Tanımı

Sulak alanlar, hidrolojik olarak kompleks ekosistemlerdir, karasaldan sucul habitatlara doğru hidrolojik eğilim göstermeye meyillidirler. Ekolojik bakış açısıyla sulak alanlar, heterojen, doğal olarak gelişebilen özgün ekosistemlerdir ve insan aktiviteleri sonucu oluşabilirler. Biyokimyasal fonksiyonları sabit veya periyodik yüzeysel temiz su, deniz suyu veya acı su salınımlarına bağlı olarak toprak yüzeyindeki doygunluğa bağlıdır. Durgun veya yavaş hareket eden sular olarak karakterize edilirler. Ortak özellikleri, sucul toprak yapısı, sabit veya değişken su hareketlerine bağlı oluşan biyolojik ve kimyasal ortam koşullarına uyum sağlayan mikroorganizmalar, hidrofil ve nemli ortam seven bitki örtüsü ve faunadır.

Sulak alanların insan refahı, vahşi yaşam ve çevresel kalitenin sürdürülebilmesi için çok önemli faydaları bulunmaktadır. Bazı sulak alanlar, uluslararası koruma değerine sahiptir. Sulak alanların hidrolojik rejimi, özel bitki ve hayvan toplulukları, biomas biriktirme, balıklar için sezonluk yumurtlama alanları oluşturma, sulak alanların eşsiz özellikleridir. Bu özellikler su kalitenin geliştirilmesi, hidrolojik düzenleme, yiyecek ve çevresel ve kültürel değerlerin desteklenmesi ve korunmasının sağlanmasıdır.

Sulak alanlar, hidrolojik sürecin bir sonucudur, dolayısıyla yüzey suyu kütlelerinin bir parçasıdırlar veya bağlantı sağlarlar ve onların statülerini etkilerler. Tarımsal ekosistemler ve yüzeysel suların bir arada bulundukları durumlarda asıl özellikleri yüzeysel suların korunmasını sağlamalarıdır. Sulak alanın su kütleleriyle bağlantısı kesilir, su rejimi bozulur veya ekolojik sağlığı bozulursa bu sulak alanın zarar görerek fonksiyonlarını yitirmesine sebep olur. Şekil 1' de bir nehir havzasında farklı tiplerdeki ekosistemlerin şematik gösterimi verilmektedir (EU-WFD CIS 12, 2003; Güney B., 2014).



(EU-WFD CIS 12, 2003; Güney B., 2014)

Bu çalışmada amaç İznik Gölü Sulak Alanı fonksiyonlarının havza yönetimi bazında irdelenmesidir. Bu çalışmada İznik Gölünün sulak alan özelinde fonksiyonları belirlenerek Nehir Havza Yönetimi içerisindeki yerinin belirlenmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir. Türkiye' de henüz nehir havza yönetim planlarının tamamlanmamış olması sulak alanların nehir havzasına entegrasyonu açısından avantaj sağlayabilir. Marmara havza yönetim planı tamamlanmadan önce yapılacak sulak alan envanter, fonksiyon ve statü belirleme çalışması ile Marmara havzası içerisindeki sulak alanların mevcut durumu belirlenebilir. Yönetim planı hazırlanma aşamasında öncelikler ve önlemler programı belirlenirken sulak alanlar nehir havza yönetimine entegre edilebilir veya nehir havza yönetim planları tamamlanmış bile olsa erken aşamalarında sulak alanlar nehir havzasına entegre edilebilir.

Sulak Alanların Fonksiyonları

Sulak alanlar oldukça kompleks yapılardır ve birçok fonksiyona sahiptir. Sulak Alanların fonksiyonlarının tanımlanması nehir havza yönetimi içerisindeki rolünün arttırılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu fonksiyonlar aşağıda sıralanmaktadır.

1. Taşkın Kontrolü
2 Yeraltı suyu besleme
3 Kıyı stabilizasyonu ve fırtınalardan koruma
4 Sediment ve Nutrient Depolama ve taşınımı
5 Su temizleme
6 Biyoçeşitlilik Rezervuarı
7 Sulak Alan Ürünleri
8 Kültürel Değer
9 Rekreasyon ve Turizm
10 İklim Değişikliğini Azaltmak ve Adaptasyonu Sağlamak

Aşağıda sulak alan fonksiyonlarının neler olduğu ve insanlık için ne gibi faydalara sahip olduğu anlatılmaktadır (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 0)

1. Taşkın Kontrolü

Sulak alanlar akışı yavaşlatan bir yapıya sahiptir. Şiddetli bir şekilde gelen yağmur sularının ve eriyen kar sularının insanların yaşadığı veya canlı yaşamının zengin olduğu alanlara ulaşırken yavaşlamasını sağlar. Yani taşkının canlı yaşamına zarar vermesini önler. Nil Nehri (Afrika), Mississippi (ABD), Yangtze (Çin) ve Tuna (Orta Avrupa) gibi nehirlerde taşkın alanları değiştirilmiştir. Dahası birçok ülkede bu alanlar tarım alanları olarak kullanılmaktadır. Son yüzyılda birçok taşkın alanı kurutulmuş veya taşkın seddeleri kurulmuştur. Bu da nehirlerdeki doğal taşkın alanlarının değişmesine ve daralmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda şiddetli gelen yağış ve kar suları sonrası gelen taşkınlar daha dar alanlara şiddetle girerek ve bu alanlara zarar vermektedir. Özellikle taşkın seddesinin şiddetli gelen sularla hasar görmesi durumunda ciddi zararlar meydana gelebilir. Örneğin Yangtze Nehri' nde çok sık taşkın meydana gelmektedir ve taşkın alanlarının yok edilmesiyle şiddetli zararlara neden olmaktadır. Ayrıca nehrin drenaj havzasındaki bitki örtüsünün zarar görmesine neden olmaktadır. Sulak alanlar aynı zamanda doğal taşkın depolama alanlarıdır. Suyu doğal akış alanı olan alana doğru sürükler derinliğini ve hızını azaltırlar. Sulak alanları kurutma ve o alanlara inşaatlar yapma yoluna gittiğimizde taşkın suları daha dar alanlara daha şiddetli ve derin sularla girmektedir. Deltalar gibi kıyı sulak alanları, küçük dalgalar ve gelgitlerle fiziksel bariyer oluşturarak suyun yüksekliğini ve hızını azaltır. Bataklık gibi sulak alan bitkilerinin bulunduğu alanlar kıyı topraklarını bir arada tutarak süratli su akışı ve gelgitlerden kaynaklanabilecek erozyonu önlerler. Sulak alanların doğal taşkın kontrolünün ekonomik boyutunu değerlendirmek de, faydalı olacaktır. Sulak alanları kuruttuğumuzda veya doldurduğumuzda işlevine göre mutlaka yerine farklı bir mühendislik yapısı yapmak durumunda

kalınacaktır. İngiltere' deki 1,150-hectar Insh Marshes Ramsar Alanının ekonomik faydaları değerlendirildiğinde yerine yapılacak bir taşkın yapısı milyonlarca pound fazlasına mal olmaktadır. Tuna Nehri taşkın alanlarının, taşkın azaltma fonksiyonu da göz önünde bulundurularak yapılan ekonomik değerlendirilmesinde, yıllık ekonomik değeri 1995 yılında 650 milyon € olarak bulunmuştur. Bu kapsamda sulak alanların hem sağladığı avantajlar hem de maddi boyutu değerlendirildiğinde taşkın kontrolündeki önemi göz ardı edilemez boyuttadır (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 1).

2. Yeraltı Suyu Besleme

Sulak alanlar yer altı suyunu besleme özelliğine sahiptir. Yeryüzünde gördüğümüz bataklık göl vb. sulak alanlar aslında atmosferik suyu (yağmur ve kar sularını) ve yer altı sularını kapsayan su döngüsünün bir parçasıdır. Sulak alanlar ve yer altı suyu arasındaki bağlantının iyi anlaşılabilmesi için su tablası, akifer ve yer altı suyu kavramlarının anlaşılabilmesi gerekmektedir.Su tablası, yeraltındaki suya doygun topraktır. Bu tablanın genişliği yağmur sularına ve insanların içme ve tarımsal sulama için kullanımına bağlıdır. Su tablasının altındaki su yeraltı suyu olarak adlandırılmaktadır. Akifer yeraltında suyun depolandığı boşluklara denmektedir. Dünya üzerindeki temiz suyun % 95' i bu alanda depolanmaktadır. Birçok otorite tarafından sulak alanlar için doğal sünger tabiri kullanılmaktadır çünkü sulak alanlar yağmur sularını emerek filtreler ve yer altı sularına iletir. Sulak alanlar ve yer altı suyu arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır. Bazı sulak alanlar tamamen geçirimsiz yüzeye sahip olduklarından yer altı suyunu besleyemez iken bazıları oldukça geçirgendir ve bu yeryüzüne yağmur olarak veya farklı alanlarda birikme şeklinde geri döner. Su tablası dar ise sulak alanlar yer altı suyu besleme alanlarıdır, su tablası geniş ise tam tersine o zaman da yeraltı suyu sulak alanı beslemektedir. Florida' nın su kalbi olarak adlandırılan Green Swamp, 225000 hektar alanı kaplamaktadır ve yağmur suları, bataklık, göl, diğer sulak alanlarla ve 5 büyük nehriyle yer altı suyunu beslemektedir. Zaten bu nedenle Florida' nın su kalbi adını almıştır. Sulak alanlar çoğu zaman içme suyu ve tarımsal sulama için kullanılan yer altı sularını beslemektedirler. Yeraltı suyu sürdürülebilir olarak kullanılmazsa var olan sulak alanların zarar görmesine veya yok olmasına neden olabilir. Birçok ülke yeraltı suyundaki azalmalar nedeniyle problemler yaşamaktadır. ABD, Hindistan, Çin ve Arabian Peninsula' da yer altı suyunda ciddi miktarlarda azalma olduğu görülmüştür (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 2).

3. Kıyı Stabilizasyonu Ve Fırtınalardan Koruma

Kasırga, fırtına ve dev dalgaların sebep olduğu hasar verici taşkınlar, sahillerde yaşayan 200 milyon üzerindeki insanın hayatını tehlikeye atmaktadır. Bunun yanısıra iklim değişikliğiyle taşkın felaketi oluşma riski giderek artmaktadır. Kıyı sulak alanlarındaki bataklık ve turbalık bitkileri kıyı şeridini bir arada tutarlar ve yüksek yada güçlü dalgaların yavaşlamasını sağlayarak doğal olarak taşkın önleme özelliğine sahiptirler.

Birçok ülkede sulak alanların insan faaliyeti sonucu tahrip olması nedeniyle taşkın önleme amaçlı mühendislik yapıları yapılmaktadır ve bu da oldukça maliyetlidir, bazıları ise bu mühendislik

yapılarını yapacak teknik ve maddi imkanlara sahip değildir. Dolayısıyla çoğu insanın hayatı giderek artan taşkın riski altındadır. 2005 yılında Hurricane Katrina felaketi, ABD' de 1,4 milyon insanın ölümüne ve 75 milyar dolar zarara neden olmuştur. İnsan aktivitesi sonucu kaybedilen Missisipi Nehri Deltası, Katrina' nın etkisinin artmasına neden olmuştur. 2005 yılında Sri Lanka'da 200 hektar Rekawa mangrov ve lagoon ekosisteminin yıllık ekonomik değerinin 217600 ABD doları olduğu ve bunun yıllık 60000 dolarının erozyon ve taşkın kontrolü için olduğu tespit edilmiştir. Karayipler' de mercan resifleri ekosistemi kıyı şeridinin korunması için 700000 ABD doları ile 2,2 milyar ABD doları arasında fayda sağlamışlardır. St Lucia' da mercan resifleri sulak alanı kıyı şeridinin korunması için yıllık 28 ile 50 milyar ABD doları arasında fayda sağlamaktadır (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 3).

4. Sediment ve Nutrient Depolama ve Taşınımı

Sulak alanlar sediment tutunmasını sağlar ve bir depolama alanıdır. Nehirlerde ve kollarında nutrientlerin yağmur suyu akışıyla taşınımını sağlar. Gübreleme ve evsel atıklardan gelen azot ve fosfat gibi nutrientler sulak alan bitkileri tarafından alınarak gövde yaprak ve benzeri bölümlerinde besi maddesi olarak kullanılır, böylece su kalitesini iyileştirirler. Bazı sulak alan bitkilerinin şaşırtıcı miktarda artışı sayesinde sulardan fazla nutrientin uzaklaştırılması sağlanabilir. Örneğin tropikal iklimlerde papirüs üretimi yıllık 140 ton civarındadır. Böylece ciddi miktarda papirüs üretilmiş olurken sudaki fazla miktardaki nutrient papirüs çoğalıp büyürken kullanılmakta ve nutrient depolanırken su kalitesi de iyileşmektedir. Birçok nutrient taşkın alanlarındaki sedimentlere tutularak depolanır böylece taşkın alanlarında nutrient bakımından zengin verimli topraklar oluşur. Yine bu taşkın alanlarındaki bitkilerce de alınırlar ve o bölgedeki bitkilerde doğal olarak gübrelenmiş olurlar. Taşkın alanları ve deltalar mevsimsel taşkınlar sayesinde sedimentle dolarlar. (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 4).

5. Su Arıtma

Sulak alanlar kirleticilerin sedimentte, bitki ve toprakta tutulmasını sağlayarak suyun arıtılmasında önemli rol oynarlar. Evsel atıklardan veya tarımsal gübrelemeden gelen yüksek miktardaki nutrient konsantrasyonunun düşürülmesinde etkin rol oynarlar ve böylece yeraltı suyuyla bağlantı olan sulak alanlarda, içme suyu amacıyla kullanılan yeraltı sularında nutrient konsantrasyonu toksik seviyelere çıkmadan önce sucul ortamdan uzaklaştırılmasını sağlarlar. Bunun yanısıra ötrofikasyonu engelleyerek alg patlaması oluşumunu engeller, böylece sucul ortamdaki bitki ve hayvanlar yaşam için ihtiyaç duydukları oksijene ulaşabilirler ve sağlıklı bir ekosistem sürdürülebilir.

Birçok sulak alan bitkisi, pestisitlerden ve endüstriyel deşarjlardan kaynaklanan toksik maddeleri uzaklaştırma kapasitesine sahiptir. Eichhornia crassipes (water hyacinth) Lemna (duckweed) ve Azolla (water fern) gibi bitkiler suyun içerisindeki ağır metallerin giderimini (demir ve bakır gibi) sağlar. Sulak alan topraklarında yaşayan Typha (cattail) ve Phragmites (reed), hızlı büyürler ve sulak alanlardan nutrient ve ağır metal giderebilirler. Yani sulak alanlar sadece nutrient değil ağır metal gideriminde de etkin rol oynayarak toksisite oluşumunu önlerler. Giderim miktarı, akış hızı, iklim,

arıtılan alanın büyüklüğü, bitki çeşidi gibi faktörlere bağlıdır, ancak yine de sulak alanların bu konudaki etkisi oldukça büyüktür.

Endüstriyel, madencilik kaynaklı ve evsel atık sular, sulak alanlarla doğal olarak arıtılabilir. Hindistan' ın Kolkota Şehrinde (10 milyon nüfuslu), evsel atık suların üçte biri Doğu Kolkota Bataklığı' nda etkin olarak arıtılmaktadır. ABD Chesapeake Bay' da istiridyenin doğal filtreleme kapasitesi, nutrient giderimi, askıda sediment tutulması ve kimyasal kirleticileri gidermesi ile su kalitesinin iyileştirilmesinde tek araç olarak kullanılmaktadır. Bir istiridye günlük olarak 200 litre su arıtabilmektedir (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 5).

6. Biyoçeşitlilik Rezervuarı

Sulak alanlar bulundukları alana ve özelliklerine göre farklı ekosistem tiplerini barındırırlar. Bu ekosistemlerde zengin habitat ve vejetasyon çeşitliliği mevcuttur. Balıklar, omurgasızlar su kuşları sulak alanlarda fazla miktarda bulunurlar. Avusturalya' da Büyük Bariyer Resifleri 1500 balık türü, 8000' den fazla tür yumuşakça barındırır. Ayrıca bu alanda birçok ticari balık türü bulunmaktadır. Amazon havzası dünyadaki en fazla tatlı su balığı türünü ihtiva etmektedir ki bu sayı 3000' den fazladır. Bazı türler o sulak alan için endemik türlerdir (dünya üzerinde sadece o alanda bulunan), yani sulak alanlar nadir türleri bünyelerinde bulundururlar. Biyolojik çeşitlilik rekreasyon ve turizm içinde kullanılmaktadır ve büyük değeri bulunmaktadır. Sürdürülebilir bir gelecek için Dünya' nın farklı yerlerindeki biyoçeşitliliğin korunması insan yaşamının geleceğe yönelik sigortasıdır. Bu nedenle genetik çeşitliliğin korunması gerekmektedir ve sulak alanlarda bu açıdan en zengin alanlardan biridir. Sadece genetik çeşitliliğin sürdürülebilmesi bile bu alanların korunması için önemli bir gerekçedir. Sulak alan bitki ve hayvanları insanlara sayısız ürün sunmaktadır. Bunlar tüm dünyada hasat edilen ürünler, alınan, satılan ve takas edilen ürünlerdir, balıktan, inşaat malzemesinden ilaca kadar değişim göstermektedir. Ne yazık ki sulak alanların barındığı tür çeşitliliği tehlike altında bulunmaktadır. Sulak alan türleri diğer ekosistem türlerine göre daha hızlı bir şekilde yok olmaktadır. Sebebi ise bu alanların sürdürülebilirliğini sağlayacak suyun alanlara verilmemesi veya alanların dönüştürülmesidir (drenajla tarım alanlarına dönüştürme gibi) (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 6).

7. Sulak Alan Ürünleri

Sulak alanlar bulundukları yere ve özelliklerine bağlı olarak insanlara yiyecek, inşaat malzemesi tekstil ve ilaç olarak kullanılan birçok ürün sunmaktadır. Sulak alan ürünlerinin faydalanıcıları yerel topluluklardan uluslararası şirketlere kadar geniş bir ağ oluşturmaktadır. Kültür balıkçılığı son 50 yılda büyük miktarda artmıştır. Asya Pasifik Bölgesinde ağırlıktadır. Tüketilen vahşi ortamda yetişen balıkların en az üçte ikisi kıyı sulak alanlarına bağlı yaşayan yumurtlayan, kışlayan ve beslenme alanı olarak kullanan balıklardır. Bunun yanısıra pirinç üretimi de sulak alanlara bağlıdır. Global kalori tüketiminin 1/50' si pirinç tüketimindendir ve bunun % 70' inden fazlası Asya' dadır. Sürdürülebilir olmayan sucul ürünlerin üretimi için sulak alanların balık çiftliklerine veya başka alanlara dönüştürülmesi ekosistem servislerinin büyük miktarda kaybedilmesine neden olur. Tüm bu ürünleri

sağlayan sulak alanların korunması, sağladığı ürünlerinde korunmasını ve ekonomik fayda sağlayacaktır (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 7).

8. Kültürel Değer

Sulak alan peyzajı ve vahşi yaşamı insanlarla doğa arasında karmaşık bir ilişki içerisindedir. Bu hassas mekanizma bir defa bozulduğunda onu tamir etmek veya düzeltmek oldukça güçtür. Bazı kültürel değerler turizm ve rekreasyonun ekonomik değeri gibi direkt olarak ekonomik değere dönüştürülemeyebilir. Bu tip durumlarda ikincil ürünlerden faydalanılarak ekonomik değeri belirlenebilir. Bu kültürel değerler, alanı ziyaret eden kişi sayısı ve onların getirdiği ekonomik fayda ile ifade edilebilir. Örneğin Kakaduya yıllık 230000 ziyaretçi gelerek 800000 gece konaklamaktadırlar (2005- 2007 arasında). Böylece alanın turizm açısından ekonomik değeri belirlenmiş olur.

Ramsar Topluluğu Kültür ve Sulak Alanlar çalışma grubu, sulak alanların kültürel değeri açısından 4 bileşen belirlemiştir

Yerleşim: kültürel peyzaj, kültürel miras alanı, arkeolojik önem, modern yerleşim ve yapılar.

Sulak Alan kaynaklarının birincil kullanımı: tarım, hayvancılık, balıkçılık ve kültür balıkçılığı, ağaç veya odun hasadı.

Sulak Alan kaynaklarının ikincil kullanımı: sulak alan bitki ve hayvanlarının yemek amaçlı kullanımı, ürün ve araçlarla yapılan zanaatkarlık, geleneksel yapıların oluşturulması, turizm ve rekreasyon.

Bilgi birikimi, inanç sistemi ve sosyal deneyimler: bilimsel araştırmalar, eğitim, dil, lehçe ve sözlü gelenekleri içeren geleneksel bilgi birikimi, inanç sistemleri, sanatsal söylemler.

Ramsar topluluğuna göre bu özellikleri taşıyan alanlar kültürel değere sahip alanlardır. (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 8).

9. Rekreasyon ve Turizm

Sulak alanlar doğal güzellikleri nedeniyle rekreasyonel kullanımlar açısından ilgi çekmektedirler. Sulak alanlardan turizm ve rekreasyon amaçlı kullanımı bölge halkının ekonomik kalkınmasını sağlamaktadır. Bu açıdan büyük önem taşımaktadırlar. Yerel topluluklar bu durumdan maddi olarak faydalanırlar, dolayısıyla sulak alanların sürdürülebilir yönetimini desteklerler. Turizm faaliyetlerinden elde edilen gelirin sulak alanın korunması için kullanılması, alanın sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunacaktır. Örneğin ABD' de bu konuda güzel bir çalışma yapılmıştır ve avcılar, 5 milyon hektardan fazla sulak alanın korunması için finansal olarak destek sağlamışlardır.

Turizm ve rekreasyon amaçlı kullanımlar gerçekleştirilirken gözden kaçırılmaması gereken hususlar vardır ve bunlardan en önemlisi, sürdürülebilir olmayan turizm ve rekreasyon gelişmelerinin sulak alanların tahribatına veya tamamen kaybına neden olabileceğidir. Bu nedenle sulak alanların sağladığı servislerin tamamından daha etkin faydalanabilmek için korunması ve rehabilitasyonunun sağlanması gerekmektedir (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 9).

10. İklim Değişikliğini Azaltmak ve Adaptasyonu Sağlamak

Birçok sulak alan tipine ve bulunduğu alana göre iklim değişikliğinden ciddi oranda etkilenmektedir. Buna karşın sulak alanlar iklim değişikliğiyle mücadele etmektedir. Sera gazlarını azaltmasının yanı sıra global ısınmanın da etkilerini azaltmaktadır. Bazı sulak alanlar, özellikle turbalıklar, tuzlu bataklıklar çok büyük miktarda karbon depolamaktadır. Gezegenimizdeki karbonun % 40' ını topraktaki karbonun % 25' ini depolamaktadırlar.Bunların zarar görmesinin engellenmesi ve korunması bu gazların atmosfere salınımını önlemek anlamına gelmektedir. Sulak alanlarda depolanan karbonun açığa çıkması ile küresel ısınmanın % 60 oranında artması beklenmektedir. Kıyı ve taşkın sulak alanları iklim değişikliğinin bir etkisi olarak artış beklenen taşkın etkilerinin azaltılmasında büyük rol oynamaktadır ki bu konu Taşkın Kontrolü başlığı altında değerlendirilmektedir. Ayrıca iklim değişikliğiyle birlikte taşkın olaylarının özellikle deniz seviyesindeki alanlarda yağmur ve fırtınaların artmasıyla daha sık meydana gelme olasılığının yüksek olduğu da gözden kaçırılmamalıdır. Yarı kurak bölgelerdeki sulak alanların korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması, kuraklık dönemlerinde bu bölgedeki insanların ve diğer canlıların yaşamını sürdürülebilmesi sağlayacaktır. Bu nedenlerle sulak alanların akılcı kullanımı ve yönetimi, küresel ısınmayı azaltıp iklim değişikliğinin etkilerinden korunmayı sağlarken, bize bu alanlardaki su ve alan kullanımlarını nasıl düzenlememiz gerektiği konusunda yol gösterici olacaktır (Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 10).

Örnek bir sulak alan olan İznik Gölünün Fonksiyonlarının İncelenmesi

İznik Gölü Genel Bilgiler ve Fonksiyonları

İznik Gölü; Türkiye' de Bursa ilin kuzeyinde, Gemlik Körfezinin 16 km. doğusundan başlar. Türkiye'nin 5. büyük gölüdür. Kuzey-güney doğrultusundaki genişliği 10-11.5 km arasında değişen elips 119 biçimindeki gölün yüzölçümü 308 km2'dir. Göl geniş bir tektonik çukur içerisindedir. En derin yeri ise 65 m' dir (Marmara Havza Koruma Eylem Planı, 2013).

İznik Gölü' nün Fonksiyonları		
İklim Değişikliğini Azaltmak ve Adaptasyonu Sağlamak	Rekreayon ve Turizm	Balıkçılık (Sulak Alan Ürünleri)
Habitatların sürdürülmesi	Mikro-iklimin sürdürülmesi	Tarımsal üretim (Sulama Amaçlı Kullanım- Su Temini)
Tarihi ve Kültürel Önem (Kültürel Değer)	Önemli kamp ve kuş izleme alanı(Biyoçeşitlilik Rezervuarı)	Su akışını düzenlemesi
nesli tehlike altındaki türlerin kışlama ve beslenme alanı olması	Hava kalitesinin iyileştirilmesi	İçme suyu
Su temizleme	Sediment ve Nutrient Depolama ve taşınımı	Yüzme ve su sporu amaçlı faliyetler

İznik Gölü Fonksiyonlarının Marmara Havzası Yönetimindeki Rolü

Sulak alanın belirlenmiş olan bu fonksiyonların değer analizine ilişkin bilgiler içerecek şekilde bu araştırmanın devamı gerçekleştirilebilir. Bu araştırma kesin, kusursuz ve nicel olmayabilir fakat bu değerlendirmeler sulak alanın fonksiyonları açısından incelenerek nehir havza yönetimindeki rolünün arttırılmasını sağlayacaktır. Yapılan bu ilk fonksiyonel değerlendirme sulak alanların hangi ihtiyaçları karşılayacağının, kapasitesinin ve sağlayacağı fırsatların görülmesi açısından faydalı olduğu düşünülmektedir. Bu değerlendirme çalışması ile nehir havzası açısından önem arz eden konular olan içme suyu ve tarımsal sulama amaçlı kullanım, su kalitesini iyileştirme, sediment tutma gibi konulardaki potansiyel rolü tanımlanmış olacaktır.

Bu değerlendirmeler için Sulak alan değerlendirme tekniği (Wetland Evaluation Technique (WET)) ve Fonksiyonel Kapasite Indeksi (Functional Capacity Index), veya Avrupa Sulak Alan Ekosistemlerinin Fonksiyonel Analisi Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (FAEWE) metodları ve daha benzeri birçok metot kullanılabilir Bu metodlar aşağıdaki bileşenleri içerir.

Masa başı ve arazi çalışmalarından elde edilen veriler,

Fonksiyonel değerlendirme verileri nitel ve nicel birçok veri içerebilir, fonksiyonların etkilerinin ve ekonomik değerlendirmelerinin kabul edilebilirliğinin değerlendirilmesi

Modelleme ve izleme prosesleri

İznik Gölü Marmara havzasında sıcak nokta olarak belirlenmesi nedeniyle zaten öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken alanlardandır ancak fonksiyonlarının belirlenmesiyle daha etkin bir önceliklendirme ve yönetim çalışması gerçekleştirilebilir.

Ülkemizde henüz Nehir Havza Yönetim Planlarının tamamlanmamış olması sulak alanların nehir havzasına entegrasyonu açısından avantaj sağlayabilir. Marmara havza yönetim planı tamamlanmadan önce marmara havzasında yapılacak sulak alan envanter, fonksiyon ve statü belirleme çalışması ile Marmara havzası içerisindeki sulak alanların mevcut durumu belirlenebilir. Yönetim planı

hazırlanma aşamasında öncelikler ve önlemler programı belirlenirken sulak alanlar nehir havza yönetimine entegre edilebilir veya nehir havza yönetim planları tamamlanmış bile olsa erken aşamalarında sulak alanlar da nehir havzasına entegre edilebilir.

Kaynaklar

EU, 2003. Guidance document no 12 (CIS 12), Horizontal guidance on the role of wetlands in the water framework directive, Common Implementatıon Strategy For the Water Framework Dırectıve (2000/60/EC).

Güney B., (2014), Havza Yönetim Planları İçerisinde Sulak Alanların Yeri, Kuş ve Habitat Direktifleriyle Olan İlişkisi, Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 0 in a series of 10 Flood Control, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 1 in a series of 10 Flood Control, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 2 in a series of 10 Groundwater replenishment, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 3 in a series of 10 Shoreline stabilisation & storm protection, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 4 in a series of 10 Sediment & nutrient retention and export, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 5 in a series of 10 Water purification, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 6 in a series of 10 Reservoirs of biodiversity, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 7 in a series of 10 Wetland products, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 8 in a series of 10 Cultural values, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 9 in a series of 10 Recreation& tourism, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

Ramsar Convention, Wetland Ecosistem Services Factsheet 10 in a series of 10 Climate change mitigation & adaptation, http://ramsar.org (8.05.2014), Sweetzerland.

TÜBİTAK, 2013. Marmara Havza Koruma Eylem Planı, Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

International Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi

ISBN:978-605-06728-8-6

Augmented Reality and Drone Usage in Construction Industry

İnşaat Sektöründe Arttırılmış Gerçeklik ve İnsansız Hava Aracı Kullanımı

***Tuğba S. Dursun*[1]**
***Line Aksu*[2]**
***Buse A. Ülkü*[3]**
***Diyar Önal*[4]**
***Can B. Aktaş*[5]**

Abstract

Technologies expected to have an impact on the construction industry include those that increase simulation capabilities and possess mobile interfaces, such as augmented reality, 3-D scanning, and unmanned aerial vehicles or drones, among others. The aim of the paper is to exhibit possible usages of technologies within the construction sector to increase productivity by using augmented reality and drones, applied to construction projects in general and construction sites in particular. The study seeks to identify potential benefits of each, the interaction between the two technologies, as well as carry out a case study to demonstrate the

Özet

İnşaat sektörü üzerinde etkisi olması beklenen teknolojiler arasında simülasyon yeteneklerini arttıran ve mobil ara yüzlere sahip artırılmış gerçeklik, 3 boyutlu tarama ve insansız hava araçları gibi teknolojiler yer alıyor. Bu makalenin amacı, teknolojik gelişmelerin, arttırılmış gerçeklik ve insansız hava araçları kullanılarak, verimliliği arttırmak amacıyla inşaat sektöründeki olası kullanımlarını göstermektir. Bu çalışma, her iki teknolojik gelişmenin potansiyel faydalarını, aralarındaki etkileşimi belirlemek ve tartışılan tekniklerin uygulanabilirliğini, pratikliğini ve

[1] Tuğba S. Dursun, TED University, Department of Civil Engineering, tsevgi.dursun@tedu.edu.tr
[2] Line Aksu, TED University, Department of Civil Engineering, line.aksu@tedu.edu.tr
[3] Buse A. Ülkü, TED University, Department of Civil Engineering, baleyna.ulku@tedu.edu.tr
[4] Diyar Önal, TED University, Department of Civil Engineering, diyar.onal@tedu.edu.tr
[5] Can B. Aktaş, Associate Professor, TED University, Department of Civil Engineering, can.aktas@tedu.edu.tr
* Authors have contributed equally

applicability and practicality of discussed techniques. An example application carried out as part of the study sought to demonstrate benefits of related technology towards visualization, planning, and quick estimates, and the amount of training required for technical personnel for their use. Main contributions of analyzed technologies are work safety, cost-effectiveness, pre-planning, reporting to customers, defect management, progress tracking, identifying potential problems and associated delays, and environmental impact reductions. Application via the software did not prove to be challenging, did not require prior training except fundamental knowledge of tools in undergraduate civil engineering curriculum, and took a few minutes to complete basic calculations. This study will benefit construction managers in raising awareness of the use of augmented reality and drone usage at construction projects while saving resources such as cost and labor, and reducing required time.

Keywords: Augmented Reality, Drone, Novel Construction Technology, Construction Simulation, Defect Management

görselleştirilebilme kapasitesini göstermek için örnek bir uygulama gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Çalışmanın bir parçası olarak gerçekleştirilen örnek uygulama, ilgili teknolojinin görselleştirme, planlama ve hızlı tahminlere yönelik faydalarını ve bunların kullanımı için gereken teknik personel eğitim seviyesini göstermeyi amaçlamıştır. Belirlenen teknolojilerin başlıca katkıları; iş güvenliği, maliyet verimliliği, ön planlama, müşterilere ön rapor sağlanması, hata yönetimi, ilerlemeyi izleme, potansiyel sorunları ve bunlarla ilgili gecikmeleri belirleme, olumsuz çevresel etkilerde azalmadır. Yapılan çalışmada kullanılan yazılım, inşaat mühendisliğindeki temel araçlar dışında ön eğitim gerektirmeden, birkaç dakika gibi kısa bir zamanda çalışmanın tamamlanmasını sağlamaktadır. Bu araştırma, inşaat yöneticilerinin projelerde arttırılmış gerçeklik ve insansız hava aracı kullanarak maliyet, işçilik gibi kaynaklardan ve zamandan tasarruf edilebileceğini göstererek farkındalıklarını arttıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Arttırılmış Gerçeklik, İnsansız Hava Aracı, İleri İnşaat Teknolojisi, İnşaat Simülasyonu, Hata Yönetimi

1. Introduction

Technology has infused into all major industries, causing significant changes in the way such industries have traditionally operated. The construction industry is traditionally known to be a conservative sector in terms of research and development, and the pace at which developed technologies infuse into practice. However, the construction industry is going through a transformation as more technology is applied to various phases of construction projects. In fact, technologies expected to make the biggest impact are already here. A report by the World Economic Forum have stated digital technologies applied in the engineering and construction value chain that have the largest impact (WEF, 2016). It is only a matter of time until their mass adoption and integration into company structure and thinking. As one of the main advantages of all potential

technologies is to increase productivity, and reduce risk, companies competing in a global marketplace may find themselves forced to adopt such efficiency measures to stay competitive.

Among such technologies expected to have an impact are simulation capabilities, mobile interfaces, augmented reality, 3-D scanning, and unmanned aerial vehicles or drones, among others (WEF, 2016). Closer investigation reveals that listed technologies are not separate, but rather inherently inter-dependent. Augmented reality may be used for effective simulation on the go and where needed. Drones may be equipped with sensors to scan structures in 3-D rapidly and effectively at a low cost, which can be fed into more realistic simulations and augmented reality models to achieve quality, cost, timing, or safety targets. The aim of the paper is to exhibit possible usages of technologies at the construction sector to increase productivity level by using augmented reality and drones, applied to construction projects in general and construction sites in particular. The study seeks to identify potential benefits of each, the interaction between the two technologies, as well as carry out a case study to demonstrate the applicability and practicality of discussed techniques.

2. Augmented Reality

Augmented reality applied to construction projects is a system that provides a detailed digital model that is able to demonstrate how a project will appear at the end with all details embedded inside the model. The model is situated or added on top of existing sites, thereby effectively combining reality with digital models. It can be used for any phase of the construction project.

2.1 Levels of AR implementation

Augmented reality is not a standard package that can be bought, installed, and used readily. There are different defined levels, from the most fundamental level 1 to more advanced level 5, based on degree of sophistication and technology involvement. The degree of accuracy, simulation and representation naturally increase from level 1 towards level 5. Companies planning to implement augmented reality need to be aware of the differences and select an appropriate level system based on their needs, expertise, and technical and financial capabilities. Otherwise, under or over adoption not considering needs or capabilities may quickly detract users from the technology altogether. While there are construction companies that have adopted augmented reality as part of their project operations in more developed economies, companies in Turkey are overall lagging behind. However, it is known that some large construction companies in Turkey are experimenting with level 3 systems. Moving forward, it may be expected that the number of companies exploring this technology will increase.

2.2 Potential Benefits of Augmented Reality

Augmented reality is purported to bring benefits to construction project administration and management in several areas. Proposed benefits have been listed as follows:

- Scheduling and project progress tracking: Augmented Reality facilitates scheduling and project progress tracking through enhanced digitalization thereby enabling better control of the project, and improved visualization. By the help of this technology, constructed project and

planned project can be combined and compared at the construction site. The progress of the works can be observed and tracked regularly. The work done on site may be visually compared with the schedule by displaying 3-D visuals for the planned project and compare with work done in reality (Ahmed et al., 2019). Completed works and delays that results from uncompleted works can be seen and planned in a more effective way. In addition, the amount of material to be used on the site and its availability can be checked by using augmented reality. By the help of this technology, an efficient construction schedule can be done and a logistics plan for the site, material that is needed at the site and supply deliveries, and equipment storage can be identified.

- Improved collaboration and communication: Augmented reality enables better collaboration and communication among project parties. The system provides mobile quick access to project information and its details at the construction site so that project management and site engineers may review or discuss works. The system may also be used to enable clear communication with laborers at the site in terms of expectations, or to clarify any fuzzy areas. Augmented reality may also be used to communicate with external stakeholders or with the customer, to present project progress and visualize the final product. The technology can digitally export visuals to mobile devices therefore providing flexibility in its use. Not having to be stationary or tied into the office is an important advantage of the technology over comparable technologies that have come out. In summary, better suggestions, comments and decisions can be made by using augmented reality technology in construction works.
- Time and cost management: An important potential benefit of augmented reality is related to better time and cost management. In construction projects, resources may be wasted due of misunderstanding drawings and overall poor management of work. Augmented reality partially resolves errors related to misinterpretation from 2-D drawings. Park et al. (2013) and Kwon et al. (2014) showed in their study that usage of AR also reduces the number of manpower needed for defect and quality management. So that funds needed for completing the construction would reduce as less labor is needed.
- Safety and employee training: Construction site includes many heavy equipment that should be operated safely. Training laborers and field personnel for operating the machines takes long hours. However, workers can be trained by using augmented reality headset that instructs workers with simple and clear instructions. Wang et al. (2006) showed that Augmented Reality technologies are used for training construction workers to operate heavy and medium construction crane, excavator and assembling equipment.

3. Defect Management

Construction sector is a more conservative sector in terms of research and development of new technologies and their application into practice. Thus, the productivity level shows a decline when compared to other industrial sectors in some developed countries. One of the fields that requires new developments and technologies to improve cost performance efficiency of the constructions is defect management. Defect analysis and related rework with defect analysis is not receiving sufficient attention since it is considered as a non-value adding activity that seriously affects the performance and productivity (Park et al., 2013). On the contrary, it has a great influence on project overrun costs, time, materials, and manpower. Also, the idea of sustainable construction is an emerging issue throughout the world in both developed and developing countries. So, in the evolving construction

industry not only the construction phase but also the life cycle of the building is important in terms of sustainable construction. So, it can be said that defect management during the construction phase is important to prevent further problems that can occur during the life cycle of the structure. Although there are studies about decreasing defect causation and improving defect management systems, such methods are typically not concerned with information flow from defect detection. The outcome of these research in effect resulted in reactive defect management plans (Park et al., 2013). However, with developing new technology and existing communication tools, it is possible to create a proactive approach for defect management. The mixed usage of technologies such as augmented reality (AR), drones and building information modeling (BIM), a new proactive approach to defect management can be created by enhancing and tying together the visualization, communication, and information flow.

In today's construction sector, one of the tasks of the site managers is quality detection and management by making visual inspections through their experiences. However, it is often challenging to make such inspections at a large construction site with limited number of site managers. It is also risky in terms of omissions and faulty decisions. Therefore, it can cause negative effects on project cost and schedule. Two methods for defect management have been proposed in academic literature. One utilizes AR at the construction site with an image matching system that enables users to make quality inspection without visiting the work site, and the other is a mobile computing-based image matching system together with AR defect application (Kwon et al., 2014).

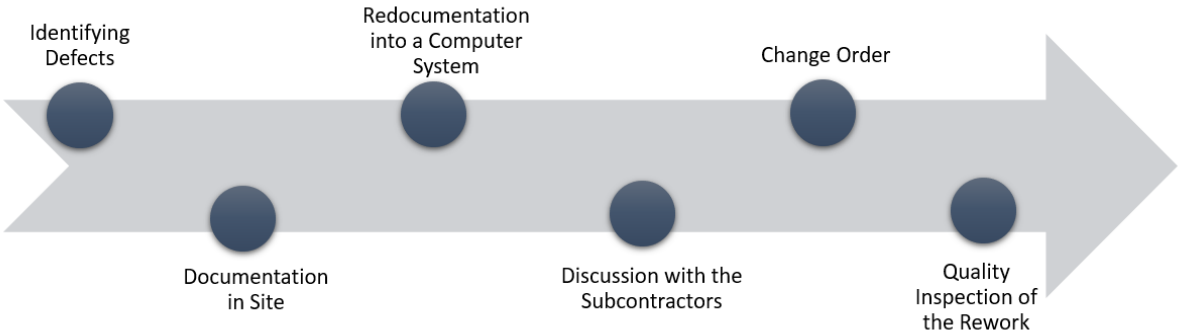


Figure 1. Traditional Defect Inspection Process.

Park et al. (2013) estimate that 38% of site manager's job is the quality inspection. The information flow in a traditional defect management inspection is presented in Figure 1. This routine has many steps involving multiple stakeholders and proceeds on a linear fashion. Simply put, it is a time-consuming process. Miscommunications, data losses, or errors in communication may also further delay quality inspections. A marker-based AR defect inspection system employed at the field would aid in saving time and would be an improvement over the current manual inspection applications. It also makes the defect inspection procedure more proactive rather than reactive.

4. Drones at Construction Site

Ownership and use of drones are increasing globally. While their use as a hobby constitutes an important chunk of their market, some of their uses are for professional purposes. Not surprisingly, some drone applications are taking place related to the construction industry. It is possible to employ drones for close-up visual inspection in hard-to-reach areas. However, they can be coupled with augmented reality systems to provide synergy and enhance capabilities of both technologies. In a construction site, drones with laser scanners or cameras may scan accessible parts of a structure. Drones may then send these data to a database that collects and analyzes the data to form a 3-D visual imagery. The visual elements may be used as inputs into augmented reality, thereby accelerating creation of digital models in real time. Thus, management can quickly compare the project and work-done at the site, enabling well informed decisions. This is an example of mixed usage of augmented reality and drones together at the construction site (Bouška and Heralová, 2017).

Drones at the construction site have potential benefits in a number of areas including work safety, time and cost control and savings, project progress tracking, team coordination, and carbon emission reduction (Li and Liu, 2018).

- Work Safety: Construction sites continue to be dangerous places to conduct work. In fact, construction industry appears to be towards the top of statistics in terms of fatal work injuries. This is independent of the level of development of a country. The U.S. Bureau of Labor Statistics reported 751 fatalities out of an annual total of 4547 work related fatalities in 2010 for the construction industry, which was at the top of the list (US BLS, 2011; Irizarry et al., 2012). This outcome was despite efforts and procedures aimed at reducing the number of accidents and to create a safe workplace. Periodic on-site inspection to evaluate site conditions according to safety criteria is an important task of managers. Drones help managers in this task by enabling rapid availability in different areas of the construction site, and to provide timely feedback to employees. A drone is often used to provide security managers with real-time information about what is happening at the construction site (Irizarry et al., 2012). With the help of augmented reality and drone applications, systems are developed to enable workers to call for help with mobile phones in case of a dangerous situation or work accident. In the event of an accident, the system can locate the worker and transfer it to managers using augmented reality technology (Kıvrak and Arslan, 2018). Using drone maps as part of a regular safety inspection process, site administrators can identify hazards more efficiently. Managers can identify potential hazards early and act before a problem materializes.
- Time and Cost Savings: Drones, which allow simultaneous work plans and manufacturing follow-up, also enable these processes to be performed with less time and cost. Conducting site surveys and contour mapping using traditional methods may take weeks depending on field properties, while using drones that time can be reduced to a few days. The data collected with drones can be used at every stage of construction from the initial field survey to during and after construction. The data obtained from the field are transferred quickly to computers and mobile devices of the project stakeholders and managers. This simplifies access to field data at the desired time and place.

  Another application of drones would be in areas that are difficult to reach, such as high buildings, or near busy areas. A case study described by Tatum and Liu (2017) state the

advantages of drones to survey an evaluate conditions in a challenging area near a busy highway. Other applications may be extended to visual inspections in all built environment, including superstructure and visible infrastructure elements such as bridges, pipelines, water conduits, open channels. In addition to indirect cost savings from time and personnel savings, drones reduce energy consumption and related greenhouse gas emissions. When required energy per km of distance traveled is compared for vehicles used for inspection, drones are more than an order of magnitude more efficient (Stolaroff et al,, 2018).

- Project progress tracking: Drones equipped with cameras, geo-location sensors, infrared and other sensors may efficiently record details about the physical space before and during construction. Images and data collected by drones can then be converted to 2-D and 3-D models. Thus, a digital representation of the job site can be conveniently created. Moreover, design files may be placed on drone maps for automation, which allows automated progress tracking during construction.

5. An Example for Software Capabilities

Accessible software that had capabilities to combine augmented reality with data and imagery obtained from drones were surveyed. During the investigations, Sahagözü software was selected for further investigation. An example application was devised to test the capabilities of the software and to test its ease of use. Sahagözü is an application that is developed by Dr. Onur Pekcan at Middle East Technical University to make supervision on construction sites easier and increase communication between stakeholders with the compilation and processing of photographs obtained from UAVs. It may be used to measure and manage construction sites using visual tools. A digital model of the project can be created, and the field development can be followed with the 3-D models created remotely. Measurement, inspection, and follow-up can be provided to project stakeholders via a common platform. Also, data can be exported into other programs for BIM and CAD applications.

Height measurements of structural elements perpendicular to the ground, length measurements, area and volume calculations can be made via software. As a case study, and to assess the ease of use of the program, area and volume measurements for cut and fill were conducted for a demonstration project. Steps used during calculations are presented in Figures 2-5. Obtaining results via the software was easy, did not require prior training, and took a few minutes to complete. The volume calculation tool on the menu was used to calculate cut and fill volumes of excavation works in the field. Then, the perimeter of the bulk for volume calculation was selected in points as presented in Figure 2. When the area selection was completed, the point cloud remaining inside the selected area was automatically selected and colored with the Sahagözü volume calculation tool (Figure 3). The software offers the user a choice of 4 predefined reference planes (maximum elevation, minimum elevation, average elevation and fitted level) or the user can enter a desired elevation value. The reference plane for adjusting the point cloud level to be included in the volume calculation was selected as average level (Figure 4). Cut, fill information in cubic meters and the dimensions of the selected area in square meters were given as a list by software (Figure 5). From the result data, the cut value indicates the volume excavation calculation above the selected area, and the fill value indicates the volume of filling below the selected area.

Figure 2. Selecting perimeter of the bulk

Figure 3. Colored point cloud remaining inside the selected area

Figure 4. Selected reference plane

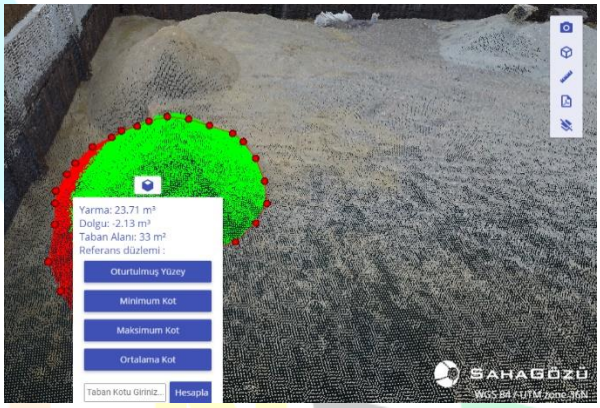


Figure 5. Calculation results

6. Conclusions

Augmented reality is not a standard package that can be bought, installed, and used readily. There are different defined levels, from the most fundamental level 1 to more advanced level 5, based on degree of sophistication and technology involvement. Companies planning to implement augmented reality need to be aware of the differences and select an appropriate level system based on their needs, expertise, and technical and financial capabilities. Under or over adoption not considering needs or capabilities may quickly detract users from the technology altogether.

Augmented reality may bring significant benefits to construction project administration and management in several areas. Namely, improvements in scheduling and project progress tracking, improved collaboration and communication across stakeholders, time and cost management, and safety and employee training may be improved with the use of such technology.

Likewise, drones at the construction site have potential benefits in a number of areas including work safety, time and cost control and savings, project progress tracking, team coordination, and carbon emission reductions. Defect management and quality may also be improved due to speed and

automation at which a construction site may be inspected, as well as the ability to digitally visualize the site thereby comparing images to refer to an older condition.

An example application carried out as part of the study demonstrate that, once digitized through technology, software such as Sahagözü make visualization, planning, as well as calculations easy, quick, and within reach of existing technical personnel without rigorous training.

References

Ahmed, S., Hossain, M. and Hoque, I. (2017). A brief discussion on augmented reality and virtual reality in construction industry. *Journal of System and Management Sciences*, 7(3), 1-33.

Bouška, R. and Heralová, R. S. (2017). Opportunities for use of Advanced Visualization Techniques for Project Coordination. *Procedia Engineering*, 196, 1051–1056. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.061

Bureau of Labor Statistics U.S. Department of Labor (2011). National Census of Fatal Occupational Injuries in 2010 (Preliminary Results). https://www.bls.gov/news.release/archives/cfoi_08252011.pdf

Irizarry, J., Gheisari, M. and Walker, B.N. (2012). Usability assessment of drone technology as safety inspection tools. *Journal of Information Technology in Construction*, 17, 194-212.

Kıvrak, S. and Arslan, G. (2018). İnşaat Proje İmalatlarında Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Uygulamaları. *Politeknik Dergisi,* 21(2), 379-385.

Kwon, O.-S., Park, C.-S., & Lim, C.-R. (2014). A defect management system for reinforced concrete work utilizing BIM, image-matching and augmented reality. *Automation in Construction*, 46, 74–81. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.05.005

Li, Y. and Liu, C. (2018). Applications of multirotor drone technologies in construction management. *International Journal of Construction Management,* 19, 401–412. https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1452101

Park, C.-S., Lee, D.-Y., Kwon, O.-S., & Wang, X. (2013). A framework for proactive construction defect management using BIM, augmented reality and ontology-based data collection template. *Automation in Construction*, 33, 61–71. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.09.010

SahaGözü: Uzaktan Saha İzleme ve İnceleme. https://sahagozu.com/

Stolaroff, J. K., Samaras, C., O'Neill, E. R., Lubers, A., Mitchell, A. S. and Ceperley, D. (2018). Energy use and life cycle greenhouse gas emissions of drones for commercial package delivery. *Nature Communications*, 9(409). https://doi.org/10.1038/s41467-017-02411-5

Tatum, M.C. and Liu, J. (2017). Unmanned Aerial Vehicles in the Construction Industry. *Procedia Engineering*, 196, 167-175. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.187

Tello, P.G.A. (2019). Uses of Drone Applications to Monitor Productivity. *PM World Journal,* 8(4).

Wang, X. and Dunston, P. S. (2006). Compatibility issues in Augmented Reality systems for AEC: An experimental prototype study. *Automation in Construction*, 15(3), 314-326. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2005.06.002

WEF (2016). Shaping the Future of Construction - A Breakthrough in Mindset and Technology. Industry Agenda, World Economic Forum, May 2016.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Quantifying Benefits of BIM for Quantity Takeoff: A Comparative Study

Metraj Hesabında BIM'in Faydalarının Belirlenmesi: Karşılaştırmalı Çalışma

***Kağan Berkay Yörük*[1]**
***Can Baran Aktaş*[2]**

Abstract

With growing global competition and as the complexity of construction projects increases, there is ever growing emphasis on using resources efficiently and effectively. Building Information Modeling (BIM) has numerous benefits, from improved communication and coordination to minimizing errors and costly waste during a construction project. The current study aims to compare and quantity potential benefits of BIM for quantity takeoff purposes. Model of a 2-room cabin with basic features and construction was developed and analyzed in the study. Some of the technical benefits of employing BIM were quantified and demonstrated in results.Times were recorded to compare alternative software and methods to quantify materials in the developed model. Results indicate that BIM software provided the

Özet

Küresel rekabet ve inşaat projelerinin karmaşıklığı arttıkça, kaynakları verimli ve etkili bir şekilde kullanmaya verilen önem de her geçen gün artmaktadır. Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) inşaat projelerinde hataları ve israfı en aza indirmek için gerekli koordinasyon sağlamak ve iletişimi geliştirmek gibi birçok faydası vardır. Yapılan çalışmadaki hedef, metraj hesabı yapılırken ki karşılaştırmayı göstermek ve BIM'in potansiyel faydalarını ölçmeyi amaçlamaktır. Çalışmada, temel özelliklere ve yapıya sahip 2 odalı bir kabinin modeli geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında BIM kullanmanın teknik faydaları niteliksel olarak değerlendirildi. Geliştirilen modeldeki metraj hesabı yapılırken alternatif yazılım ve yöntemleri karşılaştırmak için hesabın ne kadar sürede tamamlandığı kaydedilmiştir. Sonuç olarak, BIM

[1] Kağan Berkay Yörük, Öğrenci, TED Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, kberkay.yoruk@tedu.edu.tr
[2] Can Baran Aktaş, Doç. Dr., TED Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, can.aktas@tedu.edu.tr

results in the shortest time with the added benefit of enabling native 3-D visualization from developed models. Time savings may translate into economic savings either by utilizing technical staff more efficiently, or via the need to keep fewer employees to carry out the same task.

Keywords: BIM, Quantity Takeoff, Time Saving

yazılımının verileri daha kısa sürede sağladığı ve buna ek olarak geliştirilen modellerden 3 boyutlu görselleştirme imkânı sunduğu tespit edilmiştir. Sağlanan zaman tasarrufu ya mevcut teknik personeli daha verimli kullanarak ya da aynı görevi yerine getirmek için daha az sayıda çalışanın olması dolayısıyla ekonomik tasarrufa dönüşebilir.

Anahtar Kelimeler: BIM, Metraj Hesabı, Zaman Tasarrufu

Introduction

As scale and complexity of construction projects increases, there is ever growing emphasis on using resources efficiently and effectively. In fact, using key resources, funds, materials, and labor, has been the determining factor on whether a company makes a profit over the project, and by what amount. With growing global competition, the situation will not likely be reversed, but only advance further.

With efforts dedicated to reducing waste of all forms from construction projects, spanning all phases of construction starting with pre-planning phase, various methods and techniques have been proposed over the years. One such method is Building Information Modeling (BIM).

BIM is a process in which a 3-D model of the construction is digitally created before actual construction commences. However, the digital model is not limited to its volumetric representation only and may be enhanced by incorporating time and cost elements into the model. Its proposed benefits are numerous: enabling improved communication with different stakeholders; better coordination and collaboration among design teams; minimizing errors during design thus reducing costly and wasteful change orders during construction; and facilitating estimating and scheduling during planning and pre-bidding phases (Massum, 2020). The current study focuses on the latter and aims to compare and quantity potential benefits of BIM for quantity takeoff purposes. A simple model has been developed for this purpose and both the final estimated quantity and time for calculations have been recorded and compared.

Need for BIM in the Construction Industry

Waste in the construction sector is commonplace. A study conducted in 2004 in the U.S. estimated the cost of interoperability problems at $15.8 billion and added that this is most likely a conservative figure. The reasons behind such problems were identified in the same report as having a

highly fragmented industry, continued paper-based business practices, a lack of standardization, and inconsistent and at times inadequate technology adoption among stakeholders (Gallaher et al., 2004). Unfortunately, despite the passage of time since the report, the construction industry in general suffers from the same problems to date.

The lack of coordination in the construction sector is not something new, nor is the resulting cost increases due to delays and reworks. Hence, one of the foundational aims of BIM has been to alleviate such problems in construction projects. Even moderate successes may lead to cost reductions and improved efficiency in a project.

A separate study by Kazan and Yılmaz (2017) has focused specifically on construction projects in Turkey. It is reported that 70% of publicly funded projects are completed with delays. By using a sample size of 52 projects from both public and private clients, they have been able to show correlation among project delays and project cost, which is in line with what has been reported in literature from other countries. While a cost figure has not been provided, it may be inferred that such delays cost clients and contractors valuable resources.

Another study carried out by Union of Chambers and Commodity Exchanges of Turkey (TOBB) has aimed at quantifying the number of construction firms shut down over the years. (TOBB, 2021) Their estimates put company closures in excess of 60,000 between years 2010-2019, indicating that company failure is a valid concern in the Turkish construction industry. One of the most direct ways to remain competitive is to focus efforts on efficiency and reduce waste. Therefore, BIM, with its goals overlapping with those of company success, may be expected to increase in importance and adoption in coming years.

Based on data from the Turkish Statistical Institute, construction industry trends of total cost, materials cost, and company revenue have been presented in Figure 1. Percent change in total cost and materials cost are closely correlated as may be expected. However, company revenue appears to fluctuate significantly on an annual and monthly basis thus putting additional pressure for companies to reduce waste of resources.

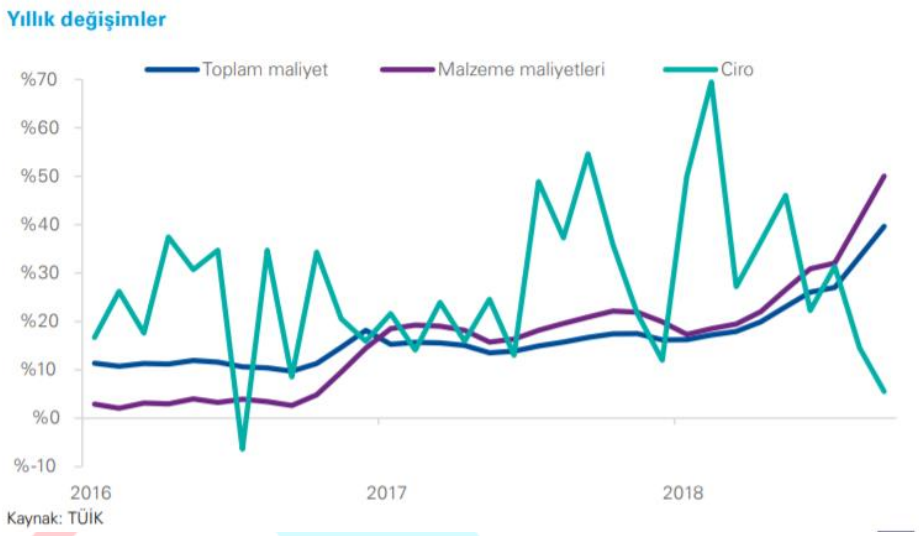


Figure 1. Turkish construction industry trends for total cost (blue), materials cost (purple), and company revenue (teal). (KPMG, 2019)

Software for BIM

BIM is not a software but a process that involves creating a digital twin of the construction project and populating and embedding knowledge onto the model to combine traditionally different elements of a structure. Various software have been developed, or existing ones used for that purpose. The more successful ones provide the following traits:

- Secure data storage,
- Rapid access to model and embedded data on demand,
- Ability to allow cost calculations,
- Multi-user access in real-time,
- Ability to add contract rules and regulations onto the model,
- Transparency in accessing the model and progress records.

Some of the more common software for BIM applications are briefly introduced in Table 1. Among software listed here, Autodesk Revit may be the most commonly used program compatible with BIM requirements today. Updating and changing types of design elements is easier with its interface. The Dynamo interface bring automated 3D modeling and commands. In addition, different users can access this file at the same time, so that efficiency and coordination are provided more smoothly.

Table 1. Commonly used software for BIM applications and their capabilities (Massum, 2020)

Software	Capabilities
Autodesk Revit	Architectural, engineering, structural and construction modelling.
ArchiCAD	2D & 3D architectural, engineering, structural and construction modelling.
Vectorworks	BIM based sketching, modelling 2D & 3D models, site information models and rendering.
SketchUP	3D modelling for architectural, interior design, landscape architecture, civil and mechanical engineering.
Civil3D	Infrastructure design and documentation software.
BIM object	BIM content platform, defines product and its geometrical characteristics to assist designers.
BIM360	Construction management, design collaboration, documentation, simulation.
Navisworks	Navigation, combination of design and construction data into an integrated model, project review and coordination.
Tekla BIMsight	BIM based construction project collaboration and communication, effective clash management.
AECOsim Building Designer	Creation of information rich models with analysis, documentation, and visualization tools.
Trimble Connect	Collaborative tool to make projects traceable, accessible, and transparent.

A purported goal of BIM is its ability to facilitate quantity-takeoff for cost estimation purposes. Its potential benefits include both the speed at which results can be obtained when compared to manual calculations, and the improved accuracy associated with automating calculations and tying the design drawings and geometry of the building to materials used and their unit prices. Such an approach reduces operator related errors introduced calculations. Some software including Allplan and Autodesk Revit include quantity-takeoff forms which facilitate cost calculations.

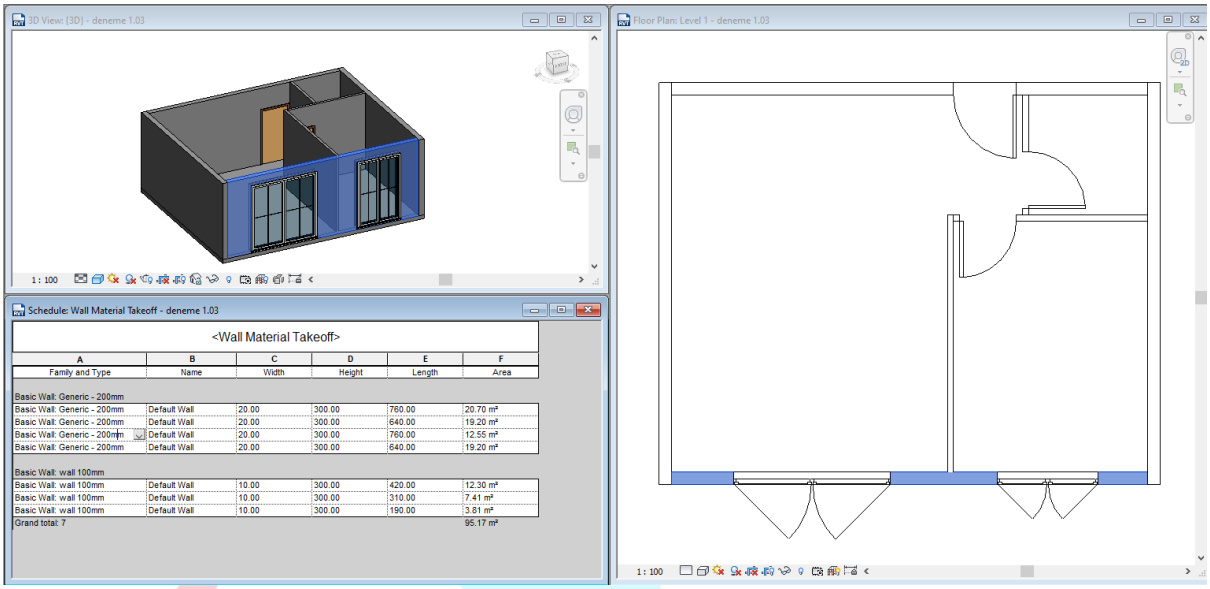


Figure 2. Example screen for quantity takeoff from Revit

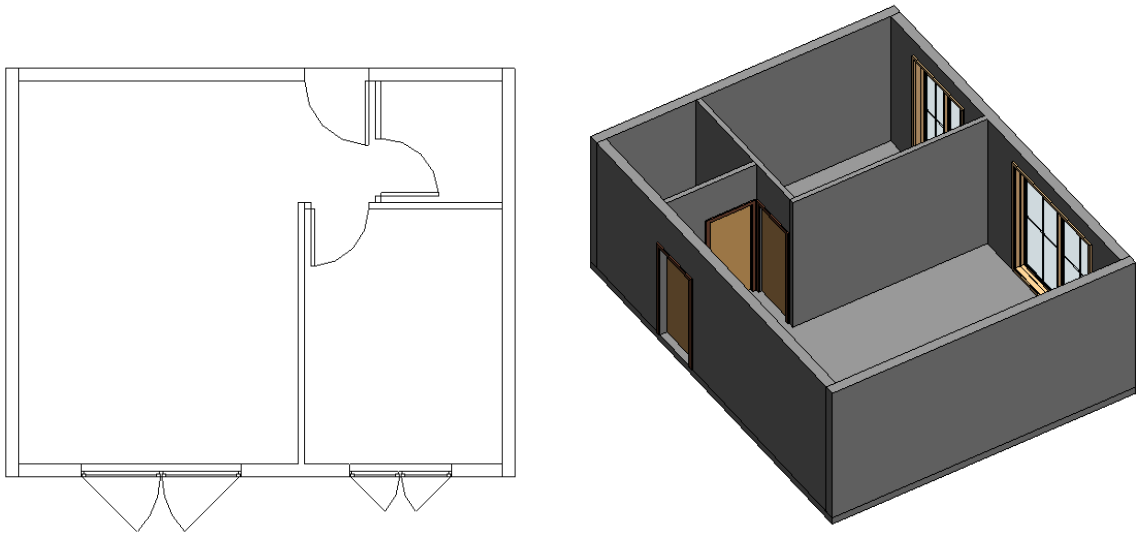
Methods

In line with the goals of the study, a model floor was prepared to carry out quantity takeoff calculations and to compare the time it takes to come up with estimated quantities and the accuracy of calculations. AutoCAD, Revit, Excel, and hand calculations were used either exclusively or in combination to obtain quantity values.

The user in this case study was a senior level undergraduate student majoring in civil engineering. The student was taking a 3-credit mandatory course on construction management as the analysis was being carried out. Quantity takeoff was introduced in the course, albeit only through hand calculations. Software applications were not demonstrated in class and therefore the student did not receive formal training on Revit software, although both AutoCAD and Excel were covered in previous coursework. The user therefore was not a seasoned expert on the software, but closer to a professional having a fundamental understanding of the tools and methods and an interest towards employing new technology.

The Developed Model

Drawings for the developed model are presented in Figure 3. This is a 2-room cabin with basic features and construction. The model involves 2 windows, and 2 interior and 1 exterior door. Plastering for walls and the ceiling were considered in the analysis.



(a) (b)

Figure 3. Revit Drawings (a) 2-D plan view (b) 3-D view

Results and Discussions

The goal of the study was to carry out quantity takeoff for materials used in the model. It was possible to obtain results in under 10 minutes by using Revit. From a user experience perspective, the process was not difficult, perhaps made easier by the basic features of the model used in the analysis. On the other hand, it was noted that quantifying cost of door and window frames was not as straightforward as other cost items and required more attention.

Ceiling plaster: Quantity results for ceiling plaster were obtained rather easily by using Revit. The result was 45 m2. The result obtained via hand calculations was 45.05 m2 by using 2 digits after the decimal. The results are deemed comparable without major flaws. In terms of time however, hand calculations required more time and effort than Revit.

Walls: As demonstrated in Figure 4, wall areas and quantity of plaster necessary for walls was calculated without difficulty.

<Wall Material Takeoff>

A	B	C	D	E	F
Family and Type	Name	Width	Height	Length	Area
Basic Wall: Generic - 200mm					
Basic Wall: Generic - 200mm	Default Wall	20.00	300.00	760.00	20.70 m²
Basic Wall: Generic - 200mm	Default Wall	20.00	300.00	640.00	19.20 m²
Basic Wall: Generic - 200mm	Default Wall	20.00	300.00	760.00	12.55 m²
Basic Wall: Generic - 200mm	Default Wall	20.00	300.00	640.00	19.20 m²
Basic Wall: wall 100mm					
Basic Wall: wall 100mm	Default Wall	10.00	300.00	420.00	12.30 m²
Basic Wall: wall 100mm	Default Wall	10.00	300.00	310.00	7.41 m²
Basic Wall: wall 100mm	Default Wall	10.00	300.00	190.00	3.81 m²
Grand total: 7					95.17 m²

Figure 4. Material quantities for walls calculated via Revit.

On the other hand, manual calculations require the following:

Total Walls $= 3 * 10^{-2} * (640 + 760 + 640 + 760 + 420 + 310 + 190) = 111.6\, m^2$

Minus doors and windows $= 111.6 - 2 * 2.1 * 0.9 - 2.1 * 1 - 2.5 * 2.5 - 2.5 * 1.6 = 95.47\, m^2$

Manual calculations took much longer to obtain results as compared to using Revit. Reading dimensions and carrying out the calculations manually took under 6.13 minutes, but with a mistake that was noticed after comparing the results. In addition, in manual calculation, only the total value of the wall quantities was calculated. In other words, it will take much more time if it is desired to separate the walls according to their sizes and to calculate their quantities one by one.

Overall, total time it took to plot the models and carry out quantity calculations were recorded in minutes. Table 2 presents comparative results.

Table 2. Time taken to plot models and quantify materials by using different methods

Methods Compared for Quantity Takeoff	Time (min)
Autocad Drawing	12.2
Manual Quantity Takeoff	6.1
Revit- Drawing	9.5
Revit- Quantity Takeoff	2.4

While creating this table, the time spent during the above drawings was recorded with a stopwatch. As a result, it has been proven once again that the Revit program, which is suitable for BIM infrastructure, is very advantageous both for visualization and in terms of time.

Since we work mostly with lines while plotting in AutoCAD, the required time is more. Drawing walls of a house may require drawing lines individually. On the other hand, since there is a database in Revit, structures such as wall types, window types, door types can be selected and saved automatically. In this way, when constructing a reinforced concrete structure, the infrastructure such as the slab, column foundation and beams can be easily made in a fast and controlled manner.

Results and Discussions

When comparing available approaches to quantity takeoff, the benefits of using a BIM model was observed. The benefits were mostly in savings in time to carry out the model and calculations. However, it should not be forgotten that such time savings may also bring economic savings due to the possibility to get the same task done with a smaller crew, or utilize the same crew for more projects. AutoCAD and Revit software were used in the study for comparison. From study outputs, it can be stated that AutoCAD proved more difficulties to move in 3D, while the drawing made in Revit can be directly converted to a 3-D model. In addition, Revit has the potential to add cost calculations and scheduling analysis onto the developed model.

While calculating the wall metric, the result of the wall metering was 95.17 m2 in the manual calculated metric calculation based on the 95.47 m2 Autocad drawing in the output of the Revit program. When the human factor is involved, minor processing errors may occur, as can be seen in the results of the wall metering. However, since Revit records the wall dimensions to its infrastructure, it gives results directly on square meter basis, so there is less chance of making mistakes. In addition, it makes the work in the quantity calculation easier and saves time by removing the plaster quantity to be made on the extra walls while making the wall metrics through the Revit program.

According to the margin of error in the wall size, we wanted to show how much damage this error with a capacity of 30-40 rooms will cause the construction company, instead of thinking about a 1 + 1 prefabricated house, instead thinking that it is a school or a hospital project. Since it receives less material than the desired amount, it causes disruption of the work and thus a waste of time. In practice, to overcome such shortcomings, materials may be ordered with a percent excess to cover such discrepancies as well as to cover materials losses that may occur at the site.

Conclusions

Companies that try to manage money and time without proper planning have the danger to go out of business and join thousands of construction companies that no longer operate in Turkey. The aim of this study was to examine the time and financial advantage of employing BIM, to improve resource efficiency of construction companies. To quantify potential gains, a model was developed consisting of a 2-room basic cabin. In terms of visual output, BIM software had a clear advantage when compared to alternatives. In terms of time taken to obtain material quantities, BIM software

proved to yield results in the least amount of time. Time savings may translate into economic savings either by utilizing technical staff more efficiently, or via the need to keep fewer employees to carry out the same task. Technical benefits of employing BIM were quantified and demonstrated in results.

References

Gallaher, M.P., O'Connor, A.C., Dettbarn, J.L., and Gilday, L.T. 2004. Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry. National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, NIST GCR 04-867.

Kazan, E., Yılmaz, İ.C. 2017. İnşaat Projelerinde Gecikme Süresine Etki Eden Proje Faktörlerine İstatistiksel Bir Yaklaşım. Uluslararası Katılımlı 7. İnşaat Yönetimi Kongresi, Samsun, Turkey, 6-7 October 2017.

KPMG, 2019. İnşaat – Sektörel Bakış. KPMG Türkiye. Access: 18 February 2021 https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2019/01/sektorel-bakis-2019-insaat.pdf

Massum, S. 2020. BIM in Construction Project Planning, Building Sustainability, and its Current State in Turkey. Master's thesis, TED University, January 2020.

TOBB 2021. Kurulan/Kapanan Şirket İstatistikleri. Türkiye Odalar Borsalar Birliği, Bilgi Erişim Müdürlüğü, Access Date: 23.02.2021, https://www.tobb.org.tr/BilgiErisimMudurlugu/Sayfalar/KurulanKapananSirketistatistikleri.php

Pehlevan, E.E. 2018. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) – Giriş- https://docplayer.biz.tr/105535894-Yapi-bilgi-modellemesi-bim-giris-doc-dr-esin-ergen-pehlevan.html

Karagöz, M.E. 2019. BIM ile Yapı Yaklaşık Maliyeti Hesaplama Önerisi. Yapı Bilgi Modelleme, 1(1) 39-45. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/811209

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Farklı Agregalarla Üretilen Çimento Esaslı Kompozitlerin X-ışını Radyasyon Tutuculuk Özellikleri

X-ray Radiation Shielding Properties of Cement Based Composites Produced With Different Aggregates

***Gülsüm Sağlam Çitoğlu*[1]**
***Fuat Köksal*[2]**

Abstract

In this study, the usability of cement-based composite materials produced with different aggregates as an alternative wall coating material to lead was investigated. For this purpose, barite, hematite, magnetite, limonite, vermiculite, silica fume and iron powder were used as aggregate, and coating materials with cement binder were produced. A total of 21 mortars with dimensions of 4x4x16 cm were produced to investigate the physical and mechanical properties, and a total of 14 mortars with dimensions of 10x10x10 cm for the X-ray retention test. After the production of samples, standard curing were applied to them until 28 days. Unit weight, water absorption and porosity tests were achieved for physical properties. Compressive and flexural tests were carried out to determine the mechanical strength of the samples. The linear and mass reduction coefficients of the samples were also

Özet

Bu çalışmada farklı agregalar ile üretilen çimento esaslı kompozit malzemelerin kurşun madenine alternatif duvar kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla barit, hematit, manyetit, limonit, vermikülit, silis dumanı ve demir tozu agrega olarak seçilmiş ve çimento bağlayıcı ile kaplama malzemeleri üretilmiştir. Fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması için 4x4x16 cm boyutlarında toplam 21 adet, X ışını tutuculuk deneyi için 10x10x10 cm boyutlarında toplam 14 adet harç imal edilmiştir. Üretilen kaplama numuneler 28 gün boyunca standart küre tabi tutulduktan sonra, fiziksel özellikler için birim ağırlık, su emme ve porozite değerleri belirlenmiştir. Numunelerin mekanik dayanımlarının belirlenmesi için basınç ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, üretilen kompozit kaplama numuneleri üzerinde 150 keV foton enerjili X ışını kaynağı ile

[1] Gülsüm Sağlam Çitoğlu, İnş. Yüksek Müh., gsglm.saglam@gmail.com

determined, by performing radiation tests on the samples, by means of an X-ray source with 150 keV photon energy. Measurements were carried out using X-ray detection system including PM1402M model detector and GM detector. Linear and mass reduction coefficients obtained experimentally were compared with theoretical linear and mass reduction coefficients determined by using the NISTXCOM program. Lead-equivalent thickness has also been calculated for each coating sample.

Keywords: X rays, Radiation, Absorption coefficien, Aggregate, Composite

radyasyon deneyleri yapılarak numunelerin lineer ve kütle azaltma katsayıları belirlenmiştir. Ölçümler, PM1402M model dedektör ve GM dedektör içeren X ışını dedeksiyon sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel olarak elde edilen lineer ve kütle azaltma katsayıları NISTXCOM programı ile tespit edilen teorik lineer ve kütle azaltma katsayıları karşılaştırılmıştır. Ayrıca, her bir kaplama numunesi için eşdeğer kurşun kalınlıkları hesaplanmıştır.

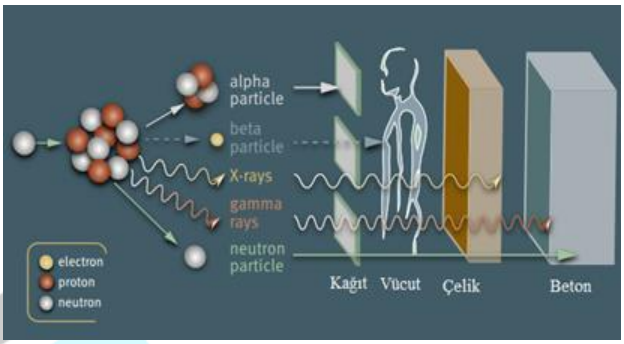
Anahtar Kelimeler: X ışını, Radyasyon, Soğurma katsayısı, Agrega, Kompozit

Giriş

Radyasyon; dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile enerji yayımı veya aktarımı olarak adlandırılır. Diğer bir ifade ile radyasyon; kararsız yapı gösteren doğal ya da yapay radyoaktif çekirdeklerin daha kararlı bir yapıya geçebilmek için parçalanarak dışarı saldıkları hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde taşınan fazla enerji olarak tanımlanabilir.

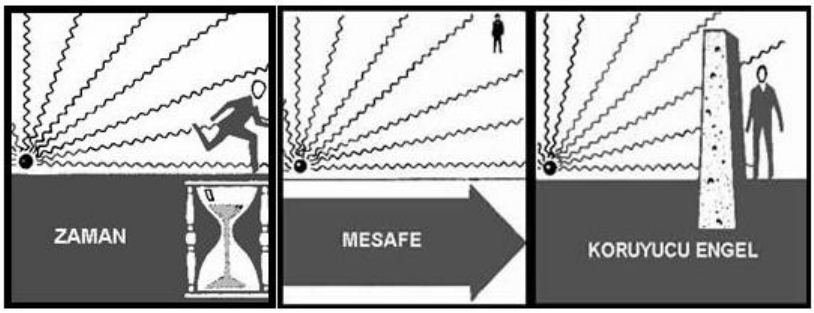
Günümüzde nükleer teknolojinin kullanım alanlarının artmasına paralel olarak radyasyonlardan korunmanın önemi de artmıştır. Hem genel olarak radyasyonun etkisinden hem de olası nükleer kaza ya da saldırı anında oluşan olası radyasyon sızıntısından korunmak için inşaat sektöründe temel malzeme olan betonların radyasyon soğurma özelliklerinin ölçülmesi önemlidir. Nükleer radyasyondan korunmada en önemli üç temel faktör; zaman (radyasyon kaynağı yakınında çok az zaman geçirmek); mesafe (radyasyon kaynağından olabildiğince uzaklaşmak) ve maddesel ortamla korunma (zırhlama) olduğunu söylemek mümkündür.

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya atom altı parçacıklar formunda bir enerjidir. Radyoaktivite, radyasyon yayan kararsız atom çekirdeğinde kendiliğinden olan değişimdir. Parçacık veya elektromanyetik dalga formundaki radyasyon, etkileştiği atomların elektronlarını koparacak kadar yeterli enerjiye sahipse atomlar yüklü hale gelir ve iyonlaşmış olur. Bu da iyonlaştırıcı radyasyon olarak adlandırılır. İyonlaştırıcı radyasyon alfa parçacıkları, beta parçacıkları, nötron veya gama ışınları ve X-ışınları olarak bilinen elektromanyetik radyasyon formunda olabilir (https://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/834-bolum-06-radyasyondan-korunma.html). Atomun parçalanmasından sonra açığa çıkan nötron ışınları hafif elementler tarafından, α, β, X ve γ ışınları ise ağır elementler tarafından tutulma özelliğine sahiptirler (Durmuş, vd. 1996; Topçu, vd. 2002).



Şekil 1. Farklı radyasyon tiplerinin giricilik gücü (UNEP, 2016, s. 9)

Hızla artan insan nüfusu, artan yaşam standardı ve bunun getirdiği enerji ihtiyacındaki artış, 1952'den sonra yüksek enerjili cihazlar ve Co-60 tedavi üniteleri ile doğrusal hızlandırıcı (linak) cihazının yer değiştirmesi, enerji ve nükleer santrallerin kurulum ihtiyacı, teknolojinin gelişmesi ile dijital medya araçları ve bunların yaydığı elektro manyetik alanlar, kozmik ışınlar ve yerkabuğundaki radyoaktif elementler düşünüldüğünde radyasyondan kaçınmanın pek mümkün olmadığı açıkça görülmektedir. Bu nedenlerle insanlar yüksek dozda doğal ve yapay radyasyona maruz kalabilmektedir. Bu bağlamda doğal ve yapay radyasyondan korunmanın gerekliliği ortaya çıkmıştır (Demir, 2009, s. 1). Radyasyondan korunmanın üç temel kuralı vardır. Bunlar; Şekil 2'de gösterildiği gibi zaman, mesafe ve zırhlama kuralıdır (Kılınçarslan vd., 2011, s. 93-99).



Şekil 2. Radyasyondan korunmanın temel kuralları

Bir radyasyon alanının şiddeti uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azalır. Bu yüzden mesafe etkin bir koruma yöntemidir. Küçük kaynaktan 2, 3, 4, 5, vs. mesafelerde ölçülen radyasyon dozu sırasıyla orijinal kaynaktan bir metre mesafeden ölçülen doza nazaran 1:4, 1:9, 1:16, 1:25 şeklinde azalmaktadır (Frigerio, 1971, s. 29). Örneğin, bir iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı 1 metre mesafede 1 R'lik radyasyon oluşturuyorsa 4 metre mesafede 0,13 değerine düşer ve şiddeti 1/16 kat azalır (Şeker & Çerezci, 2000, s. 130).

Dış radyasyon tehlikelerinden korunmanın en etkin yöntemi zırhlamadır. Yani radyasyonun şiddetini azaltmak için radyasyon kaynağı ile kişi arasına uygun özelliklerde koruyucu engel konulmasıdır. Zırhlama toprak, beton, çelik, kurşun gibi koruyuculuğu yüksek materyal kullanılarak yapılabilir (Demir, 2009, s. 1). Yapı malzemesi olarak kullanılan harçlar ve betonlar aynı zamanda

radyasyona karşı zırh malzemesi olarak da kullanılır. Zırh malzemesi olarak kullanılan harç ve betonlar genellikle Portland çimentosu ve yüksek alüminli çimento kullanılarak üretilir (Gencel, 2009). Radyasyon zırhlama malzemesi olarak kullanılan en etkili iki yöntem kurşun plaklar ve betondur. Kurşun plakların pahalı, şekil verebilme kabiliyetlerinin kısıtlı olması, malzeme bakımı konusundaki zorluklar nedeniyle beton günümüzde daha çok tercih edilmektedir (Coşkun, 2010, s. 2-3). Bu sebeple radyasyon zırhlayıcı beton çalışmaları oldukça önem kazanmaktadır (Akkurt et al. 2004; 2005; 2006; Akyüz 1977; Durmuş et al. 1996; Dusil and Beier 1989; Kılınçarslan 2004; Lamarsh 1977; Mather 1965; Price 1957; Steward 1962; Topçu ve Karakurt 2002; Topçu 2003; Wiley 1980; Yarar 1994).

Zırh maddesinin radyasyonu tutma veya yutma kabiliyeti yarı kalınlık değeriyle (HVL) ifade edilmektedir. Bir maddenin yarı kalınlık değeri, gelen radyasyon şiddetini yarı yarıya azaltmak için gerekli kalınlıktır. Bir maddenin zırh kalınlığı iki misline çıkarılırsa zırh maddesinin öte yanına geçebilen radyasyon 1:4, üç misline çıkarılırsa radyasyon şiddeti 1:8, dört misline çıkarılırsa 1:16 oranında zırhlanmış veya tutulmuş olur. Kobalt-60'dan çıkan gama ışınlarına karşı kurşunun yarı kalınlık değeri yaklaşık olarak 1 cm'dir. Aynı ışınlara karşı toprak ve suyun yarı kalınlık değerleri ise yine yaklaşık olarak 5 cm'dir (Frigerio, 1971, s. 30).

Betonların özgül ağırlıkları arttıkça radyoaktif ışımalara karsı koruyucu etkinlikleri de o ölçüde artmaktadır. Ağır beton kullanılarak üretilmiş perdelerin kalınlıkları fazla olduğundan ve denetimli olarak özenle üretildiklerinden basınç dayanımları vb. mekanik özellikleri yüksektir. Radyasyon kalkanı olarak kullanılan ağır betonun bileşiminde karma ve hidratasyon suyunda hafif elementler, agregasında ise ağır elementler bulunmaktadır (Kılınçarslan, 2004).

Ağır betonlar radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınlardan özellikle, cisimlerin içine girebilen nötron, X ve gama ışınlarına karşı korumak, yani bir zırh oluşturmak amacıyla üretilen birim ağırlıkları 2800-5000 kg/m^3'ün üzerinde olan beton türüdür. Bu ağır betonların yapımında genellikle barit ve manyetit gibi özgül ağırlıkları 4000 kg/m^3'ün üzerinde olan ağır agregalar kullanılır (Artığ, 2016, s. 1). Büyük özgül ağırlıklı agregalar sayesinde radyoaktif ışının soğurulması daha düşük beton kalınlıklarıyla (normalden 1,5-2,5 kat az) mümkün olabilmektedir. Böylelikle zamandan ve hacimden kazanç sağlanabilmektedir. Bu amaçla en çok kullanılan agrega barittir. Barit ($BaSO_4$), sülfat içermesine rağmen çok stabil olması nedeniyle betona zarar vermez (Demir, 2009, s. 1-2). Ağır beton üretiminde kullanılan diğer özel agregalar manyetit (Fe_3O_4), limonit ($2Fe_2O_3H_2O$) gibi demir cevherlerinin doğal agregaları veya demir kırıntıları gibi sanayi artıklarıdır (Artığ, 2016, s. 1). Bu özel agregalar radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınlardan özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve gama ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda kullanılır.

Radyasyona karşı zırh malzemesi olarak kullanılan kurşun plakaların pahalı olmasından dolayı yapı malzemesi olan ahşap, beton ve harçların bu alanda kullanımına başlanmıştır. Betonlar ve harçlar ekonomik, ulaşılabilir ve çevresel koşullara karşı uzun süre dayanıklı olmasından dolayı radyasyon zırhlama alanında da kullanılması tercih sebeplerinden bazılarıdır.

Özkan (2020), Emprenye edilmiş ahşap malzemenin doğrusal zayıflatma katsayısı (1/cm), kütle zayıflatma katsayısı (cm^2/g), yarı değer ve onuncu değer katman kalınlığı değerleri WinXCOM tabanlı Phy-X/PSD yazılımı kullanılarak 5 ile 1000 keV enerji aralığında hesaplanarak beton ile karşılaştırmıştır. Emprenyeli ahşabın lineer zayıflatma katsayısı ile kütle zayıflatma katsayısının foton enerjisi arttıkça azaldığını tespit etmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar ağır agregalar kullanılarak üretilen ağır betonların normal agrega kullanılarak üretilen betonlara göre daha iyi radyasyon tutucu özelliğe sahip olduğu görülmüştür.

Kılınçarslan vd. (2011) radyasyon tutuculuk özelliği yüksek baritli hazır sıva kaplamalar üretmiştir. Üretilen hazır sıva kaplamaların alçı sıva kaplamalara göre eğilme, basınç dayanımı ve radyasyon zırhlama özelliğinin yüksek olduğu sonucuna varmıştır.

Doğal ve yapay radyasyonun olumsuz etkilerini en aza indirgemek için araştırmacıların kurşun (Pb) ve türevleri gibi toksik etkileri olmayan yeni bir materyal arayışları tüm hızıyla devam etmektedir. Bu çalışmada barit, hematit, manyetit, limonit, demir tozu, silis dumanı ve genleştirilmiş vermikülit kullanılarak üretilen duvar kaplama malzemelerinin 150 keV foton enerjili X ışını radyasyon tutuculuğu tespit edilmiş ve 1 mm eşdeğer kurşun kalınlıkları hesaplanmıştır.

Materyal ve Metot

Duvar Kaplama Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada B, M, H, L, DT, SD ve V kod ile verilen 4 mm elek altı yedi farklı malzeme kullanılarak harç üretimleri gerçekleştirilmiştir. DT ile üretilen harç numunelerinde aderansı artırmak amacıyla karışımda 0-4 mm boyutlarında kırma kum kullanılmıştır. Harç üretiminde kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Malzemelerin özgül ağırlıkları (g/cm^3)

Malzeme	PÇ 42.5	B	M	H	L	SD	DT	V
Özgül ağırlık	3.09	4.15	4.00	3.06	3.05	2.38	7.82	2.60

Duvar kaplama örneklerinin üretimi için öncelikle üretilen numunelerin aynı kıvamda olması hedeflenerek ön döküm yapılmış, her bir karışıma ait yayılma tablası deney sonuçları tespit edilmiştir. Ön döküm ile bulunan deney sonuçlarına göre nihai duvar kaplama harçları üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen duvar kaplama harçlarının yayılma deneyi sonuçları Tablo 2'de, 1 dm^3 duvar kaplama harç karışımda kullanılan malzeme miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Üretilen duvar kaplama harçlarının yayılma deneyi sonuçları

Karışım kodu	B	M	H	L	SD	DT	V
Yayılma (mm)	14.00	13.20	13.40	14.00	13.50	13.60	13.20

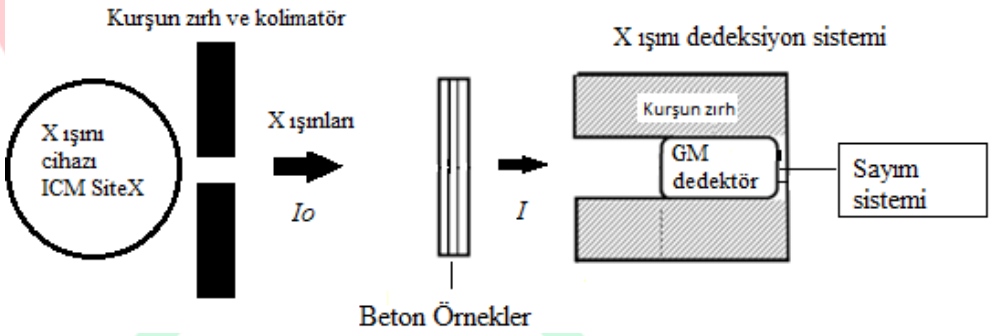
Tablo 3. 1 dm^3 duvar kaplama harç karışımda kullanılan malzeme miktarları (g)

Karışım kodu	Çimento	Agrega	Kum	Su	Katkı
B	394	2704	-	197	5
M	399	2637	-	200	5
H	399	2017	-	200	5
L	397	2000	-	199	5
SD	1813	1485	-	1175	22
DT	399	1720	1188	393	9
V	460	141	-	596	6

Mekanik dayanım (basınç-eğilme) ve X-ışını radyasyon tutuculuk özellikleri tayini için 7 farklı tip agrega kullanılarak 4x4x16 cm prizma ve 10x10x10 cm^3 küp duvar kaplama örnekleri üretilmiş ve 28 gün boyunca küre tabi tutulmuştur. X-ışını radyasyon deneyinde kullanmak üzere 10 cm küp numunelerden 0.5, 1, 2, 3'er cm kalınlıklarda plakalar kesilmiştir.

X-Işını Radyasyon Tutuculuk Deneyi

X-Işını radyasyon tutuculuk deneyi için 10 cm küp numunelerden 1 adet 0.5 cm, 2 adet 1 cm, 1 adet 2 cm ve 1 adet 3 cm kalınlığında toplam 5 numune taş kesme makinası ile kesilmiştir. B, M, H, L, SD, DT, V tipi agrega ile üretilen duvar kaplama harç örneklerinden kesilen numunelerin 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 cm kalınlığa kadar radyasyon tutuculuk özelliklerinin araştırılması hazırlanmıştır.



Şekil 3. X ışını lineer zayıflatma katsayısı ölçüm sistemi

X ışını tutuculuk deneyi İTÜ Enerji Enstitüsü'nde bulunan 150 keV enerjili X ışını kaynağı kullanılmış ve ölçümler POLİMASTER marka PM1402M model dedektör kullanılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir. Ölçümler her bir kalınlık için birer dakika aralıklarla alınmış ve her ölçüm ortalama 3 kere tekrarlanmıştır. Sayım sonucunda elde edilen değerler üzerinden yapılan analiz sonucunda

deneysel lineer tutulma (soğurma) katsayıları bulunmuştur. Ayrıca NISTXCOM programı ile teorik lineer ve kütle azaltma katsayıları tespit edilmiştir.

İlgili katsayılar 1 nolu denklem ile hesaplanmıştır.

$$I = I_0\, e^{-\mu x} \tag{1}$$

I_0 : örnek yok iken X ışını sayımı (uSv/saat)
I : beton örneklerden geçen X ışını sayımı (uSv/saat)
x : beton örnek kalınlığı (cm)
μ : lineer zayıflatma katsayısı (cm^{-1})

Bulgular

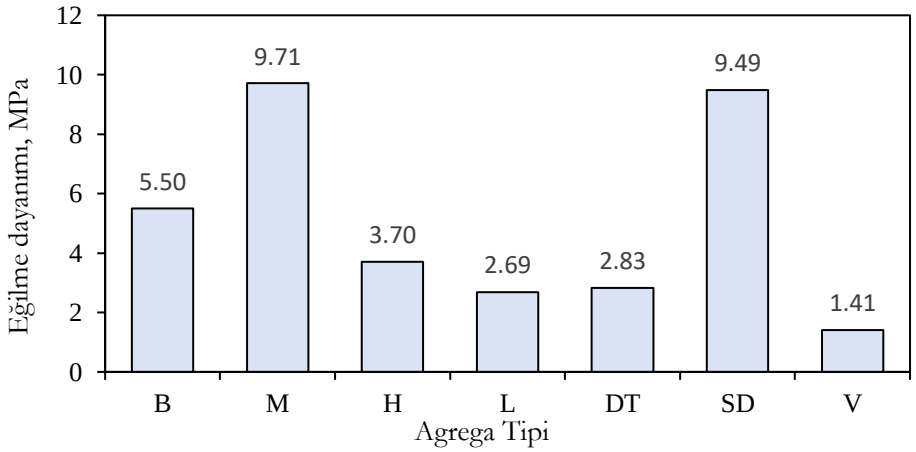
Farklı agregalar ile üretilen çimento esaslı kompozit malzemelerin kurşun madenine alternatif duvar kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada; üretilen duvar kaplama örneklerine ait deneysel sonuçlar verilmiştir.

Basınç ve Eğilme Dayanımı Sonuçları

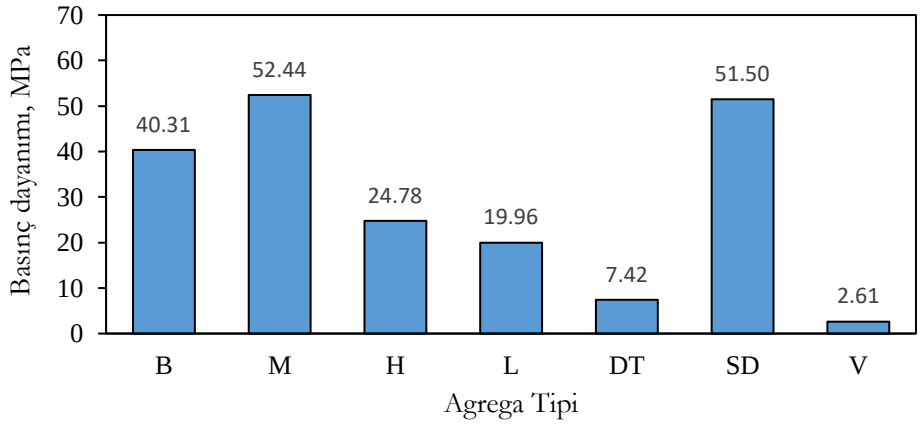
B, M, H, L, DT, SD, V agrega tipi ile üretilen duvar kaplama harçlarına ait eğilme ve basınç dayanımı değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Duvar kaplama örneklerinin eğilme ve basınç dayanımı değerleri (MPa)

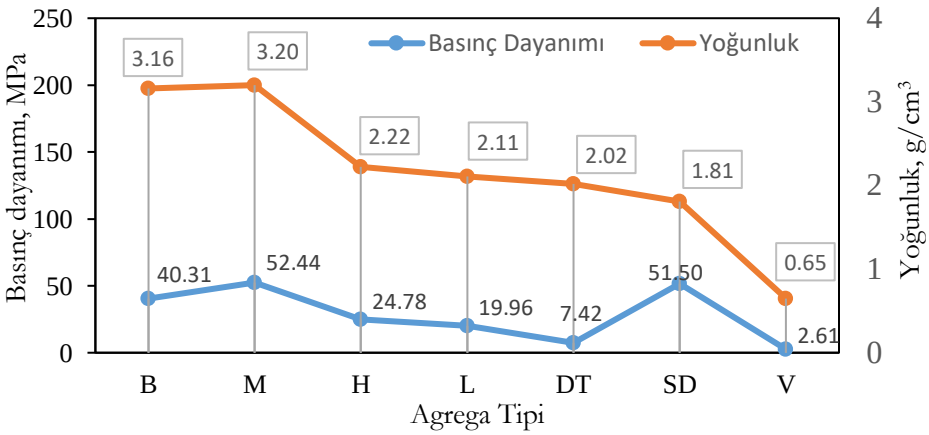
Duvar kaplama örnek kodu	B	M	H	L	DT	SD	V
Eğilme dayanımı (MPa)	5.50	9.71	3.70	2.69	2.83	9.49	1.41
Basınç dayanımı (MPa)	40.31	52.44	24.78	19.96	7.42	51.50	2.61



Şekil 4. Agrega tipi eğilme dayanımı ilişkisi



Şekil 5. Agrega tipi basınç dayanımı ilişkisi



Şekil 6. Agrega tipi basınç dayanımı-yoğunluk ilişkisi

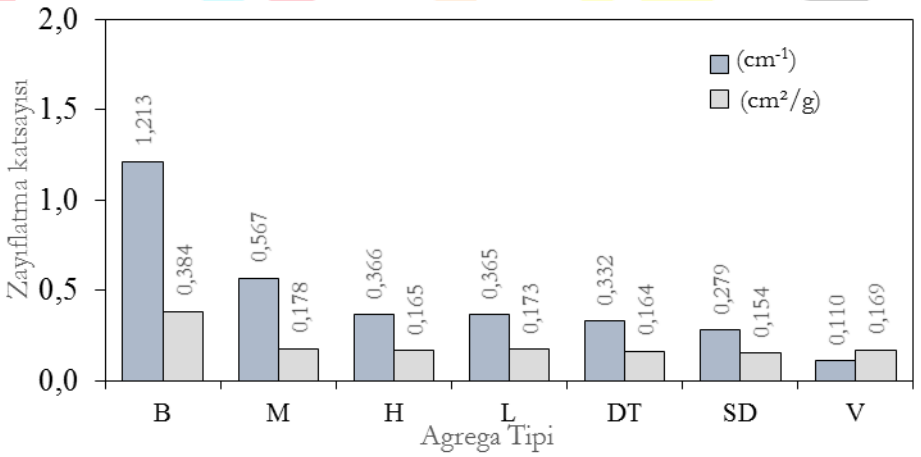
X-Işını Radyasyon Tutuculuk Deney Sonuçları

150 keV foton enerjili X-ışını radyasyon deneyleri için B, M, H, L, DT, SD ve V agrega tipi ile üretilen duvar kaplama örneklerine ait yoğunluk, deneysel ve teorik olarak bulunan lineer zayıflatma ve kütle zayıflatma katsayıları, eşdeğer kurşun kalınlıkları Çizelge 5'te verilmiştir.

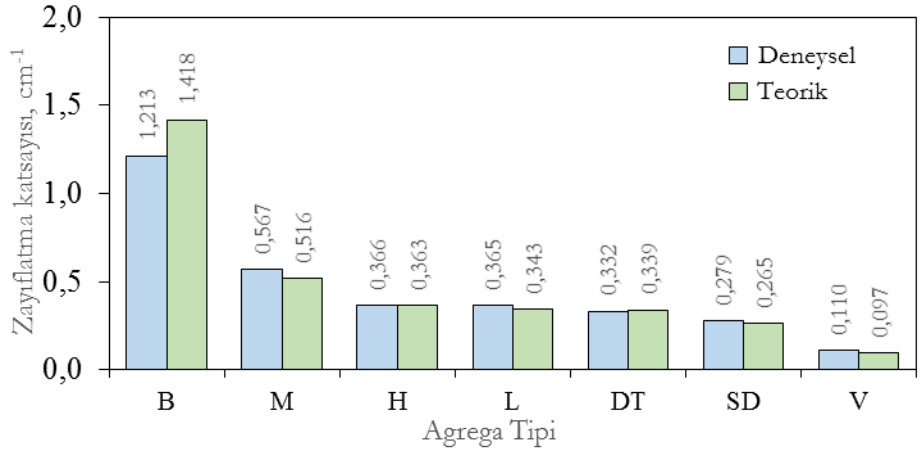
Tablo 5. 150 keV foton enerjili X-ışını radyasyon deney sonuçları

Duvar kaplama örnek tipi	BHA	μ-katsayısı (Deneysel)	μ-katsayısı (Deneysel)	Dozu %1 e indirmek için gerekli 2TVL kalınlık	1 mm kurşun eş değeri Dozu %11'e indirmek için gerekli kalınlık	μ (XCOM)	μ (XCOM)	Fark (Deneysel -Teorik)
	(g/cm^3)	(cm^{-1})	(cm^2/g)	(cm)	(cm)	(cm^{-1})	(cm^2/g)	(%)
B	3.16	1.213	0.384	3.8	1.79	1.418	0.449	16.87
M	3.20	0.567	0.177	8.1	3.83	0.516	0.161	9.05
H	2.22	0.366	0.165	12.6	5.93	0.363	0.164	0.81
L	2.11	0.365	0.173	12.6	5.95	0.343	0.163	6.06
DT	2.02	0.332	0.164	13.9	6.54	0.339	0.168	1.97
SD	1.81	0.279	0.154	16.5	7.78	0.265	0.146	5.04
V	0.65	0.110	0.169	41.9	19.74	0.097	0.149	12.01

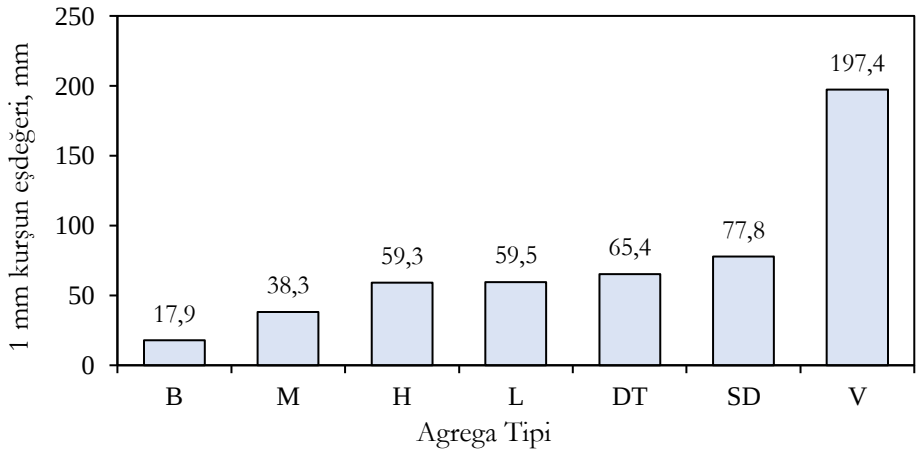
B, M, H, L, DT, SD ve V agrega tipi ile üretilen duvar kaplama örneklerine ait agrega tipi, deneysel olarak elde edilen lineer zayıflatma katsayısı (cm^{-1}) ve kütle zayıflatma katsayısı (cm^2/g) ilişkisi Şekil 10'da verilmiştir.



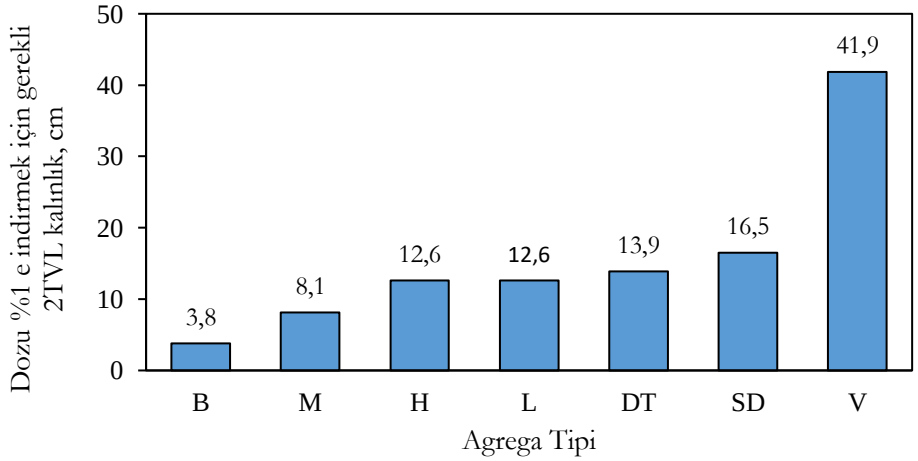
Şekil 7. Duvar kaplama örneği deneysel lineer ve kütle zayıflatma katsayısı ilişkisi



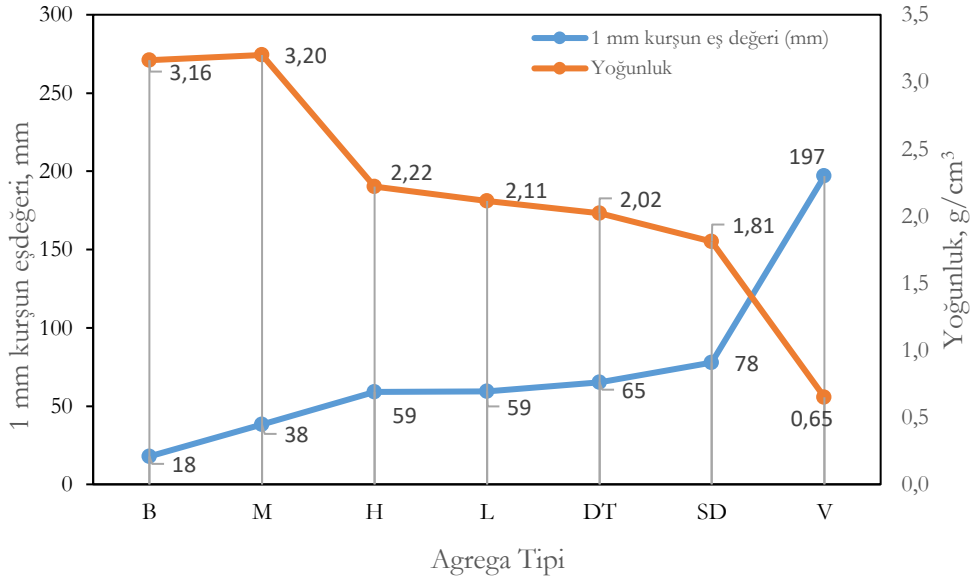
Şekil 8. Duvar kaplama örneği deneysel ve teorik lineer zayıflatma katsayısı ilişkisi



Şekil 9. Duvar kaplama örneği 1 mm kurşun eşdeğeri (mm) agrega tipi ilişkisi



Şekil 10. Dozu %1'e indirmek için gerekli 2TVL kalınlık (cm) ile agrega tipi ilişkisi

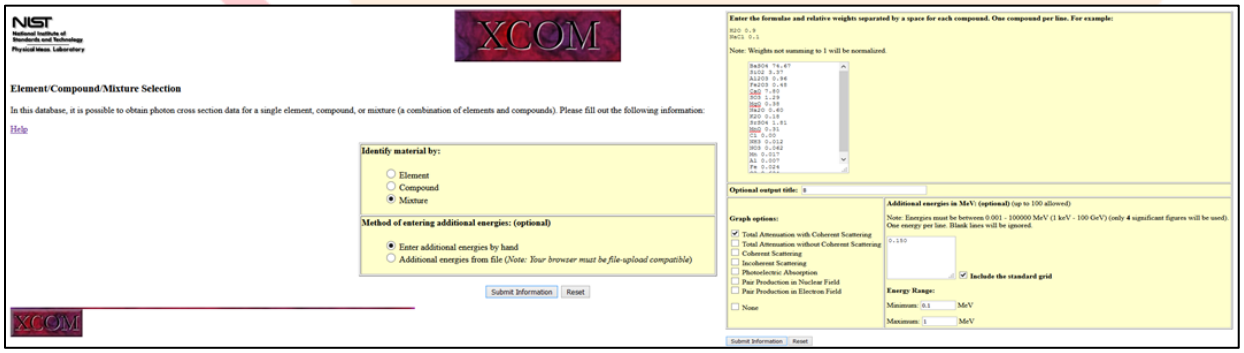


Şekil 11. Kurşun eşdeğer kalınlığı-yoğunluk ilişkisi

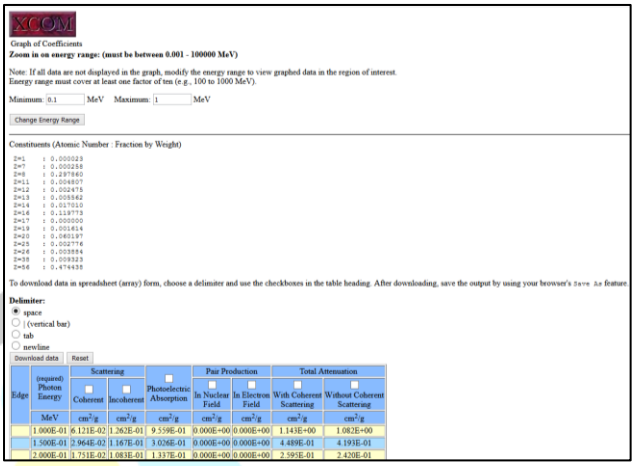
NISTXCOM

Amerika Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nün (National Institute of Standards and Technology (NIST)) geliştirmiş olduğu NISTXCOM programı teorik sonuçların hesaplanmasında kullanılmıştır. NISTXCOM programı element, bileşik ve karışımların kimyasal bileşimlerinin yazılarak X ve Gama fotonlarının istenilen enerji aralığında herhangi bir deneysel çalışma yapmadan kütle zayıflatma katsayı (cm^2/g) değerinin hesaplanabildiği bir programdır.

Bu çalışmada üretilen her bir duvar kaplama örneğinin karışım bileşenleri tek tek yazılmış ve örneklere ait kütle zayıflatma katsayısı (cm^2/g) hesaplanmıştır. 1 nolu eşitlikten yararlanılarak lineer zayıflatma katsayısı (cm^{-1}) tespit edilmiştir. B agrega tipi duvar kaplama örneğine ait NISTXCOM hesapları Şekil 12 ve 13'te sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 12. B agrega tipi duvar kaplama örneği verilerinin NISTXCOM programına girilmesi


XCOM

Graph of Coefficients

Zoom in on energy range: (must be between 0.001 - 100000 MeV)

Note: If all data are not displayed in the graph, modify the energy range to view graphed data in the region of interest.
Energy range must cover at least one factor of ten (e.g., 100 to 1000 MeV).

Minimum: 0.1 MeV Maximum: 1 MeV

Change Energy Range

Constituents (Atomic Number : Fraction by Weight)

```
Z=1    : 0.000023
Z=7    : 0.000258
Z=8    : 0.297860
Z=11   : 0.004807
Z=12   : 0.002475
Z=13   : 0.005562
Z=14   : 0.017010
Z=16   : 0.119773
Z=17   : 0.000000
Z=19   : 0.001414
Z=20   : 0.060197
Z=25   : 0.002776
Z=26   : 0.003584
Z=38   : 0.009323
Z=56   : 0.474438
```

To download data in spreadsheet (array) form, choose a delimiter and use the checkboxes in the table heading. After downloading, save the output by using your browser's Save As feature.

Delimiter:
- space
- | (vertical bar)
- tab
- newline

Download data Reset

Edge	(required) Photon Energy	Scattering: Coherent	Scattering: Incoherent	Photoelectric Absorption	Pair Production: In Nuclear Field	Pair Production: In Electron Field	Total Attenuation: With Coherent Scattering	Total Attenuation: Without Coherent Scattering
	MeV	cm²/g	cm²/g	cm²/g	cm²/g	cm²/g	cm²/g	cm²/g
	1.000E-01	9.121E-02	1.262E-01	9.559E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.143E+00	1.082E+00
	1.500E-01	2.964E-02	1.167E-01	3.026E-01	0.000E+00	0.000E+00	4.489E-01	4.193E-01
	2.000E-01	1.751E-02	1.083E-01	1.337E-01	0.000E+00	0.000E+00	2.595E-01	2.420E-01

Şekil 13. B agrega tipi duvar kaplama örneği kütle zayıflatma katsayısının NISTXCOM program ile belirlenmesi

Sonuçlar ve Öneriler

Farklı agregalarla üretilen çimento esaslı kompozitlerin X-ışını radyasyon tutuculuk özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada;

Eğilme ve basınç dayanımı değerlerinin en yüksek M agrega tipi duvar kaplama örneğinde bulunmuştur. Yoğunluğu en yüksek olan duvar kaplama örneği M olduğu ve yoğunluk ile eğilme-basınç dayanımları, X-ışını radyasyon tutuculukları arasında paralel bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Yoğunluğu yüksek olan örneklerin lineer zayıflatma katsayısı da yüksektir. Ancak yoğunluk ile kütle zayıflatma katsayısı arasında aynı paralellikten bahsetmek mümkün değildir. Lineer zayıflama katsayısı, 1 cm kalınlık için malzemenin ışın zayıflatma kabiliyeti olarak tanımlandığında, radyasyon tutuculuğu bu katsayı ile ilgilidir. 150 keV foton enerjili X-ışını radyasyon deney sonucuna göre; 1 mm kurşuna eş değer olabilecek radyasyon tutuculuğu en iyi duvar kaplama malzemesi 17.9 mm ile B agrega tipi duvar kaplama örneğinde tespit edilmiştir.

Radyasyondan korunmak için kurşun kaplamalar, radyasyonun zararlı etkilerini azaltmanın yanında insan sağlığına da önemli hasarlar vermektedir. Bu nedenle radyasyonun etkilerini azaltmak için kurşun zırha alternatif olarak üretilen barit, manyetit, hematit, limonit malzemesi ile hazır duvar kaplamalarının kullanımının daha uygun olacağı yapılan deneyler neticesinde görülmüştür.

Çalışmada B, M, H, L, DT, SD ve V agrega olarak sadece tek başına kullanılmıştır. Bir veya birden çok malzemelerin kompozisyonu yapılarak radyasyon tutuculuğu tespit edilebilir. Deneysel çalışmada kullanılan agregalar farklı boyutlarda kullanılarak üretim yapılabilir. Üretilen numunelerin radyasyon tutuculuklarını daha da iyileştirmek için numuneleri sıkıştırma, presleme gibi birim ağırlıklarını arttıracak farklı yöntemler kullanılabilir.

Kaynaklar

Akkurt, I., Kılınçarslan, Ş. and Başyiğit, C., 2004. The photon attenuation coefficients of barite, marble and limbra, Ann. of Nucl. En., 31, 577-582.

Akkurt, I., Basyigit, C., Kilincarslan, S. and Mavi, B., 2005. The shielding of γ-rays by concretes produced with barite, Prog. in Nucl. En., 46(l), 1-11.

Akkurt, I., Basyigit, C., Kilincarslan, S., Mavi, B. and Akkurt, A., 2006. Radiation shielding of concretes containing different aggregates, Cem. & Conc. Comp., 28, 153-157.

Akyüz, S., 1977. Gama ışınlarından korunmada barit agregalı ağır beton, İ.T.Ü. Dergisi, 35(5), 59-69.

Artığ, B., 2016. Pandermit, Kolemanit Konsantratör Atığı, Hematit, Manyetit ve Limonit İçeren Beton Numunelerinin Nötron Parçacıkları, X ve γ-Işınları İçin Radyasyon Soğurganlıklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi., Fen Bil. Ens., Van.

Coşkun, A., 2010. Ağır Betonlarda Barit Agregasının Kullanımı ve Beton Özelliklerinin Araştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi , Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

Demir, F., 2009. Bor ve Barit Agregalı Ağır Betonların Nötron Parçacıkları, X- ve γ- Işınları İçin Radyasyon Soğurganlıklarının Belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Erzurum.

Durmuş, A., Gürsoy, Y. ve Ayvaz, Y., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Ağır Betonlar, İMO Mühendislik Bülteni, Sayı: 49, 25-28.

Dusil, G. and Beier, B., 1989. High-Density concrete for radiation shielding in construction of nuclear power, Betontechnik, 10 (3), 84-87.

Frigerio, N. A., 1971. Vücudumuz ve Radyasyon., (N. Eray, Çev.) Ankara: Atom Enerjisi Komisyonu Yayınları.

Kılınçarslan, Ş., 2004. Barit agregalı ağır betonların radyasyon zırhlanmasındaki özellikeri ve optimal karışımlarının araştırılması, Doktora Tezi, S.D.Ü., Fen Bil. Ens., Isparta.

Kılınçarslan, Ş., Başyiğit, C., Molla, T., Sancar, S., 2011. Radyoaktif Işınlardan Korunaklı Ekolojik Yapılar, Journal of Polytechnic, 14(2), 93-99.

Lamarsh, J. W., 1977. lntroduction to nuclear reactor engineering, Addison-Westey Publishing Company, Massachusetts.

Mather, K., 1965. Heavyweight concrete for radiation shielding. J. of ACI Proc., 62, 951-962.

Ozkan, O. E., 2020. Investigation of the Radiation Shielding Properties of Black Pine Wood Impregnated with Boric Acid, Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 20 (2), 200-207.

Price, B. T., Horton, O. O. and Spinney, K. T., 1957. Radiation shielding, Perqamon Press, London-New York.
Steawart, D. A., 1962. The design and placing of high quality concrete, p. 84, London, Britania.

Şeker, S., & Çerezci, O., 2000. Radyasyon Kuşatması, İstanbul Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Topçu, İ. B. ve Karakurt, C., 2002. Ağır betonlar, T.M.O. Eskişehir Şubesi Bülteni, 6 (14),15-19.

Topçu, I. B., 2003. Properties of heavyweight concrete produced with barite, Cem. and Conc. Res., 33, 815–822.

Topçu, İ. B., 2006. Beton teknolojisi, sayfa 319-334, Eskişehir.

UNEP., 2016. United Nation Environment Programme Radiation Effects and Sources. UNEP

Wiley, J., 1980. Special concrete mortars and products, PCA, Sonc. lnc., USA.

Yarar, Y., 1994. Kolemanitli Betonların Nötron Zırhlanma Etkinliğinin ve aktivitesinin incelemesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.

https://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/834-bolum-06-radyasyondan-korunma.html (Erişim Tarihi: 20.10.2019).

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Hafif Betonların Kırılma Enerjisine Çelik Tel Narinliğinin ve İçeriğinin Etkisi

The Effects of Aspect Ratio and Volume Fraction of Steel Fibre on Fracture Energy of Lightweight Concrete

***Hüseyin Okan ANADUT*[1]**
***Fuat KÖKSAL*[2]**

Abstract

In this study, the fracture energy of steel fibre reinforced lightweight concrete was investigated. Lightweight concrete specimens were produced by using pumice aggregate and additions of steel fibres to mixes at 0, 30 kg/m^3 ve 60 kg/m^3 for aspect ratios of 55 and 80. Reference lightweight concrete grade was chosen as LC25/28. Unit weight test was performed on specimens for physical properties. For the mechanical properties, compressive and splitting tensile strength tests were made on standart cylinder specimens (150mmx300mm), and flexural test was also made on a notched beam specimens. The flexural test was achieved according to EN 14651 standard. The fracture energies and post-peak strengths (residual) of steel fibre reinforced lightweight concretes were determined by using the data obtained from load-crack mouth opening displacement (CMOD) curves in

Özet

Bu çalışmada çelik tel narinliği ve içeriğinin çelik tel donatılı hafif betonların (ÇTDHB) kırılma enerjilerine etkisi araştırılmıştır. Pomza agregası kullanılarak üretilen hafif betonlara 55 ve 80 narinliğe sahip çelik teller 0, 30 kg/m^3 ve 60 kg/m^3 miktarlarda katılarak numuneler üretilmiştir. Referans hafif beton sınıfı LC25/28 olarak alınmıştır. Üretilen numuneler üzerinde fiziksel özelliklerin belirlenmesi için birim ağırlık deneyi yapılmıştır. Mekanik dayanımların belirlenmesi için ise standart silindir numuneler (150mmx300mm) üzerinde basınç ve yarmada çekme deneyi, çentikli kiriş numuneler (150mmx150mmx600mm) üzerinde ise eğilme deneyleri yapılmıştır. Eğilme deneyi EN14651 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Eğilme deneyinden elde edilen yük-çatlak ağzı açılma deplasmanı (ÇAAD) eğrilerinden çelik tel donatılı hafif betonların kırılma enerjileri ve tepe

[1] Hüseyin Okan ANADUT, Arş. Gör., Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, okan.anadut@bozok.edu.tr
[2] Fuat KÖKSAL, Prof. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, fuat.koksal@bozok.edu.tr

flexural test. Depending on the test results, it is determined that first crack loads of specimens increased by increasing both fibre aspect ratio and volume fraction. Similarly, increases on compressive, splitting and flexural strengths of specimens were observed. Fracture energies were obtained higher for steel fibre with highest aspect ratio at all fibre volume fractions. On the other hand, the higher residual strengths were observed at steel fibre with a high aspect ratio

Keywords: Çelik tel, Kırılma Enerjisi, Basınç dayanımı, Eğilme dayanımı

yükü sonrası rezidüel dayanımları belirlenmiştir. Çelik tel narinliğinin ve içeriğinin artmasıyla numunelerin ilk çatlak yükünde artış olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde numunelerin basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımlarında artışlar gözlemlenmiştir. Büyük narinliğe sahip çelik teller bütün tel içeriklerinde daha yüksek kırılma enerjisi değerlerine ulaşmıştır. Ayrıca, çelik tel narinliğinin artmasıyla hafif betonların tepe yükü sonrası rezidüel dayanımlarında daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Steel fibre, Fracture energy, compressive strength, flexural strength

Giriş

Beton agrega, su, çimento ve gerektiğinde çeşitli katkı maddeleri kullanılarak üretilen, diğer yapı malzemelerine göre daha yüksek basınç dayanımına, durabiliteye ve daha düşük maliyetlere sahip olan en çok kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Beton birim hacim ağılığı yüksek olan bir malzemedir ve bu nedenle yapıya etki eden yatay deprem kuvvetlerinde artışa sebep olmaktadır. Normal betonun bu dezavantajının gerekli dayanımı sağlamak kaydıyla azaltılması gerekmektedir. Hafif betonlar bu amaçla üretilmeye başlanmış ve günümüzdeki yerini almıştır.

Hafif betonlarla imal edilmiş yapıların zati ağırlığında önemli derecede azalmalar sağlanmaktadır. Bu durum yapı elemanlarındaki kesit boyutlarının küçülmesine, temel problemlerinin çözümünün kolaylaşmasına ve dolayısıyla yapı maliyetlerinin daha ekonomik hal kazanmasında etkili olmaktadır. Fakat hafif betonların bazı sakıncalı tarafları da bulunmaktadır. Basınç mukavemetinin normal betona göre daha düşük olması, imalatında ve yerleştirilmesinde güçlüklerle karşılaşılması bunlardan bazılarıdır.

Betonun bazı mekanik özellikleri katkı malzemeleri yardımıyla iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Katkı malzemeleri olarak kimyasal maddelerin yanı sıra günümüzde çeşitli boyutlarda çelik lifler de kullanılmaktadır. Betonun mekanik ve kırılma özelliklerini geliştirmek için birçok lif tipi bir bileşen malzemesi olarak karışama ilave edilmektedir. Birçok araştırmacı lif içeriğinin ve tipinin betonun özelliklerine etkilerini araştırmıştır [1-4].

Çelik Tel Donatılı Betonları (ÇTDB) normal betonlardan ayıran en belirgin özeliği süneklik ve enerji yutma kapasitesindeki farklılıklardır. Çelik tellerin betona katılmasıyla sağlanan başlıca yararlar şöyle sıralanabilir; a) Yüksek taşıma kapasitesine sahip sünek beton üretimi olanak sağlaması, b) Donatı

korozyonun oluşmadığı düzgün beton yüzeyinin elde edilmesi, c) Etkin çatlak kontrolü, d) Dayanıklılığın arttırılması, e) Donatı işçiliğinde kaydedilen azalma [5].

Çelik tel kullanımının betonlar üzerindeki asıl yararı matris çatlamasından sonra görülmektedir. Ani göçmeyi önlemek için büyük enerji yutma kapasitesine sahip betonların elde edilmesinde çelik tel kullanımı önemli bir yere sahiptir [6,7]. Ayrıca, ÇTDB'lar endüstriyel zemin betonları, tünel kaplamaları ve beton borular gibi zemine oturan elemanların üretiminde de geleneksel donatı betonların yerine tercih edilebilmektedir [8].

Betonun kırılma enerjisi betonun göçme olayının anlaşılması ve büyük beton yapıların tasarım kriterlerini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Kırılma enerjisi (G_f) birim kırık yüzey alanı başına düşen enerji olarak tanımlanır ve yük-deplasman eğrisinin altındaki alan olarak ifade edilir. Beton yapıları analiz etmek için en yaygın kullanılan kırılma mekaniği modelleri, Hillerborg ve ark. tarafından önerilen fiktif çatlak modelidir (FCM) [9-11]. RILEM [12,13] ve Petersson [14] basit üç noktalı eğilme deneyleri ile G_f'nin belirlenmesi için bir yöntem önermiştir.

Betonun gerilme-birim şekil değiştirme eğrisinin doğru yorumlanabilmesi için süneklik ve enerji yutma kapasitesi gibi kavramların bilinmesi gerekir. Bir beton elemanın maruz kaldığı yük altında sünek bir davranış göstermesi ve yüksek enerji tüketebilmesi istenir. Çünkü elemanın deprem yüklerini altında kendisine gelen zorlamaları sönümlemesi herhangi bir can kaybı yaşanmadan depremin atlatılması açısından hayati bir öneme sahiptir [15].

Çalışmada çelik tel narinliğinin ve içeriğinin, çelik tel donatılı hafif taşıyıcı betonların (ÇTDHB) kırılma enerjilerine etkisi araştırılmıştır.

Deneysel Çalışma

Bu çalışmada beton üretiminde çimento olarak CEM I 42.5 R kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun yoğunluğu 3,15 g/cm^3'tür. Betonun üretiminde karışım suyu olarak TS EN 1008'e uygun olarak [16] Yozgat ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Agrega olarak Kayseri ili Develi bölgesinden temin edilen 0-4 mm ince, 4-8 mm ve 8-16 mm pomza agregaları ile 0-4 mm kalker esaslı kırma kum kullanılmıştır. Kullanılan agregaların özellikleri Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan Agregaların Özellikleri

Agrega Türü	Boyut (mm)	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Su Emme (%)
Pomza	0-4	1,35	29
	4-8	1,25	35
	8-16	1,15	43
Kırma Kum	0-4	2,62	1,63

Çalışmada; Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen silis dumanı (SD) kullanılmıştır. Silis dumanının yoğunluğu 2,38 g/cm^3'tür. Betonların işlenebilirliğini sabit tutmak için hiper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı (su azaltıcı) kullanılmıştır. Kullanılan katkının yoğunluğu 1,1 g/cm^3'tür. Çalışmada iki ucu kancalı

olan farklı narinliklere sahip 2 tip çelik tel kullanılmıştır. Kullanılan çelik tellerin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan Çelik Tellerin Özellikleri

Çelik Tel No.	Çekme Mukavemeti (N/mm^2)	Boy (mm)	Çap (mm)	Narinlik (l/d)
1	1500	30	0,55	55
2	1300	60	0,75	80

Pomza agregası kullanılarak üretilen hafif betonlara 55 ve 80 narinliğe sahip çelik teller 0, 30 kg/m^3 ve 60 kg/m^3 miktarlarda ikame edilerek numuneler üretilmiştir. Üretilen çelik lif katkılı hafif betonlarda su/bağlayıcı oranı 0,38 olarak belirlenmiştir. Su/çimento oranına pomza agregalar için kullanılan emdirme su miktarı dahil edilmemiştir. Referans (lifsiz) betonların karışım miktarları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Referans Beton Karışımında Kullanılan Malzeme Miktarları (kg/m^3)

Çimento	Su	Silis Dumanı	Kırma Kum	0-4 Pomza	4-8 Pomza	8-16 Pomza	Kimyasal Katkı
376	159	41,7	609	192	155	141	6,26

Karışımların kodlanması narinlik ve çelik tel içeriğine bağlı olarak yapılmıştır. Örnek olarak N80-30 karışım kodu narinliği 80 ve çelik tel içeriği ise 30 kg/m^3 olan karışımı ifade etmektedir.

Numune üretimleri düşey eksenli betoniyer kullanılarak üretilmiştir. İlk olarak hafif agregalar ve sonrasında kırma kum betoniyere konularak karıştırılmıştır. Daha sonra 10 dakika boyunca daha önce belirlenen miktardaki su ile pomza agregalarına ön emdirme uygulanmıştır. Sonrasında sırayla silis dumanı, çimento, çelik lifler karışıma eklenerek 2 dakika daha karıştırılıp karışım suyunun 3/4'ü 45 saniye süresince karışıma eklenerek 5. dakikaya kadar karıştırmaya devam edilmiştir. Karışım suyunun kalan 1/4'lük kısmı kimyasal katkı ile beraber betoniyere eklenerek homojen kıvam oluşturulana kadar karıştırılmaya devam edilmiştir.

Hazırlanan karışımlar masa tipi vibratör yardımıyla sıkıştırılarak kalıplara yerleştirilmiştir. 1 gün sonra kalıptan çıkarılan numunelere laboratuvar ortamında (23 °C ±2°C ve ~%65 bağıl nem) 28. güne kadar kür uygulanmıştır. Kırılma enerjisi deneyi için referans numuneler ile birlikte toplam 5 seri beton üretimi yapılmıştır. Her seri için 3 adet olmak üzere toplamda 15 adet 150*150*600 mm boyutlarında kiriş numuneler üretilmiştir. Deney öncesi kiriş numunelere 25 mm yüksekliğinde ve 2 mm genişliğinde çentikler açılmıştır. Birim ağırlık, basınç ve yarmada çekme deneyleri için ise standart silindir numuneler (çap=150mm, yükseklik=300mm) üretilmiştir.

İşlenebilirlik tayini için TS EN 12350-2 standardına [17] göre çökme deneyi yapılmıştır. Taze beton ve sertleşmiş beton birim ağırlık deneyleri ise sırasıyla TS EN 12350-6 [18] ve EN 12390-7 standartlarına [19] uygun olarak yapılmıştır.

Basınç ve yarmada çekme dayanımı tayini deneyleri silindir numuneler üzerinde sırasıyla TS EN 12390-3 [20] ve TS EN 12390-6 standartları [21] yapılmıştır. Eğilmede çekme deneyleri çentikli

kiriş numuneler üzerinde 20 ton kapasiteli kapalı çevrim-sehim kontrollü yükleme çerçevesinde EN 14651 standardına [22] uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yükleme 0,1 mm/dk yükleme hızında yapılmıştır. Eğilme deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Eğilme deney düzeneği.

Numunelerin eğilmede çekme dayanımları (f_f) aşağıda verilen denklem ile hesaplanmıştır.

$$f_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

Burada,

P=İlk çatlak açıklı kırılma yükünü (N),
L=Mesnetler arası uzaklığı (mm),
b=Numune genişliğini (mm),
d=Numune yüksekliğini (mm) ifade etmektedir.

Numunelerin kırılma enerjilerinin belirlenmesi için eğilme deneyinden elde edilen yük-çatlak ağzı açılma deplasman (ÇAAD) eğrileri kullanılmıştır. Kırılma enerjileri RILEM TC 50-FCM [12] tarafından önerilen ve aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G_f = \frac{W_0 + m(1-k^2)g\delta}{B(D-a)} \quad (1)$$

Burada,

W_0=Yük-sehim veya yük-çatlak açıklığı grafiğinin altında kalan alanı (Nm), (Bu çalışmada 4 mm sehime kadar yük-ÇAAD eğrisi altında kalan alan olarak alınmıştır)
m=Numunenin kütlesi (kg),
g=Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s^2),

δ=Açıklık ortasındaki sehim (m) (Bu çalışmada δ değeri 4 mm olarak alınmıştır),

B=Numune genişliği (m),
D=Numune derinliği (m),
a=Çentik derinliği (m),
k=(U/S)-1,
U=Numunenin boyu (m),
S=Mesnetler arası uzaklık (m),
G_f=Kırılma enerjisini (N/m) ifade etmektedir.

Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Taze beton birim ağırlık ve işlenebilirlik (çökme) deney sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çelik tel miktarının artmasıyla birim ağırlık değerlerinde artış, buna karşılık çökme değerlerinde ise azalma olduğu görülmüştür. Kullanılan çelik tel özgül ağırlığın diğer beton bileşenlerine kıyasla yüksek olması taze birim ağırlıklarda artışların nedeni olarak açıklanabilir. Çelik teller taze betonun hareketini sınırlayıcı etkisi nedeniyle de işlenebilirliğin azalmasına neden olmuştur. Çelik tel içermeyen referans karışımın çökme değeri 10,5 cm ve birim ağırlığının ise 1989 kg/m^3 olarak elde edilmiştir. En yüksek taze birim ağırlık değerleri ise 60 kg/m^{3}çelik tel içeren betonlarda; 55 ve 80 narinlik için sırasıyla 2056 kg/m^3 ve 2068 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde çökme değerlerindeki en büyük azalmalar 60 kg/m^{3}çelik tel içeriklerinde; 55 ve 80 narinlik için sırasıyla 7,5 cm ve 6,5 cm olarak elde edilmiştir.

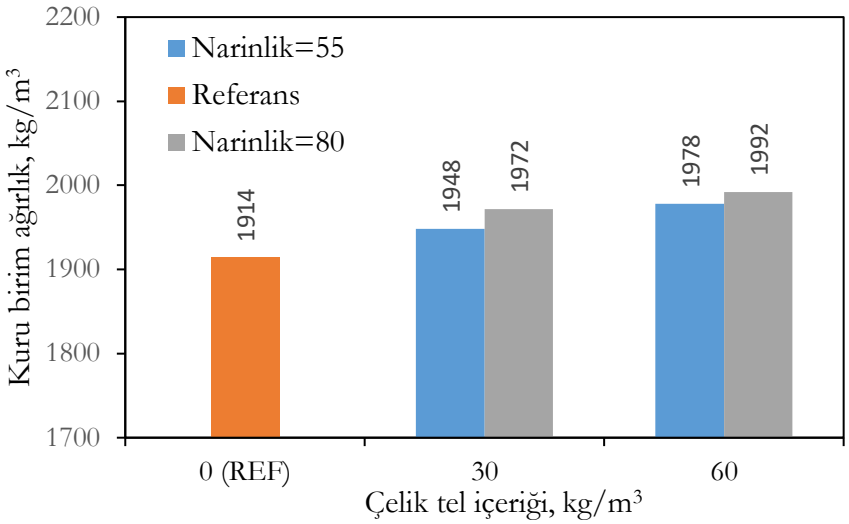
Çizelge 4. Taze Beton Deneyi Sonuçları

Narinlik	Karışım Kodu	Tel İçeriği (kg/m^3)	Çökme Değeri (cm)	Taze Birim Ağırlık (kg/m^3)
-	REF	0	10,5	1989
55	N55-30	30	9,5	2006
	N55-60	60	7,5	2056
80	N80-30	30	8,5	2032
	N80-60	60	6,5	2068

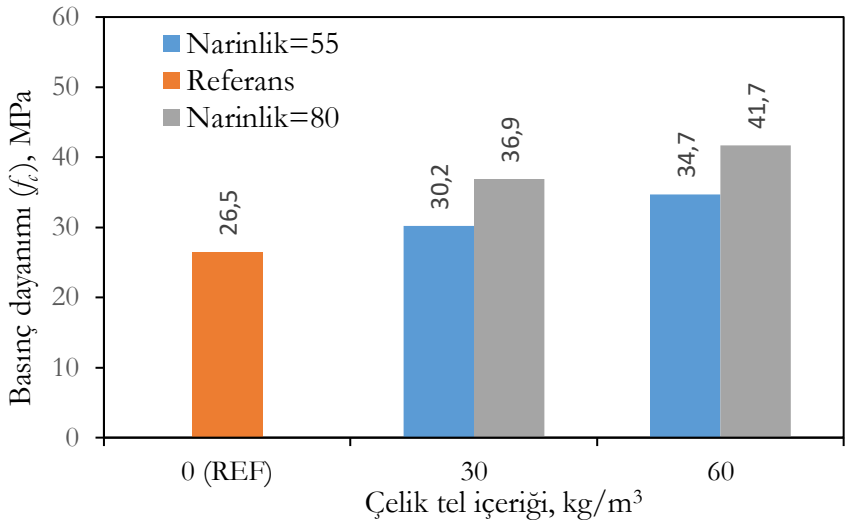
Kuru birim ağırlık deney sonuçları grafiksel olarak Şekil 2'de gösterilmiştir. Çelik tel miktarının artmasıyla birim ağırlık değerlerinde artışlar olduğu ve bütün numunelerin birim ağırlık değerlerinin 2000 kg/m^3'ün altında olduğu görülmüştür. Çelik tel içermeyen referans numunelerinin birim ağırlıkları 1914 kg/m^3 olarak elde edilmiştir. En yüksek birim ağırlık değerleri ise 60 kg/m^{3}çelik tel içeren betonlarda; 55 ve 80 narinlik için sırasıyla 1978 kg/m^3 ve 1992 kg/m^3 olarak belirlenmiştir.

Numunelerin çelik tel içeriğine bağlı 28 günlük basınç dayanım (f_c) deney sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Çelik tel miktarının ve narinliğinin artmasıyla basınç dayanımı değerlerinde artışlar olduğu görülmüştür. Çelik tel içermeyen referans grup için basınç dayanımı 27 MPa olarak elde edilmiştir. En yüksek basınç dayanımı değerleri ise 60 kg/m^{3}çelik tel içeren betonlarda; 55 ve 80

narinlik için sırasıyla 35 MPa ve 42 MPa olarak belirlenmiştir. 60 kg/m^{3}çelik tel içeriğinde 55 ve 80 narinlik için basınç dayanımlarında sırasıyla %30 ve %55,5 artış elde edilmiştir.



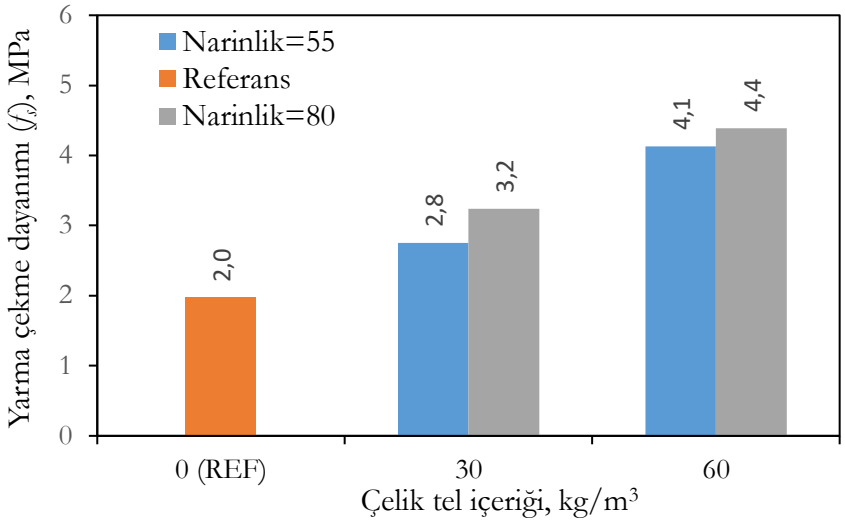
Şekil 2. Birim Ağırlık Deneyi Sonuçları



Şekil 3. Basınç Dayanımı Sonuçları

Yarmada çekme dayanımlarının (f_s) çelik tel içeriğine bağlı değişimleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Yarmada çekme dayanımlarında çelik tel miktarının artmasıyla belirgin artışlar görülmüştür. Her bir tel içeriği için en büyük artışlar narinliğin yüksek olduğu numunelerde elde edilmiştir. En yüksek yarmada

çekme dayanımı değerleri ise 60 kg/m^{3}çelik tel içeren betonlarda; 55 ve 80 narinlik için sırasıyla 4,13 MPa ve 4,39 MPa olarak belirlenmiştir. 60 kg/m^{3}çelik tel içeriğinde 55 ve 80 narinlik için yarmada çekme dayanımlarında sırasıyla %110 ve %123 artış elde edilmiştir.

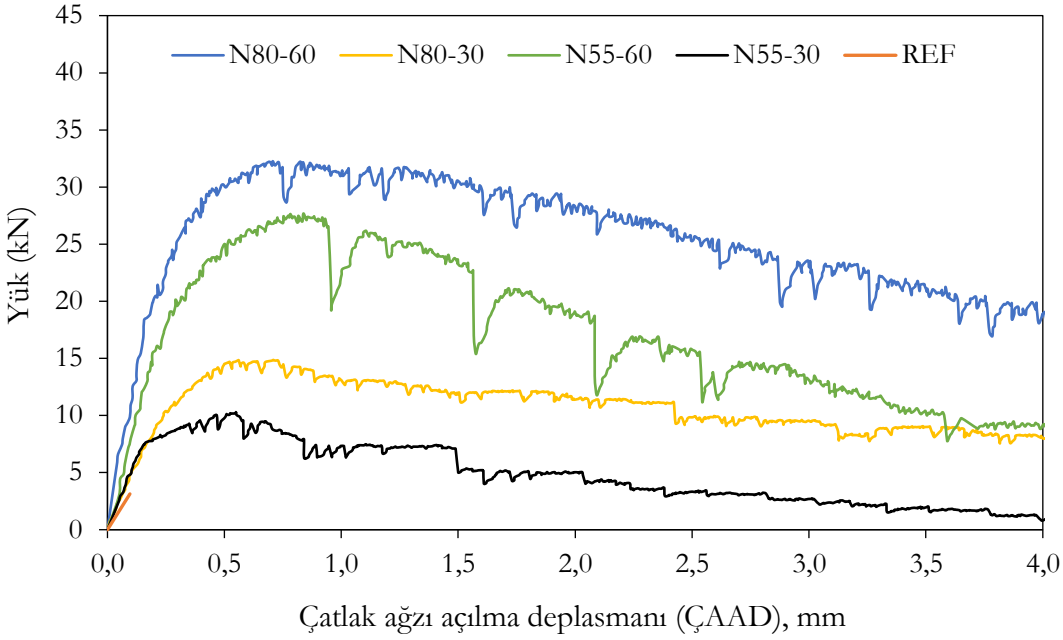


Şekil 4. Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları

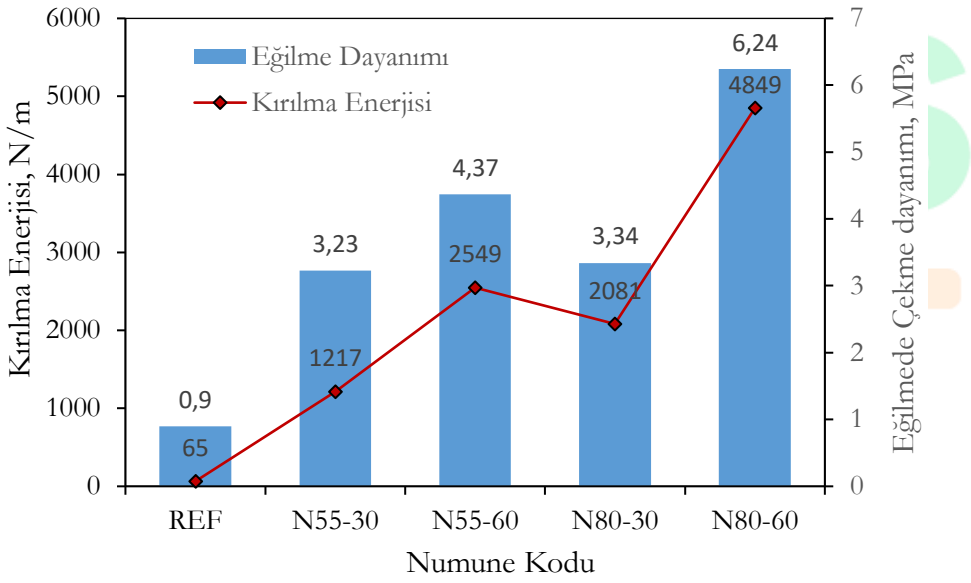
Numunelere ait eğilmede çekme dayanımı (f_f)deney sonuçları ve yük-ÇAAD eğrilerinden elde edilen kırılma enerjileri Çizelge 5'te verilmiştir. Çentikli kiriş numunelerin eğilme deneyinden elde edilen yük-ÇAAD eğrileri ise Şekil 5'de sunulmuştur. Çelik tel içeriğinin artmasıyla eğilmede çekme dayanımı ve kırılma enerjilerinde belirgin artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek eğilme dayanımı ve kırılma enerjilerin değerleri 80 narinliğe sahip 60 kg/m^{3}çelik tel içeren betonlarda sırasıyla 6,2 MPa ve 4849 N/m olarak belirlenmiştir. 55 narinlik ve 60 kg/m^{3}çelik tel içeriği için eğilme dayanımı ve kırılma enerjileri ise sırasıyla 4,4 MPa ve 2548 N/m olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5. Eğilmede Çekme Dayanımı ve Kırılma Enerjileri

Narinlik	Karışım Kodu	Çelik Tel İçeriği (kg/m^3)	Eğilmede Çekme Dayanımı, f_f (MPa)	Kırılma Enerjisi G_f (N/m)
-	REF	0	0,9	65
55	N55-30	30	3,2	1217
	N55-60	60	4,4	2548
80	N80-30	30	3,3	2081
	N80-60	60	6,2	4849



Şekil 5. Numunelerin yük-ÇAAD eğrileri



Şekil 6. Eğilmede çekme dayanımı ve kırılma enerjisi.

Beton matrisi içerisinde rastgele dağılı bulunan çelik teller köprüleme etkisi ile çatlak oluşumunu geciktirmiş ve çatlak açılması/yayılmasını önlemiştir. İlk çatlak sonrası çelik tellere transfer edilen gerilmeler çelik teller tarafından taşınmasıyla ani göçmenin önüne geçilmiş ve çelik tellere matristen sıyrılana kadar bu davranış devam etmiştir. Buna bağlı olarak çelik teller tepe yükü sonrası betonun davranışını iyileştirmiş ve azalan yük altında şekil değiştirmeye devam etmiştir. Artan şekil değiştirme miktarı ile yarı-gevrek olan betonun tokluğu veya enerji yutma kapasitesinde artışlar olmuştur. Numunelerin çelik tel içeriğine ve narinliğine bağlı eğilmede çekme dayanımı ve kırılma enerjisi ilişkisi Şekil 6'da verilmiştir.

Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada elde edilen çelik tel donatılı hafif betonların özelliklerine kullanılan çelik tel narinliği ve içeriğinin etkisini ile ilgili sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Çelik tel kullanılmasıyla hafif betonların birim ağırlıklarının arttığı, buna karşılık işlenebilirliğinin (çökme değerlerinin) azaldığı gözlemlenmiştir.
- Betonların basınç ve yarmada çekme dayanımlarında her bir narinlik için çelik tel miktarı artıkça artışlar elde edilmiştir. En yüksek artışlar 80 narinliğe sahip ve 60 kg/m^3 çelik tel içeren betonlarda görülmüştür.
- Hafif betona çelik tel ikamesi ile betonların eğilmede çekme dayanımı ve kırılma enerjilerinde belirgin artışlar olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışlar narinliği yüksek olan hafif betonlarda daha yüksek olmuştur Her iki narinlik değeri (55 ve 80) için eğilmede çekme dayanımı ve kırılma enerjilerindeki en büyük artışlar 60 kg/m^3 çelik tel içeriklerinde elde edilmiştir.

Taşıyıcı olmayan daha düşük dayanımlı (matris dayanımı daha düşük) hafif betonların mekanik özelliklerine lif tiplerinin ve içeriklerinin etkisi araştırma konusu olarak önerilebilir. Ayrıca farklı deney numunesi boyutları değişken alınarak boyut etkisinin çelik tel donatılı-taşıyıcı hafif betonların kırılma enerjilerine etkisi irdelenebilir.

Kaynaklar

1) Y. Uchida, N. Kurihara, K. Rokugo, W. Koyanagi, Determination of tension softening diagrams of various kinds of concrete by means of numerical analysis, in: F.H. Wittmann (Ed.), Fracture Mechanics of Concrete Structures, Aedificatio Publishers, Freiburg, Germany, 1995, pp. 17–30.
2) D.Y. Yoo, Y.S. Yoon, N. Banthia, Predicting the post-cracking behavior of normal- and high-strength steel-fiber-reinforced concrete beams, Constr. Build. Mater. 93 (2015) 477 485.
3) Y. Sahin, F. Köksal, The influences of matrix and steel fibre tensile strengths on the fracture energy of high-strength concrete, Constr. Build. Mater. 25 (4) (2011) 1801–1806.
4) D.Y. Yoo, J.H. Lee, Y.S. Yoon, Effect of fiber content on mechanical and fracture properties of ultra high performance fiber reinforced cementitious composites, Compos. Struct. 106 (2013) 742–753.
5) Taşdemir, M.A. ve Bayramov F., 2002. Yüksek performanslı çimento esaslı kompositlerin mekanik davranışı, itüdergisi/d Cilt 1, Sayı 2, Aralık, 125-144.
6) Banthia, N. And Trottier, J-F., 1995. Concrete reinforced with deformed steel fibers Part II:Tougness characterization, ACI Materials Journal, 92(2),146-154.
7) Barros, J.A.O. ve Trotier, J.F., 1995. Flexural behaviour of sfrc: testing and modelling, Journals of Materials in Civil Engineering, (11)4, 331-339.
8) Taşdemir, M.A., İlki, A. and Yerlikaya, M., 2002. Mechanical behaviour of steel fibre reinforced concrete used in hydraulic structures, Proceedings of HYDRO 2002: International Conference of Hydropower and Dams, Antalya, Turkey, November 4-7, 159-166.
9) Hillerborg A, Modeer M, Peterson PE. Analysis of crack formation and crack growths in concrete by means of fracture mechanics and finite elements. Cem Concr Res 1976;6:773–82.
10) Hillerborg A. Analysis of one single crack. In: Wittmann FH, editor. Fracture mechanics of concrete. Amsterdam: Elsevier; 1983. p. 223–49.
11) Hillerborg A. The theoretical basis of a method to determine the fracture energy GF of concrete. Mater Struct 1985;18(106):291–6.
12) RILEM Draft Recommendation, 50-FMC committee fracture mechanics of concrete. Mater Struct 1985; 18(106): 285–90.
13) RILEM. Fracture mechanics test methods for concrete (FMC 89). In: Shah SP, Carpentari A, editors. London: Chapman & Hall; 1990.
14) Petersson PE. Fracture energy of concrete: method of determination. Cem Concr Res 1980;10(1):79–89.
15) Zahn, F.A., Park, R., Priestly, M.J.N., 1989. Strength and Ductility of Square Reinforced Concrete Column Sections Subjected to Biaxial Bending", Structural Journal, 86(2), 123-131.
16) TS EN 1008, Beton Karma Suyu, Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dâhil, Suyun, Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları, 2013.
17) TS EN 12350-2, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, 2019.
18) TS EN 12350-6, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk, 2019.
19) TS EN 12390-7, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini, 2019.
20) TS EN 12390-3, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, 2019.
21) TS EN 12390-3, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, 2010.
22) TS EN 14651, Metal Lifli Beton- Deney Metodu- Eğilmede Çekme Dayanımının Tayini (Orantı Sınırı (Loc), Artık), 2008.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Yer Hareketinin Düşey Bileşeninin Önüretimli Betonarme Binalara Etkisi

The Effect of the Vertical Component of Ground Motion on Precast Reinforced Concrete Buildings

***Yakup Çevik*[1]**
***Hilal Meydanlı Atalay*[2]**

Abstract

While earthquake waves spread to all directions of the ground, the produced motions by these waves are measured through recording as two horizontal and vertical components. Horizontal ground motions are major components of earthquakes, and more attention is considered to the horizontal earthquake component in current seismic design codes. On the other hand, the vertical component effect is considered in buildings with vertical irregularities. In recent studies, it has been reported that the vertical ground motion has significant effects on the seismic behavior of structures and causes an increase in damage or collapse.

This paper, it is aimed to evaluate the effect of the vertical ground motion on the seismic response of precast reinforced concrete buildings. Linear analysis of single-story precast

Özet

Deprem dalgaları yerin her yönüne yayılırken, bu dalgaların ürettiği hareketler iki yatay ve bir düşey bileşen olarak kaydedilmektedir. Yatay yer hareketleri depremlerin ana bileşenleridir ve deprem yönetmeliklerinin birçoğunda yatay deprem bileşenine daha fazla önem verilmektedir. Düşey deprem etkisi ise düşey düzensizliğin olduğu binalarda dikkate alınmaktadır. Son yapılan araştırmalarda deprem düşey bileşeninin yapıların deprem davranışında önemli bir rol oynadığı ve bazı durumlarda hasar veya göçmeye neden olduğu raporlanmıştır. Bu çalışma, düşey deprem bileşeninin önüretimli betonarme binaların yatay deprem davranışı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla planlanmıştır. Geometrik özellikleri değişen tek katlı bina modellerinin yatay ve düşey deprem bileşenleri etkiisinde zaman tanım alanında

[1] Yakup Çevik, Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, yakupcevik1997@gmail.com
[2] Hilal Meydanlı Atalay, Dr. Öğr. Üyesi, Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, hilal.meydanli@kocaeli.edu.tr

building models with different geometric properties was made in the time-history analysis under the effect of horizontal and vertical ground motion components. To be used in the analyzes, 12 acceleration records, which attract attention with their vertical component in the literature, have been selected. The acceleration records were scaled by the SRSS method according to the 2018 Turkish Building Seismic Code.

The results of analysis, lateral drift ratio, column axial forces, column base moments, base shear forces and overturning moments were evaluated. The spectral ratio of the earthquake records and the seismic effects of the vertical ground motion on the building were compared. Axial force in the vertical structural members has increased significantly when the vertical ground motion is included. Although the buildings examined are designed and detailed according to the seismic codes, it is recommended to take into account the vertical ground motion in the seismic design and evaluation of precast reinforced concrete buildings, especially around active faults.

Keywords: Vertical ground motion, Precast reinforced concrete building, Seismic response, Time-history analysis, Spectral ratio

doğrusal analizi yapılmıştır. Analizlerde kullanılmak üzere, literatürde düşey bileşeni ile dikkat çeken 12 adet yer hareketi ivme kaydı seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları SRSS yöntemiyle Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği esaslarına göre ölçeklenmiştir. Analiz sonuçlarından yatay kat ötelenmesi, kolon eksenel kuvvetleri, kolon taban momentleri, taban kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri incelenmiştir. Düşey yapı elemanlarında oluşan eksenel kuvvet değeri, düşey deprem bileşeni dahil edildiğinde önemli ölçüde artmaktadır. İncelenen binalar deprem yönetmeliğine göre tasarlanıp detaylandırılsa da özellikle aktif fayların çevresindeki önüretimli betonarme binaların deprem tasarımında ve değerlendirilmesine deprem düşey bileşeninin dahil edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Deprem düşey bileşeni, Önüretimli betonarme binalar, Deprem davranışı, Zaman-tanım alanında hesap yöntemi, Spektral oran

Giriş

Deprem sonucunda üç boyutlu yer hareketi dalgaları meydana gelmektedir. İnşa edilen mühendislik yapıları, hizmet ömürleri boyunca bu yer hareketi dalgaları ile karşılaşmaktadır. İnşaat mühendisliği topluluğu, uzun yıllar boyunca yer hareketinin yatay bileşenlerine gereken önemi vermiştir ve tasarımda dikkate almıştır. Bunun aksine düşey bileşen nadiren dikkate alınmıştır.

Northridge, Kobe, ChiChi, Tōhoku ve Christchurch depremlerinde binalarda ve altyapı tesislerinde önemli hasarlar meydana gelmiştir. Bu hasarlar, yer hareketinin düşey bileşeni ile açıklanmıştır (Papazoglou & Elnashai, 1993). Bu gelişmelerin ardından düşey bileşenin önemi dikkate

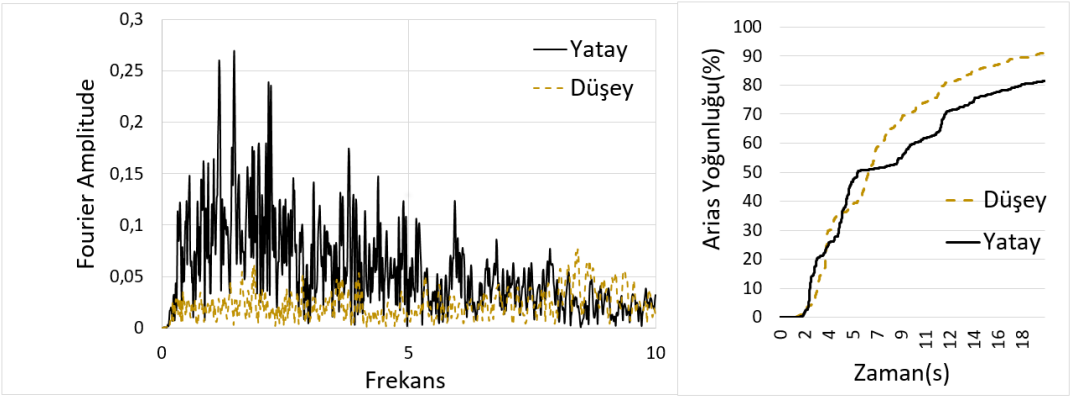
alınmış ve yer hareketi düşey bileşenin yapılar üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere daha fazla çalışma yapılmıştır (Narayana Murthy & Prof. Patil, 2015). Çalışmaların sonucunda, düşey bileşenin kolon eksenel kuvvetinde önemli artışlar oluşturduğu, kesme ve moment talebinde artışa sebep olabileceği, plastik deformasyon miktarını arttırdığı ve pastik mafsal oluşumunu uzatabileceği görülmüştür. Aynı zamanda kat ötelenmesi miktarını ve yapısal olmayan elemanlardaki hasar seviyesini arttırabileceği belirtilmiştir (Shrestha, 2009).

Yürürlükte olan uluslarlarası deprem yönetmeliklerinde ve 2018-Türkiye Bina ve Deprem Yönetmeliği'nde yer hareketinin düşey bileşeni tanımlanmıştır. Bazı yönetmelikler yer hareketinin düşey bileşenini yatay bileşene oranını 1/2 veya 2/3 olarak kabul ederken, bazı yönetmelikler faya yakın olunan bölgelerde spektrum belirsizliğine daha fazla önem vermektedir. Her geçen gün ivme kaydı sayısının artmasıyla ve gelişen teknolojiyle beraber, düşey bileşenin yatay bileşene oranının 1'den büyük değerler alabileceği görülmüştür (Shrestha, 2009). Düşey yer hareketi için oluşturulan spektrumların, yatay elastik spektrumlar ile birlikte kullanımı yoğunlaşmıştır.

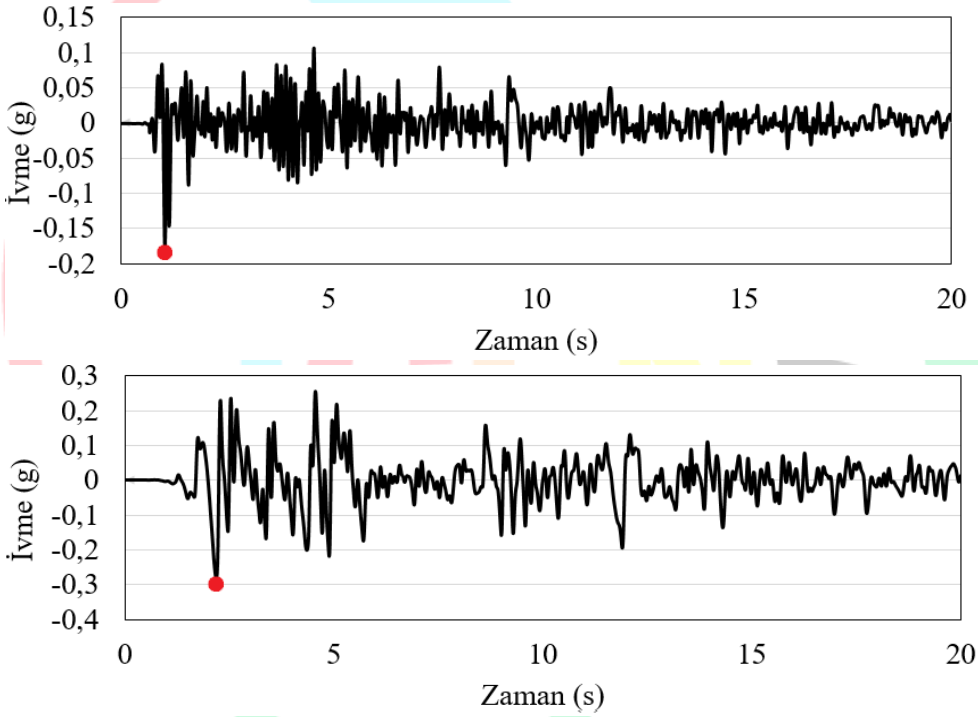
Planlanan bu çalışmada yer hareketinin düşey bileşeninin önüretimli betonarme binalar üzerindeki etkisi incelenecektir. Son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalarda, analizlerde kullanılmak üzere geleneksel betonarme binalar seçilmiştir. Ancak önüretimli binaların düşey deprem etkisindeki davranışı konusunda eksikler mevcuttur. Bu çalışma ile özellikle endüstri yapılarında, depolama tesislerinde, konferans ve sergi salonlarında yaygın olarak uygulanan önüretimli tek katlı çerçeve sistemlerin düşey deprem etkisindeki davranışı ile ilgili literatüre katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Yer Hareketinin Düşey Bileşeni

Yer hareketinin düşey bileşeni, uzun yıllar boyunca mühendisler tarafından önemsenmemiştir. Ortak algı olarak yer hareketinin yatay bileşeninin, düşey bileşenden daha yüksek ivmeler ürettiği kabul edilmiştir. Son yıllarda meydana gelen depremler ve çalışmalarla birlikte bu konudaki bilgi birikimi artmış ve mevcut tasarım felsefesi değişmiştir. Birçok deprem yönetmeliği, düşey bileşeni dikkate alırken Newmark vd.(1973) tarafından önerilen PGAV/PGAH (düşey/yatay pik yer ivmesi) spektral oranını kullanmaktadır. Bu öneri, spektral oranı 2/3 kabul etmektedir ve yatay bileşen için kullanılan spektrum grafiğinin, ölçeklendirilerek düşey bileşen için kullanılmasını önermektedir. Buna göre yatay ve düşey bileşenler için aynı frekans içeriği kullanılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda deprem bileşenlerinin frekans içeriğinin farklı olduğu görülmektedir. Yer hareketinin yatay bileşeni ifade edilirken S dalgaları, düşey bileşeni ifade edilirken P dalgaları kullanılmaktadır. P dalgasının dalga boyu, S dalgasının dalga boyundan daha kısa olduğu için yer hareketinin düşey bileşeninin frekans içeriği daha yoğundur. Şekil 1'de verilen, El Centro depremine ait Fourier spektrumu ve Arias yoğunluk eğrisi bu durumu doğrulamaktadır. Öte yandan kabul edilen spektral oran, faya yakın bölgelerde yetersiz kalırken, faya uzak bölgelerde fazla tutucu bir oran olmaktadır (Collier & Elnashai, 2001).



Şekil 1: El-centro depremi için yatay ve düşey yer hareketinin, Fourier spektrumlarının ve Arias yoğunluklarının karşılaştırılması



Şekil 2: El-centro depreminde meydana gelen sırasıyla düşey(0,18g) ve yatay(0,28g) ivme-zaman geçmişi

Yer hareketinin bir diğer özelliği ise, yatay ve düşey bileşenlerin pik ivmelerinin yapıya ulaşma süreleri arasındaki zaman farkıdır. Şekil 2'de görüldüğü üzere genel olarak düşey bileşenin pik ivme değerinin ulaşması, yatay bileşenin pik ivme değerinin ulaşmasından daha erken gerçekleşmektedir. Bu süre farkının, faya uzaklığın 5 km'den az olduğu durumlarda sıfır olarak alınması tavsiye edilmektedir. Pik ivme değerlerinin varış süresi çakıştığı taktirde tasarım esnasında bileşik etki göz önüne alınmalıdır (Shrestha, 2009).

İncelenen Binaların Özellikleri

Bu çalışmada tek katlı, kolonlar temelde ankastre, kolon-kiriş bağlantıları mafsallı önüretimli betonarme çerçeve sistem zaman tanım alanında hesap yöntemi ile analiz yapılmıştır. Binalar çerçeve doğrultusunda 2x15.00 metre, çerçeveye dik doğrultuda 10x7.50 metre boyutlarındadır. Kolon yükseklikleri 8,00 metredir. Model-1 için kolon boyutları 50 cm x 50 cm, Model-2 için 60 cm x 60 cm ve Model-3 için 70 cm x 70 cm boyutlarındadır. Çerçeveler, 8,00 metre kotunda kolonlara mafsallı olarak mesnetlenen değişken kesitli eğik çatı kirişleri ile oluşturulmuştur. Çerçeveler birbirine çatı seviyesinde mafsallı olarak mesnetlenen U kesitli oluk kirişler ve aşıklar ile bağlanmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları oluşturulurken beton dayanımı C30/37 beton sınıfı olarak dikkate alınmıştır. Çatı kaplamasının alüminyum sandviç panel olduğu kabul edilmiştir. Yapı modelinin oluşturulması, dinamik ve statik analizleri ile sonuçların elde edilmesi SAP2000 yapısal analiz programı ile gerçekleştirilmiştir. Önüretimli betonarme binanın geometrisi Şekil 3'te gösterilmektedir. Bina modellerinin titreşim periyotları özdeğer analizinden sırasıyla X doğrultusu için 1.05s, 0.74s, 0.56s; Y doğrultusu için 1.13s, 0.82s, 0.63s; Z doğrultusu için 0.10s, 0.09s, 0.09s olarak elde edilmiştir.

Şekil 3: Çalışmada kullanılan önüretimli betonarme bina modeli

Deprem İvme Kayıtları

Zaman-tanım alanında analizlerde kullanmak üzere çeşitli deprem ivme kayıtlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında, literatürde düşey bileşenin anlaşılmasında önemli yere sahip, geçmiş yıllarda gerçekleşen bazı depremlere ait 12 adet deprem ivme kaydı seçilmiştir. İvme kayıtları The Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) veritabanından elde edilmiş olup maksimum yatay ivme, maksimum düşey ivme ve spektral oran (PGA_V/PGA_H) değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. İvme kayıtlarının zaman tanım alanında analizlerde kullanılabilmesi için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği hükümleri dikkate alınarak yatayda ve düşeyde SRSS yöntemine göre ölçeklenmiştir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan deprem ivme kayıtları

Deprem Adı (Büyüklük)	Büyüklüğü	İstasyon	PGA_H (g)	PGA_V (g)	PGA_V/PGA_H
Kobe	(6.9)	Port Island	0,348	0,567	1,63
Kocaeli	(7.5)	Yarımca	0,322	0,242	0,75
Kocaeli	(7.5)	Gebze	0,260	0,194	0,75
Northridge	(6.7)	Canoga Park	0,392	0,492	1,25
Northridge	(6.7)	Roscoe Blvd	0,447	0,330	0,74
Loma Prieta	(6.9)	Anderson Dam	0,246	0,155	0,63
Park2004	(6.0)	Eades	0,390	0,196	0,50
Park2004	(6.0)	Gold Hill	0,785	0,148	0,18
Imperial Val.	(6.5)	Brawley Airport	0,220	0,153	0,69
Imperial Val.	(6.5)	El Centro Array #4	0,484	0,292	0,60
Loma Prieta	(6.9)	Saratoga-Aloha A.	0,514	0,396	0,77
Loma Prieta	(6.9)	Historic Bldg0	0,241	0,148	0,61

Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırmalı Analizi

Bu çalışmada zaman-tanım alanında doğrusal hesap yöntemi uygulanmıştır. Analizlerde düşey bileşenin etkisini incelemek amacıyla her deprem yer hareketi için dört farklı yükleme durumu oluşturulmuştur. Yükleme durumları Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2: Bir deprem yer hareketi için oluşturulan yükleme durumları

	Bina X Doğrultusu	Bina Y Doğrultusu	Bina Z Doğrultusu
Durum 1	Kuzey-Güney	Doğu-Batı	-
Durum 2	Kuzey-Güney	Doğu-Batı	Düşey
Durum 3	Doğu-Batı	Kuzey-Güney	-
Durum 4	Doğu-Batı	Kuzey-Güney	Düşey

Analiz sonrasında, kat ötelenmesi, taban kesme kuvveti, devrilme momenti ve kolon taban momenti verileri incelenirken düşey bileşenin etkisini değerlendirebilmek için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$\frac{(H+V)max}{(H)max}$$

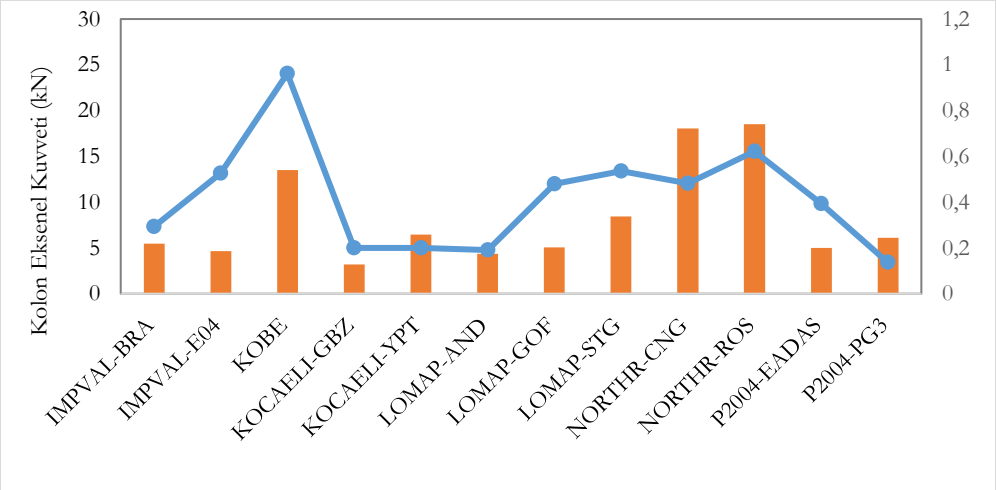
Bu denklemde $(H+V)_{max}$ ifadesi yatay ve düşey bileşenlerin beraber etki ettirildiği yükleme durumundan elde edilen en büyük hesap sonuçlarını, $(H)_{max}$ ifadesi yalnızca yatay bileşenlerin etki ettirildiği yükleme durumundan elde edilen en büyük hesap sonucunu göstermektedir.

Kolon eksenel kuvvet sonuçları incelendiğinde bazı ivme kayıtları için değerlerin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Düşey bileşenin etkisinin daha doğru şekilde anlaşılabilmesi için kolon eksenel kuvvet verileri değerlendirilirken aşağıdaki denklem uygulanmıştır.

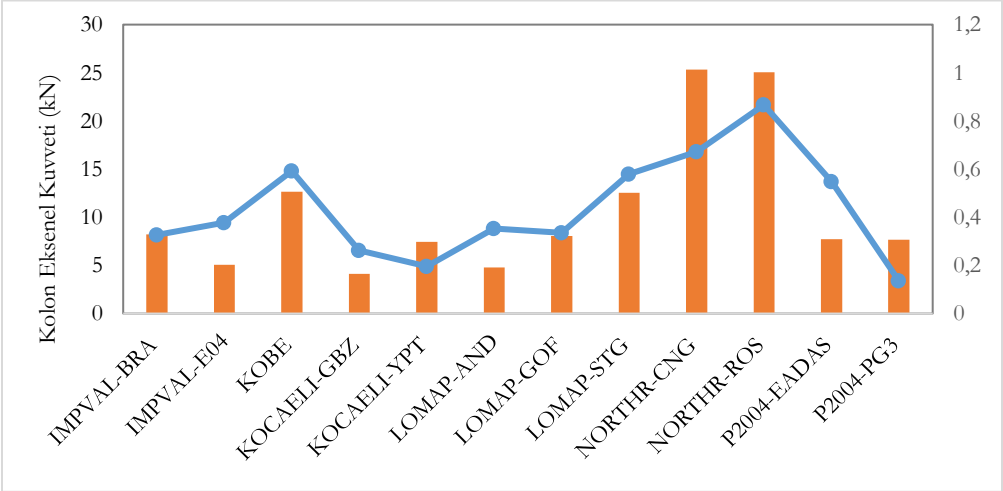
$$\frac{(H+V)max - (H)max}{\text{Kolon Eksenel Yük Taşıma Kapasitesi}}$$

Düşey deprem bileşeni, yapıda düşey olarak aşağı ve yukarı yönde hareket oluşturmaktadır ve yapı elemanlarının düşey statik yüklerini artırmaktadır. Ancak yatay deprem bileşeni ile birlikte düşey bileşeninde dikkate alındığı durumda yatay yer değiştirmelerde farklı bir etki ölçülmemiştir. Zaman-tanım alanında hesap yöntemi ile yapıda oluşan yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve oranları her model için ayrı ayrı incelenmiştir. Tüm modellerde iç kuvvetler için benzer oranların elde edilmesi sebebi ile çalışmada sadece eksenel kuvvet oranları ve taban devrilme momentleri gösterilmektedir. Şekil-4'te her bir bina modelinde elde edilen kolon eksenel kuvvetleri gösterilmektedir. Yatay deprem kuvveti ile birlikte düşey deprem bileşenin de dikkate alındığı analizlerde eksenel kuvvet değerlerinde önemli artış gözlenmiştir. Bu artış kolonların davranışını sünekten gevreğe dönüştürecek seviyeye ulaşmaktadır. Özellikle spektral oranın yüksek olduğu ve faya yakın bölgede kaydedilen Northridge, Loma Prieta ve Kobe depremlerine ait ivme kayıtlarından elde edilmiştir. Elemanların eksenel kapasitesinin artırıldığı Model-3'te kolon eksenel kuvveti artış oranının, Model-1 ve Model-2'den elde edilen kolon eksenel kuvvetlerinden daha düşük seviyede kaldığı belirlenmiştir. Kolon taban momentlerinde belirgin bir fark oluşamamıştır.

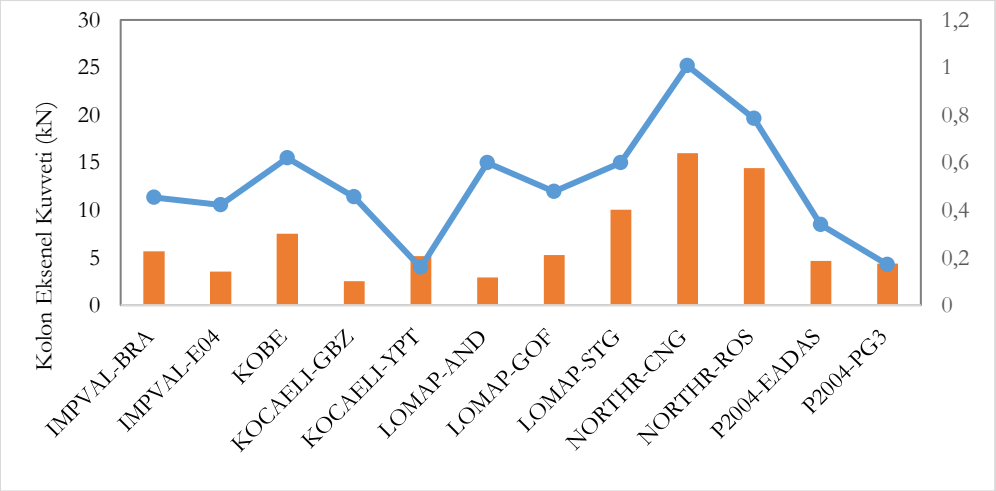
Model yapıların X-yönündeki doğal titreşim periyotları Y doğrultusundaki doğal titreşim periyotlardan daha küçük olup X yönündeki yer değiştirmelerde daha küçüktür. Dolayısıyla Y-yönündeki yer değiştirmeler daha büyük olduğundan bina tabanında X ekseni doğrultusunda daha büyük taban devrilme momentleri oluşmaktadır. Herbir model için elde edilen taban devrilme momentleri Şekil-5'de gösterilmektedir. Yatay deprem kuvvetiyle birlikte düşey deprem bileşeninin dikkate alındığı durumda taban momentlerinde artış gözlenmiştir. Bu durum özellikle spektral oranın (PGA_V/PGA_H) 0,75 ve üzerinde olduğu Northridge, Kobe ve Loma Prieta depremlerine ait ivme kayıtlarında gerçekleşmiştir. Düşey bileşenin etkisi incelenirken, kolon boyutlarının artmasıyla birlikte, devrilme momenti değerlerindeki artış miktarı azalmıştır. Ancak çerçeve açıklığının veya kolon yüksekliğinin artması ile yapıda daha fazla yatay yerdeğiştirme olması durumunda bina tabanında oluşacak devrilme momenti düşey deprem bileşeni etkisi ile daha da artacaktır.



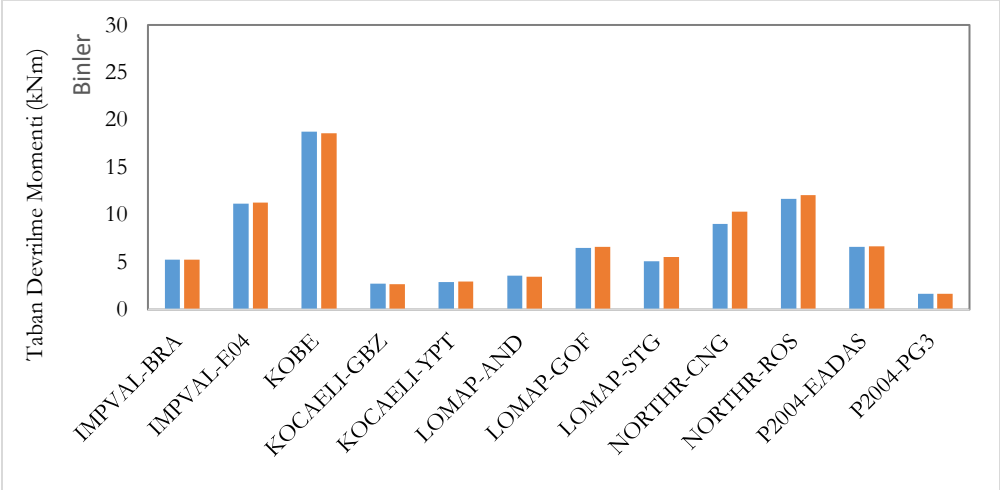
Şekil 4a: Model-1 için kolon eksenel kuvvetleri



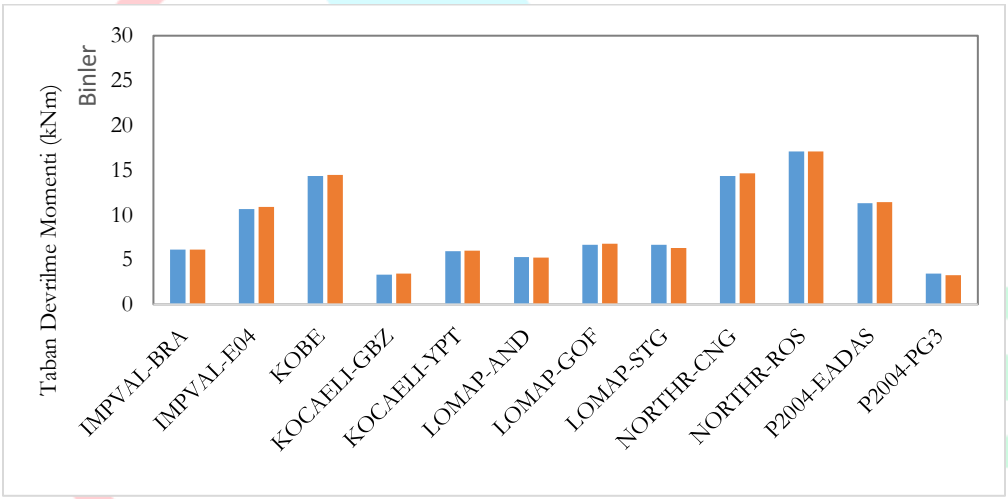
Şekil 4b: Model-2 için kolon eksenel kuvvetleri



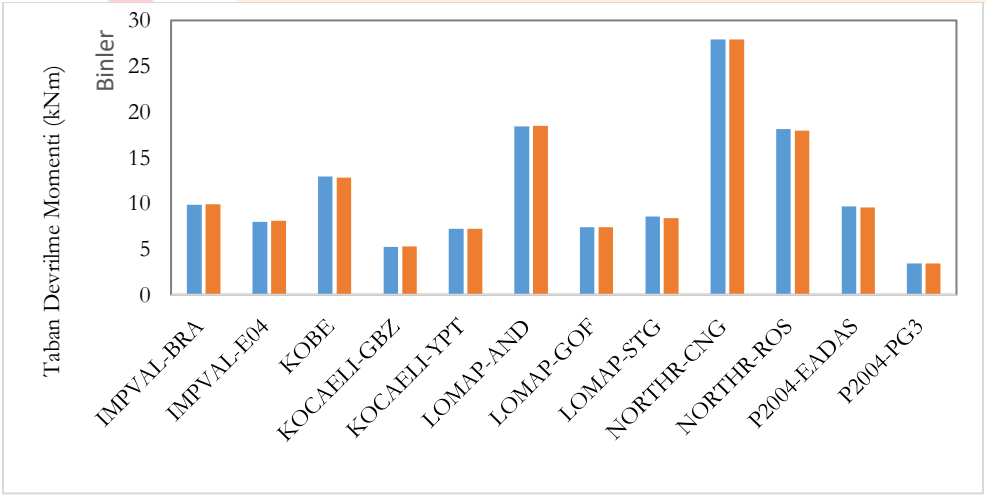
Şekil 4c: Model-3 için kolon eksenel kuvvetleri



Şekil 5.a: Model-1 için x ekseni doğrultusunda oluşan taban devrilme momentleri



Şekil 5.b: Model-2 için x ekseni doğrultusunda oluşan taban devrilme momentleri



Şekil 5.c: Model-3 için x ekseni doğrultusunda oluşan taban devrilme momentleri

Sonuçlar

Önüretimli betonarme binaların deprem davranışına düşey bileşenin etkisini incelemek amacıyla planlanan bu çalışmada rijitliği değişen yapı modellerinin zaman-tanım alanında doğrusal hesap yöntemi ile analizi yapılmıştır. Yapı modeli olarak endüstri yapıları, spor salonları, konferans salonları, fuar alanları gibi geniş açıklıklı binalarda uygulanan kolonları temelde ankastre çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan tek katlı yapı seçilmiştir. Analiz sonrasında, kat ötelenmesi, taban kesme kuvveti, devrilme momenti, kolon eksenel kuvvet ve momentleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Tüm yapı modellerinde kat ötelenmesi ve bina taban kesme kuvvetlerinin depremin düşey bileşeninin etkisiyle değişmediği gözlenmiştir. İncelenen parametrelerde düşey etki oranı 1.00'e yakın değerler almıştır.
- Deprem düşey bileşeninin etkisi ile kolon taban momentlerinin değişmediği, düşey etki oranının 1.00'e yakın olduğu belirlenmiştir.
- Bina tabanında oluşan devrilme momentleri düşey bileşen etkisi ile özellikle spektral oranı yüksek olan deprem kayıtları için artış göstermiştir. Düşey etki oranı tüm ivme kayıtlarının ortalaması olarak Y ekseni doğrultusunda 1.000, X ekseni doğrultusunda Model-1 için 1.020, Model-2 için 1.010, Model-3 için 0.990 olarak belirlenmiştir.
- Deprem yatay bileşeni ile birlikte düşey bileşen de dikkate alındığında oluşan eksenel kuvvet farkları, kolon eksenel kapasitesine oranlandığında Model-1 için 0.100, Model-2. için 0.097, Model-3 için 0.063 kadar artış meydana gelmektedir. Sonuç olarak düşey deprem etkisi kolonlarda eksenel kuvveti artırmıştır. Sınır değerler oranında meydana gelecek eksenel kuvvetin artması ile davranış, sünekten gevrek göçme moduna dönüşebilecektir. Buna karşılık kolonlarda düşey deprem etkisi ile oluşan momentin düşük seviyede kaldığı belirlenmiştir.
- Sonuç olarak yer hareketinin düşey bileşeni yapısal analizde dikkate alındığında, kolonlarda eksenel kuvvet ve bina taban devrilme momentindeki artışlar dikkat çekmektedir. Bu durum özellikle kolonların eksenel kapasitesine beklenenden daha erken ulaşmasına yol açabilir. Tek katlı, geniş açıklıklı, kolonları tabanda ankastre, çatı seviyesinde mafsallı bağlantılara sahip, önüretimli betonarme binaların tasarımı deprem yönetmeliği esaslarına göre yapılsa dahi faya yakın olunan bölgelerde inşa edildiğinde daha yüksek ivme değerlerine maruz kalacağından deprem düşey bileşenin hesaplarda dikkate alınması tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

Collier, C. J., & Elnashai, A. S. (2001). A procedure for combining horizontal and vertical seismic action effects. Journal of Earthquake Engineering 05(04), 521-539. doi:10.1142/S136324690100056X

Narayana Murthy, T., & Prof. Patil, G. R. (2015). Effect of vertical ground motion on reinforced concrete. Innovation in engineering science and technology (s. 33-39). Maharashtra: IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.

Papazoglou, A. J., & Elnashai, A. S. (1993, October). Analytical and field evidence of the damaging effect of vertical earthquake ground motion. The Journal of The International Association for Earthquake Engineering, 1019-1173. https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9845(199610)25:10<1109::AID-EQE604>3.0.CO;2-0

Shrestha, B. (2009). Vertical ground motions and its effect on engineering structures: a state-of-the-art review. (s. 190-202). Katmandu, Nepal: International Seminar on Hazard Management for Sustainable Development.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (2018). Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.

Keskin E. (2020). Effect of vertical ground motion on the performance of high-rise buildings (Lisansüstü tezi), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Fahjan, Y . (2008). Türkiye deprem yönetmeliği (DBYBHY, 2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi . Teknik Dergi, 19 (93) , 4423-4444 . https://dergipark.org.tr/tr/pub/tekderg/issue/12765/155259

Newmark, N.M., Blume, J.A. and Kapur, K.K. (1973). Seismic Design Spectra for Nuclear Power Plants, Journal of the Power Division, Proceedings of ASCE, Vol. 99, No. PO2, pp. 287–303.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Heyelanlı Kesimlerdeki Karayolu Tünel Portallarında Alınan Önlemler: Erkenek Tüneli Örneği, Malatya

Measures Taken on Road Tunnel Portals in Landslide Sections: Case of Erkenek Tunnel, Malatya

Abdulgazi Gedik[1]

Abstract

Following the considerable investments in construction of dual-carriageway roads, as of 2020, Turkey has become a leading country with over 350 road tunnels exceeding 430 kilometers in total length on its state highways and motorways. Having a twin-tube tunnel with a length of 1816 m, Erkenek Tunnel is situated on the state highway D-850 between the districts of Doganshehir, Malatya and Golbasi, Adiyaman. Connecting Eastern Turkey with the Mediterranean Region, this tunnel enables passing through the mountainous Erkenek Province and provides time and fuel saving, safe, sustainable, and high capacity transport for motor vehicles, particularly under hard winter conditions. During the tunneling, many geotechnical problems arose at some critical sections where the tunnel axis intersected with the East Anatolian Fault zone – a major strike-

Özet

Bölünmüş yolların yapımına yönelik önemli yatırımların ardından, Türkiye, 2020 yılı itibarıyla devlet yollarında ve otoyollarda toplam uzunluğu 430 kilometreyi aşan 350'nin üzerindeki karayolu tüneli ile lider ülke konumuna gelmiştir. 1816 mt uzunluğundaki çift tüplü Erkenek Tüneli Malatya İli, Doğanşehir ilçesi ile Adıyaman İli, Gölbaşı ilçesi arasında bulunan D-850 karayolu üzerinde yer almaktadır. Türkiye'nin Doğusunu Akdeniz Bölgesine bağlayan bu tünel, dağlık Erkenek Bölgesinden geçişi sağlayarak, özellikle zorlu kış koşulları altında motorlu taşıtlar için zamandan ve yakıttan tasarruf sağlayan, güvenli, sürdürülebilir ve yüksek kapasiteli bir ulaşım sağlamaktadır. Tünel yapım çalışmaları esnasında Türkiye'nin doğusunda yer alan Doğu Anadolu Fay Hattı ile tünel ekseninin kesiştiği bazı kritik kesimlerde birçok geoteknik sorun

[1]Abdulgazi Gedik, Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, gedikab@hotmail.com

slip fault zone in eastern Turkey. Furthermore, unexpected soil conditions due to the insufficient preliminary soil survey and boring works led to a significant struggle with mass wasting and subsidence in the excavation of the tunnel portals. Accordingly, additional landslide remedial and preventative measures were arranged for tunnel, itself and its portals and this study aims to present a case study of applied projects for portals of Erkenek Tunnel.

Keywords: Erkenek Tunnel, Landslide, Soil Remediation

ortaya çıkmıştır. Ayrıca yetersiz ön zemin etüdü ve sondaj çalışmaları nedeniyle karşılaşılan beklenmedik zemin koşulları tünel portal kazıları esnasında ortaya çıkan toprak kayması ve çökmeler için önemli bir mücadeleyi gerektirmiştir. Hal böyle olunca tünelin kendisi ve portalları için ek heyelan önleme ve iyileştirme tedbirleri alınmıştır ve bu çalışma Erkenek Tüneli portalları için uygulanan projeleri sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erkenek Tüneli, Heyelan, Zemin İyileştirmesi

Giriş

Erkenek Tüneli Karayolları 8. (Elazığ) Bölge Müdürlüğü ağındaki D-850 Malatya – Gölbaşı devlet karayolu bölünmüş yol yapım çalışmaları kapsamında çift tüp olarak tasarlanmıştır. Kuzey – güney aksı üzerinde yer alan bu tünel 1816 mt uzunluğunda olup taşıt kullanıcılarına dağlık Erkenek Geçidi'nde güvenli bir geçiş sunmak için projelendirilmiştir. Ancak yapım çalışmaları esnasında gerek tünel kesitinde gerekse tünel portal yapılarında önceden öngörülemeyen heyelanlı kesimlere rastlanılmıştır. Bu çalışma, sorunlu tünel giriş kesimlerinde alınması gereken ilave önlemleri farklı alternatif geoteknik modeller sunarak en optimal ve en güvenilir çözüm önerisini belirlemeyi hedeflemektedir.

Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları detaylı jeolojik haritalama çalışmaları ile jeoteknik araştırma programı kapsamında belirlenen lokasyonlarda sondaj kuyularının açılması ve bu çalışmalar esnasında yerinde yapılan deneyler ve numune alımlarından oluşmaktadır.

Sondaj Çalışmaları

Sondaj kuyularının açılması, kamyona monteli ED-500 tipi rotary makine ile gerçekleştirilmiştir. Sondajlar sırasında; rotary sulu sistem ile ilerleme yapılmıştır. İlerlemeye paralel olarak Standart Penetrasyon Testi deneyi yerinde yapılarak örselenmiş numuneler; karotiyer ile ilerlenerek de karot numuneler alınmıştır.

İnceleme alanı içerisinde toplam derinliği 175.00 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmış olup özet bilgi Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sondaj kuyuları özet tablosu

No	Adı	Derinlik (m)	Koordinatlar (ITRF 96) x	y	z	Sapma
1	SK-1 (İnk-1)	60.00	4199686.567	402969.231	1312.296	111 m sağ
2	SK-2	40.00	4199606.960	402954.620	1290.260	51 m sağ
3	SK-3 (İnk-3)	30.00	4199619.600	402990.276	1286.841	46 m sağ
4	SK-4 (İnk-4)	45.00	4199638.788	402978.910	1300.544	68 m sağ
TOPLAM		**175.00**				

Yerinde Yapılan Deneyler

Standart Penetrasyon Testi (SPT)

Numune alıcı 63.5 kg ağırlıktaki şahmerdanın 760 mm'den düşürülmesi ile 150 mm olarak kuyu tabanına yerleştirilmiştir. Kuyu tabanının altında her 150 mm'lik ilerlemeler için darbe sayıları kaydedilmiştir. Numune alıcı daha sonra 300 mm ya da 50 darbe (yerleştirme ameliyesi hariç) elde edilene kadar 63.5 kg ağırlıktaki şahmerdanın 760 mm'den düşürülmesi ile ilerletilmiştir. Her 150 mm penetrasyon için darbe sayıları kaydedilmiştir. Son 300 mm penetrasyon için gereken darbe sayısı penetrasyon direnci, N olarak ifade edilmiştir. Yerleştirme ameliyesinden sonra 300 mm'den az penetrasyon elde edilmiş ise kayıtlar darbe sayısını ve ilerlenen mesafeyi ifade etmektedir.

Numune Alımı

Örselenmiş Numune

Zemin tanımlaması amacı ile kullanılacak örselenmiş numuneler 2" dış çaplı ve 1 3/8" iç çaplı yarık numune alıcı ile alınmıştır. Alınan numunelerin doğal özelliklerini kaybetmemesi için numuneler iç içe geçmiş 2 ayrı plastik torba içinde saklanmıştır.

Karot Numunesi

Kaya sondajları sırasında, HQ çaplı Wireline karotiyer kullanılarak karot numuneler alınmıştır. Alınan karot numuneleri özel olarak hazırlanmış plastik sandıklarda muhafaza edilmiştir.

Heyelan İzleme Çalışmaları

Bölgedeki kütle hareketlerini incelemek amacıyla 3 adet sondaj kuyusuna inklinometre boruları yerleştirilmiş, deplasman grafikleri çizilmiş, sapma miktarları, yönleri ve hareketin gerçekleştiği derinlikler belirlenmiştir. İnceleme alanında yapılan çalışmalarda kullanılan Rocktest Telemac çift eksenli inklinometre sistemi; prob, makara ve PDA /cep bilgisayarından oluşmaktadır (Şekil 1). Sahadan toplanan veriler, GTILT PLUS değerlendirme programına aktarılarak her iki eksene ait deplasman grafikleri hazırlanmıştır.

Şekil 1. Rocktest Telemac çift eksenli inklinometre sistemi

Laboratuar Çalışmaları

Çalışma yapılan kesimde alınan numuneler üzerinde ilgili zemin ve kaya mekaniği deneyleri aşağıda Tablo 2'de gösterilen standartlara uygun olarak laboratuar ortamında yapılmıştır.

Tablo 2. Laboratuar deney standartları tablosu

Zemin ve Kaya Mekaniği Deneyleri	Standart
Su muhtevası	TS 1900
Likit limit, plastik limit ve plastisite indeksi	TS 1900
Elek analizi	TS 1900
Birleşmiş zemin sınıflaması	TS 1500
Kayada doğal birim ağırlık	ISRM
Kayada nokta yük dayanımı	ISRM

Jeoloji

Erkenek Tüneli çalışma alanı ve çevresinde yer alan jeolojik yapılar geçmişten günümüze doğru aşağıda detaylı olarak verilmiş olup bu kapsamda hazırlanan genel jeoloji haritası Şekil 2'de sunulmaktadır.

Genel Jeoloji

Malatya Metamorfikleri (Pm)

Silisifiye kireçtaşları, radyolarit, silisli şeyller, çörtlü kireçtaşı, killi kireçtaşı, tabakalı çörtler, kumtaşı ve volkanitlerle bunların içinde farklı yaşlarda kireçtaşı ve serpantinit bloklarından ve şistlerden oluşan birim, karmaşık yapı sunmaktadır. Birim kırmızımsı renk ve yumuşak topoğrafya sunmaktadır. Genellikle olistostromal karakterde olan serpantin ve kireçtaşı blokları içeren birim, kaymalar ve sıkışma tektoniği etkisiyle son derece kıvrımlı ve kırıklı bir yapı kazanmıştır. Birim Permiyen yaşlıdır.

Koçali Karmaşığı (Kk)

Ultrabazik kayalar, volkanitler, serpantinit, çörtlü kireçtaşı, spilitik bazalt andezit, aglomera ve farklı yaşlarda kireçtaşı bloklarından oluşan üst kretase yaşlı birim, düzensiz bir içyapı göstermektedir. Hâkim kaya tipi ultrabazikler ve serpantinitlerdir. Bunlar koyu kahve – koyu yeşil renkli oldukça parçalanmış, parlak yüzeyli ve genellikle serpantinleşmiş formasyonlardır. Ayrıca koyu kahve – boz renkli, aglomera ve lav akıntılar, kırmızı renkli, oldukça kıvrımlı, yer yer manganezli radyolarit ve silisli şeyller, kırmızı renkli ince tabakalı çörtlü kireçtaşları az oranda izlenmektedir. Bu kaya türleri tektonik dokanakla yan yana gelmiş karmaşık bir yapı sunmaktadır. Bu karmaşık yapı içerisinde irili ufaklı bej – gri, yer yer kırmızı renkli, çok kalın tabakalı veya masif kristalize kireçtaşı blokları bulunmaktadır.

Gölbaşı Formasyonu (Eg)

Açık gri, beyaz ve seyrekçe bej renkli kireçtaşları ofiyolitik serinin ayrışmasına bağlı olarak anılan seri üzerinde çoğu alanlarda askıda bloklar olarak gözlenmektedir. Paleozoyik şistler üzerinde ise anılan kireçtaşları ince kabuklar halinde görülmektedir. Formasyon Eosen yaşlıdır.

Teras Malzemesi (Qt)

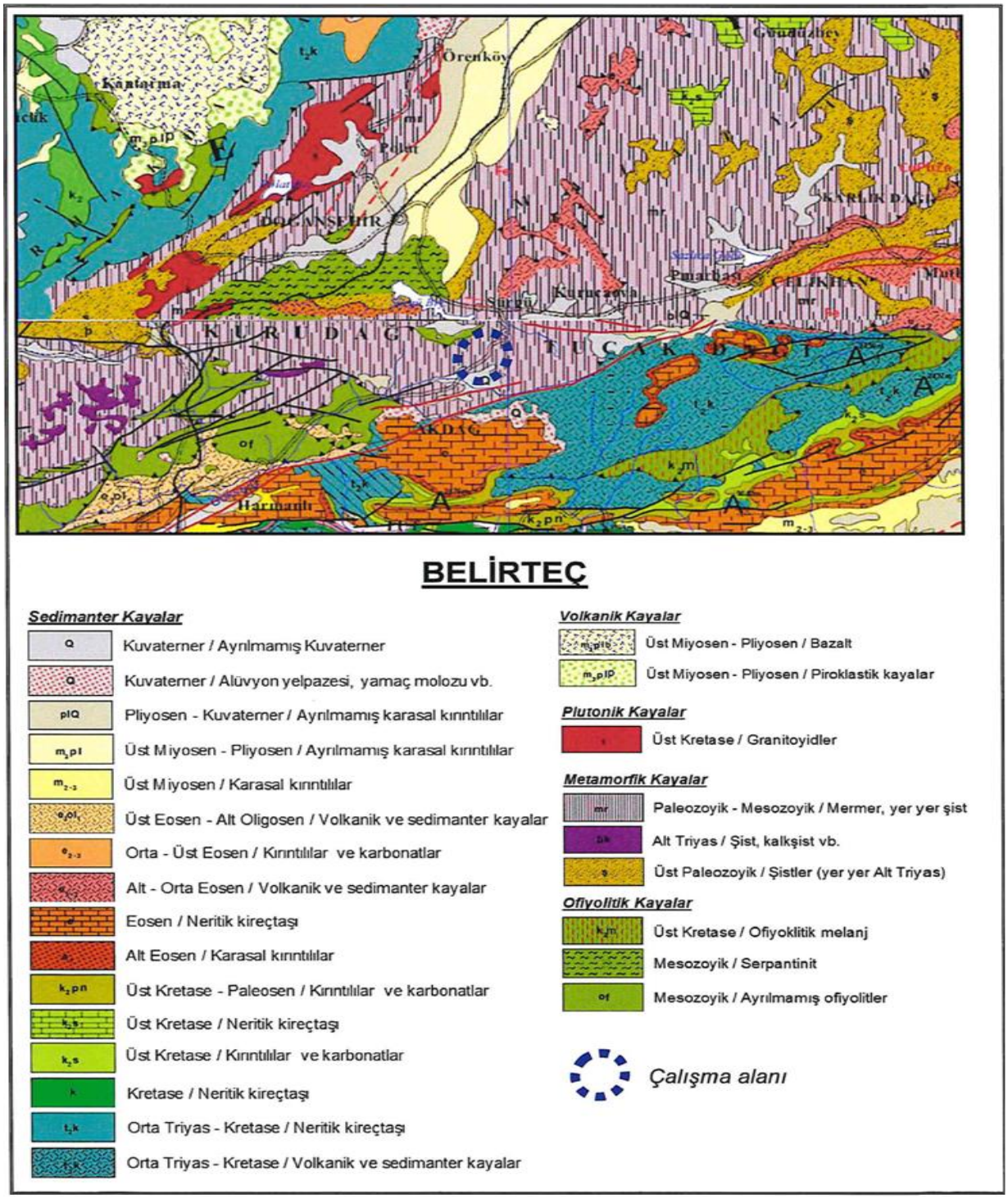
Çalışma alanı yakınında yer alan Göksu Deresinin oluşturduğu Kuvaterner yaşlı teras malzemesi zayıf çimentolu konglomera özelliğindedir. Yuvarlak – yarı yuvarlak çakıl blok ve iri kumlar; kil, silt ve ince kumdan oluşan çimento ile tutturulmuştur.

Yamaç Molozu (Qym)

Yamaçlarda ve yamaç eteklerinde kayanın fiziksel etkilerle yerinde ayrışması ve ayrışan maddenin yerçekimi etkisiyle aşağı doğru hareketi sonucunda oluşan yamaç molozu kırmızımsı, gri, kahve renkli, bloklu killi çakıl – kumlu kil olarak tanımlanmıştır. Çakıllar kireçtaşı, volkanik ve metamorfik kökenli olup, köşeli – yarı köşelidirler. Kuvaterner yaşlıdır.

Alüvyon (Qal)

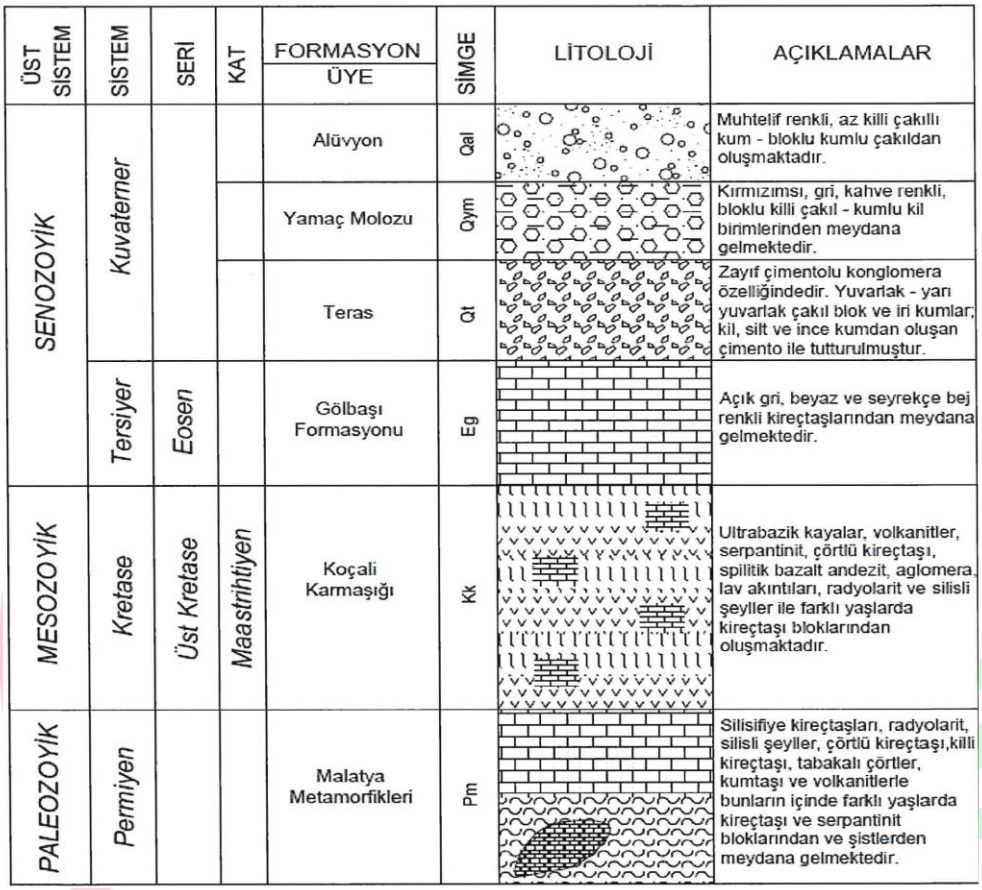
Mevcut derelerin oluşturduğu kuvaterner yaşlı alüvyon muhtelif renkli, az killi çakıllı kum – bloklu kumlu çakıldan oluşmaktadır. Çakıllar volkanik, kireçtaşı kökenli, yuvarlak – yarı yuvarlaktır.



Şekil 2. Tünel çalışma alanı ve çevresinin genel jeoloji haritası (MTA, 2021).

Stratigrafi

Erkenek Tüneli güzergâhı boyunca yüzeylenen jeolojik birimlerin özellikleri geçmişten günümüze doğru aşağıdaki gibi tanımlanmış olup bu kapsamda hazırlanan genelleştirilmiş stratigrafik kesit Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Tünel çalışma alanı ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (MTA, 2021)

Malatya Metamorfitleri (Pm): Tünel çalışma alanı içerisindeki temel birim Malatya Metamorfitlerinden oluşmaktadır. Birim genel olarak şist, kireçtaşı ve rekristalize kireçtaşından oluşmaktadır. Grafitik şist; siyahımsı – koyu gri renkli, tamamen ayrışmış, aşırı derecede zayıf dayanımlı ve parçalanmış özellikte olup bazı seviyelerde ezik zonlarla karşılaşılmıştır. Kalkşistler ise sarımsı – açık yeşil renkli, çok – tamamen ayrışmış, çok – aşırı derecede zayıf, çok çatlaklı – kırıklı ve parçalanmış yapıda olup foliasyonlar dalgalı – kaygan yapıdadır. Rekristalize kireçtaşları; kirli beyaz – gri renkli, çoğunlukla orta derecede, yer yer çok ayrışmış, orta derecede sağlam, genelde parçalanmış, yer yer çok çatlaklı – kırıklı, kırıklı ve erime boşlukludur. Bu yapılar süreksizlik yüzeyleri düz – düzlemsel, açık – kapalı, bazı seviyelerde FeO sıvamalıdır ve kalsit dolguludur. Yer yer gözlenen klorit şistler ise koyu yeşil – yeşilimsi kahve renklidir. Km: 75+800 civarında mevcut yol güzergâhının kilometre artış yönüne göre sol tarafında eksene yaklaşık 40 – 50 m uzaklıkta Malatya Metamorfiklerine ait masif kireçtaşı

yüzeylenmektedir. Kireçtaşı bu kesimde kirli beyaz, bej renkli, az çatlaklı, kırıklı, orta – sağlam dayanımlı, az ayrışmış, yer yer ise kalın tabakalı olarak gözlenmektedir.

Koçali Karmaşığı (Kk): Yapılan sondajlar neticesinde bu kesimde Koçali Karmaşığı'na ait olan diyabaz birimine rastlanmıştır. Diyabazlar; koyu yeşil – yeşilimsi kahve renkli, orta derecede – çok ayrışmış, orta derecede sağlam dayanımlı ve parçalanmış yapıda olup süreksizlik yüzeyleri açık, düz – az pürüzlü, kalsit dolgulu ve FeO sıvamalıdır.

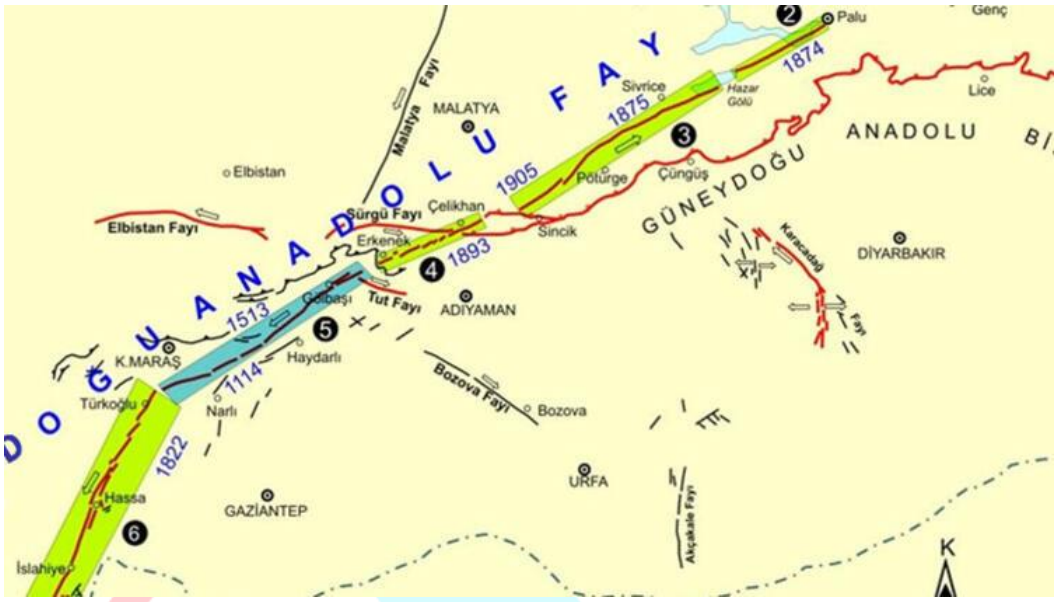
Yamaç Molozu (Qym): Açık kahve – gri – bej renkli, çok sıkı killi, siltli, bloklu, kumlu çakıldan meydana gelmektedir. Çakıllar ince – iri daneli, köşeli – yarı köşeli ve kireçtaşı kökenlidir. Bloklar ise maksimum 10 cm boyutundadır.

Alüvyon (Qal): Erkenek Çayı'nın oluşturduğu vadinin tabanında çakıllı ve kumlu blok birimlerine rastlanırken teras kesimlerinde ise bloklu, çakıllı, siltli, killi kum ve kumlu, siltli kil birimlerinin çökeldiği gözlenmiştir. Ayrıca yapımı devam eden D 850-11 nolu bölünmüş karayolu inşaatı boyunca yol dolgusu ve yapay dolgular yer almaktadır.

Yapısal Jeoloji ve Tektonizma

Erkenek Tünelinin yapıldığı proje alanı iki önemli tektonik hareketin etkisinde bulunmaktadır. Bunlardan Güneydoğu Anadolu Miyosen Bindirmesi Adıyaman İli, Gölbaşı ilçesinin kuzeyinden başlayarak Doğu – Batı doğrultusunda uzanmaktadır. Miyosen bindirmesi ile Yeni Erkenek yerleşim birimi ve Karanlıkdere yöresinde Paleozoik şistlerinin Permokarbon kireçtaşlarının allokton (taşınmış) kütleleri yüzleklenmektedir.

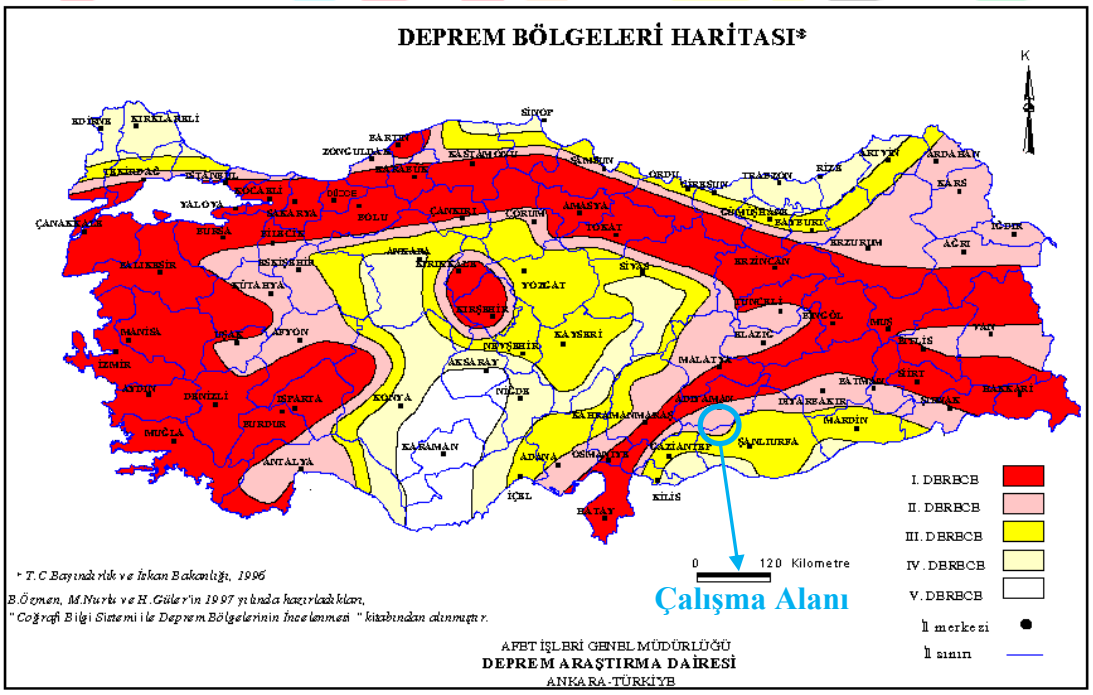
Proje alanında etkin olan ikinci tektonik hareket Doğu Anadolu Fayı (DAF)'nın orta kesimleridir (Şekil 4). DAF Adıyaman İli, Çelikhan İlçesinin güney batısında iki kola ayrılmaktadır. Bir kol batı yönünde Sürgü Fayı (Arpat ve Şaroğlu, 1975) olarak devam etmekte; anakol ise Adıyaman İli, Gölbaşı İlçesi istikameti yönünde uzanmaktadır. Çelikhan-Gölbaşı arasında DAF'ın Güneydoğu Anadolu Miyosen Bindirmesi'ni kestiği görülmektedir. Bu kesimde Yeni Erkenek ve Karanlıkdere yöresinde bulunan allokton kütleler topoğrafik olarak DAF'ın güneydoğusunda yer alan otokton (yerinde) kütlelere göre daha alçakta kalmaktadır. Gerçekte söz konusu allokton birimlerin miyosen bindirmesi nedeniyle otokton dizilimin üzerinde ve topoğrafik olarak daha üst seviyesi üzerinde olması gerekirdi. Ancak bu durum DAF'ın ortalama 500 m düşey atımı ile ilişkilendirilmektedir.



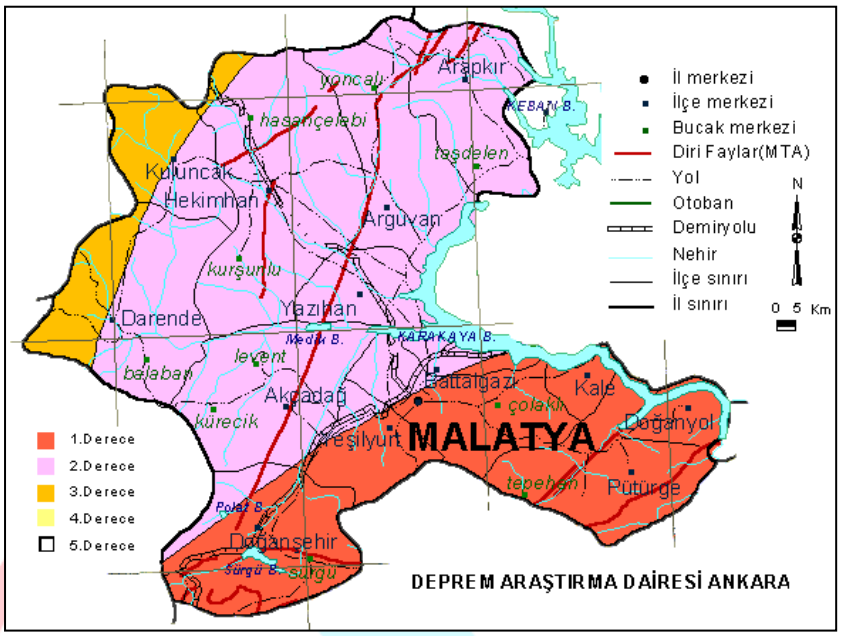
Şekil 4. Malatya ve çevresinin tektonik yapısı (MTA, 2021).

Depremsellik

Erkenek Tüneli; Bakanlar Kurulu'nun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre "1. Derece Deprem Bölgesi"nde yer almaktadır (Şekil 5). Güzergâhın bulunduğu Malatya İli'ne ait deprem haritası Şekil 6'da verilmiştir.
Güzergâh için önerilen etkin yer ivmesi; 4. derece deprem bölgeleri için 0.4 g, toprak işleri analizlerinde ise 0.2 g'dir.



Şekil 5. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2021)



Şekil 6. Malatya İli'ne ait deprem haritası (AFAD, 2021)

Hidrojeoloji

Tünel çalışma sahası ve çevresinde mevsimsel akış gösteren irili ufaklı birçok derenin yanı sıra, tünel güzergâhının sol tarafında yaklaşık 35 – 40 m uzağında Erkenek Çayı yer almaktadır. Çalışma sahasında hâkim olarak bulunan şistler ve kireçtaşları; az geçirimli, çok çatlaklı – kırıklı seviyeleri geçirimlidir. Yüzeyde bulunan rezidüel seviyeler, yamaç molozları ve alüvyon birimleri ise dane boyutuna bağlı olarak yarı geçirimli – geçirimli özelliğe sahiptir. Bazı bölgelerde yüzey suyu birikimleri ve yüzleklerdeki süreksizliklerde de sızıntı suları gözlenmiştir. Açılan sondaj kuyularında, yapılan ölçümlerde rastlanılan yeraltı suyu seviyelerine (YASS) ait bilgiler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Sondajlarda ölçülen YASS

No	Adı	Derinlik (m)	YASS (m)
1	SK-1(İnk-1)	60.00	14.00
2	SK-2	40.00	22.00
3	SK-3 (İnk-3)	30.00	14.00
4	SK-4 (İnk-4)	45.00	8.90

Jeoteknik Değerlendirmeler

Erkenek Tüneli Malatya İstikameti Giriş Portali öncesi güzergâhın sağ tarafındaki jeolojik, jeomorfolojik ve yapısal unsurlar, araziyi oluşturan birimlerin litolojik özellikleri, permeabiliteleri ve iklim koşulları gibi pek çok etken sonucunda çok sayıda çatlak, akma ve kayma yüzeyini içerisine alan heyelanlar meydana gelmiştir. Bu kesime ait görüntüler Şekil 7 ve Şekil 8' de gösterilmektedir.

Şekil 7. Heyelan etmiş kesimden görünüm

Şekil 8. Heyelan etmiş kesimden görünüm

Bu doğrultuda hem çalışma sahasındaki heyelanın geometrisini belirlemek hem de duraysızlığın içerisinde gerçekleştiği birimlerin mühendislik ve indeks özelliklerini tespit etmek amacıyla SK-1 (İnk-1), SK-2, SK-3 (İnk-3) ve SK-4 (İnk-4) temel sondajları açılmıştır. Heyelanlı kesimlerdeki sondaj

çalışmalarını gösteren resimler Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmektedir. Sondajlarda karşılaşılan birimlere ait özet bilgiler Tablo 4'de; inklinometre ölçümü yapılan sondajlara ait bilgiler ise Tablo 5'de sunulmuştur.

Şekil 9. SK-1 sondajından görünüm

Şekil 10. SK-2 sondajından görünüm

Şekil 11. SK-3 sondajından görünüm

Şekil 12. SK-4 sondajından görünüm

Tablo 4. Sondajlarda karşılaşılan birimlere ait bilgiler

Adı	Derinlik (m)	Litoloji	Süreksizlik Durumu	Ayrışma	Dayanım	Çatlak (# m)
SK-1 (İnk-1)	0.00 – 7.00	Bloklu, çakıllı, siltli, killi kum	–	–	–	–
	7.00 – 13.00	Kalkşist	–	W5	R0	> 50
	13.00 – 35.60	Grafitik şist	Düz - kaygan	W5	R0	> 50
	35.60 – 42.50	Rekristalize Kireçtaşı + Grafitik şist + Kalkşist	Düz – az pürüzlü, kil ve kalsit dolgulu	W3 - W5	R0 – R3	11 – 50, > 50
	42.50 – 60.00	Grafitik şist	Düzlemsel, kalsit dolgulu	W3 - W5	R0 – R3	> 50
SK-2	0.00 – 11.00	Bloklu, çakıllı, siltli, killi kum	–	–	–	–
	11.00 – 16.70	Grafitik şist	–	W5	R0	> 50
	16.70 – 31.80	Rekristalize Kireçtaşı	Az pürüzlü, kil ve kalsit dolgulu	W3 – W4	R1 – R3	11 – 50, > 50
	31.80 – 40.00	Grafitik şist	Düz, kil ve kalsit dolgulu	W4 – W5	R1 – R2	> 50
SK-3 (İnk-3)	0.00 – 2.20	Bloklu, kumlu, siltli, killi çakıl	–	–	–	–
	2.20 – 13.50	Grafitik şist	Düz – kaygan, kalsit dolgulu	W4 – W5	R0	> 50
	13.50 – 36.00	Rekristalize Kireçtaşı + Grafitik şist + Kalkşist	Düz – az pürüzlü, kil ve kalsit dolgulu	W3 – W5	R0 – R3	4 – 10, > 50
SK-4 (İnk-4)	0.00 – 3.50	Çakıllı, killi kum	–	–	–	–
	3.50 – 9.20	Grafitik şist	–	W5	R0	> 50
	9.20 – 21.40	Rekristalize Kireçtaşı + Grafitik şist + Kalkşist	Düz – az pürüzlü, kalsit dolgulu	W3 – W5	R1 – R2	11 – 50, > 50
	21.40 – 43.00	Grafitik şist	–	W3 – W5	R0 – R2	11 – 50, > 50
	43.00 – 45.00	Rekristalize Kireçtaşı	Az pürüzlü, kil ve kalsit dolgulu	W2 – W3	R2 – R3	11 – 50, > 50

Tablo 5. İnklinometre sondajlarına ait bilgiler

Adı	Derinlik (m)	Yaklaşık Kayma Derinliği (m)	Maksimum Kayma Miktarı A Yönü (mm)	Maksimum Kayma Miktarı B Yönü (mm)
SK-1 (İnk-1)	60.00	54.50	35.56	–
SK-3 (İnk-3)	30.00	13.50	48.89	8.87
SK-4 (İnk-4)	45.00	9.20	6.67	–

Bu sondajlardan alınan örnekler üzerinde gerekli zemin ve kaya mekaniği deneyleri uygulanmış olup deneylere ait sonuçlar Tablo 6 ve Tablo 7'de özetlenmiştir.

Tablo 6. Kaya deneylerine ait laboratuar sonuçları

Kuyu No	Örnek No	Derinlik		Su Muhtevası	Doğal Birim Hacim Ağırlık	Kuru Birim Hacim Ağırlık	Görünür Porozite	Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Elastisite Modülü	Poisson Oranı	Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi		Nokta Yük İndeksi
		m.'den	m.'ye	W_n %	γ_n g/cm³	γ_d g/cm³	n_a %	q_u kg/cm²	E GPa	υ –	c kg/cm²	ϕ °	$I_{s(50)}$ MPa
SK-1 (İnk-1)	RC-12	16.59	18.00		1.82								0.89
	RC-14	19.00	20.00		1.80								0.04
	RC-17	22.00	24.00		1.78								0.05
	RC-22	29.00	30.00		1.88								0.04
	RC-25	32.00	33.00		1.84								0.04
	RC-28	35.00	36.00		2.68			247.89	37.79	0.34			
	RC-29-30	36.00	38.00		2.66								2.50
	RC-33	40.00	42.00		2.66			256.56	44.95	0.40			
	RC-35	43.00	44.00		2.22			5.87	2*	2*			
	RC-37	45.00	47.00		1.70								0.09
	RC-43	53.00	54.00		2.86								1.83
	RC-45-46	55.00	58.00		1.97								0.03
SK-2	RC-11	15.45	16.50		4*			699.65	81.43	0.27			4*
	RC-12	16.50	18.00		2.71								1.49
	RC-13	18.00	19.50		2.73			1*	1*	1*			1.71
	RC-23-24	33.00	36.00		2.83								2.65
SK-3 (İnk-3)	RC-6-7	7.95	10.50		1.91								0.07
	RC-8	10.50	12.00		1.85								0.04
	RC-10	13.50	15.00		2.69			350.82	60.67	0.24			
	RC-11	15.00	16.50		2.62								1.05
	RC-17	24.00	25.50		2.62			117.80	45.71	0.29			
	RC-18	25.50	27.00		4*								4*
	RC-19	27.00	28.50		2.86			1*	1*	1*			2.49
SK-4 (İnk-4)	RC-7-8	9.00	12.00		2.42								0.82
	RC-9	12.00	13.50		2.35								0.04
	RC-14	19.50	21.00		2.65			154.21	24.74	0.36			
	RC-16	22.50	24.00		2.34			7.81	2*	2*			
	RC-17-18	24.00	25.50		1.92								0.08
	RC-22	30.00	31.50		2.36			7.65	2*	2*			
	RC-23-24	31.50	33.00		1.94								0.11
	RC-27	36.00	37.50		4*								4*
	RC-29	38.50	39.00		3*			3*	3*	3*			
	RC-30	39.00	40.50		2.04			1*	1*	1*			0.04
	RC-31	40.50	42.00		1.94								0.06
	RC-33	43.00	43.50		2.83								3.07
	RC-34	43.50	45.00		2.79			1*	1*	1*			1.20

Not 1*: Örnek kesilirken kırıldığı için deney yapılamamış, yerine nokta yükleme deneyi yapılmıştır.

Not 2*: Örnek çok nemli olduğundan strain gauges yapıştırılamamıştır. Bu nedenle elastisite modülü ve Poisson oranı hesaplanamamıştır.

Not 3*: Örnek kesilirken dağıldığı için deney yapılamamıştır.

Not 4*: Örnek uygun olmadığı için deney yapılamamıştır.

Tablo 7. Zemin deneylerine ait laboratuar sonuçları

Kuyu No	Örnek No	Derinlik		Su Muhtevası	Atterberg Limitleri			Tek Eksenli Basınç Dayanımı	Elastisite Modülü	Birleşmiş Zemin Sınıflaması
		m.'den	m.'ye	W_n %	LL	PL %	PI	No: 4 Kalan (%)	No: 200 Geçen (%)	
SK-1 (İnk-1)	SPT-2	3.00	3.11	15.35	NP	NP	NP	33.6	32.3	SM
	SPT-3	4.50	4.60	13.08	NP	NP	NP	23.7	41.4	SM
	SPT-4	6.00	6.11	12.00	48	20	28	3.4	80.1	CI
	SPT-5	7.50	7.63	6.98	NP	NP	NP	19.4	21.0	SM
	SPT-6	9.00	9.09	10.06	32	20	12	24.4	23.6	SC
	SPT-7	10.50	10.65	7.84	NP	NP	NP	29.5	25.8	SM
	SPT-8	12.00	12.21	10.65	40	21	19	6.8	66.3	CI
	SPT-9	13.50	13.85	4.07	31	17	14	24.4	40.0	SC
	SPT-10	15.00	15.25	0.22	43	21	22	2.7	66.5	CI
	SPT-11	16.50	16.59	8.26	32	19	13	7.5	49.8	SC
SK-2	SPT-1	1.50	1.95	15.55	34	19	15	19.9	48.3	SC
	SPT-2	3.00	3.45	7.37	NP	NP	NP	30.8	19.7	SM
	SPT-3	4.50	4.95	9.37	28	21	7	7.1	44.8	SC
	SPT-4	6.00	6.45	10.69	31	22	9	1.6	46.2	SC
	SPT-5	7.50	7.95	6.78	26	21	5	7.0	37.6	SC
	SPT-6	9.00	9.45	6.60	29	18	11	14.4	40.3	SC
	SPT-7	10.50	10.95	7.45	24	19	5	1.1	37.0	SC
	SPT-8	12.00	12.45	8.72	28	17	11	19.4	45.1	SC
	SPT-9	13.50	13.95	9.36	33	20	13	2.3	55.2	CL
	SPT-10	15.00	15.45	9.94	28	18	10	5.4	55.5	CL
	SPT-11	22.50	22.79	0.61	NP	NP	NP	61.3	7.8	GP-GM
	SPT-12	30.00	30.27	5.89	24	15	9	38.3	23.9	GC
SK-3 (İnk-3)	SPT-2	3.00	3.14	4.87	30	18	12	12.6	39.1	SC
	SPT-3	4.50	4.95	6.92	35	20	15	10.3	57.5	CI
	SPT-4	6.00	6.45	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*
	SPT-5	7.50	7.95	10.34	NP	NP	NP	8.0	15.2	SM
SK-4 (İnk-4)	SPT-1	1.50	1.95	4.02	25	13	12	33.6	28.3	SC
	SPT-2	3.00	3.45	6.37	28	15	13	34.5	28.9	SC
	SPT-3	4.50	4.95	10.75	24	19	5	29.6	19.0	SC
	SPT-4	6.00	6.45	5.67	NP	NP	NP	27.7	13.3	SM

Not 1*: Örnek yetersiz olduğu için deney yapılamamıştır.

Söz konusu heyelanlı bölgenin jeolojik modelinin hazırlanması için gözlemsel etütler, sondaj ve laboratuar verilerinden yararlanarak 1 adet kesit oluşturulmuştur. Nümerik analizlere altlık oluşturacak bu kesitlerdeki her jeolojik birim için bu kesimde yapılmış olan sondajlara ait RQD değerlerinin ve deney sonuçlarının ortalamaları kullanılarak birimlerin jeomekanik özelliklerini temsil eden

parametreler hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 8), modeli oluşturan kaya birimlerine ait ortalama RQD, doğal birim hacim ağırlık (DBHA), tek eksenli basınç dayanımı (TEB) ve sağlam kayaya ait elastisite modülü değerleri (E_i) verilmiştir.

Tablo 8. Kaya birimlerine ait ortalama RQD değerleri ve deney sonuçları

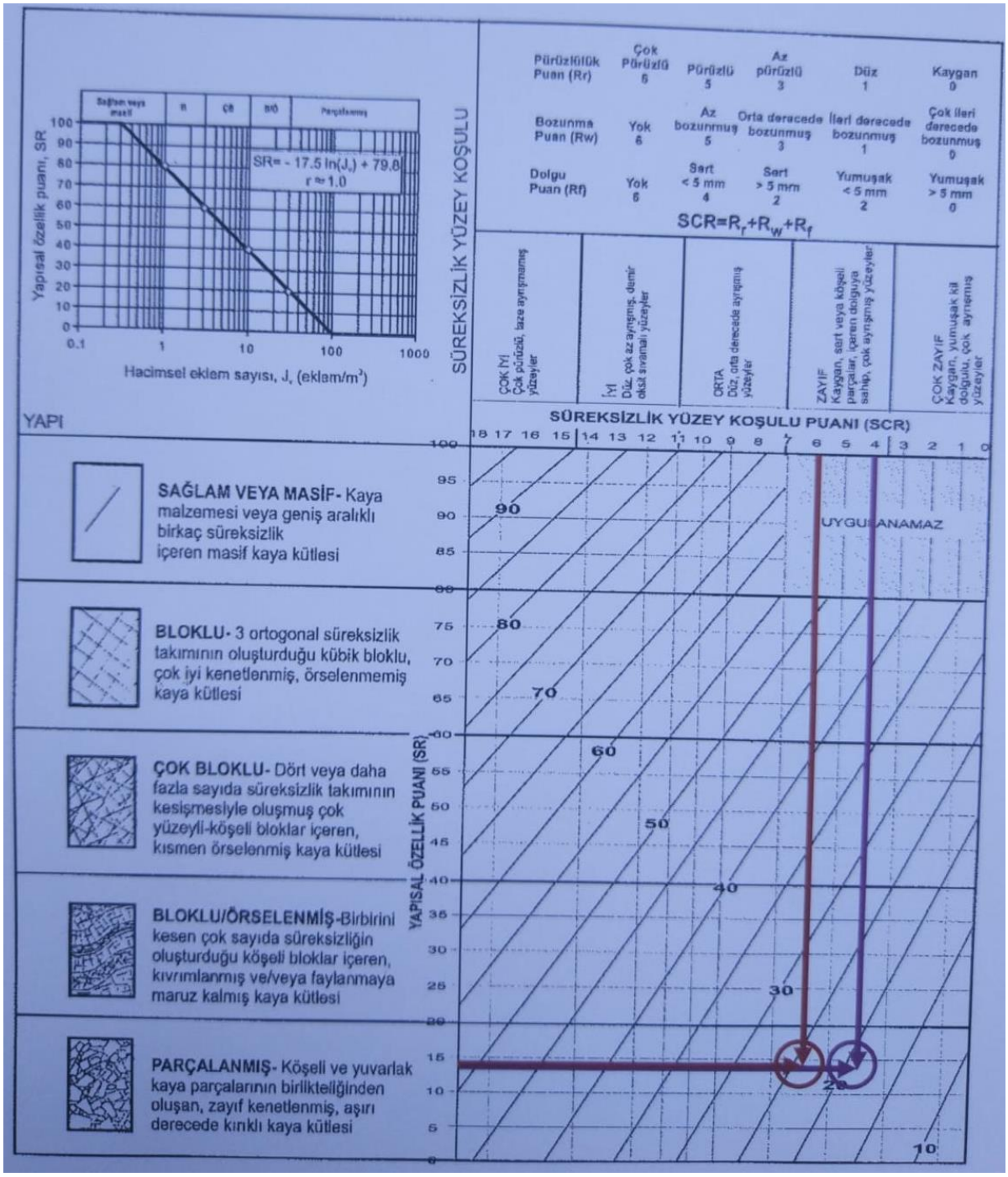
Litoloji	RQD (%)	DBHA (g/cm^3)	TEB* (MPa)	E_i (GPa)
Grafitik şist	3	2.04	6	–
Rekristalize Kireçtaşı + Grafitik şist + Kalkşist	1	2.64	28	38.57

***** RMR kaya kütlesi sınıflama sisteminde nokta yükü dayanım indeksinden tek eksenli basınç dayanımına ulaşmak için 25 katsayısı kullanılmıştır. Bu çalışmamızda güvenli tarafta kalmak için nokta yükü indeksi değeri 20 ile çarpılarak analizlerde kullanılmıştır.

Hoek vd. (1995) tarafından önerilen ve Jeolojik Dayanım İndeksi (Geological Strength Index, GSI), Sönmez ve Ulusay'ın 2002'de niceliksel GSI Sınıflama Sistemi Abağı'nın "Sağlam ve Masif" kaya grubu da eklendikten sonraki değiştirilmiş son haline göre Yapısal Özellik Puanı (SR) ve Süreksizlik Yüzey Koşulu Puanı (SCR) değerleri tespit edilerek yapılmıştır. SCR değeri, grafitik şist için düz (1 puan), ileri derecede bozunmuş (1 puan) ve sert > 5 mm dolgulu (2 puan) koşulları kabul edilerek SCR = 1+1+2 = 4 olarak hesaplanmıştır. Rek. kireçtaşı + grafitik şist + kalkşist birimleri içinse düz (1 puan), orta derecede bozunmuş (3 puan) ve sert > 5 mm dolgulu (2 puan) koşulları belirlenerek 6 puan olarak hesaplanmıştır.

SR ise SR = -17.5 ln Jv + 79.8 bağıntısından belirlenmektedir. Bu bağıntıda bulunan hacimsel eklem sayısı (Jv) değeri, RQD = 110 – 2.5 Jv (Palmström, 2005) formülünden yararlanılarak rek. kireçtaşı + grafitik şist + kalkşist birimleri için 44, grafitik şist içinse 43 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, bu kesimde yer alan tüm birimlere ait SR değerleri 14 olarak bulunmuştur.

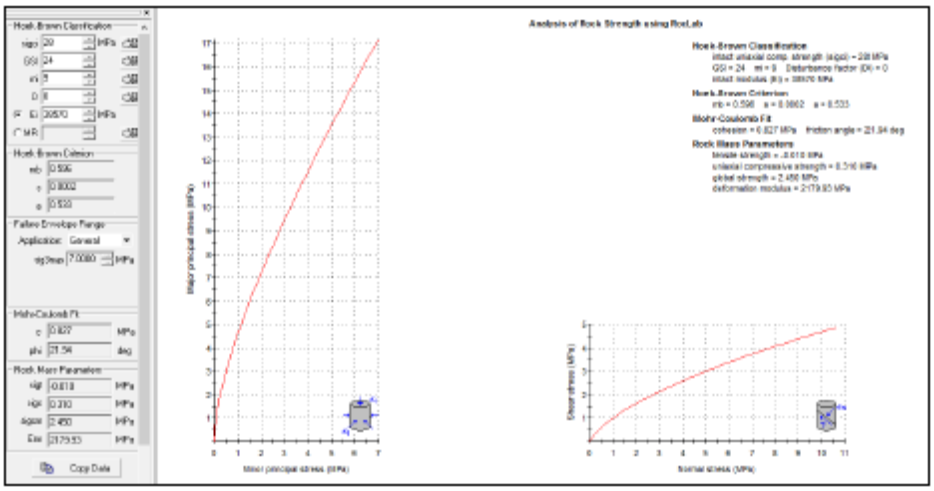
Belirlenen SR ve SCR değerlerine göre hesaplanan GSI değerleri abak üzerinde şekil 13'te gösterilmiştir.



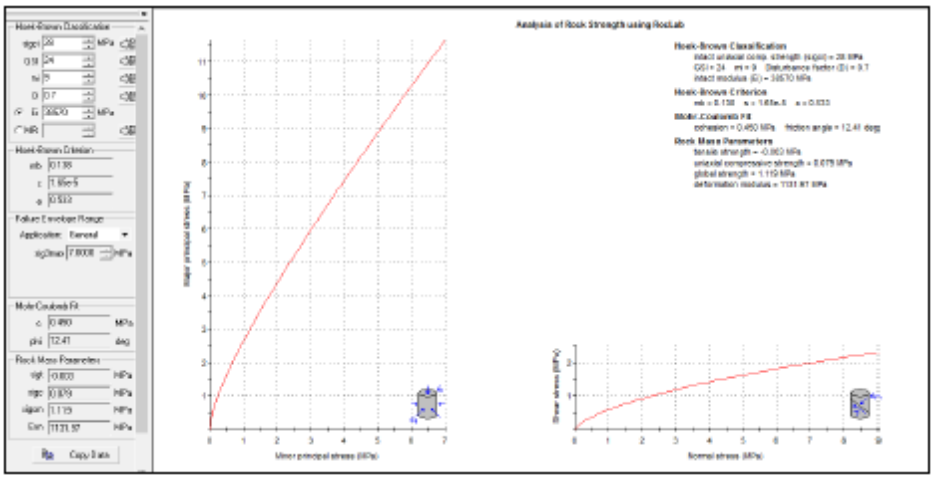
Şekil 13. Kaya kütleleri için hesaplanan GSI değeri (Sönmez ve Ulusay, 2002).

Sonuç olarak, rek. kireçtaşı + grafitik şist + kalkşist için GSI = 24 ve grafitik şistler için GSI = 19 olarak hesaplanmıştır. Sonrasında ROCLAB (Ver.1.031) yazılımı kullanılarak; arazi gözlemleri ve laboratuar deney sonuçlarından elde edilen veriler ışığında, "Genelleştirilmiş Hoek-Brown"

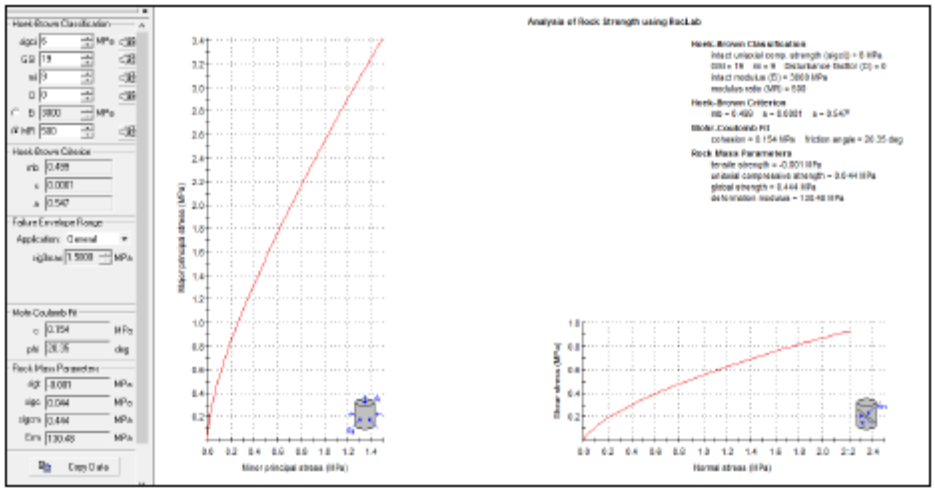
sınıflamasına göre kohezyon, içsel sürtünme açısı ve elastisite modülü parametreleri belirlenmiştir (Şekil 14 – 17).



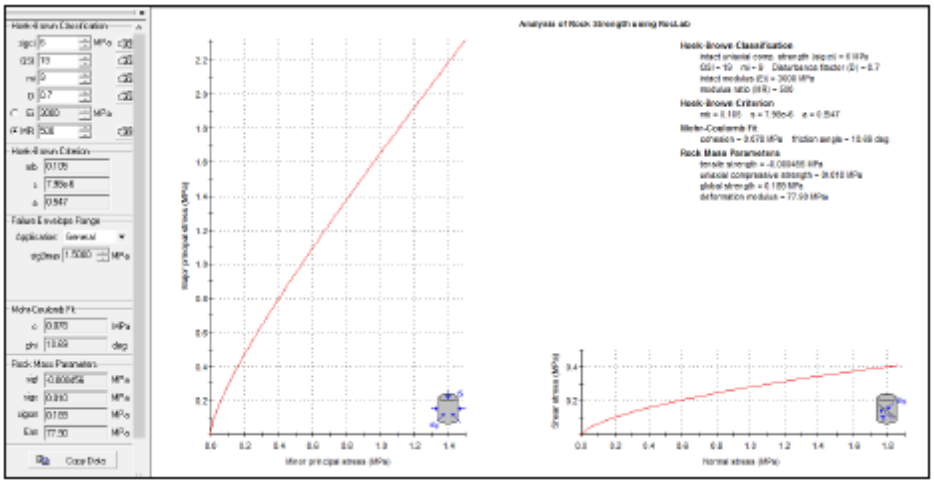
Şekil 14. Rekristalize kireçtaşı + Kalkşist + Grafitik şist (D=0) için RocLab sonuçları



Şekil 15. Rekristalize kireçtaşı + Kalkşist + Grafitik şist (D=0.7) için RocLab sonuçları



Şekil 16. Grafitik şist (D=0) için RocLab sonuçları



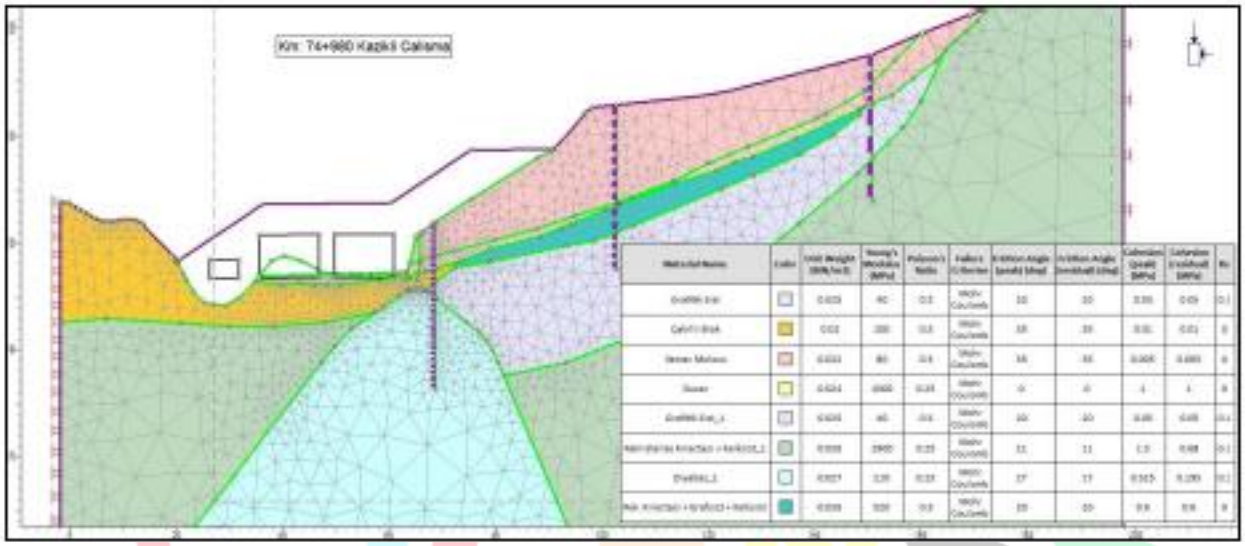
Şekil 17. Grafitik şist (D=0.7) için RocLab sonuçları

Geoteknik Tasarım

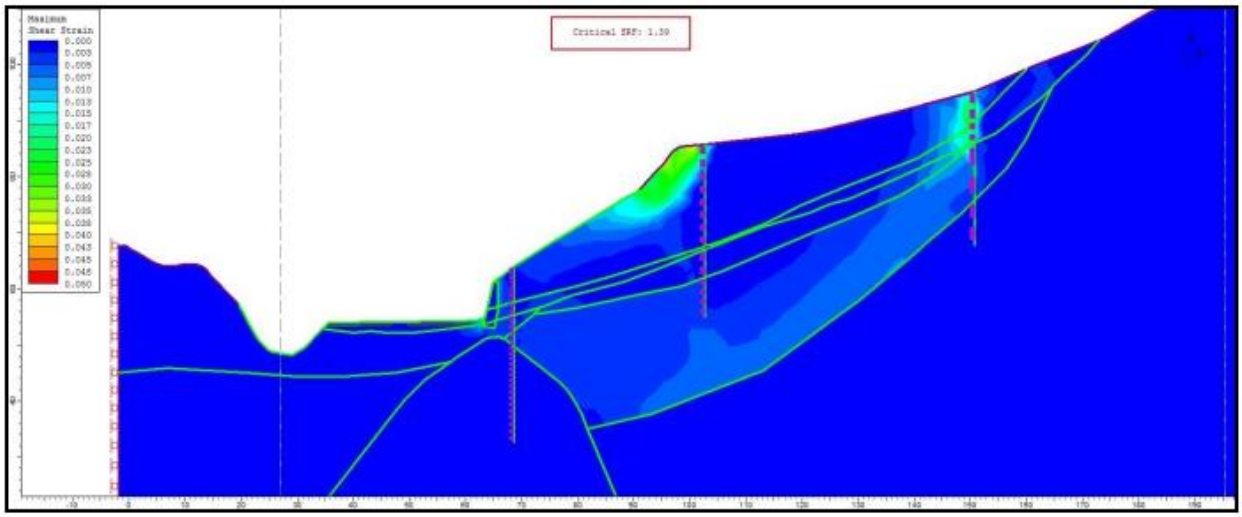
Yapılan sondaj ve inklonometre çalışmaları, laboratuar deneyleri ve gözlemsel etütler sonucunda oluşturulan jeolojik plan ve enkesitlere ve de muhtemel kayma yüzeylerine bakıldığında, söz konusu heyelan hareketlerinin şev destekleme sistemleri ile ya da şev önüne yapılacak iksa duvarları ile stabil duruma getirilmesinin mümkün olamayacağı anlaşılmıştır. Böyle büyük kütlelerin tehlike arz etmemesi için ya söz konusu bu kütlelerin sahadan kaldırılması ya da heyelanın önüne topuk teşkil edilerek heyelanın hareket yönünün kısıtlanması gerekmektedir. Hem kütlenin büyüklüğü açısından hem de heyelanın geriye doğru yayılma ihtimali olduğundan heyelan sahalarındaki malzemelerin kazılması pek mümkün değildir. Olası bir kazı anında heyelanlar yeniden tetiklenebilir ve daha gerilere doğru yeni heyelanlar gelişebilir. Ayrıca böyle bir uygulama inşaat sırasında dahi büyük risklere neden olabilmektedir. Dolayısıyla, inceleme alanındaki heyelanların önlenmesi için en güvenli ve efektif yol heyelanların önünün doldurulması ve olası bir kayma hareketinin engellenmesidir.

Hareketin engellenmesi için ilk alternatif çalışma, yamaç boyunca belli yerlerde sıralı kazıklar çakılması suretiyle kayma dairesinin kesilmesidir. Km: 74+980 kesiti üzerinde yapılan analizler sonucunda yamaç boyunca 3 farklı yerde çift sıra Φ120cm'lik fore kazıkların imal edilmesiyle dahi gereken güvenlik sayısının (GS) sağlanamadığı görülmüştür.

Şekil 18 ve Şekil 19 resimlerinden görüleceği üzere yamaç boyunca 3 farklı yerde imal edilecek çift sıra kazıklar ile yapılan analizde GS=1.39 bulunmuştur. Kısacası bu alternatif heyelan için çözüm olamamaktadır. Bu durumda daha önce de belirtildiği gibi heyelan önüne dolgu yapılarak hareketin kilitlenmesi en yakın çözüm alternatifi olarak öne çıkmaktadır.

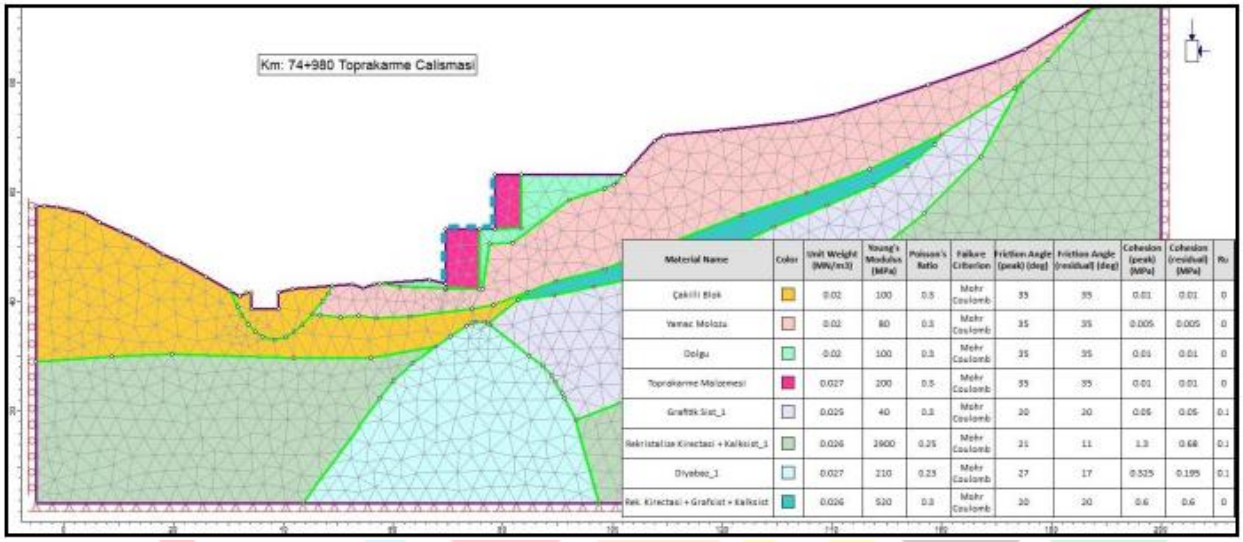


Şekil 18. Sıralı kazıklar ile heyelanın durdurulması alternatifi – Model

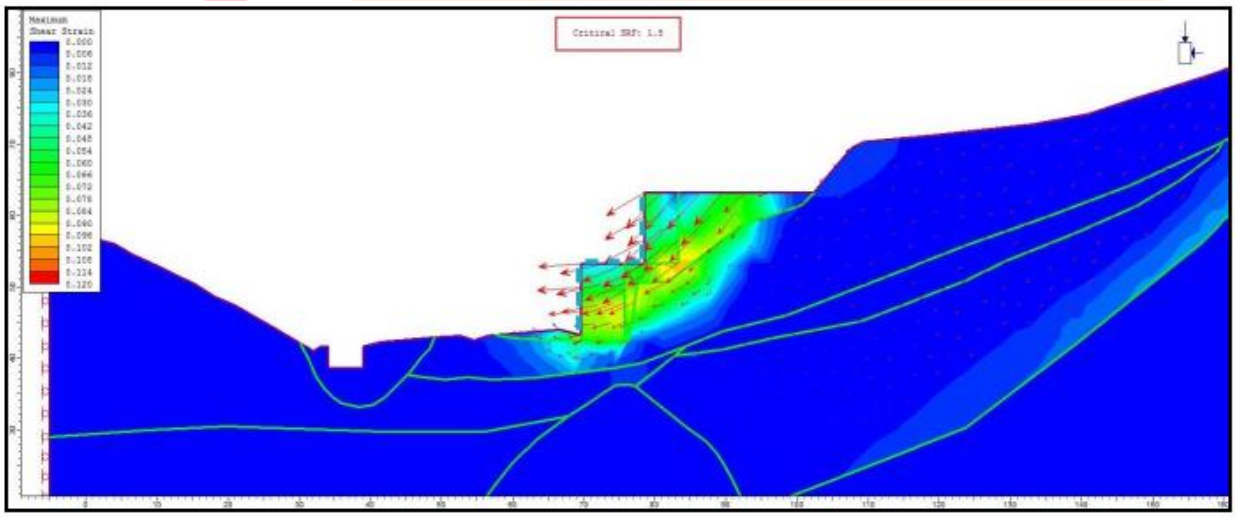


Şekil 19. Sıralı kazıklar ile heyelanın durdurulması alternatifi - Sonuç

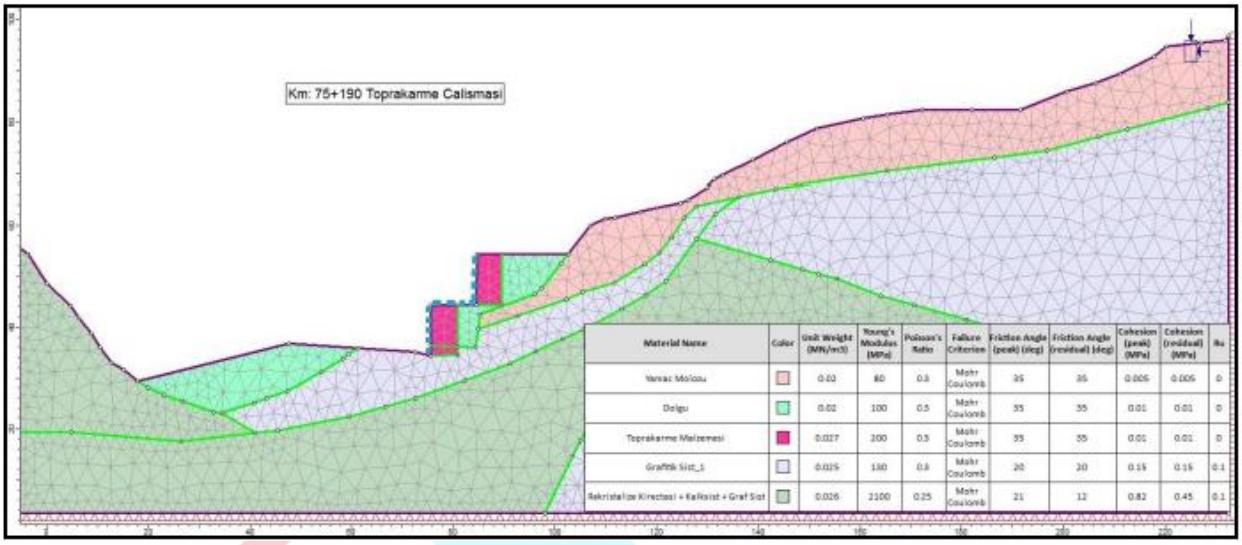
Heyelanın önüne yapılacak topuk dolgusu iki yöntemle mümkün olmaktadır. Bunlardan ilki güzergâhın bir miktar sola doğru kaydırılması ve şevle yol platformu arasında donatılı toprak duvar ile 2 kademeli 20 m yüksekliğinde dolgu yapılmasıdır. Söz konusu alternatif model oluşturulmuş ve hat ilk iki heyelanda sola çekilebilmiş ancak mevcut imalat durumları nedeniyle 3. heyelan bölgesinde hat kaydırılamamıştır. İlk iki heyelanda yapılan çalışma ile söz konusu donatılı toprak duvar ile dolgu yapılması alternatifi sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiştir. Km: 74+980 ve Km: 75+190 kesitlerinde yapılan analizler Phase2 yazılımı kullanılarak yapılmış ve daha önce belirlenen malzeme parametreleri kullanılmıştır. Yamaç molozları için güvenli tarafta kalınarak parametreler C=5 kPa ve Φ=350 seçilmiştir. Dolgu parametreleri ise seçme malzeme kullanılacağından, C=10 kPa ve Φ=350 değerleri alınmıştır. İki kesit üzerinde yapılan sonlu elemanlar analizlerine ait model ve güvenlik sayısını gösterir sonuç resimleri (Şekil 20 – 23) aşağıda sunulmaktadır.



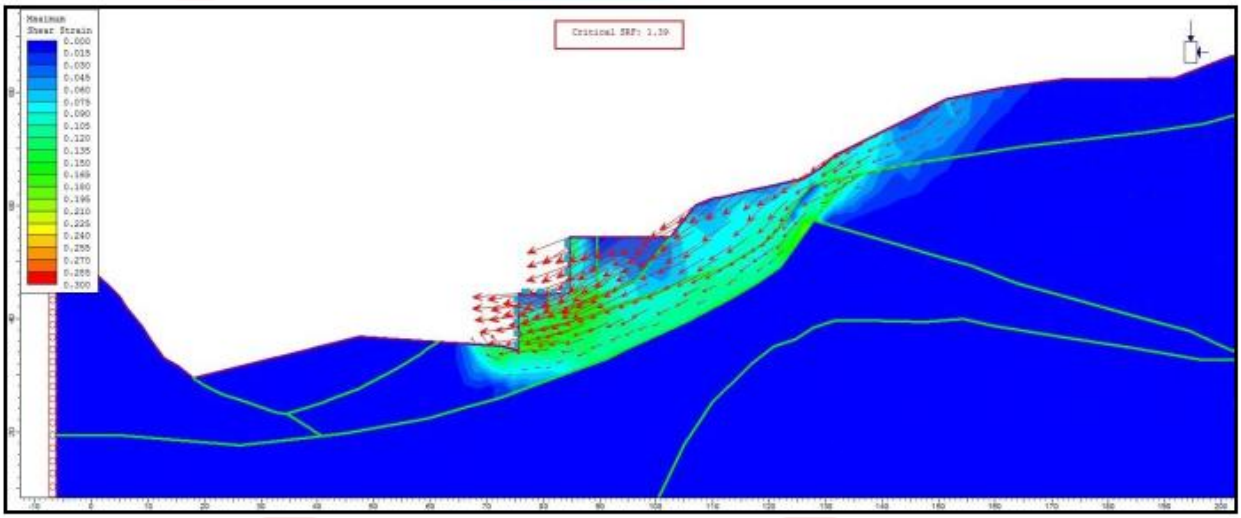
Şekil 20. Donatılı Toprak Duvar ile Topuk Dolgusu Yapılması – Model



Şekil 21. Donatılı Toprak Duvar ile Topuk Dolgusu Yapılması – Sonuç



Şekil 22. Donatılı Toprak Duvar ile Topuk Dolgusu Yapılması – Model



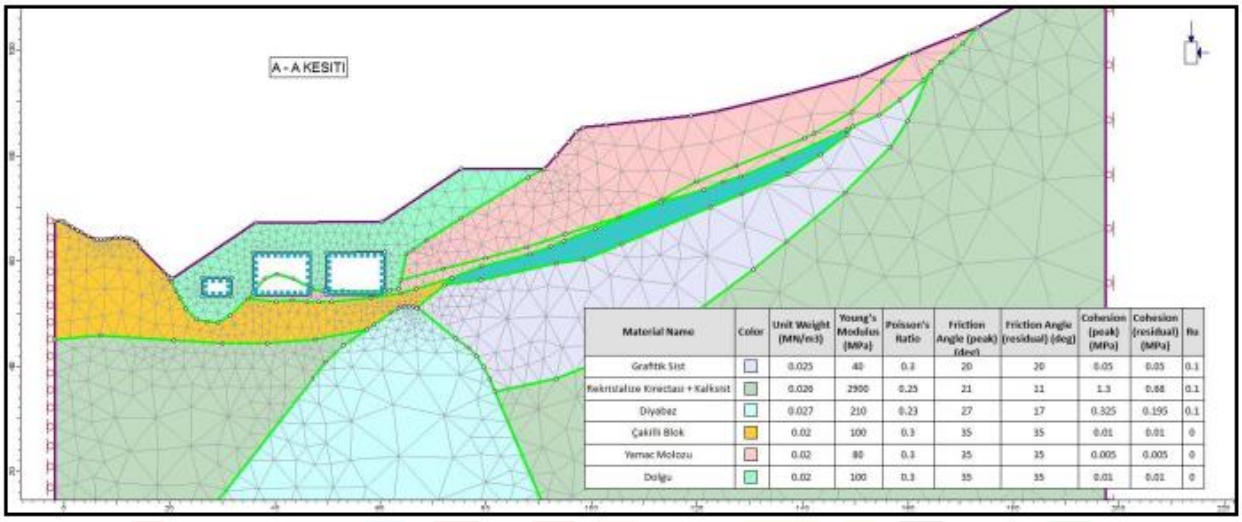
Şekil 23. Donatılı Toprak Duvar ile Topuk Dolgusu Yapılması – Sonuç

Analizler sonucunda Km:74+980 kesitinde GS=1.5, Km:75+190 kesitinde ise GS=1.4 sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere söz konusu alternatif 1. heyelan için çözüm olabilecekse de 2. ve 3. heyelanlar için çözüm olamamaktadır. Ayrıca böyle bir imalat, donatılı toprak duvarın hassas yapısı düşünüldüğünde yukarıdan meydana gelebilecek lokal bir harekette dahi stabilitesini yitirme tehlikesi içermekte olup inceleme alanındaki heyelanların stabilizasyonu için uygun bir çözüm olarak görülmemektedir.

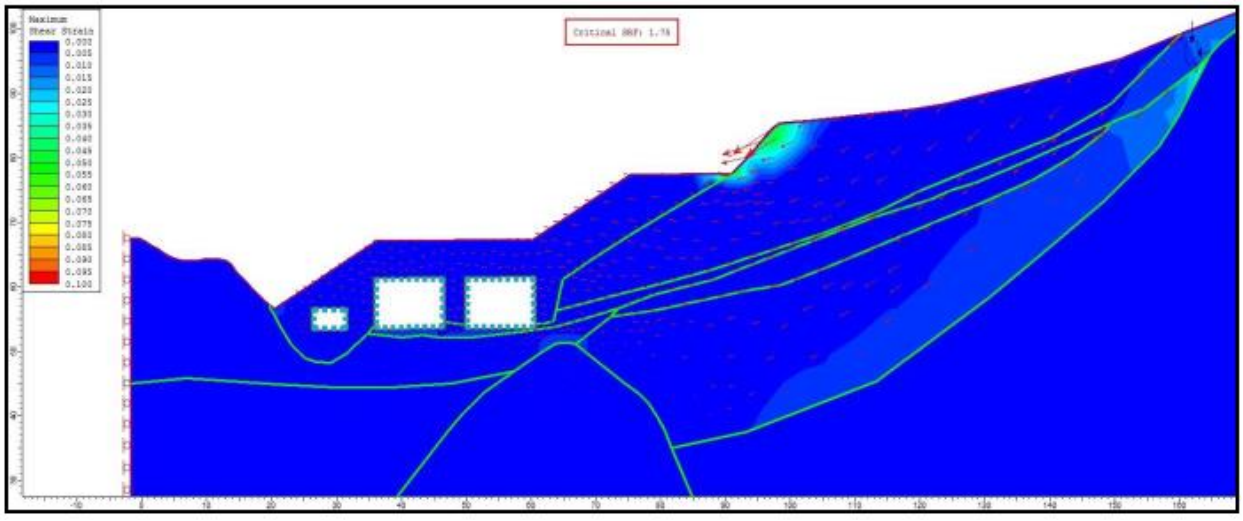
Bütün bu yetersiz çözüm önerileri sonrasında heyelanlı kesimin bir aç-kapa yapısı ile tünel içine alınması ve aç-kapanın üzerine teşkil edilecek kaya dolgu imalatı ile heyelanın durdurulması alternatifi çalışılmıştır. Bu alternatifte yol platformu betonarme kutu kesit bir aç-kapa yapısı içine alınacak ve aç-kapa yapısının etrafı ve üzeri doldurularak hem heyelan için büyük bir topuk kütlesi oluşturulacak hem

de yol betonarme bir yapı içine alındığından olası hareketlere karşı korunmuş olacaktır. Söz konusu alternatif inceleme alanı boyunca farklı kesitler üzerinde analiz edilerek incelenmiştir ve problemin çözümü için en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Jeolojik enkesitlerden A-A (Şekil 24 – 27), C-C (Şekil 28 – 31), D-D (Şekil 32 – 35) ve F-F (Şekil 36 – 39) kesitleri sonlu elemanlar yöntemi ile hem güvenlik sayısının belirlenmesi için hem de aç-kapa yapısında meydana gelecek deformasyonların gözlenmesi için analiz edilmiştir. Aşağıda sırasıyla tüm analizlere ait model görünümleri ve analiz sonuçları sunulmaktadır.

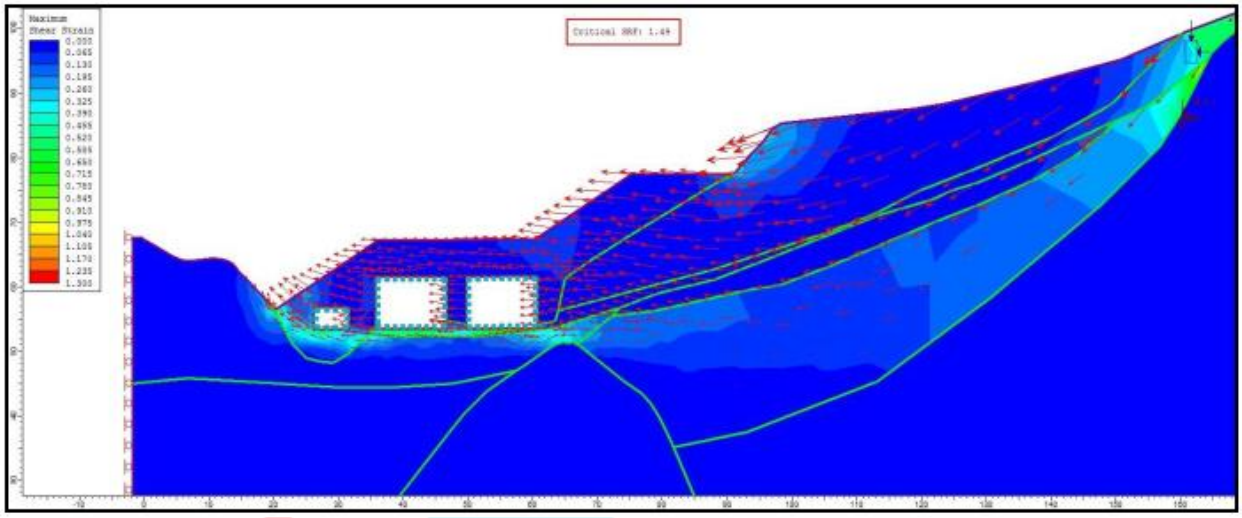
A-A Kesiti Analizleri:



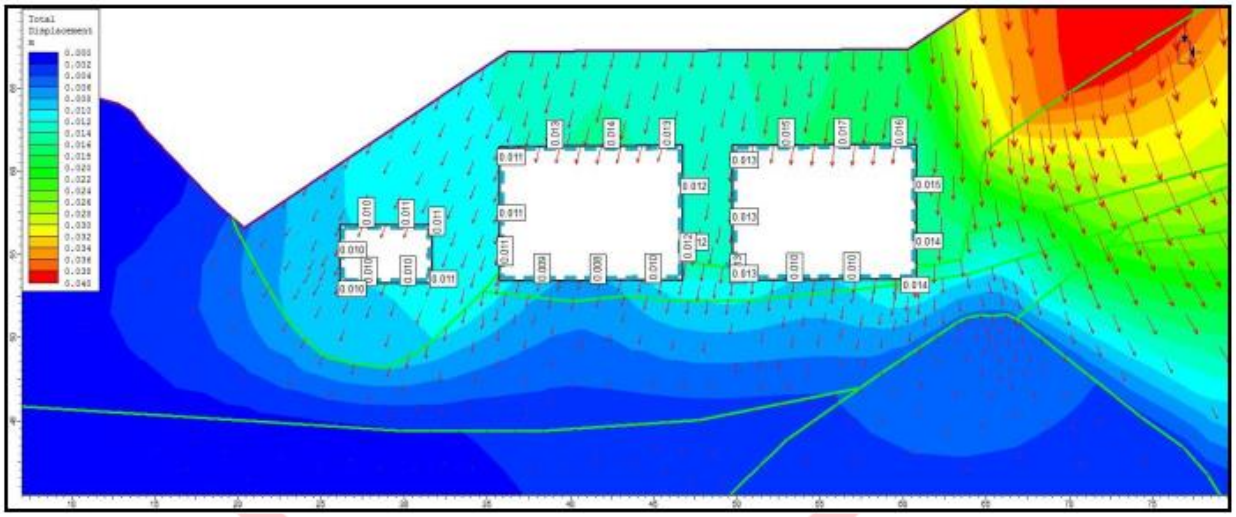
Şekil 24. A-A Kesiti Analiz Modeli



Şekil 25. A-A Kesiti Analiz Sonucu – Statik Durum



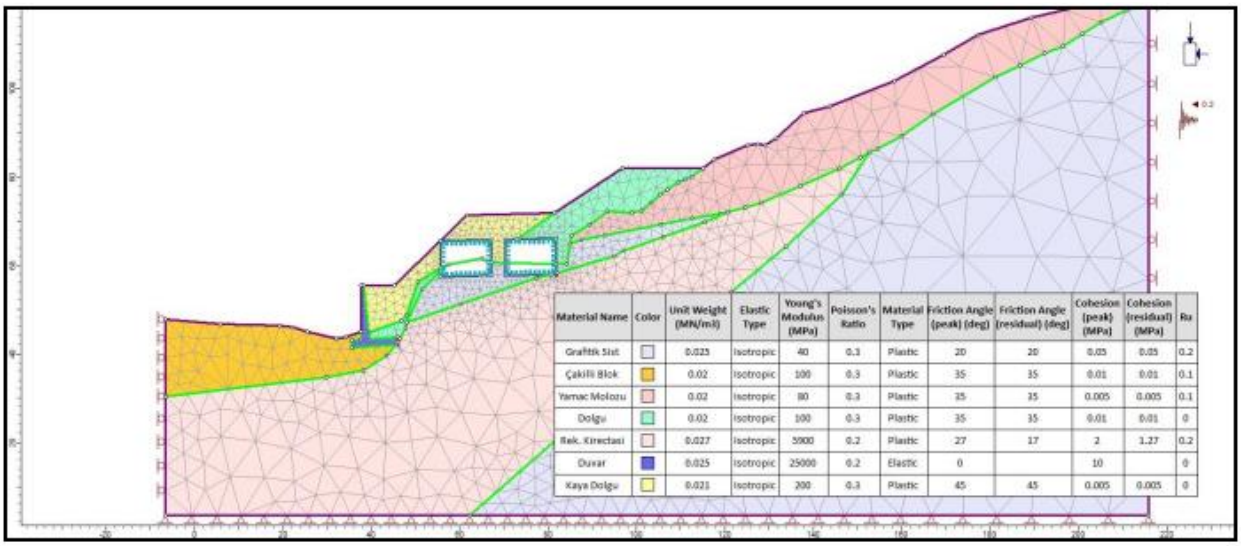
Şekil 26. A-A Kesiti Analiz Sonucu – Sismik Durum



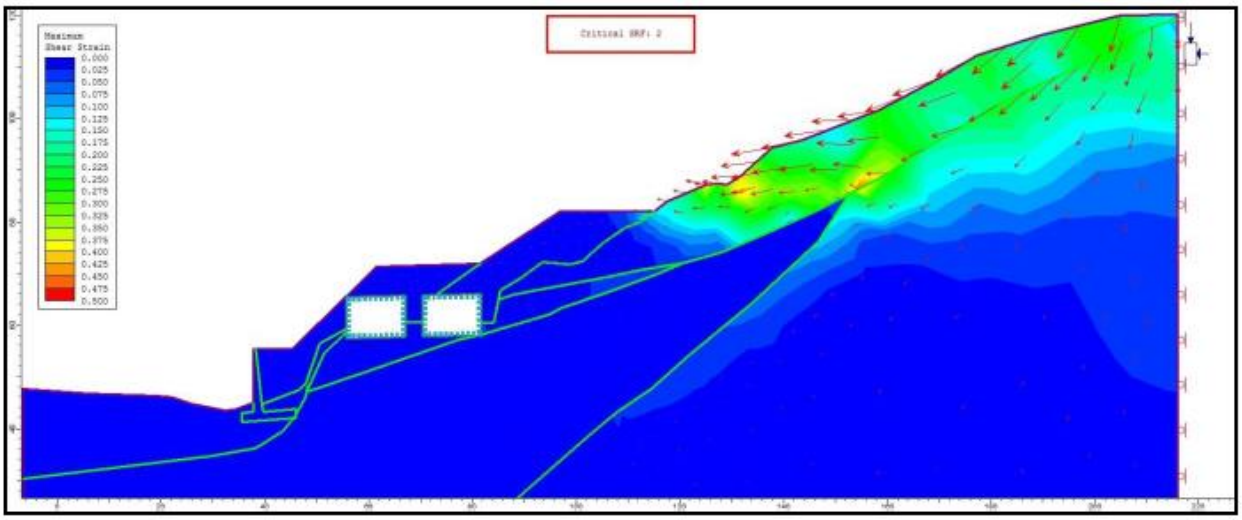
Şekil 27. A-A Kesiti Analiz Sonucu – Açkapa Deformasyonları

A-A kesitinde yapılan analizde hem statik durumda hem depremli durumda istenen güvenlik sayıları elde edilmiştir. Aç-kapa yapısında meydana gelen deformasyonlar 1 cm mertebesindedir. Söz konusu çözüm önerisi bu haliyle güvenli bulunmuştur.

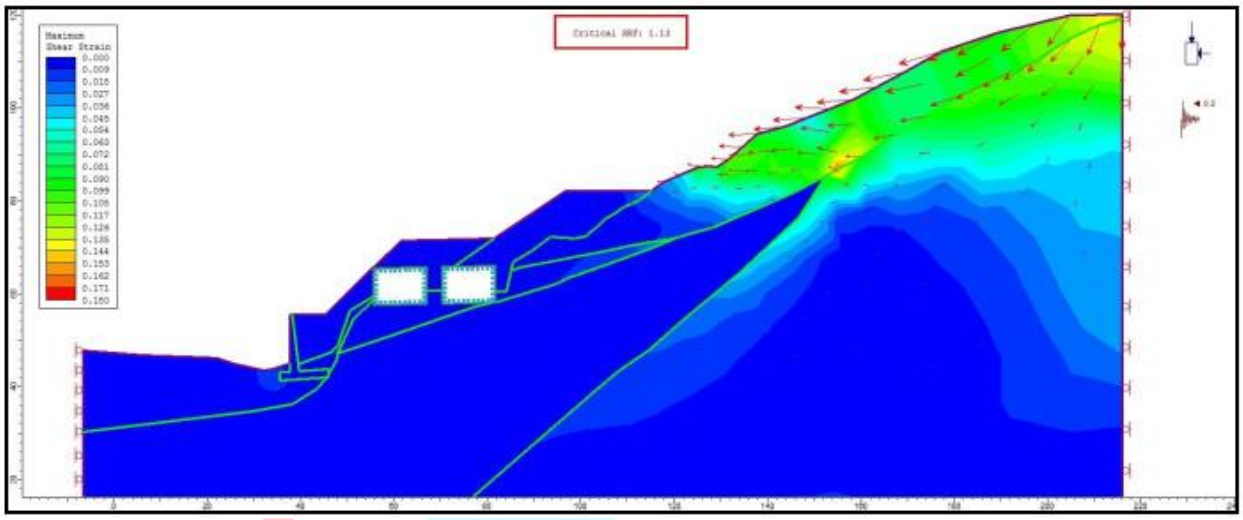
C-C Kesiti Analizleri:



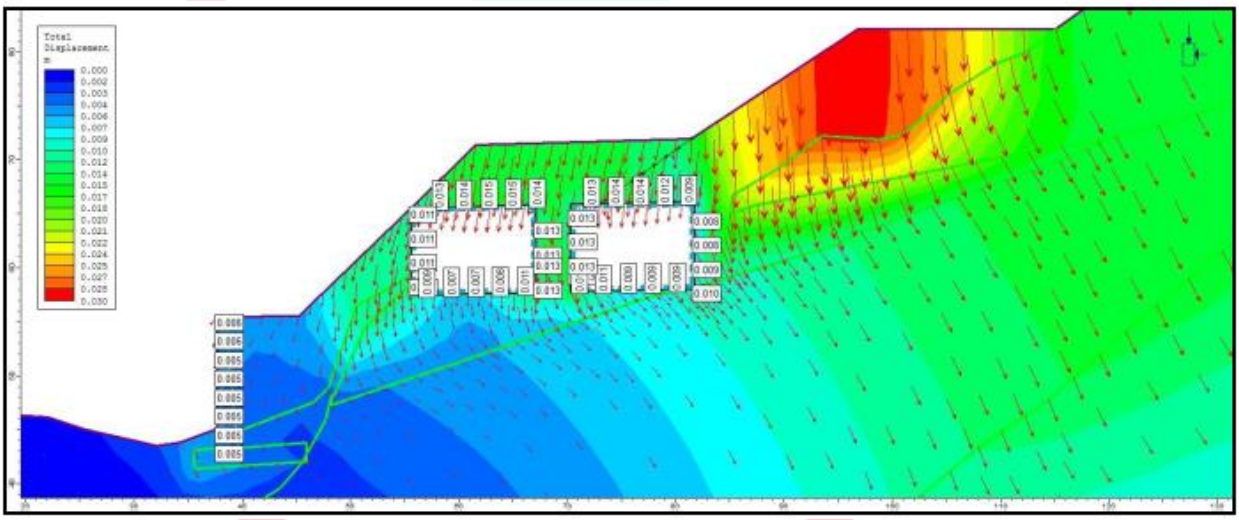
Şekil 28. C-C Kesiti Analiz Modeli



Şekil 29. C-C Kesiti Analiz Sonucu – Statik Durum



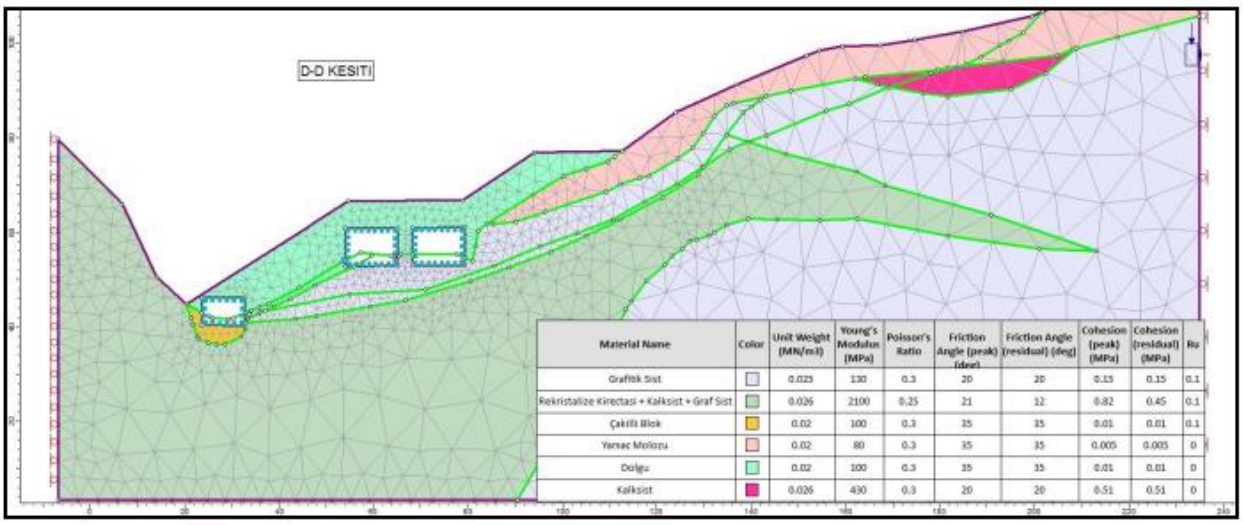
Şekil 30. C-C Kesiti Analiz Sonucu – Sismik Durum



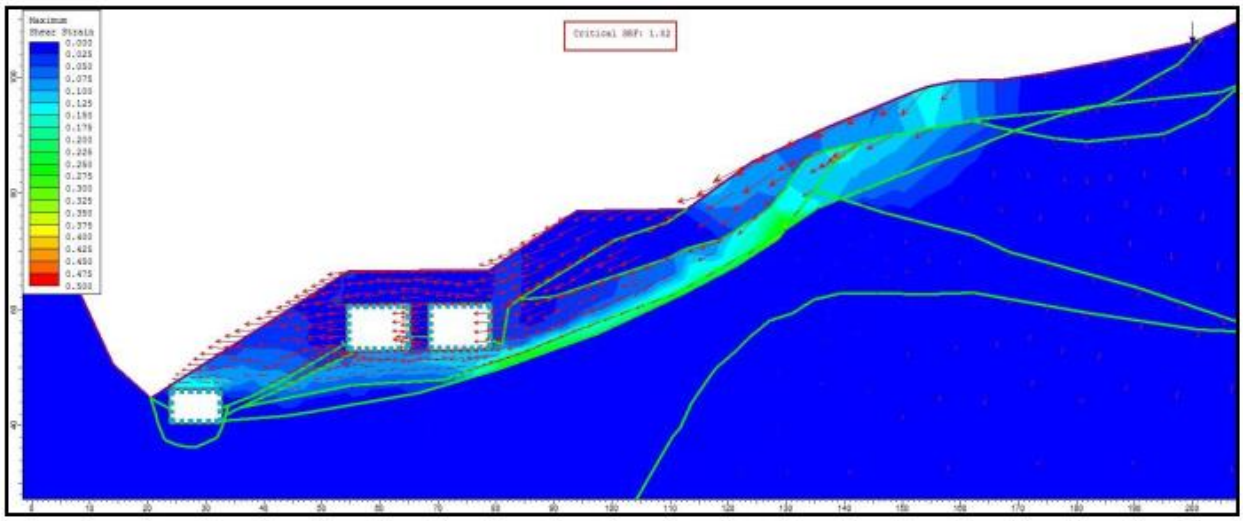
Şekil 31. C-C Kesiti Analiz Sonucu – Açkapa Deformasyonları

C-C kesitinde yapılan analizde hem statik durumda hem depremli durumda istenen güvenlik sayıları elde edilmiştir. Aç-kapa yapısında meydana gelen deformasyonlar 1.0 – 1.5 cm mertebesindedir. Söz konusu çözüm önerisi bu haliyle güvenli bulunmuştur. Bu kesimde kullanılacak kaya dolgu malzemesi 0.0 – 0.4 ton kategorideki taşlardan sağlanmalıdır.

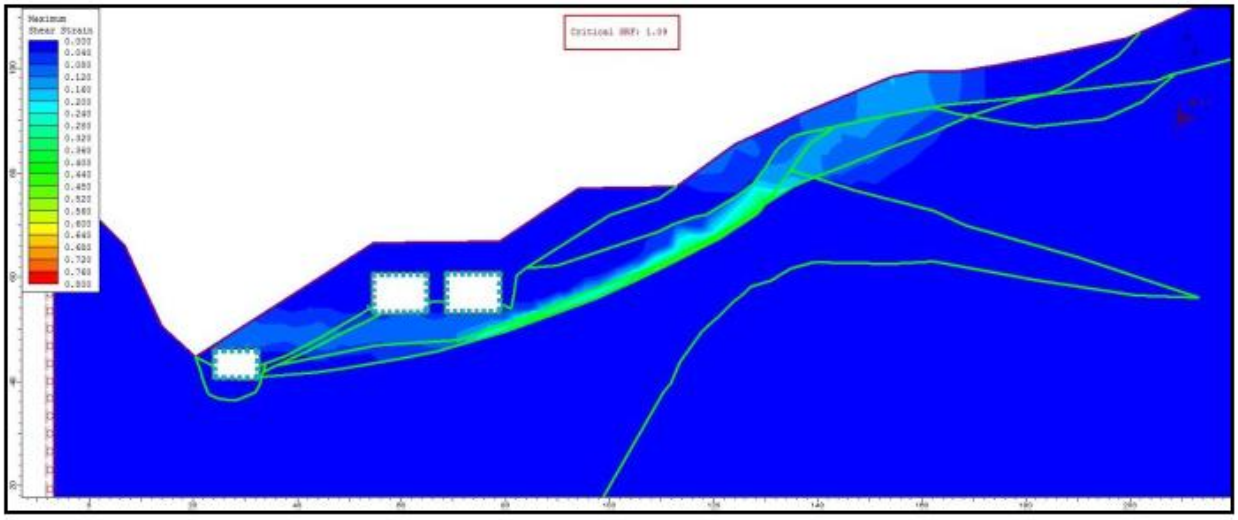
D-D Kesiti Analizleri:



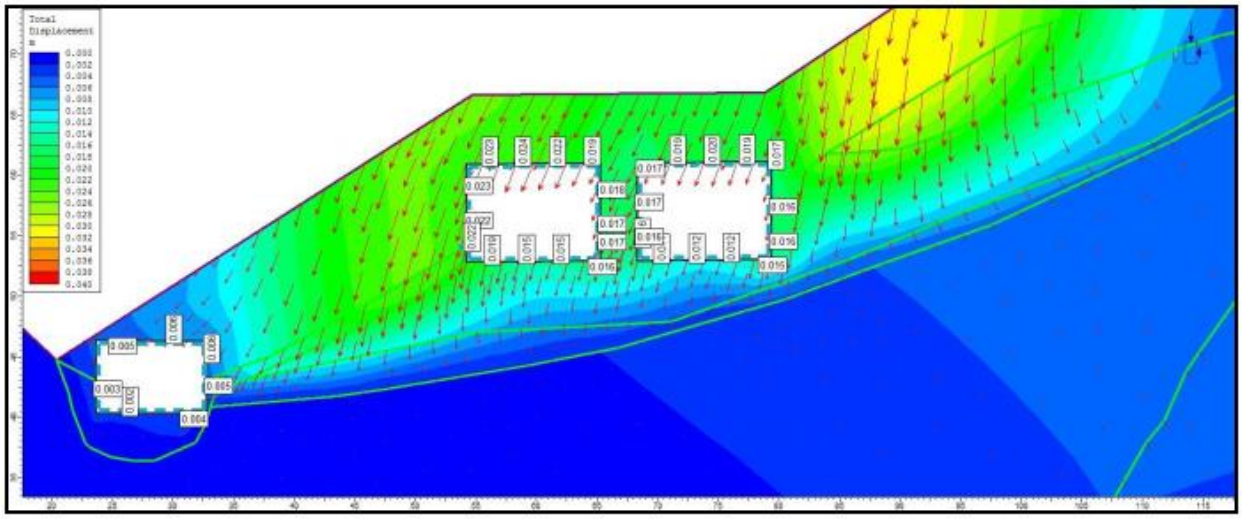
Şekil 32. D-D Kesiti Analiz Modeli



Şekil 33. D-D Kesiti Analiz Sonucu – Statik Durum



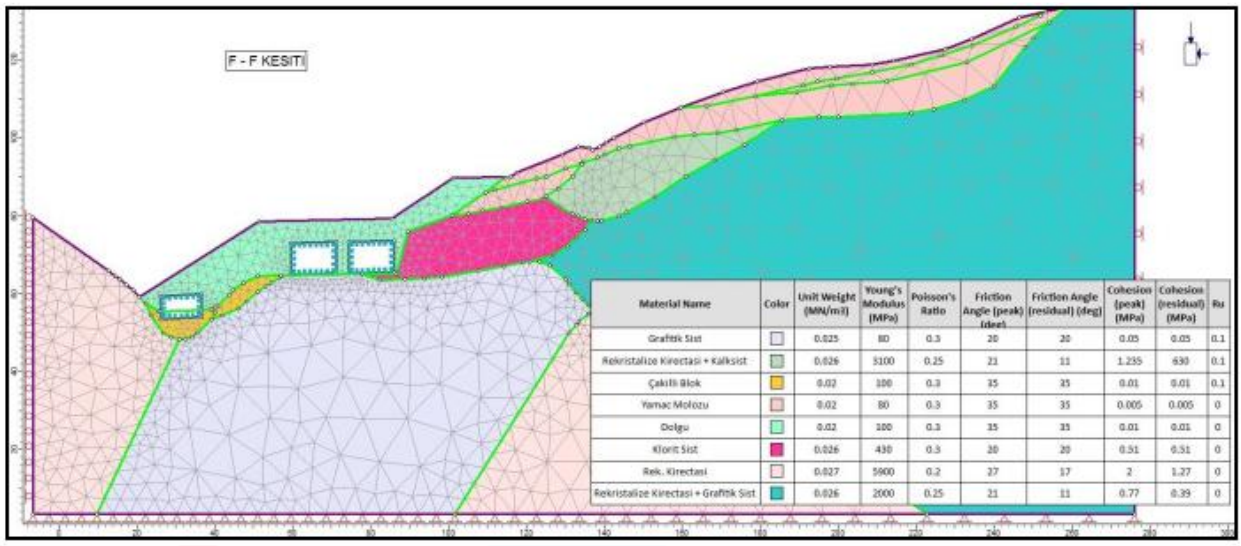
Şekil 34. D-D Kesiti Analiz Sonucu – Sismik Durum



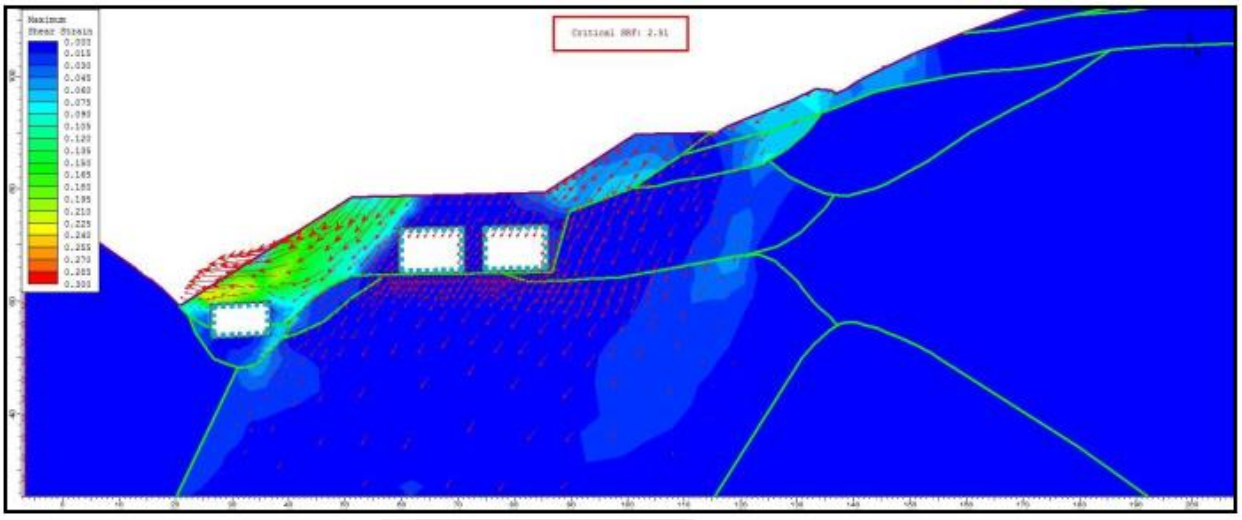
Şekil 35. D-D Kesiti Analiz Sonucu – Açkapa Deformasyonları

D-D kesitinde yapılan analizde hem statik durumda hem depremli durumda istenen güvenlik sayıları elde edilmiştir. Aç-kapa yapısında meydana gelen deformasyonlar 2 cm mertebesindedir. Söz konusu çözüm önerisi bu haliyle güvenli bulunmuştur.

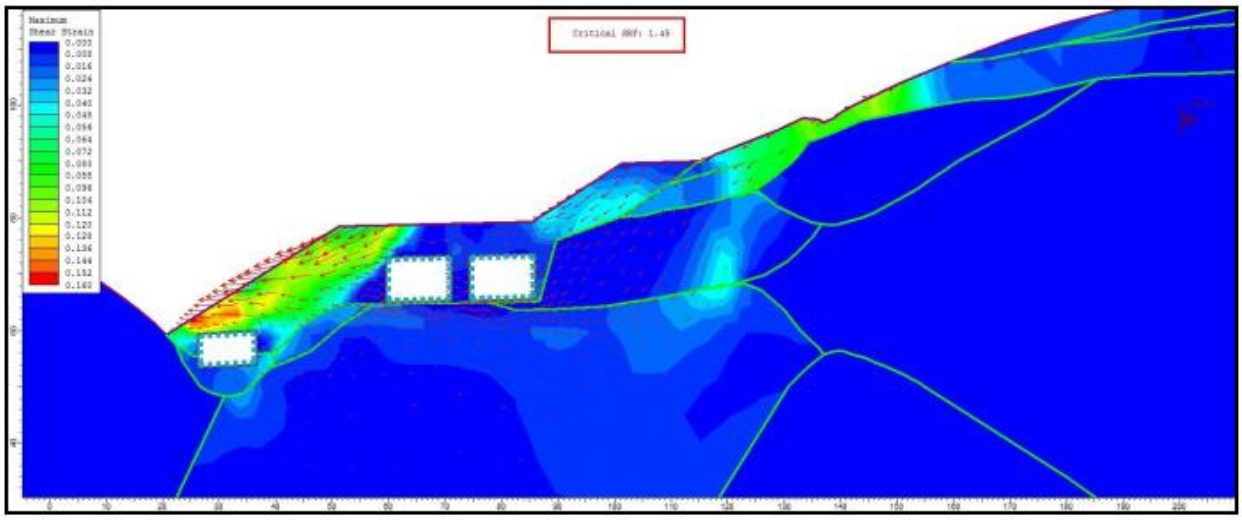
F-F Kesiti Analizleri:



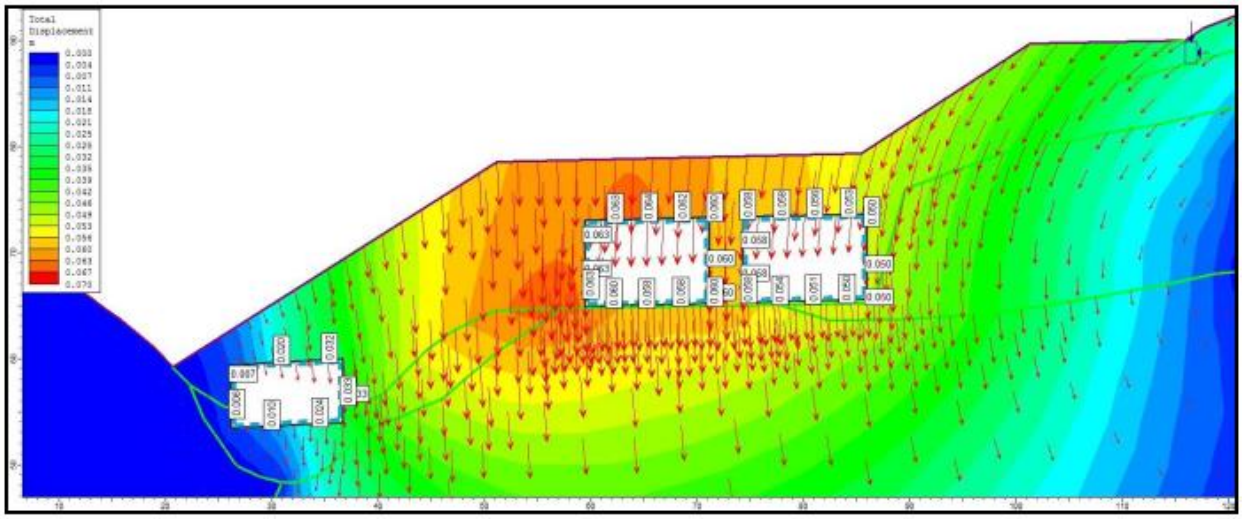
Şekil 36. F-F Kesiti Analiz Modeli



Şekil 37. F-F Kesiti Analiz Sonucu – Statik Durum



Şekil 38. F-F Kesiti Analiz Sonucu – Sismik Durum



Şekil 39. F-F Kesiti Analiz Sonucu – Açkapa Deformasyonları

F-F kesitinde yapılan analizde hem statik durumda hem depremli durumda istenen güvenlik sayıları elde edilmiştir. Aç-kapa yapısında meydana gelen deformasyonlar 5 cm mertebesinde olup deformasyonlar yapı boyunca uniformdur. Söz konusu çözüm önerisi bu haliyle güvenli bulunmuştur. Söz konusu bu çözümde, platformun solunda yer alan dere yatağı da kutu kesit içine alınmakta olup böylelikle soldaki yamaca topuk dolgusu yaslanarak heyelanın topuğu kilitlenmektedir. İmalat aşamasında aç kapa yapısı inceleme alanında iki kesim halinde yapılacak olup aradaki heyelansız kesimde hat mevcut projesine uygun olarak devam edecektir.

Bir diğer husus ise yaklaşık Km: 74+980 – 75+150 arasında platformun solunda yer alan regülatör yapısıdır. Bu kesimde geri dolgunun regülatör sahasına girmemesi için dolgu şevi 1y/1d eğim ile projelendirilmiş ve C-C kesitinde görüldüğü gibi şev dibinde istinat duvarı projelendirilmiştir. Bu

nedenle bu kilometre aralığında, 1/1 teşkil edilecek olan alt kademe dolgu "Kaya Dolgu" malzemesinden imal edilecektir. Bu kesim haricinde kalan kesimlerde normal dolgu malzemesi kullanılacak şev önünde ise yaklaşık 1m kalınlıkta "serbest drenaj malzemesi" kullanılacaktır. Mevcut yamaç dibinde drenaj borusu ile serbest drenaj malzemesi içinden süzülecek su toplanacaktır ve boyuna eğimle taşınarak uzaklaştırılacaktır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında, Malatya – Gölbaşı Yolu güzergahı Km: 74+880 – 75+040, 75+125 – 75+240 ve 75+390 – 75+536 arasında yolun sağ tarafında bulunan heyelanlı bölgelerin, imalatı devam eden tünele ve tünel portalına risk oluşturmaması için yapılan analizler ışığında, en uygun geoteknik tasarımın oluşturulması hedeflenmiştir.

İnceleme alanı içerisinde toplam derinliği 175.00 m olan 4 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Ayrıca bölgedeki kütle hareketlerini incelemek amacıyla 3 adet sondaj kuyusuna inklinometre boruları yerleştirilmiş, deplasman grafikleri çizilmiş, sapma miktarları, yönleri ve hareketin gerçekleştiği derinlikler belirlenmiştir.

Güzergah boyunca yüzeylenen jeolojik birimlerin özellikleri yaşlıdan gence doğru aşağıda tanımlanmıştır.

Malatya Metamorfitleri (Pm): Çalışma alanı içerisindeki temel birimi Malatya Metamorfitleri oluşturmaktadır. Birim genel olarak şist, kireçtaşı ve rekristalize kireçtaşından oluşmaktadır. Grafitik şist siyahımsı – koyu gri renkli, tamamen ayrışmış, aşırı derecede zayıf dayanımlı ve parçalanmış özelliktedir. Bazı seviyelerinde ezik zonlarla karşılaşılmıştır. Kalkşistler sarımsı – açık yeşil renkli, çok – tamamen ayrışmış, çok – aşırı derecede zayıf, çok çatlaklı – kırıklı ve parçalanmış yapıdadır. Foliasyonlar dalgalı – kaygan yapıdadır. Rekristalize kireçtaşları kirli beyaz – gri renkli, çoğunlukla orta derecede, yer yer çok ayrışmış, orta derecede sağlam, genelde parçalanmış, yer yer çok çatlaklı – kırıklı, kırıklı ve erime boşlukludur. Süreksizlik yüzeyleri düz – düzlemsel, açık – kapalı, bazı seviyelerde FeO sıvamalıdır ve kalsit dolguludur. Yer yer gözlenen klorit şistler ise koyu yeşil – yeşilimsi kahverenklidir. Km: 75+800 civarında mevcut yol güzergâhının kilometre artış yönüne göre sol tarafında eksene yaklaşık 40 – 50 m uzaklıkta Malatya Metamorfiklerine ait masif kireçtaşı yüzeylenmektedir. Kireçtaşı bu kesimde kirli beyaz, bej renkli, az çatlaklı, kırıklı, orta – sağlam dayanımlı, az ayrışmış, yer yer ise kalın tabakalı olarak gözlenmektedir.

Koçali Karmaşığı (Kk): Yapılan sondajlar neticesinde bu kesimde Koçali Karmaşığı'na ait olan diyabaz birimine rastlanmıştır. Diyabazlar koyu yeşil - yeşilimsi kahverenkli, orta derecede – çok ayrışmış, orta derecede sağlam dayanımlı ve parçalanmış yapıdadır. Süreksizlik yüzeyleri açık, düz – az pürüzlü, kalsit dolgulu ve FeO sıvamalıdır.

Yamaç Molozu (Qym): Açık kahve – gri – bej renkli, çok sıkı killi, siltli, bloklu, kumlu çakıl'dan meydana gelmektedir. Çakıllar ince – iri daneli, köşeli - yarı köşeli ve kireçtaşı kökenlidir. Bloklar ise maksimum 10 cm boyutundadır.

Alüvyon (Qal): Erkenek Çayı'nın oluşturduğu vadinin tabanında çakıllı, kumlu blok birimlerine rastlanırken teras kesimlerinde bloklu, çakıllı, siltli, killi kum ve kumlu, siltli kil birimlerinin çökeldiği gözlenmiştir. Ayrıca yapımı devam eden karayolu boyunca yol dolgusu ve yapay dolgular yer almaktadır.

- Bakanlar Kurulu'nun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararı ile yürürlüğe giren Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'na göre proje güzergahı "1. Derece Deprem Bölgesi" nde yer almaktadır. Çalışmalar için önerilen etkin yer ivmesi 0.4 g, şev stabilitesi analizlerinde ise 0.2 g'dir.

- Heyelanların stabilizasyonu ve karayolunun güvenliği için farklı çözüm yöntemleri üzerinde durulmuştur. Hem inşaat güvenliği hem yol platformunun güvenliği ve hem de heyelan hareketinin durdurulması yönlerinde en efektif çözüm heyelanın topuğuna teşkil edilecek dolgu ile vadi tabanının doldurulması ve heyelan hareketinin kilitlenmesidir. Bu amaçla yolun betonarme aç-kapa yapısı içine alınması ve aç-kapa yapısının etrafına ve üzerine dolgu teşkil edilerek heyelanın stabilize edilmesi bu çalışma kapsamında analiz edilmiştir ve önerilmiştir. Bu yöntem hem tünel güvenliği açısından hem de heyelanın toptan göçmeye karşı güvenlik altına alınması açısından en efektif çözüm olarak öne çıkmıştır. Oluşturulacak sistem farklı kesitler üzerinde analiz edilmiş ve güvenli bulunmuştur.

- Yapılacak geri dolguda dolgu malzemesinin Karayolları Teknik Şartnameye uygunluğu sağlanmalı ve dolgu teşkili fen ve sanat kurallarına uygun bir şekilde yapılmalıdır. Kaya dolgu malzemesi 0.0 – 0.4 ton kategorili taştan sağlanmalıdır.

Kaynakça

AFAD (2021). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası, Ankara.

Arpat, E. and Şaroğlu, F. (1975). Some significant recent tectonic events in Turkey. Geological Society of Turkey Bulletin 18, 91-101 [in Turkish with English abstract].

Hoek, E., Kaiser, P. K. and Bawden, W.F. (1995). Support of underground excavations in hard rock. Rotterdam: A.A. Balkema.

MTA (2021). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1/500.000 ölçekli haritalar, Ankara.

Palmström, A. (2005). Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD), Tunnels and Underground Space Technology, 20, 362-377.

Sonmez, H. and Ulusay, R. (2002). A discussion on the Hoek-Brown failure criterion and suggested modification to the criterion verified by slope stability case studies. Yerbilimleri (Earthsciences), 26: 77–99.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

A Preliminary Study on the Relationships between the Grain Contact Pattern and the Tensile Strength of a Rock Salt

Bir Kaya Tuzunun Tane Dokanak Modeli ile Çekme Dayanımı Arasındaki İlişkiler Üzerine Bir Ön Çalışma

Elif Avşar[1]
Nazlı Tunar Özcan[2]

Abstract

Rock salt is a crystalline rock type with low permeability and high ductility. These types of ductile rocks are important rock environments in terms of safe storage of natural gas and nuclear wastes. Therefore, it is essential to investigate the intrinsic properties that affect the strength of these rocks. The shape of the grains/minerals and the geometry of grain-grain contacts affect the strength of fragmented rocks. In this study, the relationships between the grain contact geometry and the tensile strength and ultrasonic P-wave velocity of Çankırı rock salt were investigated. For the purpose, fractal dimension theory was employed to quantify the pattern of grain-grain contact lines. In this context, the contact lines of the rock salt specimens were traced manually. Then, the tracings were digitized by performing image

Özet

Kaya tuzu, düşük geçirgenliğe ve yüksek sünümlülüğe sahip kristalin bir kaya türüdür. Bu tür sünümlü kayalar, doğalgaz ve nükleer atıkların güvenli olarak depolanması açısından önemli kaya ortamlarıdır. Bu nedenle, bu kayaların dayanımını etkileyen içsel özelliklerin araştırılması önemlidir. Tanelerin/minerallerin şekli ve tane-tane dokanaklarının geometrisi taneli kayaların dayanımını etkilemektedir. Bu çalışmada, tane dokanak geometrisi ile Çankırı kaya tuzunun çekme dayanımı ve ultrasonik P dalga hızı arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bu amaçla, tane-tane dokanak çizgilerinin örüntüsünü tanımlamak için fraktal boyut teorisi kullanılmıştır. Bu kapsamda kaya tuzu örneklerinin dokanak sınırları elle çizilmiştir. Ardından görüntü analizleri yapılarak bu çizimler sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılmış her

[1] Elif Avşar, Araş. Gör. Dr., Konya Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, eavsar@ktun.edu.tr
[2] Nazlı Tunar Özcan, Araş. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ntunar@hacettepe.edu.tr

analyses. Fractal dimensions (D_b) of patterns formed by contacts of each digitized image were calculated by using the box counting method. Finally, Brazilian tensile strength tests were carried out on the specimens whose fractal dimensions were determined. The results suggest that there is a negative linear relationship between the fractal dimension of grain-grain contacts and the Brazilian tensile strength. Another important result is; The fractal dimension values of the specimen decrease with increasing P-wave velocity.

Keywords: Rock Salt, Tensile Strength, Fractal Dimension, Box Counting Method, Image Analysis.

görüntünün dokanak çizgileriyle oluşan örüntülerin fraktal boyutları (D_b) kutu sayma yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Son olarak, fraktal boyutları belirlenen örnekler üzerinde Brazilian çekme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar tane-tane dokanaklarının fraktal boyutu ile Brazilian çekme dayanım arasında negatif bir doğrusal ilişki olduğunu göstermektedir. Bir diğer önemli sonuç ise; P-dalga hızının artmasıyla örneklerin fraktal boyut değerleri azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kaya Tuzu, Çekme Dayanımı, Fraktal Boyut, Kutu Sayma Yöntemi, Görüntü Analizi.

Introduction

Rock salt is composed of mainly halite mineral and the mixtures in different proportions of other evaporitic minerals such as gypsum, anhydrite, dolomite, calcite, etc. Rock salt shows creep behavior and has low permeability, high ductility and self-healing property. Radioactive wastes, oil and natural gases are safely stored in these widely disturbed rocks in the virtue of their inherent properties. Thus, determination of strength parameters and geo-engineering characterization of rock salts are very important in the design of the rock engineering structures.

Natural rock salt exhibits a subgrain structure. This results from the plastic deformation driven by natural differential stresses during halokinesis (Weidinger et al., 1997). The minerals in the rock salt can be crystallized in different sizes of isometric crystals depending on the environmental conditions of the deposition area. Salt crystals forming the rock salt are in contact with each other and positioned in different directions. The macro-sized image of the crystals and/or grains composing the rock and their boundary contacts is presented in Fig. 1. As it can be seen from Fig. 1, the pattern of contact boundaries of salt grains are irregular and rough. The contact boundaries are linear elements. However, when they generate a pattern, the contact boundaries can be projected to a two-dimensional plane. Fractal dimension theory is used for quantifying these patterns (Mandelbrot, 1982; Feder, 1988).

The aim of this study is to investigate the relationships between the fractal dimension of the grain-grain contact patterns and the Brazilian tensile strength and ultrasonic P-wave velocity (Vp) of

Çankırı rock salt. For this purpose, Çankırı rock salt samples were collected and some physical and mechanical properties of this rock were determined. Then, the irregular and rough shapes of grain-grain contact patterns were identified by employing "box counting method". Finally, the relationships between the fractal dimension (D_b) and Brazilian tensile strength and Vp are presented with correlation graphics.

Figure 1. A rock salt specimen composing salt minerals contacting with each other.

Description of Rock Salt

Çankırı rock salt is chosen as the material of this study (Fig. 2a and b). Samples were taken from Çankırı rock salt mine (Fig. 2c). The underground salt cave is located in the village of Balibağı, about 25 km from the city center of Çankırı. This mine is operated by an underground room and pillar method (Özşen, 2009) (Fig. 2c). Rock salts were deposited in the Oligo-Miocene-aged Gypsum Series unit. Its proved reserve is 812 million tons (MTA, 1980). The region was tectonically deformed and folded.

Laboratory Tests

In this study, some laboratory tests were carried out to determine the unit weight (γ_n), ultrasonic P wave velocity (Vp) and Brazilian tensile strength (σ_t) of Çankırı rock salt. The average unit weights of specimens was defined as 20 kN/m^3. P-wave velocity measurements were measured in the Laboratory of Engineering Geology of Department of Geological Engineering in Hacettepe University based on the method proposed by ISRM (2007). The all results and determinations obtained from the laboratory tests are given in Table 1. The tensile strength values obtained from Brazilian tests range between 2.44 to 5.35 MPa. In addition, the Vp values of Çankırı rock salt specimens vary between 2978 m/s and 4168 m/s.

Figure 2. (a) Block samples of rock salt (b) A close view of the salt (c) A view from room and pillar of underground rock salt mine.

Table 1. Some physical properties, tensile strength and fractal dimensions of the specimens.

Specimen No.	γ_n (kN/m^3)	Fractal dimension, D_b	σ_t (MPa)	Vp (m/s)
B1	20.17	1.6434	2.44	3609
B2	20.38	1.6325	4.05	3450
B3	19.91	1.6178	3.72	3633
B4	20.48	1.6075	4.09	4168
B5	19.46	1.6412	2.89	2978
B6	20.37	1.6235	3.70	3606
B7	19.49	1.6528	3.24	3312
B8	20.25	1.5854	5.35	3967
B9	19.91	1.6042	4.22	3783
B10	19.45	1.6128	3.85	3463

Fractal Dimension Studies

Unlike the objects that are made by man have regular and geometrical structures that can be defined by Euclidean geometry, objects in nature can have very complex and irregular shapes. Mandelbrot (1967) stated that the mountains are not cones, coastlines are not round and clouds are not spherical, the topological dimension is insufficient to describe many objects in nature. Mandelbrot (1967) introduced a new concept of geometry called "Fractal Geometry" which provides both description and mathematical model for many complex shapes in nature. Mandelbrot (1967) called this new dimension concept as “Fractal Dimension (D)” which aims to quantitative describe the

geometry of natural shapes unlike the regular geometrical shapes. The term fractal comes from the Latin "fractus" and means irregular and random.

In recent years, fractal dimension theory has been widely used as a reliable and robust method for quantitative representation of complex and heterogeneous shapes of fault zones, rocks, granular materials and fractured mediums (Barton 1995; Feder 1988; Ghanbarian et al. 2015; Ghanbarian and Hunt 2017; Ghanbarian et al.2019; Gimknez 1997; Mandelbrot 1982; Perfect 1997; Sahimi 2011). Fractal dimension analyzes were carried out in order to numerically describe the patterns of grain-grain contacts of the rock salts specimens.

Box Counting Method

Box counting method (Mandelbrot, 1982; Feder, 1988) can be used in areal structures projected onto a two-dimensional plane. When an irregular curve is covered with a grid of cell (box) size rxr, the number of cells of rxr size N(r) containing any part of the curve is counted, and the same process is repeated for each different grid created with smaller r values, the decrease in cell size that forms the grid, in other words, the increase in grid density also causes an increase in the number of cells that contain any part of the curve. The relationship between the N(r) and r is given in Eq. 1.

$$N_{box}(r) \propto 1/r^{D} \quad (1)$$

When the log Nbox (r) - log (r) graph is drawn, the slope of the linear regression line characterizing the distribution of data pairs in this graph is β and the fractal dimension of the curve is (D). Thus, D is given in Eq. 2.

$$D = -\beta \quad (2)$$

In this study, box counting method was employed to calculate the fractal dimension of patterns of grain-grain contacts of the rock salt specimens. Within the scope of fractal dimension studies the image of the contact patterns observed on the outer surfaces of each specimen was digitized. First, contact lines were drawn by hand on the specimens (Fig. 3a). Then, these tracings were transferred on cellophanes by wrapping them around the specimens. This process was applied for the top, bottom and circumferential surfaces of each specimen (Fig. 3b). The "Fiji-ImageJ" (Schindelin et al., 2012) software was used to perform digital image processing analysis. The image of each specimen was scanned into this software and digitized by using the set scale tool based on the real dimensions of the specimens. The images of patterns were converted to 8-bit images and thresholded to white and black after digitizing. Finally, the Fraclac Analysis plugin was used to employ the box counting method on thresholded to 8-bit images (Fig. 3b). The number of grid orientations were setted to six and the images were locked white background in box counting analyses. The results of box counting analysis

indicated that the fractal dimension (D_b) of grain contact patterns belonging to Çankırı rock salt specimens varies between 1.5854 and 1.6528 (see Table 1).

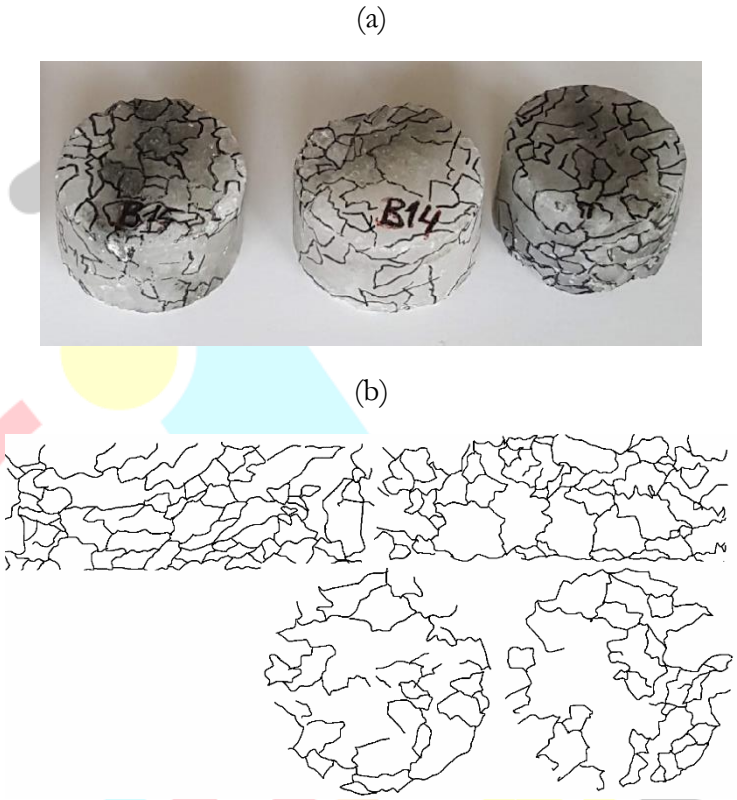


Figure 3 (a) Grain-grain contact lines drawn on the tensile strength test specimens and (b) digitized image of a tracing paper of top, bottom and circumferential surfaces of a specimen.

Discussion

It is found that as the number of small sized grains and the roughness of the contact boundary lines increase, the fractal dimension increases in accordance with the principles of fractal theory. On the other hand, Brazilian tensile strength of specimens were determined in the laboratory. The effect of the geometry of grain-grain contact boundaries on the tensile strength and P-wave velocity of Çankırı rock salt was examined by performing correlation tests. The curve of the relationship between Brazilian tensile strength and the fractal dimension of specimens is presented in Fig.4. It is determined that there is a statistically significant negative linear relationship between the fractal dimension and the tensile strength with a high coefficient of determination (R^2=0.764). In addition, Vp has also a pronounced negative linear relationship with the tensile strength with lower R^2 (0.546) values than the R^2 of σ_t-D_b relationship (Fig. 5).

An increase in fractal dimension means an increase in the density of grain-grain contact surfaces and therefore the patterns formed by the boundary lines of them. The reason for the decrease in Brazilian tensile strength with the increase in fractal dimension may result from increase in the amount of contact planes that may have low/very low tensile strength. On the other hand, the Vp decreases with the increase of fractal dimension similar to the decrease in the Vp with the increase of discontinuities and weaknesses in jointed rock masses.

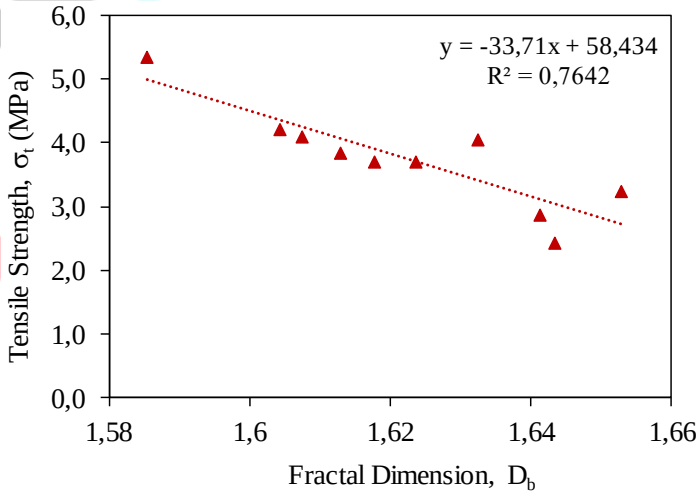


Figure 4. The relationship between the tensile strength of rock salt and the fractal dimension.

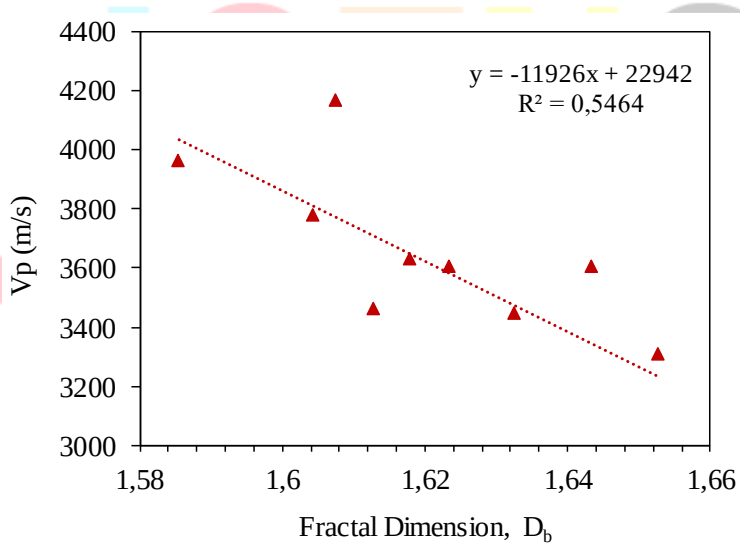


Figure 5. The relationship between the Vp and the fractal dimension of the rock salt specimens.

Conclusion

The main findings of this study are presented below.

Brazilian tensile strength and the Vp of the rock salt specimens range from 2.44 to 5.35 MPa and from 2978 to 4168 m/s, respectively. Brazilian tensile strength and the Vp of the rock salt specimens have pronounced negative linear relationships with the D_b. The patterns of grain-grain contacts in rock salts show fractal properties. Fractal dimension increases with increasing the density of rough lines belonging to grain-grain contacts boundaries. The Brazilian tensile strength of the rock salt decreases with the increase in the sum of the grain-grain contact boundaries in other words roughness of the patterns. Considering the rock salts, the rougher pattern of grain-grain contact boundaries means greater contact surface (or boundaries) between the grains/salt crystals and this has a significant effect on the tensile strength.

Acknowledgement

The authors would like to thank Murat Danaci director of the Çan-Kaya rock salt mine for their permission and support in obtaining rock salt samples, Genco Özcan for their support in preparing the test specimens and Deniz Yılmaz for their help during the laboratory experiments.

References

Barton, C. C., Paul. R., Pointe, L. 1995. Fractals in the earth sciences. Plenum, New York.

Düzyol, S. 2004. Kaya Tuzuna ait Mekanik Parametrelerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 190s.

Feder, J. 1988. Fractals. Plenum, Springer, US.

Ghanbarian, B., Perfect, E., Liu, H. 2019. A geometrical aperture–width relationship for rock fractures. Fractals, 27(1):12.

Ghanbarian, B., Hunt, A. G. 2017. Fractals: concepts and applications in geosciences. CRC press, Boca Raton.

Ghanbarian, B., Hunt, A. G., Skinner, T. E., Ewing, R. P. 2015. Saturation dependence of transport in porous media predicted by percolation and effective medium theories. Fractals.

Gimknez, D., Perfect, E., Rawls, W. J., Pachepsky, Y. 1997. Fractal models for predicting soil hydraulic properties. Engineering Geology, 48:61–83.

ISRM., 2007. Suggested methods prepared by the commission on testing methods. In:Ulusay R, Hudson JA, eds. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring. International Society for Rock Mechanics, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group, Kozan Ofset; 628.

Mandelbrot, B. B. 1967. How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. Science, 156:636–638.

Mandelbrot, B. B. 1982. The fractal geometry of nature. W. H Freeman, San Francisco.

MTA, 1980. Tekel Çankırı Rock Salt Mine Report.

Perfect, E. 1997. Fractal models for the fragmentation of rocks and soils: a review. Engineering Geology 48:185–198.

Sahimi, M. 2011. Flow and transport in porous media and fractured rock: from classical methods to modern approaches. Wiley-VCH, Weinheim.

Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E. et al. 2012. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. Nature Methods, 9(7): 676-682.

Özşen H., 2009. Determining short and long-term mechanical properties and mathematical modeling of rocksalt (in Turkish), Ph.D. Thesis, Selçuk University, Mining Engineering Department, Konya, Turkey.

Weidinger, P., Hampel, A., Blum, W., Hunsche, U., 1997. Creep behaviour of natural rock salt and its description with the composite model. Materials Science and Engineering, A234-236, pp. 646-648.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Genome-Wide Analysis of GATA Transcription Factor Family in *Amborella trichopoda*

Amborella trichopoda'da GATA Transkripsiyon Faktör Ailesinin Genom Çapında Analizi

Melis Vuslat TUNÇ [1]
Halis Batuhan ÜNAL [2]
F. Şeyma GÖKDEMİR [3]

Abstract

Genome-wide analysis provided that raw data to understand how plants respond at the gene expression level, especially in stress-related pathways. After characterization and identification, in silico data are obtained to be associated with various stresses. These informatic data are very important for future studies and to know the gene and protein family in the related pathways, even if gene expression studies are not carried out at the transcription level. GATA transcription factors are a highly conserved family of proteins that are present in a wide range of organisms from vertebrates to plants and fungi.

Plants are highly adaptable organisms to their environment due to the fact that they are substantially unable to leave the conditions that cause stress. This makes their stress response

Özet

Genom çapında analiz, bitkilerin gen ekspresyon seviyesinde, özellikle stresle ilgili yolaklarda nasıl tepki verdiğini anlamak için ham veriler sağlamaktadır. Bu analizlerden sonra, çeşitli streslerle ilişkilendirilecek *in silico* veriler elde edilir. Bu biyoinformatik veriler, transkripsiyon düzeyinde gen ekspresyon çalışmaları yapılmasa bile, gelecekteki çalışmalar ve ilgili yolaklardaki gen ve protein ailesini tanımak için çok önemlidir. GATA transkripsiyon faktörleri, omurgalılardan bitkilere ve mantarlara kadar çok çeşitli organizmalarda bulunan yüksek oranda korunmuş bir protein ailesidir.

Bitkiler, strese neden olan koşulları terk edemedikleri adaptasyon mekanizmaları oldukça gelişmiş canlılardır. Bu nedenle, strese verecekleri cevap mekanizmalarını oldukça esnektir. Burada etkili olan moleküler

[1] Melis Vuslat Tunç, Başkent University, Molecular Biology and Genetics, melisvtunc@gmail.com
[2] H. Batuhan Ünal, Başkent University, Molecular Biology and Genetics, h.batuhanunal@gmail.com
[3] F. Şeyma Gökdemir, Dr, Başkent University, Molecular Biology and Genetics, fsgokdemir@baskent.edu.tr

mechanisms largely flexible. The molecular mechanism behind this phenomenon lies behind the proteins that regulate which gene would be expressed and when this expression would happen. Gene expression is regulated strictly by proteins called transcription factors and plants depend highly on transcription factors abilities to provide the adaptability they essentially need. In this study, it has been identified and characterized 20 GATA transcription factor family in *Amborella trichopoda*, which a primitive species of angiosperm. Their chromosome map, exon-intron regions, cis elements, protein patterns, 3D structure, phylogeny and miRNA analysis were made.

Keywords: GATA transcription factors, Genome-wide identification, *Amborella trichopoda.*

mekanizma, hangi genin ifade edileceğini ve bu ifadenin ne zaman gerçekleşeceğini düzenleyen proteinlerin rolleriyle alakalıdır. Gen ekspresyonu, kesinlikle transkripsiyon faktörleri adı verilen proteinler tarafından düzenlenir ve bitkiler, esasen ihtiyaç duydukları adaptasyonu sağlamak için transkripsiyon faktörlerinin yeteneklerine büyük ölçüde bağlıdır.
Bu çalışmada, ilkel bir anjiyosperm türü olan *Amborella trichopoda*'da 20 GATA transkripsiyon faktör ailesi tanımlanmış ve karakterize edilmiştir. Kromozom haritası, ekson-intron bölgeleri, cis elementleri, protein modelleri, 3 boyutlu yapıları, filogenisi ve miRNA analizleri yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: GATA transkripsiyon faktörü, Genom çapında tanımlama, *Amborella trichopoda.*

Introduction

Plants are organisms that, by their nature, are exposed to many environmental stresses, stimuli and different living conditions, and therefore adapted to many different environmental and metabolic processes, with a wide variety of gene expression patterns. These gene expression motifs function in plants through pathways associated with transcription factors binding to the gene of interest and initiating protein synthesis [1].

Transcription factors are proteins that induce gene expression by interacting with a cis-regulatory element in the promoter region of the genome with their DNA binding site. Since they play a key role in the control points of very important pathways such as inducing or inhibiting protein synthesis, it is very important to examine transcription factors in detail to understand the critical molecular pathways related to the organism. Transcription factors basically consist of four main functional segments: DNA-binding region, transcription regulation region, dimerization region and nuclear localization region. They largely contain a single DNA-binding site, although it has also been noted that more than one DNA-binding site has been observed in some plants (eg the GT2 transcription factor of the *Arabidopsis thaliana* plant) [2].

DNA-binding regions are located on transcription factors as a short peptide sequence that is located in the promoter region on the genome and interacts with a *cis*-regulatory element that induces transcription. The nomenclature of some transcription factors is based on the region on the DNA to which they bind. One of them is the GATA family of transcription factors. GATA factors are a family that was first discovered in vertebrates pathways involved in the regulation of erythroid-specific gene expression. They derive their name from a conserved WGATAR sequence to which they bind on DNA (W = T or A; R = G or C) and is a widely distributed family of transcription factors found in many different species from animal to fungus, yeast to plant [3]. The DNA-binding site of plant GATA factors is typically in the form of a single zinc finger motif [4]. It is known that transcriptional regulation dependent on GATA motifs is involved in the control of light and nitrate-dependent transcription in plants. It is one of the most evolutionarily preserved families involved in various cellular processes. Not many GATA TFs have been studied in plants. But GATA genes are known to play a role in light-linked gene regulation, nitrate simulation, flowering, developmental processes, and processes related to hormone signaling [5,7].

Amborella trichopoda is a plant species belonging to the Amborellaceae family, which has been identified as one of the most primitive species of angiosperm plants, as previously reported by molecular evolution studies. *Amborella trichopoda*, which has a close relationship to flowering plants that is determined by phylogenetic analysis, is a species that has been frequently studied in plant systematic studies [6]. At the same time, due to the place it holds in the discipline of plant molecular evolution, it has an important place in plant molecular biology studies.

In this study, by performing genome-wide identification analyzes of the family of GATA transcription factor belonging to the plant *Amborella trichopoda*, we obtained more detailed information about both GATA, which is a widely distributed and conserved transcription factor, and *Amborella trichopoda*, which is a very important species for plant molecular biology, with bioinformatic tools.

Methods

Identification of GATA Genes in *Amborella trichopoda* and Their Subcellular Localizations, Chromosome Mapping, Exon-Intron Analysis.

Amborella trichopoda GATA genomic, coding and protein sequences have been obtained from Phytozome Database V12 using ID number on Plant TFDB. To identify GATA genes/proteins in the *A. trichopoda* genome, both BlastP at Phytozome Database V12.1 (http://www.phytozome.net) and Hidden Markov Model (HMM), (http://www. ebi.ac.uk) searches were performed against the *A. trichopoda* genome.

Some features like aminoacids length, molecular weight, cellular localization, instability index, Aliphatic index, aliphatic index, instability index and gravy average of hydropathicity have been found from Protparam Expasy Tool (http://web.expasy.org/protparam/) and WolfP SORT

(https://wolfpsort.hgc.jp/). WOLF PSORT converts amino acid sequences of a protein into numerical localization properties so the results show where genes are located. *GATA* genes location of on *Amborella* chromosomes have been determined through MapGene2 (http://mg2c.iask.in/mg2c_v2.0/). Gene Structure Display Server Program Tool (GSDS; http://gsds.cbi.pku.edu.cn/) was used to estimate the exon/intron set up of the *GATA* genes. This analysis is achieved by mutual matching of coding sequences with genomic sequences.

GATA proteins of Identification of Motif Patterns and 3D Modelling and Pylogeny

Motifs present in the GATA protein families were identified by using the Multiple Expectation Maximization for Motif Elicitation (MEME) tool (http://meme-suite.org/). Protein is classified by families, predicting domains, and important sites by usin Interproscan Tool (https://www.ebi.ac.uk/interpro/). Three Dimensional (3D) Structures for all the proteins were reported by using Phyre2 Tool. (http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/~phyre2/html/page.cgi?id=index) Phyre2 is also used for functions and mutations.

Pyhlogenetic analysis have been done with MEGAX programs and filogenetic tree created with İTOL (https://itol.embl.de). To determine relationship between GATA proteins, Maximum likelihood was preferred as the method of drawing trees.

Examination of Cis-Regulatory Elements in Promoter Region and Plant Small RNA Target Anaysis

5' upstream regions of 2 kb DNA sequences were analyzed with PlantCare (http://sphinx.rug.ac.be:8080/PlantCARE/). psRNATarget was used for the relationship between the transcript of the gene and the miRNA targeted. The psRNATarget analysis program includes the latest innovations in miRNA target recognition in the plant. This program was used to display sRNA targets in the plant by finding the match found between the sRNA sequence and the target mRNA sequence (https://plantgrn.noble.org/psRNATarget/).

Results and Discussion

In this study, 20 GATA transcription factors (TF) belonging to the *Amborella trichopoda* species were defined and their bioinformatics analyzes were made *in silico*. Since there was not enough information about *Amborella trichopoda* chromosomes in the researches in the NCBI database, genomic sequences were considered as scaffold protein. The localizations of the GATA transcription factor family belonging to the genus *Amborella trichopoda* on the genome are given as base pairs at the start and end points. At the same time, the amino acid numbers of gene, molecular weight, instability indices, aliphatic index and GRAVY data of transcription factors products were obtained.

Table 1 Information of *GATA* Genes in *Amborella trichopoda*

Gene Code	Gene Location	Number of Aminoacid	Mol. Weight (kDA)	Cellular Localization	Instability Index	Alifatic Index	GRAVY
AmtriGATA1	4,082,514 4,083,543	261	29397,17	nucl: 12, cyto: 2	64,7 Unstable	58,66	-0,8
AmtriGATA2	3,385,611 3,392,875	525	58878,15	chlo: 7, nucl: 6, pero: 1	53,01 Unstable	69,26	-0,698
AmtriGATA3	799,606 801,093	278	30700,43	nucl: 12, cyto: 1, extr: 1	62,8 Unstable	63,85	-0,613
AmtriGATA4	1,097,305 1,106,365	519	57022,6	nucl: 4.5, chlo: 3, cysk_nucl: 3, extr: 2, cyto: 1, mito: 1, plas: 1, vacu: 1	51,01 Unstable	69,31	-0,629
AmtriGATA5	6,720,887 6,721,599	201	22288,67	nucl: 12, chlo: 1, extr: 1	75,65 Unstable	53,88	-0,86
AmtriGATA6	5,736,857 5,737,453	198	22399,41	nucl: 13, cyto: 1	67,66 Unstable	53,16	-0,828
AmtriGATA7	6,687,618 6,709,815	348	37982,73	nucl: 12, chlo: 1, pero: 1	45,57 Unstable	54,94	-0,895
AmtriGata8	2,908,656 2,910,259	239	26012,02	nucl: 10, chlo: 2, extr: 1, vacu: 1	43,75 Unstable	59,5	-0,516
AmtriGATA9	6,313,982 6,319,244	568	63060,43	nucl: 8, chlo: 5, cysk: 1	55,54 Unstable	65,74	-0,649
AMtriGATA10	6,353,148 6,353,924	208	23094,48	nucl: 13, mito: 1	46,49 Unstable	65,67	-0,748
AmtriGATA11	4,491,507 4,502,521	234	25768,34	nucl: 9, cyto: 2, chlo: 1, extr: 1, vacu: 1	29,39 Stable	70	-0,665
AmtriGATA12	1,430,776 1,431,552	258	29707,02	nucl: 14	58,68 Unstable	54,42	-0,855
AmtriGATA13	892,991 895,989	322	35541,46	nucl: 11, chlo: 1, extr: 1, vacu: 1	60 Unstable	63,57	-0,682
AmtriGATA14	1,605,946 1,606,580	150	17284,15	nucl: 11, extr: 2, chlo: 1	70,24 Unstable	66,27	-0,873
AmtriGATA15	1,344,477 1,345,863	257	29639,23	nucl: 12, plas: 1, extr: 1	64,87 Unstable	54,36	-1,053
AmtriGATA16	1,924,871 1,927,833	260	28970,51	nucl: 12, chlo: 1, extr: 1	64.22 Unstable	54	-0,618
AmtriGATA17	507,488 508,411	206	23054,01	nucl: 14	53,3 Unstable	63,01	-0,69
AmtriGATA18	463,698 464,531	277	28963,52	nucl: 13, cyto: 1	66,03 Unstable	58,88	-0,535
AmtriGATA19	974,631 976,106	491	56855,91	nucl: 14	56,72 Unstable	59,9	-0,868
AmtriGATA20	991,271 1,002,781	607	68464,48	nucl: 12, cyto: 1, vacu: 1	46,28 Unstable	73,69	-0,583

Amounts of amino acids contained in proteins vary on a scale between 150 and 607. *AmtriGATA11* gene was determined to be stable according to the instability index calculations, and other factors belonging to the GATA transcription factor family were unstable. The molecular weights of the proteins range from 17284.15 Daltons to 68464.48 Daltons. The aliphatic index is the relative proportion that the aliphatic side chains of the protein occupy by volume. It is a positive factor for globular proteins increasing heat stability. The aliphatic index determined for the GATA transcription factor family is between 53.16 and 73.69. GRAVY was defined as the average of the hydropathy values of amino acids that make up the protein and was obtained between -1.053 and -0.516 for this transcription factor family. GATA transcription factors are mostly localized in the nucleus, cytosol and chloroplast according to Wolf PSORT analysis. Cellular localization data showed that GATA transcription factors displays a wide distribution within the cell **(Table 1).**

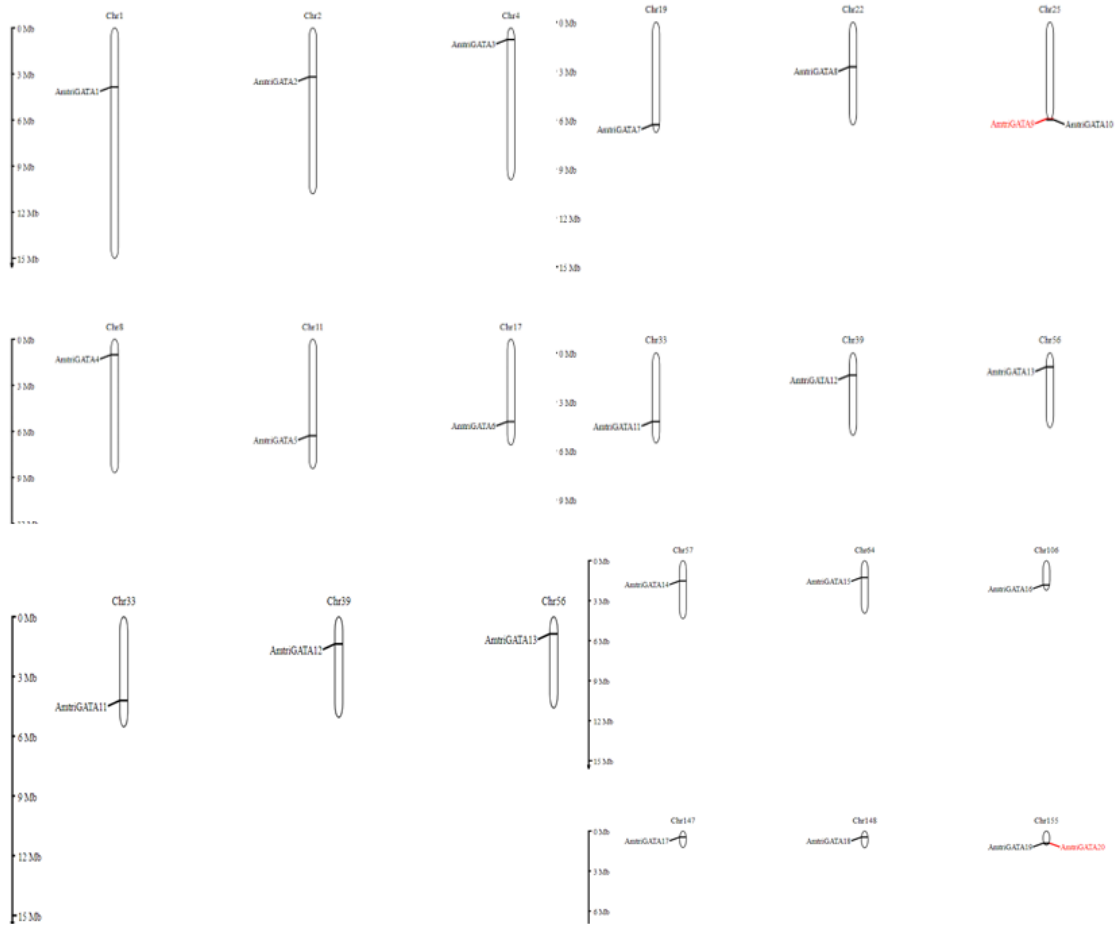


Figure 1 Genome mapping of *GATA* gene family on schaffolds

Amborella trichopoda has 2n=26 chromosomes. When creating the genome outline in an organism, contigs between sequences are formed due to different DNA readings. Parts of the genome that include these contigs are called schaffold. According to the Amborella genome sequencing project, the *Amborella trichopoda* genome consists of 5,746 schaffolds [8]. MapGene2 results shown that most of 20 *GATA* genes distrubuted on the different schaffolds, however, *AmitriGATA9* and *AmitriGATA10* localized on schafold 25, and *AmitriGATA19-AmitriGATA20* in 155. schaffold **(Figure 1)**.

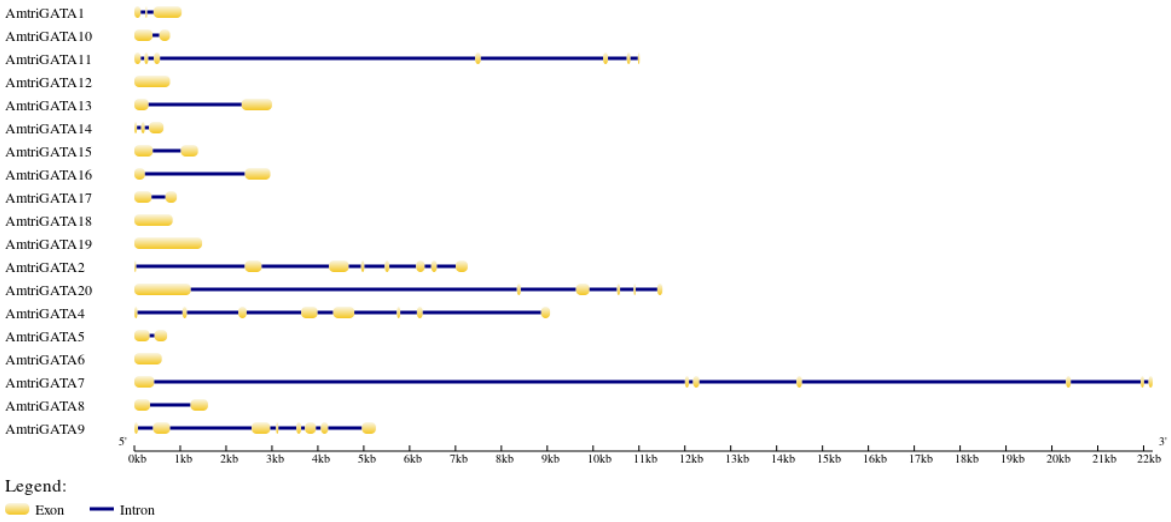


Figure 2 Exon and intron areas of *GATA* genes of *Amborella trichopoda*

In the figure 2, the yellow lines indicate exons, while blue lines represent introns. *AmitriGATA6-, -12, -18* and *-19* have no any intron but *AmitriGATA2, -4* and *-9* have 7 introns. Besides, *AmitriGATA5, -8, -10, -13, -15* and *-17* have only one intron. Lynch defined introns as benign DNAs that invade protein-coding genes [10]. However, introns have many functions directly and indirectly. For example; regulation of alternative splicing, positive regulation of gene expression, transport of mRNAs. In addition, introns can undertake different functional functions with the transcription factor binding motifs they contain in the gene. When introns are examined evolutionarily, it has been determined that intron lengths play an important role in natural selection [9, 11]. When we look at the *AmitriGATA* genes, it can be said that -7, -11 and -20 are advantageous because they have long introns **(Figure 2).**

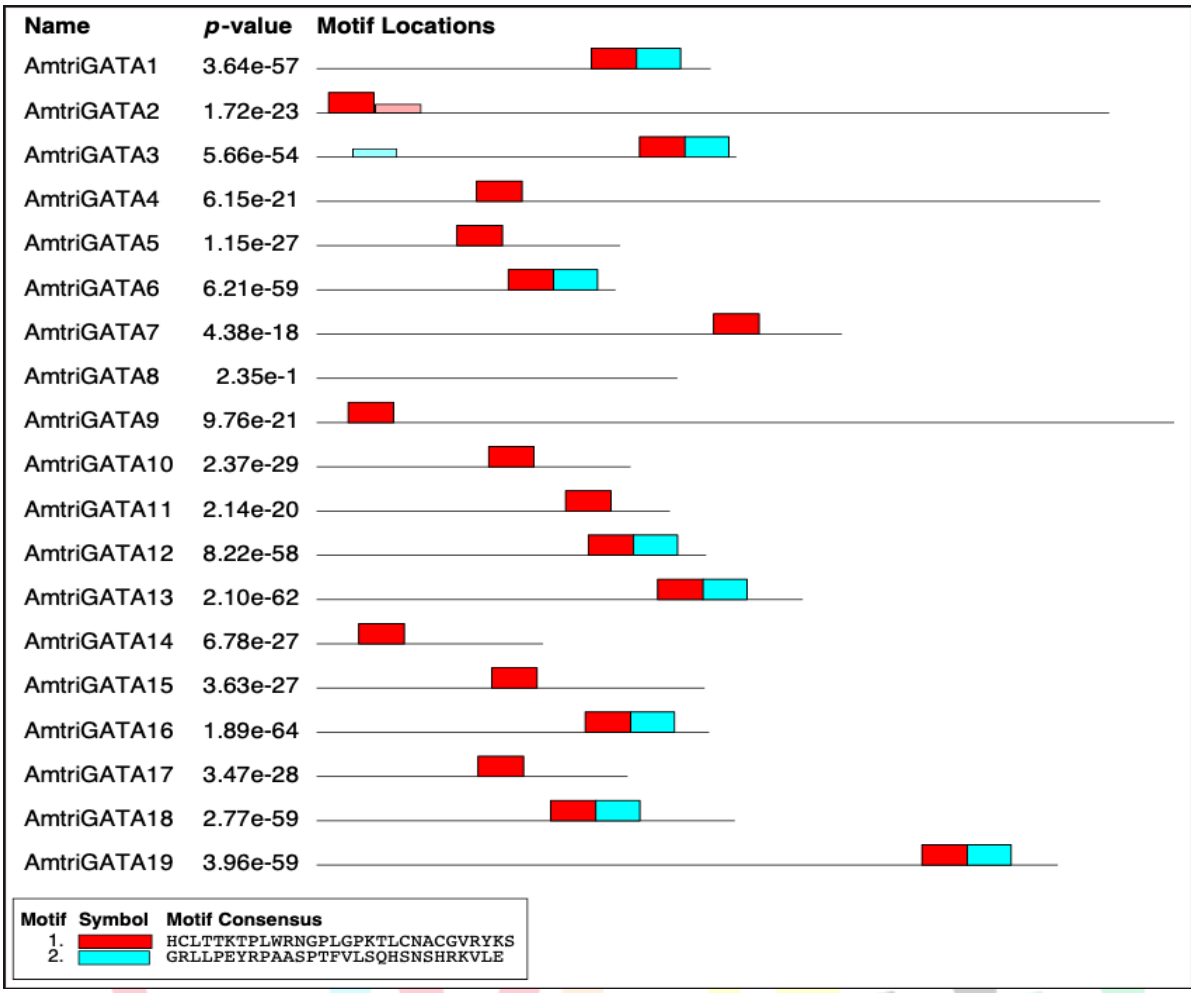


Figure 3 Motif Locations in aminoacids sequences of GATA from *Amborella trichopoda*

In Figure 3, protein motif data were obtained using MEME Suite Database. With protein domain information and protein motifs, classification analysis of proteins and molecular affinity determinations with protected domains between different proteins can be performed. Compared to domains via interproscan software, all motif patterns, compitable the zinc finger motif pattern. Almost all of the 20 amino acids contain one or a specific region of the consensus sequence representing the zinc finger motif **(Figure 3).** When 3D models of GATA proteins, whose motif patterns are extracted, are made, models compatible with zinc finger patterns draw attention. The reliability percentages of the estimated 3D structures obtained from protein sequences are obtained with the same database.

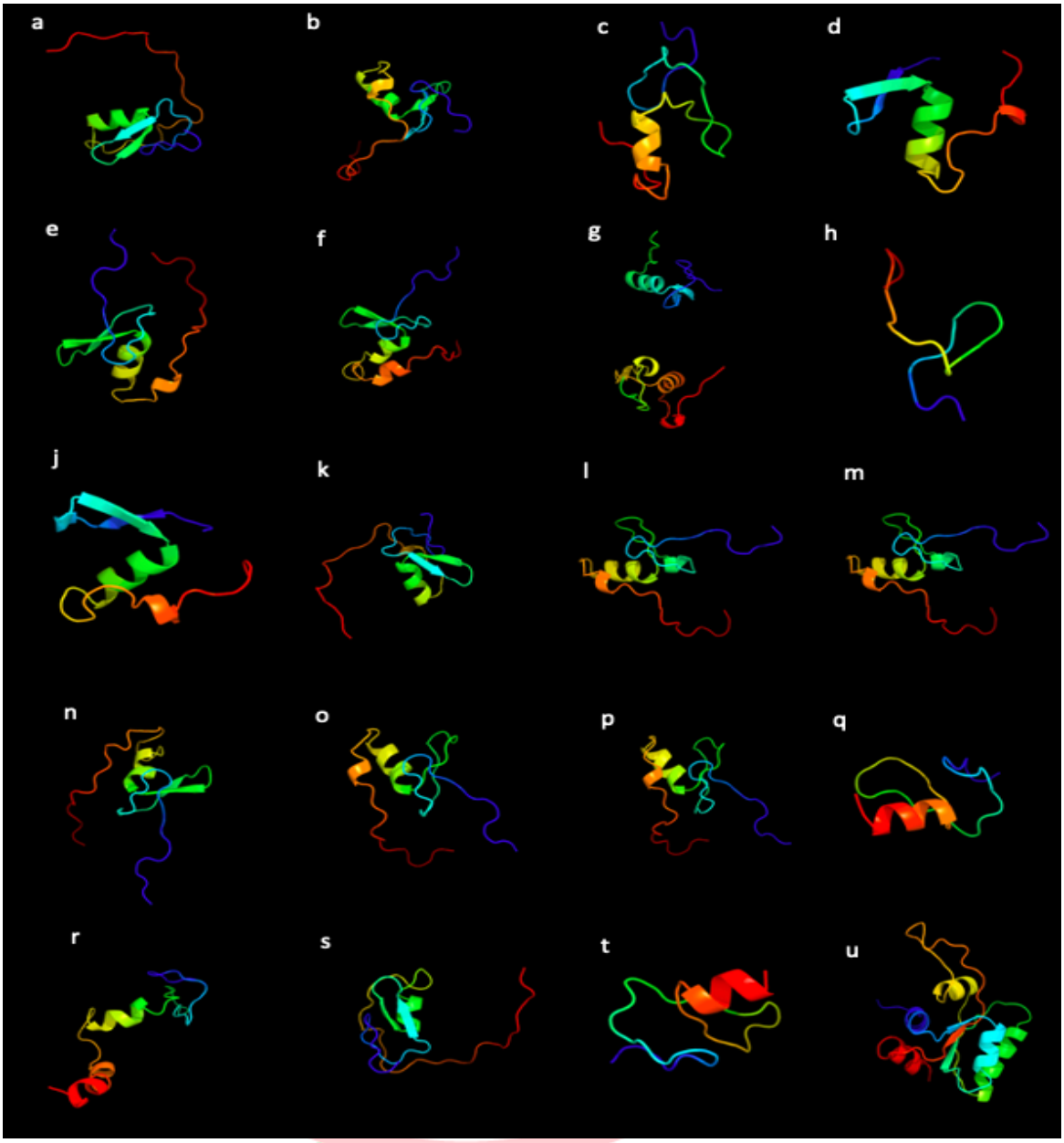


Figure 4 3D modelling GATA proteins

Because the GATA family is widely distributed in plants, animals and fungi, and the zinc finger pattern is a well-known characteristic domain, it is easy to comment on the patterns encountered in modeling. Namely, it also shows the zinc finger pattern in 3 dimensions with the green and red curves that attract attention in the patterns and their positioning at the angle where the zinc will be placed when examined in 3D patterns **(Figure 4).** According to the 3D modeling results; The stability index of all proteins being 98-99% indicates that the protein motif is well defined and that the zinc finger pattern is evolutionarily well preserved in the GATA family.

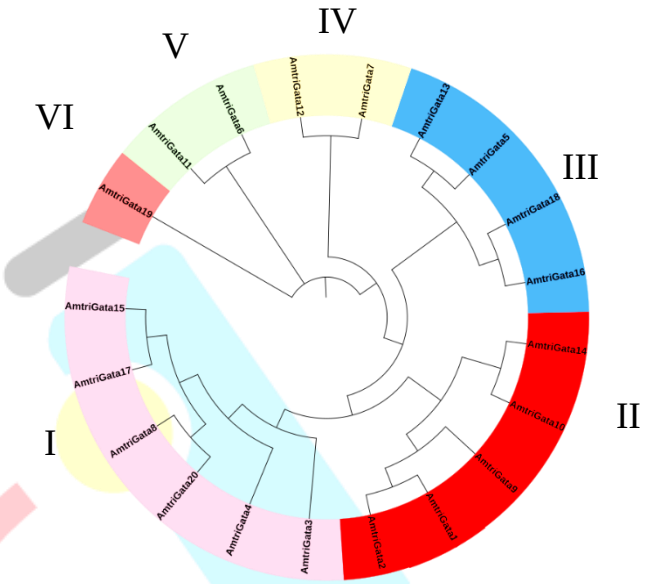


Figure 5 Phylogenetic tree of AmitriGATA Proteins

According to MEGAX results, all AmitriGATA proteins branched from 6 different clusters. The most crowded group is group I and 6 proteins AmitriGATA3, -4, -8, -15, -17 and -20 are clustered together. In II group, AmitriGATA1, -2, -9, -10, -14; in group III, AmitriGATA5-, -13, -16, -18; in group IV, AmitriGATA- and -12; in group V, AmitriGATA6 and 13 branched together. AmiTriGATA19 is separated from as a branch from the clusters **(Figure 5).**

Plant small RNA analysis target results show that, coding sequences of AmiGATA has been targeted 2252 miRNA. Some of them as important miRNAs for gene silencing, gene editing and answer to stress signal pathways. The complete miRNA list is provided as a supplementary file **(Supp File 1**). Besides, according to in 5' upstream region analysis, this 2 kb sequences contains more than a hundred cis regulatory elements. These cis elements related to environmental stress, photo sensitive, hormone response, cis-acting regulatory elements, light response, DNA binding sites, transcription starts, promotor and enhancer regions and circadian rhythm. The diversity of all these cis elements supports the hypothesis that GATA proteins are an important family of transcription factors at the transcriptional level and evolutionarily.

Conclusion

In silico analysis enables understanding of DNA-Protein interactions. Here, we made the genome-sized *in silico* analysis of the *Amborell*a and *GATA* genes, which is a plant species. Although it gives us limited information on the evolutionary process, we were able to obtain important reference data for plant-plant or plant-animal interreactions. For in-vivo analyzes to be performed with *GATA* genes in the future, data defined at the transcriptional level will be available.

In order to determine the efficiency of *GATA* genes in stress-related pathways, in silico analysis of the relevant genes should be done before qrt PCR studies. Therefore, this study is a preliminary study to understand transcriptional regulation at the level of gene expression. Besides, this bioinformatic analysis revealed that *AmtriGATA* genes might play an important role in stress response for *Amborella trichopoda* cultivars and suggests that these genes could be used as functional markers for in silico analysis for future studies.

References

[1] Martin, C., Paz-Ares, J., MYB transcription factors in plants, Trends Genet., 1997, 13: 67.

[2] Liu, Q., Zhang, G., & Chen, S. (2001). Structure and regulatory function of plant transcription factors. Chinese Science Bulletin, 46(4), 271–278.

[3] Teakle, G. R., Manfield, I. W., Graham, J. F., & Gilmartin, P. M. (2002). Arabidopsis thaliana GATA factors: organisation, expression and DNA-binding characteristics. Plant molecular biology, 50(1), 43–57.

[4] Omichinski JG, Clore GM, Schaad O, Felsenfeld G, Trainor C, Appella E, Stahl SJ, Gronenborn AM (July 1993). "NMR structure of a specific DNA complex of Zn-containing DNA binding domain of GATA-1". Science. 261 (5120): 438–46.

[5] Reyes, J. C., Muro-Pastor, M. I., & Florencio, F. J. (2004). The GATA family of transcription factors in Arabidopsis and rice. Plant physiology, 134(4), 1718–1732.

[6] Große-Veldmann, B.; Korotkova, N.; Reinken, B.; Lobin, W. & Barthlott, W. (2011). "Amborella trichopoda — Cultivation of the most ancestral angiosperm in botanic gardens". The Journal of Botanic Garden Horticulture. 9: 143–155. Retrieved 2016-10-21.

[7] Yu, C., Li, N., Yin, Y., Wang, F., Gao, S., Jiao, C., & Yao, M. (2021). Genome-wide identification and function characterization of GATA transcription factors during development and in response to abiotic stresses and hormone treatments in pepper. *Journal of Applied Genetics*, *62*(2), 265-280.

[8] Albert, V. A., Barbazuk, W. B., Depamphilis, C. W., Der, J. P., Leebens-Mack, J., Ma, H., ... & Poncet, V. (2013). The Amborella genome and the evolution of flowering plants. *Science*, *342*(6165), 1241089.

[9] Comeron, J. M., Williford, A., & Kliman, R. M. (2008). The Hill–Robertson effect: evolutionary consequences of weak selection and linkage in finite populations. *Heredity*, *100*(1), 19-31.

[10] Lynch, M. (2002). Intron evolution as a population-genetic process. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*(9), 6118-6123.

[11] Jo, B. S., & Choi, S. S. (2015). Introns: the functional benefits of introns in genomes. *Genomics & informatics*, *13*(4), 112.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

CuSn10 Kalay Bronzu Malzemenin RF Magnetron Saçtırma Kaplamalar Yapılarak Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi

Investigation of the Tribological Properties of CuSn10 Tin Bronze Material with RF Magnetron Sputtering Coatings

Mehmet Poyraz[1]

Abstract

The reduction of material losses due to friction and wear is a target of tribological studies. The aim of this study is to obtain CuSn10 tin bronze with improved friction properties and high wear resistance. Bronze in copper based alloys are widely used as journal bearing material. In this study, using the Radio Frequency Magnetron Sputtering Technique, MoS_2 thin films were deposited on CuSn10 tin bronze substrates without interlayer, with Ti and Cr interlayer, respectively. MoS_2, one of the solid lubricants; It was preferred as a coating material in the study because it exhibits a low friction coefficient during sliding. Chemical compositions were determined from the surface of the substrates and films using the EDS detector of the Scanning Electron Microscope. Using the Scanning Electron Microscope, the coating thicknesses were measured from the side

Özet

Sürtünme ve aşınma kaynaklı malzeme kayıplarının azaltılması, tribolojik çalışmaların hedefinde olan bir konudur. Bu çalışmanın amacı sürtünme özellikleri gelişmiş, aşınma direnci yüksek CuSn10 kalay bronzu elde etmektir. Bakır esaslı bronz kaymalı yatak malzemesi olarak yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmada Radyo Frekans Magnetron Saçtırma Tekniği kullanılarak, MoS_2 ince filmler sırasıyla ara tabakasız, Ti ve Cr ara tabakalı olarak CuSn10 kalay bronzu alt taşlar üzerinde biriktirilmiştir. Katı yağlayıcılardan biri olan MoS_2; kayma sırasında düşük sürtünme katsayısı sergilediği için çalışmada kaplama malzemesi olarak tercih edilmiştir. Taramalı Elektron Mikroskobunun EDS dedektörü kullanılarak, alt taşın ve filmlerin yüzeyinden kimyasal kompozisyonlar belirlenmiştir. Elde edilen filmlerin yan kesitlerinden Taramalı Elektron Mikroskobu

[1] Mehmet Poyraz, Öğr. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, mpoyraz@mu.edu.tr

sections of the films obtained. Nano tribometer abrasion device was used to determine the tribological properties of the films. Graphs showing the friction coefficient-distance relationship of MoS_2 films deposited on CuSn10 tin-bronze substrates were obtained. The average friction coefficients and wear amounts of the films in the atmosphere were determined. As a result of the study, it was determined that MoS_2 film coatings with Ti interlayer on CuSn10 tin-bronze substrate gave the lowest friction coefficient and wear rate. It has been determined that MoS_2 coating with Ti interlayer on CuSn10 tin bronze is the most suitable coating pair to improve triological properties.

Keywords: Tribology, Friction, Wear, Thin Film, Physical Vapour Deposition

kullanılarak, film kaplama kalınlıkları ölçülmüştür. Filmlerin tribolojik özelliklerini belirlemek için, nano-tribometre aşınma cihazı kullanılmıştır. CuSn10 kalay bronzu alt taşlar üzerinde biriktirilen ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabaka kaplamalı MoS_2 filmlerin, kuru atmosfer ortamında aşınma testlerine ait sürtünme katsayısı-yol ilişkisini gösteren grafikler elde edilmiştir. Filmlerin atmosfer ortamındaki ortalama sürtünme katsayıları ve aşınma miktarları belirlenmiştir. Çalışma neticesinde; CuSn10 kalay bronzu alt taş üzerinde Ti ara tabakalı MoS_2 kaplamalı filmlerin en düşük sürtünme katsayısını ve aşınma oranını verdiği belirlenmiştir. CuSn10 kalay bronzu üzerinde Ti ara tabakalı MoS_2 kaplamalı filmlerin, malzemenin tribolojik özellikleri geliştirmede en uygun kaplama çifti olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Triboloji, Sürtünme, Aşınma, İnce Film, Fiziksel Buhar Biriktirme

Giriş

Bakır esaslı alaşımlardan pirinç ve özellikle bronz, kaymalı yatak malzemesi olarak yaygın kullanılmaktadır. Alüminyum ve çinko esaslı malzemeler de kaymalı yatak malzemesi olarak kullanılmaktadır. Sürekli yağlamanın imkansız ve plastik malzemelerin kullanıldığı belirli uygulamalarda, kendinden yağlamalı sinterlenmiş rulmanlar kullanılmaktadır. Yatak malzemesinin seçiminde uygulama alanına bağlı olarak seçilmesi önemlidir[1].

Kaymalı yatak malzemelerinin düşük sürtünme katsayısı, yüksek yük kapasitesi, yüksek ısı iletkenliği, yüksek aşınma ve korozyon direnci gibi özelliklere sahip olması beklenir. Bu özellikler yorulma ve aşınma ömrünü doğrudan etkiler[2,3]. Aşınma direnci, kaymalı yatak malzemelerinin sahip olması gereken en önemli özelliklerden birisidir. Literatürde yatak malzemelerinin aşınma dayanımının geliştirilmesi ile ilgili çalışma ve araştırmalar mevcuttur[4,5]. Bakır esaslı malzemelerin yataklama malzemesi olarak kullanılmasının sebebi; yüksek termal ve elektriksel iletkenliğe sahip olması, kendi kendine iyi yağlama özelliği olması, iyi korozyon ve aşınma direncine sahip olmalarıdır[6,7]. Bakır esaslı malzemelerde kalayın aşınma üzerindeki etkisi önemlidir. Kalay içeren bakır esaslı kalay bronzları,

aşınma direncinin yüksek olması için taşıyıcı malzeme olarak kullanılmaktadır[2]. Bu malzemelerin sürtünme ve aşınma özellikleri kalay eklenerek iyileştirilebilir[8]. Kalay bronzu (% 90 Cu ve % 10 Sn) aşındırıcı koşullar altında, yüksek sıcaklıklarda ve yüksek yüklerde en uygun yatak malzemesidir[3].

Çalışmalarında bu amaç için özel tasarlanmış radyal muylu yatak aşınma test teçhizatı üzerinde aşınma yapılarak, yatak muylu numunelerinin sürtünme katsayısı, sıcaklık değerleri ve aşınma kayıpları belirlenmiştir. Kaymalı yatak olarak CuSn10 bronz, CuZn30 pirinç, saf Cu, Sn ve Zn yatak numuneleri kullanılmış olup, SAE 1050 çelik mil karşı aşındırıcı olarak kullanılmıştır. Aşınma deneyleri radyal kaymalı yatak aşınma test cihazı kullanılarak, yağlanmış koşullar altında SAE90 dişli yağı kullanılarak, 2.5 saat süreyle, 20 N yük, 1500 dev/dak. ve 0.785m/s hız, 7065 metre kayma mesafesinde gerçekleştirilmiştir. Tribolojik testler neticesinde sürtünme katsayıları CuSn10 ve saf Cu için 0.1; CuZn30 için 0.06, saf Sn için 0.02 ve saf Zn için 0.01 elde edilmiştir. CuSn10 ve CuZn30 yatak malzemelerinin aşınma oranı $10x10^{-6}$ mm^3/Nm olarak belirlenmiştir[1].

MoS_2 iyi bilinen bir katı yağlayıcıdır. Kuru atmosfer koşulları altında MoS_2'ün sürtünme katsayısı 0.05'ten azdır[9]. Radyo frekans sıçratmalı MoS_2 kaplamalar; daha düşük sürtünme katsayıları, daha iyi yapışma ve daha düşük aşınma oranları gösterirler[10].

Bu çalışmada kaymalı yatak malzemelerinden olan CuSn10 kalay bronzu malzemenin, tribolojik özelliklerinden sürtünme katsayısı ve aşınma oranını daha iyileştirmek hedeflenmiştir. Bu sebeple CuSn10 kalay bronzu alt taşlar üzerine, düşük aşınma oranları sergileyeceği beklenen MoS_2 kaplamalar; ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı olarak, RF magnetron sıçratma yöntemiyle biriktirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmanın deneysel kısmında CuSn10 kalay bronzu alt taşlara ince film kaplamalar yapılmıştır. RF magnetron sıçratma yöntemi ile üç farklı grupta kaplamalar yapılmıştır. İlk grupta; CuSn10 kalay bronzu alt taş üzerinde, ara tabakasız olarak MoS_2 filmler (1.1 kaplama parametresinde) biriktirilmiştir. İkinci grupta; Ti ara tabakalı MoS_2 filmler (1.2 kaplama parametreli) biriktirilmiş olup, üçüncü grupta ise Cr ara tabakalı MoS_2 filmler (1.3 kaplama parametreli) biriktirilmiştir. Ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı kaplamalar; 250 W RF sıçratma gücü ve 120 °C alt taş biriktirilme sıcaklığında biriktirilmiş olup, kaplamaların biriktirildiği kaplama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kaplamaların RF Magnetron biriktirme parametreleri

Parametre	Ara Tabaka/Kaplama	RF gücü (W)	Sıcaklık (ºC)	Süre (dk)
1.1.	-/MoS_2	-/250	120	60
1.2.	Ti/MoS_2	250/250	120/120	60/60
1.3.	Cr/MoS_2	250/250	120/120	60/60

Kaplanmamış CuSn10 kalay bronzu alt taşın yüzeyi SEM elektron mikroskobunda görüntülenmiş, kompozisyon ve yapısı EDS ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda bileşimlerin spektrumu Şekil 1'de ve spektrumun değerleri Tablo 2'de verilmiştir. MoS_2 kaplanmış CuSn10 kalay bronzu alt taşın yüzeyi SEM elektron mikroskobunda görüntülenmiş, kompozisyon ve yapısı EDS ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda bileşimlerin spektrumu Şekil 2'de ve spektrumun değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

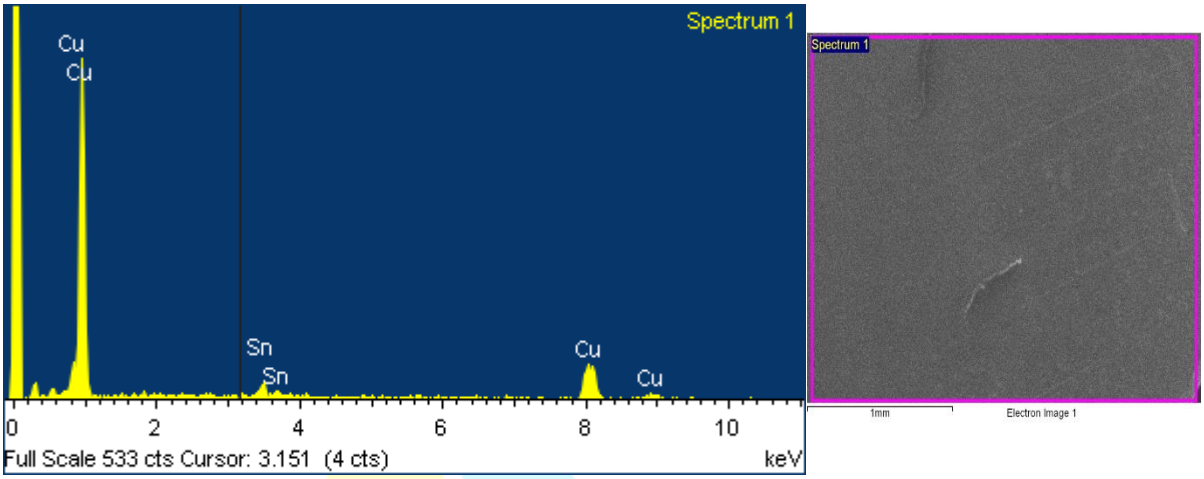
Kaplama kalınlıklarının gözlemlenebilmesi için SEM taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Kaplama yan kesitlerinden, her bir parametrede biriktirilen kaplamanın kalınlığı ölçülmüş olup, kalınlıkların ölçüldüğü yan kesitler Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Ölçümler neticesinde elde edilen kaplama kalınlıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Kaplamalı alt taşların tribolojik özelliklerini belirlemek için; kuru atmosfer ortamında ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı MoS_2 kaplamalara, nano-tribometre aşınma test cihazında 100 mN yük ve 0.3 mm/s hızda tribolojik testler uygulanmıştır. Tribolojik testler neticesinde, CuSn10 kalay bronzu üzerinde ara tabakasız ve ara tabaka kaplamalı MoS_2 filmlerin karşılaştırmalı sürtünme katsayısı-yol grafiği Şekil 6'da, karşılaştırmalı aşınma oranları grafiği Şekil 7'de ve bu grafiklerden elde edilen kaplamalara ait ortalama sürtünme katsayısı değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Araştırma Bulguları

Kaplama Öncesi Matris Malzeme Yüzey EDS Bulguları

Kaplama öncesi CuSn10 kalay bronzu alt taşın yüzeyinden alınan SEM elektron mikroskop görüntüsü ve bu bölgeden alınan spektrum Şekil 1 ile gösterilmiş olup, malzemenin kimyasal komposizyonu Tablo 2'de verilmiştir.



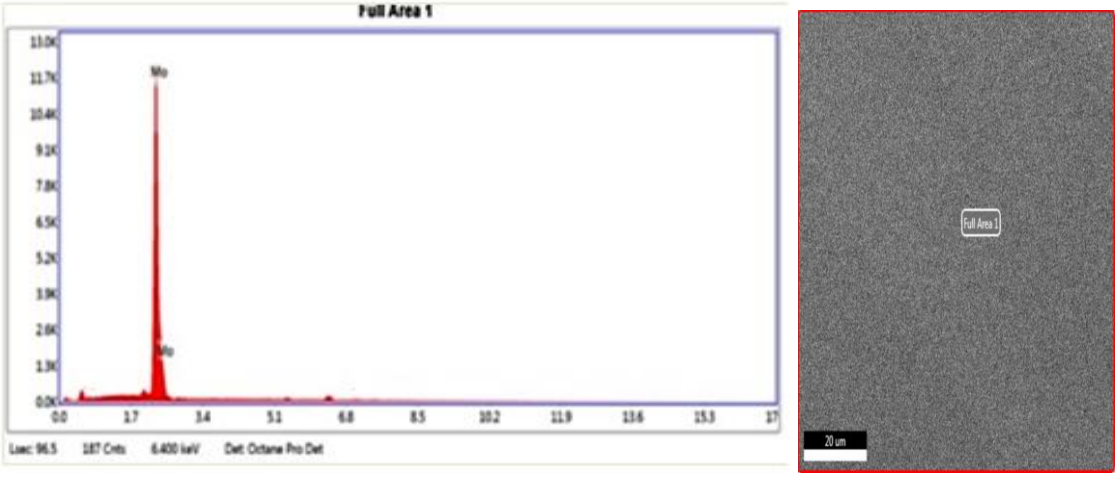
Şekil 1. CuSn10 kalay bronzu alt taş yüzey görüntüsü ve EDS spektrumu

Tablo 2. CuSn10 kalay bronzu alt taş yüzey EDS spektrum sonuçları

Element	Ağırlık %	Atomik %
Cu L	91.86	95.47
Sn L	8.14	4.53

Kaplamalı Matris Malzeme Yüzey EDS Bulguları

Ara tabakasız MoS_2 kaplanmış CuSn10 kalay bronzu alt taşın yüzeyinden alınan SEM elektron mikroskop görüntüsü ve bu bölgeden alınan spektrum Şekil 2 ile gösterilmiş olup, malzemenin kimyasal kompozisyonu Tablo 3'te verilmiştir.



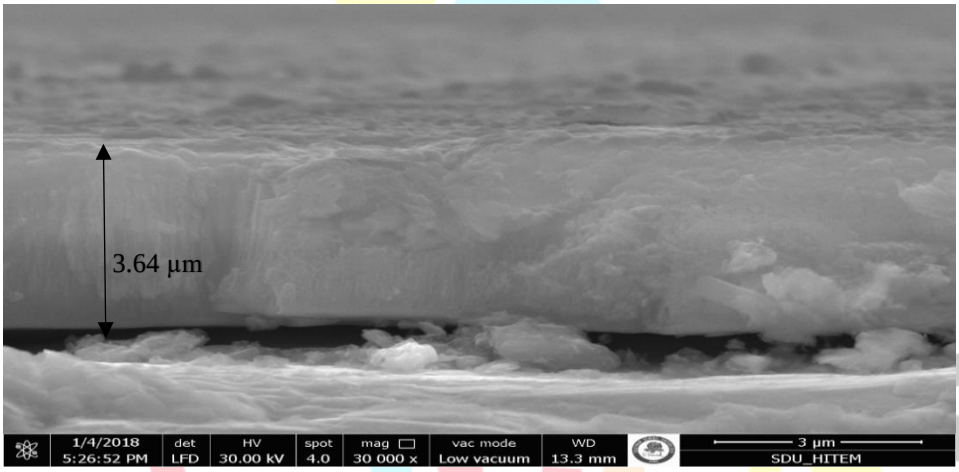
Şekil 2. MoS_2 Kaplamalı CuSn10 kalay bronzu alt taş yüzey görüntüsü ve EDS spektrumu

Tablo 3. MoS_2 kaplamalı CuSn10 kalay bronzu alt taş yüzey EDS spektrum sonuçları

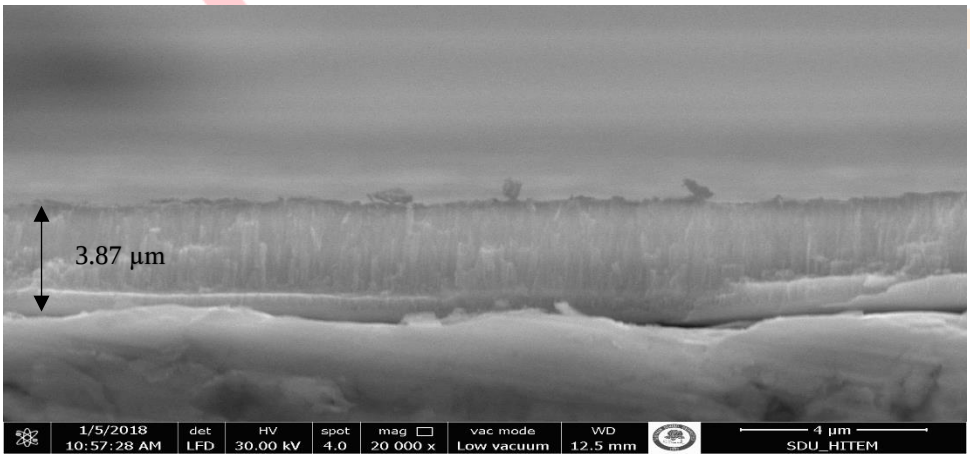
Element	Ağırlık %	Atomik %
Mo L	96.30	94.77
S K	2.05	2.05
Cu L	1.65	3.18

Kaplama Kalınlıklarının Belirlenmesi

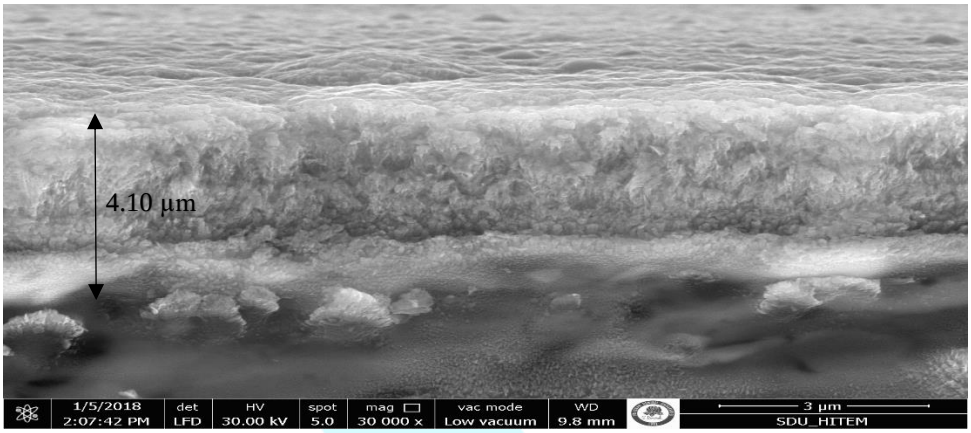
CuSn10 kalay bronzu alt taşlar üzerinde, biriktirilme parametrelerinde ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı olarak biriktirilmiş MoS_2 kaplamaların, yan kesitlerinin Taramalı Elektron Mikroskobundaki incelemeleri neticesinde, Şekil 3 - Şekil 5 arasında verilen SEM görüntüleri elde edilmiş olup, bu kaplamaların kalınlıkları Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 3. (1.1 kaplama parametresinde) biriktirilmiş MoS_2 kaplama kalınlığı



Şekil 4. (1.2 kaplama parametresinde) biriktirilmiş Ti ara tabaka üzerine MoS_2 kaplama kalınlığı



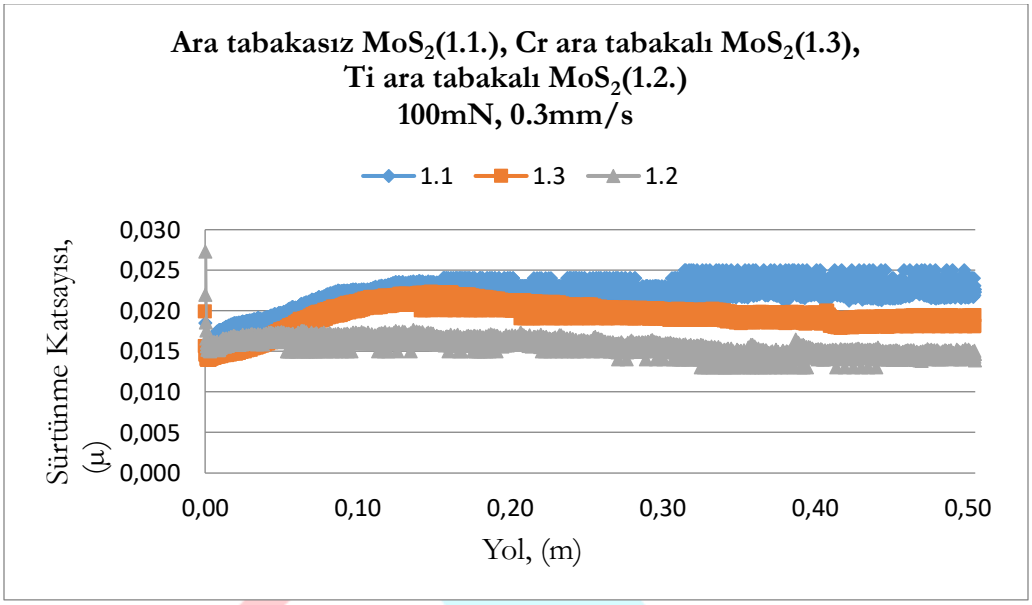
Şekil 5. (1.3 kaplama parametresinde) biriktirilmiş Cr ara tabaka üzerine MoS_2 kaplama kalınlığı

Tablo 4. Ara tabakasız ve tabakalı kaplamaların film kalınlıkları

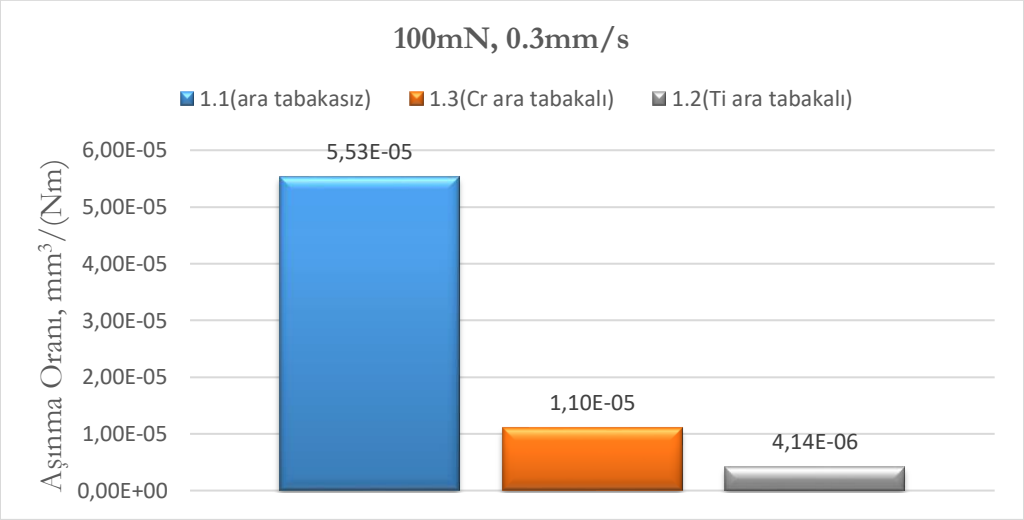
Kaplama Parametresi	Ara Tabaka/Kaplama	Kalınlık (µm)
1.1.	-/MoS_2	3.64
1.2.	Ti/MoS_2	3.87
1.3.	Cr/Mos_2	4.10

Ara tabakasız ve ara tabakalı MoS_2 kaplamaların karşılaştırmalı tribolojik bulguları

Ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı MoS_2 film kaplamalar; CuSn10 kalay bronzu matrisler üzerinde, RF=250 W sıçratma gücünde biriktirilmiştir. Tribolojik teste, 1.1 kaplama parametreli ara tabakasız MoS_2 kaplama, 1.2 kaplama parametreli Ti ara tabakalı MoS_2 kaplama ve 1.3 kaplama parametreli Cr ara tabakalı MoS_2 kaplamalar tabii tutulmuştur. Ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabakalı MoS_2 kaplamaların 100 mN yük ve 0.3 mm/s hızda, birbirlerine göre kıyaslamalı sürtünme katsayısı-yol ve aşınma oranları grafikleri sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmiştir. Bu grafiklerden elde edilen veriler doğrultusunda, kaplamaların ortalama sürtünme katsayıları ve aşınma oranları Tablo 5'te verilmiştir.



Şekil 6. Biriktirilen MoS_2 kaplamaların karşılaştırmalı sürtünme katsayısı-yol grafiği



Şekil 7. Biriktirilen MoS_2 kaplamaların karşılaştırmalı aşınma oranları grafiği

Tablo 5 Kaplamaların Tribolojik Özellikleri

Parametre	Ara Tabaka/Kaplama	Sürtünme Katsayısı	Aşınma Oranı $mm^3/(Nm)$
1.1.	-/MoS_2	0.0220	$5.53x10^{-5}$
1.3.	Cr/MoS_2	0.0192	$1.10x10^{-5}$
1.2.	Ti/MoS_2	0.0155	$4.14x10^{-6}$

Sonuç

Kaplanmamış ve ince film kaplanmış CuSn10 kalay bronzu alt taşların yüzeyinden alınan SEM elektron mikroskobu görüntüleriyle EDS sonuçlarından, alt taşların ince film kaplandığı doğrulanmıştır. Kaplama sonrası yüzey EDS sonuçlarından yapı içerisine ağırlıkça (% 96.30 Mo) girdiği görülmüştür.

CuSn10 kalay bronzu alt taşların kaplamalı yüzey yan kesitlerinden alınan SEM elektron mikroskobu farklı büyütmeleriyle, kaplama kalınlıkları gösterilmiştir.

Ara tabakasız ve Ti/Cr ara tabaka kaplamalı MoS_2 filmler; CuSn10 kalay bronzu alt taşlar üzerinde, aynı biriktirme parametresinde (RF=250 W sıçratma gücü ve T=120 °C alt taş biriktirme sıcaklığı) RF magnetron sıçratma yöntemiyle biriktirilmişlerdir. Bu parametrelerde biriktirilmiş kaplamalar; 100 mN yük kademesinde ve 0.3 mm/s kayma hızında tribolojik testlere tabii tutulmuştur. Tribolojik testler neticesinde, en düşük ortalama sürtünme katsayısını (0.0155) ve en düşük aşınma oranını ($4.14x10^{-6}$ mm^3/Nm) ile 1.2 kaplama parametreli Ti ara tabaka kaplamalı MoS_2 filmler göstermiştir. En yüksek ortalama sürtünme katsayısı (0.0220) ve en yüksek aşınma oranı ($5.53x10^{-5}$ mm^3/Nm) ile 1.1 kaplama parametreli ara tabakasız MoS_2 filmler göstermiştir.

Ara tabakasız film kaplamalara göre Ti/Cr ara tabakalı MoS_2 film kaplamaların daha düşük ortalama sürtünme katsayıları ve aşınma oranları verdiği görülmüştür.

Literatürde yapılan çalışmada tribolojik testler neticesinde CuSn10 için sürtünme katsayısı ve aşınma oranları sırasıyla 0.1 ve $10x10^{-6}$ mm^3/Nm olarak belirlenmiştir[1]. Çalışmamızdan (1.2 kaplama parametreli) Ti ara tabakalı MoS_2 filmden elde edilen sürtünme katsayısı ve aşınma oranları sırasıyla 0.0155 ve $4.14x10^{-6}$ mm^3/Nm olarak elde edilmiştir. 1.2 kaplama parametreli Ti ara tabakalı MoS_2 filmden elde edilen sürtünme katsayısı ve aşınma oranları değerlerinin CuSn10 kalay bronzundan elde edilen sürtünme katsayısı ve aşınma oranı değerlerinden küçük olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada 100 mN yük ve 0.3 mm/s' de diğer kaplamalara göre en düşük sürtünme katsayısı ve en düşük aşınma oranı 1.2 kaplama parametreli Ti ara tabakalı MoS_2 kaplamadan elde edildiği için, CuSn10 kalay bronzu malzemenin tribolojik özelliklerini geliştirmede 1.2 kaplama parametreli kaplama çifti en uygun kaplamadır.

Referanslar

1. Unlu, B.S, Enver, Atik, "Evaluation of effect of alloy elements in copper based CuSn10 and CuZn30 bearings on tribological and mechanical properties," *Journal of Alloys and Compounds*, **489** 262-268 (2010)

2.Prasad, B.K, "Dry sliding wear response of some bearing alloys as influenced by the nature of microconstituents and sliding conditions," *Metallurgical and Materials Transactions A,* **28** 809-818 (1997)

3.Pratt, G.C, "Materials for plain bearings," *Inter Metall. Rev.*, **18** 62-88 (1973)

4.Schatt, W, Wieters, K.P, "Powder metallurgy-processing and materials," *Proc. Mater. EPMA*, Shrewsbury, U.K., 492 pp. (1997)

5.Unlu, B.S, "Determination of usability of boronized ferrous based materials as bearing and tribological properties in journal bearings," *PhD Thesis*, Celal Bayar University, Manisa, Turkey (2004)

6.Davim, J.P, "An experimental study of the tribological behavior of the brass/steel pair," *J. Mater. Proc. Technol.*, **100** 273–277 (2000)

7.Schmidt, R.F, Schmidt, D.G, "ASM Handbook (II)," 346–357 (1993)

8.Backensto, A.B, Jersey, N, "Effects of lubricants on the properties of copper-tin powders and compacts," *Advances in P/M, Proc. of PM Conf.*, *APMI*, 303–314 (1990)

9.Vadiraj, A, Kamaraj, M, "Comparative wear analysis of WS_2 and MoS_2 dry lubricant coatings on plasma nitrided SG iron,", *Journal of Materials Engineering and Performance*, **19** 166-170 (2010)

10.Waghray, H, Lee, T.S, Tatarchuk, B.J, "A study of the tribological and electrical properties of sputtered and burnished transition metal dichalcogenide films," *Surface and Coatings Technology*, **76/77**, 415–420, (1995)

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Effect of Triangular-Shaped Winglets on Heat Transfer for Compact Fin-Tube Heat Exchangers

Kompakt Kanatlı-Borulu Isı Değiştiricilerinde Üçgen-Şekilli Kanatçıkların Isı Transferine Etkisi

Ahmet Ümit TEPE[1]

Abstract

Effect of air side vortex generator on heat transfer distribution over the channel walls for flat tube bank fin heat exchanger was numerically investigated. Vortex generators consists of triangular winglets which produced by punching on the fin and adjacent to the tube wall. Three different dimensionless winglet aspect ratios (w/l=6.0, 4.0 and 2.0) and three different winglet inclination angles (α_k=55º, 35º and 20º) were investigated to determine the most feasible design parameters. Simulations were carried out under laminar flow (Re=400, 800, 1600 and 2000). Numerical studies were conducted by Ansys FLUENT using RNG k-ε turbulence model. In accordance with the flow speed, mesh structure has been generated such that y+≅1 and aspect ratio of the elements does not exceed 5/1. Nu number distribution over the channel walls, average Nu number, Thermal Performance Factor (TPF) and friction factor

Özet

Bu çalışmada kanatlı-borulu ısı değiştiricilerinde hava tarafına yerleştirilen üçgen şekilli kanatçıkların kanal duvarları üzerindeki ısı transfer dağılımına etkisi sayısal olarak incelenmiştir. Kanatçıklar boru duvarı kenarına bitişik olacak şekilde kanat üzerine zımbalama ile üretilen üçgen kanatçıklardan oluşmaktadır. En uygun tasarım parametrelerini belirlemek için 6,0, 4,0 ve 2,0 olacak şekilde üç farklı boyutsuz kanatçık en boy oranları (w/l) ve akış yönüne göre 55º, 35º ve 20º olmak üzere üç farklı kanatçık açıları (α_k) incelenmiştir. Hesaplamalar 400, 800, 1600 ve 2000 olmak üzere dört farklı Re sayısında laminer akış rejiminde gerçekleştirilmiştir. Sayısal çalışmalar RNG k-ε türbülans modeli kullanılarak Ansys FLUENT ile gerçekleştirilmiştir. Akış hızına uygun olarak ağ yapısı, yüzey üzerinde y^+≅1 olacak şekilde ve elemanların en/boy oranı 5/1'i geçmeyecek şekilde oluşturulmuştur. Yüzey

[1] Ahmet Ümit TEPE, Dr. Öğr. Üyesi, Sinop University, Energy Systems Engineering Department, autepe@sinop.edu.tr

were quantitatively investigated and results were compared with the flat surfaced fin-tube heat exchanger. Results showed that increasing w/l, winglet inclination angle and flow speed increased both heat transfer and pressure loss. Highest increase in heat transfer was obtained 27.21% by α_k=55º and w/l=6.0 at Re=2000. However, results of TPF revealed that the most feasible design parameters of winglets are α_k=20º and w/l=6.0.

Keywords: Heat exchanger, convective heat transfer, vortex generator, thermal performance, CFD

üzerinde Nu sayısı dağılımı, ortalama Nu sayısı, Termal Performans Faktörü (TPF) ve sürtünme faktörü nicelik olarak araştırılmıştır ve sonuçlar kanatçık olmayan kanatlı-borulu ısı değiştirici modeli ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalardan elde edilen sonuçlar, w/l'nin, kanatçık açısının ve akış hızının artmasının hem ısı transferini hem de sistemin basınç kaybını arttırdığını göstermiştir. Isı transferindeki en yüksek artış 27,21% ile α_k=55º ve w/l=6,0 olan kanatçık geometrisinde ve Re=2000 akış hızında gerçekleşmiştir. Ayrıca TPF sonuçları, kanatçık için en uygun tasarım parametrelerinin α_k=20º ve w/l=6,0 olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı değiştirici, taşınım ısı transferi, girdap üreteci, termal performans, HAD.

Giriş

Compact fin-tube heat exchangers (*CFTHE*) are widely used in applications where energy must be transferred from one fluid to another. Increasing surface area of the *CFTHE* also increases heat transfer. For instance, flat fins are mounted in the air side of the *CFTHE* to increase the effectiveness. Although placing the vortex generators (*VGs*) on the surface complicates the production of the heat exchangers, it provides a significant increase in thermal performance. Therefore, many studies were conducted to investigate the thermal performance of the *VGs* for the fin-tube heat exchanger. Gentry and Jacobi [1] were presented that 50-60% heat transfer is achieved using vortex generator on the flat fin surface in the laminar flow conditions. Ke et al. [2] investigated the effect of delta winglet on heat transfer performance of fin-tube heat exchanger. They were studied various winglet angles of attack such as θ=25º, 35º, 45º. Their numerical results show that θ=45º is the best design for enhancing heat transfer. Lin et al. [3] were conducted a study to investigate the effect of *VGs* on heat transfer and pressure drop for oval tube heat exchanger. Their results showed that heat transfer increases by 3 to 16% and reduces the pressure drop by 17 to 35%. Chang et al. [4] were conducted a numerical study for flat tube bank heat exchanger. Secondary flow increases in the flow field based on the generation of cross-averaged absolute vorticity flux. Chu et al. [5] were investigated longitudinal vortex generators (*LVGs*) on heat transfer for oval tube heat exchanger. Heat transfer increases by 13.6-32.9% by mounting *LVGs* on the fin surface compared to baseline case according to their results. Lemouedda et al. [6] investigated helical serrated finned-tube heat exchanger. Heat transfer deteriorates when twisting angle is greater than 15º according to their results. Li et al. [7] analyzed *LVGs* for fin-fin tube heat exchanger. They indicated that longitudinal vortices can be generated by placing *LVGs* on the fin surface. He et al. [8] examined the effect of *VGs* on heat transfer

for circular tube fin heat exchanger. 33.8–70.6% heat transfer augmentation is achieved by *VGs*. On the other hand, pressure drop increases by 43.4–97.2% according to the results. Du et al. [9] investigated *LVGs* for flat-tube heat exchanger. Their results showed that heat transfer increased by 21-60% in laminar flow condition while the average friction factor increases by 13-83%. Modi et al. [10] investigated performance of different shape of delta winglet on heat transfer. They concluded that rectangular winglet vortex generators with 6 holes increases heat transfer about 45.95% and 57.37%. Moreno et al. [11] optimized heat exchanger with slit fins and vortex generators. Their numerical results show that thermal performance is enhanced by 7.43-10.18%. Xie and Lee [12] examined the performances of directly printed curved-rectangular vortex generators. Performance evaluation criterion (*PEC*) is increased using *VGs* about 1.3–1.5 times compared to baseline case according to results. Carpio and Valencia [13] investigated the compact heat exchanger by introducing *VGs*. Their results show that heat transfer increases up to 52% by using *VGs* on the flat fin surface. The effect of triangular ramp *VGs* on heat transfer performance for flat tube fin heat exchanger was investigated in our previous work [14]. Ramp angle and ramp height were comprehensively studied and results showed that higher augmentation heat transfer is achieved by 19.60% using higher ramp height and ramp angle. In our another study [15], we also investigated the effect of dimpled/protruding fin surface on the thermal performance for fin-tube heat exchangers. Our results showed that dimpled/protruding fin surface increases heat transfer up to 26.63%.

As mentioned in the literature, mounting *VGs* on the fin surface is a significant strategy for achieving enhancement heat transfer for the fin-tube heat exchangers. Therefore, in this study we were numerically investigated the effect of triangular-shaped winglets on heat transfer performance for flat tube bank fin heat exchangers. Numerical study was conducted in the laminar flow condition ($400 \leq Re \leq 2000$). Laterally averaged *Nu* number distribution over the channel walls, average *Nu* number, friction factor (*f*) and thermal performance factor (*TPF*) were comprehensively investigated. Results were compared with the flat fin (baseline case).

Numerical Study

Physical Model

Physical model for a flat tube bank fin heat exchanger is presented in **Fig. 1**. Heat exchanger consist of flat surface shaped tube wall and flat fin. Triangular shaped wings are punched on the fin surface and are placed on the fin surface adjacent to the tube wall. Three different aspect ratio (wing width to wing height ratio) were investigated such as 6, 4 and 2. Height of the fin is fixed to 1 mm. The centerline distance between tubes and fin spacing are S=8 mm and H=2 mm respectively. Three different fin inclination angle including α_k =55º, 35º and 20º were examined. The thickness of the fin is 0.08 mm. Geometric parameter under investigation are presented in detail in **Fig. 2**.

Governing Equations

Convective heat transfer rate, h, is determined as follows:

$$h = \frac{\dot{m} C_{p,air} (T_o - T_i)}{A_s (T_s - T_b)} \quad (1)$$

Average Nusselt number ($\overline{Nu}$) is defined in Eq. (2):

$$\overline{Nu} = \frac{hd}{k} \tag{2}$$

Hydraulic diameter of the channel is examined as follows:

$$d = \frac{4A_c}{P} = \frac{2(S-2r)(H-t)}{(S-2r)+(H-t)} \tag{3}$$

Reynolds number can be estimated using following equation:

$$Re = \frac{Vd}{v} \tag{4}$$

Friction factor, *f*, is determined using Eq. (5):

$$f = \frac{2}{l/d}\frac{\Delta P}{\rho V^2} \tag{5}$$

Numerical Method

Physical model was modelled in 3-D and simulated using ANSY FLUENT. Boundary conditions of the physical model is presented in **Fig. 3**. Copper and aluminum were selected for tube wall and fin wall material respectively. Air was used as the working fluid. The properties of the material are presented in **Table 1**. Numerical simulation was carried out at *Re*=400, 800, 1600 and 2000.

Physical model was divided into finite volume elements using tetrahedron mesh structure as shown in **Fig. 4**. As can be seen in figure, grids were refined especially near the wall region and flow separation region. In accordance with the flow speed, mesh structure has been generated such that y+≅1 and aspect ratio of the elements does not exceed 5/1. Optimum number of elements was established as 2.45 million especially considering computational cost.

RNG k-ε turbulence model was used for solving RANS equation due to the verified its performance by many researches for the fin-tube heat exchanger [14–18]. Accuracy of the numerical solution procedure were compared with the experimental data of average *Nu* number for the flat tube bank fin heat exchanger proposed by ref. [19]. As it is seen in **Fig. 5**, maximum discrepancy between present numerical solution procedure and the experimental data is 9.69 % at *Re*=2000. Since the difference can be considered as negligible, this solution procedure was implemented for this study.

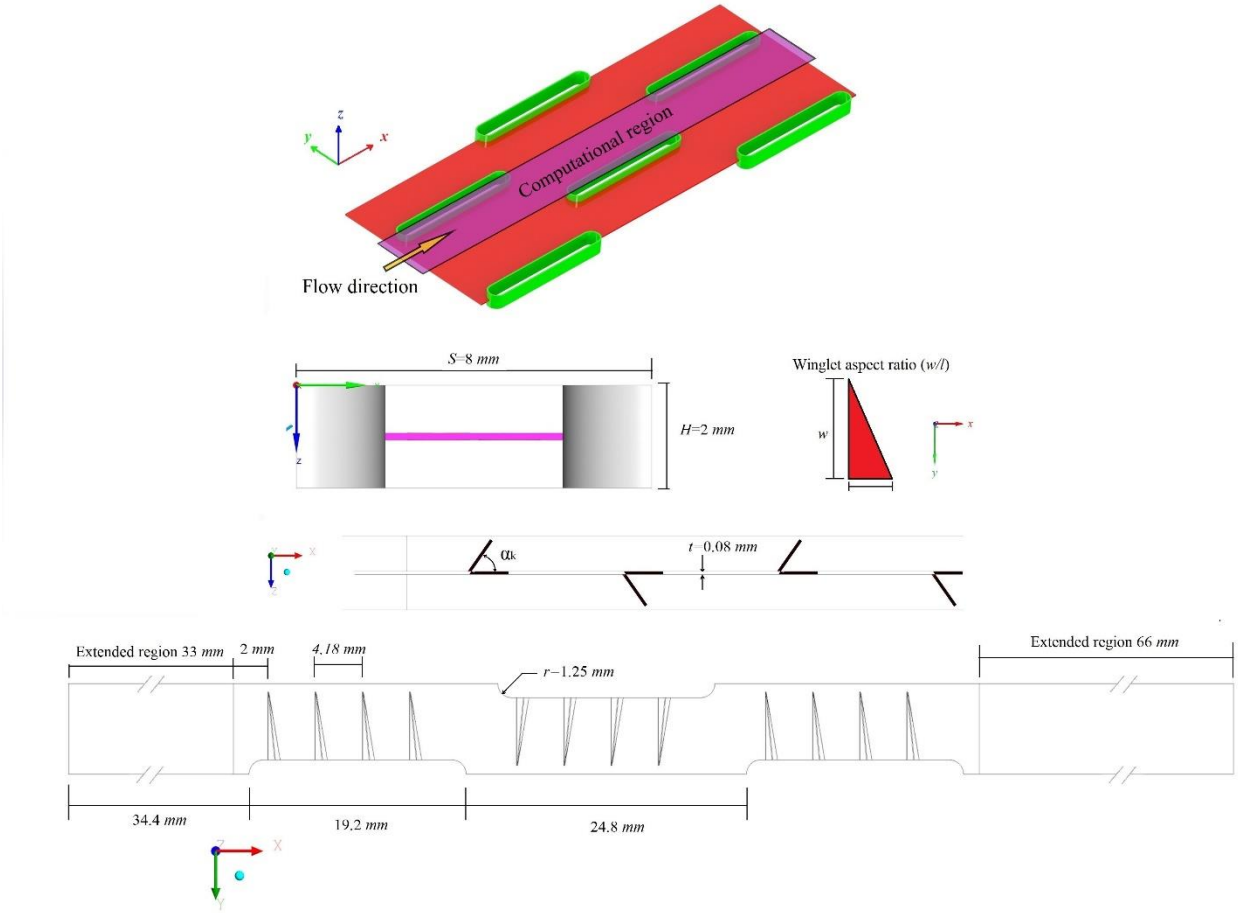


Figure 1. Dimensions of the physical model.

Table 1. Physical properties of materials.

Material	Density [kgm^{-3}]	Specific heat [$Jkg^{-1}K^{-1}$]	Thermal conductivity [$Wm^{-1}K^{-1}$]	Viscosity [m^2s^{-1}]	Prandtl number
Air	1.134	1006.7	0.02710	$1.67x10^{-5}$	0.70
Aluminum	2719	871	202.4	-	
Copper	8978	381	387.6	-	

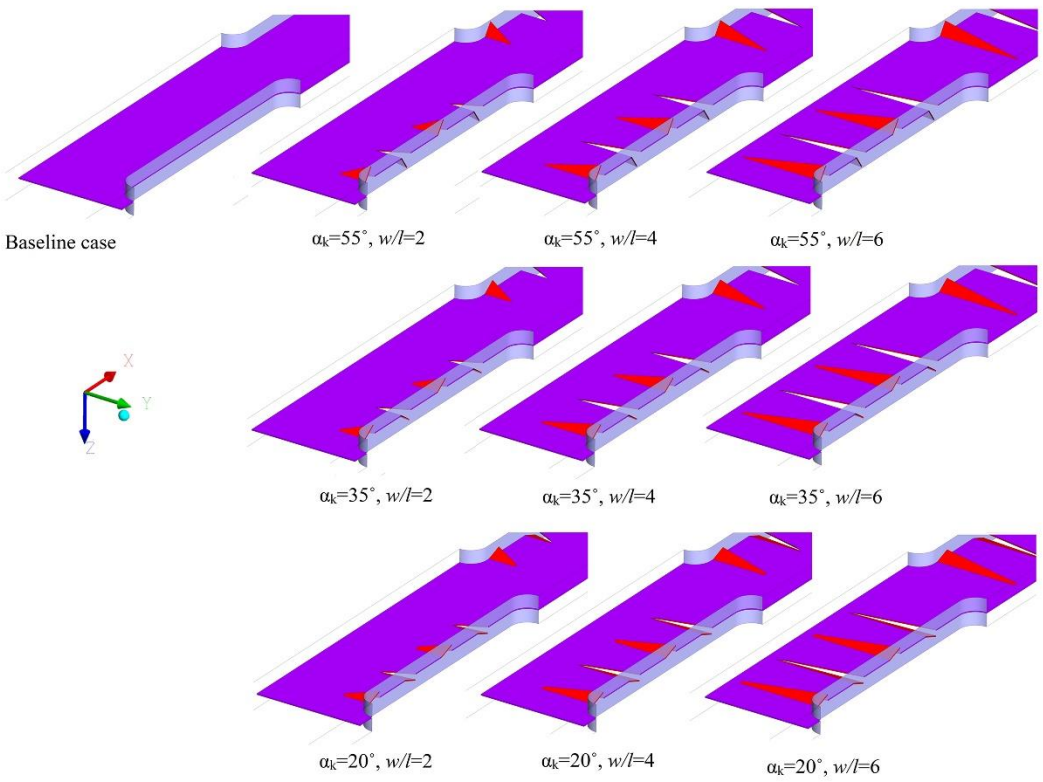


Figure 2. Geometric parameters under investigation.

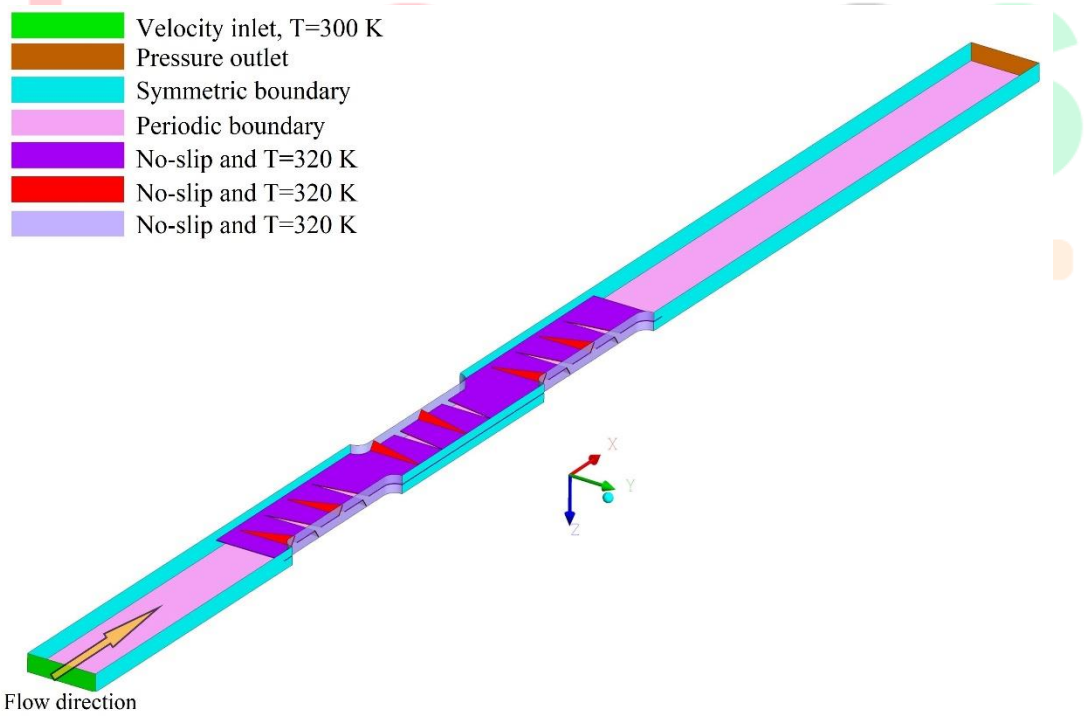


Figure 3. Boundary conditions.

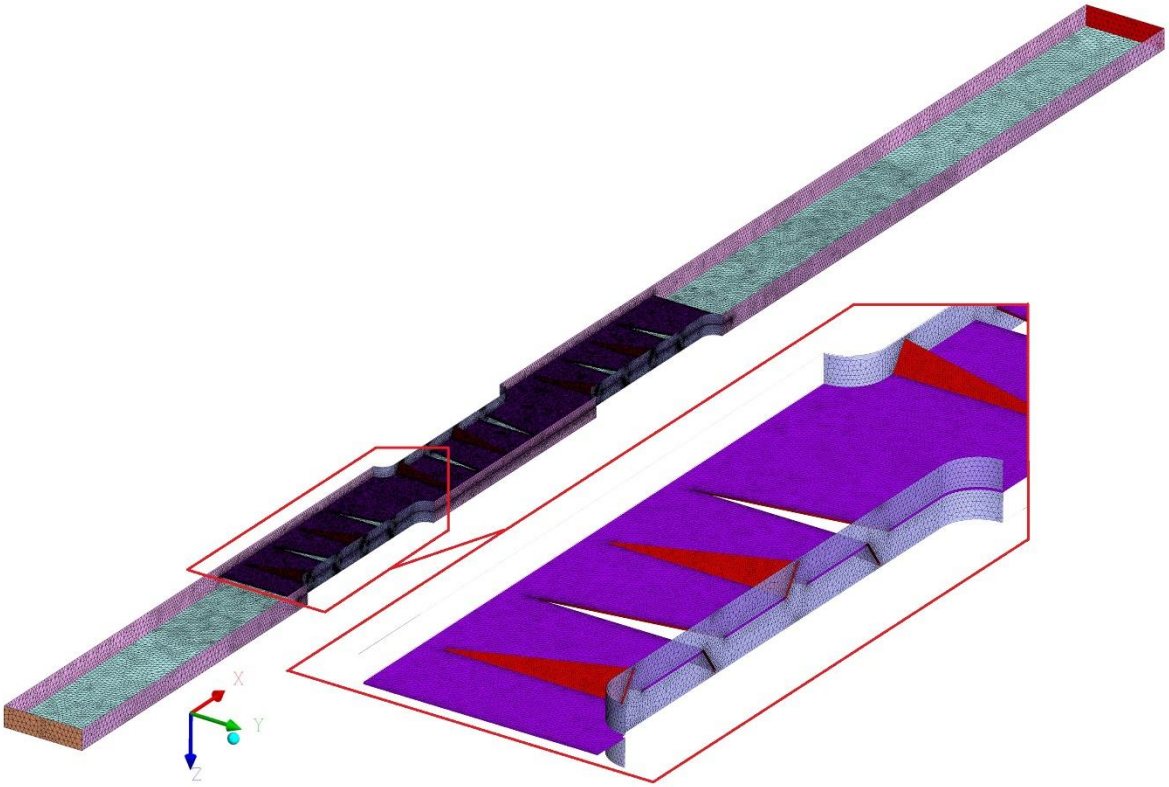


Figure 4. Grid structure.

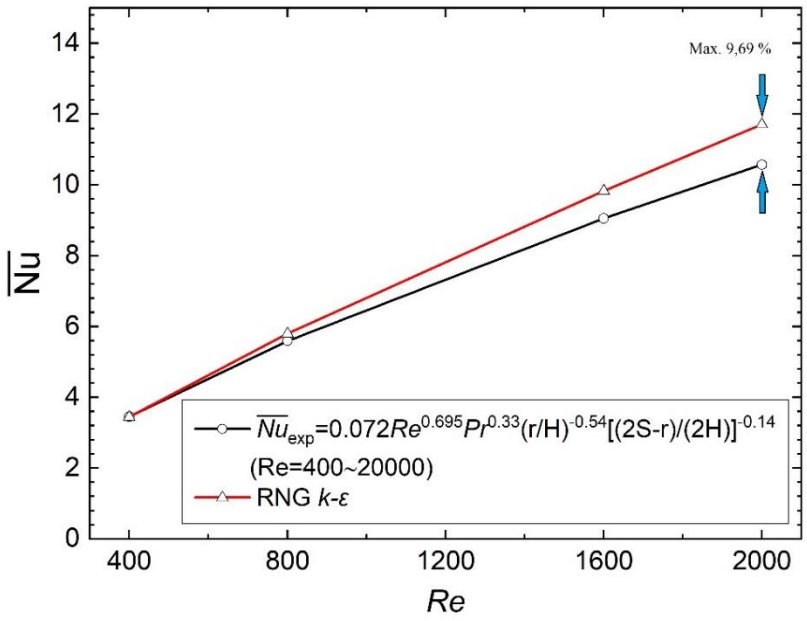


Figure 5. Comparison of numerical solution procedure with the experimental data [19].

Results and Discussions

Effect of Winglets on Heat Transfer

Effect of winglet aspect ratio (*w/l*) on heat transfer distribution on the fin surface at *Re*=2000 is illustrated in **Fig. 6(a)**. Local heat transfer on the winglet and on the fin surface adjacent to the winglet is enhanced compared to flat fin. As it is seen in figure, increasing *w/l* also increases the augmentation heat transfer over the surface. However, effectiveness of the winglet decreases along the streamwise direction.

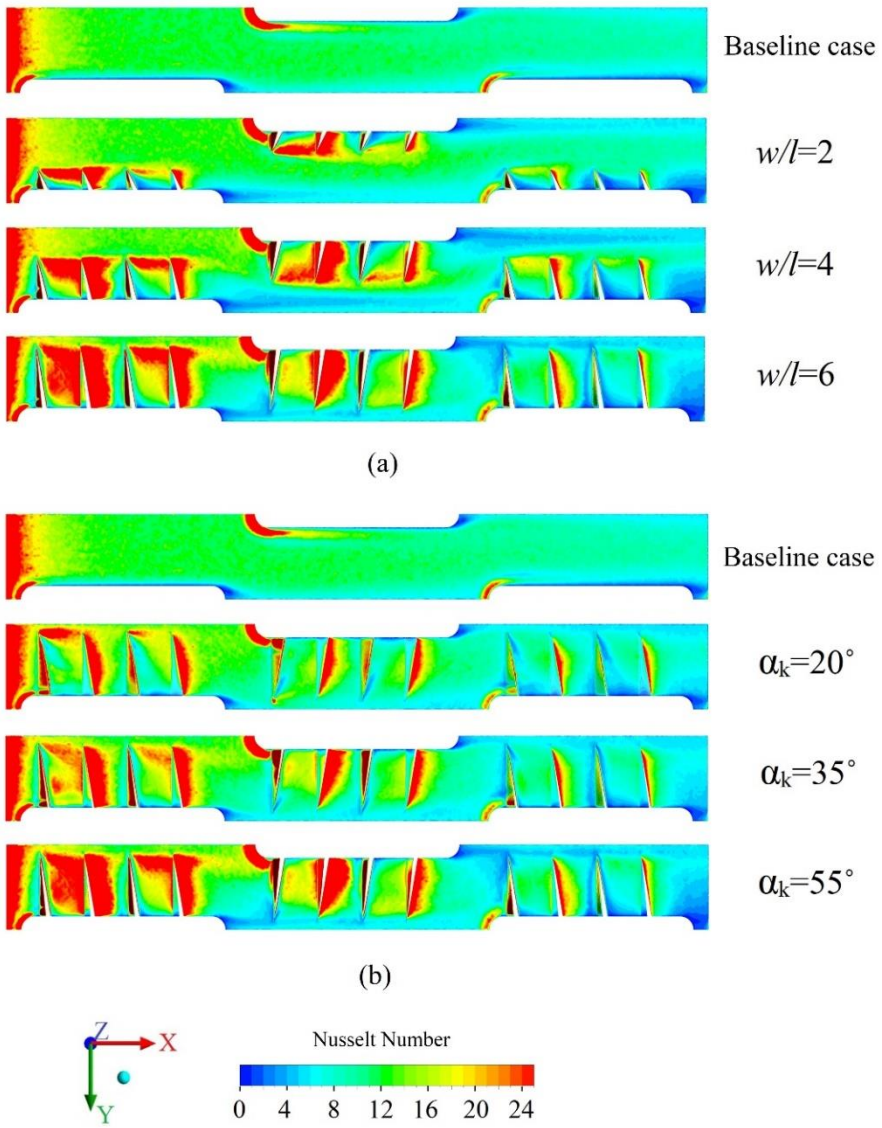


Figure 6. Local *Nu* number distribution on the fin surface at Re=2000, a) effect of *w/l*, b) effect of winglet angle, α_r.

Fig. 6(b) presents the effect of winglet angle, α_r, on heat transfer distribution. As it is seen in figure that increasing winglet angle also increases the heat transfer over the surface due to the increasing turbulence in the channel. Moreover, highest local heat transfer enhancement on the surface is achieved by punching a α_r=55º winglet on the fin surface.

As mentioned above, enhancement of heat transfer take place especially on the fin surface between the two winglet. Therefore, it is meaningful to reveal the velocity vector of the flow at this region. Velocity vector of the flow on x/d=11.03 at Re=2000 is presented in **Fig. 7**. As it is seen in figure that flow particles are generally more homogeneous and uniform for the baseline case. However, existence of the winglet creates vortex in the flow field which continuously transfers the cold fluid on the surface. This clarify the enhancement of heat transfer on this region.

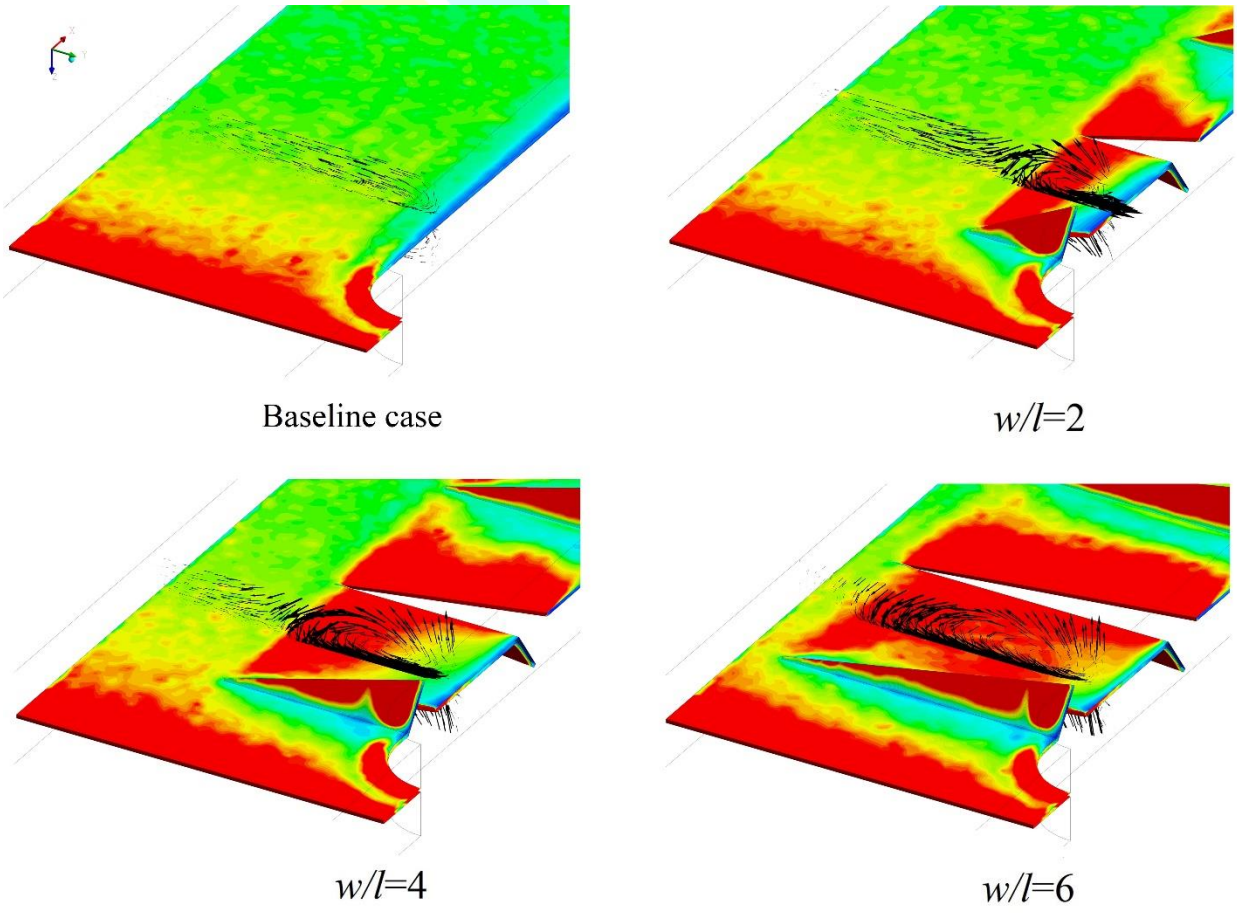


Figure 7. Effect of w/l on velocity vector at Re=2000 on x/d=11.03.

Effect of winglet on laterally averaged Nu number distribution on the surface for w/l=6 is presented in **Fig. 8**. The laterally averaged Nu number was examined by averaging the local Nu numbers on a line which is drawn laterally on the entire channel walls. As it is seen in figure, heat transfer significantly improves particularly on the winglet regions. However, winglet decreases heat transfer along the downstream regions especially at low flow speed. Increasing flow speed also

increases the effectiveness of the winglets. Moreover, most effective winglet design is α_r=55º particularly considering heat transfer enhancement according to results.

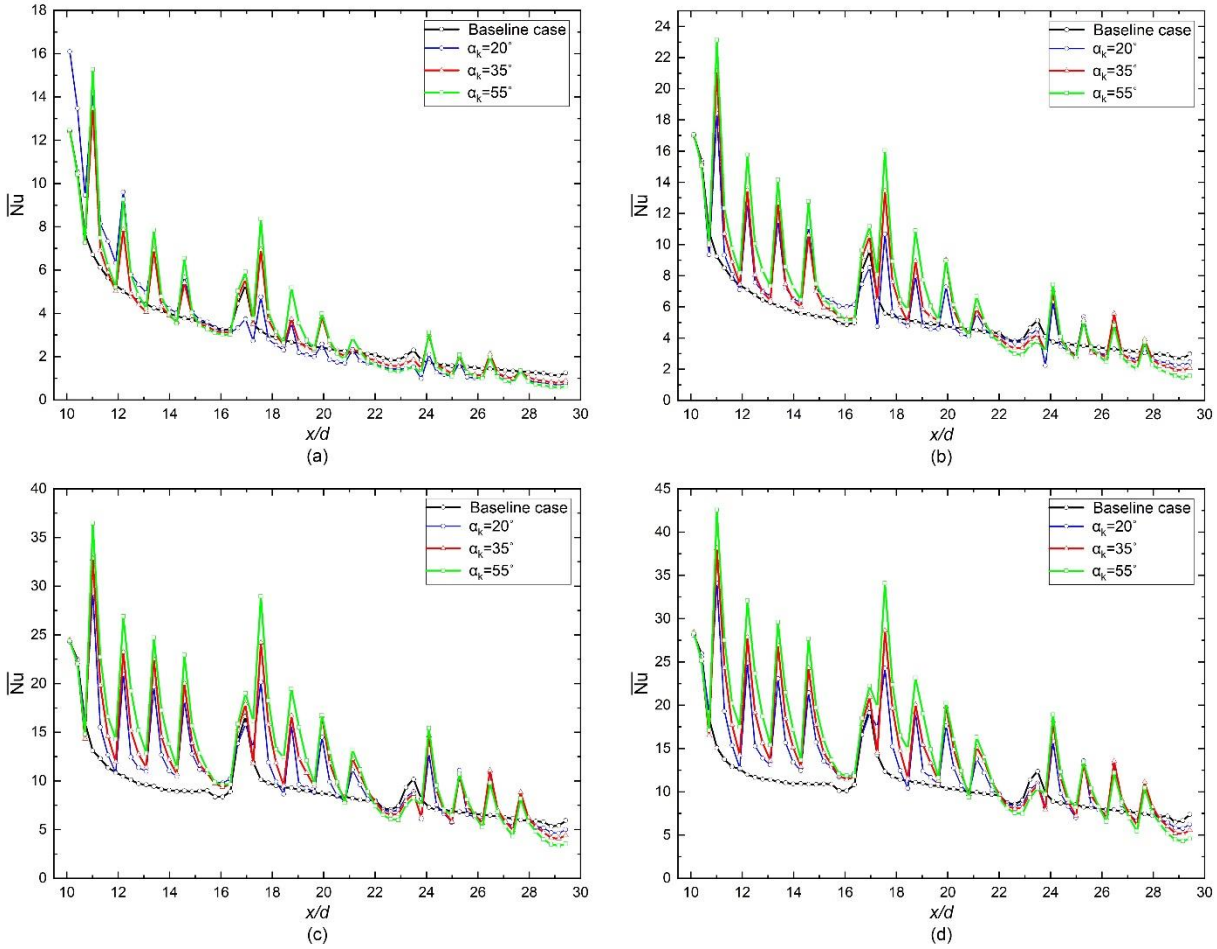


Figure 8. Effect of winglet angle on laterally averaged *Nu* number streamwise distribution for *w*/*l*=6
a) *Re*=400, b) *Re*=800, c) *Re*=1600, d) *Re*=2000.

Fig. 9. shows the effect of winglet aspect ratio on laterally averaged *Nu* number streamwise distribution for α_r=55º at *Re*=2000. It is clearly seen in the figure that increasing winglet angle also increases local heat transfer distribution over the surface. Furthermore, most effective design is *w*/*d*=6 compared to the other winglet aspect ratio and baseline case.

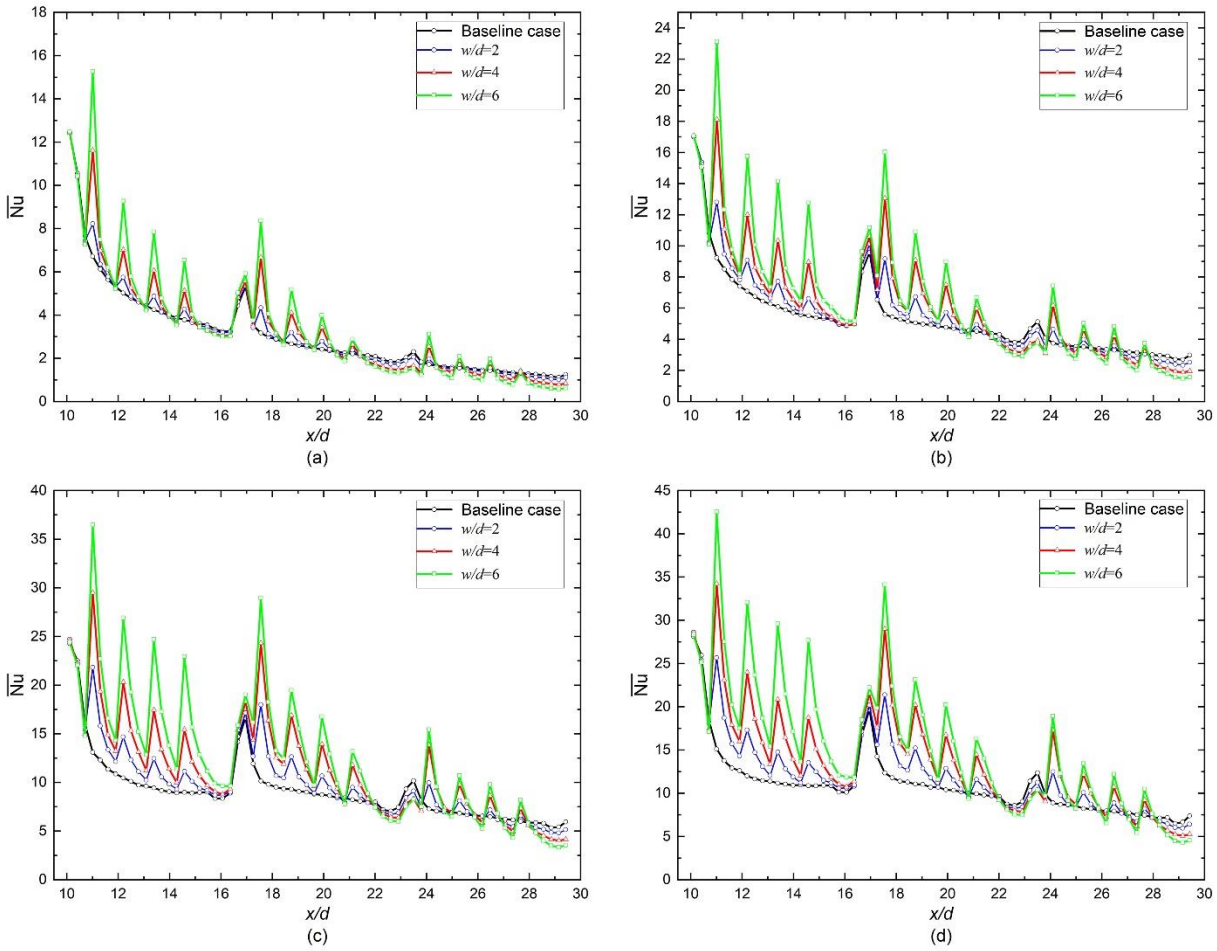


Figure 9. Effect of winglet aspect ratio on laterally averaged *Nu* number streamwise distribution for α_r=55° a) *Re*=400, b) *Re*=800, c) *Re*=1600, d) *Re*=2000.

Effect of wing angle at a given wing aspect ratio on the average *Nu* number is compared in **Fig. 10**. Average *Nu* number was determined by averaging local *Nu* numbers on the entire channel walls (fin, winglet and tube walls). as it is seen in figure, α_r=55° is the most effective design for the all *w*/*l*. However, heat transfer over the entire channel walls increases by increasing wing aspect ratio. For instance, while improvement of heat transfer for *w*/*l*=2 is just 9.23% at *Re*=2000, improvement of heat transfer is reached up to 27.21% by increasing wing aspect ratio to 6 at *Re*=2000.

Comparison of heat transfer performance of winglet aspect ratio for α_r=55° is presented in **Fig. 11**. It is clearly seen in the figure that higher heat transfer performance compared to baseline case is achieved by using *w*/*l*=6 for the all *Re* numbers.

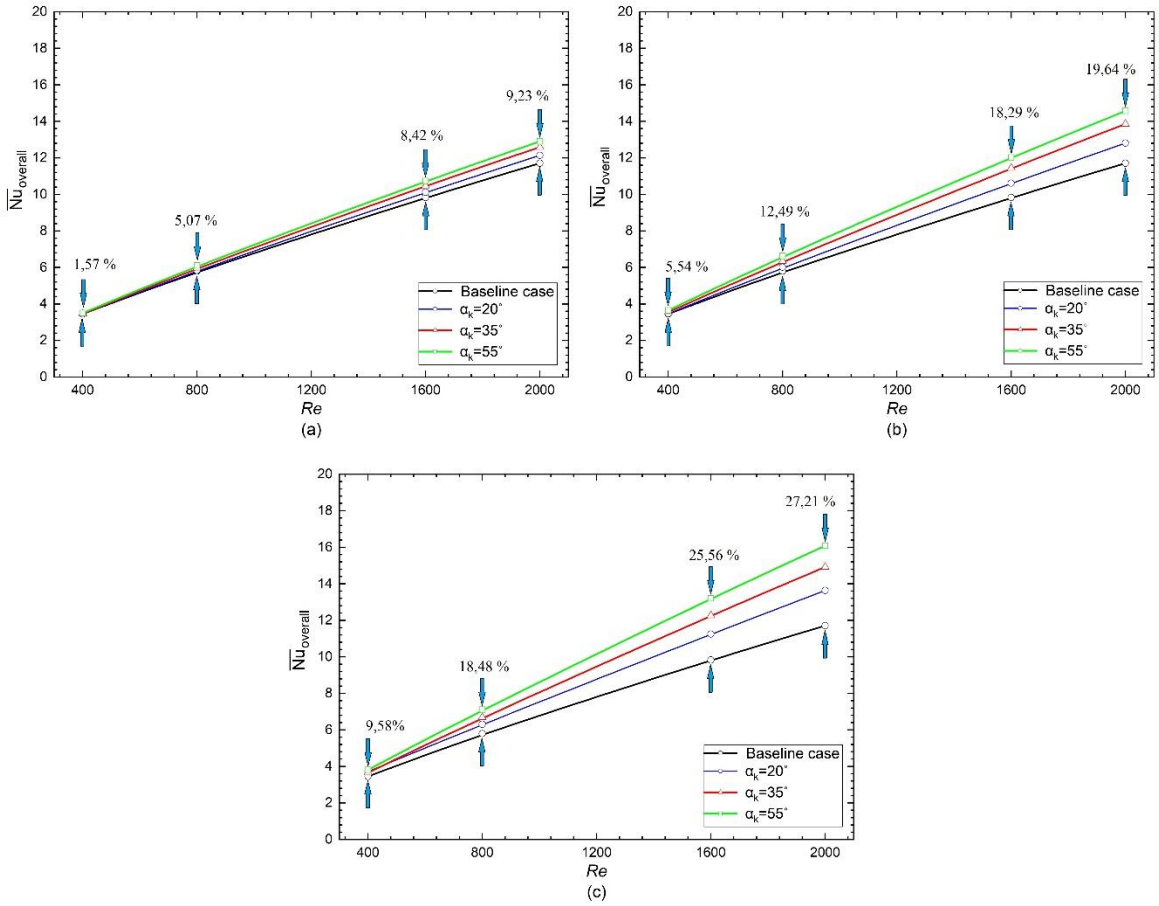


Figure 10. Effect of wing angle on the average *Nu* number, a) *w*/*l*=2, b) *w*/*l*=4, c) *w*/*l*=6.

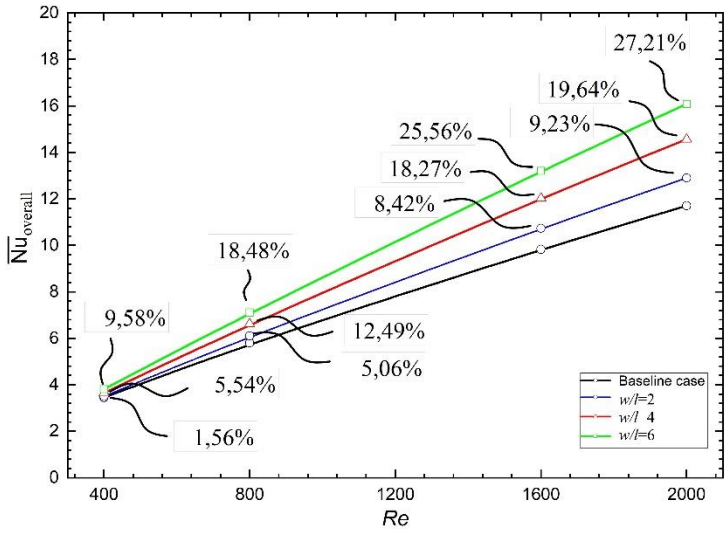


Figure 11. Comparison of the heat transfer performance of winglet aspect ratio for α_r=55º.

Effect of winglet on thermo-hydraulic performance

Effect of winglets on the friction factor can be seen in **Fig. 12**. As can be seen in figure, friction factor increased by punching winglets on the fin surface. on the other hand, increasing flow speed also increases the friction factor compared to the baseline case. Moreover, higher increased friction factor is determined as 71.86% compared to baseline case by α_r=55° at *Re*=2000.

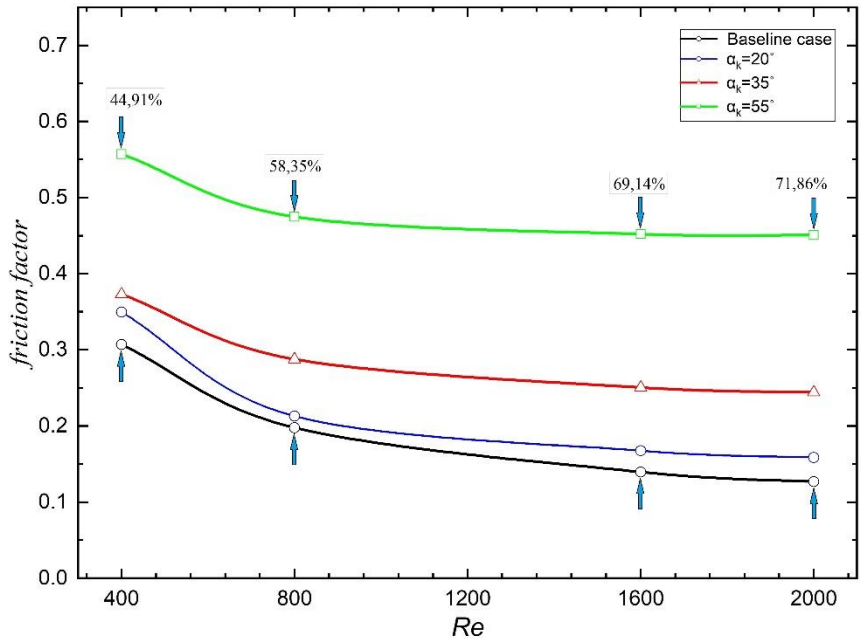


Figure 12. Effect of winglets on the friction factor.

In this study, effect of triangular shaped winglets on heat transfer performance for flat tube bank fin tube heat exchanger was investigated numerically. Aforementioned results reveals that heat transfer performance is enhanced by punching triangular shaped winglets on the fin surface. However, results of friction factor shows that existence of the winglets in the flow field also decreases of the hydraulic performance. Thus, evaluating thermal performance factor (*TPF*) which is widely used in heat transfer research is meaningful to elucidate the most feasible winglet design parameters [15,20–23]. *TPF* can be evaluated as follows:

$$TPF = \frac{Nu_1}{Nu_0}\left(\frac{f_1}{f_0}\right)^{-1/3} \quad (6)$$

Results of *TPF* is presented in **Fig. 13**. Results show that increasing *Re* number also increases of the *TPF*. As it is seen in **Fig. 13(a)**, most feasible winglet aspect ratio is *w/l*=6 for α_r=20°. On the other hand, most feasible winglet angle is determined as α_r=20°.

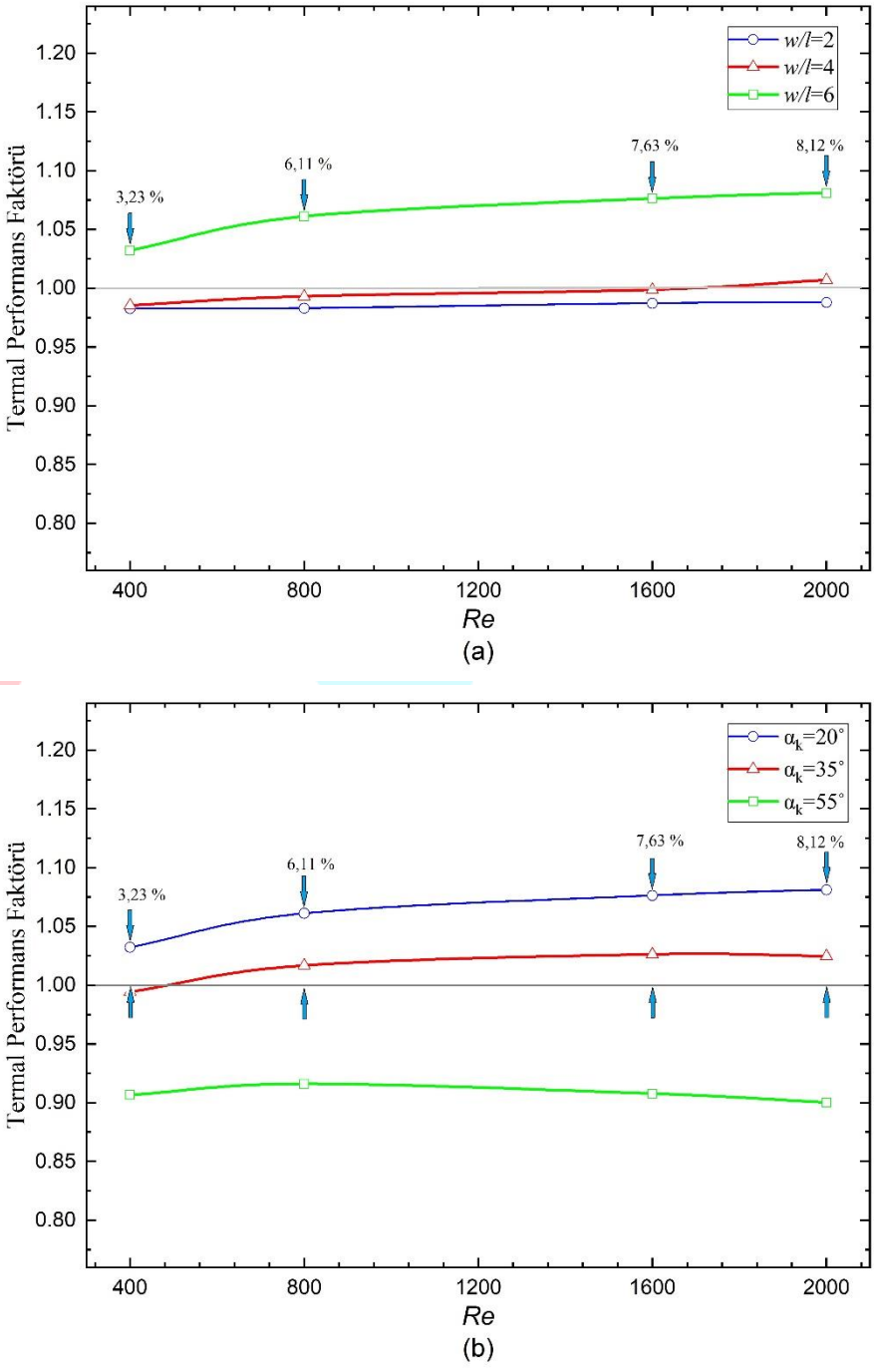


Figure 13. Evaluation of thermal performance factor, a) effect of winglet aspect ratio for α_r=20º, b) effect of winglet angle for *w*/*l*=6.

Conclusion

The aim of this study is to examine the effect of newly proposed triangular winglet design on heat transfer performance for flat tube bank fin heat exchanger. Three different winglet aspect ratio (w/l=2, 4 and 6) and three different winglet inclination angle (α_k=20º, 35º and 55º) were investigated for elucidating most feasible geometric parameters. Calculations were conducted in the laminar flow conditions (400≤*Re*≤2000). Numerical computations were carried out on ANSY FLUENT by using RNG k-e turbulence model. Laterally averaged *Nu* number streamwise distribution, average *Nu* number, friction factor and thermal performance factor (*TPF*) were quantitatively examined. Results were compared with flat fin surfaced fin-tube heat exchanger.

Conclusions of this study is summarized as follows:

1. Punching winglet on the fin surface increases heat transfer for flat tube bank fin heat exchangers. Because, winglets generate vortex in the flow field and transfer the cold fluid on the hot surfaces.
2. The increase in the winglet aspect ratio (w/l) and the blade angle (α_k) increases the heat transfer, on the other hand, it also bring about an increase in the pressure loss. While the highest increase in heat transfer was obtained at the winglet geometry with w/l=6 and α_k=55° by 27.21% at *Re*=2000, the highest increase in pressure loss was again obtained with w/l=6 and α_k=55° by 71.86% at *Re*=2000.
3. Results of *TPF* showed that the most feasible winglet design parameter was α_k=20° and w/l=6 by an increase of 8.12% compared to the baseline case.

Nomenclature

d	Hydraulic diameter	[m]
f_0	friction factor for baseline case	
f_1	friction factor for winglet design	
h	average convective heat transfer	[W/m^{2}K]
H	Fin spacing	[m]
l	height of the winglet	[m]
Nu_0	average *Nu* number for the baseline case	
Nu_1	average *Nu* number for the winglet design	
P	Perimeter of the channel	[m]
t	fin thickness	[m]
T_i	Air inlet temperature	[K]
T_o	Air outlet temperature	[K]
T_s	Surface temperature	[K]
T_b	Bulk temperature ($T_b = \frac{(T_i+T_o)}{2}$)	[K]
V	Velocity of the flow	[m/s]
w	winglet width	[m]

w/l	dimensionless winglet aspect ratio	
x	streamwise axis	[m]
x/d	streamwise normalized distance	
y	lateral axis	[m]
z	perpendicular to streamwise axis	[m]

Symbols

ρ	Havanın yoğunluğu	[kg/m3]
v	kinematic viscosity	[$m^2.s^{-1}$]
ΔP	Pressure drop	[Pa]

References

[1] M.C. Gentry, A.M. Jacobi, Heat Transfer Enhancement by Delta-Wing Vortex Generators on a Flat Plate: Vortex Interactions with the Boundary Layer, Exp. Therm. Fluid Sci. 14 (1997) 231–242. https://doi.org/10.1016/S0894-1777(96)00067-2.

[2] F. Ke, L.B. Wang, L. Hua, S.D. Gao, Y.X. Su, The optimum angle of attack of delta winglet vortexgenerators on heat transfer performance of finned flat tube bank with considering nonuniform fin temperature, Exp. Heat Transf. 19 (2006) 227–249. https://doi.org/10.1080/08916150600616576.

[3] C.N. Lin, Y.W. Liu, J.S. Leu, Heat transfer and fluid flow analysis for plate-fin and oval tube heat exchangers with vortex generators, Heat Transf. Eng. 29 (2008) 588–596. https://doi.org/10.1080/01457630801922279.

[4] L.M. Chang, L.B. Wang, K.W. Song, D.L. Sun, J.F. Fan, Numerical study of the relationship between heat transfer enhancement and absolute vorticity flux along main flow direction in a channel formed by a flat tube bank fin with vortex generators, Int. J. Heat Mass Transf. 52 (2009) 1794–1801. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2008.09.029.

[5] P. Chu, Y.L. He, Y.G. Lei, L.T. Tian, R. Li, Three-dimensional numerical study on fin-and-oval-tube heat exchanger with longitudinal vortex generators, Appl. Therm. Eng. 29 (2009) 859–876. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2008.04.021.

[6] A. Lemouedda, A. Schmid, E. Franz, M. Breuer, A. Delgado, Numerical investigations for the optimization of serrated finned-tube heat exchangers, Appl. Therm. Eng. 31 (2011) 1393–1401. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.12.035.

[7] J. Li, S. Wang, J. Chen, Y.G. Lei, Numerical study on a slit fin-and-tube heat exchanger with longitudinal vortex generators, Int. J. Heat Mass Transf. 54 (2011) 1743–1751. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.01.017.

[8] Y.L. He, H. Han, W.Q. Tao, Y.W. Zhang, Numerical study of heat-transfer enhancement by punched winglet-type vortex generator arrays in fin-and-tube heat exchangers, Int. J. Heat Mass Transf. 55 (2012) 5449–5458. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.04.059.

[9] X. Du, L. Feng, Y. Yang, L. Yang, Experimental study on heat transfer enhancement of wavy finned flat tube with longitudinal vortex generators, Appl. Therm. Eng. 50 (2013) 55–62. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.05.024.

[10] A.J. Modi, N.A. Kalel, M.K. Rathod, Thermal performance augmentation of fin-and-tube heat exchanger using rectangular winglet vortex generators having circular punched holes, Int. J. Heat Mass Transf. 158 (2020). https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119724.

[11] R.R. Moreno, A.M. Pérez, R.B. Pérez, Numerical optimization of a heat exchanger with slit fins and vortex generators using genetic algorithms, Int. J. Refrig. 119 (2020) 247–256. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.07.023.

[12] J. Xie, H.M. Lee, Flow and heat transfer performances of directly printed curved-rectangular vortex generators in a compact fin-tube heat exchanger, Appl. Therm. Eng. 180 (2020). https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115830.

[13] J. Carpio, A. Valencia, Heat transfer enhancement through longitudinal vortex generators in compact heat exchangers with flat tubes, Int. Commun. Heat Mass Transf. (2020) 105035. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.105035.

[14] A.Ü. Tepe, Heat transfer enhancement of fin-tube heat exchangers using punched triangular ramp vortex generator on the fin surface, Int. J. Heat Mass Transf. 174 (2021) 121326. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121326.

[15] A.Ü. Tepe, Enhancement of Heat Transfer Performance for Fin-Tube Heat Exchangers Using Dimpled/Protruding Fin Surface, Eur. J. Sci. Technol. (2021) 401–414. https://doi.org/10.31590/ejosat.874885.

[16] A. Arora, P.M.V. Subbarao, R.S. Agarwal, Numerical optimization of location of "common flow up" delta winglets for inline aligned finned tube heat exchanger, Appl. Therm. Eng. 82 (2015) 329–340. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.02.071.

[17] G. Lu, G. Zhou, Numerical simulation on performances of plane and curved winglet type vortex generator pairs with punched holes, Int. J. Heat Mass Transf. 102 (2016) 679–690. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.06.063.

[18] A.Ü. Tepe, Improvement of film cooling effectiveness on a flat surface subjected to streamwise pressure gradient by using ramp, Int. J. Therm. Sci. 163 (2021) 106846. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.106846.

[19] Kylikof U. A., The Cooling System of Diesel Locomotive, Machine Construction Press, Moscow, 1988.

[20] C. Maradiya, J. Vadher, R. Agarwal, The heat transfer enhancement techniques and their Thermal Performance Factor, Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci. 7 (2018) 1–21. https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.10.001.

[21] S.W. Chang, P. Chiang, W.L. Cai, Thermal performance of impinging jet-row onto trapezoidal channel with different effusion and discharge conditions, Int. J. Therm. Sci. 159 (2021) 106590. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106590.

[22] A.Ü. Tepe, Ü. Uysal, Y. Yetişken, K. Arslan, Jet impingement cooling on a rib-roughened surface using extended jet holes, Appl. Therm. Eng. 178 (2020) 115601. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115601.

[23] A.Ü. Tepe, Numerical investigation of a novel jet hole design for staggered array jet impingement cooling on a semicircular concave surface, Int. J. Therm. Sci. 162 (2021) 106792. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2020.106792.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Yanmaz ve Anti-Manyetik Özellikli Elektrik Kelepçesi Tasarımı ve Üretimi

Design and Production of Noncombustible and Anti-Magnetic Electric Clamp

Mustafa AÇANGÜL[1]
Fatma DOĞAN[2]
Tuğçe YAĞCI[3]
Adem KORKMAZ[4]

Abstract

The transformers are components used to increase or decrease the voltage or current in an electrical circuit. During the operation of transformer stations, problems can occur such as cracks, fractures, deformation, abrasions, corrosion, burning because of excessive load on the part, vibrations, unsuitable environmental factors, pollution and insufficient lubrication. For these reasons, the need for a new generation electric clamp design in the sector has been the driving force for this research. In this study, a new electrical clamp with anti-magnetic and incombustibility features was designed and produced to develop a permanent solution to the mentioned problems. Within the study,

Özet

Transformatörler, bir elektrik devresinde gerilim veya akımı düşürmek veya yükseltmek için kullanılan bileşenlerdir. Trafo merkezlerinin çalışması sırasında, parça üzerine etkiyen yükün çok fazla olması, titreşimler, uygun olmayan çevre faktörleri, kirlilik ve yetersiz yağlamalardan kaynaklı çatlaklar, kırılmalar, deformasyon, aşınmaları, korozyon, yanma gibi problemler meydana gelebilmektedir. Bu sebeple, sektörde yeni nesil bir elektrik kelepçesi tasarımına ihtiyaç duyulması araştırmanın gerçekleştirilmesinde itici güç olmuştur. Bu çalışmada, bahsedilen sorunlara kalıcı bir çözüm geliştirmek amacıyla anti manyetiklik ve yanmazlık özelliklerine sahip yeni bir elektrik kelepçesinin tasarımı ve üretimi

[1] LMC Makine Sanayi ve Tic. A.Ş. Kemalpaşa/İzmir, Türkiye mustafaacangul@lmcmakina.com.tr
[2] Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye fatmadogan@lmcmakina.com.tr
[3] Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye / Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye tugce.yagci@cbu.edu.tr
[4] Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye / Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye adem.korkmaz@twinarge.com.tr

determination of quality standards, customer needs and requests, creation of a three-dimensional model using computer-aided design programs, material selection, pilot production by plastic injection method, testing and characterization activities were carried out. In this context, a new and polymeric electric clamp with incombustibility and anti-magnetic features, increased strength compared to the clamps currently used usually made of wooden material, met the quality standards and requirements, customer expectations and requests was designed and produced. On the other hand, a new product was developed for the company's product range and the domestic market of the sector.

Keywords: Electric clamp, Incombustibility, Anti-magnetic, Transformer, Polymer, Plastic injection.

gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, müşteri gereksinim ve isteklerinin yanında, kalite standartlarının belirlenmesi, bilgisayar destekli tasarım programlarından yararlanılarak üç boyutlu modelin oluşturulması, uygun malzeme seçimi, plastik enjeksiyon yöntemiyle pilot üretim, test ve karakterizasyon faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yanmazlık ve anti-manyetik özelliklere sahip, günümüzde genellikle ahşap malzemeden yapılan kelepçelere göre mukavemeti arttırılmış, kalite standartlarını ve gereksinimlerini karşılayan, müşteri beklenti ve isteklerini karşılayan yeni ve polimerik bir elektrik kelepçesi tasarlanarak üretilmiştir. Öte yandan, firmanın ürün yelpazesi ve sektörün iç pazarı için yeni bir ürün geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik kelepçesi, Yanmazlık, Anti-manyetik, Transformatör, Polimer, Plastik enjeksiyon.

Giriş

Trafolar diğer bir adıyla da transformatörler, genel olarak bir elektrik devresinde gerilim veya akımı indirmek veya yükseltmek için kullanılmaktadır. Elektronikte ise esas olarak farklı devrelerdeki yükselticileri birleştirmek, doğru akım dalgalarını daha yüksek bir değerdeki alternatif akıma çevirmek ve sadece belirli frekansları iletmek için tercih edilmektedir.

Trafoların veya trafo merkezlerinin çalışma sırasında; fazla yük altında çalışması, titreşimler, uygun olmayan çevre faktörleri, kirlilik ve yetersiz yağlamalardan kaynaklı parçalarda; çatlaklıklar, kırılmalar, deformasyona uğraması, aşınmalar, korozyon, yanma vb. sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu gibi olumsuzlukların minimize edilmesi amacıyla, transformatörlerde kullanılan bileşenlerin özelliklerine yönelik, müşteri istek ve taleplerinde, mevzuat ve standartlarda değişime gidilmekte ve konu üzerine farklı araştırma ve geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

İlgili çalışmanın gerçekleştirilmesinde, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) tarafından 2020 yılında yayınlanan Beton Mahfazalı Kompakt Tip Yüksek Gerilim/Alçak Gerilim (YG/AG) Dağıtım Transformatör Merkezleri Teknik Şartnamesinde yapılan değişiklikler çalışmanın odak noktası

olmuştur. Teknik şartnamede, transformatör merkezlerinde kullanılan kablo askı ve sabitleme aparatlarının sahip olması gereken özellikler ile ilgili olarak; yüksek ve alçak gerilimli kabloların yan ve ara duvara sabitlenebilmesi için ahşap malzemeden imal edilmemiş kablo askı ve sabitleme aparatlarının kullanılması, bu askı ve sabitleme aparatlarının çaplarının ayarlanabilir ve topraklanmış metal gövdeden imal edilmesi, anti-manyetik malzemeden üretilecek olup, plastik bazlı hammaddeden imal edilmesi durumunda TS EN 60695-11-10 / EN 60695-11-10 standardına göre en az V-1 yanmazlık sınıfına ve bu aparatların duvara sabitlenmesinin ardından en az 500 N çekme kuvvetine dayanabilir olması gerektiği belirtilmiştir [1].

Enjeksiyon, polimerik malzemelerin üretim yöntemlerinden birisidir. Bu yöntemle polimer malzemelerden imal edilmiş ürünler dünya üzerinde çok geniş bir pazar alanına sahiptir. Bu nedenle bu yöntem ve hitap ettiği sektör oldukça önemlidir. Plastik enjeksiyon yönteminde, polimer malzeme belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve bir basınç altında kalıba enjekte edilir. Ardından, kalıp içerisindeki malzemenin soğuması için bir süre beklenir ve kalıp açılarak soğuyan parça alınır [2,3].

Bağlantı kelepçeleri, plastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak polimerik malzemelerin şekillendirilmesiyle imal edilen, otomotiv, savunma sanayi, raylı sistemler, soğutma, elektronik gibi bir çok farklı sektörde farklı atmosferik şartlar altında kullanılan bileşenlerdir.

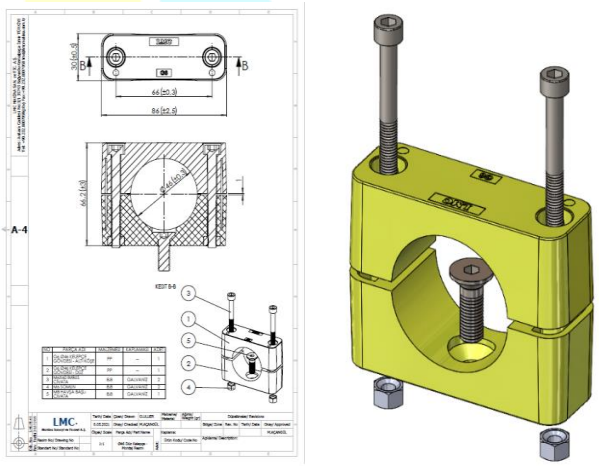
Bu çalışma ile transformatörlerde kullanılmak üzere daha mukavemetli, anti-manyetik ve yanmazlık özelliğe sahip, uygun kimyasal ve mekanik değerleri sağlayan polimerik malzemeden imal edilmiş, kalite standart ve gerekliliklerini karşılayan yeni bir bağlantı kelepçesine ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir. Bu kapsamda, ürün tasarımı, tasarımı yapılan ürünün bilgisayar destekli programlarla verilerinin ortaya çıkarılması, prototip üretimi, test ve karakterizasyon işlemlerini içeren faaliyetler ile polimerik bağlantı kelepçesinin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Deneysel Çalışmalar

Çalışma ile, transformatörlerde ve elektrik devrelerinde kullanıma uygun olacak, çatlaklar, kırılmalar, deformasyon, aşınmalar, korozyon, yanma gibi problemlerin meydana gelmesini engelleyerek güvenlik koşullarını sağlayacak ve yüksek performans gösterecek polimerin bağlantı kelepçesinin tasarlanması ve geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik, anti-manyetik ve yanmazlık özelliğine sahip malzeme seçimi ve bu malzemenin plastik enjeksiyon ile üretime uygunluğunun tespiti, bilgisayar destekli çizim ve tasarım programları aracılığıyla çalışma konusu olan ürün ve kalıp setlerinin 3 boyutlu modellerinin oluşturulması, plastik enjeksiyon yöntemi ile pilot üretimin gerçekleştirilmesi, elde edilen ürünün, test ve karakterizasyon çalışmaları ile fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, performans testlerinin uygulanması çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu faaliyetlere aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

- **Ön Tasarım ve Kavram Geliştirme Faaliyetleri**

Çalışmanın bu aşamasında, müşteriden gelen teknik çizimlerin firmanın altyapısına ve üretim kabiliyetlerine göre üretilebilirlik etüdü yapılmış ve bilgisayar destekli çizim programları kullanılarak, ürüne ait modelin ve kalıp setlerinin detaylı çizimleri oluşturulmuştur. Müşteri istek ve beklentilerine yönelik oluşturulan çizimlerden yararlanılarak, plastik enjeksiyon makinesinde üretilebilmesi amacıyla parçaların bilgisayar destekli tasarım programlarıyla 3 boyutlu model görüntüsü oluşturulmuştur. Tasarım çalışmalarının ardından, üründe istenilen özellikleri sağlayacak bir hammadde belirlenmesi amacıyla literatür araştırması gerçekleştirilmiş olup, kalite ve standartlarını sağlayacak, TEDAŞ mevzuatlarına uygun olarak anti-manyetik ve yanmazlık özelliğine sahip polimerik malzemenin seçimi yapılmıştır.



Şekil 1. Bağlantı kelepçesinin teknik çizim ve 3B model görüntüsü

- **Prototip Üretim Faaliyetleri**

Ürüne yönelik modelin oluşturulması ve malzeme seçimi çalışmalarının ardından plastik enjeksiyon gerekli olan kalıpların üretimi sağlanmış ve montaj işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kalıp üretiminin ardından, çalışma konusu olan bağlantı elemanının plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmesinde önem arz eden sıcaklık, basınç, uygulama süresi gibi parametrelerin belirlenmesi ve bunların ürün geometri ve özelliklerine göre optimizasyonu çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Böylelikle, prototip üretim için uygun teknik özelliklere sahip olacak makine seçimi ve ilgili bağlantı elemanının pilot üretimi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2. Son ürüne ait görsel

- **Test ve Karakterizasyon Çalışmaları**

Çalışmanın bu aşamasında, pilot üretim ile üretimi sağlanan bağlantı kelepçesinin özelliklerinin değerlendirilmesi çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, laboratuvar şartlarında uygulanan analiz ve performans testleriyle ilgili ürüne ait fiziksel ve mekanik özellikler ortaya koyulmuştur. Bu kapsamda, kalıptan çıkarılan ürünün ölçüsel kontrolleri sağlanmış ve tolerans aralıklarının uygunluğu teknik resimler referans alınarak kontrol edilmiştir. Kelepçelerin sıkma torkunun belirlenmesi amacıyla, uygun çapta borulara montajlanarak sıkma testi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çekme ve darbe testi gibi mekanik testler ile ürünün mekanik özellikleri ortaya koyulmuştur. Yanmazlık performansının kontrol edilmesi için kızgın tel alevlenebilirlik testi uygulanarak ürüne ait yanmazlık sınıfı belirlenmiştir. Polimerik malzemeden imal edilen ürünün sertliğinin belirlenmesi amacıyla Shore D sertlik testi uygulanmıştır. Son olarak, ürünün diamanyetiklik özelliklerinin belirlenmesi için gerekli testler uygulanmıştır. Ürüne ait özelliklerin belirlenmesi sırasında gerçekleştirilen testlere yönelik standartlara aşağıdaki tabloda yer verilmiştir.

Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Gerçekleştirilen çalışmayla birlikte, transformatörlerde kullanımının uygunluğu farklı analiz yöntemleri ve performans testleriyle kanıtlanmış, yeni nesil bir bağlantı kelepçesinin üretimi gerçekleştirilmiş ve sektöre yönelik uygulamalarda kullanılabilirliği doğrulanmıştır. Elde edilen ürüne ait özelliklere aşağıda yer verilmiştir.

- Yoğunluk: ISO 1183 standardına göre: 1,06 gr/cm^3
- Shore D Sertliği: ISO 868 standardına göre: 63 ShD
- Yanmazlık Sınıfı: UL 94 Standardına göre: V0
- Kopma Yükü: TS EN 4892-2:2013 standardına göre: 10.000-15.000N
- Kızgın Tel Alevlenebilirlik: IEC 60695-2-12 standardına göre: 960ºC
- Çekme mukavemeti: ISO 527-2 standardına göre: 17,53 MPa

- Sıkma torkları: DIN 3015-1 standardına göre: 12Nm
- Diamanyetiklik özelliği: TS EN 60060-1:2013 standardına göre: 4 kV
- Mekanik Darbe Deneyi: TS EN 62262 standardının göre: IK10
- Mukayeseli Yüzeysel Kaçak Yolu İndisi Tayini: TS EN-60112:2010 standardına göre: CTI 600

Kaynaklar

[1] Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (2020). Beton mahfazalı kompakt tip YG/AG dağıtım transformatör merkezleri teknik şartnamesi.

[2] Saraç, T. Sıpahioğlu, H. (2008). Plastik enjeksiyon makinalarının çizelgelenmesi problemi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 20(2), 2-14.

[3] Özek, C., Çelik, Y. H. (2011). Plastik enjeksiyon kalıplarında enjeksiyon sürelerinin yapay sinir ağları ile modellenmesi, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(1), 35-42.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Katılaşmanın Geometri Tabanlı Matematik Modellemesinin Karmaşık Döküm Kesitlerine Uygulanması

Application of Geometry Based Math Modeling of Solidification to Complex Cast Sections

Kamil Kunt Tüzünal
Dilara Yılmaz

Abstract

Geometry-based mathematical modeling is used in the casting industry as a pre-design tool before full simulation is applied or before trial castings are made. In this study, the applicability of the Unit Area approach, which is a geometry based modeling tool, to the drawing of solidification isotherms on two dimensional sections of complex castings was investigated. As a method, firstly the casting section to be examined is created in the Autocad program environment, using the formulas of the Unit Area method given in previous studies for outer corners, inner corners, cylindrical circular surfaces, cylindrical planar surfaces and spheres, the solidification isotherms of the basic junction points on the casting section with the help of a simple isotherm calculator program. The regions between these basic isotherms are combined with the closest tangent and parallel taking techniques to complete the isotherms of the whole section. The isotherms completed on the

Özet

Geometri tabanlı matematik modelleme, döküm sektöründe tam simülasyon uygulanmadan önce veya deneme dökümleri yapılmadan önce bir ön tasarım aracı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada bir geometri tabanlı modelleme aracı olan Birim Alan yaklaşımının, karmaşık döküm parçalarının iki boyutlu kesitleri üzerinde katılaşma izotermlerinin çizimine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Yöntem olarak, öncelikle incelenecek döküm kesiti Autocad programı ortamında oluşturulmakta, Birim Alan yönteminin önceki çalışmalarda dış köşeler, iç köşeler, silindir dairesel yüzeyler, silindir düzlemsel yüzeyler ve küreler için verilen formülleri kullanılarak döküm kesiti üzerindeki temel kavşak noktalarının katılaşma izotermleri basit bir izoterm hesaplayıcı program yardımıyla belirlenmekte ve çizilmekte, bu temel izotermlerinin aralarında kalan bölgeler ise en yakın teğeti alma ve paralel alma teknikleriyle birleştirilerek bütün kesitin izotermleri

casting cross section are examined and the locations of possible macro casting errors are tried to be predicted. In this study, the application of isotherms based on the Unit Area approach to combinations of rectangular, cylindrical and spherical shapes, application to the angled edges and analysis of multiple sections from the same casting was performed for the first time.

Keywords: Casting, Solidification, Geometry Based Mathematical Modeling, Unit Area Approach.

tamamlanmaktadır. Döküm kesiti üzerinde tamamlanan izotermler incelenerek, olası makro döküm hatalarının yerleri tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Çalışmada Birim Alan yaklaşımına dayalı izotermlerin dikdörtgen biçiminde, silindirik ve küresel şekillerin kombinasyonlarına uygulanması, açılı birleşen kenarlara uygulanması ve aynı döküm parçasından birden çok kesit alınarak analizinin yapılması ilk defa gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Döküm, Katılaşma, Geometri Tabanlı Matematik Modelleme, Birim Alan Yaklaşımı.

1. Giriş

Yapılan döküm işlemlerinde ve çalışmalarında sonuçlarım tam ve doğru olması için besleyicilerin ve yollukların doğru büyüklükte ve doğru yerlere yerleştirilmeleri gerekmektedir. Bu yerleştirilmeler ve denemelerin yapımı küçük ölçekli fabrikalarda yapılmaktadır. Tam anlamıyla bir döküm elde etmek için besleyicilerin önemi oldukça büyüktür ve bu döküm ile ilgilenen mühendisler tarafından kabul görmektedir. Verimli bir besleyicinin, döküm sırasında olması muhtemel çekmeyi bire bir doldurması için minimum hacme sahip olması gerektiği tüm mühendisler tarafından bilinmektedir. Küçük ölçekli fabrikaların yaptığı deneme yanılma yolu ile öğrenilen bu durum çok maliyetli olmaktadır. Bu maliyeti azaltmak için Basit şekillerle ilerlenmektedir. Basit şekillerin döküm çalışmaları empirik matematiksel denklemlere dayalıdır. Basit şekillerin besleyici ve yolluklarının doğru kullanılması yine matematiksel denklemlerle olduğundan dolayı daha kısa zamanda hesaplanır. Günümüzde bu çözümlere fiziksel, mekanik ve termal özelliklerinin de göz önünde bulundurarak bu çözümlemelerin yapılması her zaman gerekli değildir. Aynı şekilde küçük ölçekli fabrikaların bu özellikleri göz önünde bulundurarak yapacakları bilgisayar programlarının da maliyetleri oldukça yüksektir. Maliyetlerini karşılaması için de çok fazla sayıda seri üretim yapılması gerekmektedir, böylelikle yüksek olan maliyet göz ardı edilebilir. Buna karşılık olarak daha düşük maliyetli çalışmalar araştırılmış ve dökümlerin katılaşma izotermlerinin geometrik parametrelerin kullanılarak belirlenmesinde Chvorinov'un temel eşitliği kullanılmaya başlanmıştır.

$$t = k.(\frac{V}{A})^2 \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde," t" toplam katılaşma zamanını (dak.), "V" döküm hacmini (cm^3), "A" döküm soğuma yüzey alanını (cm^2), ve "$\frac{V}{A}$" ise Döküm Modülünü (cm) temsil etmektedir. "K" sabiti ise döküm koşullarına bağlı bir sabittir [1]. Chvorinov'un yaklaşımının geliştirilmesindeki asıl sebep yukarıda da belirtildiği gibi döküm simülasyonuna geometrik tabanlı olacak şekilde uygun maliyetle elde edebilmektir. Bu konudaki başlıca çalışmalardan biri, Kotschi ve Plutshack tarafından bir döküm parçanın döküm modülü prensibi esas alınarak hesaplamalardır.

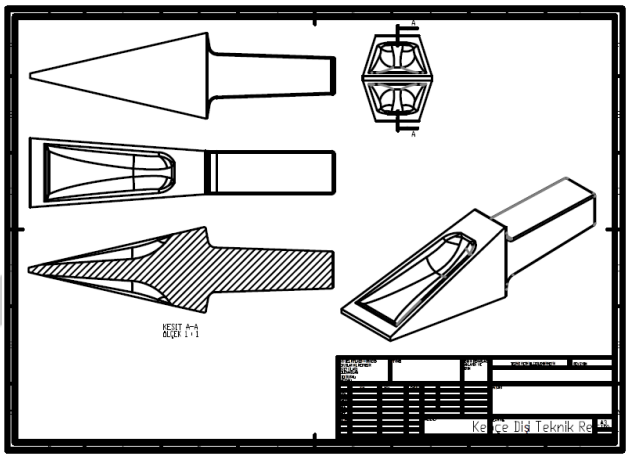
[1]Dilara Yılmaz, Metalurji ve Malz. Müh., Gazi Üniversitesi, Metalurji ve Malz. Müh. Bölümü, dilarayilmaz_94@hotmail.com

Bu hesaplamalarda iç köşeler hesaplanmıştır ancak izotermler köşe noktalarında eksik sonuç vermiştir. Bu eksik noktalar 45° çizgilerle tamamlanmıştır [2]. Bu sebepten dolayı farklı bir çalışma Neises ve çalışma arkadaşları tarafından yapılmıştır ve bu çalışma "T" kesitlere uygulanmıştır, ancak silindir ve küre gibi geometrik şekillerde bu çalışmalar yapılmamıştır. Geometri tabanlı katılaşma davranışı ile ilgili Özdemir ve Tüzünalp tarafında bir çalışma yapılmış ve öne sürülmüştür [1]. Yeni çalışmanın adı "Birim Alan" çalışmasıdır. Katılaşma sırasında tane büyümesinden dolayı ısının dışarı aktarımı olacağından sonuçların hassas olacağı bildirilmiştir. Bu yöntem kare dış köşelere, dikdörtgen döküm bölümlerine, silindir bölümlerine, disklere, kürelere ve iç köşelere uygulanmıştır [1]. Bu çalışmada Birim Alan yaklaşımına dayalı izotermlerin dikdörtgen biçiminde, silindirik ve küresel şekillerin kombinasyonlarına uygulanması, açılı birleşen kenarlara uygulanması ve aynı döküm parçasından birden çok kesit alınarak analizinin yapılması ilk defa gerçekleştirilmiştir, simulasyon programı olarak da Magmasoft tercih edilmiştir.

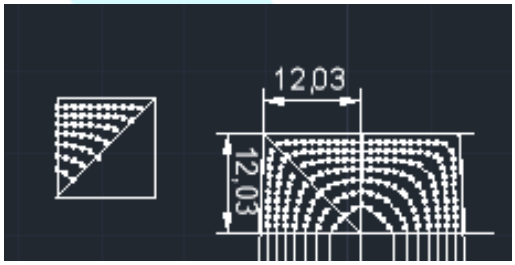
2. Çalışmalar

Üç farklı kompleks parçaların, en geniş, detaylı araştırma ve gözlem yapılabilecek kesitleri seçilmiştir. Her bir parçanın teknik çiziminde bulunan taralı alan üzerinde çalışma yapılmıştır.

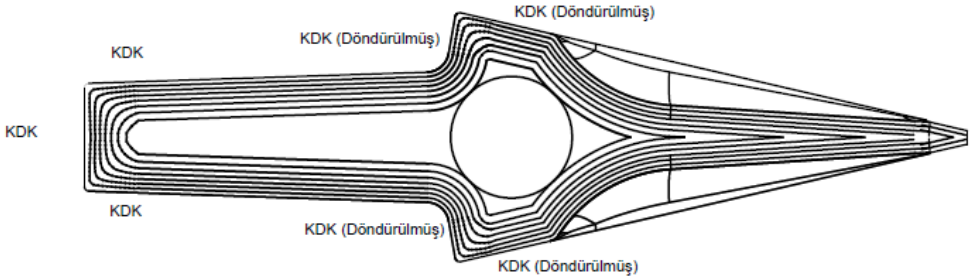
2.1. Kompleks Parça_1



Resim 1 : Kompleks Parça_1 teknik çizim.

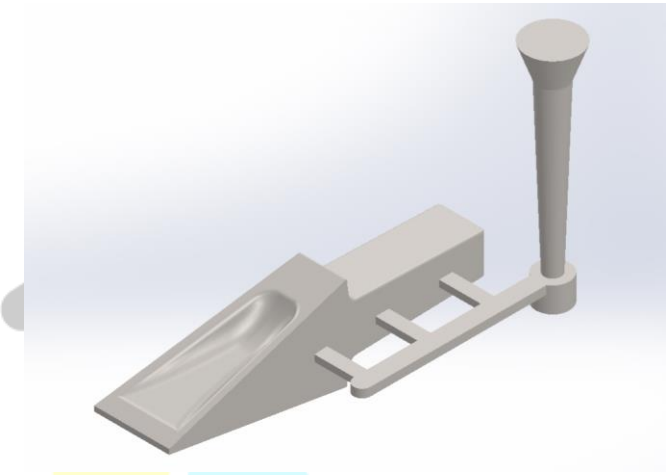


Resim 2 : Autocad programında izotermlerin kare dış köşe çalışmasının nasıl yapıldığına ve oluşturulduğuna dair adımlardan bir görüntüdür.

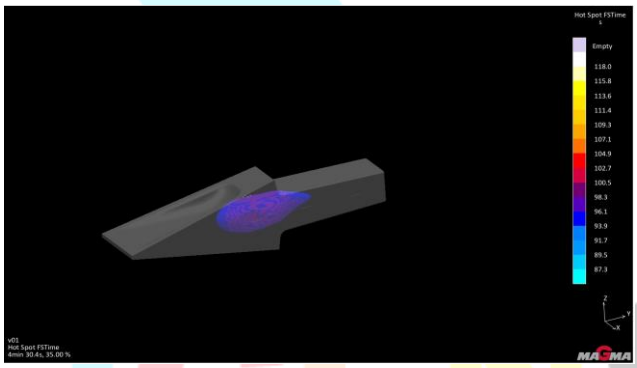


Resim 3 : Kompleks Parça_1 'in Autocad üzerinde tüm izotermler tamamlanmıştır.

Yukarıdaki resim Birim Alan formülü kullanılarak Autocad'de izoterm çizilerek yapılan çalışmanın son halidir. Görüldüğü üzere şeklin orta kısmında ciddi olarak çekme olabileceği çizimle anlaşılabilmektedir. Magmasoft 'a gönderilebilmesi için parçaya göre yolluk tasarımı aşağıdaki gibi yapılmıştır:



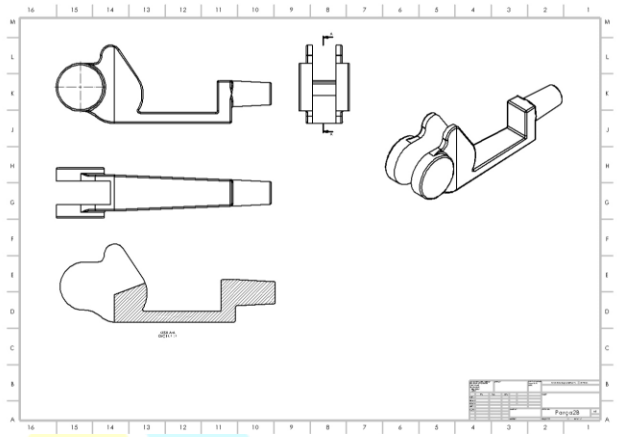
Resim 4 : Komplek Parça_1 yolluk tasarımı.



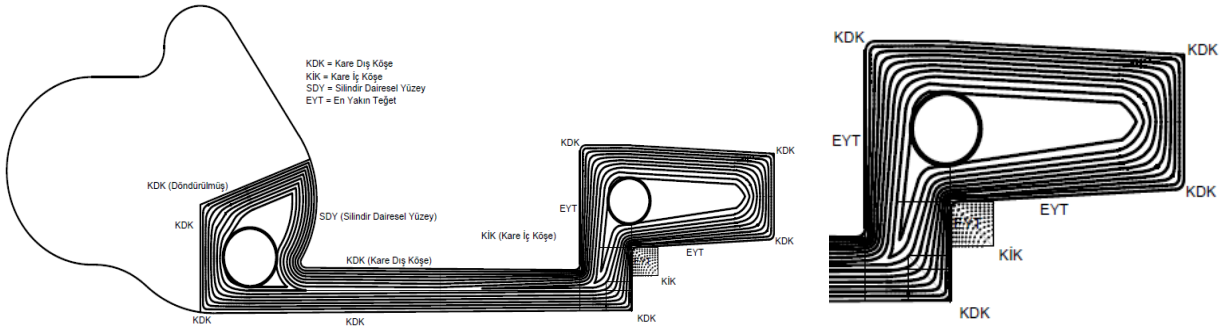
Resim 5 : Kompleks Parça_1 Magmasoft görüntüsü.

Magmasoft simulasyonu ile çekmenin nerede olacağının, gerçeğe en yakın hali ile yukarıda paylaşılmıştır. Resimde bulunan ortadaki mavi renkli alan sıvı metalin yetemeyeği yeri göstermektedir. Aynı şekilde Birim Alan yaklaşımı ile Autocad'te çizilen izotermlerde görünen daire bu resimde görülen mavi yeri temsil etmektedir.

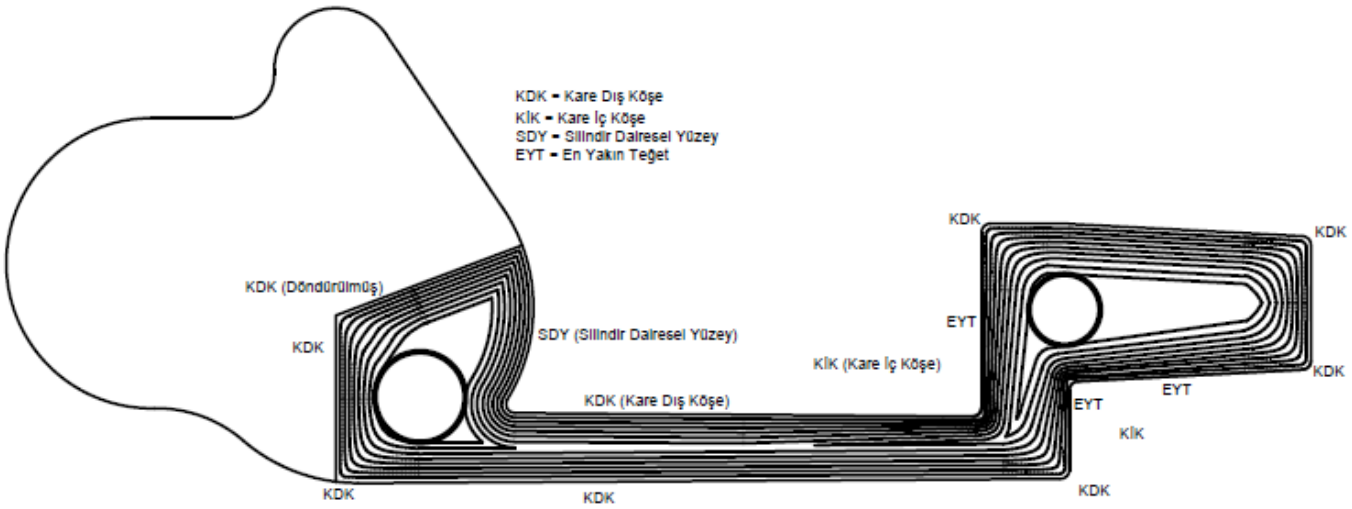
2.2. Kompleks Parça_2



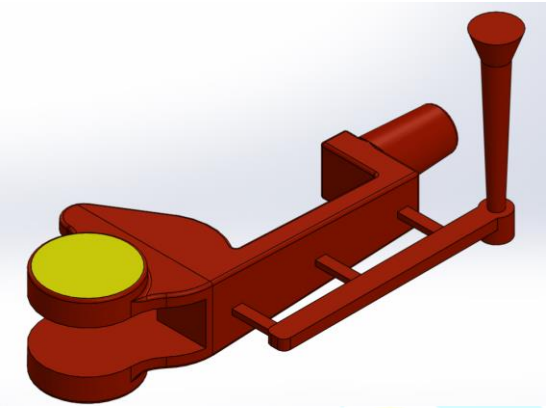
Resim 6 : Kompleks Parça_2 teknik çizim.



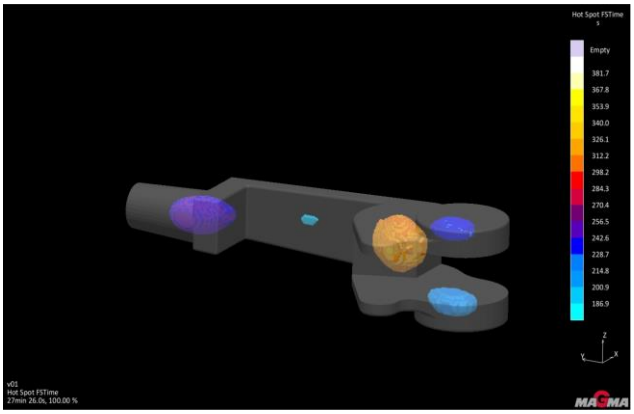
Resim 7 : Kompleks Parça_2 'nin Autocad üzerinde izotermlerinin oluşturulurken örnek olarak kare iç köşe çizimi gösterilmiştir.



Resim 8 : Kompleks Parça_2 'in Autocad üzerinde tüm izotermlerinin tamamlanmıştır. Daireler çekme yerlerinin buralarda olma ihtimalini göstermektedir.



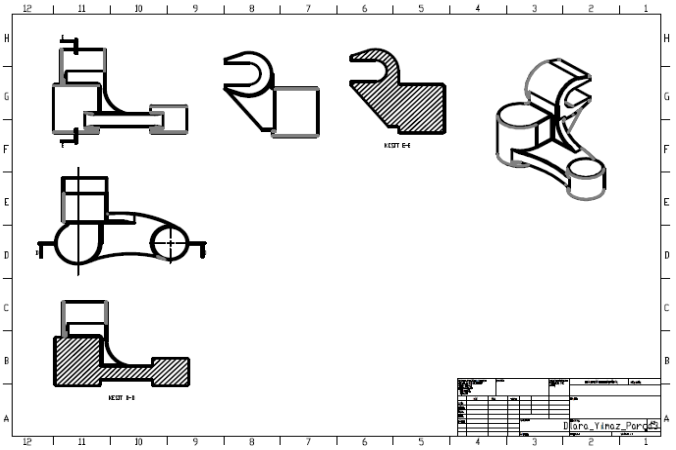
Resim 9 : Yolluk Tasarımı.



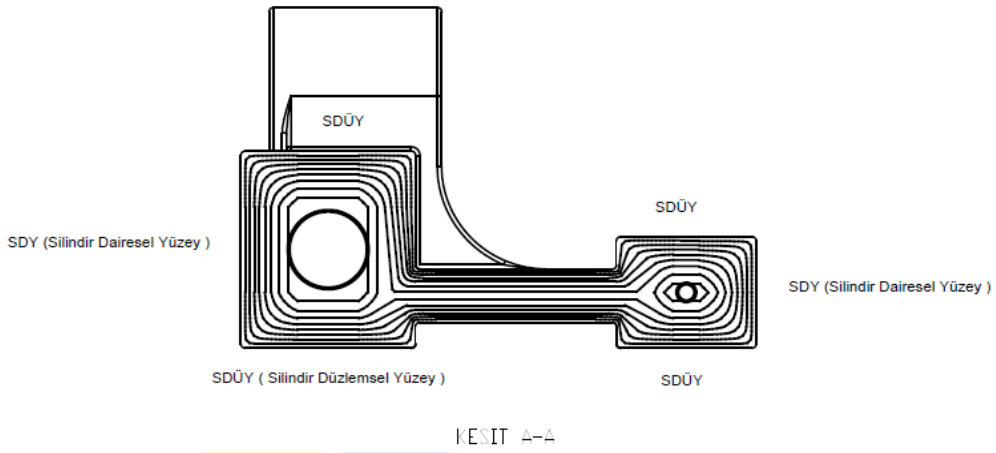
Resim 10 : Magmasoft görüntüsü.

Kompleks Parça_1 'de de olduğu gibi burada da renkli balonlar çekmenin olacağı yerleri göstermektedir. Bu resimde birden farklı renk görmekteyiz. Bunun sebebi parçayı tamamen düşündüğümüz durumda, birden fazla alanda çekme olacaktır ve her bir alan farklı renkle temsil edilmektedir. Bu yerlerin parçaya göre oranlaması düşünüldüğünde, Hot Spot FSTime renk sıkalasına göre renklendirmesi otomatik olarak yapılmaktadır.

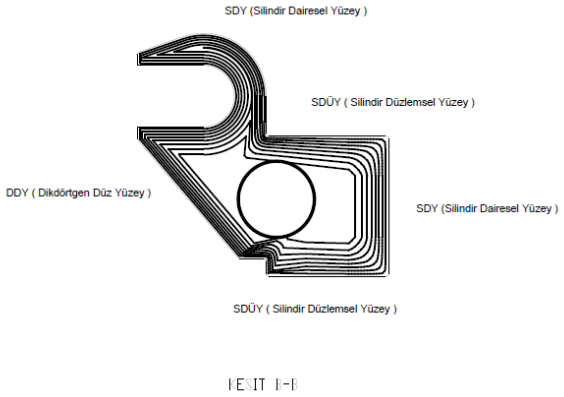
2.3. Kompleks Parça_3



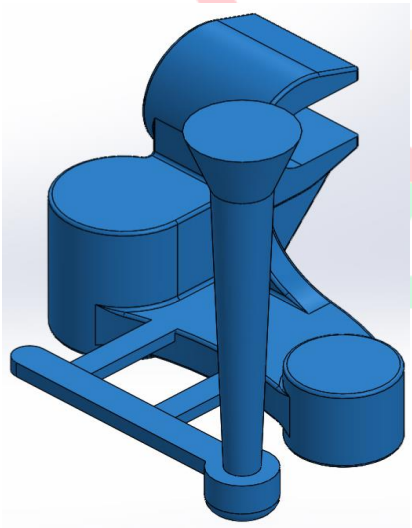
Resim 11 : Kompleks Parça_3 'ün teknik çizimi.



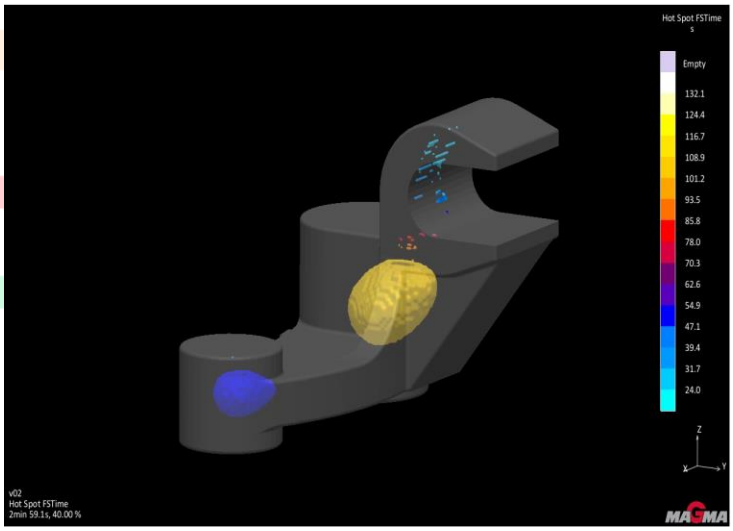
Resim 12 : Kompleks Parça_3 – Kesit A 'nın Autocad'te izotermler tamamlanmıştır.



Resim 13 : Kompleks Parça_3 – Kesit B 'nın Autocad'te izotermler tamamlanmıştır.



Resim 14 : Yolluk tasarımı.



Resim 15 : Magmasoft görüntüsü.

3. Sonuç

Katılaşma yönü hakkında bilgi verecek olan izoterm çizgilerinin dışında, şeklin ortasında görüntülenen daire parçanın katılaşma sırasında çekmenin olacağı yeri göstermektedir. İzoterm sayılarını artırarak bu dairenin küçülmesini sağlayabiliriz. Bu durumda dairenin merkezi sağa ya da sola doğru kayacaktır ama genel görüntüde değişen bir şey olmayacaktır. Daire, boşlukta çizilebilecek en büyük çaplı daire olacak şekilde çizilmektedir. Çekmenin olacağını gösteren kısmı yani beslenmesi gereken yeri göstermektedir.

Kompleks Parça_1 de ve Kompleks Parça_3 'de kütlenin en büyük olduğu kısımların iç noktalarında çekme olabileceği görülmektedir. Sıvı metal bakımından en doygun olan kısımlar izotermlerin birbirine en yakın olduğu kısımlardır. Kompleks Parça_2 'de, parçanın sağ satarfındaki kesitte iç izotermlerin parçanın ortasına kadar geldiği görülmektedir. Bu durum parçanın sağ kısmındaki iç izotermin parçanın orta kısmına kadar etki ettiğini göstermektedir.

Görüldüğü üzere Birim Alan yaklaşımı ile çizilen izotermlerin döküm sırasında yaşanabilecek sıvı metal sıkıntısının en çok nereyi etkileyeceği konusunda fikir sahibi olunabilmektedir. En son parçaların izoterm çizimleri tamamlandığında yaşanabilecek sıkıntıları dökümde en yaygın kullanılan Magmasoft Simulasyon Programı ile de teyit edilmiştir. Magmasoft sonuçlarına dikkat edildiğinde çekmenin gösterildiği balon alanlar, kompleks parçaların izotermlerinde bulunan daire alanlarını işaret etmektedir.

4. Kaynaklar

[1] TÜZÜNALP K.K., ÖZDEMİR Ş. (2008). Birim Alan Yaklaşımına Göre Katılaşma İzotermlerinin Belirlenmesi ve Gerçek Döküm Koşulları ile Karşılaştırılması . POLİTEKNİK DERGİSİ, CİLT 11, SAYI 2.

[2] R.M. Kotschi, L.A. Plutshack, An Easy and Inexpensive Technique to Study the Solidification of Castings in Three Dimensions, AFS Transactions, 117, 601-610, 1981.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Nonlinear Transformations in 3-Dimensional Euclidean Space

3-Boyutlu Öklid Uzayında Lineer Olmayan Dönüşümler

Emre Öztürk[1]

Abstract

In this paper, we define a nonlinear transformation between space curves which preserves the ratio of τ/κ of the given curve in 3−dimensional Euclidean space. We obtain the projections of this transformation by the help of the curvatures of the curve. Finally, we consider some curves on the ruled surface as an associated curve pair to the transformation.

Keywords: Mannheim curve; constant pitch curve; nonlinear transformation

Özet

Bu çalışmada 3-boyutlu Öklid uzayındaki uzay eğrileri arasında, verilen bir eğrinin τ/κ oranını koruyan, lineer olmayan bir dönüşüm tanımlıyoruz. Eğrinin eğrilikleri yardımıyla bu dönüşümün projeksiyonlarını elde ediyoruz. Son olarak, regle yüzey üzerindeki bazı eğrileri dönüşüme eşlik eden eğri çiftleri olarak ele alıyoruz.

Anahtar Kelimeler: Mannheim eğrisi; sabit pik eğrisi; lineer olmayan dönüşüm

1 Introduction

In differential geometry, the curvature function $\kappa(s)$ which describes the measure of the deviation from the line, and the torsion function $\tau(s)$ which describes the measure of the deviation from the plane, are known as the *natural* or *intrinsic* equations of a curve. It is a well-known fact that these functions are unique for all space curves (fundamental theorem of space curves) (Struik, 1988).

[1] Emre Öztürk, Dr., Turkish Court of Accounts, Data Processing Department, emreozturk1471@gmail.com

A curve of constant slope or helix is defined by the property that its tangent vector field makes a constant angle with a fixed direction. The fixed direction is called the axis of the helical curve. A classical result stated by M.A. Lancret in 1802 and first proved by B. de Saint Venant in 1845 is: "A necessary and sufficient condition in order to a curve be a helix is that the ratio of curvature to torsion be constant" (Struik, 1988).

In kinematics, a curve called as "osculating helix" associate to each space curve in Euclidean space. Osculating helix can be expressed with the help of two functions so-called *radius* (r) and *pitch function* (p). These functions are given by

$$r(s) = \kappa(s)/(\kappa^2(s) + \tau^2(s)),$$

and

$$p(s) = \tau(s)/(\kappa^2(s) + \tau^2(s)).$$

see (Bhat and Haribaskar, 2018). Notice that, these functions can be defined for any space curve, and the radius function of Mannheim curve is constant. In contrast to Mannheim curves, the curves whose curvatures are given by $\tau(s)/(\kappa^2(s) + \tau^2(s)) = \mu$, $\mu \in \mathbb{R}$, are not encountered in the literature frequently. These curves called as *constant pitch curve* in (Bhat and Haribaskar, 2018) . It is expressed in (Selig and Carricato, 2017) that any Frenet-Serret motion is persistent on a space curve in Euclidean space if and only if the pitch function of the curve is constant. In addition, they stated the curvature functions of constant pitch curve in trigonometric and rational form.

In this study, we define a nonlinear transformation between space curves with the help of radius and pitch functions . We obtain the projections of this transformation by the help of the curvatures of the curve. Finally, we consider some curves on the ruled surface as an associated curve pair to the transformation.

2 Preliminaries

Let us give the inner product of u and v in the n −dimensional Euclidean space by

$$\langle u, v\rangle = \sum_{i=1}^{n} u_i v_i,$$

where $u = (u_1, u_2, \ldots, u_n)$ and $v = (v_1, v_2, \ldots, v_n)$.

Let I be an interval of $\mathbb{R}$ and let γ: $I \to \mathbb{R}^3$ be a regular space curve, that is, $\gamma'(t) \neq 0$ for all $t \in I$, where $\gamma'(t) = (d\gamma/dt)(t)$. We say that γ is nondegenerate, or γ satisfies the nondegenerate condition if $\gamma'(t) \times \gamma''(t) \neq 0$ for all $t \in I$.
If α is a unit speed curve, that is, $|\alpha'(s)| = 1$ for all s, then the tangent vector, the principal normal vector, and the binormal vector are given by

$$\boldsymbol{t}(s) = \alpha'(s), \qquad \boldsymbol{n}(s) = \frac{\alpha''(s)}{|\alpha''(s)|}, \qquad \boldsymbol{b}(s) = \boldsymbol{t}(s) \times \boldsymbol{n}(s).$$

Then $\{\boldsymbol{t}(s), \boldsymbol{n}(s), \boldsymbol{b}(s)\}$ is a moving frame of $\alpha(s)$ and we have the Frenet-Serret formula:

$$\begin{pmatrix} \boldsymbol{t}'(s) \\ \boldsymbol{n}'(s) \\ \boldsymbol{b}'(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \kappa(s) & 0 \\ -\kappa(s) & 0 & \tau(s) \\ 0 & -\tau(s) & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{t}(s) \\ \boldsymbol{n}(s) \\ \boldsymbol{b}(s) \end{pmatrix},$$

where

$$\kappa(s) = |\alpha''(s)|, \qquad \tau(s) = \frac{\det(\alpha'(s), \alpha''(s), \alpha'''(s))}{\kappa^2(s)}.$$

Let $\alpha: I \to \mathbb{E}^3$ be a regular curve $(\text{i.e.}, \alpha'(s) \neq 0)$. The vector $\boldsymbol{w}(s) = \tau(s)\boldsymbol{t}(s) + \kappa(s)\boldsymbol{b}(s)$ is called the *Darboux vector* of α. The normalization of the Darboux vector is defined by

$$\widetilde{\boldsymbol{w}}(s) = \frac{\tau(s)\boldsymbol{t}(s) + \kappa(s)\boldsymbol{b}(s)}{\sqrt{\tau^2(s) + \kappa^2(s)}},$$

which is called the *Darboux indicatrix* of α.

The Mannheim curve is firstly investigated by French mathematician Amédéé Mannheim (1831-1906) in 1878. The Mannheim curve is a space curve such that the principal normal line of the curve coincides with binormal line of the another curve at the corresponding points of the curves. In general, the first curve is called as Mannheim curve and the second curve is called as Mannheim partner curve of the first one. All together they called as a Mannheim pair. It is well known that if $(\alpha, \overline{\alpha})$ is a Mannheim pair then it follows

$$\alpha(s) = \overline{\alpha}(s) + \lambda \boldsymbol{n}(s),$$

where $\boldsymbol{n}$ is the normal vector field of α and λ is a constant. Also, the curvatures of the Mannheim curve (α) satisfy

$$\kappa(s) = \lambda\big(\kappa^2(s) + \tau^2(s)\big),$$

where κ is the curvature, and τ is the torsion of the curve. We note that λ is the distance between the corresponding points of the Mannheim pair curve, see (Öztürk, 2020).

The surface formed by moving lines along a space curve is called a *ruled surface*. The moving lines are called the *rulings* of the surface and the space curve is called the *base curve*.
Let α be the base curve, and $\boldsymbol{\omega}$ be the rulings of the ruled surface. The parametrization of this surface is given by

$$\psi(s, u) = \alpha(s) + u\boldsymbol{\omega}(s).$$

The striction curve, and the distrubition parameter (drall) of ψ is given by

$$\beta(s) = \alpha(s) - \frac{\langle \alpha'(s), \boldsymbol{\omega}'(s) \rangle}{\langle \boldsymbol{\omega}'(s), \boldsymbol{\omega}'(s) \rangle} \boldsymbol{\omega}(s),$$

and

$$P = \frac{\det(\alpha'(s), \boldsymbol{\omega}(s), \boldsymbol{\omega}'(s))}{\langle \boldsymbol{\omega}'(s), \boldsymbol{\omega}'(s) \rangle},$$

respectively.

Throughout this paper, the curves will be considered as a nondegenerate, unless otherwise mentioned.

3 Osculating helix

Definition 1 *For any given regular arc-lenght parametrized space curve* α *with non-vanishing curvature and torsion; there exits a circular helix* $\overline{\alpha}$ *such that accompanying corresponding to each points of* $\alpha(s_0)$ *with the same curvature and torsion at that point, i.e.* $\overline{\kappa}(s_0) = \kappa(s_0)$ *and* $\overline{\tau}(s_0) = \tau(s_0)$. *The circular helix* $\overline{\alpha}$ *is called the osculating helix to the curve* α *and has the same Frenet frame as* α *at* $\alpha(s_0)$.

Notice that, the order of contact of $\overline{\alpha}$ and α at any point is at least two, see (Struik, 1988). Moreover, the axis of the osculating helix intersects the principal normal $\boldsymbol{n}(s_0)$ of α orthogonally, at a distance of $r(s_0)$ from the corresponding point $\alpha(s_0)$. Therefore, the axis of the osculating helix of $\overline{\alpha}(s_0)$ corresponding to the point $\alpha(s_0)$ is given by

$$\boldsymbol{a}(s_0) = \alpha(s_0) + r(s_0)\boldsymbol{n}(s_0), \tag{3.1}$$

where r is the radius of the osculating helix at $\alpha(s_0)$. Here, $r(s) = \kappa(s)/(\kappa^2(s) + \tau^2(s))$, where $\kappa(s)$ and $\tau(s)$ are the curvature, and the torsion function of α, respectively. The axis $\boldsymbol{a}$ is can be called as axial curve. We note that this axis corresponds to the base curve of fixed axode of any Frenet-Serret motion along α, see (Selig and Carricato, 2017).

It can be observed from Eq. (3.1) that r is constant and $\boldsymbol{a}$ is the Mannheim mate of α when α is a Mannheim curve.

Any circular helix is determined by its pitch function $p(s)$ and the radius function $r(s)$ of the cylinder on which it lies where, $p(s) = \tau(s)/\left(\kappa^2(s) + \tau^2(s)\right)$ and $r(s) = \kappa(s)/\left(\kappa^2(s) + \tau^2(s)\right)$. Osculating helix is also determined by the functions $p(s)$ and $r(s)$. By the help of this idea, the pitch and radius functions of any space curve can be defined. Notice that, for circular helix, both radius and pitch function are constant, and Mannheim curves have constant radius function. The pitch function confront in the kinematics, in particular, in persistent rigid body motions. It is well-known that, Frenet-Serret motions are persistent along space curve $\alpha(s): I \to \mathbb{E}^n$ if and only if the pitch function of the curve is constant for all $s \in I$, see (Selig and Carricato, 2017).

Remark 2 *The pitch function of space curves corresponds to the distribution parameter of the ruled surfaces whose rulings are the normal vector of the base curve.*

Curves with constant pitch function are called as *constant pitch curve* in (Bhat and Haribaskar, 2018). Constant pitch curves can be seen as one dimensional realisations of persistent submanifolds. The curvature and torsion functions of this curve can be given by

$$\kappa(\theta) = \frac{1}{2p}\cos\theta; \qquad \tau(\theta) = \frac{1}{2p}(1 + \sin\theta),$$

where θ is the parameter and $p = \tau(\theta)/\left(\kappa^2(\theta) + \tau^2(\theta)\right)$ is constant. The curvature and torsion functions can also be parametrised by the rational functions,

$$\kappa(s) = \frac{1-s^2}{2p(1+s^2)}; \qquad \tau(s) = \frac{(1+s)^2}{2p(1+s^2)}.$$

see (Selig and Carricato, 2017).

4 Transformation and Its Projections

In the light of the ideas at previous section, we introduce a nonlinear transformation between space curves which preserves ratio of curvature and torsion of a given curve.

Definition 3 *Let* α *and* $\overline{\alpha}: I \to \mathbb{E}^3$ *be non-degenarate curves with curvature pair* (κ, τ) *and* $(\overline{\kappa}, \overline{\tau})$*, respectively. The map* $\mathfrak{s}: \alpha \to \overline{\alpha}$, $(\kappa, \tau) \to (\overline{\kappa}, \overline{\tau})$ *is called as slope preserving transformation (*$\mathcal{SPT}$*) such that the curvatures of* $\overline{\alpha}$ *are given by*

$$\overline{\kappa}(s) = \frac{\kappa(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)}; \quad \overline{\tau}(s) = \frac{\tau(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)},$$

where s *is the arc-lenght parameter of* α*. Here* α *and* $\overline{\alpha}$ *are called as base curve and image curve of* $\mathfrak{s}$ *respectively, and* $(\alpha, \overline{\alpha})$ *is called as* $\mathcal{SPT}$ *pair.*

Definition of $\mathcal{SPT}$ requires $\overline{\tau}/\overline{\kappa} = \tau/\kappa$, and this explains why we called the transfomation of $\mathfrak{s}$ as $\mathcal{SPT}$. Notice that, the curvature and torsion of the image curve correspond to the radius and pitch functions of the osculating helix of the base curve, respectively. It is easy to see that $\mathfrak{s}$ fixes $(\kappa(s)/\sqrt{\kappa^2(s) + \tau^2(s)}, \tau(s)/\sqrt{\kappa^2(s) + \tau^2(s)})$. Also, the *Darboux* vectors of the $\mathcal{SPT}$ *pair* satisfy $|\boldsymbol{w}(s)||\overline{\boldsymbol{w}}(s)| = 1$ i.e., $\left(\kappa^2(s) + \tau^2(s)\right)\left(\overline{\kappa}^2(s) + \overline{\tau}^2(s)\right) = 1$.

Remark 4 *The image curve has constant curvature (resp. constant torsion) when the base curve is Mannheim curve (resp. constant pitch curve).*

Remark 5 *It is also possible to define* $\mathcal{SPT}$ *between planar curves. Since* $\tau = 0$ *for planar curves,* $\mathfrak{s}(\kappa(s), 0) = (1/\kappa(s), 0)$*, where* $\kappa(s) \neq 0$ *for all* $s \in I$*. Therefore,* $\mathcal{SPT}$ *maps curvature* κ *to the radius of curvature of planar curves. On the other hand, because of the curvatures vanish,* $\mathcal{SPT}$ *is not defined for the lines.*

Now we define the two projections on $\mathcal{SPT}$.

Definition 6 *Let* α *and* $\overline{\alpha}: I \to \mathbb{E}^3$ *be non-degenarate curves with curvature pair* (κ, τ) *and* $(\overline{\kappa}, \overline{\tau})$*, respectively. The map* $\mathfrak{s}_\kappa: \alpha \to \overline{\alpha}$, $(\kappa, \tau) \to (\overline{\kappa}, \overline{\tau})$ *is called as* κ *−projection of* $\mathfrak{s}$ *such that the curvatures of* $\overline{\alpha}$ *are given by*

$$\overline{\kappa}(s) = \kappa(s); \quad \overline{\tau}(s) = \frac{\tau(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)},$$

where s *is the arc-lenght parameter of* α*. Similarly, the map* $\mathfrak{s}_\tau: \alpha \to \overline{\alpha}$, $(\kappa, \tau) \to (\overline{\kappa}, \overline{\tau})$ *is called as* τ *−projection of* $\mathfrak{s}$ *such that the curvatures of* $\overline{\alpha}$ *are given by*

$$\overline{\kappa}(s) = \frac{\kappa(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)}; \quad \overline{\tau}(s) = \tau(s),$$

where $\mathbf{s}$ *is the arc-lenght parameter of* α.

Theorem 7 *Let* $\mathfrak{s}_\kappa$ *and* $\mathfrak{s}_\tau$ *be the* κ *−projection and* τ *−projection of* $\mathfrak{s}$ *respectively. Then,* $\mathfrak{s}_\kappa, \mathfrak{s}_\tau$ *and* $\mathfrak{s}_\kappa \circ \mathfrak{s}_\tau$ *are identity transformations when* $|\boldsymbol{w}(s)| = 1$.

Proof. It is easy to see that $\mathfrak{s}_\kappa$ and $\mathfrak{s}_\tau$ are identity transformations when $|\boldsymbol{w}(s)| = 1$. Let $|\boldsymbol{w}(s)| = 1$, where $\boldsymbol{w}(s) = \tau \boldsymbol{t}(s) + \kappa\, \boldsymbol{b}(s)$. This leads to $\kappa^2(s) + \tau^2(s) = 1$. Therefore,

$$(\mathfrak{s}_\kappa \circ \mathfrak{s}_\tau)(\kappa, \tau) = \mathfrak{s}_\kappa\left(\frac{\kappa(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)}, \tau(s)\right) = \left(\frac{\kappa(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)}, \frac{\tau(s)\left(\kappa^2(s)+\tau^2(s)\right)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)\left(\kappa^2(s)+\tau^2(s)\right)^2}\right)$$

Since $\kappa^2(s) + \tau^2(s) = 1$, we obtain $(\mathfrak{s}_\kappa \circ \mathfrak{s}_\tau)(\kappa, \tau) = (\kappa, \tau)$ which proves $\mathfrak{s}_\kappa \circ \mathfrak{s}_\tau = I$.

Notice that, under the same assumptions in Theorem 7, it is easily seen that $\mathfrak{s}_\tau \circ \mathfrak{s}_\kappa = I$. Also, the trivial projections are $\mathfrak{s}_\kappa: (\kappa, \tau) \to (0, 1/\tau)$ and $\mathfrak{s}_\tau: (\kappa, \tau) \to (1/\kappa, 0)$ such that $\mathfrak{s}_\tau$ maps the base curve to the planar curve, and $\mathfrak{s}_\kappa$ maps the base curve to the line into the plane (in this case the torsion is not well defined).

5 SPT Pair on Ruled Surface

Theorem 8 *Let* $\mathfrak{s}: \alpha \to \overline{\alpha}$ *be an SPT and let the ruled surface is given by*

$$\varphi(s, u) = \alpha(s) + u\boldsymbol{n}(s),$$

where α *is the base curve, and* $\boldsymbol{n}$ *is the unit normal vector field of* α. *If* $\overline{\alpha}$ *is the striction curve of* φ, *then we have the following:*

(1) *Distrubition parameter of* φ *is* $P = \overline{\tau}$.

(2) $\xi^2 + \eta^2 = \xi$, *where* $\xi = \langle \overline{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{t} \rangle$ *and* $\eta = \langle \overline{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{b} \rangle$.

(3) $\overline{\kappa}(s) = \int \mu ds$, *where* $\mu = \langle \overline{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{n} \rangle$.

Proof. The distrubition parameter of φ is as follows

$$P(s) = \frac{\langle \alpha'(s), \boldsymbol{n}(s), \boldsymbol{n}'(s) \rangle}{\langle \boldsymbol{n}'(s), \boldsymbol{n}'(s) \rangle} = \frac{\tau(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)} = \overline{\tau}(s).$$

Let the $\overline{\alpha}$ be the striction curve of φ, then we obtain

$$\overline{\alpha}(s) = \alpha(s) + \frac{\kappa(s)}{\kappa^2(s)+\tau^2(s)}\boldsymbol{n}(s) = \alpha(s) + \overline{\kappa}(s)\boldsymbol{n}(s). \tag{5.1}$$

If we differentiate Eq. (5.1) according to s, we get

$$\overline{\alpha}'(s) = \overline{\boldsymbol{t}}(s) = (1 - \kappa(s)\overline{\kappa}(s))\boldsymbol{t}(s) + \overline{\kappa}'(s)\boldsymbol{n}(s) + \overline{\kappa}(s)\tau(s)\boldsymbol{b}(s). \tag{5.2}$$

Then it follows from Eq. (5.2) that $\xi(s) = \langle \bar{\boldsymbol{t}}(s), \boldsymbol{t}(s) \rangle = 1 - \kappa(s)\bar{\kappa}(s) = \tau(s)\bar{\tau}(s)$ and $\eta(s) = \langle \bar{\boldsymbol{t}}(s), \boldsymbol{b}(s) \rangle = \tau(s)\bar{\kappa}(s)$. By straightfoward calculations we obtain,

$$\xi^2 + \eta^2 = (\bar{\kappa}^2 + \bar{\tau}^2)\tau^2 = \frac{\tau^2}{\kappa^2+\tau^2} = \tau\bar{\tau} = \xi,$$

and $\mu = \langle \bar{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{n} \rangle = \bar{\kappa}'$ that is $\bar{\kappa}(s) = \int \mu ds$. This completes the proof.

Corollary 9 *In Theorem 8, α is a Mannheim curve when $\bar{\boldsymbol{t}} = \lambda\kappa\boldsymbol{t} + \mu\boldsymbol{n} + \lambda\tau\boldsymbol{b}$ with nonzero constant λ.*

Proof. If $\bar{\boldsymbol{t}} = \lambda\kappa\boldsymbol{t} + \mu\boldsymbol{n} + \lambda\tau\boldsymbol{b}$, then $\xi = \langle \bar{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{t} \rangle = \lambda\kappa$, $\langle \bar{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{n} \rangle = \mu$, and $\eta = \langle \bar{\boldsymbol{t}}, \boldsymbol{b} \rangle = \lambda\tau$. Therefore $\xi^2 + \eta^2 = \xi \Rightarrow \lambda^2(\kappa^2 + \tau^2) = \lambda\kappa \Rightarrow \frac{\kappa}{\kappa^2+\tau^2} = \lambda$ is constant and α is a Mannheim curve.

References

Bhat V.S. & Haribaskar R. (2018). A pair of kinematically related space curves. International Journal of Geometric Methods in Modern Physics (15): 1850180, 17 pp. doi:10.1142/S0219887818501803

Öztürk E. (2020). Mannheim curves in 3 −dimensional Euclidean space. International Scientific and Vocational Journal (4): 86–89. doi: 10.47897/bilmes.818723

Selig J.M. & Carricato M. (2017). Persistent rigid-body motions and Study's "Ribaucor" problem. Journal of Geometry (108): 149–169. doi: 10.1007/s00022-016-0331-5

Struik D.J. (1988). Lectures on classical differential geometry. Reprint of the second edition. New York, NY, USA: Dover Publications, Inc.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Damage Analysis of Metal Matrix Composite Plates under Ballistic Impact Loading: A Comparative Study

Balistik Darbe Yükü Altında Metal Matris Kompozit Plakaların Karşılaştırmalı Hasar Analizi

Murat AYDIN [1]

Abstract

In this study, ballistic resistance and damage mechanisms of Al/SiC metal matrix composite plate produced by powder stacking and hot-pressing method were investigated under ballistic impact loading with 0.3 caliber fragment simulating projectiles. In addition, the ballistic test results of the metal matrix plate were compared with the functionally graded plate containing the same volumetric fraction of Al and SiC constituent.

The test results of two different types of composite plates showed that the change of the volume fraction of the ceramic constituent through the plate thickness has a significant effect on the ballistic performance.

Keywords: Metal matrix composites, Functional graded materials, Powder metallurgy, Ballistic performance.

Özet

Bu çalışmada, toz istifleme sıcak presleme yöntemi ile üretilen Al/SiC metal matris kompozit plakanın, 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi tesiri altındaki balistik dayanımı ve hasar mekanizmalarının incelendi. Ayrıca metal matris plakanın balistik test sonuçları aynı oranda Al ve SiC ihtiva eden fonksiyonel kademelendirilmiş plaka ile kıyaslandı.

Farklı iki tip kompozit plakaların test sonuçları; kompozit yapı içerisindeki seramik bileşen yoğunluğunun plaka kalınlığı boyunca homojen değişmesi yerine, mermi çarpma yüzeyinde daha yoğun olacak şekilde tasarlanmasının balistik performans üzerinde olumlu etkisinin olduğunu gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Metal matris kompozitler, Fonksiyonel kademelendirilmiş malzemeler, Toz metalürjisi, Balistik performans.

[1] Murat Aydın, Dr. Öğr. Üyesi, Erciyes Üniversitesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, aydin@erciyes.edu.tr

Giriş

Yeni ve artan tehdit seviyeleri zırh teknolojisine meydan okumaya devam ettikçe zırh sistemlerindeki gelişim trendi daha karmaşık ve yenilikçi hale gelmektedir. Buradaki motivasyon zırh sistemini tehdit unsuru parçacık malzemesinden daha üstün özelliklere sahip olacak şekilde tasarlayarak tehdidin parçalanmasını, şeklinin bozulmasını ve enerjisinin daha geniş bir alana yayılmasını sağlamaktır. Tehdit deforme olmaya direnir ve enerjisinin mümkün olduğu kadar küçük bir alana yoğunlaştırabilirse zırhın tam delinme olasılığı artar.

Mekanik fenomende mükemmel bir zırh sisteminin; yüksek elastiklik modülü, düşük hacimsel yoğunluk, yüksek kırılma tokluğu gibi üstün mühendislik özelliklerine sahip olması beklenir. Mevcut zırh yelpazesi içerisinde bu mekanik özelliklerin tamamına sahip mükemmel bir zırh mevcut değildir. Mükemmele yakın zırh yapılarını geliştirme silsilesine bakıldığında geleneksel monolitik metalik zırh malzemelerinin mühendislik özelliklerinin yetersiz kalması ile seramik ve seramik ön yüzlü kompozit, takviyeli ve takviyesiz polimer kompozit, katmanlı ve lamine fonksiyonel zırh yapıları tasarlanmıştır (Crouch, 2017).

Bilindiği gibi metal yapıların çarpma hasarları genellikle yüzeyden başlar ve göz ile belirlenebilir. Fakat kompozitlerde karakteristik hasar mukavemette ciddi azalmalara sebep olan, delaminasyon, matris çatlağı veya fiber kırılması şeklinde olup gözle görülemeyecek şekilde yapının içinde oluşabilir. Ayrıca, çarpma esnasında ortaya çıkan düşük ve orta enerjiler, metaller tarafından elastik ve plastik deformasyonlar tarzında sönümlenebilir. Kompozit malzemelerde ise sönümlenen enerjinin neden olduğu plastik deformasyon kabiliyeti oldukça sınırlıdır ve bu enerji malzemenin mukavemeti ve rijitliğinde azalmaya sebep olan hasar bölgelerinin oluşmasına neden olur. Bu nedenle kompozit malzemede darbenin oluşturacağı hasarı tahmin etmek için darbe hızının belirlenmesi oldukça büyük bir öneme sahiptir (Ceyhun ve Turan ,2003). Bununla beraber, kompozit yapılarda çarpma sonrası hasar bölgesinin davranışını belirlemek metallerinkinden daha zordur. Kompozit yapıların bu olumsuzluklarına rağmen, genellikle seramik matrisli ve katmanlı kompozitlerin çarpma davranışlarının belirlenmesi amacıyla yapılan birçok çalışma mevcuttur (Tiberkak vd., 2008 ve Gonçalves vd., 2004 ve Karamis vd., 2004).

Bu çalışmada, toz istifleme sıcak presleme yöntemi ile üretilen Al/SiC metal matris kompozit plakanın, 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi isabeti altındaki balistik dayanımı ve hasar mekanizmaları incelendi. Ayrıca metal matris plakanın balistik test sonuçları aynı oranda Al ve SiC ihtiva eden fonksiyonel kademelendirilmiş plaka ile kıyaslandı. Metal matris sandviç plakaların balistik test sonuçlarının kıyaslandığı fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakalara ait değerler, Aydın ve arkadaşları tarafından (Aydin vd., 2020) rapor edilen çalışmadan alınmış olup bu sandviç plakalar, aynı teknik ve üretim parametreleriyle üretilmiştir.

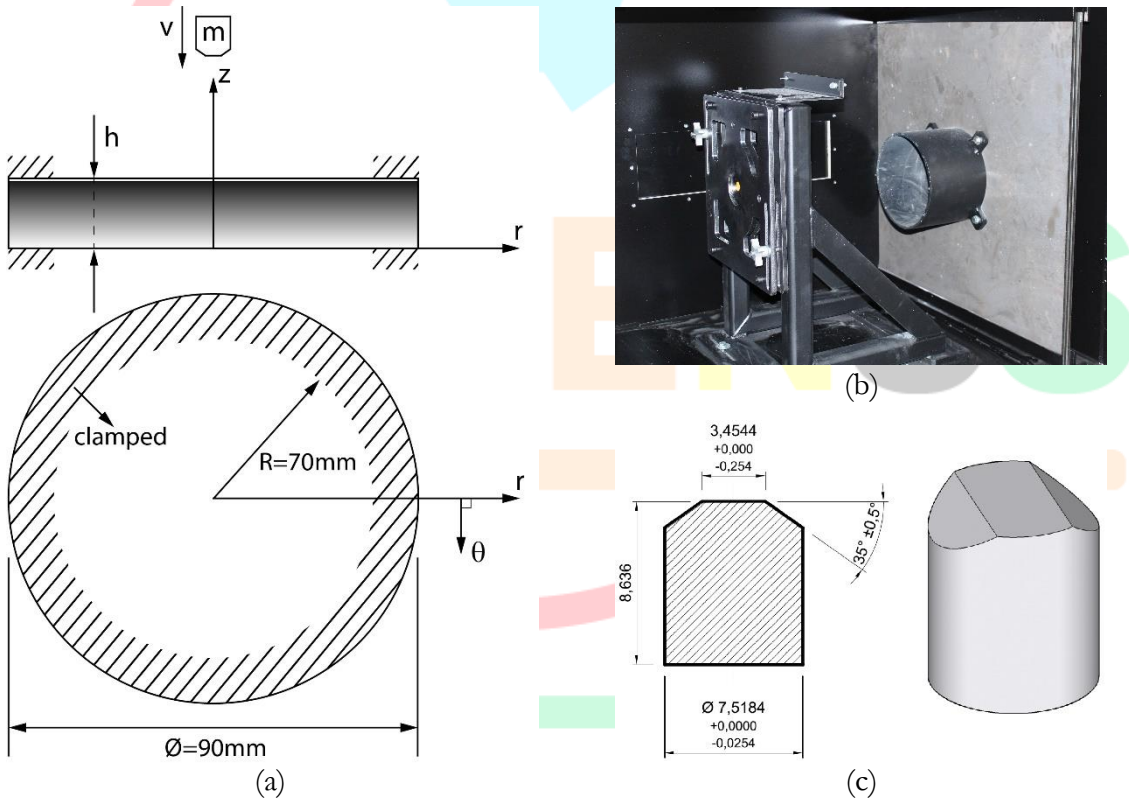
Deneysel Yöntem

Bu çalışma kapsamında üretilen metal matrisli kompozit sandviç plakalar toz istifleme ve sıcak presleme tekniği ile üretilmiştir. Plakalarda, metal bileşen olarak 10µm toz boyutuna sahip alüminyum

6061 ve seramik bileşen olarak 45µm toz boyutuna sahip SiC kullanıldı. Sandviç plakaların en üstte ve en altta 2mm kalınlığa sahip %100 Al6061 katman bulunmakta olup bu iki alüminyum katman arası, hacimsel olarak %67Al ve %33SiC bileşen ihtiva etmektedir (Şekil 9).

Toz istifleme ve sıcak presleme tekniği, tozların istenilen oranlarda tartılması ve homojen olarak karıştırılması, toz karışımlarının sinterleme kalıbı içerisinde istiflenmesi ve kontrol atmosferi altında sinterlenmesi olmak üzere üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu kapsamda, üretilen 20mm kalınlığa ve 90mm çapa sahip sandviç plakalar için hazırlanan toz karışımları 3 saat süreyle mekanik olarak karıştırıldıktan sonra Şekil 9'de gösterilen yapıda sinterleme kalıbı içerisinde istiflenmiş ve 100MPa basınç altında 600°C de 90 dakika süre ile argon atmosferinde sinterlenmiştir.

Tek kademeli gaz silah sistemi ile gerçekleştirilen balistik testlerde Şekil 8c'de gösterilen, NATO-AEP-2920 (NATO-AEP-2920, 2016) ve MIL-DTL-46593 (MIL-DTL-46593, 2018) standartları ile tanımlı 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi (Fragment Simulating Projectiles, FSP) kullanıldı. Balistik testlerde plakalar, Şekil 8a'de gösterilen sınır şartlarında gaz silah sisteminin hedef tankı içerisine sabitlendi (Şekil 8b) ve her bir plaka üzerine bir atış yapıldı.



Şekil 8. (a) Balistik test sınır şartları, (b) Plakaların gaz silah sistemi hedef tankı içerisinde sabitlenmesi ve (c) 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi

Balistik Test Sonuçları

Toz istifleme ve sıcak presleme yöntemi ile üretilen Al/SiC metal matris sandviç plaklar üzerine 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermiler ile yapılan balistik testlerde, mermi hızı gaz silah sistemine entegre, optik hız ölçüm sistemi ile 710±5m/s olarak ölçüldü. Balistik testler sonrasında test numunelerinin ön ve arka yüz hasar ve deformasyonlarının incelenmesi için fotoğrafı çekildi sonrasında test plakaları epoksi kalıba alınarak çarpma yüzeyine dik doğrultuda kesildi ve kesit görüntüleri üzerinden mermi penetrasyonu incelendi. Ayrıca sonuçlar aynı oranda metal ve seramik bileşen ihtiva eden fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakalar ile kıyaslandı ve balistik performans değerlendirmesi yapıldı.

Fonksiyonel kademelendirilmiş malzemeler (FGM), zorlu çalışma ortamlarında geleneksel kompozit malzemelerin yetersiz kalması ile geliştirilmiş ileri mühendislik malzemeleri arasında yer almaktadır. FGM'lerde yapıyı oluşturan bileşenlerin hacimsel oranları belirli bir doğrultuda sürekli ya da kademeli olarak değişmektedir, bu sayede malzemelerde fiziksel ve mekanik özelliklerin ani olarak değişmesi ile ortaya çıkabilecek olumsuzluk ve uyumsuzlukların azaltılması ya da giderilmesi mümkündür.

Şekil 9'de 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi ile 710±5m/s hızında gerçekleştirilen balistik testler sonrası metal matris ve fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakaların ön yüz ve arka yüz deformasyon görüntüleri verilmiştir. Bütün plakalarda mermi plakalara kısmı olarak penetre etmiş ve plaka içerisinde kalmıştır. Plaka ön yüzeylerinde yapraklanma görülmekte olup arka yüzeylerde şişme ve radyal çatlaklar oluşmuştur.

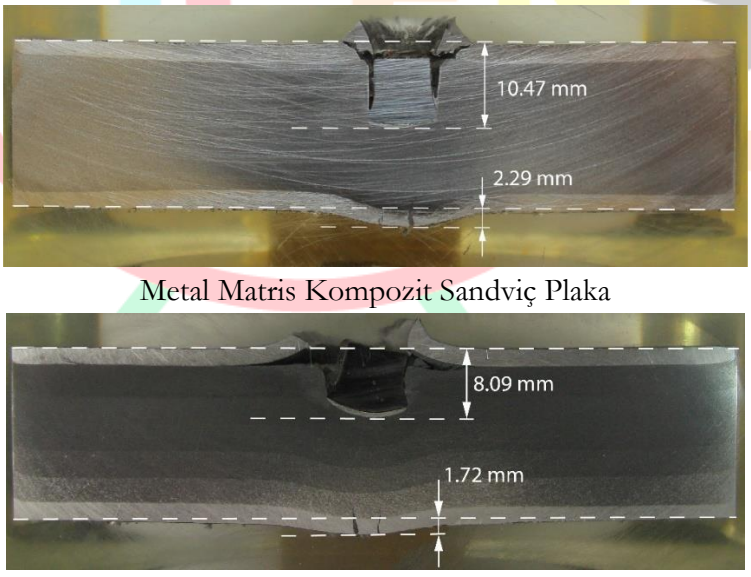
Metal Matris Kompozit Sandviç Plaka

Fonksiyonel Kademelendirilmiş Kompozit Sandviç Plaka (Aydin vd., 2020)

Şekil 9. Metal matris ve fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakaların her bir katmanının ihtiva ettiği seramik ve metal bileşenlerin hacimsel oranları ve balistik testler sonrası plaka ön ve arka yüzeylerinde meydana gelen deformasyon.

Şekil 10'te mermi çarpma yüzeyine dik doğrultuda kesilen numunelerin kesit görüntüleri verilmiştir. Metal matris kompozit plakada mermi plakaya toplamda 10.47mm penetre olmuştur ve bu değer fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakalara kıyasla 2.38mm daha fazladır. Mermi isabeti ile plaka arka yüzeyinde meydana gelen şişme değerleri 2.29mm olarak ölçüldü bu değer, fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakaya kıyasla 0.57mm daha fazladır.

Mermi isabeti ile metal matris kompozit katmanlar ile üst ve alt alüminyum katmanlar arasında delaminasyon görülmezken fonksiyonel kademelendirilmiş plakada üst katmanda oluşan delaminasyon daha belirgin olarak görülmüştür. Ayrıca plaka arka yüzeylerinde çekme gerilmeleri sonucu meydana gelen radyal çatlak boyları, metal matrisli kompozit plakada daha kısa olduğu görülmüştür.



Metal Matris Kompozit Sandviç Plaka

Fonksiyonel Kademelendirilmiş Kompozit Sandviç Plaka (Aydin vd., 2020)

Şekil 10. Metal matris ve fonksiyonel kademelendirilmiş sandviç plakaların kesit görüntüleri ve 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi penetrasyon ölçümleri.

Sonuçlar

Toz istifleme ve sıcak presleme yöntemi ile üretilen Al601/SiC metal matrisli sandviç plakaların balistik performansının deneysel olarak incelendiği ve sonuçlarının fonksiyonel kademelendirilmiş plaka test sonuçları ile kıyaslandığı bu çalışmada; merminin, daha fazla seramik bileşen ihtiva eden çarpma yüzeyi tarafından karşılanması plakaların balistik performansı açısından daha verimli olduğu, bu sayede plakanın enerji sönümleme kabiliyetinin arttığı ortaya konuldu. Ayrıca toz metalürjisi ile üretilen plakaların tasarım konsepti ve bileşenlerin plaka içerisindeki dağılımlarının değişmesi balistik performans üzerinde etkili olduğu binaenaleyh bileşenlerin dağılımlarının optimize edilmesi ile balistik performansın iyileştirilebileceği sonucuna varıldı.

Kaynaklar

Aydın, M., Apalak. M. K., Apalak. G. (2020). Experimental study on structure optimization of functionally graded sandwich plates under ballistic ımpact. Journal of Composite Materials, 54(26), 3967–3980

Ceyhun. V., Turan. M. (2003). Tabakalı kompozit malzemelerin darbe davranışı, Mühendis ve Makina, 516, 1–11

Crouch I (2017). The Science of Armour Materials. Woodhead Publishing, pp. 675–692

Gonçalves. D. P., Melo. F.C.L., Klein. A.N., Al-Qureshi. H.A. (2004). Analysis and investigation of ballistic impact on ceramic/metal composite armour. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 44(2–3), 307-316

Karamis. M.B., Nair. F., Tasdemirci. A., (2004). Analyses of metallurgical behavior of Al–SiC composites after ballistic impacts, Composite Structures, 64(2), 219-226

MIL-DTL-46593 (2018). Projectile, calibers .22, .30, .50 and 20mm fragment-simulating

NATO-AEP-2920 (2016). Classification of personal armour

Tiberkak. R., Bachene. M., Rechak. S., Necib. B., (2008). Damage prediction in composite plates subjected to low velocity impact. Composite Structures, 83(1), 73 – 82

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Sfero Dökme Demir Baca Kapaklarının Tasarım Optimizasyonu

Design Optimization of Ductile Cast Iron Manhole Cover

Mustafa Gündoğdu[1]
Hasan Aktaş[2]
Murat Argun[3]
Oğuzhan Terzi[4]
Arif Ulu[5]
Ferit Cakir[6]

Abstract

Access covers can be designed in many different ways to meet structural requirements such as performance, economy, and appearance. Proper design of these covers is a very important factor in structural performance, as well as structural behavior. Poor design can lead to defects or quality problems in the cover, resulting in reduced performance and increased costs. Therefore, improper structural design is a major problem in the infrastructure industry. With the development of computational and structural technology in recent years, many studies have been conducted on optimal design selection.
This study focuses on the optimal design of manhole covers, which occupy an important

Özet

Erişim kapakları, performans, ekonomi ve görünüm gibi yapısal gereksinimleri sağlamak için birçok farklı şekilde tasarlanabilirler. Bu kapakların uygun tasarımı, yapısal performans açısından çok önemli bir faktör olmasıyla birlikte yapısal davranış açısından da çok önemlidir. Kötü bir tasarım, kapakta hata veya kalite sorunlarına neden olabilir ve bu durum performansın düşmesine ve maliyetin artmasına neden olabilir. Bu nedenle, yanlış yapısal tasarım altyapı sektöründe önemli bir sorundur. Son yıllarda hesaplamalı ve yapısal teknolojinin gelişmesiyle birlikte optimal tasarım seçimi konusunda birçok çalışma yürütülmektedir.

[1] Mustafa Gündoğdu, Ar-Ge Departmanı, Mert Döküm AŞ, İstanbul, Türkiye mustafa@mertdokum.com.tr
[2] Hasan Aktaş, Ar-Ge Departmanı, Mert Döküm AŞ, İstanbul, Türkiye hasan@mertdokum.com.tr
[3] Murat Argun, Ar-Ge Departmanı, Mert Döküm AŞ, İstanbul, Türkiye murat.argun@mertdokum.com.tr
[4] Oğuzhan Terzi, Ar-Ge Departmanı, Mert Döküm AŞ, İstanbul, Türkiye oguzhan.terzi@mertdokum.com.tr
[5] Arş. Gör. Arif Ulu, İstanbul Aydın Üniversitesi, Makine Mühendisliği, İstanbul, Türkiye arifulu@aydin.edu.tr
[6] Doç. Dr. Ferit Çakır, Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye cakirf@gtu.edu.tr

place in the infrastructure field. In the study, a topological optimization analysis has been carried out which helps in deciding the structural stiffness as well as geometric efficiency. In the study, a conceptual model has been numerically modeled, and the optimal design has been determined by performing finite element analysis (FEA) for a distributed load case.

Keywords:

Bu çalışma altyapı sektöründe önemli bir yere sahip olan rögar kapaklarının en uygun tasarımına odaklanmıştır. Çalışma kapsamında, geometrik verimliliğin yanı sıra yapısal sertlik kararına yardımcı olmak için bir topolojik optimizasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kavramsal bir model sayısal olarak modellenmiş ve dağıtılmış bir yük durumu için sonlu eleman analizleri (FEA) gerçekleştirilerek optimum tasarım belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Giriş

Günümüzde ulusal ve uluslararası pazar ihtiyaçları, müşterilerden gelen talepler ve firmaların üretim imkanları, ürünlerin birçok farklı şekilde tasarlanmasına neden olmaktadır. Ancak, ürünlerin tasarımı yapısal performansı ve davranışları doğrudan etkilediği için her tasarım başarılı bir şekilde piyasada kalamamaktadır. Kötü bir tasarım, bir üründe hata ve kalite sorunlarına neden olabilmekte ve bu durum performansın düşmesine, maliyetin artmasına ve gereksiz malzeme kullanımının fazlalaşmasına neden olabilmektedir. Günümüzde gelişen rekabet ortamı, ulusal ve uluslararası yönetmeliklerin kalite standartları, ticaretin hızla gelişmesi ve müşterilerin ucuzluk ve kalite arayışları sayesinde ürünlerin tasarımında ve performansında önemli oranda gelişmeler yaşanmaktadır. Bu nedenle, doğru tasarım; üretimde sürdürülebilirlik ve rekabet ortamında ayakta kalabilmek için firmaların üzerinde önemle durduğu konuların başında gelmektedir.

Ürünlerin tasarımı sadece yapısal sorunlara değil, aynı zamanda tasarımcının bilgi ve deneyimine de bağlıdır. Bu nedenle, bir ürün için tasarım konseptleri teknik olarak tartışılabilir ve tasarımcılar sürekli olarak en uygun tasarımı ararlar. Ancak tasarımlardan hangisinin diğerlerinden daha verimli ve daha iyi olduğunu belirlemek oldukça zordur. Bu aşamada, doğru mühendislik tasarımı ön plana çıkmaktadır. Mühendislik tasarımı; performans, kalite, ekonomi ve görünüş gibi birçok faktörü içinde barındıran ve karmaşık mühendislik hesaplamalarına ihtiyaç duyulan sistematik bir süreçtir (Pahl ve Beitz,1995). Son yıllarda, bilgisayar ve yapısal teknolojideki gelişmelerle birlikte, verimli bir yapısal tasarıma ulaşmanın yollarından biri matematiksel tasarım optimizasyonu olmuştur (Herskovits vd. 2005). Tasarım optimizasyonunun temel amacı, çeşitli kısıtlamalar altında bir ürün için en iyi üretilebilir tasarımı belirlemektir. Son yıllarda, sonlu elemanlar yazılımları ile tasarım optimizasyonu, bilgisayar teknolojisindeki önemli gelişmelerle daha popüler hale gelmiştir. Günümüzde birçok tasarımcı ve mühendis sonlu elemanlar yöntemine başvurmakta ve birçok yapısal tasarım sonlu elemanlar yöntemi (SEY) ve optimizasyon teknikleri ile yapılmaktadır (Erfurt, 1989).

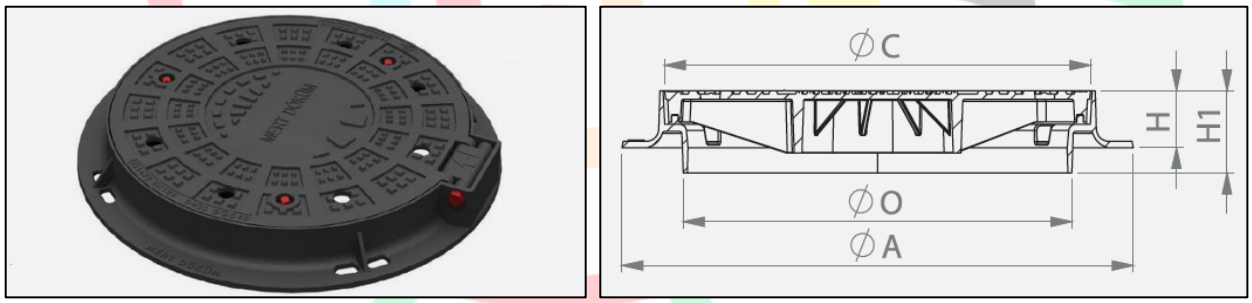
Mühendislik tasarımının oldukça önemli olduğu sektörlerden biri de altyapı sektörüdür. Özellikle altyapı sektöründe oldukça yoğun bir kullanıma sahip olan döküm kapaklar mühendislik

tasarımının en çok tercih edildiği alanların başında gelmektedir. Günümüzde baca kapakları, kanal ızgaraları, ağaç altı ızgaralar veya kentsel mobilyaların büyük bir bölümü dökme demirden imal edilen ürünlerdir. Altyapı sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan bu ürünlerin tasarım açısından hem hafif hem de dayanıklı olmaları beklenmektedir. Bu amaçla döküm parçaların tasarım aşamasında istenilen dayanımı sağlayıp hedef ağırlıkları yakalaması teknik elemanların vazgeçilmez görevidir. Bu sebeple, döküm ürünler üzerinde yıllardır farklı tasarımlar denenmekte ve en ideal ürün tasarımı aranmaktadır.

Bu çalışma kapsamında altyapı sektöründe önemli bir yere sahip olan döküm erişim kapaklarına odaklanılmış ve SEY tabanlı topolojik optimizasyon yöntemi kullanılarak dairesel kesite sahip bir kapağın tasarım optimizasyonu yapılmıştır.

Materyal-Metot

Bu çalışmada, altyapı sektöründe kullanılan erişim kapaklarının yapısal performansından kayıp vermeden en uygun optimal tasarıma kavuşması amaçlanmıştır. Son yıllarda, bilgisayar ve tasarım teknolojisinin gelişmesiyle büyük parçalar ve sistemler daha tasarım aşamasında iken analiz edilebilmektedir. Ele alınan yuvarlak baca kapağının BS EN 124-1 (2015) kapsamında tanımlanan D400 dayanım sınıfı için en optimal tasarımı araştırmak için Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) tabanlı topolojik optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Üzerine gerilme gelmeyen elemanların çıkarılmasına dayanan döngüsel bu yöntemde ortaya çıkan yeni tasarım asimetrik feder dizilimine sahiptir ve gerekli standardı sağlamaktadır. Erişim kapakları, altyapı sistemlerindeki kanalizasyonların, enerji ve telekom kanallarına erişim için kullanılan ve çoğunlukla dairesel kesite sahip olan kapaklardır (Şekil 1). Arıza ve yenileme çalışmalarını yapacak çalışanlar bu kapakları kaldırarak gerekli müdahaleleri yaparlar ve güvenlik amacıyla çalışmalar sonrasında kapağı kapatarak kilitlerler.



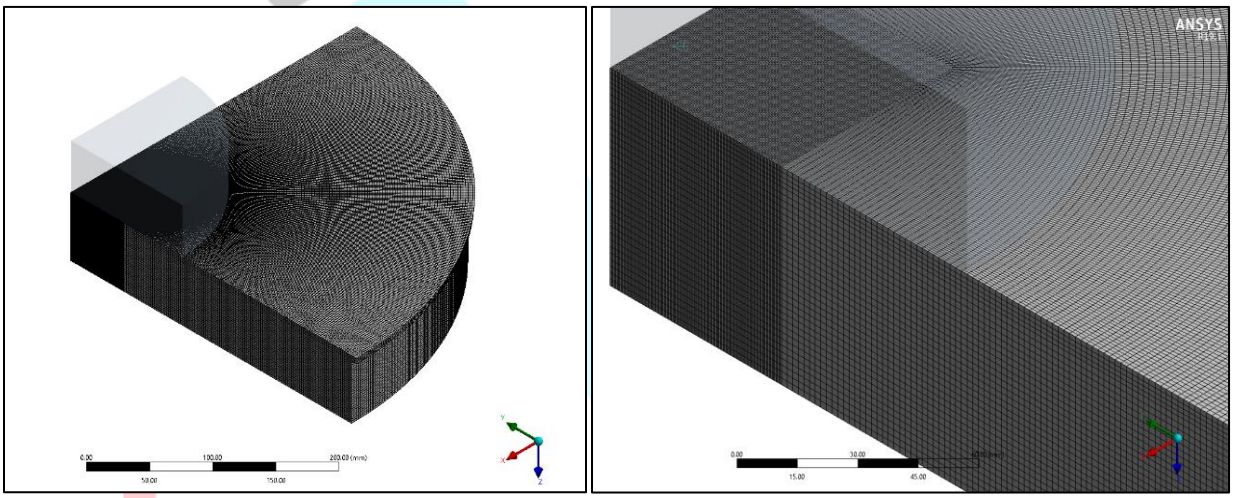
Şekil 1. Yuvarlak Baca Kapağı Görünüşü ve Kesiti (Mert, 2021)

Şekil 1'de görüldüğü üzere gibi federli bir yapıya sahip erişim kapakları bu sayede hafiflik ve üst düzey dayanımı elde ederler. Feder sayısı, feder yüksekliği ve feder dizilimi dayanımı etkileyen en önemli faktörlerdir. Bu çalışma kapsamında En optimal feder tasarımının bulunması için ANSYS Workbench programı içindeki Topolojik Optimizasyon modülü kullanılmıştır.

Optimizasyon çalışmasında zamanı verimli kullanmak ve eleman ve düğüm sayısı düşürmek amacıyla dairesel kesite sahip erişim kapağı iki eksende simetriktik kuralı kullanılarak çeyrek simetri sınır şartıyla modellenmiştir. Bu modellemede malzeme olarak EN-GJS-500-7 sfero dökme tercih

edilmiş ve yayılı yük şartını sağlaması için üzerine basma plakası yerleştirilmiştir. Modelleme aşamasında 1784512 katı eleman ve 7352035 düğüm noktasından oluşan tam dolu parça 400 kN'luk kuvvete maruz bırakılmıştır.

Amaç fonksiyonu, D400 dayanımını sağlayacak şekilde en yüksek çökme değeri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kalıptan çökma yönü (+Z) ve minimum et kalınlığı optimizasyon kısıtı olarak tanımlanmıştır. Gerilme taşımayan elemanlar dolu parçadan çıkarılarak sürekli analiz gerçekleştirilmiştir.



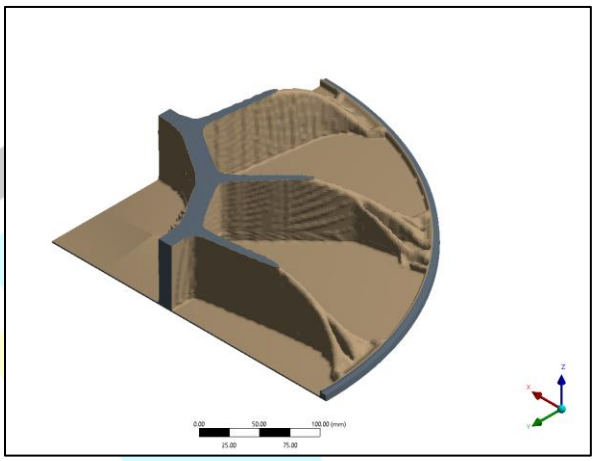
Şekil 2. Kapağın Sonlu Elemanlar Modeli

Bulgular ve Tartışma

Yapısal bir tasarımcı, güvenlik sınırı ve estetik görünüm hedeflerinin yanı sıra malzemelerin etkili kullanımını dikkate almalıdır. Bu nokta son birkaç on yılda birkaç araştırmacı tarafından ayrıntılı olarak araştırılmış olsa da üreticiler genel olarak görünümü ticari kaygılar için öne sürmüş ve tasarımlarının yapısal performansını arka plana itmiştir. Tasarım aşamasında "en iyi tasarım hangisi?" sorusuna cevap verebilmek için tüm tasarımların hazırlanması ve her tasarım için analizler yapılması genel olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak bu yöntem hem zaman hem de mühendislik açısından oldukça verimsiz bir yöntemdir. Son yıllarda, bilgisayar ve yapısal teknolojideki gelişmelerle birlikte, verimli bir yapısal tasarıma ulaşmanın yollarından biri matematiksel tasarım optimizasyonu hazırlamak olmuştur. Tasarım optimizasyonunun temel amacı, çeşitli kısıtlamalar altında bir ürün için en iyi üretilebilir tasarımı belirlemektir. Bu çalışmada döküm sektöründe önemli bir yere sahip olan erişim kapaklarının tasarımı üzerinde durulmuştur. Bu amaçla topolojik optimizasyon çalışması yapılmış ve bir amaç fonksiyonu belirlenerek analizler gerçekleştirilmiştir.

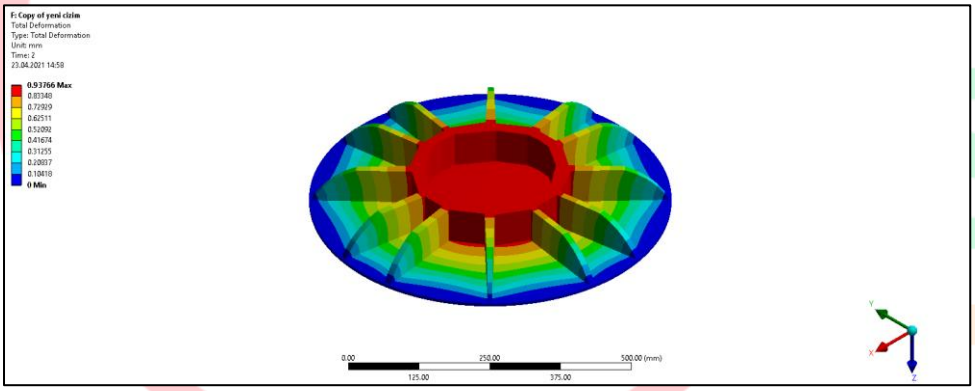
Amaç fonksiyonu, imalat kısıtları ve sınır şartları tanımlanan parça 34 defa optimizasyon döngüsü geçirmiş ve en son hali Şekil 3'te gösterilmiştir. Asimetrik feder dağılımına sahip yeni yapıda toplamda 12 feder açığa çıkmıştır. Kenarlara doğru yüksekliği azalan feder yapısı zaten kullanılagelen feder yapısı ile aynıdır ve üzerindeki moment dağılıma uygundur. Momentin azaldığı yerlerde yani

kenarlarda federlerin yüksekliği düşmüştür. Ortada yani basma plakasının altında bir halka şekli de olağan kapak tasarımından biraz farklıdır.



Şekil 3. Optimizasyon sonucu elde edilen parça

Açığa çıkan parça tam hali ile çizilip analiz edildiğinde D400 şartını sağlamakla kalmayıp, benzer baca kapağına oranla yaklaşık %15 daha hafif bir tasarım olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Optimal tasarımlı parçanın D400 test sonucu

Sonuçlar

Birçok sektörde üretimin en önemli probleminin başında en doğru tasarımın hazırlanması gelmektedir. Bu aşamada genellikle tasarımcının bilgi ve tecrübesine dayalı olarak hazırlanan tasarımlar, yönetmeliklerin gerekliliklerini, müşterinin taleplerini ve pazarın ihtiyaçlarını karşılamak zorundadır. Ancak bu durum çoğu zaman birçok problemi içinde barındıran bir süreç haline gelmektedir. Bu aşamada, doğru mühendislik tasarımı ön plana çıkmaktadır. Mühendislik tasarımının oldukça önemli olduğu sektörlerden biri de altyapı sektörüdür. Özellikle altyapı sektöründe oldukça yoğun bir kullanıma sahip olan döküm kapaklar mühendislik tasarımının en çok tercih edildiği alanların başında gelmektedir. Bu çalışma kapsamında altyapı sektöründe önemli bir yere sahip olan döküm erişim

kapaklarına odaklanılmış ve SEY tabanlı topolojik optimizasyon yöntemi kullanılarak dairesel kesite sahip bir kapağın tasarım optimizasyonu yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda dairesel kesite sahip kapağın alt kısımlarında feder yapıları ortaya çıkmış ve bu feder yapılarının kenara yaklaştıkça yüksekliklerinin azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, analiz sonuçları piyasadaki benzer kapaklarla kıyaslandığında optimize edilmiş kapağın muadillerine göre yaklaşık %15 daha hafif olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ar-Ge-M07 proje numarası ile Mert Döküm İnşaat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Mert Döküm İnşaat Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'ne ve çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.

Kaynaklar

ANSYS Workbench, Finite Element Software, USA

BS EN 124-1 (2015). Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas. Definitions, classification, general principles of design, performance requirements and test methods. British Standards Institution, UK.

Erfurt, F. (1989). Finite element analysis for engineering design: Edited by J. N. Reddy, C. S. Krishnamoorthy and K. N. Saeetharamu, Springer, Berlin.

Herskovits, J., Mappa, P., Goularta, E., Mota Soares, C.M. (2005). Mathematical programming models and algorithms for engineering design optimization, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 194 (30–33), 3244-3268.

Mert (2021). https://mertdokum.com.tr/, Erişim Tarihi: 23.04.2021

Pahl, G., Beitz, W. (1995). Engineering Design: A Systematic Approach, Springer-Verlag London.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Microstructural and Electrochemical Properties of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ High Entropy Oxide Anode

Meltem ÇAYIRLI[1]
Süleyman CAN[2]
Ersu LÖKÇÜ[3]
Mustafa ANIK[4]

Abstract

One of the main driving forces in materials science is the discovery of new materials with functional properties. The discovery of high entropy oxides is one of the best examples of this situation. High entropy oxides are a new class of materials that have attracted great attention in recent years due to their superior lithium storage properties and electrochemical performances. In this work $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ high entropy oxide is synthesized using conventional solid state method and examined its electrochemical properties in Li-ion cell as anode material. It has been characterized by using X-ray diffraction

Özet

Malzeme bilimindeki temel itici güçlerden biri, fonksiyonel özelliklere sahip yeni malzemelerin keşfidir. Yüksek entropili oksitlerin keşfi bu durumun en güzel örneklerindendir. Yüksek entropili oksitler, üstün lityum depolama özellikleri ve elektrokimyasal performansları nedeniyle son yıllarda büyük ilgi gören yeni bir malzeme sınıfıdır. Bu çalışmada (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1) O yüksek entropili oksit, geleneksel katı hal yöntemi kullanılarak sentezlenmiş ve anot malzemesi olarak Li-iyon pil hücresinde elektrokimyasal özellikleri incelenmiştir. Yüksek entropili oksidin tek fazlı rock-salt kristal yapısına sahip olduğu X-

[1] Meltem ÇAYIRLI, Microstructural and Electrochemical Properties of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ High Entropy Oxide Anode, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, meltem.cayirli@ogu.edu.tr
[2] Süleyman CAN, Microstructural and Electrochemical Properties of (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1)O High Entropy Oxide Anode, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, suleymancan@ogu.edu.tr
[3] Dr. Ersu LÖKÇÜ, Microstructural and Electrochemical Properties of (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1)O High Entropy Oxide Anode, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, elokcu@ogu.edu.tr
[4] Prof. Dr. Mustafa ANIK, Microstructural and Electrochemical Properties of (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1)O High Entropy Oxide Anode, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, manik@ogu.edu.tr

(XRD) and scanning electron microscopy (SEM) technique in which the high entropy oxide has a single phase rock-salt crystal structure. The electrochemical performance of the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode is evaluated by assembling CR2016 type coin cell. As a result of the galvanostatic charge-discharge tests $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ was determined that the anode has an initial discharge capacity of 1429 mA h g^{-1} at a current density of 100 mA g^{-1}. This value shows that the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ high entropy oxide anode is good potential for use in Li-ion batteries.

Keywords: Li-ion Batteries, Conversion-Type Anode, High-Entropy Oxide, Rock-Salt Crystal Structure, Electrochemical Properties.

ışını kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) tekniği kullanılarak karakterize edilmiştir. (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1) O anodunun elektrokimyasal performansı, CR2016 tipi düğme pil hücresinde değerlendirilmiştir. Galvanostatik şarj-deşarj testleri sonucunda (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1) O anodun 100 mA g-1 akım yoğunluğunda 1429 mA h g-1 başlangıç deşarj kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu değer, (Mg0.2Co0.2Ni0.2Zn0.2Li0.1Al0.1) O yüksek entropili oksit anodunun lityum iyon pillerde kullanım için iyi bir potansiyel olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Li-ion Piller, Dönüşüm Tipi Anot, Yüksek Entropili Oksit, Rock-Salt Kristal Yapısı, Elektrokimyasal Özellikler.

Introduction

Today, Li-ion batteries are widely used in portable electronic devices and electric vehicles. For this reason, Li-ion batteries should have high energy density, long cycle life and should not pose a problem in terms of safety (Deng, 2015). Among the various anode materials, conversion reaction-based materials, especially transition metal oxides, are being investigated as promising candidates for new generation Li-ion batteries. Transition metal oxides exhibit higher theoretical capacity and lower costs compared to the commercially used graphite anode (Wang et al., 2019; Ren et al., 2019; Liu et al., 2018).

The discovery of high entropy alloys has also led to the design of many new high entropy materials such as high entropy carbide, nitride, boride, sulfur and oxide. The concept of high entropy materials is the use of at least five different components in equimolar or near equimolar ratios (usually in the range of 5% to 35% concentration of each ingredient) to achieve single phase solid solution structure and maximize configurational entropy (Sarkar et al., 2019).

In recent years, the use of high entropy oxide materials as anodes is an important development in Li-ion batteries. Regarding these materials, it has been observed by Sarkar et al. (2018) that

(MgCoNiCuZn)O high entropy oxide exhibits improved cyclic stability. Moreover, it is observed that the high entropy oxide anode synthesized in the form of nanoparticle, displaying a specific capacity of 920 mA h g^{-1} after 300 cycles (Qiu et al., 2019). In another study, $(MgCoNiZn)_{1-x}Li_xO$ (x=0.5 - 0.35) high entropy oxides are synthesized and their electrochemical performances are investigated as anode in Li-ion half-cell. The increase in lithium cation concentration results in the creation of more oxygen vacancy that affect the electrochemical performance of $(MgCoNiZn)_{1-x}Li_xO$ high entropy oxide-based anodes. They reported the $(MgCoNiZn)_{0.65}Li_{0.35}O$ anode had 1930 mA h g^{-1} initial and 610 mA h g^{-1} stable discharge capacities (Lökçü et al., 2020). Herein, we synthesized the six components $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ high entropy oxide to further investigate the effect of configurational entropy and Al cation on the microstructural and electrochemical properties.

Materials and Methods

MgO, CoO, NiO, ZnO, Li_2O and Al_2O_3 oxides were mixed in the specified molar ratios with appropriate stoichiometry, were ground at 300 rpm for 2 hours using a ball mill (Fritsch Pulverisette 7 Premium Line). Then the obtained oxide mixtures were pressed into pellets with a diameter of 10 mm under a pressure of 300 MPa. Finally, the oxide pellets obtained were sintered at 1000 ºC for 12 hours. X-ray Diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) techniques were used to characterize the synthesized $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$.

$(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ electrode was prepared by mixing in a ball mill at NMP using Super P carbon black and PVDF (75:15:10 by weight). The prepared mixture was coated on Cu foil and dried in a vacuum atmosphere at 80 °C for 12 h. Anode material is electrochemically tested in a CR2016 type coin cell. The coin cell was assembled in an argon-filled glove box with H_2O and O_2 levels less than 0.1 ppm. Lithium metal was used as the counter and reference electrode, while the glass microfiber filter was used as a separator. As the electrolyte, 1 M Lithium hexafluorophosphate ($LiPF_6$) was used in EC: DMC in a ratio of 1:1 by volume. Charge-discharge tests were performed galvanostatically in the potential range of 0.01 and 3.00 V (vs. Li^+/Li) at a current density of 100 mA g^{-1} by using Gamry Reference 3000 Potentiostat/Galvanostat/ZRA.

Results and Discussion

Figure 1 shows the XRD pattern of a synthesized $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$. The pattern shows that the sample is crystalline and in a form of single phase rock-salt crystal structure. The diffraction peaks at 2θ values 36.9°, 42.9°, 62.2°, 74.6° and 78.5°, are corresponding to the (111), (200), (220), (311) and (222), planes of the rock-salt crystal structure, respectively. A heat treatment temperature of 1000 °C seems to be sufficient for the synthesis of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$. Additional peaks corresponding to secondary phases are not observed in the structured.

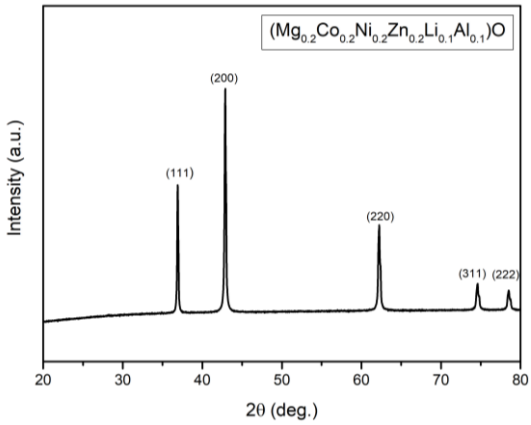


Figure 1. XRD pattern of the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ sample.

Figure 2 shows the SEM image of the as-synthesized $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ sample. The sample is successfully synthesized as a single phase at 1000 °C for 12h. Due to the air quenching process, fragment particles from the sample are visible on the free surface, while the sample has µm-range grains.

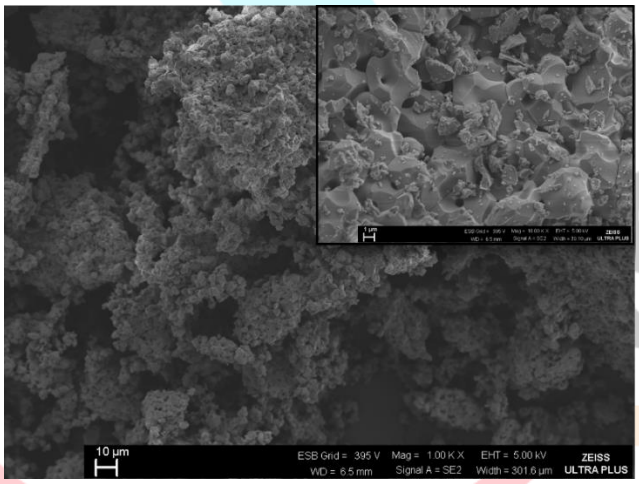


Figure 2. SEM images of the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ sample.

Figure 3 shows the discharge/charge curves of the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode at a current density of 100 mA g^{-1}. As can be seen from Figure 3, at the first discharge specific capacity 1281 mA h g^{-1} was achieved for the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode. At the end of 50^{th} cycle, the capacity of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode is 372 mA h g^{-1}.

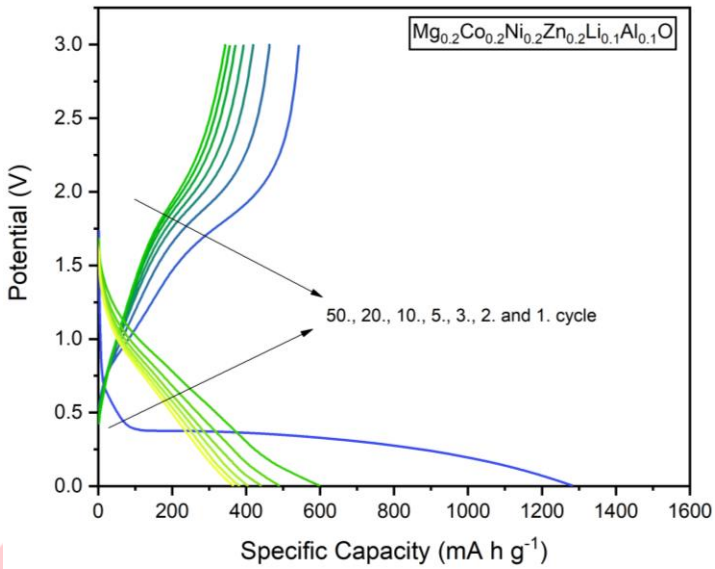


Figure 3. Discharge-charge voltage profile of $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ for the selected cycles in the voltage range of 0.05-3.00 V.

Compared to the specific capacity values in the literature, $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode exhibits a low initial discharge capacity due to the presence of Al cation, which is electrochemically inactive since it has no directly effect on capacity. On the other hand, it can be said that increasing the amount of inactive cation slightly increases the stability of the anode. The specific capacity value obtained at the end of the 50^{th} cycle is 372 mA h g^{-1} at 100 mA g^{-1}.

Conclusion

In this work, $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ high entropy oxide was synthesized with a single-phase rock-salt crystal structure by the conventional solid-state method and its electrochemical performances was observed in the Li-ion half-cells as anode. Charge-discharge measurements showed that the $(Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Zn_{0.2}Li_{0.1}Al_{0.1})O$ anode delivers a high initial discharge capacity of 1281 mA h g^{-1} and reversible capacity of 372 mA h g^{-1} at the end of 50^{th} cycle. These capacity values are quite promising as alternative anode material for Li-ion batteries. In addition, high entropy oxide based anode materials can be synthesized with the coexistence of different cations to obtain more satisfactory electrochemical performances.

References

Deng, D. (2015) Li-Ion Batteries:Basics, Progress and Challenges. Energy Science & Engineering, 3, 385-418. doi: 10.1002/ese3.95.

Wang, Q., Sarkar, A., Li, Z., Lu, Y., Velasco, L., Bhattacharya, S. S., Brezesinski, T., Hahn, H. & Breitung, B. (2019). High Entropy Oxides as Anode Material for Li-ion Battery Applications: A Practical Approach. Electrochemistry Communications, 100, 21-125. doi: 10.1016/j.elecom.2019.02.001.

Ren, Q. Q., Yu, F. D., Zhang, S. W., Yin, B. S., Wang, Z. B. & Ke, K. (2019). Enhanced Electrochemical Performance by Size-Dependent SEI Layer Reactivation of $NiCo_2O_4$ Anodes for Lithium Ion Batteries. Electrochimica Acta, 297, 1011-1017. doi: 10.1016/j.electacta.2018.12.061.

Liu, K., Zou, F., Sun, Y., Yu, Z., Liu, X., Zhou, L., Xia, Y., Vogt, B. D. & Zhu, Y. (2018). Self-Assembled Mn_3O_4/C Nanospheres as High-Performance Anode Materials for Lithium Ion Batteries. Journal of Power Sources, 395, 92-97. doi: 10.1016/j.jpowsour.2018.05.064.

Sarkar, A., Wang, Q., Schiele, A., Chellali, M. R., Bhattacharya, S. S., Xia, Y., Vogt, B. D., Wang, D., Brezesinski, T., Hahn, H., Velasco, L. & Breitung, B. (2019). High- Entropy Oxides: Fundamental Aspects and Electrochemical Properties. Advanced Materials, 31, 1806236. doi: 10.1002/adma.201806236.

Sarkar, A., Velasco, L., Wang, Q., Talasila, G., de Biasi, L., Kübel, C., Brezesinski, T., Bhattacharya, S. S., Hahn, H. & Breitung, B. (2018). A High Entropy Oxides for Reversible Energy Storage. Nature Communicaitons, 9, 3400. doi: 10.1038/s41467-018-05774-5.

Qiu, N., Chen, H., Yang, Z., Sun, S., Wang, Y. & Cui, Y. (2019). A High Entropy Oxide ($Mg_{0.2}Co_{0.2}Ni_{0.2}Cu_{0.2}Zn_{0.2}O$) with Superior Lithium Storage Performance. Journal of Alloys and Compounds, 777, 767−774. doi: 10.1016/j.jallcom.2018.11.049.

Lökçü, E., Toparli, C. & Anik, M. (2020). Electrochemical Performance of $(MgCoNiZn)_{1-x}Li_xO$ High Entropy Oxides in Lithium Ion Batteries. ACS Applied Materials & Interfaces, 12, 23860-23866. doi: 10.1021/acsami.0c03562.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Synthesis and Characterization of rGO@SiO_2 Nanostructures for Li-Ion Batteries

Süleyman CAN[1]
Meltem ÇAYIRLI[2]
Ersu LÖKÇÜ[3]
Mustafa ANIK[4]

Abstract

Nanostructured materials are widely investigated as anodes in Li-ion batteries due to their outstanding chemical and electrical properties. Among them, Si-based nanostructures have good potential in Li-ion batteries due to the their high theoretical specific capacity and high abundance. However, high volumetric changes in Si-based anodes cause irreversible capacities. For this reason, SiO_2-based anode materials offer an alternative way in this field. Herein, reduced graphene oxide/silica (rGO@SiO_2) nanostructures was prepared and its electrochemical performances was observed in CR2016 coin cell as anode. The galvanostatic

Özet

Nanoyapılı malzemeler, olağanüstü kimyasal ve elektriksel özelliklerinden dolayı Li-iyon pillerde anotlar olarak yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Bunların arasında silisyum (Si) esaslı anot malzemeler, bilinen yüksek teorik özgül kapasiteleri ve yüksek bollukları nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Bununla birlikte, Si anotlarındaki yüksek hacimsel değişiklikler, geri dönüşü olmayan kapasitelere neden olur. Bu nedenle SiO2 bazlı anot malzemeler alternatif bir yol sunar. Bu çalışmada indirgenmiş grafen oksit / silika (rGO @ SiO2) nanoyapıları hazırlanmış ve CR2016 düğme pilinde anot olarak elektrokimyasal performansları gözlemlenmiştir.

[1] Süleyman CAN, Synthesis and Characterization of rGO@SiO_2 Nanostructures for Li-Ion Batteries, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, suleymancan@ogu.edu.tr
[2] Meltem ÇAYIRLI, Synthesis and Characterization of rGO@SiO2 Nanostructures for Li-Ion Batteries, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, meltem.cayirli@ogu.edu.tr
[3] Dr. Ersu LÖKÇÜ, Synthesis and Characterization of rGO@SiO_2 Nanostructures for Li-Ion Batteries, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, elokcu@ogu.edu.tr
[4] Prof. Dr. Mustafa ANIK, Synthesis and Characterization of rGO@SiO_2 Nanostructures for Li-Ion Batteries, Eskisehir Osmangazi University, Metallurgical and Materials Engineering, manik@ogu.edu.tr

charge-discharge tests showed that the rGO@SiO_2 anode, initial and reversible discharge capacity of 591.4 mA h g^{-1} and 243.3 mA h g^{-1} at current density 100 mA g^{-1}, respectively. Although the initial discharge capacity is relatively low, the cycling stability of rGO@SiO_2 is quite satisfactory compared to Si based anodes. Therefore, it has the potential to be used in Li-ion batteries as an alternative to Si based anodes.

Keywords: Li-ion Batteries, Nanostructures, Si-based Anodes, SiO_2 Nanoparticles, Reduced Graphene Oxide

Galvanostatik şarj-deşarj testleri, rGO @ SiO2 anodunun, başlangıç ve tersinir deşarj kapasitesinin sırasıyla 100 mA g-1 akım yoğunluğunda 591.4 mA h g-1 ve 243.3 mA h g-1 olduğunu göstermiştir. İlk deşarj kapasitesi nispeten düşük olmasına rağmen, rGO @ SiO2'nin döngü stabilitesi Si bazlı anotlara kıyasla oldukça tatmin edicidir. Bu nedenle Li-iyon pillerde Si bazlı anotlara alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Li-iyon Piller, Nanoyapılar, Si esaslı Anotlar, SiO2 Nanopartiküller, İndirgenmiş Grafen Oksit

Introduction

Rechargeable Li-ion batteries (LIBs) are considered as the main energy storage technology for portable electronic devices and it is predicted that this situation will not change in the near future (Kim et al., 2011). Nowadays, it is quite common for graphite anodes to be used commercially in LIBs due to their long cycle life and reliability properties. However, their low lithium storage capabilities can not meet the constantly increasing energy demand (Liu et al., 2017; Adams et al., 2013). Therefore, the performance of LIBs should be increased with the design of new generation anode materials.

Silicon (Si) is considered as an important candidate anode material for new generation LIBs due to its high theoretical specific capacity (Wang et al., 2013). However, significant volumetric changes (~300%) occur during the charge-discharge cycles in Si anodes (Pharr et al., 2012). Alternatively, nano-sized SiO_2 materials have gained great interest due to their cyclic stability and high theoretical specific capacity (1965 mA h g^{-1}) properties (Yan et al., 2013). In nano-SiO_2 anodes, nano-Si and inert lithium silicate (Li_4SiO_4) and/or lithium oxide (Li_2O) are formed as lithiation products. They are distributed homogeneously on the structure and thus provide longer stability thanks to the preservation of the mechanical integrity of electrode (Guo et al., 2008; Lv et al., 2013). However, SiO_2's low electrical conductivity and strong Si-O bonding limit its use as an anode material for LIBs. Therefore, the various strategies have been developed to overcome these problems, such as SiO_2 nanotubes (Wen et al., 2013), SiO_2 thin films (Sun et al., 2008) and SiO_2 nanoparticles (Chen et al., 2014). In addition, composite electrodes such as nano-structured SiO_2/C (Yang et al., 2014), SiO_2@graphene (Meng et al., 2015) and SiO_x/C/rGO (Guo et al., 2014) have been designed specifically to increase electrical conductivity. According to these studies, better electrochemical

performances are obtained by adding carbon-based materials with high electrical conductivity and flexibility to the SiO_2 structure (Lv et al., 2013; Ren et al., 2014).

In this study, the GO@SiO_2 nanostructures is synthesized as a precursor material by adding SiO_2 nanoparticles, approximately 30 nm in diameter, to the graphene oxide (GO) solution. Subsequently, the obtained GO@SiO_2 nanostructures is thermally reduced to synthesize rGO@SiO_2 nanostructures and to investigate their electrochemical performances in LIBs as anode material.

Materials and Methods

GO synthesis was carried out according to the method developed by Marcano et al. (2010). According to this method, a mixture of concentrated H_2SO_4 and H_3PO_4 (180:20 ml) in a ratio of 9:1 was slowly added to the mixture of graphite (1.5 g, ~150 µm) and oxidizing agent potassium permanganate ($KMnO_4$, 9.0 g). Then, the temperature of the mixture was adjusted to 50 °C and mixed for 18 hours (300 rpm). Then, 3.0 ml of hydrogen peroxide (H_2O_2, 30%) was added to the mixture, which was poured into a beaker containing 300 ml of ice cubes. After this step, the mixture was filtered and washed. After washing with 5 M HCl solution, the resulting mixture was purified with DI water and ethanol until the pH was neutral. Finally, the solid obtained was dispersed with purified water at a concentration of 1 mg ml^{-1}.

SiO_2 nanoparticles were synthesized in solution containing water and ethanol, according to the Stöber Method, which is based on the hydrolysis of tetraethyl orthosilicate (TEOS) (Stöber and Fink, 1968). TEOS (2.4 ml) was added into a mixture of ethanol (100 ml) and ammonium hydroxide (2.9 ml) at the rates determined according to this method and mixed for 6 hours (at 400 rpm). The solution obtained was washed with ethanol 3 times with the help of a centrifuge.

First, the SiO_2 nanoparticles were dispersed in 75 ml distilled water by sonication to carry out the surface modification. Then, 15 ml of HCl and 1 ml of dimethoxydimethylsilane (DMDMS) were added to the prepared SiO_2 dispersion and it was mixed at 400 rpm for 24 hours. After these steps, the surface modified SiO_2 nanoparticles were slowly added to the previously prepared graphene oxide dispersion and mixed for 24 hours at room temperature. Finally, the solid obtained by centrifugation at 6000 rpm for 1 hour was dried in a vacuum atmosphere at room temperature. GO@SiO_2 precursor nanostructures synthesized as a result of these processes were obtained. Then, rGO@SiO_2 nanostructures were obtained by heat treatment at 900 °C in argon atmosphere for 2 hours.

For the preparation of the anode material, the synthesized rGO@SiO_2 active material, Super P and PVDF were mixed in isopropanol in a ball mill in ratios of 70:15:15, respectively. Then the anode slurry obtained was coated with a copper foil and dried in a vacuum desiccator at 60 °C for 24 hours. Finally, electrochemical tests of the prepared rGO@SiO_2 anode material were carried out in a CR2016 type coin cell. The cell using 1 M LiTFSI:DME as electrolyte was assembled in an atmosphere

(argon) controlled ambient (gloved box: O2<1 ppm and H_2O<1 ppm). Galvanostatic charge-discharge tests were performed at a current density of 100 mA g^{-1}, between 0.05 V and 3.0 V (Li^+/Li).

Results and Discussion

Raman spectroscopy is widely used in the structural characterization of carbon-based materials. The raman spectra of the rGO@SiO_2 sample is given in Figure 1. In the spectra of the rGO@SiO_2, the characteristic D-band and G-band of carbon materials is observed at 1353.7 and 1601.6 cm^{-1}, respectively. In the given spectra, the D-band indicates the plane vibrations attributed to the presence of structural defects, while the G-band indicates plane vibrations of sp^2 hybridized carbon atoms (Aliyev et al., 2019).

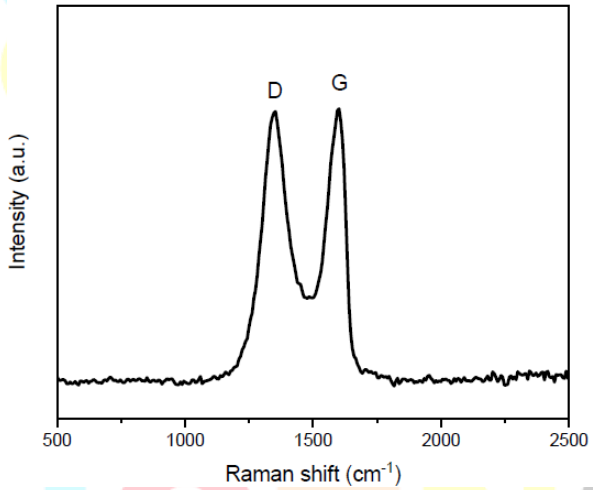


Figure 1. Raman spectra of rGO@SiO_2 sample.

Figure 2 shows the SEM image of the rGO@SiO_2 electrode. The rGO@SiO_2 structure has a randomly collected pile of small rGO layers with different edges and layer sizes on which SiO_2 in amorphous or quartz form.

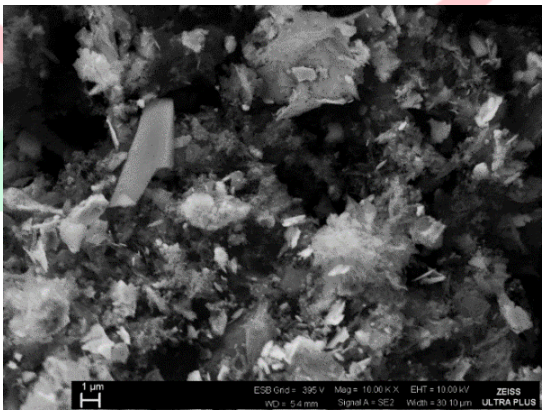


Figure 2. SEM image of the rGO@SiO_2 electrode.

The charge-discharge behavior of the rGO@SiO_2 electrode for the 1st, 2nd, 3rd, 5th and 10th cycles is examined in Figure 3. The initial discharge and charge capacities of the electrode are 591.4 mA h g^{-1} and 253.1 mA h g^{-1}, respectively. Reversible discharge capacity value of the electrode calculated as 243.3 mA h g^{-1} at the end of the 10th cycle. During the first cycle, both irreversible SiO_2 reaction and SEI layer formation is showed up (Yang et al., 2014). For this reason, the capacity value in the second cycle has decreased to 269.9 mA h g^{-1}. Also the Coulombic efficiency, which is 42.8% in the first cycle, increased to 92.6% after 10 cycles. Although the discharge capacities are not very high, the electrochemical performance of the synthesized rGO@SiO_2 nanostructured material is promising in terms of cyclic stability compare to the Si anodes.

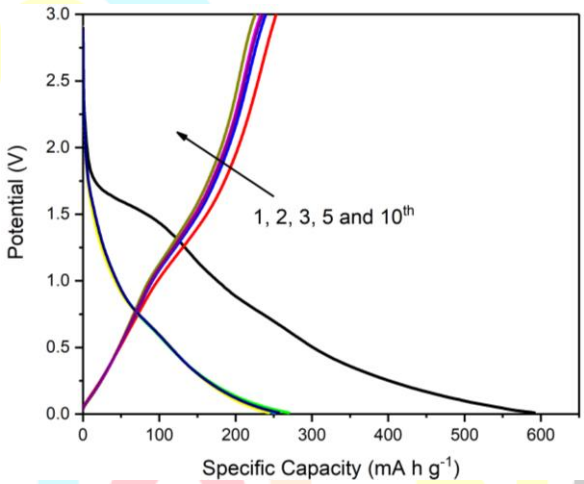


Figure 3. Electrochemical performance of the rGO@SiO_2 electrode.

Conclusion

In conclusion, rGO@SiO_2 nanostructures were successfully synthesized after the preparation of graphene oxide and SiO_2 nanoparticles. Galvanostatic charge-discharge tests were performed in the Li-ion half-cell to evaluate the electrochemical performance of the rGO@SiO_2 electrode. It exhibits a reversible discharge capacity of 243.3 mA h g^{-1} and 92.6% Coulombic efficiency after 10th cycles. The obtained capacity values and cyclic stability revealed that rGO@SiO_2 nanostructures can be used as anode material in LIBs.

References

Kim, H., Chou, C. Y., Ekerdt, J. G., & Hwang, G. S. (2011). Structure and Properties of Li−Si Alloys: A First-Principles Study. The Journal of Physical Chemistry C, 115, 2514–2521. doi:10.1021/jp1083899

Liu, Y., Zhou, G., Liu, K., & Cui, Y. (2017). Design of Complex Nanomaterials for Energy Storage: Past Success and Future Opportunity. Accounts of Chemical Research, 50, 2895–2905. doi:10.1021/acs.accounts.7b00450

Adams, R. A., Varma, A., & Pol, V. G. (2019). Temperature Dependent Electrochemical Performance of Graphite Anodes for K-ion and Li-ion Batteries. Journal of Power Sources, 410, 124–131. doi:10.1016/j.jpowsour.2018.11.007

Wang, B., Li, X., Zhang, X., Luo, B., Zhang, Y., & Zhi, L. (2013). Contact-Engineered and Void-Involved Silicon/Carbon Nanohybrids as Lithium-Ion-Battery Anodes. Advanced Materials, 25, 3560–3565. doi:10.1002/adma.201300844

Pharr, M., Zhao, K., Wang, X., Suo, Z., & Vlassak, J. J. (2012). Kinetics of Initial Lithiation of Crystalline Silicon Electrodes of Lithium-Ion Batteries. Nano Letters, 12, 5039–5047. doi:10.1021/nl302841y

Yan, N., Wang, F., Zhong, H., Li, Y., Wang, Y., Hu, L., & Chen, Q. (2013). Hollow Porous SiO_2 Nanocubes Towards High-performance Anodes for Lithium-ion Batteries. Scientific Reports, 3, 1-6. doi:10.1038/srep01568

Guo, B., Shu, J., Wang, Z., Yang, H., Shi, L., Liu, Y., & Chen, L. (2008). Electrochemical Reduction of Nano-SiO_2 in Hard Carbon as Anode Material for Lithium İon Batteries. Electrochemistry Communications, 10, 1876–1878. doi:10.1016/j.elecom.2008.09.032

Lv, P., Zhao, H., Wang, J., Liu, X., Zhang, T., & Xia, Q. (2013). Facile Preparation and Electrochemical Properties of Amorphous SiO_2/C Composite as Anode Material for Lithium İon Batteries. Journal of Power Sources, 237, 291–294. doi:10.1016/j.jpowsour.2013.03.054

Wen, Z., Lu, G., Mao, S., Kim, H., Cui, S., Yu, K., & Chen, J. (2013). Silicon Nanotube Anode for Lithium-ion Batteries. Electrochemistry Communications, 29, 67–70. doi:10.1016/j.elecom.2013.01.015

Sun, Q., Zhang, B., & Fu, Z. W. (2008). Lithium Electrochemistry of SiO_2 Thin Film Electrode for Lithium-ion Batteries. Applied Surface Science, 254, 3774–3779. doi:10.1016/j.apsusc.2007.11.058

Chen, Y., Zeng, S., Qian, J., Wang, Y., Cao, Y., Yang, H., & Ai, X. (2014). Li^+-Conductive Polymer-Embedded Nano-Si Particles as Anode Material for Advanced Li-ion Batteries. ACS Applied Materials & Interfaces, 6, 3508–3512. doi:10.1021/am4056672

Yang, X., Huang, H., Li, Z., Zhong, M., Zhang, G., & Wu, D. (2014). Preparation and Lithium-Storage Performance of Carbon/Silica Composite With a Unique Porous Bicontinuous Nanostructure. Carbon, 77, 275–280. doi:10.1016/j.carbon.2014.05.030

Meng, J., Cao, Y., Suo, Y., Liu, Y., Zhang, J., & Zheng, X. (2015). Facile Fabrication of 3D SiO_2@Graphene Aerogel Composites as Anode Material for Lithium Ion Batteries. Electrochimica Acta, 176, 1001–1009. doi:10.1016/j.electacta.2015.07.141

Guo, C., Wang, D., Liu, T., Zhu, J., & Lang, X. (2014). A three Dimensional SiO_x/C@RGO Nanocomposite as a High Energy Anode Material for Lithium-ion Batteries. Journal of Materials Chemistry A, 2, 3521–3527. doi:10.1039/c3ta13746e

Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., & Tour, J. M. (2010). Improved Synthesis of Graphene Oxide. ACS Nano, 4, 4806–4814. doi:10.1021/nn1006368

Ren, Y., Wei, H., Huang, X., Ding, V. (2014). A Facile Synthesis of SiO2@C@graphene Composites as Anode Material For Lithium Ion Batteries. International Journal of Electrochemical Science, 9, 7784-7794.

Stöber, W. & Fink, A. (1968). Controlled Growth of Monodisperse Silica Spheres in the Micron Size Range. Journal of Colloid and Interface Science, 26, 62-69. doi: 10.1016/0021-9797(68)90272-5

Aliyev, E., Filiz, V., Khan, M. M., Lee, Y. J., Abetz, C., & Abetz, V. (2019). Structural Characterization of Graphene Oxide: Surface Functional Groups and Fractionated Oxidative Debris. Nanomaterials, 9, 1-15. doi: 10.3390/nano9081180

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Face Detection and Tracking Using Deep Learning and Linear Classification

Derin Öğrenme ve Doğrusal Sınıflandırma ile Yüz Tespiti ve İzleme

Maha ALBAYATI
Abdullahi Abdu IBRAHIM

Abstract

The main objective of the project at a personal level is to be able to increase knowledge about Artificial Intelligence, more specifically about the recognition applied to people. On the other hand, it is also intended to establish knowledge about Matlab aimed at this area and provide both theoretical knowledge as practical about the ways to train detection algorithms. In addition, it is intended to expand knowledge about databases, from knowing existing databases to their own creation and implementation. Another objective raised in this project is to know and apply different algorithms training methods. As for the project, the main objective is to achieve an acceptable error, being possible greater than 70% in terms of facial recognition. Another objective is to acquire software with an interface oriented and easy towards the user and the possibility that the database can be modified by the user.

Keywords: Deep Learning, Matlab, Face Detecting, Tracking**,** Linear Classification

Özet

Projenin kişisel düzeyde temel amacı, Yapay Zeka hakkında, daha özel olarak insanlara uygulanan tanıma hakkındaki bilgileri artırabilmektir. Öte yandan, bu alana yönelik Matlab hakkında bilgi oluşturmak ve algılama algoritmalarını eğitme yolları hakkında hem teorik bilgilerin pratik olarak sağlanması amaçlanmaktadır. Ek olarak, veritabanları hakkındaki bilgileri mevcut veritabanlarını bilmekten kendi oluşturma ve uygulamalarına kadar genişletmek amaçlanmaktadır. Bu projede ortaya konulan bir diğer amaç, farklı algoritma eğitim yöntemlerini bilmek ve uygulamaktır. Projeye gelince, temel amaç yüz tanıma açısından% 70'in üzerinde olması mümkün olan kabul edilebilir bir hataya ulaşmaktır. Diğer bir amaç, kullanıcıya yönelik ve kullanıcı odaklı bir arayüze sahip ve veri tabanının kullanıcı tarafından değiştirilebilmesi olanağına sahip yazılım elde etmektir.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Matlab, Yüz Algılama, İzleme, Doğrusal Sınıflandırma

I. Introduction

Facial tracking is a technique widely used today to control access to various restricted areas. As well as the search for people. In order to achieve facial recognition, a facial detection is previously carried out, which is also widely used in various applications, such as motion-controlled video games, animations, augmented reality or cameras. With this project, said facial recognition of one or several users will be carried out simultaneously, through a video surveillance camera in real time. Later it will be applied in access control, security or control of labor assistance. The project will focus first on facial detection of the sequence of images recorded by the video surveillance camera. It will be detected if there is one or more faces in each of the images that will be captured by the camera [4]

II. Computer Aided Detection CAD

A. Background

The facial tracking is based on the subset of facial detection process, once facial detection has occurred, facial tracking will proceed. First, a Database will be created with several people. If the person who passes in front of the video surveillance camera is in this database, a description of this person will be given, that is, the name of the person and the time at which she has passed in front of her. On the other hand, if the person passing in front of the camera is not in this Database, it will refer to the fact that a person has passed in front of the camera but that it will be an unknown person. In addition to performing this part of facial recognition of people, with this project we want to create an interface in an interactive and simple way for the user. Finally, the user will be given the possibility of modifying the Database to have the ability to choose about the people to recognize. The user will be able to store photos of new members or delete those that they no longer want to be recognized.

B. Face Detection

Real-time face detection and tracking in video footage has been a problem that has been widely studied for more than ten years by the image processing and computer-assisted vision community, due to the variety of applications: video surveillance, telemedicine, teleconferencing systems, human-machine interaction for new interfaces, robotics. However, despite notable progress in image processing and computer technology (reduction in computing time), the development of generic and robust face detection and tracking algorithms is still the subject of active research. variations in lighting and in the content of the background of the image which can disturb detection, the other contextual factors which complicate the computer detection of a face are of two types. First of all, the differences in appearance due to the morphology of the individual (shape of the nose, color of the eyes, of the skin), or to the presence of visual artefacts and occultations (presence of glasses, hand in front of the face) . Then the changes of expression dictated by socio-cultural codes which are functions of society, of the historical context, of emotional and psychological factors, of the relationship with others. Extensively studied in human sciences (cognitive sciences, psychology, sociology) these points are partially taken into account in image processing for face recognition or expression analysis. Paradoxically, they are seldom examined in face detection proper. Indeed, they do not easily fit into a

real-time detection algorithm because their modeling is complex. In this article, to understand the complexity of the face, we involve the user who manually selects a face area on the first frame of the video footage. This rapid initialization is learning. A probabilistic modeling is therefore not sufficient in this context. This is why facial modeling falls within the framework of the theory of evidence and considers the transferable belief model (TCM) (Smets, 1990). This turns out to be well suited for modeling the lack of knowledge of a complex system. Thus, Hammal (Hammal et al., 2007) demonstrated the effectiveness of MCT in classifying emotions and facial expressions. Ramasso (Ramasso et al., 2010) used this formalism in the context of the recognition of human activities [11].

III. Deep Belief Network DBN

The theory of evidence, also called the theory of belief functions or Dempster-Shafer theory, dates from the 1970s. Inspired by the notions of upper and lower probabilities studied first by Dempster (Dempster, 1967), then by Shafer (Shafer, 1976), it can be interpreted more generally from a subjectivist point of view as a quantitative formal model of degrees of confidence Not necessarily requiring a priori knowledge on the problem to be treated, and offering the possibility of distributing the belief on the compositions of hypotheses (and not only on the singletons as in probabilistic modeling), this theory provides a great flexibility of modeling and helps solve complex problems. Thus, it has been successfully applied in the field of multisensor fusion, signals and images. The primary concept in the theory of evidence is the notion of mass function which characterizes the opinion of an agent on a question or on the state of a system. The finite set of responses to this question is called the framework of discernment, noted Ω. A mass function is a map of the set of 2 Ω parts A of Ω to the interval [0; 1] who

checks:

$$\sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1.$$

Denoted Aw, this simple mass function represents the mass placed not on A but on Ω. For any A, A1 (w = 1) represents the empty mass function while the categorical mass function is written A0 (w = 0). In order to represent a complex state of belief, it is possible to construct a set made up of these independent weighted propositions. Thus canonical decomposition decomposes, under certain conditions, any belief function into a set of simple combined masses. Combination or revision of beliefs occurs when new information is available, coded in the form of belief functions, to be merged with the functions existing beliefs, in order to synthesize knowledge in a multi-source environment. Two constraints must be observed: each source of information is expressed in the same framework of discernment, and the sources must be independent The conjunctive rule and the disjunctive sum are the two main combination operators For J independent and totally reliable sources of information, whose hypotheses are defined on the discernment framework Ω, the mass function resulting from the conjunctive combination, denoted m ∩ , exclaim:

$$m_{\bigcirc}(A) = \sum_{A_1 \cap \ldots \cap A_J = A} \left(\prod_{j=1}^{J} m_j(A_j) \right), \quad \forall A \subseteq \Omega.$$

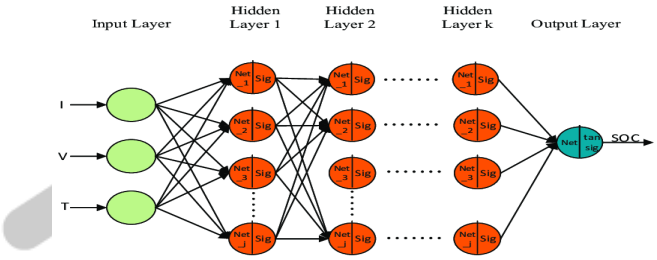


Figure .1 ANN structure

IV. Proposed Method

The test image bases used are BAO, CALTECH and CMU-MIT (three international bases). The first base is divided into two groups of color images, the 1st group consists of 140 images of a single face and the 2nd group of 221 images of several faces. BAO is a new base produced by a Korean team under different conditions designed especially for detection tests. The second base is designed by Markus Weber at the California Institute of Technology, it consists of 450 color images of a 26 person with 17 images per person of a single face with complex backgrounds and light conditions . The third base consists of 130 grayscale images with 507 vertical faces.

Figure .2 image dataset

Classification is done by the AdaBoost method, for the AdaBoost method (see chapter 3 new characteristics). Figure 4.27 shows an example of skin and face detection tests with SVM.

Figure .3 skin detected by SVM

We used (SVM) to distinguish faces and non-faces. To compare with state-of-the-art approaches, they performed MIT-CMU image-based experiments [15], and their approach detected

221 faces without false positives. For our system we used the cascade architecture to speed up the detection process and so that Haar filters have the same classifier.

The main purpose of tracking is, roughly, to predict and estimate the position of the target object in each of the frames in the sequence despite changes in the appearance, illumination, and pose of the lens. object [155]. There are different monitoring methods and the choice of a method depends on the intended application.

We are interested here in tracking one or more faces in a sequence of images. Detecting the face, recognizing it if necessary and following it in a sequence of images is the basis of many applications involving human-machine interactions. In the example presented by Toyama [156], the user moves a cursor on a screen without using the hands. A computer vision system tracks the user's face and moves the cursor in real time based on the orientation of the user's nose. Another example of application is the recognition and classification of facial expressions. For example, the LAFTER system proposed by Oliver et al. [157] allows to detect a face, the mouth on this face, then to recognize the expressions of the type: dissatisfied, smile, open mouth and closed mouth. The different face tracking methods can fall into two main categories. On the one hand, we have the methods which consider the entire face as the area of interest of the image. After detection in the first image of the sequence, the position of this zone of interest is estimated in the following images of the sequence [158] [159]. The Mean-Shift algorithm [160] or its variants, for example Camshift (Continuously Adaptive Mean Shift) [161], are widely used in this case. The area of interest is detected in the image using, for example, a skin detector. On the other hand, we have the methods which are interested in points of interest defined on the face and it is these points which are followed in the other images of the sequence [155] [162] [163]. The algorithm generally used for tracking points of interest is the KLT algorithm [164]. In order to follow the face in all the sequences, we use the detection methods that we developed in section 4.5 hybridized with the Camshift tracking method [161]. We chose to apply our approach every two seconds, to overcome the problem of not detecting a new face that enters the scene after the first detection (after the first image), and for tracking several faces to the same time. This requires increasing the rate of good detection and decreasing the execution time. For rate and time the results are shown in chapter 5 tests and results.

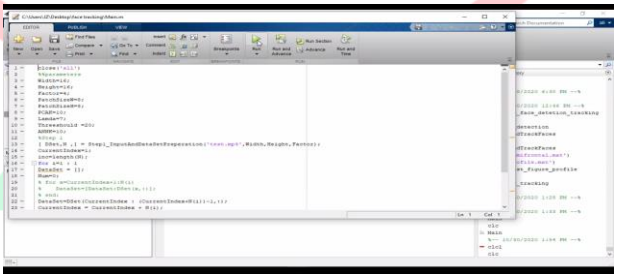


Figure .4 Matlab code of the proposed method

Figure .5 skin detected by the ANN

The Haar features are combined together to provide the ability to classify Haar functions, the Weber Local Descriptor (WLD) contains the differential excitation component and the Binary Local Pattern (LBP) component. The SWLD and LBP operators are complementary operators in terms of the type of information they encode [154]. The SWLD operator detects the edges and records their intensity values. LBP detects edge orientation, but does not encode intensity values.

Figure .6 haar facial features detected by the ANN

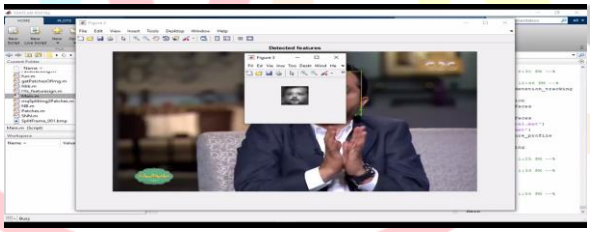


Figure .7 Haar features tracked by ANN

V. Conclusion

The subject of human face tracking and detection is very old, because of its practical and theoretical importance, it still remains an important research center. This is motivated by the multiplicity and variety of fields of application (high security, remote monitoring, access control, etc.). Researchers have shown that humans use to recognize a face these different characteristics which vary between the geometry, the texture and the colors of the different regions of the face: the eyes, the mouth, the nose, the frank, the cheeks and the amount. Thanks to this remark, several studies have been developed to find out whether it was possible to model this behavior in a computer way. First,

we started by studying the different detection techniques and then chose the method that best meets the constraints of robustness, processing time, independence from the external environment and reliability in addition to the possibility of detecting multiple faces. The main objective of our system is the detection and tracking of faces in a succession of images. The first phase is to use the skin color information to minimize search space in the image, allowing the detector to scan only areas that may be skin regions. This made it possible to reduce the calculation time and also in some cases false detections. The second step consists of looking for the face in the detected areas, for this we used Haar like Filters, LBP (Local Binary Patterns), WLD (Local Weber Descriptor), trained by Adaboost, SVM (Vector Machine Support), and neural networks. We validated and analyzed the performance of our system on international image databases such as: BAO, CALTECH and MIT-CMU. This step consists of evaluating the detection rate, the number of false detections and the processing time. For the grayscale images we obtained a computation time of 0.921 seconds using Haar filters and 0.244 seconds using LBPs on a single image. For the color images (with skin detection) we obtained a time of 0.383 seconds using the Haar filters and 0.101 seconds using the LBPs. To carry out the processing in real time, we applied the detection methods on the first image then we launched the Camshift for monitoring and after two seconds we reapply the same method for the present image and we restart the Camshift, like its we can overcome the problem of not detecting a new face that enters the scene after the first detection (after the first frame), and tracking several faces at the same time. The results for skin detection and face detection in color images and grayscale images presented in the last chapter are very promising.

VI. Refereneces

[1] McMorran, J., Crowther., D.C., "Fine needle aspiration cytology (breast)", General Practice Notebook – a UK medical reference on the world wide web, Feb 2009.

[2] Olvi, L.M., Street, W.N., "Breast cancer diagnosis and prognosis via linear programming", Operations Research, Vol.43, No.4, 1995, pp. 570-577.

[3] UCI Irvine machine learning repository, "Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic) Data Set", http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+

Cancer+Wisc onsin+(Diagnostic), Nov. 1995.

[4] Akay, M., "Support vector machines combined with feature selection for breast cancer diagnosis", Expert systems with applications, Vol.36, 2009, pp.3240-3247.

[5] Kohavi, R., "A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection". Proceedings of the fourteenth international joint conference on artificial intelligence, Vol.12, No.2, 1995, pp. 1137–1143.

[6] Pena-Reyes, C., and Sipper, M., A fuzzy approach to breast cancer diagnosis, Artificial intelligence medicine, Vol.17, 1999, pp.131-135.

[7] Ryu, Y., Chandrasekaran, R., and Jacob, V., Breast cancer prediction using the isotonic separation technique, European journal of operation research, Vol.181, 2007, pp.842-854.

[8] West, D., Mangiameli, P., rampal, R., West, V., "Ensemble strategies for a medical diagnostic decision support system: A breast cancer diagnosis application", European journal of operation research, Vol.162, 2005, pp.532-551.

[9] Pantel, P., "Breast cancer diagnosis and prognosis", University of Manitoba (1998).

[10] Maglogiannis, I., and Zafiropoulos, "An intelligent system for automated breast cancer diagnosis and prognosis using SVM based classifiers", Application intelligence, Vol.30, 2009, pp.24-36.

[11] Bagui, S., Bagui, S., Pal, K., and Pal, N., "Breast cancer detection using rank nearest neighbor classification rules", Pattern recognition, 36, 2003, pp.25-34.

[12] Mu, T., and Nandi, A., "Breast cancer detection from FNA using SVM with different parameter tuning systems and SOM-RBF classifier", Journal of the Franklin Institute, Vol. 344, 2007, pp.285-311.

[13] Charniak, E., "Bayesian networks without tears," Artificial intelligence magazine, Vol.12, No.4, 1991, pp.50-63.

[14] Friedman. N., Geiger, D., and Goldszmidt, M., "Bayesian classifier", Machine learning, Vol. 29, 1997, pp.131-163.

[15] Gunn, S., "Support vector machines for classification and regression, Technical paper, 1998.

[16] Ubyeli. E., "Implementing automated diagnostic systems for breast cancer detection, Expert systems with application", Expert systems with applications, Vol.33, 2007, pp.1054-1062.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI

ISBN: 978-605-06728-8-6

İki Kademeli Parçacık Sınıflayıcı Mini Siklonun Sınıflama Performansının Deneysel İncelenmesi

Experimental İnvestigation of The Classification Performance of Two-Stage Particle Classifier Mini Cyclone

***Murat Önel*[1]**
***Atakan Avcı*[2]**

Abstract

Particles of different sizes are produced during the production of micro and macro sized particles,which are widely used in industrial applications. On the other hand those in a certain size range produce effective solutions. In this case,the particles produced must be classified in certain size ranges. In this study, both the seperation and classification potential will be examined with one of the new applications, cyclone classes. Speed, seperation height and outlet pipe plunging height will be taken as parameters. Working with mine cyclone which is specially designed considering the laboratory facilities.

Keywords: cyclone separator, cyclone classifier, two-stage cyclone classifier

Özet

Endüstriyel uygulamalarda yaygın kullanım alanı olan mikro ve nano büyüklükte parçacıkların üretimleri sırasında farklı büyüklüklerde parçacıklar üretilmektedir. Kullanım yerlerinde ise belli büyüklük aralığında olanlar etkin çözüm üretmektedir. Bu durumda üretilen parçacıkların belli boyut aralıklarında olacak şekilde sınıflandırılmaları gerekmektedir. Bunun için değişik uygulamalar bulunmaktadır.Bu çalışmada yeni uygulamalardan biri olan siklon sınıflayıcı ile hem ayırma hem de sınıflama potansiyeli incelenecektir. Parametre olarak hız, ayırma yüksekliği ve çıkış borusu dalma yüksekliği alınacaktır. Laboratuvar imkanları dikkate alınarak özel tasarlanan mini siklon ile çalışma yapılacaktır

[1] Murat Önel, Mak. Müh, BUÜ, Makine Mühedisliği, muratonel18@gmail.com
[2] Atakan Avcı,Prof.Dr.,BUÜ,Makine Mühendisliği, atakan@uludag.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Siklon ayırıcı, siklon sınıflayıcı, iki kademeli siklon sınıflayıcı

Giriş

Siklonlar 1800'lerden günümüze kullanıla gelmiştir. Özellikle son yıllarda kullanımının artmasında sabit parçalardan oluşması, bakım masrafı gerektirmemesi, imalat kolaylığı ve ucuzluğu, yüksek verim gibi özellikleri etkili olmuştur. Bu özelliklerinden dolayı siklonlar elektrik süpürgelerinden fabrika baca filtrelerinden iklim değişimini kontrole çalışılan dev siklonlara kadar birçok alanda tercih sebebi olmuştur.

Siklonların tasnifinde en önemli parametrelerden basınç kaybı ile toplama ve fraksiyonel verimleridir. Dünya genelinde literatürde siklonla ilgili çok çalışma olması verime etki eden birçok parametre olması dolayısıyladır. Parçacık toplama ve sınıflandırma için siklonlar ekonomik ve geniş çalışma aralığına sahip olması da bu denli üzerinde çalışma yapılmasına sebep olmuştur.

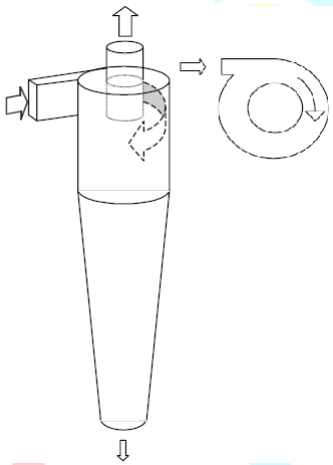
Yapılan çalışmada da siklonlar mini boyutta bazı geometrik değişiklikler yapılarak, birtakım parametrelerin birbiri ile olan ilişkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu değiştirilebilir parametrelerin neticesinde toplama verimi ve fraksiyonel verim değerleri ve buna bağlı olarak kritik partikül çapı hesap edilerek optimizasyonu incelenmiştir.

2.Mini Siklonda Sınıflama Performansı

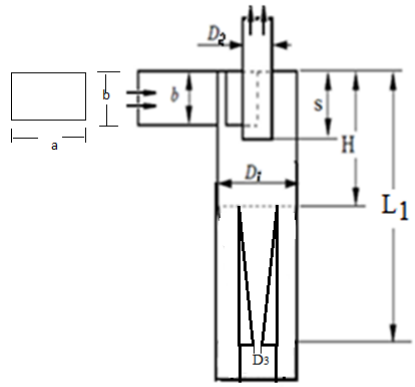
Siklon performansı, toplama (tutma) verimliliği ve fraksiyonel verim ve buna bağlı olarak da kritik partikül çapı içerisinde incelenir. Performansı etkileyen parametrelerin tespit edilebilmesi için akış modeli mutlaka anlaşılmalıdır. Dirgo ve Leith 1985 yılında akış modelini aşağıdaki gibi ifade etmektedirler: Siklon içerisinde baskın olan akış düzeni (Şekil 2.1) dış vortekstir. Bu vorteks gazın siklona teğetsel girişiyle girdap yaratan girişlerden eksenel girişiyle oluşmaktadır. Şendoğan,(2012) Debi ve giriş hızının meydana getirdiği sonuçlar kadar siklon ayırıcıda yapılan geometrik model değişiminin toplam toplama verime etki etmediğini tespit edilmiştir. Bununla beraber siklonda yapılan geometrik model farklılığı sınıflandırma potansiyelini oldukça fazla artırma yönünde etkisi olmuştur. Artan debiyle, siklonun üst kısımlarında toplanan tozların partikül boyutlarının da arttığını gözlemlemiştir. Çalışkan,(2017) ek olarak da debinin artması da ayırma verimliliğini doğrudan olumlu etkidiğini tespit etmişlerdir. Oshitari ve ark (2017) 3 farklı debi değerinde sınıflandırma performansı tayin ederken optimum akış ve geometrik siklon tasarım aralığında incelemelerde bulunmuştur. Çalışkan, Karagöz, Avcı ve Sürmen (2019) yeni geliştirdikleri bir siklon modelinin partikül sınıflama yeteneğin incelerken bu modeldeki en bariz ayrıcalık konik gövdenin olmamasıdır. Böylelikle tamamı silidirik kısımdan oluşan gövdeye aralıklı konulan kolektörler vasıtasıyla ve değişken modeller ile farklı debiler ile parçacık sınıflayıcı özelliği araştırmışlardır. Karakaş (2020) Yüksek verimli farklı

geometrilerdeki teğetsel mini siklon ayırıcıların performanslarını deneysel incelemesinde gövde çapını azaltarak 5 çeşit model üzerinde toplama verimini gözlemlemiştir.

Gaz spirali alttaki akış kanalına ulaştığında, gaz dış vorteksten radyal olarak siklon eksenine doğru akmaya başlar, iç kısımda akan gaz başka bir vorteks oluşturur. İç vorteksin dönüş yönü dış vorteksle aynı olmasına rağmen hareket yönü aşağıdan yukarıya doğrudur. Bu tip siklonların ters akışlı siklon olarak adlandırılmasının nedeni de budur. Toplama işlemi ilk olarak dış vorteksteki partiküllerin merkezkaç kuvvetleriyle siklon duvarına doğru fırlatılması sırasında olmaktadır. Bu partiküller siklon duvarının üzerinde toz toplama haznesine doğru aşağıya kayarken, bu hareketlerine siklon duvarı yakınında aşağıya doğru hareket eden gazında yardımı olmaktadır. Bu dış ve iç vorteks esnasında büyük partiküller konik parçamızın dışında toplanırken küçük partiküller ise konik parçamızın içinde toplanmaktadır. Bu sayede sınıflama işlemini gerçekleştirmiş olmaktayız.



Şekil 1. Siklon Genel Gösterimi



Şekil 2. Mini siklon Boyutlandırması

2.1 Mini Siklonda Toplama(toplam) Verim

Literatürde siklon ayırıcı içerisine giren akışkanın hızı arttıkça toplama veriminin arttığını ayrıca silindir boyunun uzaması ile de toplama veriminin arttığını gözlemlemişlerdir. Zhu ve Lee(1999) Siklonlarda performans aralığı 5 µm çapından büyük parçacıklar için %99 verim potansiyeline ulaşmaktadır.(Silva ve ark. 2003). Avcı ve Karagöz (2003) Bir siklon ayırıcının akış ve geometrik modeller çerçevesinde verime doğrudan etkili olduğunu tespit edildiğini dile getirmişlerdir. Giriş hızının artması sonucunda partikül toplama veriminin arttığını aynı zamanda basınç kaybının da arttığını tespit etmişlerdir.Kaya ve ark (2011). Siklon teorileri herhangi bir siklon dizaynı ve herhangi boyuttaki bir partikül için ayrışma verimliliğinin direkt olarak hesaplanmasını mümkün kılmaktadır. Siklonda debinin atmasıyla beraber toplam verimin arttığı gözlemlemiştir.Çalışkan (2017). O nedenle; siklon ayırıcı imali için projenin dizayn adımında toplama(toplam) verimi tamamı hesaplanabilir.

Genel olarak ters akışlı siklonların 5 µm 'den küçük parçacıklar için düşük ayrışma verimliliğine sahip olduğu bilinmektedir. Siklonların verimlilik dağılımı Çizelge 2.1'de verilmiştir.

	Verimlilik aralığı	
Partikül Boyut Aralığı	Konvansiyon	Yüksek
5'den küçük	50'den az	50–80
5–20	50–80	80–95
15–40	80–95	95–99
40'dan büyük	95–99	95–99

Çizelge 2.1 Siklonların verimlilik dağılımı

2.2 Mini Siklonda Fraksiyonel Verim

Siklonların performans karakteristikleri belirleyenlerden biri de fraksiyonel verimlerdir. Bu değerlerin tahmini veya hesabı oldukça zor olması nedeniyle bu konuyla ilgili çok sayıda çalışma yürütülmektedir. Bu çalışmalarda geliştirilen teoriler, işletme ve geometrik parametrelerin mahdut çerçeve ve kısıtlı aralıkta olduğundan, bu modellerden hareketle daha çok yapılacak deneysel ve teorik çalışmalarla yeni daha verimli siklon tasarımları ortaya çıkarılması gerekmektedir. Siklonlarda verim tahmini için oluşturulan modellerin çoğu daha çok parçacıkların %50 verimde tutulabildiği çapın (kritik çap) tahminine yöneliktir. Bununla birlikte bir kısmı fraksiyonel verimlerin hesabını da içermektedir. Bu modellerin çoğu ampirik veya yarı ampiriktir. Bu şekilde elde edilmiş ve kullanılan siklonlardan bazıları Stairmand siklonu (1951), Lapple siklonu (1951), Southern Research Institute (SRI) siklonu(Smith ve ark.,1979), German Z siklonu (König ve ark.,1991), Aerojet siklonu (Upton ve ark., 1994), Kim ve Lee siklonu (1990) vb. olarak sayılabilir. Siklonlardaki performans değerleri 2D2D siklon tasarımı çıkana kadar pek değişmemiştir (Shepherd ve Lapple, 1939).

Genelde yapılan çalışmalar siklondaki boyut oranları üzerinde yoğunlaşmıştır. Çünkü bu oranlardaki küçük bir değişimin performansta büyük etkiler oluşturduğu gözlenmiştir.(Tan, 2012)

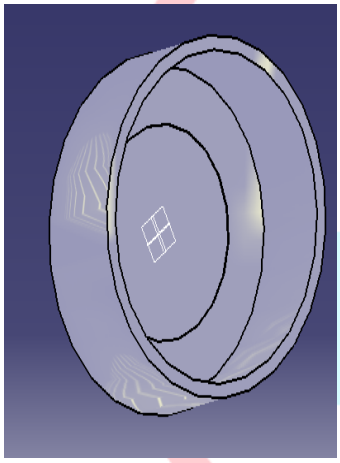
Verim deneyleri için geçerli olan sınır şartlarında ortalama çap değerlerinin kısmi verimlerini göstermektedirler.

Belirli mikronun altında fraksiyonel verimde hızlı bir düşüş meydana gelmektedir. Ancak minimuma indiği gözlenen eğri belirli değerden sonra tekrar yükselişe geçmektedir. Literatürde buna 'Fish Hook' etkisi denmektedir.

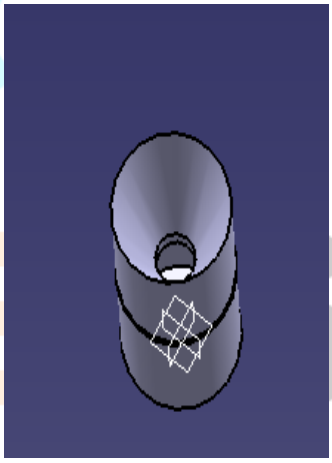
4. Deneysel Düzenek

Özel olarak Catia V5R16 tasarım programında çizilen mini siklon parçalarımız paslanmaz çelikten üretimi sağlanmıştır. Mini siklon (şekil 3) deney tesisatımız 4 ana gövdeden oluşmaktadır. Bunlar siklon gövdesi (şekil 4),toz haznesi (şekil 5), salyongoz (şekil 6) ve baca (şekil 8) olarak sıralayabiliriz. Bununla beraber tesisatın tamamlayıcı ekipmanları malvern partikül ölçüm cihazı(şekil 9),hassas dijital terazi,blower(1,5 Kw), testo basınç ölçer cihazı, debimetre, titreşim cihazı(masaj aleti),vakumlu toz besleme hunisi, kalsit tozu olarak deneye dahil edilmiştir. Laboratuvar şartlarında uygun nem ve ortam sıcaklığı göz önünde bulundurularak deneyler gerçekleştirilmiştir.

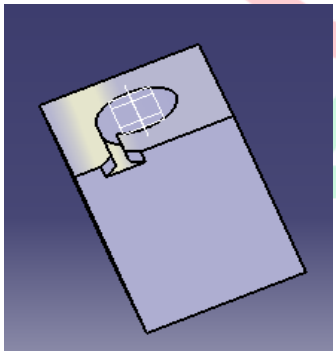
Şekil 3. Deney tesisatı (ısı laboratuvarı)



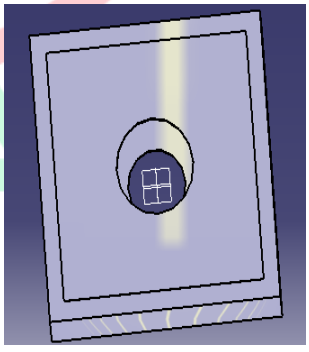
Şekil 4. Siklon Gövdesi



Şekil 5. Siklon Haznesi



Şekil 6. Salyangoz



Şekil 7. Baca

4.1 Deney Uygulaması

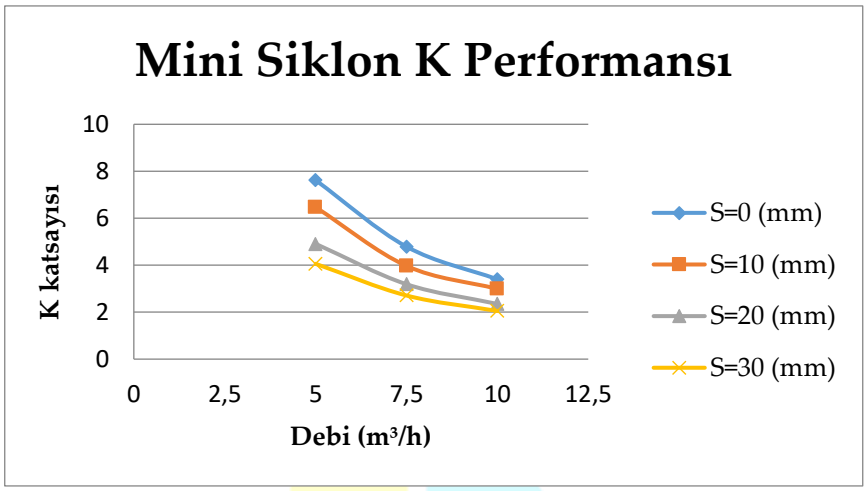
İlk olarak 20, 30, 40 gr olarak ayırdığımız kalsit numune tozlarını mini siklonumuzun değişebilen boyutlandırması s ve h içerisinde ayarlanabilen debimetre ile toplama ve sınıflandırma deneyleri yapıldı. Vakumlu toz besleme hunisine konulan belirli gramlardaki kalsit tozunun titreşim cihazı ile sabit hızda blower sayesinde emme yaptırılarak salyangoz tarafına çekilir. Salyangozdan teğetsel giriş yapan hava+kalsit partikülleri aşağı yönde dış vorteks oluşturarak siklon gövdesinde kalsit partikülleri konik içi ve dışı sınıflandırılarak haznede boyuta göre birikir. Tekrar iç vorteks oluşturarak baca tarafına doğru hareket yukarı tarafa ters akış gerçekleştirir. Toplanan iki kademedeki toz partikülleri hassas terazide ölçülerek verim hesabı yapılmıştır. Yine Malvern partikül cihazında boyutları tespit edilerek kademeli sınıflayıcımızın kontrolü sağlanmıştır. Bu şekilde kalsit tozunun içindeki partiküllerin tutma ve sınıflandırma olanağa sağlayarak kademeli mini siklon deney düzeneğimiz kontrolü sağlanmıştır.

Şekil 9. Partikül Analiz Cihazı

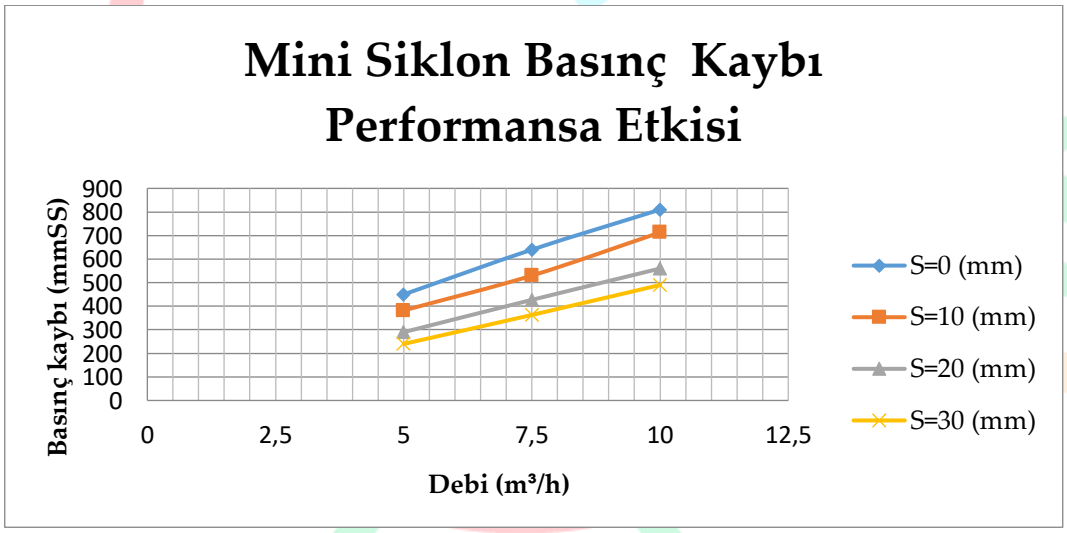
5.Sonuç ve Değerlendirme

5.1 Basınç Kaybının Performansa Etkisi

Fıçıcı (2006) dalma derinliği artması ile beraber basınç kayıplarının da arttığını gözlenlemiştir. Nitekim Kıvanç (2006)'da bu yönde incelemeleri teyid edecek sonuçlara ulaşmıştır. Basınç kaybı siklon giriş hızıyla paralel olarak artış göstermektedir.(Çalışkan,2017) Karakaş (2020)'de akış hızının 10 m/s altında olduğu durumda kayıp katsayısının 4 civarında seyrettiğini gözlemlemiştir. Grafik 2 olduğu gibi hız ile basınç kaybının incelenen aralıkta doğrusal bir eğri izlediği saptanmıştır. Dalma yüksekliği arttıkça daha az basınç kayıpları olduğuna varılmıştır. Basınç kayıplarına bağlı olarak da grafik 1'de küçük hızlarda daha yüksek K değeri varken hızın arttığı aralıkta 2 civarında kümelenme olduğu gözlemlenmiştir.



Grafik 1. Mini Siklon Basınç Kayıp Katsayısı Performansı

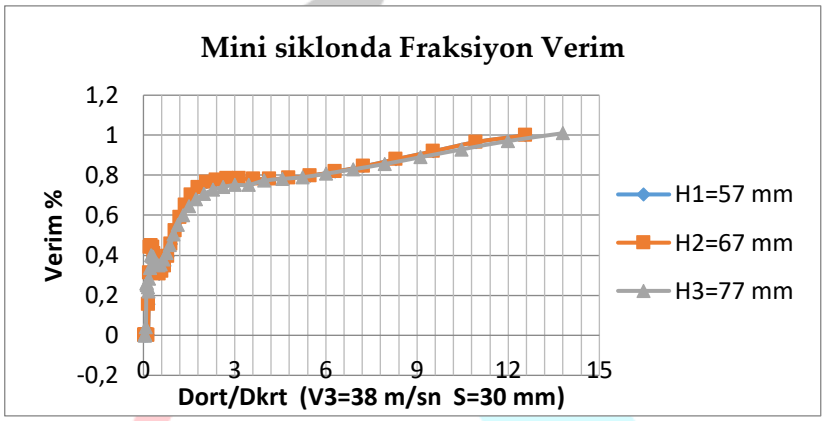


Grafik 2. Mini Siklon Basınç Kaybı Performansa Etkisi

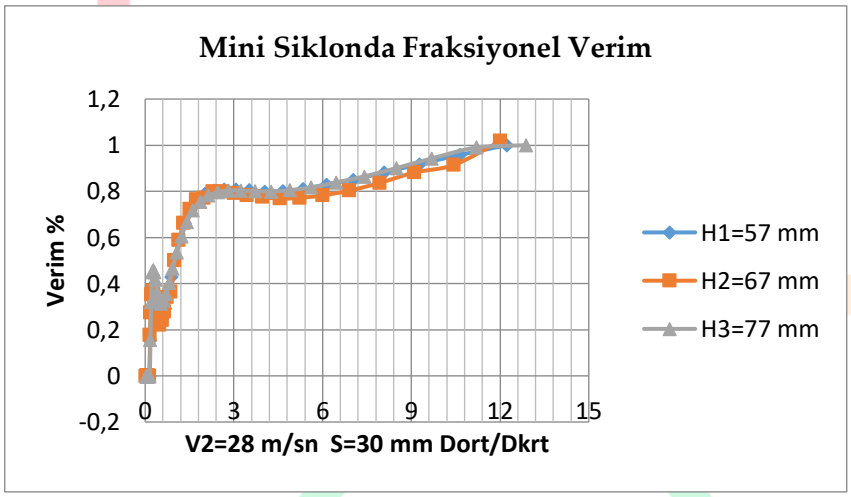
5.2 Fraksiyonel Verimin Performansa Etkisi

Fraksiyonel verim küçük partiküllerde düşük verime sahipken partikül boyutu arttığı nispette daha verimli hale gelmektedir. Sınır olarak 12 mikron üstü için tam verim %100 yani 1'e ulaşarak maksimum verim göstermiştir. (Grafik 3a,3b,3c) Bu bağlamda Çalışkan(2017) yaptığı deneylerde sınıflama ve tutma verimliliğini aynı durumu gözlemlemiştir. Tan(2016) ise yaptığı deneylerde belirli

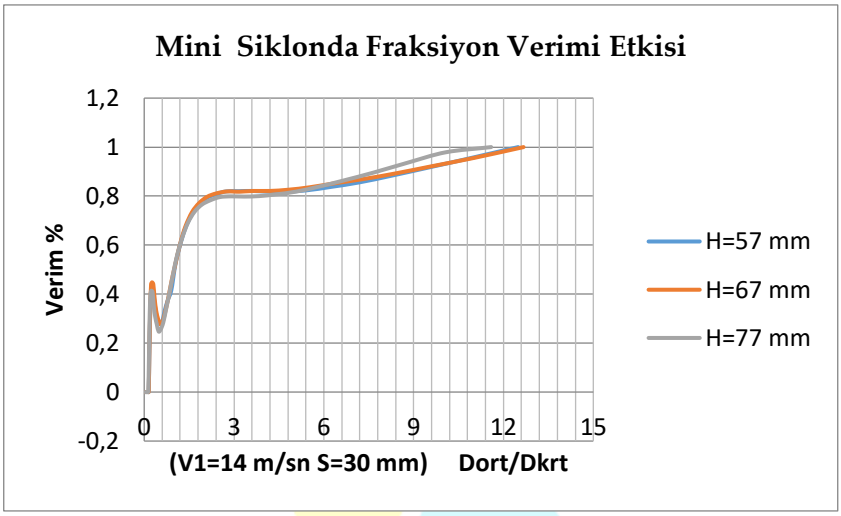
bir mikronun altında verimdeki ani düşüşü de 'Fish Hook' kuralı ile açıklayarak partikül boyut durumuna göre minimum ve maksimum noktaları tayin etmiştir. Bunda da yüzey pürüzlülüğü ile katı gövde yüksekliği ile olduğunu tespit etmiştir. Fraksiyonel verimler hız veya debi arttıkça daha küçük parçacık çaplarında %100 verime ulaşmaktadır.. Fish-Hook etkisinden dolayı genellikle fraksiyonel verimlerde kritik parçacık çapı gözlenmemektedir. Çünkü bütün verimler % 50 üzerinde görünmektedir.



Grafik 3.(a) Mini Siklonda Fraksiyonel Verim Performansı



Grafik 3.(b) Mini Siklonda Fraksiyonel Verim Performansı



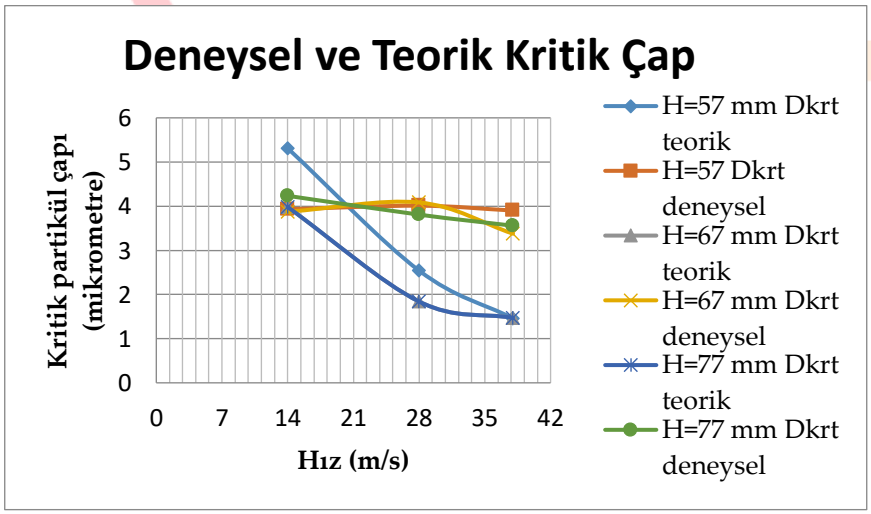
Grafik 3.(c) Mini Siklonda Fraksiyonel Verim Performansı

5.3 Kritik Partikül Çapın Performansa Etkisi

Siklonlarda toplam verim veya kritik çap genel kanaat olarak siklon boyunun uzaması ile artmakta ve basınç kayıpları azalmaktadır. (Tan,2016)

Yüksek debilere çıkıldıkça partikül tutma veriminin daha çok olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Bunun sebebi olarak debi artışına paralel olarak artan santrifüj kuvvetler, siklon giriş hızı yükseldikçe daha büyük partikülleri siklon cidarına savurabilmektedir.(Çelik,2020)

Grafik 4'de giriş hızı arttıkça kritik çap teorik olarak azalacağı görüşünü destek vermektedir. Deneysel olarak alınan sonuçlarda ise giriş hızının değiştirilmesi kritik çap değerlerinin etkilemediği görülmüş olup değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

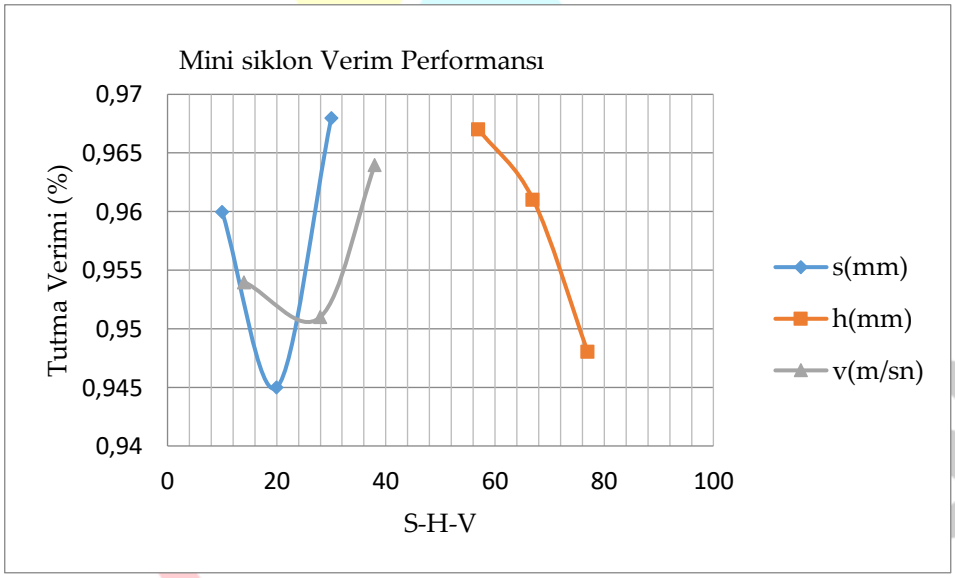


Grafik 4. Mini Siklonda Kritik Partikül Çap Kıyaslaması

5.4 Partikül Tutma(Toplama) ve Kademenin Performansa Etkisi

5.4.1 Partikül Tutma(Toplama) Verimin Performansa Etkisi

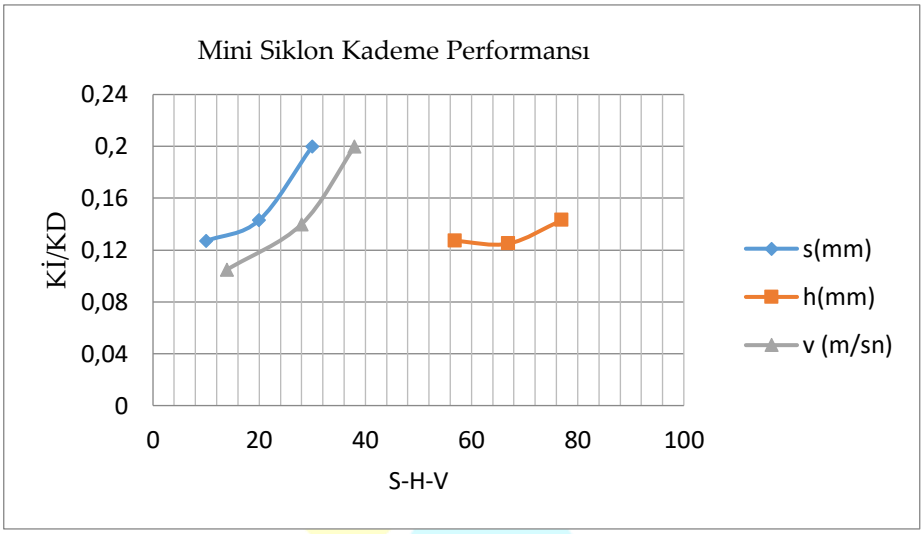
Toplama verimliliği incelenen 3 parametre grafik 5'de olduğu gibi bir eğri oluşturmuştur. İlk olarak debiye bağlı olarak giriş hızının sergilemiş olduğu maksimum verim yüksek debide görülmüştür. Tan (2016)'da yapmış olduğu çalışmada verimliliğin debiyle birlikte limit hıza kadar artmakta olduğunu, bu hızın üzerindeki hızlarda içerideki türbülans ayrışmasından daha hızlı artmakta ve bunda debinin daha fazla artmasıyla verimlilikte düşmeye neden olduğunu gözlemlemiştir. Çalışkan (2017)'de yaptığı çalışmada ise bize yüksek debilere çıkıldıkça, siklon ayırıcının maksimum toplama verimi performansına yaklaşıldığını göstermektedir. Karakaş (2020)'de çalışmasında siklon boyutunun belirli bir aralığa kadar azaltılmasında.verime olumlu etki ederken belirlenen aralıktan daha aşağılarda ise verime olumsuz yönde etkisi olacağını tespit etmiştir.



Grafik 5. Tutma verimliliği Performans Eğrisi

5.4.2 Partikül Kademe(sınıflama) Performansa Etkisi

Deney tesisatında yer alan konik içi ve konik dışı ve baca toz toplama haznemiz üç kısımda sınıflama işlemi yapmaktadır. İlk olarak baca kısmında hedflenen miktar ve boyutta partikül tutulamadığı için yeterli bilgiye sahip olunamadı.Partikül boyutu 40 µm küçük olanlar için çoğunlukla konik içi kısımda birikirken daha büyük olanlar ise konik dışı tabir ettiğimiz siklon iç çeper ile konik hazne arasında kısımda toplanmıştır. Bununla beraber her iki bölgede de aynı boyutlarda partikülere rastlanmıştır. Konik içi bölgede ortalama partikül boyut aralığı 5,42 µm civarında iken konik dışı bölgede ise 28,36 µm tespit edilmiştir. Baca kısımında ise birçok deneyden biriken eser miktardaki partiküller ise çok daha küçük partiküllere sahip olduğu gözlemlendi.



Yapılan çalışmayla sınıflama performansını iyileştirmek adına ayırma ve kademe verimini artırmak için geometrik parametrelerinde farklılığa gidilerek daha çok değerleri görme durumu incelenebilir.Bu parametrelerden birisi baca çapı değiştirilerek oradaki partikül sınıflandırma ayrımını sağlayarak hedeflenen baca kısımdaki partiküller elde edilebilir. İkinci olarak da siklon boyu gövde ve uzunluk ayarlanabilir özellik verilerek konik içi ve dışı partikül sınıflandırılması boyut aralığı daha verimli sonuçlara ulaşılması sağlanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Ali Sakin,İrfan Karagöz. (2014). Numerıcal ınvestıgatıon of surface roughness effects on the flow field ın a swırl flow. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 19, Sayı 2,

2. Çalışkan, E. (2017). Sanal gövdeli mini bir siklon ayırıcının tasarlanması ve deneysel incelenmesi. Bursa: Uludağ Üniversitesi/Makine Mühendisliği.

3. Çelik, G.(2020).Sanal gövdeli siklon ayırıcılarda gövde çapının siklon performansına etkisinin deneysel incelemesi. Yüksek Lisans Tezi Bursa Uludağ Üniversitesi/Makine Mühendisliği.

4. De Silva, I.M.B.M. (2003). Reverse flow cyclones for collection of tea dust, Master of Science Thesis, University of Moratuwa, Department of chemical and process engineering, Sri Lanka.

5. Elsayed, K., Lacor, C. 2011. Numerical modeling of the flow field and performance in cyclones of different cone-tip diameters. Computers & Fluids, 51(1), 48-59.

6. Erol,H.İ.(2016) Siklon çıkış boru çapının siklon verimliliğine etkisinin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Ankara Gazi Üniversitesi/Makine Mühendisliği.

7. F. Tan, I. Karagoz, A. Avci. 2016. Effects of Geometrical Parameters on the Pressure Drop for a Modified Cyclone Separator" Chemical Engineering Communications 39:3 576–581

8. John Dirgo & David Leith. (1985). Cyclone Collection Efficiency Comparison of Experimental Results with Theoretical Predictions. Aerosol Science and Technology, 4:4, 401-415.

9. Karagoz, I., Avci, A., Surmen, A., Sendogan O. 2013. Design and performance evaluation of a new cyclone separator. *Journal of Aerosol Science*, 59, 57-64.

10. Karakaş,C.(2020). Yüksek verimli farklı geometrideki mini siklonların performansının deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Bursa Uludağ Üniversitesi/Makine Mühendisliği.

11. Kaya Fuat, Irfan Karagoz & Atakan Avci . (2011). Effects of Surface Roughness on the Performance of Tangential Inlet Cyclone Separator). Aerosol Science and Technology , 988-995.

12. Oruç, E.(2020). Eksenel siklon ayırıcıların performans parametrelerinin sayısal olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi Bursa Uludağ Üniversitesi/Makine Mühendisliği.

13. Oshitari, T., Yamamoto, K. Fukui, K., Yoshida, H. 2017. Classification characteristics of a cyclone type classifier with improved collection boxes for separating particles nearthe wall surface. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 50(7):492-500.

14. Karagoz, I., & Kaya, F. (2008). Performance analysis of numerical schemes in highly swirling turbulent flows in cyclones. Current Science Association, pp. 1273-1278.

15. Sakin,A.,Karagöz,İ.,Avci,A.2017. A Computational Comparison of Flow and Pressure Fields in Axial and Reverse Flow Cyclone Separators. International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering., 3(2): 20-25

16. T. G. Chuah, J. G. (2006). A CFD study of the effect of cone dimensions on sampling aerocyclones performance and hydrodynamics. Powder Technology, 126 – 132.

17. Tan, F. 2016. Siklonlarda iki fazlı ve girdaplı akışların parametrik incelenmesi ve siklon ayırıcıların geliştirilmesi. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

18. W. Peng, A.C. Hoffmann, P.J.A.J. Boot, A. Udding, H.W.A. Dries, A.Ekker, J. Kater.(2002). Flow pattern in reverse flow centrifugal separators. Powder Technol. 127,212–222) .

19. Xiang, R. (2005). Numerical study of flow field in cyclones of different height. Chemical Engineering and Processing , 44, 877-883.

20. Zhu, Y. And K.W. Lee. 1999. Experimental Stuady on Small Cyclones Operating at High Flow Rates. *J. Aerosol Sci.*, 30: 1303–1315.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Solar Envelope Yönteminin Konya Örneği Üzerinden Değerlendirilmesi

Evaluation of Solar Envelope Method on the Sample of Konya

***Gökhan AF*[1]**
Fatih CANAN

Abstract

Meeting the energy needs of buildings from renewable energy sources is one of the main objectives of sustainable architecture. In this context, solar energy is an important renewable energy source that can be utilized in the design of sustainable buildings. It is a rational attitude to use solar energy primarily passively without being dependent on mechanical arrangements in buildings. In the urban environment where many adjacent buildings are located, buildings can prevent each other from sunbathing at certain intervals. In order to control this situation, the Solar Envelope method developed by Knowles can be used in architectural designs. With the inclusion of this method, which is based on the right to sunbathing, into the architectural design process, it can be controlled in advance that the buildings have sufficient sunbathing times during the day.

Within the scope of the study, firstly, an analysis study was carried out using the Solar Envelope

Özet

Binaların enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, sürdürülebilir mimarlığın temel amaçlarındandır. Bu bağlamda, güneş enerjisi, sürdürülebilir yapıların tasarlanmasında faydalanılabilecek önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Binalarda mekanik düzenlemelere bağımlı olmadan güneş enerjisinden öncelikle pasif olarak yararlanılması akılcı bir tutumdur. Birbirine komşu olan çok sayıda binanın yer aldığı kent ortamında, binalar birbirlerinin güneşlenmesine belli zaman aralıklarında engel olabilmektedir. Bu durumun kontrol edilebilmesi için Knowles'ın geliştirdiği Solar Envelope yöntemi mimari tasarımlarda kullanılabilir. Güneşlenme hakkını esas alan bu yöntemin mimari tasarım sürecine dahil edilmesi ile, binaların gün içinde yeterli güneşlenme sürelerine sahip olabilmeleri önceden denetlenebilmektedir.

Çalışma kapsamında, Konya kentinde mevcutta uygulanmış birden fazla binanın

[1] Konya Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye af.gokhan@gmail.com, fcanan@ktun.edu.tr

method in a building block where there is more than one building currently implemented in Konya. With this analysis study, the effects of the current layout and the number of floors of the existing buildings on the sunbathing possibilities of the buildings in the building block were tried to be determined. Subsequently, in order to make consistent comparisons within the same area, alternative layout arrangements varying according to the number of buildings and building positioning were proposed by preserving the number of floors in the existing floor area. In each proposed site arrangement, the total residential areas and the floor heights of the buildings were determined by the Solar Envelope method. With the use of the method in architectural design processes, the maximum settlement areas and building floors that can be obtained depending on the number of buildings and the positioning of the buildings within the building block have been determined. It has been determined that the floor area coefficient of the building island varies according to the number of buildings and positioning.

Keywords: Solar Envelope, Sunsbathing, Sustainability, Housing Design

bulunduğu bir yapı adası içerisinde ilk olarak Solar Envelope yönteminin kullanımı ile analiz çalışması yapılmıştır. Bu analiz çalışması ile, mevcut vaziyet düzenlemesinin ve mevcut binaların kat adetlerinin, yapı adası içerisindeki binaların güneşlenme olanaklarına yaptıkları etkiler saptanmaya çalışılmıştır. Sonrasında aynı alan içerisinde, tutarlı karşılaştırmalar yapabilmek için mevcut taban alanı kat sayısı korunarak bina sayısına ve bina konumlandırmasına göre değişkenlik gösteren alternatif vaziyet düzenlemeleri önerilmiştir. Önerilen her bir vaziyet düzenlemesinde toplam yapılaşma alanları ve binaların kat yükseklikleri Solar Envelope yöntemiyle saptanmıştır. Yöntemin mimari tasarım süreçlerinde kullanımı ile, bina sayısına ve binaların yapı adası içerisindeki konumlandırmalarına bağlı olarak elde edilebilecek maksimum yapılaşma alanları ve bina kat adetleri belirlenmiştir. Yapı adasının kat alanı katsayısının, bina sayısına ve konumlandırmaya göre değişkenlik gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Solar Envelope, Güneşlenme, Sürdürülebilirlik, Konut Tasarımı

Giriş

Dünyada üzerindeki enerji tüketimlerinin büyük bir bölümü kömür, petrol ve doğalgaz gibi hidrokarbon türü fosil kaynaklardan oluşmaktadır. 2025 yılına kadar petrol ve doğalgaz talebinde artışın süreceği ve dünya enerji talebinin büyük kısmının fosil yakıtlardan sağlanacağı düşünülmektedir. Enerji talebi ve tüketimindeki artıştan kaynaklanarak kendini gösteren çevre sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmıştır. Hayatlarımızın bağlı olduğu doğal kaynaklar sonsuzluk özelliğine sahip değildir. Bu aşamada sürdürülebilirliğin önemi ortaya çıkmaktadır.

Günümüz dünyasını ve geleceğimizi tehdit edecek çevre sorunlarının önüne geçebilmek için birçok alanda sürdürülebilir geleceğe katkıda bulunacak çalışmalar yapılmaktadır. İnsanların yaşamını, ruhsal durumunu, eylemlerini etkileyen ve en başında durumları yaşayacağı mekanları tasarlayan mimarlığın sürdürebilir bir gelecekte üzerine düşen sorumlulukları vardır. Dünya genelinde toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmından inşaat sektör sorumludur. Yapı üretim sürecinde, doğal kaynaklar, su ve yüksek miktarda enerji tüketilmektedir. Bir yapının yaşam döngüsü dikkate alındığında, enerji tüketimlerinin önemli bir bölümünün kullanım aşamasında meydana geldiği bilinmektedir. Bu enerjiler, bina içinde fiziksel konfor gereksinimlerini sağlayan ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri için harcanmaktadır. Bu nedenle konutlarda enerji verimliliğini artırmak için daha planlama ve tasarım aşamasında iken fiziksel çevre denetimi belli bir bilinçle ele alınmalıdır.

Kaynakların aşırı kullanımı ve artan yüksek talepler enerjinin verimli kullanımı ve yenilenebilir enerji tabanlı çalışmaların hızlanmasına yol açmıştır. Güneş enerjisinin binalarda ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik üretimi amacıyla en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı olduğu söylenebilir (Danacı ve Gültekin, 2009). Güneş enerjisinden pasif ve aktif sistemler olmak üzere iki şekilde yararlanılabilmektedir. Pasif sistemler herhangi bir mekanik düzenlemeye başvurulmadan sadece mimari tasarım yoluyla, binalarda güneş enerjisinden kazanç elde edilmesidir. Mimarlıkta güneşlenme, sürdürülebilir mimarlığın öncelikli olarak enerji kazanımı sağlamanın yanında sağlıklı yaşam koşullarının oluşturulması için dikkate alınmıştır (Canan, Kürüm Varolgüneş, 2017). Kent ortamında, özellikle sınırlı bir alandaki binaların güneş enerjisinden yararlanması için, binaların biçimsel özellikleri, yükseklikleri ve konumlarının güneşlenmenin kurallarına uygun olması gerekmektedir.

Mimaride güneş enerjisinden pasif olarak yararlanma çok eski tarihlerden bu yana bilinmektedir. Mimarlık tarihi incelendiğinde, Vitruvius'un "Mimarlık Üzerine On Kitap"ı, yapıların güneşin yönüne göre nasıl konumlandırılacağına dair bilgiler içermektedir. Ancak özellikle modern mimarlık döneminden itibaren, güneşten pasif anlamda yararlanma yaklaşımları, mekanik sistemlere güvenilerek çoğunlukla göz ardı edilmiştir.

Bandung, Endonezya'da Paramita ve Koerniawan (2013), tropikal bölgelerde Solar Envelope kullanımının değerlendirilmesine yönelik çalışmalarında, Solar Envelope'un inşaat sahalarında optimum güneş enerjisi elde etmek için yapı şekli ve kütlesini biçimlendirmeye yarayan bir kılavuz olarak kullanılmasının mümkün olduğu sonucuna varmışlardır. Canan, Özer ve Kürüm Varolgüneş'in (2016) "Proposition of Housing Construction with Solar Envelope Method in Renewal Area After Disaster" isimli çalışmasında depremden sonra yapılaşmış alanda mevcut bina durumu ve önerilen bina formları hakkında değerlendirmeler ele alınmıştır. De Luca ve Doğan (2019), şehir planlaması için mevcut olan Solar Envelope yöntemini geliştirme çalışmaları yaparak, mimarlara ve planlamacılara çevreye duyarlı binalar ve kentsel çevreler tasarlama konusunda yardımcı olmayı amaçlamışlardır. "The Shading Envelope: A morphology for climate change mitigation" adlı çalışmada Raboudi ve Ben Sacı (2020), Solar Envelope yönteminin bir türevi olan Shading Envelope yöntemi üzerinde çalışarak, iklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan yüksek sıcaklarından, enerji tüketimini azaltarak korunma üzerine çalışmışlardır.

Bu araştırmada binaların sınırlı bir alan içerisinde güneşten pasif olarak yararlanabilmelerine olanak sağlayan "Solar Envelope" yöntemi ele alınarak Konya kentinde bir alan çalışması

gerçekleştirilmiştir. Kullanılan Solar Envelope yöntemi, binaların birbirlerinin güneşlenme hakkını gözetme esasına dayalıdır ve Knowles tarafından gerçekleştirilmiştir (Knowles, 1981). Yöntemin icadının üzerinden uzun bir süre geçmiş olsa da, son dönemlerde Solar Envelope ile ilgili çalışmalar literatürde yer almaya devam etmektedir. Yöntemin temel esasları dikkate alınarak, özellikle bilgisayar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar dikkate değerdir.

Amaç

Çalışmada, halihazırda birden çok binanın bulunduğu yapı adasındaki binaların birbirlerinin güneşlenme olanaklarına etkileri "Solar Envelope" yöntemiyle saptanarak, vaziyet düzenlemesi ve kütle şekillenmesiyle alternatif çözüm önerileri sunulması hedeflenmiştir.

Öncelikle Solar Envelope yöntemiyle yapı adasındaki mevcut binaların hem kendi içinde hem de yakın çevredeki yapılara gölge yapma potansiyelleri incelenmiştir. Daha sonra mevcut alandaki taban alanı kat sayısı korunarak farklı yerleşim planları elde edilmiştir. "Solar Envelope" yöntemiyle yeniden elde edilen kütle düzenlemesi ile mevcut durum arasında karşılaştırma yapılarak, güneşlenme olanaklarının sağlıklı hale getirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Kapsam

Çalışmanın konusu mevcut yapı adalarındaki binaların güneşlenme olanaklarının analiz edilmesidir. Bu kapsamda Konya yerel ölçeğinde örnek bir yapı adası belirlenmiştir. Güneş enerjisine en ihtiyaç duyulan dönem kış dönemi olduğundan analiz çalışmasının yapıldığı zaman aralığı kış dönemi olarak seçilmiştir.

Kentsel ölçekte güneşlenmeden yararlanmanın, yapıların konsept aşamasında alınan tasarım ve yerleşim kararlarına bağlı olduğu çalışma kapsamında gösterilmek istenmiştir. Güneşlenmeden yararlanma, tasarım sürecinde şansa bırakılmamalıdır. Arazinin verimli bir şekilde kullanımı enerji verimliliği sağlamakta önemli bir aşamadır.

"Solar Envelope" yöntemiyle üretilen tüm alternatif yerleşim planlarında yapılar, analizin yapılmış olduğu zaman aralıklarında çevre binalara gölge oluşturmayacaktır. Çalışmada binaların güneşlenme olanakları çalışma kapsamında üç boyutlu solid şekillerle tanımlanmaya çalışılmıştır.

Solar Envelope Yöntemi

Çalışmada, güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak için binaların kaba kütle formunu oluşturan "Solar Envelope" yöntemi, Konya yerelinde seçilen yapı adasında analiz çalışması için kullanılmıştır.

Bu çalışmada Konya'da seçilen bir alan üzerinden değerlendirme yapılacağından Konya'nın coğrafi özellikleri kullanılmıştır. Hacimsel olarak alanların bulunabilmesi için matematiksel hesaplamalara imkan veren Autocad ve Sketchup yazılımları kullanılmıştır. Belirlenen alanda yapıların birbirine yapmış olduğu engellemeler analiz edilmiştir. Elde edilen verilerle birden çok alternatif çözüm önerileri getirilmiştir.

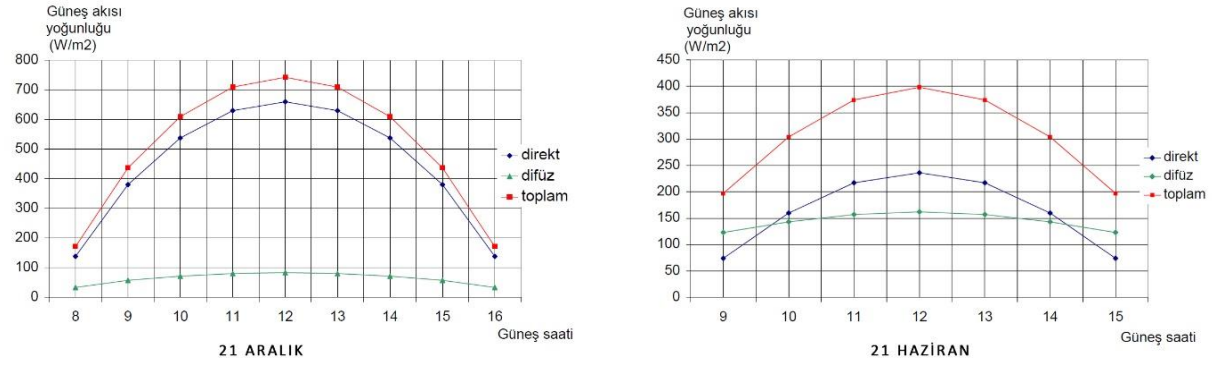
Solar Envelope, güneşten en iyi şekilde yararlanmak için binaların formunu oluşturan geometrik bir yöntemdir. Bu yöntem Knowles tarafından 1970'lerin enerji krizi sırasında geliştirilmiştir (Morello, Ratti, 2009). "Solar Envelope" yöntemi, tasarlama ile ilgili yapılı çevrelerde güneşlenmeden

faydalanarak enerji korunumunu, doğal ışığa erişiminin ve iyi bir yaşam kalitesinin sağlanması amaçlanmaktadır (Knowles, 1981; Canan, 2008).

Solar Envelope belli bir zaman diliminde, yakın çevresinde yer alan komşu binalara gölge oluşturmayan bir binanın hacimsel sınırlarıdır (Houpert, 2003). Solar Envelope, belirli bir alan için oluşturulabilecek maksimum hacmi belirler. Solar Envelope'nun oluşumu çevresel özelliklere ve güneşin erişim sürelerine bağlıdır. Bu iki faktör birleştirildiğinde, Solar Envelope'nun biçimini ve sınırlarını belirlemek mümkündür (Knowles, 2003). Bir Solar Envelope sınırları içinde tasarlanan bina, çevresindeki komşu binalara gölge düşürmeyecek ve bu nedenle güneşlenme potansiyelini engellemeyecektir.

Konya Örneğinde Alan Çalışması

Analiz aşamasında, önceden belirlenmiş yapı adaşındaki konut binalarının lokasyonlarına göre Solar Envelope oluşturulmuştur. İlk olarak Solar Envelope'larının taban alanları tespit edilmiştir. Taban alanları bulunurken çevre yapıların cephe hatları sınır olarak kabul edilerek oluşturulmuştur. İkinci olarak mevcut yapı adası için zaman parametreleri belirlenmiştir. Zaman parametreleri, bir gün boyunca güneşten en uygun enerji kazanımını elde etmek için güneşlenme süresini belirlemeyi içerir. Çalışmada kış dönemi esas olarak alınmıştır. Konya'nın enlem derecesinde, kış dönemi için güneye yönlenmiş dik bir yüzeye gelen enerji yoğunlukları ve güneşlenme süreleri dikkate alındığında saat 9-15 ile saat 10-14 arası güneşlenmenin başlangıç ve bitiş saatinin uygun olduğu iki zaman aralığıdır (Canan, 2008). Bu çalışma kapsamında 10-14 saat aralığı, güneş enerjisinden daha iyi yararlanıldığı tespit edildiği için kullanılmıştır (Şekil 1). Bu saatlerdeki güneşin açısal koordinatları tablo 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Konya için 21 Aralık ve 21 Haziran tarihinde güneş akısı yoğunluğu (düşey yüzeyde ve güney yönde) (Audience yazılımı) (Canan, 2008)

Tablo 1. 21 Aralık ve 21 Haziran için açısal koordinatlar

Konya, enlem: 37,5°		Güneş yükseklik açısı	Azimut açısı
Kış dönemi 21 Aralık	Güneşlenme süresinin başlangıç saati: 10.00	22.5°	30°
	Güneşlenme süresinin bitiş saati: 14.00	22.5°	30°
Yaz dönemi 21 Haziran	Güneşlenme süresinin başlangıç saati: 10.00	60.8°	70°
	Güneşlenme süresinin bitiş saati: 14.00	60.8°	70°

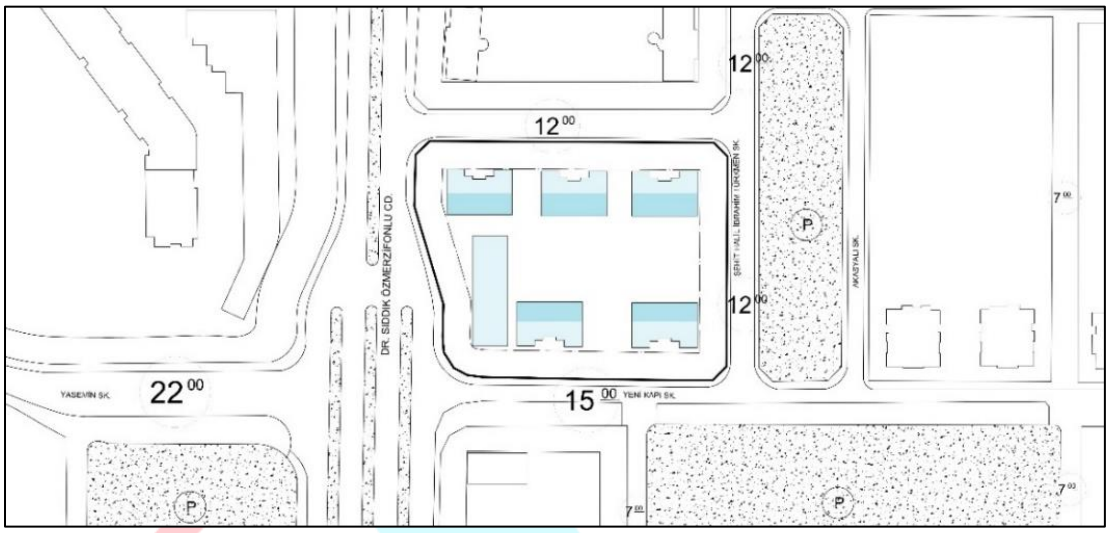
Tasarımda çok sayıda çözüm yolu olacağından dolayı, yapı adasında farklı kütle sayıları sistematik olarak arttırılarak önerilmiştir. Vaziyet alanında analizi yapan mimarın tasarım kaygıları sebebiyle çalışmanın genel amacı unutulmadan kütleler konumlandırılmıştır. Önerilen kütlelerin taban alanları, yapı adasının mevcut taban alanı kat sayısı değerini sağlayacak uygun fonksiyonel bir çözüm verebilecek şekilde belirlenmiştir. Farklı kütle sayıları yapılmasındaki amaç, karşılaştırılmaların daha sağlıklı olduğunun düşünülmesi ve farklı çözüm yollarının olduğunu analiz sonucunda göstermektir. Önerilen kütlelerin yükseklikleri; zemin katta farklı fonksiyonel çalışmaların olacağı düşünülerek 3,5 metre, diğer katlarda yaygın tasarım yaklaşımlarında olduğu gibi 3 metre kabul edilmiştir. Üst katlarda Solar Envelope hacminin daralması sonucu fonksiyonel bir çözüm üretilemeyecek alanlar çıkmaktadır. Solar Envelope'un daralmış olduğu alanlarda 2 metre genişliğinden az olan katlar analize alınmamıştır.

Konya Asude Park Evleri Alanında Uygulamanın Gerçekleştirilmesi ve Elde Edilen Bulguların Değerlendirilmesi

Konya Asude Park Evleri: Yeni yapılaşmanın yoğun olarak yapıldığı bölgede yüksek katlı yapılar oldukça fazladır. Seçilen yapı adasında yapılaşma 2017 senesinde tamamlanmıştır. Konya Asude Park Evlerine ait imar verileri tablo 2'de, imar durumu ise şekil 2'de verilmiştir. Çekme mesafeleri her yönden 10 metre olarak uygulanmıştır. Yapı adası içerisinde 5 adet konut bloğu ve 1 adet ticaret yapısı bulunmaktadır. Konutların her katında iki adet daire tasarlanmıştır.

Tablo 2. Asude Park Evleri için imar verileri

Yapı Nizamı	KAKS Değeri	TAKS Değeri	Parsel Alanı	Binaların Kat Adetleri	Bina Yüksekliği
Blok	1.2	0.2	9387 m^2	Z+6 (7 katlı)	25,5 metre

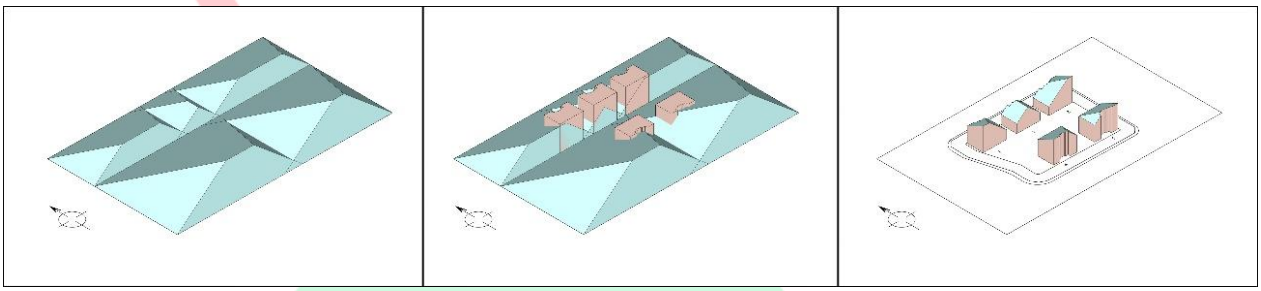


Şekil 2. Asude Park Evleri vaziyet planı

Asude Park Evlerinin Mevcut Durumu Üzerinden Analiz Edilmesi

Şekil 3'te analiz amaçlı Solar Envelope'ları ve bunların mevcut bina kütleleri ile çakıştırılması görülmektedir. Tablo 3'te Solar Envelope'ları ile çakıştırılan bina kütlelerinde ve yapı adasının tamamında meydana gelen düzeltme miktarları ve oranları yer almaktadır.

Asude Park Evlerinde, binaların tümünde tabloda görüldüğü gibi önemli düzeltme oranları ortaya çıkmıştır. En önemli düzeltme oranı yapı adasının kuzeyinde yer alan 2 nolu blokta görülmektedir. 2 nolu kütlenin hacmi %50,5 oranında azalmıştır. En az seviyedeki hacimsel azalma, %30,5 oranında 5 nolu kütlede meydana gelmiştir. Yapı adasının genelinde ortaya çıkan hacimsel azalma %37,5 oranındadır.



Şekil 3. Asude Park Evleri için analiz amaçlı oluşturulan güneş kabukları ile binaların çakıştırılması ve düzeltilmiş bina kütlelerin elde edilmesi

Tablo 3. Binalarda meydana gelen düzeltme miktarları ve oranları

Kütle no	Düzeltilmiş kütle hacimleri (1 binanın hacmi: 9537 m^3) v (m^3)	Fark 9537-v (m^3)	Azalma oranı %
1	6062,8	3474,2	36,4
2	4722,7	4814,3	50,5
3	5789,8	3747,2	39,3
4	6579,9	2957,1	31
5	6612,9	2924,1	30,5
Toplam	29768,9	17916,9	37,5

Asude Park Evlerinde Sağlıklaştırma Önerisi

Yapı adasının hiç bölünmeden kullanımına ve yapı adasının ikiye, üçe, dörde, mevcut duruma örnek olması açısında beşe ve altıya bölünmesiyle Solar Envelope'lar oluşturulmuştur. Bölünmeler sonucu oluşan alanların her birine fonksiyonel olarak uygun çözüm verebilecek taban alanları hesaplanmıştır. Solar Envelope, her bir taban alanı için çevresindeki yapıların dış hatları sınır kabul edilerek oluşturulmuş ve sonuçta kaba bina kütleleri elde edilmiştir (Şekil 5).

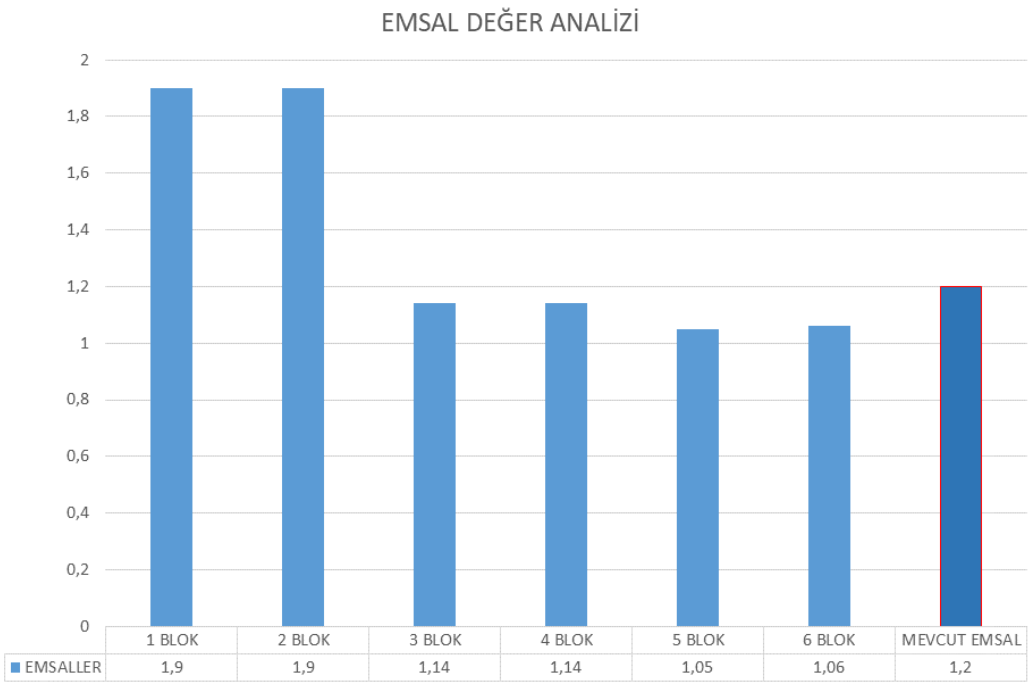
Şekil 4'te Asude Park Evleri için analizi yapılmış önerilerin ve mevcut durumun kat alanı katsayıları (emsal) yer almaktadır. Yapı adasının tekil ve ikiye bölünmüş durumları haricinde tüm kat alanı kat sayıları mevcut değerin altında çıkmıştır. Bu sonuç, güneşlenmeden yararlanmanın daha etkin sağlanabilmesi için yoğunluğun mevcut durumdan daha az olması gerektiğini göstermektedir.

Tekli Solar Envelope'dan elde edilen yapı kütlesi Z+11 kata olanak vermektedir. Taban alanı korunarak yükselen kütlenin toplam kat sayısı Z+7 kattır (deformasyona uğramamış net dikdörtgen prizma). Kütle tasarımcının özgünlüğüne bırakılarak bütün olarak farklı konut tasarımları ortaya çıkarabilir.

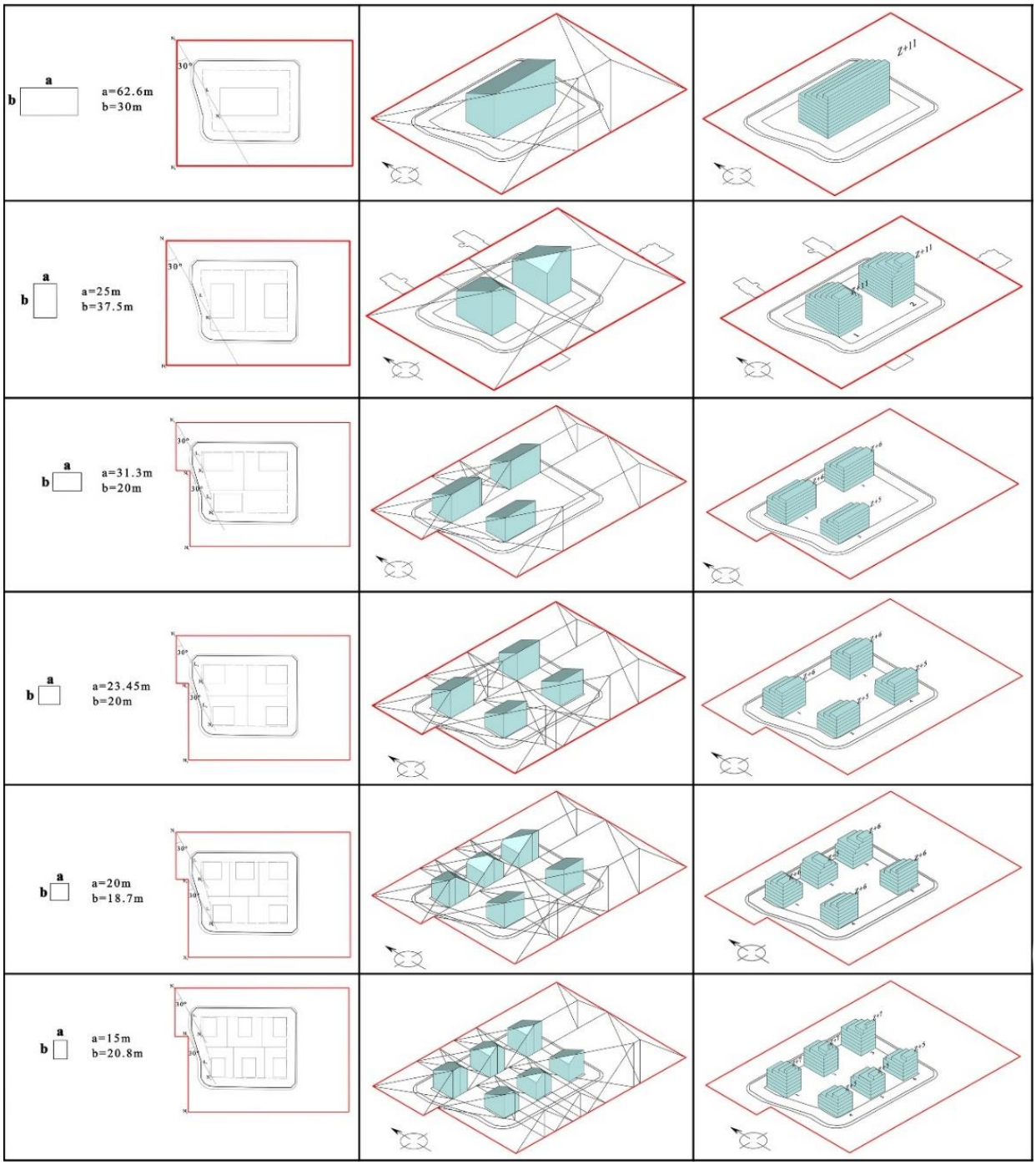
İkili bölünme sonucu oluşan Solar Envelope'larından elde edilen bina kütleleri Z+11 katlıdır. Çevre yapıların cephe sınırlaması Solar Envelope'nun oluşmasında etkilidir. Bu etki tekli ve ikili parsel bölünmelerinde kütlelerin yüksek katlı olmalarına olanak vermiştir. Üçlü bölünme sonucunda oluşan Solar Envelope'larından elde edilen kütlelerden kuzeyde yer alanlar Z+6 katlı, güneyde yer alan tekil kütle ise Z+5 katlıdır. Solar Envelope oluştururken güneyde yer alan kütlenin kuzey yönlü yapı sınırı daha kısa mesafeli olduğundan kat sayısı daha az çıkmıştır. Dörtlü bölünme sonucu oluşan Solar Envelope'larından elde edilen kütlelerden kuzeyde yer alanlar Z+6 katlı, güneyde yer alanlar ise Z+5 katlıdır. Mevcut durumun değerlendirilmesi için yapı adası beşli olarak da bölünmüştür. Beşli bölünme sonucu oluşan güney bloklarından elde edilen bina kütlelerin kat sayıları sınırlamaların farklılığından kaynaklanarak değişkenlik göstermektedir. Şekil 3'te beşli bölünmedeki kat sayıları kuzey ve güneyde köşe kütlelerde aynıdır. 2 nolu kütle Solar Envelope oluştururken taban alanının küçüklüğünden dolayı kat sayısı daha az çıkmıştır. Farklı sayı ve özelliklerde yapı kütleleri bulmak, farklı alternatif çözümlerin üretimini sağlayacağı için mevcut durumdaki yapı sayısının bir fazlası olacak şekilde parsel altılı şekilde bölünmüştür. Altılı bölünme sonucunda oluşan Solar Envelope'larından elde edilen kütlelerden kuzeyde yer alanlar Z+7 katlı, güneyde yer alanlar ise Z+5 katlıdır. Kat sayıları, deforme olmuş

dikdörtgen alanlarını da kapsamaktadır. Deforme olmuş katlara tasarımcının özgünlüğüne bırakılarak alışılmışın dışında çözümler getirilebilir.

Yapı adasındaki mevcut durumun sağlıklaştırılması için farklı sayı ve özellikte Solar Envelope'lar oluşturulmuştur. Bu bağlamda tasarımcılar farklı seçenekleri değerlendirebilir ve uygun olanı seçme olanağına sahip olurlar. Tasarımcılar sınırlı özgürlüklerinin içerisinde çeşitli özelliklere sahip tasarımlar ortaya çıkarabilirler.



Şekil 4. Asude Park Evlerinde mevcut durum ve önerilerde kat alanı katsayıları (KAKS)



Şekil 5. Asude Park Evleri için öneri bina kütlelerinin elde edilmesi (tek, iki, üç, dört, beş ve altı bina kütlesi)

Sonuçlar

Dünyanın enerjiye olan ihtiyacı giderek artmaktadır. İnşaat sektörünün bu enerji kullanımındaki payı yadsınamayacak kadar fazladır. Dünya genelinde tasarımda güneş enerjisinin etkili kullanımına yönelik ileri ve yaratıcı yeni yaklaşımların oluşturulması, yaşadığımız alanların sürdürülebilirliği için önemlidir. Güneş enerjisinin etkili bir şekilde yapılarda kullanılabilmesi ve tasarımın ilk aşamalarından etkili olabilmek için Solar Envelope yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada, güneşlenme problemlerini tanımlamak ve çözüm önerileri sunmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, Solar Envelope yöntemi kullanılarak mevcut durumun güneşlenme potansiyeli tespit edilmiş ve sonrasında sağlıklaştırma çalışmasında farklı öneriler sunulmuştur. Çalışmadan çıkan sonuçlara göre, yapı adası içinde belirlenen zaman aralığında binaların yeterince güneşlenebilmesi için toplamda %37,5 oranında hacimsel azaltma yapılması gerekmektedir. Bu değer güneşlenmenin tüm binalarda yeterli düzeyde sağlanmadığını göstermektedir. Yine aynı zamanda güneşlenme konusunun tasarımda temel bir girdi olmadığı ve yeterince etüt edilmediğini göstermektedir.

Sağlıklaştırma çalışmasının kapsamında, yapı adalarının coğrafi konumları dikkate alınarak inşa edilmiş yapıların potansiyelini göstermek için 6 farklı öneride bulunulmuştur. Solar Envelope yöntemiyle elde edilen bina kütleleri, yapı adasındaki diğer yapılara ve çevre binalara gölge düşürmemektedir. Öneriler sonucunda inşa edilebilir alanlarda farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kütle sayısı arttıkça (mevcut TAKS değerine bağlı kalınarak), KAKS değerinin azaldığı görülmektedir.

Yapı adası tekil veya ikiye bölünerek kullanıldığında kütleler mevcut durumdan daha yüksek çıkmaktadır. Ancak bu durumda iç mekanlara ışığın ulaşması zorlaşabilir. Bu durumda ışığı iç mekanlara ulaştırmak için kütlede yırtıklar oluşturulabilir. Bu tamamıyla tasarımcının kendi özgünlüğüne kalmıştır. Diğer önerilerde mevcut durumdan daha düşük KAKS değerlerinin görüldüğü ve kat sayılarının mevcut yapıların kat sayılarından daha az çıktığı görülmüştür. KAKS değerlerinin kütle sayısına bağlı olarak değiştiği ortaya çıkmıştır.

Solar Envelope yönteminin kullanımıyla elde edilen yeni bina kütleleri, alışılagelmiş konutların simetrik tasarımları yerine, piramidal ya da kademeli olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle üst katlarda farklı konut çözümleri gerekebilmektedir. Üst katlarda daralan taban alanları, asma kat, çatı arası, teras katı olarak kullanılabilir. Duruma göre dubleks daireler için kullanılabilir. Stüdyo tipi (1+0) yapılar son katlarda yer alabilir ya da kullanıcıya çalışabileceği boş mekanlar bırakılarak, kullanıcı bu mekanlar için yeni fonksiyonel çözümler üretebilir. Üst katlara doğru bina kütlelerinde daralma olduğu için birden çok çekirdek çözümlemesi yapılması gerekebilmektedir.

Artan nüfusun konut ihtiyaçlarını ortaya çıkaracağı kaçınılmaz bir durumdur. Yeni yapılaşmalarda sürdürülebilir metotların kullanımı, yapıların enerjiye olan bağlılığını azaltacaktır. Güneşlenme süresi bakımından ülkemiz diğer ülkelere kıyasla oldukça avantajlı bir konumdadır. Yenilenebilir enerjiler arasında bulunan ve insan ömrü için sınırsız sayılabilecek kaynak olan güneşin yapıların tasarımında kullanılması sürdürülebilirlik için önemlidir. Solar Envelope yöntemi mevcut yapıların güneşlenme potansiyellerinin analiz edilmesini sağlamaktadır. Sürdürülebilir projelerin daha tasarım sürecindeyken güneşlenme potansiyellerinin analiz edilmesi, sürdürülebilir amaca uygun tasarımlar ortaya çıkarabilmektedir.

Kaynakça

Canan, F. , Bakır, İ. (2008) Toplu Konut Alanlarında Yapılaşma Yoğunluklarının Güneşlenmeye Göre Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi,; 55-66.

Canan, F. , Özer, G. , Varolgüneş, F. K. (2016) Proposition of Housing Construction with Solar Envelope Method in Renewal Area After Disaster, Journal of Solar Energy Research(JSER) ;12-17

Canan F. , Kürüm Varolgüneş F. (2017) Mimarlığı Güneşle Buluşturmak, Modernist Mimarlık Döneminde Öncü Bir Mimar: Henri Sauvage. Yapı Dergisi(430), 45-52. (DAAI)

Danacı Mutlu H. ve Gültekin R.E. (2009) Yapılaşmada Güneş Enerjisi Kullanımı ve Estetik Çözümleri, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır

De Luca, Francesco; Doğan Timur (2019) A novel Solar Envelope method based on solar ordinances for urban planning, Build Simul https://doi.org/10.1007/s12273-019-0561-1

De Luca, Francesco (2019) Learning Performance-driven Design. Students Approach Integrating Urban Form Studies and Building Performance Analysis, ResearchGate

Houpert, D. (2003). Approche Inverse pour la Resolution de Contraintes Solaires et Visuelles dans le Project Architectural et Urbain- Developpement et Application du Logiciel SVR, These de Doctorat, Universite de Nantes, Ecole Doctora le Mecanique, Thermique et Genie Civil, Nantes.

Knowles, R.L. (1981). Sun Rhytm From, The Massachusettes Institute of Technology Press, Massachusetts.

Knowles, R.L. (2003). The Solar Envelope: its meaning for energy and buildings, Energy and Buildings, 35, 1 , 15-25.

Morello E., Ratti C. (2009) Sunscapes: 'Solar Envelopes' And The Analysis Of Urban Dems; Computers, Environment and Urban Systems, 26-34.

Paramita Beta, Koerniawan Donny M. (2013) Solar Envelope assessment in tropical region building case study: Vertical settlement in Bandung, Indonesia, The 3. International Conference on Sustainable Future for Human Security SUSTAIN 2012, Procedia Environmental Sciences 17 (2013); 757-766

Raboudi Khaoula and Saci Abdelkader (2020) The Shading Envelope: A morphology for climate change mitigation, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 410 012010

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Tarihi Yapılarda Neme Bağlı Bozulmalar: Diyarbakır Suriçi Örneği

Moisture Defectives in Historical Buildings: Diyarbakir Suriçi Example

Nursen IŞIK[1]

Abstract

In cases where significant deterioration correct use of all the components to water and humidity, which constitute foundation to the roof structure. In order to prevent water and moisture problems, precautions should be taken at necessary places on the structure and its outer shell.

All components of the structure to the knowledge of good moisture problems must be examined. This is down to the source of the problem, it should go the way of isolation and protection. Moisture problems in structure design and processing steps of detecting the first embodiment in the use phase, it is extremely important to discover the source of this problem structure.

Many structural deteriorations are observed in historical masonry structures. These can be listed as cracks, ruptures, joint discharge, moisture, surface loss, etc. Structural deterioration due to moisture and humidity can have a negative effect on many structural elements of the building

Özet

Su ve nem yapının temelinden çatıya kadar olan tüm bileşenlerinde doğru kullanılmadığı durumlarda önemli bozulmalar meydana getirmektedir. Su ve nem sorunlarının oluşmaması için yapının ve dış kabuğunda gerekli yerlerde önlemler alınmalıdır.

Nem sorunlarının bilinmesi için yapının tüm bileşenlerinin iyi irdelenmesi gerekir. Bu sorunların kaynağına inilerek, izolasyon ve koruma yoluna gidilmelidir. Nem sorunlarının, yapıda tasarım, uygulama ve kullanımında oluşum aşamaları öncelikle saptanarak, bu sorunun kaynağına ulaşmak yapı açısından oldukça önemlidir.

Tarihi yığma yapılarda birçok yapısal bozulmalar görülmektedir. Bunlar, çatlak, kopma, derz boşalması, nem, yüzey kaybı v.b olarak sıralanabilir. Nem ve neme bağlı oluşan yapısal bozulmalar yapının temelden çatıya kadar birçok yapı elemanında ya da yapının tümünde olumsuz etki edebilir. Bu nedenle nemin yapı içerisinde oluşum süreci, yapısı bulunduğu alan ya da

[1] Nursen IŞIK Öğr. Gör. Dr. Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, isikcn@gmail.com

from the foundation to the roof or on the whole structure. Therefore, in the formation process of the moisture, and the area or areas in the present state of the structure must be well determined.
Diyarbakır Suriçi Area is an important and cultural center with historical and monumental structures. The main materials used in the historical masonry structures in this region are basalt, brick and wood. Moisture-related deterioration in buildings varies according to the location and function of the building. There are many examples of faulty application, functionalization and user-related deterioration due to moisture.
In this study, firstly, the building components that are in constant or indirect contact with the humidity are explained and examples of historical masonry buildings in Diyarbakır Suriçi Region are shown.
By examining the internal and external factors in the formation of moisture in historical masonry buildings, suggestions are presented for the problems caused by moisture in the building.

Keywords: Historical building, humidity, deterioration, Diyarbakır, Suriçi

alanlardaki mevcut durumunun iyi tespit edilmesi gerekir.
Diyarbakır Suriçi Bölgesi tarihi ve anıtsal yapıların bulunduğu önemli ve kültürel bir merkezidir. Bu bölgedeki tarihi yığma yapılarda kullanılan ana malzemeler bazalt, tuğla ve ahşaptır. Yapılardaki neme bağlı bozulmalar yapının konum ve işlevine göre farklılıklar göstermektedir. Neme bağlı bozulmalarda hatalı uygulama, işlevlendirme ve kullanıcı kaynaklı olduğu örnekler oldukça fazladır.
Bu çalışmada, öncelikle nemle sürekli ya da dolaylı olarak irtibat sağlayan yapı bileşenleri anlatılarak, Diyarbakır Suriçi Bölgesindeki tarihi yığma yapılardaki örnekler gösterilmiştir.
Tarihi yığma yapılarda, nemin oluşumunda iç ve dış etkenler incelenerek, yapıda nemden kaynaklanan sorunlar için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapı, nem, bozulma, Diyarbakır, Suriçi

Giriş

Tarihi yapılar bir ülkenin kültürel mirası olmakla birlikte bulundukları kentlerin hafızası oluşturmaktadır. Bu yapılar, birçok uygarlığın etkisi ve özelliklerini yansıtacak şekliyle inşa edilmiş olup, kent surları, köprü, cami, kilise, hamam, han, sivil mimari örnekler olarak günümüze ulaşmıştır.

Tarihi yapılar zaman içinde birçok nedenden dolayı bozulmalara uğrayarak, bazıları kısmi hasarlı ya da ağır hasarlı olarak günümüze kadar gelmiştir.

Kültürel miraslarımız olan bu yapıların günümüze ulaşmasında, doğal etkenler, zemin kaynaklı, yangın, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulmaların etkisi oldukça büyüktür. Bozulmaların boyutu ve

mevcut durumu yapıda kullanılan malzeme teknik ve konumuna göre farklılık göstermiştir. Hasar düzeyi yüksek olan tarihi yapılar ağır hasarlı ya da arkeolojik kalıntı olarak günümüze ulaşmalarına rağmen meydana gelen hasar ve bozulmaların dış etkilere (hatalı müdahale, kullanıcı kaynaklı, işlevlendirme v.b) bağlı oluştuğu örnekler bulunmaktadır.

Tarihi yapılardaki bozulmaların, yapının taşıyıcı sistemi başta olmak üzere süreç içinde birçok yapı elemanı hasarlarının ve hasar düzeylerinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle onarımı yapılamayan tarihi yapılardaki bozulmalara bağlı yapıda strüktürel düzensizlikler meydana gelmiştir.

Tarihi yapılarda kullanılan malzemeler, iklim ve atmosfer koşullarının etkisiyle bozulmalara uğramışlardır. Yağmur, kar, rüzgar ve nemin etkisi bir çok yapı elemanında, özellikle dış cephe, çatı, duvarlarda önemli sorunlara yol açmıştır. Suya maruz kalan yapı malzemesi ve elemanının iklime bağlı sıcaklık farklılıkları, ıslanma, kuruma, donma, çözünme gibi fiziksel değişimlere uğraması bozulmaları arttırmıştır. Ayrıca yeraltı sularının etkisiyle yapı zeminine ilerleyen su ve nem malzemede ilerleyerek, yapı kütlesini arttırarak, suyun içindeki kimyasal minerallerle (tuz v.b) yapı malzeme ve elemanlarının bozulmasını hızlandırmaktadır.

Su ve nemin etkisine maruz kalan tarihi yapılarda malzeme bozulmaları yapı taşıyıcı sistemini etkileyecek düzeye gelmesi durumunda, taşıyıcı sistemde düzensizlik ve süreksizlikler oluşabilmektedir. Bu nedenle taşıyıcı sistemi etkileyen bozulmaların oluşmasını önleyecek ve durduracak müdahalelerin yapılması oldukça önemlidir.

Yapının zemin ve dış etkilere bağlı su ve neme maruz kalan bölümleri ile tüm yapı koruma altına alınarak, bozulmaların giderilmesi sağlanmalıdır. Bozulmaları önlemek için yapılacak teknik müdahaleler, yapının özgünlüğüne zarar vermeyecek şekilde ilgili uzmanlar gözetiminde yapılmalıdır.

Tarihi yapılarda Kullanılan Malzemeler

Tarihi yapılarda kullanılan malzemeler, bulundukları çevre ve yapım tekniklerine göre değişiklik göstermektedir. Taş, kerpiç, tuğla, ahşap, metal ve geleneksel harçlar yapılarda kullanılan ana malzemelerdendir. Bu malzemelerin bir ya da bir kaçı aynı yapıda birlikte kullanılabilmektedir.

Kerpiç

Anadolu'da en eski yapı malzemesi olarak "kerpiç" kullanılmıştır. Kil esaslı olan topraktan yapılmış kerpiç çamuruna saman katılıp hamur kıvamına getirilen malzeme, ahşap kalıplara dökülerek güneşte kurutulur. Güneşte kurutulan kerpiç blokları, duvarlarda kullanılarak yapı inşasına geçilir (Tarhan, 1975, 46).

Kerpiç malzemede kullanılan killi toprak alüminyum silikat bileşiminden oluşmaktadır Kerpiç malzemenin dayanımı kerpiç yapımında kullanılan toprağın özelliğine, su miktarına, kurutma yöntemlerine göre değişebilmektedir. (Eriç, 1980, 81).

Kırsal yapılarda genellikle tercih edilen kerpiç malzeme, yığma yapı duvarlarında ve ahşap duvarlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Son yıllarda kerpiç malzemeye katkı malzemeleri eklenerek dayanımları arttırılarak, sürdürülebilir malzeme olmasını sağlayan uygulama ve çalışmalar yapılmıştır (Şekil 1).

Şekil 1 Kerpiç malzemeden yapılmış Harran evleri (2020)

Taş

Tarihi yapılarda taş, dayanımının yüksek olması, doğada yaygınlığı ve diğer malzemelere göre yapının tüm bölümlerinde kullanım konforu ve ısısal özelliği nedeniyle geçmişten günümüze tercih edilen bir yapı malzemesi olmuştur. Taş malzeme yapının duvar, döşeme ve bazen üst örtüsünde kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda kullanılan taş malzemeler (bazalt, andezit, kalker v.b) birçok çeşidiyle kullanıldıkları bölgelerde kent kimliğine önemli katkı sağlamıştır. Diyarbakır, Mardin, Şanlıurfa v.b. illerindeki tarihi yapılarda kullanılan bazalt, kalker gibi malzemelerin özgün mimarinin oluşmasında büyük etkisi bulunmaktadır (Şekil 2).

Şekil 2.Diyarbakır geleneksel evlerde kullanılan ahşap malzeme

Ahşap

Ahşap, çekme ve basınca çalışan, eğilme özelliği ile açıklıklar geçilerek tercih edilen yapı malzemesi olmuştur (Dabanlı 2008). Geçmişten günümüze tarihi yapılarda kullanılan ahşap, geleneksel mimarinin ana malzemelerinden biri olmuştur. Özellikle ana malzeme olarak kullanıldığı yapılarda taşıyıcı sistemlerde dikme payanda, hatıl döşeme duvar ve cumbalarda kullanımı oldukça yaygındır (Şekil 3).

Şekil 3.Diyarbakır Evlerinde ahşap malzemenin cephe ve cumbalarda kullanımı (2021)

Tuğla

Kilin yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edile tuğla, Romalılar ve öncesinde yapı malzemesi olarak kullanılmıştır. Boyutları, şekilleri ve kullanım alanlarına göre farklılık gösteren tuğla malzeme, tarihi yapılarda saf 24 kaolin ve kilin karıştırılarak yüksek ısıdaki fırınlarla pişirilmesiyle oluşturulur (Yılmaz, 2006).

Tarihi yapılarda tuğla malzeme duvar, kemer, kubbe ve cephelerle, bazı yapılarda hatıl olarak kullanılmıştır (Şekil 4).

Meryem Ana Kilisesi (2021)

Şekil 4.Tuğla Malzemesinin Cephe, duvar ve kubbede kullanım örneği

Harç

Yapı malzemelerinde harçlar bağlayıcılık özelliğiyle kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda en yaygın görülen harç "Horasan harcı"dır."Horasan harcı", tuğla kırıklarının sönmüş kireç ve agregalar katılarak oluşturulan geleneksel bir harçtır. Kubbe, kemer, duvar, temel ile kaba, ince sıvalarda bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır (Ersen, A vd. 2013; 36-50). Horasan harcı olarak kullanılan bağlayıcı malzemeler Romalılar tarafından "cocciopesto" (Massazza ve Pezzuoli, 1981), Hindistan'da "Surkhi" (Spence, 1974), Arap ülkelerinde "Homra" (Lea, 1940) şeklinde isimlendirilmiştir (Böke v.d.2004; 90-94) (Şekil 5).

Şekil 5. Diyarbakır Surlarında Harç Kullanım Örnekleri (2021)

Metal

Tarihi yapılarda metal malzemeler, yapı elemanlarındaki taşıyıcı özelliğine destek olmak, gerilmeleri engellemek veya azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Metal malzeme, kemer ve kubbelerde açılmalarını önleyen gergi demirleri (çubukları) ile sütunlarda malzemelerin eksen, aks kaymasına karşı koyan gergi bilezikleri ve millerde kullanılmıştır. Metal kenet ve dikişler ise malzemelerde ayrışmaları önlemektedir (Şekil 6).

Şekil 6. Diyarbakır Camilerinde kullanılan metal gergi çubukları ve bilezikleri örnekleri (2021)

Tarihi Yapılarda Kullanılan Yapı Malzemelerindeki Nem Sorunları

Tarihi yapılarda taş, tuğla, ahşap ve geleneksel harç ana yapı malzemeleri olarak kullanılmıştır. Bu yapılarda kullanılan malzeme ve yapı elemanlarında nem ve suyun etkisi oldukça önemlidir. Su ve nem etkisindeki malzeme bozulmaları, yapı elemanlarının işlevini yitirmesine ve yapı taşıyıcı sisteminin bozulmasına neden olacak döngüyü başlatmaktadır. Bu nedenle oluşan bu döngü tüm yapı ölçeğinde büyük bozulma ve hasarları meydana getirmektedir.

Suyun, yapı içerisindeki hareketi ve kapilarite ile malzeme yüzeyinde ve bünyesinde ilerlemesi nedeniyle bozulmalar meydana gelmektedir. Zeminde mevcut nemin malzemelere ulaşması, yapı elemanlarında ve taşıyıcı sistemdeki yükü arttırmaktadır. Bu nedenle sudaki tuz ve mineraller etkisiyle yapı elemanlarına ulaşan suyun buharlaşması sonucu, özellikle duvar yüzeylerinde çiçeklenme, tuzlanma oluşmasına neden olmaktadır. Duvarlarda meydana gelen çiçeklenme ve tuzlanmalar fiziksel ve kimyasal etki yaratarak bünyesel bozulmaları hızlandırmaktadır. Dış ortam koşullarında yağmur, kar ve zemindeki suyun etkisiyle meydana gelen bozulmaların giderilmemesi, tüm yapı elemanlarında biyolojik bozulmalara bağlı bitki, yosun oluşumunu arttırmaktadır. Zeminden üst yapıya ilerleyen su ve nem, taş malzemelerde bünyesel boşluklar meydana getirerek bu boşluklarda yosun ve bitkilenmeye bağlı bozulmalara neden olur. Bu durum, ahşap elemanlarda çürüme ve mantar gelişimi şeklinde oluşmaktadır (Mahrebel, 2006).

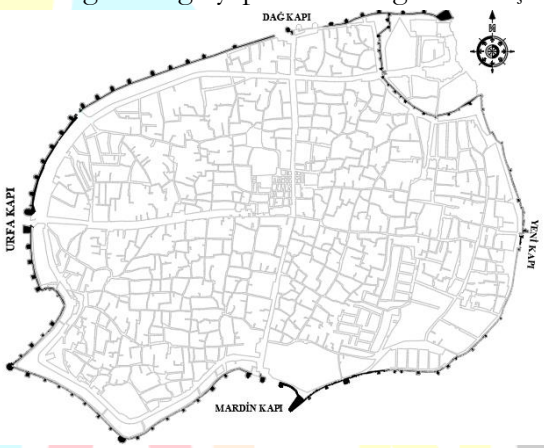
Yapı malzeme yüzeyindeki suyun malzeme içindeki hareketi ıslanma-kuruma şeklinde ortaya çıkmaktadır. Gözenekler tarafından emilen su, gözeneklerin birleşmesi ve kısmi kayıplarla kanallar oluştururlar. Malzeme yüzeyindeki suya maruz kalan kanallar tüm yapı elemanına ulaşarak ıslanma sürecini tamamlar. Islanma süreci sonrası, suyun ters yöndeki hareketi buharlaşmayı başlatarak malzemenin kurumasını sağlar. Döngü halindeki bu değişimler malzeme bozulmalarıyla başlayarak tüm yapı elemanlarının hasara uğramasına ve taşıyıcı sistemin bozulmasına yol açar. Islanma ve kuruma sıklığı iklimsel etki, hava sıcaklığı ve dış ortam koşullarına göre değişebilen etkilerdendir. Malzemede suyun hareketine bağlı ıslanma hızlı, kuruma yavaş gerçekleşmektedir. Bu aşamalarda malzemelerde bozulma ve hasarlar oluşmaktadır. Yeraltı sularının, temelden yukarıya doğru ilerlemesi ise "kılcallık" olarak tanımlanmaktadır. Suyun kılcal yollarla ilerlemesi malzemelerde bozulmaları hızlandırmaktadır (Döndüren ve diğ.;45-58).

Tarihi yapılarda neme bağlı sorunlar taş malzemede tuzlanma, kireçlenme, yüzey kaybı, ahşap malzemede çürüme, mantar oluşumu, tuğla malzemede tuzlanma, yüzey kaybı, harçlarda ufalanma, malzeme kaybı metal malzemede korozyon hasarları en yaygın görülen hasarlardır. Bu hasarların giderilmemesi tüm yapı ölçeğinde strüktürel sorunların oluşmasına yol açabilmektedir.

Diyarbakır Suriçi Bölgesi'ndeki Tarihi Yapılarda Görülen Neme Bağlı Bozulmalar

Suriçi Bölgesi, dünya kültürel mirasında önemli yeri bulunan surlarla çevrili birçok tarihi yapının bulunduğu yerleşim merkezidir. Farklı türdeki tarihi yapılar yüzlerce yıl önceden yapılmış az hasarlı, kısmi hasarlı ve ağır hasarlı olarak günümüze ulaşabilmişlerdir. Bu yapıların bir kısmı zaman içinde restore edilerek, farklı işlevler verilen örnekleriyle kullanılmaya devam edilmiştir.

Bu çalışmada, Suriçi Bölgesi'nde yer alan farklı türdeki tarihi yapılarda neme bağlı oluşan bozulmalar incelenerek, bozulmaların görüldüğü yapı örnekleri gösterilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Diyarbakır Suriçi Haritası (KAİP 2012)[2]

Diyarbakır Surlarında Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Suriçi Bölgesini çevreleyen Diyarbakır surları, iç ve dış kaleden oluşmuştur. Dış kale sur duvarları 4460 m, iç kale sur duvarları 598 metre uzunluğundadır. Surların 620 metrelik kısmı yıkılarak yok olmuştur (Halifeoğlu 2013).

Sur duvarlarının yüksekliği 5-15 m, dış sur duvarları 1.80-2.00 m arasında değişmektedir. Dış surlar siperlik ve mazgallarla korunmuş, korkuluk kısmının 2.00 m yükseklikte yer aldığı "seğirdim" yoluyla çevrelenmiştir (Gabriel 1940)

Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi tarafından 2002 yılında yapılan çevre düzenlemesi sonrasında surlar etrafındaki niteliksiz yapılar kaldırılmış ve sonrasında süreç içinde onarımlar yapılmıştır. Yapılan düzenlemeler sonrası drenajların doğru konumlanmaması nedeniyle sur duvar diplerinde yeraltı sularından kaynaklanan nem ve tuzlanma hasarları oluştuğu görülmüştür. Onarımları yapılmayan ve savunmasız kalan bazı sur duvarları ile burçlarda yağmur, kar, rüzgar ve sıcaklık değişimlerine bağlı duvar, kubbe, kemer ve döşemelerde nem hasarları oluşmuştur. Ayrıca sur duvarlarındaki harçların

[2] Diyarbakır Büyükşehir Belediyesi KAİP 2012 planına göre yeniden düzenlenmiştir

nem ve dış ortam etkisiyle bağlayıcılık özelliği zayıflayarak tuzlanma ve dökülme hasarları ile bitkisel(floral) bozulmalar meydana gelmiştir (Şekil 8).

Şekil 8. Diyarbakır Surlarında neme bağlı oluşan malzeme kaybı ve bitki oluşum hasarları (2021)

Diyarbakır Camilerinde Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Diyarbakır Suriçi Bölgesinde farklı plan tipleri ve özelliklere göre değişiklik gösteren birçok cami yer almaktadır. Bu camilerin bir kısmı restore edilmiştir. Bazı camilerin özel mülkiyetli olması nedeniyle kapsamlı restorasyonları yapılmamış küçük onarımlar yapılarak meydana gelen bozulmalar giderilmeye çalışılmıştır.

Camilerdeki mevcut tesisatların hatalı konumlandırılması, bakımsızlık ve yetersiz müdahaleler ile zemin kaynaklı ve dış etkiler (kar, yağmur v.b) nedeniyle oluşan nem sorunları camilerde hasarlar oluşturmuştur. Camilerin kubbe ve çatılarında yalıtımın iyi çözümlenmemesi sonucunda duvarlarda ve kubbelerde neme bağlı bozulmalar oluşmuş ve bu durum bazı cami taşıyıcı sistemlerini olumsuz etkilemiştir.

Camilerde sıva ve boyayla kapatılan duvar ve kubbelerde nemlenmeye bağlı kabarmalar ile duvarlarda özgün harçlarda boşalma ve kayıplar oluşmuştur. Ayrıca cami kubbelerindeki neme bağlı bozulmalar cami içlerinde duvarlara doğru ilerleyerek, duvarlarda bağlayıcı harcın azalmasına neden olarak duvarlarda ayrışmaları ve taşıyıcı sistemde hasarların oluşumunu hızlandırmıştır. Nemlenen cami cephe duvarlarında kirlenmeye bağlı yosun oluşumu ve bitkilenme (floral) şeklinde bozulmalar bulunmaktadır (Şekil 9).

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami (2021) Melik Ahmet Paşa Cami Hacı Büzrük Cami (2021)

Şekil 9. Diyarbakır camilerinde neme bağlı oluşan bozulmalar

Diyarbakır Kiliselerinde Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Diyarbakır Suriçi Bölgesinde farklı boyutlarda ve plan tiplerinde kiliseler bulunmaktadır. Kiliselerin büyük bölümünde restorasyon çalışmaları yapılarak mevcut hasarlar giderilmiştir. Bazı kiliselerde ise bakımsızlık, terk ve doğa koşulları etkisiyle neme bağlı hasarlar artarak devam etmiştir.

Restorasyonu tamamlanan bazı kiliselerde, yalıtımların eksik yapılması nedeniyle restorasyon sonrasında tuzlanma, bitkilenmeye ve neme bağlı bozulmalar devam etmiş, kubbe ve çatılardaki hasarların giderilmemesi ile taşıyıcı sistem başta olmak üzere tüm yapıda hasarlar oluşmuştur (Şekil 10).

Saint George Kilisesi (2021) Meryem Ana Kilisesi Papaz Evi (2021)

Şekil 10. Diyarbakır kiliselerinde neme bağlı oluşan sorunlar

Diyarbakır Hanlarında Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Suriçi Bölgesindeki Diyarbakır hanları, sütun ve ayaklarla taşıtılan revaklı geçişleri olan tonozlu veya ahşap kirişli bir veya iki katlı olarak yığma yapım tekniğiyle inşa edilmiştir. Hanlarda ana yapım malzemesi olarak bazalt, kalker, tuğla ve ahşap kullanılmıştır.

Restorasyonu yapılan hanlarda yalıtım çözümlerinin doğru yapılmaması nedeniyle neme bağlı bozulmalar meydana gelmiştir. Çatı ve damlarda yapılan onarımlarda su tahliyelerinin yetersiz ve eksik konumlandırılması ile yağmur sularının cephe yüzeyinde birikerek tuzlanma oluşturduğu görülmüştür. Cephe yüzeylerinde biriken suların harçların bünyesinde boşalmalar ve kayıplar oluşturmuştur.

Diyarbakır Hasan Paşa Hanında ıslak hacimlerin konumu ve yalıtım eksikliği nedeniyle revaklardaki tonozlarda neme bağlı sıvalarda kabarma ve dökülmeler olmuştur. Sülüklü han giriş kapısındaki geçişin üstü ahşap kirişlerle geçilmiş ancak toprak dam olması gereken üst örtü beton döşeme ile örtülerek ahşap kirişlerde nemlenmeye bağlı kireçlenme ve tuzlanma ve sehim oluşmasına neden olmuştur.

Bakımsızlık, terk ve doğa koşullarına bağlı ağır hasarlı olan Çifte Han tüm döşeme ve duvarlarda nem başta olmak üzere birçok hasar meydana gelmiştir (Şekil 11).

Çifte Han (2021) Sülüklü Han(2021) Hasan Paşa Hanı (2021)

Şekil 11. Diyarbakır Hanlarında neme bağlı oluşan sorunlar

Diyarbakır Hamamlarında Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Hamamlar, yıkanma eylemlerinin gerçekleştiği su yapılarıdır. Bu mekanlarda su ve buharın etkisiyle nemli bir ortam bulunmaktadır. Hamamlarda buhar ve hava çıkışını sağlayan kubbelerde "fil gözü" olarak adlandırılan küçük boşluklar vardır. Buhar ve nem çıkışının yeterince sağlanamadığı hamamların kubbe ve duvarlarında nemlenme, yosun oluşumu ve kubbe üstlerinde bitkilenme şeklinde bozulmalar ile harç ve tuğla malzemede kayıplar meydana gelmiştir. Ayrıca fil gözleri ve hamam fenerlerinden sızan yağmur sularına ve tuzlanmaya bağlı bozulmalar oluşmuştur (Şekil 12).

Deva Hamamı (2021) Melik Ahmet Paşa Hamamı (2021)

Şekil 12. Diyarbakır hamamlarında neme bağlı oluşan sorunlar

Diyarbakır Evlerinde Neme Bağlı Oluşan Bozulmalar

Diyarbakır evleri, Suriçi Bölgesi'nin sivil mimari örneklerindendir. Ortada avlusu bulunan çevresinde iklime göre konumlanan evlerde ıslak hacim olarak hela ve banyo mekanları bulunmaktadır. Bu evlerin üst örtülerindeki (toprak dam), "çörten" adı verilen damdan sokağa doğru uzanan su tahliye boruları vardır.

Bazı evlerde zeminden kaynaklanan veya damdaki yağmur sularının tahliyesini sağlayan çörtenlerin olmayışı veya işlevini yitirmesi nedeniyle duvar ve döşemelerde neme bağlı bozulmaları oluşturmuştur. Ayrıca toprak dam ve üst örtüdeki neme bağlı bozulmaların etkisiyle ahşap kirişlerde çürüme ve sehim hasarları meydana gelmiştir Ahşap kirişlerle geçilmiş toprak damın hatalı müdahalelerle betonla değiştirilmesi sonucunda ahşap kirişler ve taş duvarlarda neme bağlı tuzlanma ve kireçlenme hasarları oluşmuştur (Şekil 13).

Şekil 13. Diyarbakır evlerinde neme bağlı oluşan sorunlar (2021)

Sonuç ve Öneriler

Tarihi yapılardaki neme bağlı bozulmalar, yapının malzeme ve yapı elemanlarını etkileyerek hasarların oluşmasına neden olmuştur. Nem sorunlarının giderilmemesi, yapılarda bozulmaların artmasına neden olmakta ve taşıyıcı sistemi etkileyecek düzeye ulaşabilmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır Suriçi Bölgesi'ndeki surlar, han, hamam, kilise, cami ve geleneksel evlerdeki neme bağlı oluşan bozulmalar incelenmiş, bozulmaların bulunduğu farklı yapı örnekleri verilmiştir. Yapılan alan çalışmasında tespit edilen bozulmaların zemin, dış ortam koşulları ve hatalı yalıtım ve tesisat çözümlemelerine bağlı oluştuğu görülmüştür. Neme bağlı oluşan bozulmalar; harç ve malzeme kaybı, bitkilenme (floral), metallerde korozyon ve taşlarda kireçlenme veya tuzlanma ahşap malzemede çürüme ve mantarlaşma şeklinde gerçekleşmiştir.

Tarihi yapılarda su ve neme bağlı bozulmaların önlenmesinde, yapının özgünlüğünü koruyan yalıtım tedbirlerinin alınması ve yapılan uygulamaların doğru çözümlenmesi gerekmektedir. Bu yapılarda temelden çatıya kadar tüm yapı bileşenlerinin nem ve diğer bozulmalara karşı korunmasında, günümüz teknolojisi kullanılarak ortam konforu yeniden düzenlenmelidir. Toprak dam veya çatı elemanlarında suyun tahliyesini sağlayan yağmur olukları yenilenmelidir. Ayrıca doğa koşulları ve dış etkilere ve neme bağlı bozulmaların giderilmesi ve yeniden oluşumunun önlenmesi için yapılacak tüm teknik detaylandırmalar, ilgili uzmanlar gözetiminde, sürdürülebilirlik özelliğine katkı sağlayan öneriler doğrultusunda yapılmalıdır.

Kaynaklar

Böke, H., Akkurt, S. İpekoğlu, B., (2004), "*Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri*", *Yapı Dergisi,* sayı 269, s. 90-94.

Dabanlı, Ö. (2008). *"Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi"* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı. s.28. İstanbul.

Döndüren, M.S., Şişik, Ö., Demiröz, A.,(2017). *"Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri"* Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi sayfa:13, 2017, s. 45-58

Eriç, M. (1980). "*Kerpiç Eski Eserlerin Onarımı ve Korunmasında Bir Araştırma",* Üçüncü Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu, *ICOMOS*-ICOM, s.79-84, Ankara

Ersen, A, Gürdal, E., Güleç, A., Alkan, N., vd. (2013), *"Geleneksel Harçlar ve Koruma Harçları, Bağlayıcı Olarak Kullanılacak Kireç ve Hidrolik Kireçli, Puzzolanlı, Tuğla Tozlu ve Tuğla Kırıklı Harçlardaki Malzeme Oranlarının Belirlenmesi Çalışması Raporu*", KUDEB Restorasyon Konservasyon Çalışmaları Dergisi, sayı 16, s. 36-50.

Gabriel, A. (1940). *"Voyages Archeologiques Dans La Turquie Orientale*." 2. Cilt. s. 106. Paris.

Halifeoğlu, F.M. (2012). *"Diyarbakır Surlarının Özellikleri ve Yapım Tekniği"* Uluslararası Surlar Sempozyumu. s.116. Diyarbakır.

Lea, F.M., (1940). *"Investigations on Pozzolanas*",Building Research,Technical Paper No.27, s.1-63.

Massazza, F.; Pezzuoli, M., (1981). *"Some Teachings of a Roman Concrete Mortars, Cement and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings*", Proceedings of Symposium in Rome, s. 219-245,

Mahrabel, H. A.,(2006), ***"****Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri",* Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

Spence, R., (1974). *"Lime and Surkhi Manufacture in India*", Appropriate Techonology, 1 (4), s.6-8.

Yılmaz, P., (2006), *"Tarihi yapıların modellenmesi ve deprem güvenliklerinin belirlenmesi*", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Tarhan, M.T., (1975). *"Urartu Merkezleri'nde Meydana Çıkarılan Kerpiç Mimarinin Korunması ve Onarımı Hakkında Öneriler"*, MTRE Bülteni, 46, İstanbul.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Tarihi Yapılardaki Yapısal Sorunların GPR (Georadar) Yöntemiyle Belirlenmesi: Diyarbakır Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ve İskender Paşa Cami Örneği

Determination of Structural Problems in Historical Buildings by GPR (Georadar) Method: The Example of Diyarbakir Hoca Ahmet (Ayn Minare) Mosque and İskender Paşa Mosque

Nursen IŞIK [1]
Fatma Meral HALİFEOĞLU [2]

Abstract

Historical buildings are important cultural heritages in the history and memory of the city. Historical buildings have survived to the present day by going through structural problems and deterioration due to many reasons over time. It is necessary to know the problems that occur in the detection of deteriorations in the structures and the interventions for the problems. Many methods are used to detect structural problems and deteriorations.

With the Georadar (GPR) method, cracks-fractures, voids or deteriorations in the gap and bearing walls in the ground can be determined. As a result of the data obtained, the damage levels and locations in the building are determined and make a significant contribution to the strengthening interventions.

Özet

Tarihi yapılar kent tarihi ve hafızasında önemli kültürel miraslardır. Tarihi yapılar zaman içinde birçok nedenlere bağlı oluşan yapısal sorunlar ve bozulmalara uğrayarak günümüze ulaşabilmiştir. Yapılardaki bozulmaların tespiti ve sorunlara yönelik müdahalelerde bulunulmasında meydana gelen sorunların bilinmesi gereklidir. Yapısal sorunlar ve bozulmaların tespit edilmesinde birçok yöntemler kullanılmaktadır.

Georadar (GPR) yöntemi ile zemindeki boşluk ve taşıyıcı duvarlardaki çatlak-kırık, boşluk ya da diğer tür bozulmalar belirlenebilmektedir. Elde edilen veriler sonucunda yapıdaki hasar düzeyleri ve konumlarına göre müdahale ve güçlendirme yöntemleri belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada, Diyarbakır Suriçi Bölgesinde yer alan iki camide georadar (GPR) taramaları

[1] Nursen IŞIK, Öğr. Gör. Dr. Dicle Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü isikcn@gmail.com
[2] Fatma Meral HALİFEOĞLU, Doç. Dr. Dicle Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü mfhalife@gmail.com

In this study, georadar (GPR) scans were made in two mosques in Diyarbakır's Suriçi Region and damage locations and levels were determined. The radargrams obtained as a result of the scans were filtered to investigate the current state of the ground and the effect of cracks-fractures on the walls, which are not visible from the outside, and existing damages.

Georadar scans in mosques were carried out by expert geophysical engineers. The working area was divided into locations by the relevant experts, and GPR sections were taken in the form of line / profile at the determined locations. Measurements were made by selecting a depth of 2.00-4.00 meters in wall scans and a depth of 10.00-20.00 meters in the ground. 100 Mhz and 1.8 Ghz antennas were used throughout the study.

As a result of the georadar scans carried out in Hoca Ahmet (Ayn Minaret) mosque and İskender Paşa Mosque, it was determined that there were gaps in the floors and cracks and fractures in the walls of both mosques.

Keywords:
Georadar, GPR, Diyarbakır, Hoca Ahmet Mosque, İskender Pasha Mosque

yapılarak hasar konumları ve düzeyleri belirlenmiştir. Taramalar sonucu elde edilen radargramlar filtrelenerek zeminin mevcut durumu ve duvarlarda dıştan görülmeyen çatlak-kırıklar ile mevcut hasarların birbiri ile olan etkisi araştırılmıştır.

Camilerde yapılan georadar taramaları uzman jeofizik mühendisleri tarafından yapılmıştır. İlgili uzmanlar tarafından çalışma alanı lokasyonlara ayrılmış, belirlenen lokasyonlarda hat/profil şeklinde GPR kesitleri alınmıştır. Duvar taramalarında 2.00-4.00 metre derinlik, zeminde 10.00-20.00 metre derinlik seçilerek ölçümler yapılmıştır. Çalışma boyunca 100 Mhz ve 1.8 Ghz anten kullanılmıştır.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ile İskender Paşa camide yapılan georadar taramaları sonucunda her iki yapının zemininde boşluklar ile duvarlarında çatlak ve kırıklar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:
Georadar, GPR, Diyarbakır, Hoca Ahmet Cami, İskender Paşa Cami

Giriş

Tarihi yapılar, bulundukları kentin geçmişten günümüze gelmiş olan en önemli kültür miraslarıdır. Kent hafızası ve gelişimine önemli katkı sağlayan tarihi yapılar yüzyıllar boyunca mevcudiyetlerini sürdürerek bugüne ulaşmışlardır.

Birçok medeniyete ev sahipliği yapmış tarihi yapılarda zaman içinde yapısal sorunlar meydana gelmiştir. Geçmişten günümüze ulaşan bu yapılarda meydana gelen yapısal sorunların doğru tespit edilmesi doğru müdahale açısından oldukça önemlidir.

Yapısal sorunları bulunan tarihi yapılarda hasar düzeyi ve durumunun belirlenmesi için öncelikle gözlemsel tespitler yapılmalı, daha sonra gerekiyorsa aletsel tespitlere geçilmelidir. Yapısal sorunların tespit edildiği tarihi yapı, hasar düzeyi artmadan koruma altına alınmalıdır.

Son yıllarda hasar tespitinde tarihi yapıya zarar vermeyen tahribatsız yöntemler yaygınlıkla kullanılmaya başlanmıştır. Georadar (GPR) olarak adlandırılan tarama yöntemi de bu yapılarda kullanılacak tahribatsız yöntemlerden biridir. Yapı malzemeleri içerisindeki kırık, boşluk ya da donatı gibi farklılıkları belirleyebilmek için yapı radar testleri (Faella vd.,2012) kullanılmaktadır.

Georadar (yeraltı radarı) (GPR) yöntemi, jeofizik alanında kullanılan yüzey araştırmalarında yüksek frekanstaki manyetik alanlarında yararlanılan teknik tespitlerdir. Yer radarı, verici ve alıcı antenlerle kayıt cihazından oluşmaktadır. Verici antenler (transmitter) yatay doğrultuda elektrik alan vektörüne paralel nanosaniyeli elektromanyetik dalga üretmektedir. Yeraltında dalgaların ilerlemesinde herhangi bir nesneye rastladıklarında yansıma ve saçılma yaparak anomali verirler. Yansıma ve saçılma yapan dalgalar yukarıya doğu alıcı anten, kontrol ünitesine ve kayıt cihazıyla zamanın bir fonksiyonu olarak kayıt altına alınırlar. Bu durumda elde edilen verilerin birimi nanosaniye olup "radar izi "olarak adlandırılmaktadır. Yapılarda gözlemsel olarak tespit edilen sorunlu noktalar, bir profil üzerinde alınarak, ölçümler sonrasında her ölçüm sonrasındaki izler birleştirilerek "radargram" olarak adlandırılan radar kesitleri elde edilmektedir. Ölçümlerin yapıldığı alanlarda kullanılacak profiller paralel oluşturacak şekilde alınmalıdır. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler üç boyutlu olarak görüntülenebilmektedir (Kadıoğlu, 2003; Kadıoğlu ve Ulugergerli, 2004).

Diyarbakır Suriçi Bölgesinde günümüze ulaşan birçok yapıda farklı yapısal sorunlar bulunmaktadır. Vakıflar Bölge Müdürlüğüne bağlı birçok anıtsal yapı gibi camilerin de koruma ve restorasyon müdahaleleri bu kurum tarafından yürütülmektedir. Ancak şahıs ve özel vakıf mülkiyetindeki yapılar Vakıflar Bölge Müdürlüğü yatırım programında yer alamadığından bu yapıların bakım ve onarım gibi çalışmaları genellikle cemaat ya da hayırseverler tarafından kişisel kararlarla yürütülmektedir. Bu bakımdan yapısal sorunlarına yönelik bir araştırma y ada proje çalışması yapılmamaktadır. Bu çalışmada şahıs mülkiyetindeki Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ile özel vakfa ait İskender Paşa Cami yapısal sorunlarının georadar yöntemiyle araştırılması hedeflenmiştir. Elde edilen bulguların yapıların müdahale çalışmalarında doğru kararların alınmasına öncülük etmesi beklenmektedir. Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen çalışma, Kasım 2020 tarihinde tamamlanmış olup, elde edilen veriler bilimsel bir süzgeçten geçirilerek değerlendirmeye alınmıştır. Her iki camideki yapısal sorunlar öncelikle gözlemsel olarak tespit edilerek incelenmiş, daha sonra georadar yöntemi kullanılarak uzman jeofizik mühendisleri tarafından zeminde taramalar yapılmıştır.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) cami duvarlarında aks kayması ile mevcut kot düzensizliklerinin caminin son cemaat yeri, harim ve avlu zemininde bünyesel boşluklara bağlı oluştuğu tespit edilmiştir. Georadar cihazıyla yapılan taramalar sonucu radargram kesitleri çıkartılarak, bozulmaların neden olduğu anomali yerleri gösterilmiştir.

İskender Paşa Cami harim bölümü ve son cemaat yerlerinde kot düzensizliklerine bağlı pencere ve kapı üstlerindeki tüm lentolarda çatlaklar oluşmuştur. Bu cami zemininde yapılan georadar taramalarında harim, son cemaat yeri ve avluda kısmi boşalmaların olduğu belirlenmiştir.

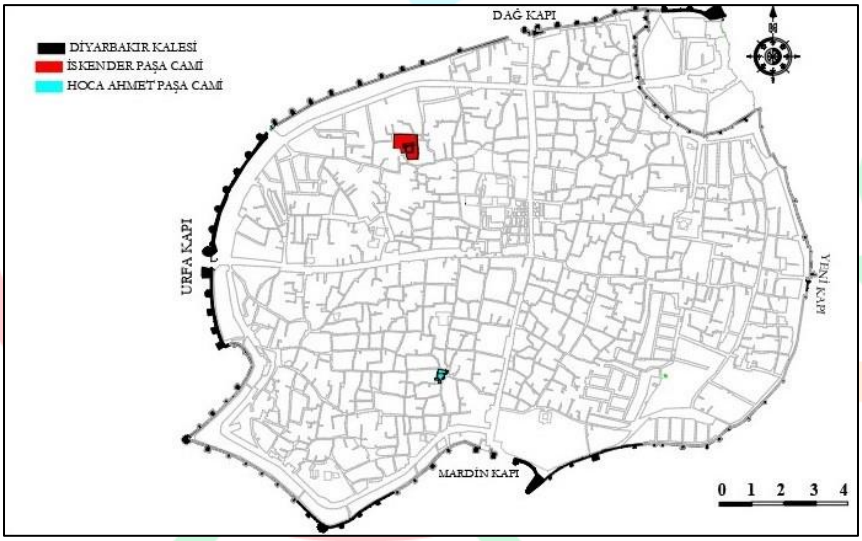
Georadar yöntemi kullanılarak, yapılan taramalar sonucunda, camilerdeki yapısal sorunların ağırlıklı olarak zeminden kaynaklandığı görülmüştür. Bu camilerde yapılacak restorasyon ya da onarımlar için sorunlara yönelik öneriler sunulmuştur.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ile İskender Paşa Caminin Suriçi Bölgesindeki Konumu

Diyarbakır Suriçi Bölgesinde günümüze ulaşan yapım yılı 16 yy. ve 17 yy. dönemlerinde inşa edilmiş, plan, malzeme ve yapım teknikleri açısından çeşitlilik gösteren birçok cami yer almaktadır. Kubbeli ve çatılı örnekleri bulunan camilerin silindir, köşeli minareleri bulunmaktadır. Camilerin avlu bölümlerinde şadırvan, abdest alma yerleri ve müştemilatlar vardır.

Kuzeybatı diliminde Nebi Cami, Ulu Cami, Melik Ahmet Paşa Cami, İskender Paşa Cami, Parlı Safa Cami, güneybatı diliminde Behram Paşa Cami, Lala Kasım Bey Cami, Hoca Ahmet(Ayn Minare) Cami ile Ali Paşa Cami, güneydoğu diliminde Dört Ayaklı Minare ve Şeyh Mutahhar Cami, Kurşunlu (Fatih Paşa) Cami, Nasuh Paşa Cami, Hüsrev Paşa Cami ile kuzeyde İç kale girişinde Hz Süleyman Cami tarihi camiler arasında yer almaktadır (Şekil 1).

İskender Paşa Cami Suriçi Bölgesinin kuzeybatısında yer almakta olup kare planlı, tek kubbeli bir camidir. Son cemaat yeri, harim iki adet tabhane ve kare planlı silindir formlu minareli bu caminin ortasında şadırvan doğusunda ise iki adet türbe bulunmaktadır. 16.y.y. da inşa edilen caminin cephelerinde yapı malzemesi olarak almaşık örgülü bazalt ve kalker taş kullanılmıştır.

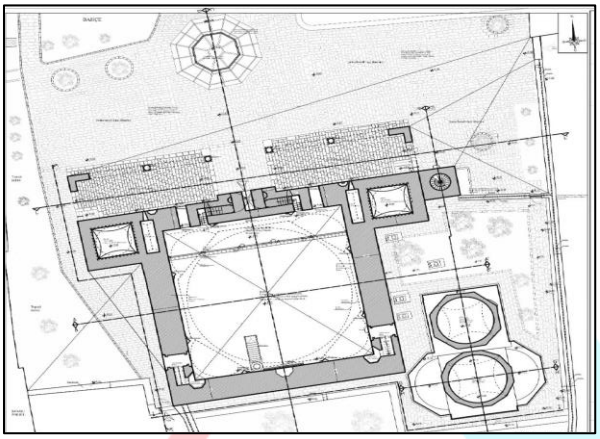


Şekil 1. Hoca Ahmet (Ayn Minare) ve İskender Paşa Camilerinin Suriçi Bölgesindeki Konumu

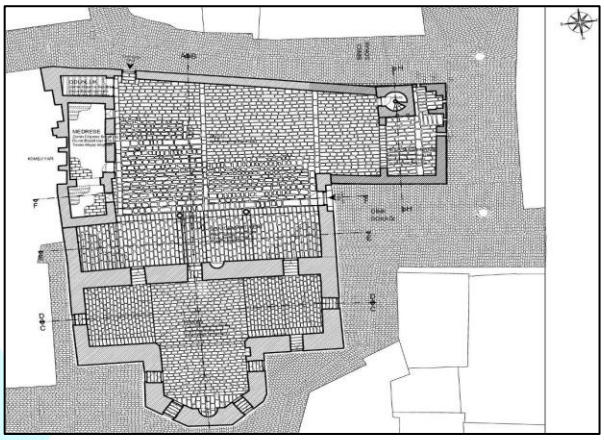
Akkoyunlu döneminde inşa edilmiş olan Hoca Ahmet (Ayni Minare) Cami, Suriçi Bölgesi güneybatı diliminde, Ali Paşa Mahallesinde bulunmaktadır. Erken Osmanlı Dönemi tabhaneli[3] (Ters T Planlı) yapılarına benzeyen plan düzenindedir (Akmaz 2019).

[3] Tabhane, erken Osmanlı döneminde farklı işlevlerdeki imaret ve zaviye olarak inşa edilmiş yapılarda, harimin iki kenarında bulunan misafirhane olarak kullanılan mekânlardır. (Acar 2011)

Hoca Ahmet Paşa Cami sonradan kapatılan son cemaat yeri, harim ve avlusunda sekizgen formlu minare ve gasilhanesi ile avlusunda şadırvanı bulunan tabhaneli bir camidir. Cami beşik ve çapraz tonozlu örtü ile geçilmiştir. Yapı malzemesi olarak bazalt taş kullanılmış olup, caminin tüm iç duvarları sıva ve boya ile kaplanmıştır.



Şekil 2. İskender Paşa Cami Planı (Polat, 2019)



Şekil 3. Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami Planı (Akmaz, 2019)

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami ve İskender Paşa Camideki Yapısal Sorunlar

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami'de tespit edilen yapısal sorunlar

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami, Vakıflar Genel Müdürlüğünün vakfiye defterlerine göre 1494 yılında inşa edilmiş olup, *Hoca Ahmed Cami-i Şerifi Vakfına* ait bir yapıdır (VGM arşivi). Camide bazalt taşı ana yapı malzemesi olarak kullanılmıştır.

Cami günümüzde aktif bir şekilde ibadethane olarak kullanılmaktadır. Caminin ana girişi doğu yönündeki Ilgaz sokakta yer almaktadır. Kuzey yönündeki girişi kapalıdır. Yapı avlu, şadırvan, son cemaat yeri, harim, abdest alma yerleri, hela ve gasılhane ile sekizgen formlu minareden oluşmaktadır. Minare, abdest alma yerleri ve gasilhane kuzeydoğu yönünde bulunmaktadır.

Harimin kuzeyinde yer alan son cemaat yeri doğu ve batı yönünde duvarlarla, kuzeyinde ise silindir formlu sütunlarla taşıtılan üç adet sivri kemerden oluşmaktadır. Son cemaat yeri sonradan kapatılarak, kapalı namaz alanına dönüştürülmüştür. Cami beşik ve çapraz tonozla örtülmüştür. Son cemaat yeri ve harim bölümünün üstü değiştirilmiş beton malzeme ile kaplanmıştır (Şekil 4).

Şekil 4. Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami (2021)

Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camide günümüze kadar kapsamlı bir restorasyon yapılmamıştır. Cemaatin yapmış olduğu özgün olmayan basit onarım ve müdahaleler camideki yapısal sorunların artmasına neden olmuştur. Cami son cemaat yerinin metal doğramalarla kapatılarak üst örtüsünün beton döşeme ile değiştirilmesi bu alanlarda düzensizliklere neden olmuştur. Sivri kemerlerle geçilen son cemaat yerinin üstünde yer alan silmelerin üstü beton ekle uzatılarak üst örtüye kadar uzatılmıştır.

Bu silmelerde düzensiz yüklemeye bağlı malzeme kaybı hasarları oluştuğu görülmüştür. Caminin son cemaat yeri ve harim kısmındaki duvarların alt kısmında zemine bağlı nemlenmeler bulunmaktadır. Caminin üst örtüsündeki yalıtım eksikliğinden kaynaklanan nemlenme problemi duvar üst bölümleri ile tonozlarda da mevcuttur. Ayrıca sıva ve niteliksiz harçlar kullanılan duvarlarda tuzlanma ve buna bağlı malzeme kayıpları bulunmaktadır. Harim kısmının doğu duvarının sokağa bakan duvarlarda aks kayması olduğu gözlemsel olarak tespit edilmiştir.

Harim zemini ahşap kaplama ile kapatılmış olup, zemin ve üst örtüden gelen nemlenme nedeniyle cami içinde küflenme, mantar ve buna bağlı koku oluşmuştur.

Yapının kuzey doğusunda bulunan gasilhane, minare, hela döşemesi avlu döşemesinden yaklaşık 15 cm beton şap dökülerek yükseltilmiştir. Bu alanlarda da nemlenmeye bağlı yapısal sorunlar bulunmaktadır.

Minare kare planlı, sekizgen formlu ve içi silindirik formludur. İnce yonu bazalt taştan yapılmış minarenin yaklaşık 1.60 cm lik üst kısmında tuğla malzemeden yapılmış silindirik formlu sıva ile kapatılmış "petek" bölümü bulunur (Akmaz 2019, 81).

Minarede şerefe kısmına yakın alanlarda harç kaybına bağlı taşlar arasında açılmalar ile kısmen aks kayması vardır. Minare şerefe kısımları ile petek kısmında malzeme kayıpları olduğu görülmüştür.

Gasılhane, hela ve abdest alma yerleri sonradan tuğla malzemeden yapılmış ve sıva ve boya ile kapatılmıştır. Avlu zemininde kot düzensizlikleri olup, bu düzensizlikler cami içine kadar devam etmektedir.

İskender Paşa Cami'de tespit edilen yapısal sorunlar

İskender Paşa Cami, Vakıflar Genel Müdürlüğü'nün vakfiye defterlerine göre *İskender Paşa Vakfına* ait olup, 1551-1554 yılları arasında inşa edilmiştir (VGM Arşivi). Camide geleneksel malzeme olan bazalt, kalker ve harç kullanılmıştır.

Camiye ana girişin sağlandığı doğu yönünden avluya üç rıhta inilmektedir. Bu nedenle cami kotu sokak ve park kotunun altında kalmaktadır. Ayrıca caminin doğusunda bulunan yaklaşık 1metre aşağıda kalan türbelere merdivenle inilerek ulaşılmaktadır

Cami son cemaat yerinin doğu ve batı yönünde L formlu ayaklar mevcuttur. Son cemaat yeri sivri kemerli, silindir formlu mermer sütunlarla taşıtılmıştır. Caminin son cemaat yerine bakan harim pencereleri ve giriş kapısının üstü düz lento ile geçilmiştir. Yatay taşıyıcılık görevi üstlenen bu lentoların tümünde düşey yönde çatlaklar ve kırıklar oluşmuştur. Camide günümüze kadar kapsamlı bir restorasyon yapılmamış, küçük ve basit onarımlarla hasarlara yönelik müdahaleler yapılmıştır (Şekil 5).

Şekil 5. İskender Paşa Cami doğu ve kuzey cepheleri (2021)

Caminin harim kısmındaki tüm duvarlar, kubbe sıvalı ve boya ile kaplanmıştır. Harim zemininin tümünde kot düzensizlikleri tespit edilmiştir. Caminin harim bölümüne ahşap döşemeli kadınlar mahfilinin altından geçilerek girilmektedir. Kadınlar mahfili silindir iki sütun ve ahşap dikmelerle taşıtılmakta olup, zemininde kot düzensizlikleri bulunmaktadır. Ayrıca harim bölümündeki kubbe eteğindeki pencere çevrelerinde sıva ve malzeme kayıpları bulunmaktadır.

Caminin doğu yönünde iki adet türbe bulunmaktadır. Yapılan alan çalışmasında bu türbelerde zeminden kaynaklı nemlenme, kot düzensizlikleri ve lentolarda çatlaklar belirlenmiştir. Türbe ve caminin çevresindeki drenajların sokak kotu altında kalması ve zeminden gelen suyun tahliye edilememesi yapısal sorunların artmasını hızlandırmıştır. Alan çalışmasında gözlemsel olarak belirlenen yapısal sorunlar ve düzensizliklerin zemine bağlı oluştuğu düşünülerek, camide georadar (GPR) taramaları uzman jeofizik mühendisleri tarafından yaptırılmıştır.

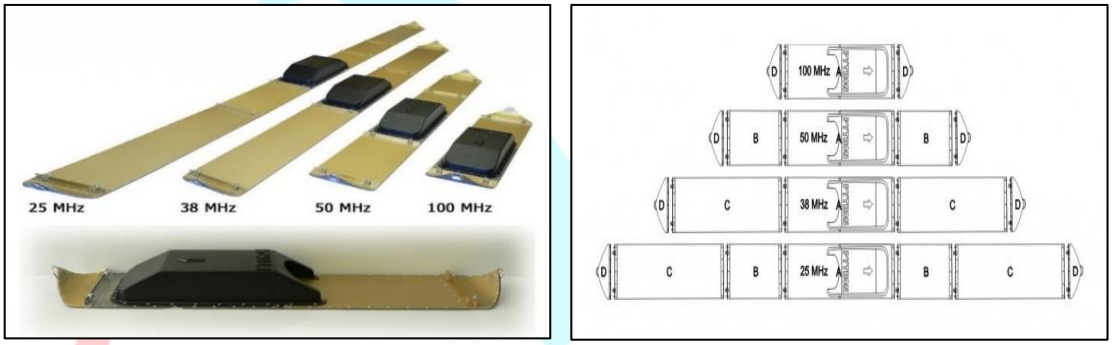
İskender Paşa Cami ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camide Yapılan Georadar (GPR) Taramaları ve Tespit Değerlendirmeleri

Son yıllarda tarihi yapılarda tahribatsız yöntemler kullanılarak, bu yapılara verilecek hasarlar önlenmiştir. Georadar (GPR) ölçümleri tahribatsız ölçüm yapılan yöntemlerden biridir. Yüksek

frekanstaki elektromanyetik dalgalar üreterek, hasarların ve durumların belirlendiği bu yöntem jeofizik mühendisliğinde sıklıkla tercih edilmektedir.

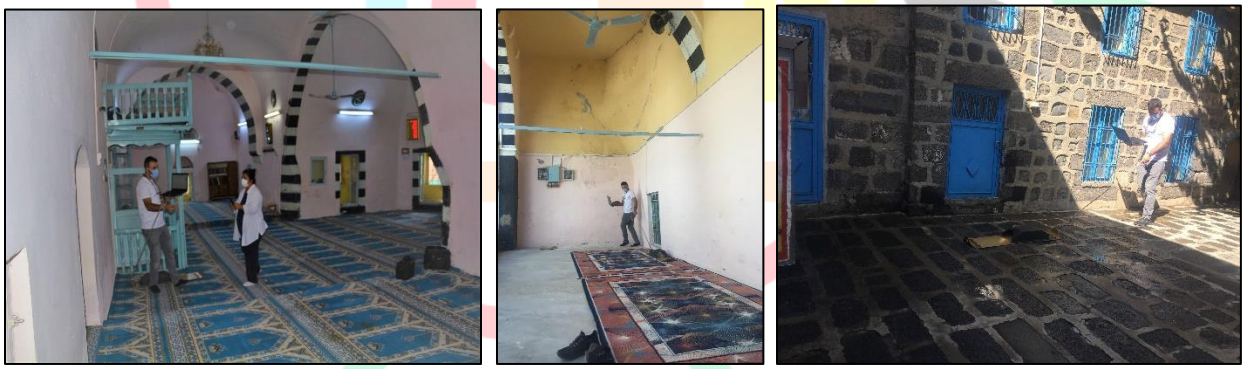
Yeraltında bulunan arkeolojik kalıntı veya her tür yapının mevcut durumunun tespiti ve yapıların yerleşimini anlayabilmek için oluşturulacak görüntüleme haritaları, georadar (GPR) yöntemi kullanılarak çıkarılabilmektedir. Görüntüleme sonrası radar kesitleri elde edilmektedir. Elde edilen bu veriler sonucunda yeraltında ve zemindeki anomali yaratan yerler ve şekiller tespit edilebilmektedir (Leucciand Negri, 2006). Ayrıca verilerin doğru değerlendirilmesi için ölçümler sonrasında filtrelenmesi gereklidir (Yalçıner vd., 2009).

İskender Paşa ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camilerinde yapılan georadar (GPR) ölçümlerinde Python-3 GPR cihazı kullanılmıştır (http://www.radsys.lv/en/index) (Şekil 6).



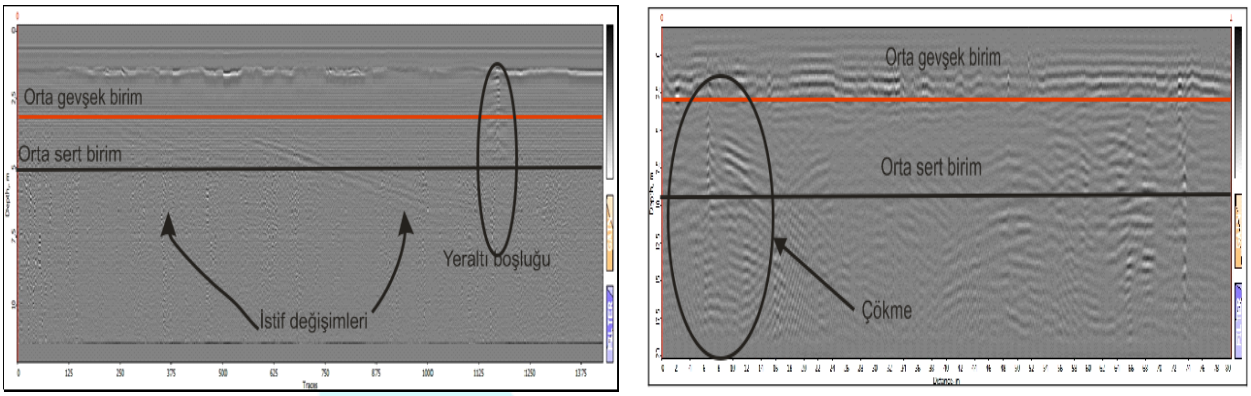
Şekil 6.Zond Ptyhon 3 GPR mhz merkez anteni ve 1.6 ghz ve açık antenlerinin şematik gösterimi (URL 1)

Hoca Ahmet (Ayn Minare) camide yapılan georadar (GPR) taramaları harim, son cemaat yeri ve avluda yapılmıştır. Özellikle caminin tüm bölümlerinde nemden kaynaklı bozulmalar olduğu ve bu durumun zemine bağlı oluşup oluşmadığı araştırılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camide harim son cemaat yeri ve avluda yapılan georadar (GPR) taramaları (2020)

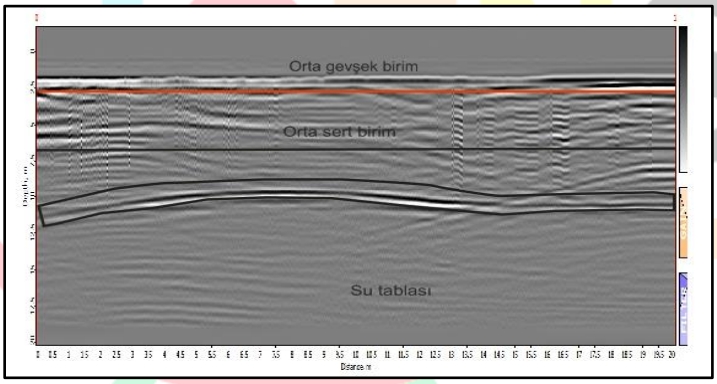
Georadar (GPR) taramalarında, 80.00 metre profil boyu ve 15 metre penetrasyon derinliği seçilmiştir. Cami hariminde yapılan taramalarda zeminin yaklaşık 2.50 metre kadar orta gevşek birim, 2.50 m–10.00 metreler arası orta sertlikte birim olduğu, sonraki katmanda sertlik oranın arttığı görülmektedir. Ancak zeminin yaklaşık 7.5 metrelik zeminde dağılmalar olduğu tespit edilmiştir. Zeminin üniform yapıda olmadığı bu alanlarda kısmen çökme deformasyonlarına bağlı anomali olduğu belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Hoca Ahmet Cami zeminindeki çökme deformasyonlarının gösterildiği radargram kesitleri

Hoca Ahmet (Ayn Minare) cami avlusunda yapılan taramalarda 20.00 metre profil boyu ve penetresyon derinliği 20.00 metre olarak alınmıştır. Elde edilen 2 boyutlu radagram kesitlerinde zemin yapısı 3 farklı seviyede ayrımlanmıştır. Ayrımlanan profil boyunca oluşan anomali yapılar kesitte sunulmuştur.

Üst kısımlarda yaklaşık **3.00** metre kadar orta gevşek birim**, 3.00 m– 7.00** metreler arası orta sert birim olduğu belirlenmiştir. Cami avlusunda alınan data kesit boyunca hakim ve **12.50** metre derinlikte bir adet su tablasının olduğu bu tablanın su kanalı özelliği taşıdığı yapılan hız analizleri ile anlaşılmaktadır. Hız analizleri **3,3 (cm/n**s) olarak ölçülmüştür. Cami avlusunda kısmi çökmeye bağlı deformasyonların georadar (GPR) taramalarında tespit edilen su tablasına bağlı oluştuğu düşünülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Hoca Ahmet (Ayn Minare) cami avlusunda tespit edilen su tablasının gösterildiği radargram kesiti

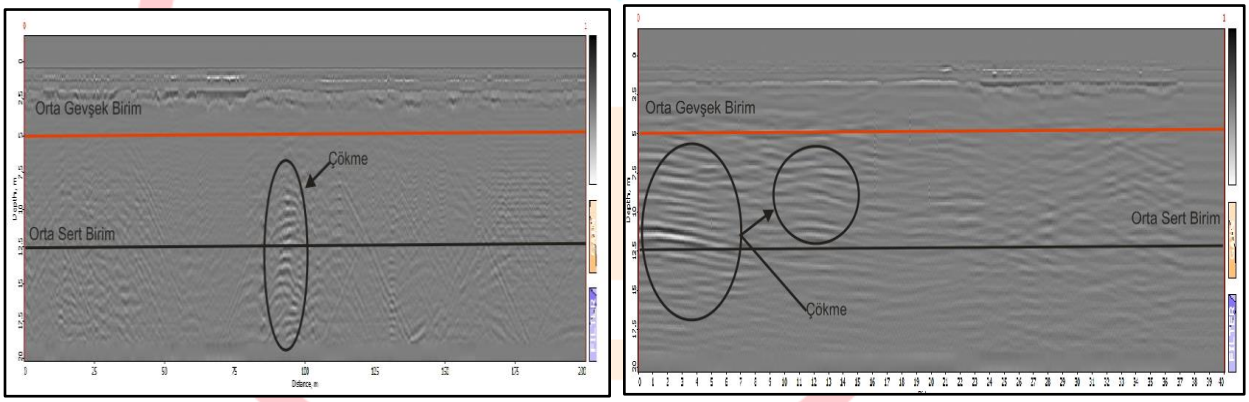
Hoca Ahmet (Ayn Minare) caminin güneydoğu yönünde aks kayması mevcuttur. Bu nedenle aks kaymasının görüldüğü bu cephenin dış kısmındaki sokakta georadar (GPR) taraması yapılmıştır. Yapılan taramalar sonucunda yaklaşık **2.00** metre derinlikte ve **2.00** metre çapında bir adet boşluk anomalisi tespit edilmiştir. Bu yapının zaman içinde suyun etkisiyle boşalan zeminde çökmeler oluşturduğu yapılan taramalarda belirlenmiştir.

İskender Paşa Camide yapılan georadar ölçümleri avlu ve harim bölümünde yoğunlaştırılmıştır. Cami harim kısmındaki georadar (GPR) taramaları, 40.00 metre profil boyu ve 20.00 metre

penetrasyon derinliğinde yapılmıştır. Harim bölümünün zemininde yaklaşık 5 metrelik kotunda orta gevşek, 5.00– 12.50 metre arasında orta sert zemin yapısı tespit edilmiştir. Harim bölümünün kuzey batı ve kuzeydoğusunda zeminin yaklaşık 18.00 ile 24.00 m arasında çökme şeklinde iki adet anomali yapısı ve istif değişimleri olduğu jeofizik uzmanları tarafından belirlenmiştir (Şekil 10).

Şekil 10. İskender Paşa Cami harim bölümü be avluda yapılan georadar (GPR) ölçümleri (2020)

İskender Paşa Cami son cemaat yeri zemininde yaklaşık 5.00 m ile 12.50 metrelik derinlikte orta gevşek birim ve su yapısı şeklinde deformasyonlar olduğu belirlenmiştir. Avlunun yaklaşık 9.00 metreden sonrasında yoğun su yapısının bulunduğu ve avludaki kot düzensizlikleri ve kısmi çökmelerin buna bağlı oluştuğu görülmüştür (Şekil 11).



Şekil 11. İskender Paşa Cami Harim Bölümü kuzeybatı ve kuzeydoğusundaki zemininde meydana gelen çökme deformasyonları

İskender Paşa Cami ile doğusunda bulunan türbelerdeki nemlenme ve deformasyonların georadar(GPR) taramaları sonucunda tespit edilen anomalilerin su yapısından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Su yapısının bulunduğu alanlardaki farklı seviyelerin, harim ve avludaki çökme deformasyonlarına neden olduğu taramalar sonrası tespit edilmiştir. Zemindeki farklılıklara bağlı oluşan çökmelerin, cami kuzey duvarında bulunan lentolardaki çatlak ve kırıkları oluşturduğu yapılan georadar (GPR) ölçümleri sonucunda netleştirilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

İskender Paşa Cami ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami, Diyarbakır Suriçi Bölgesinde yer alan tarihi camilerdendir. Bu camilerin özel şahıs ve vakıf mülkiyetinde olmaları ile yakın zamanda kapsamlı onarım ve restorasyonlarının yapılmaması ortak özelliklerindendir.

Bu camilerde mevcut yapısal sorunlar kapsamlı restorasyon ile onarım yapılmaması ve yapısal sorunların basit müdahalelerle ötelenmesi yapısal sorunların artmasına neden olmuştur.

İskender Paşa camide yapılan taramalar sonucunda, caminin harim, son cemaat yeri ile avlu zemininde kısmi çökmelerin olduğu ve üst yapı hasarlarının buna bağlı oluştuğu görülmüştür. Ayrıca cami avlu zeminin yaklaşık 9.00 metrelik kısmında su tablası görünümünde boşluklar olduğu ve zemindeki yeraltı su seviyesinin zemine yakın olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen boşlukların üniform şekilde olmadığı ve bu alanlarda yer yer çökmelerin oluştuğu ölçümler sonucunda elde edilen radargram kesitlerinde işaretlenmiştir.

İskender Paşa camide son cemaat yerine bakan harim bölümünün kuzey cephesindeki tüm lentolardaki çatlak ve kırıkların, zeminde meydana gelen boşluk ve çökme deformasyonlarına bağlı oluştuğu ölçümler sonucunda tespit edilmiştir.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) caminin harim, avlu ve son cemaat yerinde kısmi boşlukların bulunduğu ve yer yer çökmelerin oluştuğu, ölçümler sonucu elde edilen radargram kesitleriyle belirlenmiştir.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) camide nemlenme ve aks kaymasına bağlı yapısal sorunlar bulunmaktadır. Yapısal sorunların zeminde yapılan georadar (GPR) ölçümleri sonucunda kısmi çökme ve deformasyonların oluştuğu ve harim ve avluda su kanalı görüntüsünde su yapılarının bulunduğu görülmüştür. Camide bulunan sürekli nemlenme ve buna bağlı oluşan yapısal sorunların zemin kaynaklı oluştuğu yapılan ölçümler sonucunda belirlenmiştir.

İskender Paşa Cami ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Caminin şahıs ve özel vakıf mülkiyetinde olması nedeniyle bu camilerde yapısal sorunlara yönelik herhangi bir onarım ve restorasyonun yapılamaması bu camilerin yapısal sorunlarının artmasını hızlandırmıştır. Bu nedenle özellikleri ve konumları itibariyle tarihi özelliği bulunan bu camilerin ivedilikle kamulaştırılarak, yapısal sorunların giderilmesi bu yapıların yaşatılması için oldukça önemlidir.

İskender Paşa Cami ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camide zemin kaynaklı nemlenme bulunduğu yapılan taramalar sonucunda belirlenmiştir. Bu camilerin bulundukları çevre içerisinde değerlendirilerek, drenaj çözümlerinin yapılması sağlanmalıdır. Camilerde tespit edilen kot düzensizliklerinin giderilmesi amacıyla zemin ıslahının yapılması ve gerekiyorsa enjeksiyon şeklinde güçlendirme uygulamaları yapılmalıdır.

İskender Paşa Camide ve doğusundaki türbelerde nemlenmeye bağlı oluşan malzeme kayıpları, özgün malzemelerle tamamlanmalıdır. Cami kubbesinde zemindeki sorunlara bağlı oluşacak açılmaların önlenmesi amacıyla çekme çemberi kullanılarak bu bölgeler desteklenmelidir. Camide yapılacak restorasyon aşamasında hasarlı lentoların değişiminde bu bölgeler askıya alınarak, gerekli değişimler yapılmalıdır.

Hoca Ahmet (Ayn Minare) camide nem problemlerinin kaynağı olan zemin ve çatıda ilgili uzmanlar tarafından ıslah ve yalıtım çözümleri üretilerek, bu sorunların giderilmesi sağlanmalıdır. Aks

kayması bulunan duvarların bulunduğu zeminde muayene çukurları açılarak, georadar (GPR) ölçümleri yapılan zeminin mevcut fiziksel durumu tespit edilmelidir. Muayene çukurları cami ve çevresinde yeterli sayıda açılarak, zemin sorunlarının giderilmesine yönelik güçlendirme önerileri sunulmalıdır.

Diyarbakır Suriçi Bölgesinde farklı dönemlerde inşa edilmiş bu camiler plan düzenleri ve boyutları açısından önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle kent tarihinde bu camilerin koruma altına alınarak geçmişten geleceğe aktarılması için koruma ve güçlendirme uygulamaları yapılarak kültürel ve tarihi devamlılıkları sağlanmalıdır.

İskender Paşa Cami ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camilerindeki yapısal sorunların zemine bağlı oluştuğunun belirlenmesinde georadar (GPR) ölçümlerinin katkısı oldukça fazladır. Camilerde tahribatsız olarak gerçekleştirilen ölçümler sonucunda elde edilen verilerin bu yapılara benzer diğer tüm yapı türlerinde uygulanabilirliğinin olması bu yöntemin sürdürülebilirliğini ve güvenilirliğini göstermektedir. Bu nedenle restorasyonu yapılacak yapı türü ne olursa olsun zemin ve yapı elemanlardaki hasarların georadar (GPR) yöntemi kullanılarak belirlenmesi, gerekirse muayene çukurları ve yüzeysel sondaj çalışmalarına başlanması, yapısal sorunların tespiti açısından oldukça önemli katkı sağlayacaktır.

Bu camilerde yapısal sorunların ve hasar düzeylerinin tespitleri sonrasında hasar analiz projeleri çıkartılmalıdır. Hasar analizleri çıkartılan bu camilerde bilimsel etkinliğe sahip uzmanlar tarafından güçlendirme önerileri geliştirilerek, onarım ve restorasyon aşamasına geçilmelidir.

Sonuç olarak; bu çalışmada yapılan tespitlerde olduğu gibi, yapısal sorunları bulunan camiler başta olmak üzere diğer tarihi yapılarda tahribatsız yöntemler kullanılarak, sorunların bu yöntemlerle tespit çalışmaları yaygınlaştırılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma 2019 yılında Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiş olan Mimarlık 19.008 no'lu *"Diyarbakır Tarihi İskender Paşa ve Hoca Ahmet (Ayn Minare) Camilerinde Zemine Bağlı Oluşan Taşıyıcı Sistem Sorunlarının Georadar Yöntemi ile Tespit Edilmesi"* başlıklı araştırma projesi kapsamında üretilmiştir.

Kaynaklar

Akmaz, Bilgiç, E. (2019). "Diyarbakır Hoca Ahmed (Ayni Minare) Camii Restorasyon Önerisi" Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Diyarbakır.

Anaran, A.E. (2020)."*Diyarbakır Suriçi Bölgesi Sınırlarında Bulunan İskender Paşa Cami ile Hoca Ahmet (Ayn Minare) Cami Zemin ve Yapı Bazlı Jeofizik Georadar (GPR) Etüt Raporu*". Diyarbakır.

Faella, G., Frunzio, G., Guadagnuolo, M., Donadio, A. ve Ferri, L., (2012).*"The Church of the Nativity in Bethlehem: Non-destructive Tests for the Structural Knowledge*".Journal of Cultural Heritage, 13, 27–41.

Kadıoğlu, S., Ulugergerli, E.U., (2004). "*Determination of cavities using ground penetrating radar in Dalaman-Akköprü Dam construction area, The 16th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey",* 7-10 December, MTA Cultural Center-Ankara, Abstract Book, 372-375.

Leucci, G., Negri, S. (2006). *"Use of ground penetrating radar to map subsurface archaeological features in an urban area"* J. Archaeol. Sci. 2006. 33, 502–512

Polat, M. (2019). "*Mimar Sinan Dönemi Camileri İçerisinde yer alan Diyarbakır İskender Paşa Caminin Önemi ve Koruma Sorunları" "* Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Diyarbakır.

VGM . Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivi.

Yalçıner, Ç. Bano, M, Kadioglu, M., Karabacak, V. Meghraoui, M. Altunel, E., (2009). *"New temple discovery at the archaeological site of Nysa (western Turkey) using GPR method"* Cilt 36 sayı 8 s.1680-1689.

URL 1: http://www.radsys.lv/en/index

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Ultraviolet Protection Property of Reduced Graphene Oxide Coated Polyamide 6,6 Fabric via Environmentally Friendly Reducing Agent

Çevre Dostu İndirgeme Maddesi ile İndirgenmiş Grafen Oksit Kaplı Poliamid 6,6 Kumaşın Ultraviyole Koruma Özelliği

Nergis Demirel Gültekin[1]
Bekir Cenkkut Gültekin[2]

Abstract

In this study, graphene oxide aqueous dispersion was applied to the polyamide warp knitted fabric thorough the dip coating method using laboratory type Jigger dyeing machine. Then, the graphene oxide is reduced with chemical reduction process by using carob extract powder as a 'green' reducing agent. The effect of reduction time (12 and 24 hours) and concentration of aqueous solution of carob extract powder (20 and 30 % wt.) are studied. Surface morphology, color coordinates and color difference of the graphene oxide (GO) coated and reduced graphene oxide (RGO) coated fabrics were examined. The electrical resistivity measurement of graphene oxide coated polyamide 6,6 fabric was carried out by the four point probe technique before and after reduction process. The ultraviolet (UV) transmittance and

Özet

Bu çalışmada, grafen oksit sulu dispersiyonu laboratuar tipi Jigger boyama makinesinde Poliamid 6,6 çözgülü örme kumaşa daldırma yöntemiyle kaplanmıştır. Ardından, çevre dostu indirgeme maddesi olarak keçiboynuzu ekstraktı tozu ile hazırlanan sulu çözeltide grafen oksit kaplı kumaşın indirgenmesi gerçekleştirilmiştir. İndirgenme süresinin (12 ve 24 saat) ve indirgeme çözeltisi konsantrasyonunun (kütlece %20 ve %30) etkisi incelenmiştir. Grafen oksit (GO) ve indirgenmiş grafen oksit (RGO) kaplı Poliamid 6,6 kumaşın yüzey özellikleri, renk koordinatları ve renk farkı belirlenmiştir. Grafen oksit ve indirgenmiş grafen oksit kaplı Poliamid 6,6 kumaşın elektriksel yüzey direnci ölçümü 4 nokta prob tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Grafen oksit ve indirgenmiş grafen oksit kaplı numunelerin ultraviyole (UV) geçirgenliği ve

[1] Nergis Demirel Gültekin, Res. Asst., Marmara University, Textile Engineering, ndemirel@marmara.edu.tr
[2] Bekir Cenkkut Gültekin, Asst. Prof., Marmara University, Textile Engineering, cgultekin@marmara.edu.tr

ultraviolet protection factor (UPF) of graphene oxide coated and reduced fabrics were determined. The effect of washing process on the color properties, electrical resistivity and UPF was also studied. The lowest electrical surface resistivity and the highest UPF value were obtained as $1.32x10^2$ kΩ/sq and 159.54 after the reduction process. After the washing process, increase of electrical surface resistivity and decrease of UPF value of the reduced graphene oxide coated samples was determined.

Keywords: Graphene Oxide, Fabric Coating, Environmentally Friendly Reduction, Carob Extract, UV Protection.

ultraviyole koruma faktörü (UPF) belirlenmiştir. Yıkama işleminin renk özellikleri, elektriksel direnç ve UPF üzerine etkisi de çalışılmıştır. İndirgeme işleminden sonra en düşük elektriksel yüzey direnci $1.32x10^2$ kΩ/sq ve en yüksek UPF değeri 159.54 olarak belirlenmiştir. Yıkama işleminden sonra, indirgenmiş grafen oksit kaplı numunelerin elektriksel yüzey direncinde artış ve UPF değerinde düşüş olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Grafen Oksit, Kumaş Kaplama, Çevre Dostu İndirgeme, Keçiboynuzu Ekstraktı, UV Koruma.

Introduction

The application of textiles in various functional areas other than clothing is increasing every each day (Chatterjee et al., 2017). Functional textile materials have attracted great attention for their electrical conductivity, antibacterial, superhydrophobic and ultraviolet protection properties, etc. (N. Gültekin et al., 2020). Functional textiles with UV blocking property have attracted great attention recently. Ultraviolet (UV) radiation is the electromagnetic radiation with wavelength shorter than that of visible light in the range between 100 and 400 nm (Tian et al., 2016). UV protection property of a fabric can be obtained with a dye, pigment and UV absorber coating. It absorbs UV radiation and blocks the transmission through a fabric to the skin (Pandiyarasan et al., 2017). Functional properties are recently imparted to the textiles via conventional textile dyeing, coating or printing techniques with using graphene and/or graphene oxide as an functional additive (Hu et al., 2015). Graphene has become very attractive material for the textile materials due to its unique chemical, physical, electronic and mechanical properties (Hu et al., 2015; Mirjalili, 2016). Graphene oxide (GO) is the functionalized derivative of graphene and contains large number of hydrophilic groups on the surface such as hydroxyl, carboxyl and epoxide groups which makes it highly dispersible in both aqueous and polar organic solvents (Shen et al., 2016; Tang et al., 2015). The dispersibility of GO in aqueous solutions is an advantage for direct application of GO in preparing functional textiles. Although the oxygen containing functional groups of GO help to make it dispersible, GO is an electrically insulator because of the functionalities (Shateri-Khalilabad et al., 2013). The electrical conductivity can be restored by reducing the GO via several methods such as thermal, chemical, electrochemical, photochemical and microwave (Lavin-Lopez et al., 2017). The chemical reduction of GO is widely used method owing

to its simple procedure and low cost (Shen et al., 2016). Besides, the chemical reduction of GO requires reactive reductants, which are mostly toxic (such as hydrazine, sodium borohydride, hydroiodic acid) and harmful to the human health and the environment (Ren et al., 2017). The removal of the oxygen containing functionalities is an important topic that determines the properties of obtained product. Therefore, the necessity of alternative green reductants is attracted attention for the reduction of GO (N. Gültekin et al., 2020). Reduced graphene oxide is often used in textile materials for the development of various functional properties. Some researchers recently reported the functional properties of reduced graphene oxide nanosheets coated textiles such as hydrophobic, antibacterial activity and UV protection as well as electrical conductivity (Hasani et al., 2017; Krishnamoorthy et al., 2011; Qu et al., 2014; Shateri Khalil-Abad et al., 2010).

In this study, Polyamide 6,6 warp knitted fabric was coated with aqueous dispersion of GO at the laboratory type Jigger dyeing machine by exhaustion method. Then, the GO coated PA6,6 fabric was reduced using carob extract powder as a green reductant for conversion into the electrically conductive reduced GO (RGO). The effect of reduction time (12 and 24 hours) and concentration of aqueous solution of carob extract powder (20 and 30 % wt.) are studied. Surface morphology, color coordinates and color difference of the graphene oxide (GO) coated and reduced graphene oxide (RGO) coated fabrics were examined. The electrical resistivity, the ultraviolet (UV) transmittance and ultraviolet protection factor (UPF) of graphene oxide coated polyamide 6,6 fabric were determined before and after reduction process. The effect of washing process on the color properties, electrical resistivity and UPF was also studied.

Materials and methods

Materials

All chemicals were of analytical reagent grade and used without further purification. Graphite flakes were purchased from Sigma Aldrich. Hydrogen peroxide (H_2O_2, 35%), sulfuric acid (H_2SO_4, 95-98%), phosphoric acid (H_3PO_4), potassium permanganate ($KMnO_4$) and hydrochloric acid (HCl, 37%) were purchased from Merck. Carob extract powder was purchased from Naturalya Chemistry (Antalya, Turkey). Distilled water was used throughout the experiments.

Synthesis of GO

Graphene oxide was synthesized from flake graphite by the improved Hummer's method according to the Ref. (Marcano et al., 2010). Briefly, a 9:1 mixture of concentrated H_2SO_4/H_3PO_4 (360:40 mL) was added to a mixture of graphite flakes (3 g) and $KMnO_4$ (18 g). The reaction was then heated to 50 °C and stirred for 12 h. The reaction was then cooled to room temperature and poured onto ice (400 mL) with 30% H_2O_2 (6 mL). The resulting suspension was washed by repeated centrifugation (each at 8000 rpm for 30 min), first with 400 ml of 1 M HCl and 200 mL of ethanol (2x), then with distilled water until a pH of 4-5 was achieved. The obtained solid product was dried overnight in an oven at 60°C.

Coating of Polyamide 6,6 Warp Knitted Fabric with GO

First, the polyamide 6,6 warp knitted fabric (172 g/m^2, 15 wale/cm, 11 course/cm) was treated in a bath with liquor to goods ratio (L:G) of 15:1 containing Perlavin OSV nonionic washing agent for about 30 min at 60°C to remove impurities. The fabric was then washed with excess water and dried at room temperature.

GO was dispersed in distilled water (2 g/L) by bath sonication method. Then, the stable dispersion of GO was poured into the tub of the laboratory type Jigger dyeing machine and heated to 60°C. The fabric was then placed to the roller of the dyeing machine and passed continuously through the GO dispersion for 60 min. The coated fabric was dried in an oven at 70°C for 30 min. The coating process was repeated 3 times in order to increase the GO adsorption on the fabric. The obtained fabric was coded as GO-PA 6,6.

Reduction of GO Coated Polyamide 6,6 Fabric with Carob Extract Powder

The predetermined amount of carob extract powder and distilled water were mixed to obtain 20 and 30% wt concentration of reduction solution. The liquor to goods ratio of the reduction process were fixed as 20:1. The reduction process was carried out with two different process durations (12 and 24 h). The temperature of the reduction process was kept at 95°C. The resulting fabrics were rinsed with distilled water to remove the remaining reducing agent. The fabrics were dried in an oven at 90°C. The fabrics reduced with 20 and 30% wt concentration of reduction solution for 12 h and 24 h were coded as CRGO-20-12, CRGO-20-24, CRGO-30-12 and CRGO-30-24, respectively.

Characterization

Scanning electron microscopy (SEM, JEOL JSM-IT100) was employed to observe the morphology of coated samples. The surfaces of the samples were coated with Au/Pd (Quarum SC7620) for 120 sec before analysis. Color coordinates were determined by Datacolor SF600+, using SAV aperture and SI mode, and the color differences were calculated in accordance with the CIELab system with D65/10° Observer values. In CIE Lab system, the lightness L* represents the darkest black at L*=0 and the brightest white at L*=100, a* represents redness (a* is +)/greenness (a* is -) and b* represents yellowness (b* is +)/blueness (b* is -). a* and b* represent true neutral gray values at a*=0 and b*=0. The color difference (ΔE) was determined using the following equation (B. C. Gültekin et al., 2018):

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

The color fastness against to the rubbing was done with crockmeter as dry and wet rubbing according to the TS EN ISO 105-X12:2016 (T.S.E., 2016). The assessment of the results was done by using grey scale. The surface electrical resistivity of the fabrics was measured using a four-point probe. The setup consists of a sourcemeter (Keithley 2450 Sourcemeter) and resistivity test fixture (Keithley 8009). Each sample was measured at least five times and the average value was calculated. The protection activity of a fabric to block ultraviolet light is defined as the ultraviolet protection factor (UPF) value. The test was done under the wavelength range of 280–400 nm. The mean UPF value and UVA and UVB transmittance of GO and CRGO coated Polyamide 6,6 fabric was calculated according to the AS/NZS 4399:1996 (AS/NZS, 1996). The washing process was done a standard

washing machine (James Heal, Wascator) according to the TS EN ISO 105-C09 with procedure 5A (T.S.E., 2003). The evaluation of the results was done with grey scale (1 very poor-5 excellent).

Results and Discussion

Surface Morphology

Figure 1(a) shows the micrograph for the untreated Polyamide 6,6 fabric. It can be seen that the PA 6,6 filaments have very smooth surface without any defect. Figure 1(b) shows the micrograph for the GO coated Polyamide 6,6 fabric. The wrinkled structure of GO sheet can be seen on the surface of PA 6,6 filament. The presence of the GO sheets coated on the filaments indicates that the GO sheets are successfully coated on the PA 6,6 fabric. Figure 1(c) shows the micrograph for the CRGO-20-24 sample. It can be seen that the structure of the GO sheets changed after the reduction process, indicating the successful transformation of GO to RGO. The wrinkled and creased structure of GO cannot be seen in RGO sheets. Also, because of the RGO sheets that covered the filament became more compact and dense due to the partially removal of oxygen functionalities it is impossible to distinguish the individual sheets.

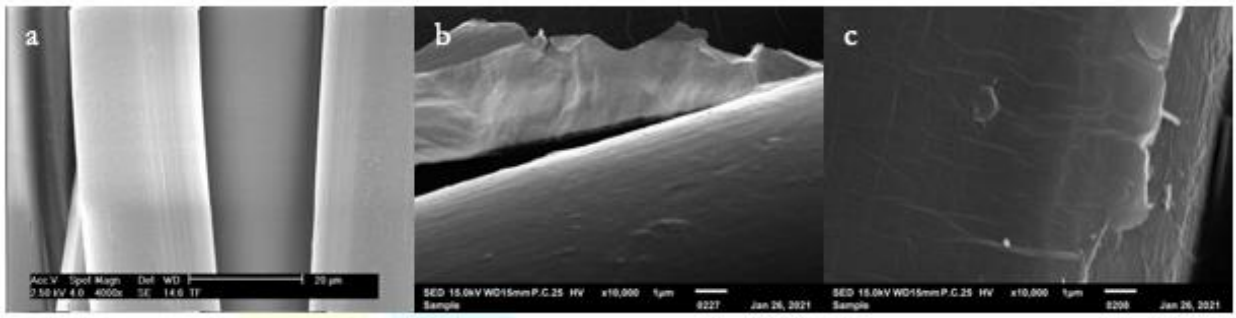


Figure 1. SEM images of the untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics.

Color Coordinates and Reflectance Analysis

The color coordinates and the color differences of the untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabric were given in Table 1. It was clear from the data that the *L** of the PA 6,6 fabric decreased from 93.39 to 58.62 after GO coating, and with the reduction process at different durations and different concentrations, the lightness value continued to decrease further. The decrease in L* value and becoming closer to the zero indicates that the CRGO coated PA 6,6 fabrics become darker in color. There were also changes in *a** and *b** values of fabrics. With the coating GO on the PA 6,6 fabric *a** value becomes positive and shows increase in the redness. Also, the prominent increase in b* value indicates the increase in the yellowness. So, it can be said that the color of the PA 6,6 fabric changed from white to yellow-brown after GO coating. However, when the reduction process takes place, the *a** and *b** values of the fabrics decreased. The decrease in *a** and *b** values of GO coated PA 6,6 fabric after the reduction process is noticeable. With the reduction of the GO coated PA 6,6 fabrics, *a** value becomes closer to the zero indicating that the disappearance of redness. Also, the highest decrease is seen in *b** value showing that the yellowness of the CRGO coated PA 6,6 fabrics decreases noticeably. The chroma (C*) of the PA 6,6 increased from 2.28 to 12.45 after the GO coating process and after the reduction process C* decreased to values ranging between 3.43-5.00. From the

results, it can be seen that the reduction of GO coated fabric using carob extract powder can change the color prominently and indicates the presence of reduced graphene oxide on the Polyamide 6,6 fabric. Additionally, the ΔE values show the color differences of the GO coated and reduced GO coated PA 6,6 fabrics compared to untreated PA 6,6 fabric. The ΔE value between GO-PA 6,6 and PA 6,6 fabrics obtained as 36.356. On the other hand, the ΔE value of the CRGO coated PA 6,6 fabrics increased with the reduction process and obtained as 62.090 for the CRGO-20-24 sample. In conclusion, the obtained data from the reflectance spectra and the color coordinates simultaneously showed the successful and effective deposition and reduction of the GO on the PA 6,6 fabric. When the washing process is applied to the CRGO coated PA 6,6 fabrics, it can be seen that the color coordinates and ΔE values did not show a noticeable change.

Table 1. Color coordinates and color differences of PA 6,6, GO coated PA 6,6 and reduced samples using carob extract powder before and after washing process.

Sample	L*	a*	b*	C*	h	X	Y	Z	x	y	ΔE
PA 6,6	93.39	-0.64	2.18	2.28	106.42	79.19	83.87	86.92	0.32	0.34	-
GO-PA 6,6	58.62	3.51	11.94	12.45	73.61	26.07	26.62	21.33	0.35	0.36	36.356
CRGO-20-12	31.37	0.67	3.37	3.43	78.79	6.52	6.81	6.44	0.33	0.34	62.049
CRGO-20-24	31.33	0.76	3.48	3.56	77.69	6.51	6.79	6.40	0.33	0.34	62.090
CRGO-30-12	32.30	0.83	4.80	4.87	80.15	6.92	7.22	6.48	0.34	0.35	61.172
CRGO-30-24	31.91	0.97	4.91	5.00	78.86	6.77	7.04	6.29	0.34	0.35	61.567
CRGO-20-12-W	31.33	0.80	3.73	3.82	77.89	6.51	6.79	6.33	0.33	0.35	62.105
CRGO-20-24-W	31.29	0.83	4.57	4.65	79.72	6.50	6.78	6.11	0.34	0.35	62.168
CRGO-30-12-W	31.67	1.23	6.28	6.40	78.91	6.70	6.94	5.87	0.34	0.36	61.889
CRGO-30-24-W	30.30	0.90	4.74	4.83	79.19	6.11	6.36	5.68	0.34	0.35	63.164

The reflectance spectra of untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabric within 360-700 nm are given in Figure 2. It can be seen from the reflectance spectra that the PA 6,6 fabric has high level of reflectance at all wavelength. It can be understand from the spectra that the PA 6,6 fabric reflects the high rate of incident light at all wavelengths of the visible region. This indicates that the PA 6,6 fabric has white color. When the PA 6,6 coated with GO, the reflectance spectrum has changed. The reflectance spectrum of GO-PA 6,6 decreased to lower values and tends to increase without showing a distinct peak at increasing wavelengths in the visible region. This indicates that the GO-PA 6,6 fabric absorbs high rate of incident light at all wavelengths of the visible region. The reflectance curve of GO-PA 6,6 fabric begins to increase between 550-700 nm wavelength which reveals that the reflectance increases at the yellow region between 560-590 nm, orange region between 590-620 nm and red region between 620-700 nm. With the reduction of GO, the reflectance spectra of CRGO coated PA 6,6 fabrics showed a remarkable decrease and reflectance curves of all CRGO coated PA 6,6 fabrics were closely stacked together. Also, the reflectance spectra of reduced fabrics had a linear curve at all wavelengths of the visible region. This reveals that the CRGO coated PA 6,6 fabrics

absorbs the most of the incident light without showing a distinct peak at the visible region. It can be understand that the CRGO coated PA 6,6 fabrics had dark color close to black.

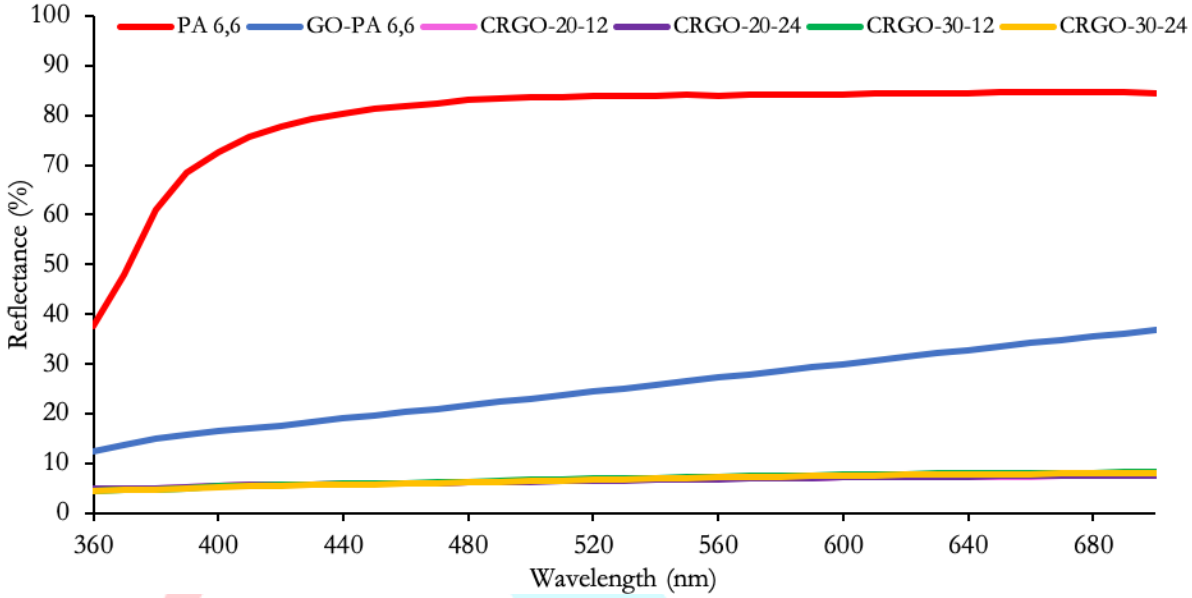


Figure 2. Reflectance spectra of the untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics.

Color Fastness Against to the Rubbing

The dry and wet rubbing fastness of GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics before and after washing process are given in Table 2. The rubbing fastness test was applied in order to evaluate the durability of the GO and CRGO sheets which were physically adsorbed on the surface of PA 6,6 fabric. From the results of color fastness against rubbing, it can be seen that the color fastness of dry rubbing is higher than the wet rubbing for both before and after washing process. It is seen that the rubbing fastness of CRGO coated PA 6,6 fabrics are better than GO-PA 6,6 fabric. The dry rubbing fastness of CRGO coated PA 6,6 fabrics showed no change by the reduction conditions and fabric test direction. However, the wet rubbing of CRGO coated PA 6,6 fabrics showed different results according to the fabric test direction. After washing process, the dry rubbing fastness of CRGO coated PA 6,6 fabrics became better while the wet rubbing results showed no change.

Table 2. Dry and wet rubbing fastness of GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics before and after washing process.

Sample	**Test Direction**	**Dry Rubbing**		**Wet Rubbing**	
		Before washing	After washing	Before washing	After washing
GO-PA 6,6	**Wale**	3 - 4		2	
	Course	3 - 4		2	
CRGO-20-12	**Wale**	4	4-5	2-3	2-3
	Course	4	4-5	2	2
CRGO-20-24	**Wale**	4	4-5	2-3	2-3

	Course	4	4-5	2	2
CRGO-30-12	**Wale**	4	4-5	2-3	2-3
	Course	4	4-5	2	2
CRGO-30-24	**Wale**	4	4-5	2-3	2-3
	Course	4	4-5	2	2

Electrical Surface Resistivity

The electrical surface resistivity results of untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics were given in Table 3. Polyamide 6,6 fabric is an electrically insulator in nature, so that it does not conduct electricity. The PA 6,6 warp knitted fabric has a high electrical surface resistivity obtained as $2.91x10^8$ kΩ/sq. Besides, it is also known that GO cannot conduct electricity due to the oxygen containing functional groups attached on the surface and edge of the sheets. Therefore, the electrical surface resistivity of GO-PA 6,6 fabric was obtained as $5.44x10^7$ kΩ/sq. After the reduction process with carob extract powder, the electrical conductivity property of GO was partially restored and the electrical surface resistivity has shown a remarkable decrease and became electrically conductive. The electrical resistivity of CRGO samples did not affected from the reduction conditions notably. The lowest electrical surface resistivity was obtained at sample CRGO-20-24 as $1.32x10^2$ kΩ/sq. After washing process, the electrical surface resistivity of CRGO samples increased slightly. This was an expected situation as a result of the removal of loosely adsorbed reduced graphene oxide sheets. The lowest electrical surface resistivity after washing process was obtained at sample CRGO-30-24 as $1.62x10^3$ kΩ/sq.

Table 3. Surface resistivity of untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics.

	Surface Resistivity (kΩ/sq)	
Sample	Before washing	After washing
PA 6,6	2.91E+08 ± 4.78E+04	-
GO-PA 6,6	5.44E+07 ± 7.08E+04	-
CRGO-20-12	1.51E+02 ± 1.53E+01	4.76E+03 ± 1.97E+02
CRGO-20-24	1.32E+02 ± 8.60E+00	3.63E+03 ± 1.38E+02
CRGO-30-12	1.73E+02 ± 1.65E+01	1.93E+03 ± 1.58E+02
CRGO-30-24	1.40E+02 ± 1.15E+01	1.62E+03 ± 9.12E+01

UV Protection Property

The UV transmittance percentage and UPF values of untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics were given in Figure 3. It can be seen from that the UVA transmittance percentage of all samples is higher than the UVB transmittance percentage. The UV transmittance percentage of PA 6,6 fabric was obtained as the highest and the UPF was obtained as the lowest with a rating of 13.42. This clearly indicates that the untreated PA 6,6 warp knitted fabric does not protects the skin from

the UV light. When the PA 6,6 fabric coated with GO, the UV transmittance percentage decreased dramatically and the UPF rating increased to 48.63. After the reduction process with carob extract powder at different conditions, the UV transmittance percentage decreased further and at the same time the UPF increased rapidly. The UV transmittance percentage of CRGO samples decreased to below 1% for both UVA and UVB. The lowest UPF was obtained at the CRGO-20-12 sample with a rating as 139.01 which means that UPF value of reduced samples performs excellent protection according to the standard. The UPF increased to 153.11 with increasing the reduction time from 12 h to 24 h at the 20% wt solution concentration. The increase in UPF continued with increasing the solution concentration from 20% wt to 30% wt It can be said that the increase the reduction time from 12 h to 24 h at 30% wt solution concentration did not affected the UPF rating prominently. However, the highest UPF was obtained at CRGO-30-24 sample as 159.54.

The UV transmittance spectra of untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics between 250-450 nm wavelength were given in Figure 4. It can be seen that the untreated PA 6,6 fabric shows higher UV transmittance between 250-450 nm wavelength than the GO-PA 6,6 and CRGO samples. Also, the UV transmittance begins to increase rapidly in the UVA region (320-400 nm). The GO-PA 6,6 fabric shows lower UV transmittance throughout the scanned wavelengths and the linear line of the GO-PA 6,6 tends to increase slightly in the UVA region. The UV transmittance of CRGO samples was obtained as a linear line throughout the scanned wavelengths without showing an increasing trend. Thus, it can be said that the reduction of GO coated PA 6,6 fabric with carob extract powder makes contribution to the UV protection ability of PA 6,6 fabric.

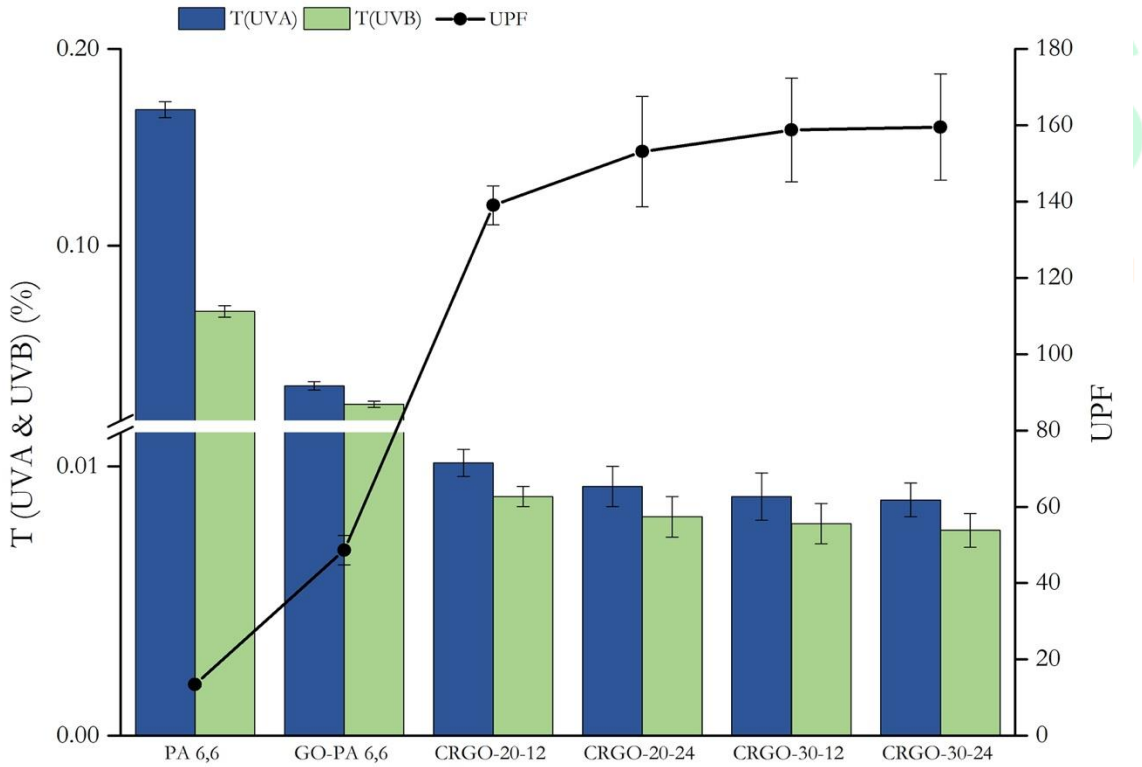


Figure 3. UV transmittance and UPF of the untreated, GO and CRGO coated PA 6,6 fabrics.

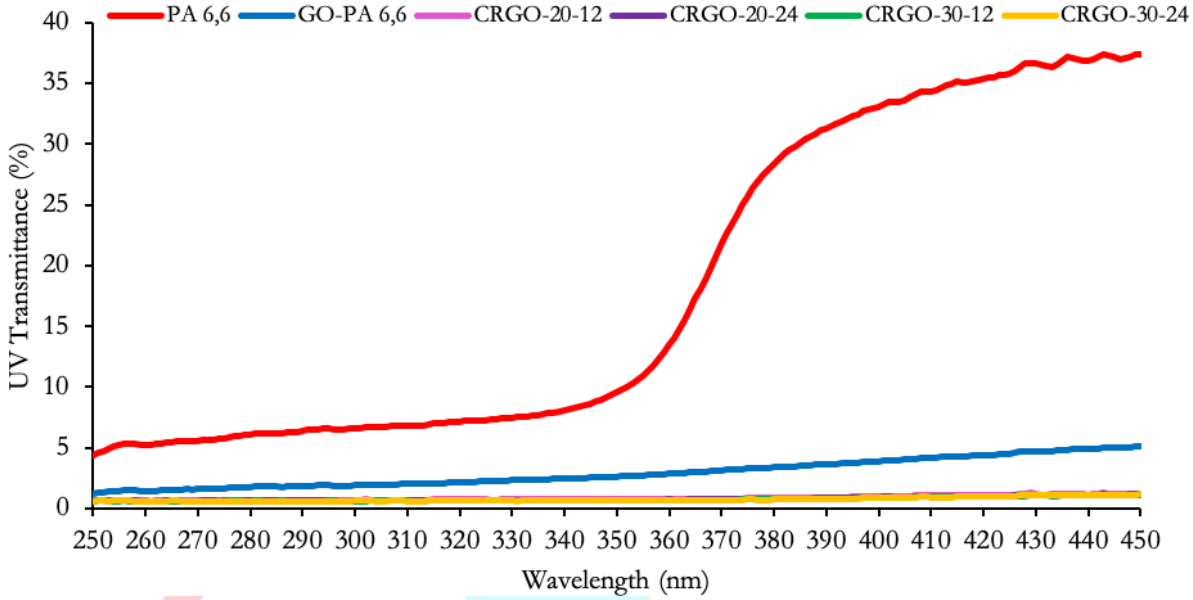


Figure 4. UV transmittance spectra between 250-450 nm wavelength of the CRGO coated PA 6,6 fabrics.

The UV transmittance percentage and UPF values of CRGO coated PA 6,6 fabrics after washing process were given in Figure 5. It can be seen that the UPF of CRGO samples after washing process performs excellent protection with a slight decrease according to the unwashed samples. Also, the UV transmittance percentage of the washed CRGO samples increased very little and obtained as below 1% for both UVA and UVB. The UPF of CRGO-20-12 sample decreased from 139.01 to 124.28 after washing process. It was found that the most decrease was seen at CRGO-30-12 and CRGO-30-24 samples. The UPF of CRGO-30-24 sample decreased from 159.54 to 121.07 after washing process which implies that still providing high UV protection ability.

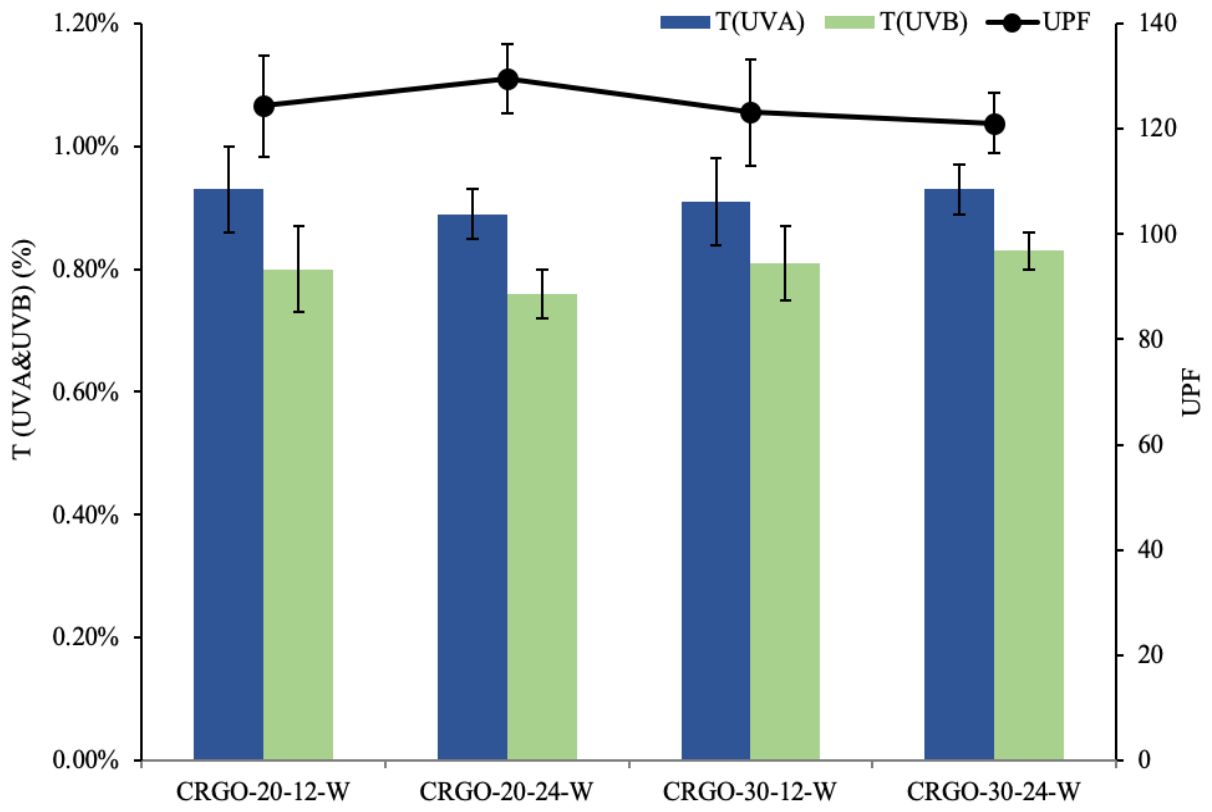


Figure 5. UV transmittance and UPF of the CRGO coated PA 6,6 fabrics after washing process.

Conclusion

In this study, PA 6,6 warp knitted fabric was coated succesfully with GO using a laboratory type Jigger dyeing machine. The GO coated PA 6,6 fabric was reduced with using carob extract powder as an environmentally friendly and nature based reducing agent. The surface morphology is characterized and color measurements, color fastness against to the rubbing, surface resistivity and UV protection property were studied. The surface morphology results confirmed the presence of GO and CRGO nanosheets on the surface of the PA 6,6 fabric. Also, the color coordinates results proved that the color change occurs for the GO-PA 6,6 fabric from white to yellow-brown and for the CRGO samples to darker color close to black. The color change is an important parameter for the determination of the reduction process with carob extract powder. Additionally, the results of color coordinates and ΔE values of CRGO samples after washing process showed no dramatic change. The color fastness against to the rubbing results showed that the dry rubbing of all samples was obtained better than wet rubbing for both before and after washing process. Whereas dry rubbing of CRGO samples after washing process became excellent, wet rubbing remained the same. The electrical surface resistivity results also confirmed the transformation of GO to RGO by the reduction process using carob extract powder. The electrical surface resistivity of PA 6,6 fabric decreased from 10^8 kΩ/sq to 10^2 kΩ/sq after the reduction of GO and increased to 10^3 kΩ/sq after washing process. The UV

protection results indicated that the UVA and UVB transmittance decreased and UPF increased dramatically with the reduction of GO. It was found out that the UPF of the CRGO samples before and after washing process performs excellent UV protection with UPF rating (50+). In conclusion, it is believed that the carob extract powder can be a good and promising candidate as a reducing agent for the environmentally friendly, low cost and large scale reducing of GO coated textiles with functional properties. Moreover, the use of carob extract powder for the reduction of GO as a green reducing agent can help the addition of diverse functionalities to the textiles.

References

AS/NZS. (1996). Sun protective clothing—Evaluation and classification. In *AS/NZS 4399:1996*. Australia, New Zealand.

Chatterjee, A., Nivas Kumar, M., & Maity, S. (2017). Influence of graphene oxide concentration and dipping cycles on electrical conductivity of coated cotton textiles. *The Journal of The Textile Institute, 108*(11), 1910-1916. doi:10.1080/00405000.2017.1300209

Gültekin, B. C., Gültekin, N. D., Atak, O., & Şimşek, R. (2018). Evaluation of the Electromagnetic Shielding Effectiveness of Carbon-Based Screen Printed Polyester Fabrics. *Fibers and Polymers, 19*(2), 313-320. doi:10.1007/s12221-018-7462-7

Gültekin, N., Usta, İ., & Yalçin, B. (2020). Green Reduction of Graphene Oxide Coated Polyamide Fabric Using Carob Extract. *AATCC Journal of Research, 7*(6), 33-40. doi:10.14504/ajr.7.6.5

Hasani, M., & Montazer, M. (2017). Electro-conductivity, bioactivity and UV protection of graphene oxide-treated cellulosic/polyamide fabric using inorganic and organic reducing agents. *The Journal of The Textile Institute, 108*(10), 1777-1786. doi:10.1080/00405000.2017.1286700

Hu, X., Tian, M., Qu, L., Zhu, S., & Han, G. (2015). Multifunctional cotton fabrics with graphene/polyurethane coatings with far-infrared emission, electrical conductivity, and ultraviolet-blocking properties. *Carbon, 95*, 625-633. doi:10.1016/j.carbon.2015.08.099

Krishnamoorthy, K., Navaneethaiyer, U., Mohan, R., Lee, J., & Kim, S.-J. (2011). Graphene oxide nanostructures modified multifunctional cotton fabrics. *Applied Nanoscience, 2*(2), 119-126. doi:10.1007/s13204-011-0045-9

Lavin-Lopez, M. P., Paton-Carrero, A., Sanchez-Silva, L., Valverde, J. L., & Romero, A. (2017). Influence of the reduction strategy in the synthesis of reduced graphene oxide. *Advanced Powder Technology, 28*(12), 3195-3203. doi:10.1016/j.apt.2017.09.032

Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., & Tour, J. M. (2010). Improved Synthesis of Graphene Oxide. *ACS NANO, 4*(8), 4806-4814.

Mirjalili, M. (2016). Preparation of electroconductive, magnetic, antibacterial, and ultraviolet-blocking cotton fabric using reduced graphene oxide nanosheets and magnetite nanoparticles. *Fibers and Polymers, 17*(10), 1579-1588. doi:10.1007/s12221-016-6689-z

Pandiyarasan, V., Archana, J., Pavithra, A., Ashwin, V., Navaneethan, M., Hayakawa, Y., & Ikeda, H. (2017). Hydrothermal growth of reduced graphene oxide on cotton fabric for enhanced ultraviolet protection applications. *Materials Letters, 188*, 123-126. doi:10.1016/j.matlet.2016.11.047

Qu, L., Tian, M., Hu, X., Wang, Y., Zhu, S., Guo, X., Han, G., Zhang, X., Sun, K., & Tang, X. (2014). Functionalization of cotton fabric at low graphene nanoplate content for ultrastrong ultraviolet blocking. *Carbon, 80*, 565-574. doi:10.1016/j.carbon.2014.08.097

Ren, J., Wang, C., Zhang, X., Carey, T., Chen, K., Yin, Y., & Torrisi, F. (2017). Environmentally-friendly conductive cotton fabric as flexible strain sensor based on hot press reduced graphene oxide. *Carbon, 111*, 622-630. doi:10.1016/j.carbon.2016.10.045

Shateri Khalil-Abad, M., & Yazdanshenas, M. E. (2010). Superhydrophobic antibacterial cotton textiles. *Journal of Colloid and Interface Science, 351*(1), 293-298. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2010.07.049

Shateri-Khalilabad, M., & Yazdanshenas, M. E. (2013). Fabricating electroconductive cotton textiles using graphene. *Carbohydrate Polymers, 96*(1), 190-195. doi:10.1016/j.carbpol.2013.03.052

Shen, W., Dong, Y., Cui, G., & Li, B. (2016). Optimized preparation of electrically conductive cotton fabric by an industrialized exhaustion dyeing with reduced graphene oxide. *Cellulose, 23*(5), 3291-3300. doi:10.1007/s10570-016-1006-y

T.S.E. (2003). Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm C09:Evsel Ve Ticari Yıkamaya Karşı Renk Haslığı-Düşük Sıcaklıkta Ağartıcı Aktivatör Katkılı Fosfat İçermeyen Referans Deterjan Kullanılarak Alınan Yükseltgen Ağartma Cevabı In *TS ISO 105-C09:2003/T1*. Ankara, Türkiye.

T.S.E. (2016). Tekstil - Renk Haslığı Deneyleri - Bölüm X12: Sürtmeye Karşı Renk Haslığı Tayini. In *TS EN ISO 105-X12*. Ankara, Türkiye.

Tang, X., Tian, M., Qu, L., Zhu, S., Guo, X., Han, G., Sun, K., Hu, X., Wang, Y., & Xu, X. (2015). Functionalization of cotton fabric with graphene oxide nanosheet and polyaniline for conductive and UV blocking properties. *Synthetic Metals, 202*, 82-88. doi:10.1016/j.synthmet.2015.01.017

Tian, M., Hu, X., Qu, L., Du, M., Zhu, S., Sun, Y., & Han, G. (2016). Ultraviolet protection cotton fabric achieved via layer-by-layer self-assembly of graphene oxide and chitosan. *Applied Surface Science, 377*, 141-148. doi:10.1016/j.apsusc.2016.03.183

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Hydrophilic Silicone Emulsions Developed for Use in %100 Cotton and Cotton/Elastane Blended Fabrics and Their Optimization Studies

%100 Pamuk ve Pamuk/Elastan Karışımlı Kumaşlarda Kullanılmak Üzere Geliştirilen Hidrofil Silikon Emülsiyonları ve Optimizasyon Çalışmaları

Sabiha Seda Sertas
Ayrin Ibis
Koray Pektas

Abstract

This study was aimed that the hydrophilicity of the fabrics including 100% cotton and mixture of cotton and elastane was improved by the hydrophilic silicone emulsions and analyzed the effects of those emulsions with hydrophilicity and physical tests on the 100% cotton and cotton/elastane fabrics. According to the results of these experiments, the most suitable silicone emulsion recipes which can be used was determined. Furthermore, these products developed were compared with the commercial products. In this study, 72 recipes were obtained by Minitab considering the amount of water and Pes resin, and the amount and type of carbon-based and silicone-based lubricants, glycerin and hydrophilic, polyether, carboxyl-terminated silicones and quart silicone, co-solvent, emulsifier and fabric type. The analyzes of pH, solid, appearance, viscosity, solubility, shear

Özet

Çalışma kapsamında, %100 pamuk ve Pamuk/elastan karışımı kumaşların hidrofilitelerini artırmak amacıyla hidrofil silikon emülsiyonlarının geliştirilmesi, geliştirilen bu silikon emülsiyonlarının %100 pamuk ve Pamuk/elastan karışımlı kumaşlar üzerine aktarılarak hidrofilite ve fiziksel performans testleri üzerindeki etkisinin incelenmesi ve kullanılabilecek optimum silikon emülsiyon reçetelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda geliştirilen bu ürünler ticari ürünler ile de karşılaştırılmıştır. Çalışmada minitab kullanılarak su miktarı, yardımcı solvent tipi, yardımcı solvent miktarı, emülgatör tipi, emülgatör miktarı, pes reçine, polieter silikon tipi ve polieter silikon miktarı, karbon bazlı kayganlaştırıcı, gliserin, kuarterner amonyum bazlı silikon tipi ve miktarı, hidrofil silikon, karboksi sonlandırılmış silikon ve silikon bazlı

strength, electrolyte resistance, shelf life and optical were performed on hydrophilic silicone emulsions and commercial products prepared according to prescriptions. Trade products and hydrophilic silicones were applied to two different fabrics of terry and knit with methods of padding and exhaustion. Hydrophilicity values and hand feels of fabrics applied silicone emulsions were measured. According to the obtained results, it was determined that they had better degrees of hydrophilicity while having hand-feel as fabrics treated with commercial products.

Keywords: Hydrophilic Silicone, Silicone Softener, Silicone Emulsion, Knitting, Textile

kayganlaştırıcı ve kumaş tipi parametreleri göz önüne alınarak deneysel tasarım oluşturulmuş ve toplamda 72 adet reçete çıkarılmıştır. Reçetelere göre hazırlanan hidrofil silikon emülsiyonlarına ve ticari ürünlere pH, katı madde tayini, görünüm, viskozite, çözünürlük, kesme dayanımı, elektrolit dayanımı, raf ömrü ve optik analizleri yapılmıştır. Ticari ürünler ile hidrofil silikon emülsiyonları 2 farklı örgü yapısına sahip havlu ve örme kumaşlara sırasıyla çektirme ve emdirme yöntemi kullanılarak aktarılmıştır. Silikon emülsiyonu aktarılan kumaşların hidrofilite değerleri ve tuşeleri ölçülmüştür. Elde sonuçlara göre, ticari ürünler ile işlem gören kumaşların tuşe değerlerinin yakalandığı ve daha iyi hidrofilite derecelerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hidrofil silikon, Silikon yumuşatıcı, Silikon emülsiyon, Örme, Tekstil

Introduction

Knitted fabrics are preferred by customers due to their advantageous features such as good elasticity, stretch to wrap the body, providing comfort in clothing for the moving body, less wrinkling, good air permeability, easy maintenance, light, soft, voluminous and draped. (Gülsevin, 2005). Finishing processes are applied to the fabrics for enriching their appearance, approach and other beneficial properties. Hand feel which is the first parameter that leaps to mind by clothing comfort is brought to the fabrics by utilizing fabric softeners. While the softeners are categorized as anionic, cationic, nonionic, amphoteric, silicone and reactive generally, silicone based ones are at the cutting edge of softeners when investigating the softeners commonly used in the textile industry. (Chattopadhyay & Vyas, 2010; Jatoi et al., 2015; Özgüney & Özkaya, 2008; Parvinzadeh & Hajiraissi, 2008; Paul, 2015). In addition to the easy application of silicone softeners to natural and synthetic fibers, they provide a softer, more flexible and draped feature compared to other softeners. Furthermore, these softeners do not affect mechanical properties such as tear strength and abrasion resistance adversely. (Çelik, Değirmenci, & Kaynak, 2010; Jatoi et al., 2015; Sancar Besen & Balci, 2017; Sarioğlu & Çelik, 2015; Wei et al., 2019). Additionally, Hydrophilic softeners, which are used as

new generation silicone softeners, eliminate the problems such as color change, yellowing and hydrophilicity decrease in fabrics that can be encountered in amino functional silicone emulsions. (Balci, Kinoglu, & Besen, 2019; Balci, Kinoglu, & Sancar Besen, 2019; Çelik et al., 2010).
The aim of this study is to develop hydrophilic silicone emulsions in order to increase the hydrophilicity of cotton and cotton/elastane fabrics. Therefore, hydrophilic silicone emulsion recipes including also one of the commercial hydrophilic silicone emulsion that is to observe the performance of the commercial emulsion versus the performance of new recipes on fabrics, were created by using an experimental design. After being transferred to the fabrics by using the padding and exhaustion method, the softener finishing process was applied and the hydrophility and hand feel tests were carried out. The results obtained were compared with the commercial product and optimum hydrophilic silicone recipes were created according to these results.

Materials and Method

In the study, hydrophilic silicone prescriptions were created using the experimental design (DOE) method in Minitab. Parameters used for recipes created in experimental design are fabric type, 1st water amount, silicone oils, silicone oil amount, emulsifier type, emulsifier amount, lubricant, lubricant amount, co-solvent type, co-solvent type amount, Pes resin amount, glycerin amount and 2nd water amount. 72 hydrophilic silicone recipes were prepared and obtained with these parameters. Appearance, viscosity, solubility, shear stability, pH, electrolyte stability, shelf life, solid matter and optical tests were performed on the obtained hydrophilic silicone emulsions.

Hydrophilic silicone emulsions and commercial silicone emulsions, whose stability tests were carried out, were transferred to knitted and terry fabrics with two different fabric constructions.

Hydrophilic silicone emulsions and commercial silicone emulsions, whose stability tests were carried out, were transferred to fabrics with two different fabric constructions. In the study, two yarn knitted fabric with a weight of 140 g / m2 and two-sided terry fabric with a weight of 180 g / m2 were used.

Silicone emulsions were transferred to knitted fabric by padding method and to terry fabric by exhaustion method. In the padding method, 20g / L silicone emulsion was transferred with 70% pick-up using laboratory type horizontal padding, while in exhaustion method, 2% silicone emulsion at 1:10 liquor ratio was transferred to the fabric with a laboratory type HT machine for 60 minutes at 45°C.

In order to compare the performance of hydrophilic silicone emulsions obtained in the study with commercial silicone emulsion on fabrics, subjective hand feel and hydrophility tests were performed.

Results and Discussions

Stability tests were carried out on the silicone emulsion recipes prepared within the scope of the study, and then the hydrophilic silicone emulsions obtained were transferred to knitted and terry fabrics in order to see the effect on fabric types.

The hand feel and hydrophilicity of fabrics containing hydrophilic silicone were measured. The results obtained were evaluated using the design of experiments (DOE) on the Minitab. When the results obtained here are evaluated, it has been determined that the 1st water ratio has no effect on the fabric performance and the stability of the silicone emulsion. As the solvent type, it was decided that the use of butyl diglycol (bdg) or monopropylene glycol (mpg) did not show a significant difference, but bdg could be used in recipes due to its better solvent properties. It has been observed that the use or the amount of PES resin among the parameters has no effect on the fabric performance. At the same time, it was determined that the silicone oil used in the study as polyether 2, which is one of the silicone oils, did not affect the fabric hand feel and hydrophilicity performance, and it was removed from the recipe studies.

On the other hand, it was observed that silicone recipes did not affect terry fabric performance and it was decided to work with two yarn knitted fabrics in subsequent studies.

In the second step of the study, the above-mentioned parameters were removed, and hydrophilic recipes were created to obtain the best hand feel, hydrophilicity and hand feel+hydrophilicity values using DOE. Newly formed recipes are given in Table 1.

Table 1. Newly formed recipes

Recipe No	20000 cps Hydrophil Silicone	Quarter Ammonium Based Silicone 1	Carboxy Terminated Silicone	Silicone Based Lubricant	Quarter Ammonium Based Silicone 2	6 Ethoxylate	12 Ethoxylate	2. Amount of Water
1	0	0	0	35	0	-	-	42,40
2	35	0	0	0	0	12,60	-	29,80
3	21	3,5	3,5	3,5	3,5	9,31	1,87	31,22

The stability tests of the newly formed hydrophilic silicone emulsions and the commercial product were carried out. When the stability test results were examined, it was seen that the solid matter content of the commercial product was 50%, but it was not suitable for use in the exhaustion method. At the same time, it has been determined that this product is degraded at 78°C at pH 7, has electrolyte stability and has a shelf life of 4 months. On the other hand, it has been observed that there is no optical strength.

Table 2. Stability test results of silicone emulsions

Recipe No	Appearance	Solid Matter (%)	Viscosity (cst)	Solubility	Shear Strength ()	pH/ Temperature (°C)	Electrolyte ($MgCl_2$)	Shelf Life	Optical strength
1	Opaque	29	850	Soluble	No	48	No	Yes	No
2	Clear	52	805	Soluble	Yes	84	Yes	No	Yes
3	Clear	47	957	Soluble	Yes	100	Yes	Yes	Yes
Commercial Product	Opaque	50	12.000	Soluble	No	78	Yes	Yes	No

When the results of hydrophilicity and hand feel tests of fabrics applying silicone emulsions were evaluated, hand feel assessment without recipes were ranked 5. On the other hand, the wetting time of the knitted specimen treated with a commercial product was 10 seconds, while this value was measured as 9 seconds in Recipe 1 and Recipe 2 and it was determined as 13 seconds in Recipe 3. When the sinking results of the fabrics are examined, it is seen that the sink time of the sample treated with commercial product is 11 seconds, while the sink time of the samples treated with Recipe 1 and Recipe 2 is 10 seconds and the sink time in Recipe 3 is 14 seconds and therefore, in terms of hydrophilicity performance compared to the commercial product, it was determined that it remained behind.

According to the fabric hand feel and hydrophility test results, it was seen that Recipe 1 and Recipe 2 could be an alternative to the commercial product in terms of hand feel and hydrophilicity, while the recipe number 3 could be an alternative only for hand feel-based evaluations.

Table 3. Hand feel and Hydrophilicity Test Results of Specimens Treated with Silicone Emulsions

Recipe Number	Hand feel	Hydrophilicity	
		Wetting (min)	Sinking (min)
1	5	9	10
2	5	9	10
3	5	13	14
Commercial Product	5	10	11

Conclusions

In this study, hydrophilic silicones were developed to increase the touch and hydrophilicity of cotton and cotton / elastane blended fabrics and optimization studies were carried out to determine the recipes to be used, and then their stabilities were compared with the commercially used product. Then, the created recipes were transferred to the fabrics and their hand feel and hydrophilicity performances on the fabrics were examined. According to the results obtained here, since some of the parameters

have no effect on the silicone emulsion and fabric performance, a new recipe study has been started and the recipe studies have been made to provide the best hand feel and the best hydrophility. In a 2-step study, 3 recipes were determined and these recipes and commercial product were transferred to the fabrics separately and then the touch and hydrophility performance of the fabrics were examined. According to the results, the advantages of the hydrophilic silicone emulsions, which are defined as Recipe 1 and Recipe 2, over commercial product in terms of both hand feel and hydrophility were determined. Recipe 3 was found to have lower hydrophilicity values compared to the commercial product, but had the same touch values in terms of hand feel. As a result, the hydrophilic silicone recipes desired to be developed in the study were successfully achieved.

References

Balci, O., Kinoglu, G. Ö., & Besen, B. S. (2019). Silicone oil based softeners including different additives – part I: Characterization of the softeners and investigation of their effects on mechanical properties of the fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *31*(1), 130–144. https://doi.org/10.1108/IJCST-04-2018-0047

Balci, O., Kinoglu, G. Ö., & Sancar Besen, B. (2019). Silicone oil based softeners including different additives: Part II: investigation of effects of silicone softeners on the comfort properties of the fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *31*(1), 16–31. https://doi.org/10.1108/IJCST-04-2018-0048

Çelik, N., Değirmenci, Z., & Kaynak, H. K. (2010). Effect of nano-silicone softener on abrasion and pilling resistance and color fastness of knitted fabrics. *Tekstil ve Konfeksiyon*, *20*(1), 41–47.

Chattopadhyay, D. P., & Vyas, D. D. (2010). Effect of silicone nano-emulsion softener on physical properties of cotton fabric. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, *35*(1), 68–71.

Gülsevin, N. (2005) Spor giysilerin konfor özellikleri üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

Jatoi, A. W., Khatri, Z., Ahmed, F., & Memon, M. H. (2015). Effect of Silicone Nano, Nano/Micro and Nano/Macro-Emulsion softeners on color yield and physical characteristics of dyed cotton fabric. *Journal of Surfactants and Detergents*, *18*(2), 205–211. https://doi.org/10.1007/s11743-014-1647-5

Özgüney, A. T., & Özkaya, K. (2008). Effects of the softeners on the colour change which occurs during the curing of cotton fabric in screen printing conditions. *TEKSTİL VeKonfeksiyon*, *18*(2), 121–129.

Parvinzadeh, M., Hajiraissi, R., (2008), Macro- and Microemulsion Silicone Softeners on Polyester Fibers: Evaluation of Different Physical Properties, Journal of Surfactants and Detergents, 11, 269–273.

Paul, R. (2015) Functional finishes for textiles: improving comfort, performance and protection, Elsevier, Cambridge, UK. doi: 10.1016/C2013-0-16373-8.

Sancar Besen, B., & Balci, O. (2017). Investigation of the effects of silicone emulsions having different particle sizes on knitted fabrics depending on the type of yarn. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *29*(3), 394–416. https://doi.org/10.1108/IJCST-07-2016-0087

Sarioğlu, E., & Çelik, N. (2015). Investigation on regenerated cellulosic knitted fabric performance by using silicone softeners with different particle sizes. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, *23*(5), 71–77. https://doi.org/10.5604/12303666.1161760

Wei, Y., Zheng, C., Chen, P., Yu, Q., Mao, T., Lin, J., & Liu, L. (2019). Synthesis of multiblock linear polyether functional amino silicone softener and its modification of surface properties on cotton fabrics. *Polymer Bulletin*, *76*(1), 447–467. https://doi.org/10.1007/s00289-018-2375-1

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Some Characteristics of Soils and Mineral Nutrition Status of *Orchis anatolica* Orchid Species Growing in Kahramanmaraş Natural Flora

Kahramanmaraş Doğal Florasında Yetişen Orchis anatolica Salep Türünün Yetiştiği Toprakların Bazı Özellikleri ve Mineral Beslenme Durumları

***Cafer Hakan Yılmaz*[1]**
***Esra Bulunuz Palaz*[2]**

Abstract

In this study, It is aimed to determine some of the physical and chemical properties of the soils where it grows with its plant nutrients content of *Orchis anatolica* is the most collected species by the local people, which shows Spread in the natural flora of Kahramanmaraş, giving taste, consistency and aroma to "Maraş Ice Cream". The study was carried out in the lands of Rahmacılar Village of Onikişubat District of Kahramanmaraş province. It has been determined that the soils in its natural flora have sandy clay loam texture, neutral reaction, very slightly saline, extremely calcareous, good in terms of organic matter, poor available magnesium and medium level of phosphorus, and other plant nutrients do not cause a problem in terms of plant nutrition. Leaf, stem and tuber analyses were carried out separately in plant

Özet

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ın doğal florasında yayılış gösteren ve "Maraş Dondurması"na tat, kıvam ve aromasını veren salep orkide türlerinden yöre halkınca en çok toplanan tür olan *Orchis anatolica*'nın bitki besin maddesi içerikleri ile yetiştiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, Kahramanmaraş İlinin Onikişubat İlçesine bağlı Rahmacılar Köyünde yürütülmüştür. Doğal florasındaki toprakların kumlu killi tın tekstürlü, nötr reaksiyonlu, çok hafif tuzlu, çok fazla kireçli, organik madde miktarı bakımından iyi, bitkiye yarayışlı magnezyumca fakir, fosforca orta düzeyde olduğu ve diğer bitki besin elementlerinin de, bitki besleme bakımından bir problem oluşturmadığı tespit edilmiştir. Bitki analizlerinde yaprak, sap ve yumru analizleri ayrı

[1] Cafer Hakan Yılmaz, Dr., East Mediterranean Transitional Zone Agricultural Research of Institute, Kahramanmaraş, Turkey, caferhakan.yilmaz@tarimorman.gov.tr
[2] Esra Bulunuz Palaz, Dr., East Mediterranean Transitional Zone Agricultural Research of Institute, Kahramanmaraş, Turkey

analysis. According to the results of the analysis, it was understood that the orchid plant uptook enough plant nutrients from the soil and transmitted these nutrients to the organs subject to analysis in sufficient concentrations. It has also been found that it makes sufficient use of the available Mg in the soil. This means that the available magnesium, which is below the adequacy limit for many plants, is sufficient for Orchis anatolica orchid species. With this study, important data were obtained regarding the characteristics of the soil in which the orchid species grow and the amount of nutrients it contains and how much they are distributed to the different organs of the plant. The results of this study are thought to constitute an important basis also for future studies.

Keywords: Natural flora**,** Orchid, Plant nutrients, Soil and plant analysis, Soil properties

ayrı yapılarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, salep bitkisinin topraktan bitki besin elementlerini bünyesine yeterince aldığı ve bu besinleri analize konu olan organlarına yeterli konsantrasyonlarda ilettiği anlaşılmıştır. Ayrıca topraktaki alınabilir Mg'dan da yeterli miktarda yararlandığı tespit edilmiştir. Bu da, birçok bitki için yeterlilik sınırının altında olan alınabilir magnezyumun, *Orchis anatolica* salep türü için yeterli miktarda olduğudur. Bu çalışmayla, salep türünün yetiştiği toprağın özellikleri ile bünyesine aldığı besin elementlerinin miktarları ve bunların bitkinin farklı organlarına nasıl dağıldığı yönünde önemli veriler elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının gelecekteki çalışmalar için de önemli bir temel oluşturacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğal flora, Salep, Bitki besin elementleri, Toprak ve bitki analizleri, Toprak özellikleri

Introduction

Turkey, its geographical location and found that the climate has a very rich flora. Among these rich species, orchids are represented by 170 taxa, 30 of which are endemic (Kreutz and Çolak, 2009). It is known that salep powder is obtained from 80 different orchid species belonging to 10 different genus in our country (Anonymous, 2020). This powder, which gives the taste, consistency and aroma of "Maraş Ice Cream", is obtained by processing tubers of salep orchid species (Sezik, 1984). Demands for these plants from food, ice cream and medical fields are constantly increasing in our country as in the world. Therefore, salep species were included in the "Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)", which entered into force on 22 December 1996 (Anonymous, 2009). However, despite all the precautions taken, too much use of orchid tubers in the pharmaceutical and food industry causes them to be collected from their natural areas uncontrolled every year. This situation endangers generations of the salep species. Orchids want soils with high permeability due to their tubers and fleshy root structures, because the dependence of the orchid on mycorrhiza is that the mycorrhiza also needs oxygen (Sandal, 2009). The lime content of the soils where salep species grow is generally low (Topçuoglu et al., 1996). However,

it has been reported that they also live in medium, high and very high calcareous soils (Ors et al., 2011). Therefore, it varies widely in terms of lime requirements of them (Çığ and Yılmaz, 2015). Orchid species grow in wide soil pH ranging from calcareous areas to slightly acidic conditions (Ortaş, 2011). Orchid species do not have organic material selectivity (Çığ and Yılmaz, 2015). Again, such soils do not have salinity problems also, according to the United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (Soil Survey Staff, 1993). For cultural production, it is of great importance to determine the physical and chemical properties of the soils where the salep orchid plants grow in the natural flora.

In this study, It is aimed to determine some of the physical and chemical properties of the soils where it grows with its plant nutrients content of *Orchis anatolica* is the most collected species by the local people, which shows Spread in the natural flora of Kahramanmaraş, giving taste, consistency and aroma to "Maraş Ice Cream".

Material and Method

The research was carried out in the lands of Rahmacılar village of Onikişubat district of Kahramanmaraş province. Soil and plant samples from the natural flora of Orchis anatolica salep orchid species were taken on 30.04.2015.

Soil Samples

A total of 10 soil samples were taken from both the place where salep plants were extracted and from their immediate surroundings and from a depth of 0-20 cm. The samples taken were mixed thoroughly in a clean bucket and turned into a single sample of 2 kg. Soil samples brought to the laboratory were laid in clean polyethylene tubs, stone and plant particles were removed and then left to dry. The dried soils were mashed with wooden mallets, passed through a 2 mm steel sieve and made suitable for analysis. In soils ready for analysis; Soil texture (Bouyoucus) was determined according to the hydrometer method (Klute, 1986). Saturation (saturation) (%) with water was found by adding pure water to the soil until it was saturated with water as reported by Richards (1954). Soil reaction (pH) was measured by a pH meter with glass electrodes in water-saturated soil (sature sludge), as reported by Richards (1954). Electrical conductivity (EC) (dS m^{-1}) of soils was measured with an electrical conductivity device in saturated sludge (Richards, 1954). Lime ($CaCO_3$) (%) was determined volumetrically in Scheibler calcimeter (Klute, 1986). Amount of organic matter (%) was found by the modified Walkley-Black method specified by Richards (1954). Available phosphorus (mg kg^{-1}) was determined by spectrophotometer device according to the method of Olsen et al. (1954). Available potassium, calcium and magnesium (mg kg^{-1}) contents were determined according to the Ammonium Acetate method (Richards, 1954). The amount of microelements (Fe, Mn, Cu and Zn) available for the plant (mg kg^{-1}) were found according to the DTPA method reported by Lindsay and Norvell (1978) (Klute, 1986).

Leaf Samples

The plant samples were taken whole as tubers, stems and leaves. The samples were kept in ice-filled containers so that they do not lose their freshness until they go to the laboratory. After the plant samples were brought to the laboratory, they were washed first with tap water, then with 0.1 N HCl and 3 times with pure water, the excess water was taken with blotting paper and dried in an air circulation drying cabinet at 70 C for 48 hours (until they reach constant weight) and then they were grinded and ready for analysis had been made (Kacar and İnal, 2010). Plants ready for analysis; They were ground separately as leaves, stems and tubers. Approximately 0.3 g was taken from the milled parts and burned in a microwave oven with 5 ml of concentrated (d: 1.42) nitric acid and 2 ml of 30% hydrogen peroxide (H_2O_2) according to the wet combustion method. After cooling, 50 ml measuring flasks were filtered through blue banded filter paper and their final volume was completed with ultra pure water (Kacar and İnal, 2010). Phosphorus, calcium, magnesium, potassium, copper, zinc, iron and manganese concentrations from plant nutrients in the solution obtained were determined with the Agilent 5100 brand ICP-OES device.

Table 1. Plant nutrients necessary for the growth of most plants and some features related to them (Çepel, 1996; Jones and Jacobsen, 2001; Epstein and Bloom, 2005)

Name of the Element	Chemical Icon	Content in Dry Matter		Available Form for Plant
		%	mg kg^{-1}	
Phosphorus	P	0.2 (0.1-0.5)		$H_2PO_4^-$, HPO_4^{-2}
Potassium	K	1.0		K^+
Calcium	Ca	0.5 (0.2-1)		Ca^{+2}
Magnesium	Mg	0.2 (0.1-0.4)		Mg^{+2}
Iron	Fe		100 (50-250)	Fe^{+2}, Fe^{+3}
Manganese	Mn		50 (20-200)	Mn^{+2}
Copper	Cu		6	Cu^+, Cu^{+2}
Zinc	Zn		20	Zn^{+2}

The adequacy level evaluations of the nutrient content of each part of the salep plant (tuber, stem and leaf) were made according to Table 1 given above.

Results and Discussion

Soil Properties

According to soil analysis results; It has been determined that the soils of the research area are sandy clay loam, neutral reaction, slightly salty, extremely calcareous and good organic matter.

Available potassium, calcium, iron, manganese, copper and zinc levels were found to be sufficient, but insufficient in terms of available phosphorus and magnesium (Table 2).

Table 2. Some physical and chemical properties of the research area soils

Soil Properties	Value (0-30 cm)	Evaluation
Sand (%)	52.7	
Silt (%)	16.4	
Clay (%)	31.1	
Texture		Sandy clay loam (SCL)
pH	7.23	Notr
EC (dS m^{-1})	1.15	Very slightly saline
Lime (%)	36.18	Extremely calcareous
Organic matter (%)	3.33	Good
Available phosphorus (mg kg^{-1})	8.88	Medium
Available potassium (mg kg^{-1})	323	Very high
Available calcium (mg kg^{-1})	6975	Good
Available magnesium (mg kg^{-1})	157	Very low
Available iron (mg kg^{-1})	13.43	Good
Available manganese (mg kg^{-1})	17.60	Enough
Available copper (mg kg^{-1})	1.74	Enough
Available zinc (mg kg^{-1})	1.16	Enough

In Table 2; texture was evaluated according to Bouyoucos (1921), pH was evaluated according to USDA (1998), total saline was evaluated according to Anonymous (2018), lime was evaluated according to FAO (2006), organic matter was evaluated according to Ülgen and Yurtseven (1995), available phosphorus and potassium were evaluated according to Rehm et al. (1996), Calcium was evaluated according to Loue (1968), and magnesium was evaluated according to FAO (1990) and microelements were also evaluated according to Lindsay ve Norvell (1978).

Soil Texture (%)

The texture percentages of the salep orchid soil being analyzed were determined to be sand 52.7%, silt 16.4%, clay 31.1%. The body class was found as sandy clay loam (SCL) according to these values (Table 2). Çığ and Yılmaz (2015) found in a their study that the texture percentages of *Dactylorhiza romana* salep orchid species as sand 42.0%, silt 37.6% and clay 20.4% and in the loam class. In another study, it was stated that the soils where the salep plant grows mostly have sandy clay loam,

clay loam and clay (Topçuoğlu et al., 1996). Tuber plants need soils with high permeability due to their tubers and fleshy root structures (Sandal, 2009).

Soil Reaction (pH)

The pH value of the studied salep plant soil was found to be 7.23, that is, neutral (Table 2). Rasmussen (1995) reported that some salep species can grow in a wider pH range and this range varies between 6.5-8.0. The same researcher also stated that some other species prefer dry, lime-rich forest openings and soils with pH≥ 8. Topçuoğlu et al. (1996) reported that the pH values of Kahramanmaraş salep orchid soils were between the limits of 7.20 and 7.98 and changed from neutral to slightly alkaline reaction. Parlak and Tutar (2011) stated that the pH of salep soils ranged from 8.13 to 8.53 and showed alkaline properties. Ors et al. (2011) found between 5.71 and 7.81 the pH of the soils where *Dactylorhiza* and *Orchis* salep species grow in Bayburt, Bingöl and Erzurum regions. Ortaş (2011) also reported that orchids grow in wide soil pH ranging from alkaline areas to slightly acidic conditions.

EC (Electrical Conductivity) (dS m^{-1})

The electrical conductivity (EC) value of the research area soil was found to be 1.15 dS m^{-1} and it was determined to be in the very slightly saline class (Table 2). Ors et al. (2011) stated that the salt concentrations of *Dactylorhiza* and *Orchis* soils ranged from 0.47 dS m^{-1} to 2.97 dS m^{-1} and there was no salinity problem. Parlak and Tutar also stated that the salt content of some salep soils is between 0.270 and 0.329 mmhos cm^{-1} and has salt-free character. It has also been reported by the United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service that such soils do not have salinity problems (Soil Survey Staff, 1993). The EC value obtained in our study are similar to the findings of other studies.

Lime ($CaCO_3$) (%)

In the study, the lime ($CaCO_3$) content of the salep orchid soil was determined to be 36.18% and in extremely calcareous class (Table 2). Lime content of soils where sahlep species grow is generally low (Topçuoğlu et al., 1996). It is observed that salep orchids grow especially in calcareous soils throughout Turkey (Baytop, 1999). Orchids grow in wide soil pH ranging from calcareous areas to slightly acidic conditions (Ortaş, 2011). The lime content of orchid soils are classified as medium, high and very high calcareous (Ors et al., 2011). In a study conducted in Van region, it was reported that lime (CaCO3) ratios of salep soils were determined between 0.63-30.76% and varied from less calcareous to more calcareous (Çığ and Yılmaz, 2015). It is understood from the studies conducted that the lime content of salep soils varies in a wide range.

Organic Matter (OM) (%)

In this study, it was determined that the organic matter content of the salep orchid soil was 3.33% and at a good level (Table 2). In a study conducted in soils where *Dactylorhiza* and *Orchis* salep orchids grow, organic matter concentrations were reported to be between 1.06% and 38.96% (Ors et al., 2011). Çığ and Yılmaz (2015) reported that they determined the organic matter content of orchid soils between 0.58% and 2.23% at a very low, low and medium level and that orchid species did not have organic matter selectivity.

Available Phosphorus (P) (mg kg^{-1})

In the study, the phosphorus content of salep soils was found to be 8.88 mg kg^{-1} and moderate (Table 2). In a study, Aytaş (1994) reported that the amounts of available phosphorus of salep orchid soils was low. Topçuoğlu et al. (1996) stated that the soils where some salep species grow contain between 2.39-73.94 mg kg^{-1} available phosphorus and most of its soils are rich in available phosphorus. Sandal (2009) stated that the available phosphorus content of soils where different salep species grow was between 0.12 kg da^{-1} and 3.34 kg da^{-1} and ranged from low to very rich levels. In another study, it was reported that the phosphorus concentrations of salep soils were between 6.65-18.02 mg kg^{-1} and varied between medium and very high levels (Çığ and Yılmaz, 2015). In this study, it is seen that the available phosphorus value obtained is between and compatible with the values given in the literature.

Available Potassium (K) (mg kg^{-1})

In the study, the available potassium content of soil samples was determined as 323 mg kg^{-1} and at a very high limit value (Table 2). Topçuoğlu et al. (1996), in a study they conducted on salep orchid soils in the Kahramanmaraş region, stated that they determined the available potassium concentrations of soils between 0.46 and 4.87 me/100g (165.60 and 1753.20 mg kg^{-1}) and accordingly, the potassium of the soils was sufficient and very high. Sandal (2009) reported that the available potassium content of the soils where *Orchis anatolica* orchid species grow is between 42.7-178.2 kg da^{-1} (141.16-588.96 mg kg^{-1}). In another study, it was reported that the potassium values of the examined orchid soils were determined in the range of 408.30-634.60 mg kg^{-1} (Parlak and Tutar, 2011). Çığ and Yılmaz (2015) found that the potassium contents of salep soil samples were between 360.42 mg kg^{-1} and 954.65 mg kg^{-1} and were very high. It is observed that there is a consistency between the findings of this study and the findings of previous studies.

Available Calcium (Ca) (mg kg^{-1})

It had been determined that the soils where *Orchis anatolica* species grow had an available calcium concentration of 6975 mg kg^{-1} and contains a good level of calcium (Table 2). Parlak and Tutar (2012), in a study they conducted to determine some soil properties of different salep orchid soils, reported that the calcium concentrations of the soils were between 4565-5855 mg kg^{-1}. The high amount of extractable calcium in the soil is thought to be due to the soil containing too much lime and thus the parent material.

Available Magnesium (Mg) (mg kg^{-1})

It had been determined that the magnesium content of the soil of the research area is 157 mg kg^{-1} and at a very poor level (Table 2). Çığ and Yılmaz (2015), in their study on soils belonging to different salep orchid species that grow naturally in the Van region, reported that the soil Mg concentrations were between 256.79-2461.47 mg kg^{-1}, sufficient and high. In a study they conducted in Parlak and Tutar (2011), they reported that the available Mg contents of salep soils varied between 232 mg kg^{-1} and 412 mg kg^{-1} and the available magnesium values of the soils were very poor. When all these studies are evaluated, it is revealed that the Orchis anatolica salep species do not need an excess of the available magnesium nutrient in the soil.

Available Iron (Fe) (mg kg^{-1})

It was determined that the amount of iron in the soils of the study area was 13.43 mg kg^{-1} and at a high level (Table 2). Ors et al. (2011) reported that the amount of iron in soils where *Dactylorhiza* and *Orchis* species grow was between 3.89-131.61 mg kg^{-1} and ranged from middle to high class. In another study, it was reported that the available iron contents of soils where different orchid species grown varied between 3.00 mg kg^{-1} and 8.40 mg kg^{-1} (Parlak and Tutar, 2011). Again, in a study conducted in the Van region, it was reported that the iron contents of some salep soils varied between 24.83-420.96 mg kg^{-1} and was sufficient (Çığ and Yılmaz, 2015). It is seen that the available iron contents of the orchid soils determined in different studies is found at medium and high levels.

Available Manganese (Mn) (mg kg^{-1})

It is seen in Table 2 that the manganese content of the soil samples of the study area is 17.60 mg kg^{-1} and is at a sufficient level. In a study, Ors et al. (2011) reported that the manganese content of the soils in the natural flora where *Dactylorhiza* and *Orchis* salep species grow was between 0.0-16.57 mg kg^{-1} and that the Mn contents of these soils differ greatly in terms of both the species and the areas where the plants grow. Parlak and Tutar (2011) reported that the available Mn concentrations of salep soils ranged from 1.30-8.40 mg kg^{-1}. The available manganese contents obtained in the study are similar to the previous literature information given. In addition, it is understood that the amount of manganese available to the plant in salep soils varies in terms of both the species and the areas where the plants grow.

Available Copper (Cu) (mg kg^{-1})

In our study, it was determined that the available copper concentrations of salep orchid soils were 1.74 mg kg^{-1} and sufficient (Table 2). Ors et al. (2011), in a study they conducted, reported that the available copper contents of soils where some salep orchid species grow varied between 0.00-5.01 mg kg^{-1}. Parlak and Tutar (2011) stated that the copper concentrations of soils where sahlep orchid

species grow varied between 0.40-0.60 mg kg^{-1} and Çığ and Yılmaz (2015) also it ranged between 1.58-5.50 mg kg^{-1}. There is a similarity between the available copper contents obtained in our study and the values found by other researchers, and it was determined that the available Cu concentrations of the soils belonging to orchid species were at a sufficient level.

Available Zinc (Zn) (mg kg^{-1})

It is understood from Table 2 that the zinc content of the study area is 1.16 mg kg^{-1} and sufficient level. Çığ and Yılmaz (2015) determined that zinc concentrations in different orchid soils were between 0.46-3.37 mg kg^{-1}, sufficient and very high levels. Ors et al. (2011) reported that the available Zn contents of soils in natural flora where salep species grow varied between 0.00 mg kg^{-1} and 0.71 mg kg^{-1}. Some researchers also reported that the available zinc content of salep soils varied between 0.40-0.70 mg kg^{-1} (Parlak and Tutar, 2011). Considering the available zinc levels of the soils where the salep orchid species grow, it is understood that these plants grow in areas with useful zinc content that varies in a wide range.

Plant Features

The sahlep plant species subject to research was analyzed separately as leaf, stem and tuber. Analysis results are given in Tables 3, 4 and 5 below.

Tuber

When Table 3 is examined; According to some macro and micro nutrient contents of the tubers of *Orchis anatolica* species; it is seen that phosphorus 0.152%, calcium 0.520%, potassium 1.337%, magnesium 0.127%, iron 259.94 mg kg^{-1}, manganese 7.37 mg kg^{-1}, copper 13.66 mg kg^{-1} and zinc 10.37 mg kg 1 were determined.

Table 3. Some macro and micronutrient contents of *Orchis anatolica* species tubers

Species	Parts	P (%)	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	Fe (mgkg^{-1})	Mn (mgkg^{-1})	Cu (mgkg^{-1})	Zn (mgkg^{-1})
Orchis anatolica	Tuber	0.152	0.520	1.337	0.127	260	7.37	13.66	10.37

Stalk

According to some macro and micro nutrient contents of *Orchis anatolica* stalks; phosphorus 0.135%, calcium 2.993%, potassium 1.493%, magnesium 0.196%, iron 1143.55 mg kg^{-1}, manganese 27.30 mg kg^{-1}, copper 16.11 mg kg^{-1} and zinc 15.45 mg kg^{-1} were found (Table 4).

Table 4. Some macro and micronutrient contents of *Orchis anatolica* species stalks

Species	Parts	P (%)	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	Fe ($mgkg^{-1}$)	Mn ($mgkg^{-1}$)	Cu ($mgkg^{-1}$)	Zn ($mgkg^{-1}$)
Orchis anatolica	Stalk	0.135	2.993	1.493	0.196	114	27.30	16.11	15.45

Leaf

When the results in Table 5 are examined, according to some macro and micro nutrient content of *Orchis anatolica* leaves; it is understood that phosphorus 0.142%, calcium 1.109%, potassium 1.338%, magnesium 0.200%, iron 1601.61 mg kg^{-1}, manganese 35.35 mg kg^{-1}, copper 11.07 mg kg^{-1} and zinc 18.75 mg kg^{-1} were determined.

Table 5. Some macro and micro nutrient contents of *Orchis anatolica* species leaves

Species	Parts	P (%)	Ca (%)	K (%)	Mg (%)	Fe ($mgkg^{-1}$)	Mn ($mgkg^{-1}$)	Cu ($mgkg^{-1}$)	Zn ($mgkg^{-1}$)
Orchis anatolica	Leaf	0.142	1.109	1.338	0.200	162	35.35	11.07	18.75

When the plant analysis results in Tables 3, 4 and 5 are associated with Table 1, It is understood that the salep plant absorbs enough plant nutrients from the soil and transmits it to every part of it in sufficient amounts. In addition, it is seen that it also makes sufficient use of the available Mg in the soil. This situation can be explained by the fact that the available magnesium, which is below the normal adequacy limits for most plants, is in sufficient level for the *Orchis anatolica* salep species. According to the plant analysis results, the amounts of macro (P, K, Ca and Mg) and micro (Fe, Mn, Cu and Zn) nutrients were found to be different in leaves, stalks and tubers. This is normal. Because plant nutrients may differ in different parts of the plant, depending on the period and need. Mineral nutrient contents are different in different organs of the same plant (such as seed, root, tuber, leaf), this situation becomes more evident on the basis of period and variety (Mengel and Kirkby, 2001). In addition, together with the antagonistic and synergistic effects between nutrients, nutrient concentrations in plant tissues may also differ, as the response of plant varieties to nutrients is different (Mengel and Kirkby, 2001; Marschner, 2008). There is no detailed information about the mineral nutrition of the salep plant in the literature. However, when the results of our study are examined, it is seen that it is close to the concentrations that should be found in the plant (Table 1) according to the dry matter weight.

Conclusion

Due to the collection of hundreds of thousands of salep plants from nature, salep orchid species, whose number is decreasing every year, should be taken into culture as soon as possible. For this, first of all, it is necessary to know well the soil properties and the mineral nutritional status of the plant. In this study, in which some physical and chemical properties of the soils where *Orchis anatolica* grows, which is among the endangered plants, determined, and the amount of nutrients it take into its

body, It was determined that the available P, K, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn concentrations of soils were sufficient and high, except for magnesium. In addition, when examined with the results of different studies, it was understood that almost all the nutrient contents of the soils where sahlep grows are in a very wide range. Since there is no detailed information about the mineral nutrition of the salep plant in the literature, a correct interpretation cannot be made about the adequacy level of the plant nutrients contained in this plant. With this study, important data were obtained on the soil properties of the flora in which the salep orchid species grows naturally, the amounts of nutrients it takes into its body and how much it is distributed to different parts of the plant. The results of this study are thought to constitute an important basis also for future studies.

Acknowledgments: This study has been produced from the project named "In Vitro Reproduction and Acclimatization of Some Salep Orchids" supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies with the project number TAGEM/TBAD/15/A04/P06/03.

References

Anonymous, (2009). Nesli Tehlike Altinda Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararasi Ticaretine İlişkin Sözleşmenin Uygulanmasina Dair Yönetmelik. (Dış Ticaret: 2009/1). https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/01/20090130-3.htm (Erişim Tarihi: 06.08.2012).

Anonymous, (2018). Electrical Conductivity or Salt Concentration in the Soil. USDA, NRCS. https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_053280.pdf (Erişim Tarihi: 25.12.2018).

Anonymous, (2020). Salep Eylem Planı, 2014-2018. https://web.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Salep%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf (Erişim Tarihi: 16.01.2020).

Aytaş, T., (1994). Bazı *Ophrys* spp. L. (*Orchidaceae*) Türlerinden Simbiyotik Fungusların İzolasyonu ve *Ophrys apifera* Hudson Tohumlarının Asimbiyotik ve Simbiyotik Ortamlarda Çimlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Bouyoucus, G.L., (1951). A Recalibration of Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agronomy Journal (43): 434-438.

Çepel, N. (1996). Toprak İlmi. İ.Ü. Yayın No: 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, İstanbul.

Çığ, A., Yılmaz, H. (2015). Van yöresinde doğal olarak yetişen farklı orkide türlerine ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Türkiye Toprak Bilimi Derneği, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 3(1): 1-8.

Epstein, E., Bloom A., (2005). Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2nd Edition, Sunderland, Mass: Sinauer Associates, USA.

FAO, (2006). Guidelines for Soil Description. Fourth Edition. Food and Agrıculture Organization of The United Nations, ISBN 92-5-105521-1, Rome, Italy.

Jones, C., Jacobsen, J. (2001). Plant Nutrition and Soil Fertility. Nutrient management module 2. Montana State University Extension Service. Publication, 4449–2.

Kacar, B., İnal, A., (2010). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Ankara, 1241: 120-164.

Klute, A. (1986). "Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods (2nd Edition)", A. Klute, Ed., 1986, American Society of Agronomy, Agronomy Monographs 9(1), Madison, Wisconsin, 1188 pp.

Kreutz, (C.A.J.) K., Çolak, A.H., (2009). Türkiye Orkideleri. Botanik Özellikleri, Ekolojik İstekleri, Doğal Yayılış Alanları, Yaşam Tehditleri, Koruma Önlemleri. Birinci Baskı. Rota Yayınları, ISBN: 978-605-4015-07-08, İstanbul, 848 s.

Lindsay, W.L., Norvell W.A., (1978). Development of A DTPA Soil Test for Zinc, İron, Manganese And Copper. Soil Science Society of American Proceeding 42: 421-428.

Loue, A. (1968). Diagnostic petiolaire de prospection. Edutes Sur la Nutrition et al Fertilisation Potassiques de la Vigne. Societe Commercialedes Potassesd'Alsace Services Agromiques, pp.31-41.

Marschner, H., (2008). Mineral Nutrition of Higher Plants. Digital Print. Academic Press, 889 p.

Mengel, K., Kirkby, E.A., (2001). Principles of Plant Nutrition. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.

Parlak, S., Tutar, M., (2011). Karaburun Yarımadası'nda yayılış gösteren salep orkideleri ve bazı toprak özellikleri. Ziraat Mühendisliği, 357:24-29.

Parlak, S., Tutar, M., (2012). Karaburun Yarımadası'nda en fazla sökümü yapılan salep orkidelerinin bazı toprak özellikleri. Türkiye 2. Orkide ve Salep Çalıştayı Bildirileri, 25-26 Nisan, İzmir.

Olsen, S.R., Cole, V., Watanabe, F.S., Dean, L.A., (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate, U.S.A.

Ors, S., Şahin, U., Ercişli, S., Esitken, A., (2011). Physical and chemical soil properties of orchid growing areas in Eastern Turkey. The Journal of Animal & Plant Sciences, 21(1): 2011, Page: 60-65, ISSN: 1018-7081.

Ortaş, İ., (2011). Orkide ve mikoriza'sının bitki çimlenmesi ve gelişimi üzerine etkisi. I. Salep Orkidesi Çalıştayı, s. 39-64, 24-25 Mayıs 2011, Kahramanmaraş.

Rasmussen, H. N., (1995). Terestrial Orchids: From Seed to Mycotrohic Plant. Cambridge University Press. Cambridge. 444 p.

Rehm, G., Schmitt, M., Eliason, R., (1996). Fertilizing Corn in Minnesota. University of Minnesota College of Agricultural Food and Environmental Science, Minnesota Extension Service, FO-3790-C, Reviewed.

Richards, L.A., (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Department of Agriculture Handbook. 60: 105-106.

Sandal, G., (2009). Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Yetişen Orkideler ve Yetişme Ortamı Nitelikleri ile Tehdit Faktörlerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Sezik, E., (1984). Orkidelerimiz: Türkiye'nin Orkideleri. Sandoz Kültür Yayınları. 166 s. İstanbul.

Soil Survey Staff, (1993). Soil Survey Manual. Handbook 18. USDA, NRCS. U.S. Gov. Print. off., Washington, D.C.

Topçuoğlu, B., Kasap, Y., Alpaslan, M., Yalçın, R., (1996). Kahramanmaraş yöresinde doğal florada yetişen salep bitkisinin bazı bitki besin maddesi içerikleri ile salep bitkisinin yetiştiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 2(3): 7-10.

USDA, (1998). Soil Quality Indicators: pH. Soil Quality Information Sheet. USDA Natural Resources Conservation Service.

Ülgen, N., (1988). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (3. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 151, Teknik Yayınlar No: T.59, s. 1-182, Ankara.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Decision Tree Applications in Soil Quality Index Based on Analytical Hierarchical Process Approach- Gelemen Example

Analitik Hiyerarşik Süreç Yaklaşımına Dayalı Toprak Kalitesi İndeksinde Karar Ağacı Uygulamaları - Gelemen Örneği

Fikret SAYGIN[1]
Orhan DENGİZ[2]
Pelin ALABOZ[3]
Yusuf KOÇ[4]

Abstract

Investigation of soil quality is of great importance in determining the factors limiting the yield. This current study was carried out on agricultural lands of the Gelemen Station of the Black Sea Agricultural Research Institute. In this study, soil quality index was determined by analytical hierarchical process approach and linear combination technique and estimated by decision trees, one of the machine learning algorithms. Regarding the physical, chemical and nutrient content properties of the soil, 21 parameters were used in the total data set.

Özet

Verimi sınırlayan faktörlerin belirlenmesinde toprak kalitesinin araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Gelemen İstasyonunun tarım arazileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada toprak kalite indeksi, analitik hiyerarşik süreç yaklaşımı ve doğrusal kombinasyon tekniği ile belirlenerek, makine öğrenme algoritmalarından biri olan karar ağaçları ile tahmin edilmiştir. Toprağın fiziksel, kimyasal ve besin elementi özellikleri ile ilgili olarak, toplam veri setinde 21 parametre

[1] T.R. Ministry of Agriculture and Forestry, Black Sea Agricultural Research Institute, Land and Water Resources Department, Samsun, Türkiye, fikret.saygin@tarimorman.gov.tr
[2] Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Samsun, Türkiye, odengiz@omu.edu.tr
[3] Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Isparta, Türkiye, pelinalaboz@isparta.edu.tr
[4] T.R. Ministry of Agriculture and Forestry, Black Sea Agricultural Research Institute, Land and Water Resources Department, Samsun, Türkiye, yusuf.koc@tarimorman.gov.tr

According to considered parameters, soil quality was classified as very low (I), low (II), medium (III) and high (IV) for fifty-six samples taken from the surface soils. In addition, in the created decision tree, clay parameter was determined as root node. Clay, pH, Ca and Zn were also determined as internal nodes. After obtained results, soil quality class was estimated as 91.1% by using the decision tree. Receiver operating characteristic (ROC) curve was created to evaluate the accuracy of the prediction and area under the Curve (AUC) values were obtained. This value was found as 0.981, 0.986, 0.930 and 0.867 for each quality classes (I, II, III and IV), respectively (P ≤0.05).

Keywords: Soil Quality, AHP, Decision Tree, ROC curve, Soil properties

kullanılmıştır. Dikkate alınan parametrelere göre, yüzey topraklarından alınan elli altı numune için toprak kalitesi çok düşük (I) düşük(II), orta ve yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca oluşturulan karar ağacında, kil parametresi kök düğüm olarak belirlenmiştir. Kil, pH, Ca ve Zn de iç düğümler olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre karar ağacıyla toprak kalite sınıfı % 91.1 oranında tahmin edilmiştir. Tahmin doğruluğunun değerlendirilmesinde ROC kurve oluşturulmuş ve AUC değerleri elde edilmiştir. Bu değer her kalite sınıfı (I, II, III ve IV) için sırasıyla 0,981, 0,986, 0,930 ve 0,867 olarak bulunmuştur (P 0.05).

Anahtar Kelimeler: Toprak Kalitesi, AHS, Karar Ağacı, ROC kurve, Toprak özellikleri

1. Introduction

Nowadays, various agricultural lands represent cultivable lands for different purposes, the main purpose is to increase the yield of the crop, as well as to ensure ecological sustainability (Mukherjee and Lal, 2014). Ensuring sustainability in agricultural production is directly proportional to the abundance of parameters considered among the physical, chemical and biological properties of the soil. The relationships of the determined features with each other and the environment have a significant effect on the quantity and quality of the product. In addition, evaluating the soil only in terms of nutrient content and ignoring its biophysicochemical properties causes low productivity as well as insufficient sustainability (Şenol et al., 2020). Therefore human being needs to determine the quality of the soil used as a production material in order to meet the demand of the increasing population.

Monitoring soil quality parameters will help raise the awareness of the effects of climate change, the soil's response to this change, and the producers (Dilly et al., 2018). Because soil quality will serve purposes such as maintaining the productivity of the soil within the ecosystem, protecting and improving plant and animal health (Arnold et al., 1990; Nosrati and Collins, 2019; Sillero-Medina et al., 2020). In other words, soil quality is critical to the functioning of the ecosystem and the

continuation of agricultural sustainability, as well as reflecting the biotic and abiotic interaction of the soil in terms of plant and animal productivity (Nosrati and Collins, 2019). Soil quality indices can also be interpreted as decision trees that effectively reveal the parameters considered for multi-purpose decision making (Karlen & Stott, 1994; Andrew et al, 2002).

Soil quality, which forms the basis of production planning for agricultural land, is a concept that can be determined by the interaction of many parameters defined both in the field and in the laboratory (Stocking, 2003). After setting the target for soil management, soil quality studies basically involve three main steps: (I) Selection of appropriate indicators for the parameters considered (minimum data set or full data set); (II) Determination of appropriate score values and weighting of parameters; and (III) Creation of a quality class for score values (Andrew et al, 2002) and combining parameters in the same class. However, determining the quality of the soil, which has a heterogeneous structure, is not as easy as it seems. For this, models, algorithms and software based on machine learning are used by researchers. Among these models, the analytical hierarchical process (AHP) approach developed by Saaty (1977) reveals the superiority and importance of the parameters considered, depending on the expert opinion. In other words, AHP is a decision-supported method that solves complex multi-parameter problems in a hierarchical structure (Yang et al., 2008; Dedeoğlu and Dengiz, 2019).

Indexes, which are used to determine the quality of the soil, help users as a versatile, easy and effective decision-making tool. In this respect, the Decision trees algorithm reveals its relative contributions by evaluating the parameters considered multi-purpose (Andrew et al, 2002). This model, consisting of root nodes, inner nodes and leaves, is a type of algorithm that is widely used for classification and prediction of data, has a tree-like schematic appearance, has a high probability of reaching the target, and is a popular tool in machine learning (Anonoymus, 2021).

The aim of this study is to determine the soil quality index by using analytical hierarchical process and linear combination technique in the agricultural lands of the Black Sea Agricultural Research Institute in Gelemen Location within the boundaries of Tekkeköy district of Samsun province and to estimate this index with the decision tree algorithm.

2. Material and Method

2.1. Study area

The study area includes the agricultural lands of the Black Sea Agricultural Research Institute located within the borders of Tekkeköy district of Samsun Province. It is coordinated in WGS 1984 UTM Zone 37 datum between 290931-290436 North longitude and 4567369-4565843 East latitude and covers a total area of 53 ha (Figure 1). The study area, which is located in the Çarşamba plain and is a co-alluvial delta plain, has a flat structure with a slope of 0-2%. In the study area where the climatic characteristics of the Black Sea are observed, summers are hot and partially rainy, and winters are cool and abundantly rainy (Dengiz et al., 2009). Soil temperature and moisture regimes, which were produced using the Newhall model were determined as Mesic and Ustic, respectively (Turan et al., 2018).

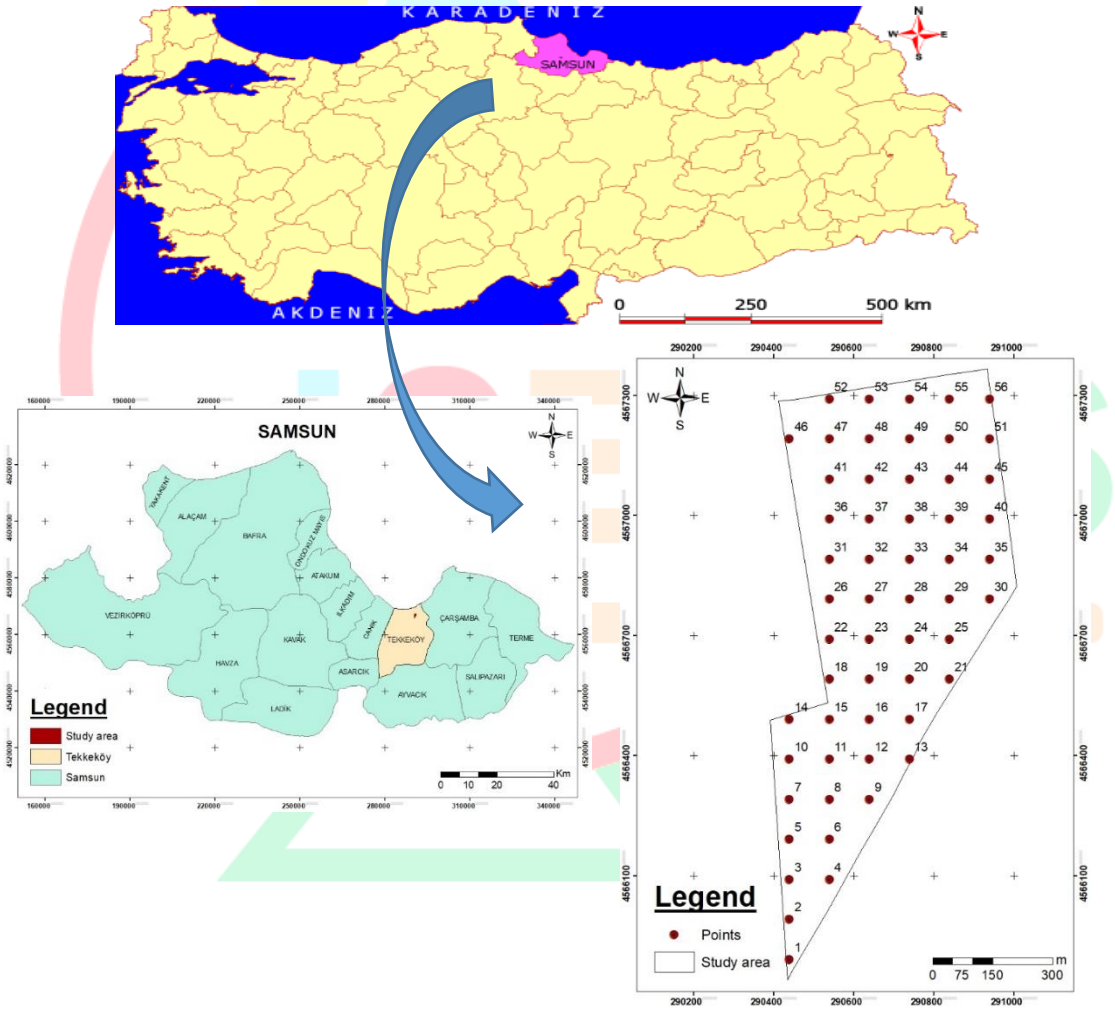


Fig. 1. Location of the study area

2.2. Soil samples and analysis

56 disturbed soil samples taken from a depth of 0-20 cm, at 100X100 meters intervals according to the grid system in the study area. They were brought to the laboratory and left to dry in the natural environment. The soils that became air dry were beaten, passed under a 2 mm sieve and made ready for analysis. Physical, chemical and nutrients analysis was done in the laboratory. The particle size distributions of the soils (sand, silt and clay fractions) was determined according to the Bouyoucos Hydrometer method (Bouyoucos, 1962). Field capacity (FC) and continuous wilting point (WP) values of disturbed soil samples were determined after the soil samples come to hydraulic equilibrium under 1/3 atm and 15 atm pressure in the pressure table tool (Black, 1965).

Extractable Ca, Mg, K, and Na contents were determined by extracting with 1 N ammonium acetate (NH4OAc). Nitrogen and phosphorus were determined using the kjeldahl (Kacar, 1994) and Olsen et al., (1954) methods, respectively. Extractable iron, manganese, zinc and copper were performed using DTPA extractable methods. (Lindsay and Norvell, 1978). Boron was evaluated Azomeetin-H method (John et al. 1975). Scheibler calcimeter was used for determination of free carbonates (Soil Survey Staff, 1993), Soil reaction (pH): The pH values of the soils were measured with a glass electrode pH meter in the soil-water suspension prepared at a ratio of 1: 1 (Bayraklı, 1987). The electrical conductivity values of the soils were determined in the same suspension with the electrical conductivity device in the soil-water suspension prepared at the ratio of 1: 2.5 (Richards, 1954). Organic matter was determined by the Walkley-Black method modified by Jackson (Jackson, 1958).

2.3. Determination of soil quality

Firstly, soil properties were converted into unitless form by applying standard scoring functions of these parameters.

Soil quality indicators transformed into unitless form are classified between 0.1-1.0 in order to be compared with each other (Andrews et al, 2002). In general, standard scoring functions (SSF) are defined in 3 different classes as "more is better ", "less is better" and "midpoint is optimum" (Karlen and Stott. 1994; Masto et al. 2008; Şenol et al., 2020). Here, the value obtained in the more is better scoring is in a positive relationship with the soil quality, the value obtained in the less is better scoring shows that it is in a negative relationship with the soil quality, while the midpoint optimum indicator is at the ideal point. SSF equations for parameters are given in Table 1.

Table 1. Standard scoring functions and parameters for quantitative soil parameters

Parameters	FT*	L	U	SSF Equation**
Sand	LB	1.46	73.42	$f(x)=\begin{cases}0.1 & x\le L\\ 1-0.9\times\frac{x-L}{U-L} & L\le x\le U\\ 1 & x\ge U\end{cases}$
Silt	LB	4.39	27.61	
EC	LB	0.02	0.67	
$CaCO_3$	LB	0.08	3.31	
WP	LB	7.63	33.91	
Na	LB	0.09	3.18	
OM	MB	1.09	5.11	
TN	MB	0.13	0.48	$f(x)=\begin{cases}0.1 & x\le L\\ 0.9\times\frac{x-L}{U-L}+0.1 & L\le x\le U\\ 1 & x\ge U\end{cases}$
AvP	MB	8.90	88.36	
AvK	MB	0.23	1.48	
AvCa	MB	16.10	61.50	
AvMg	MB	2.75	37.80	
AvFe	MB	12.44	104.36	
AvZn	MB	0.60	7.30	
AvCu	MB	3.35	21.59	
AvMn	MB	6.96	70.04	
Av B	MB	1.69	4.83	
FC	MB	15.40	58.30	
AWC	MB	7.78	24.39	
Clay	OR	L1 22.19	U1 54.16	$f(x)=\begin{cases}0.1 & x\le L\\ 1-0.9\times\frac{x-L}{U-L} & L\le x\le U\\ 1 & x\ge U\end{cases}$
		L2 54.16	U2 82.81	
pH	OR	L1 6.2	U1 7.11	$f(x)=\begin{cases}0.1 & L2\le x\le U1\\ 0.9\times\frac{x-U1}{U2-U1}+0.1 & U1\le x\le U2\\ 1 & \end{cases}$
		L2 7.14	U2 7.91	

*FT means function type; MB means more is better; LB means low is better; OR means optimal range.**SSF means standard scoring function; L and U are the lower and the upper threshold value, respectively.

Secondly, A total of 21 soil quality parameters considered were grouped into three sub-criteria as physical, chemical and nutrient parameters, which means that all matrices in the A_1, A_2 and A_3 hierarchies are logically constructed.

The weights of the features were determined by paired comparisons of parameters with AHP method (Saaty, 2008). It is seen in scientific studies (Turan and Dengiz, 2017; Dedeoğlu and Dengiz 2018; Şenol et al., 2020) that the binary comparisons of the criteria and sub-criteria depend on the opinions and evaluations of the experts. The comparison matrix between the criteria is created. Calculating the priority of each of the parameters compared after the creation of matrix. The values

in each column of the binary comparisons matrix are summed. Each element in the binary comparisons matrix is divided by the sum value of the column in which it is located. The result is a normalized matrix of paired comparisons. The arithmetic mean of the elements in each row of the normalized binary comparisons matrix is taken. The last step of the method is to check the consistency of the eigenvector obtained. The maximum eigenvalue (λmax) is reached by taking the arithmetic mean of the last vector values. The closer (to) the number of elements in the matrix of binary comparisons, the closer λmax will ultimately be consistent (Kumar and Ganesh, 1996). The consistency rate is calculated with the help of the "Consistency Index (CI)" formula (Eq.1).

$$Ti= \lambda max- n / n-1 \quad \text{(Eq.1)}$$

Consistency check enables the identification of errors that may occur in judgments. The consistency rate must be 0.10 (10%) or less for the method to be valid. If this ratio is greater than 0.10, pairwise comparison matrices need to be reconstructed (Saaty, 1980).

The values obtained by analytical hierarchical process and standard scoring functions were evaluated with the linear combination technique approach and the soil quality index was determined (Eq.2). The classification of the calculated soil quality index values was determined according to Table 2.

$$SQI= \sum_{i=1}^{n}(Wi.Xi) \quad \text{(Eq.2)}$$

SQI: Soil quality index, Wi: parameter weights, Xi: scores of parameters

Table 2. Classes of soil quality index

Class	Definition	SQI
I	Very low	<0.40
II	Low	0.40-0.50
III	Moderate	0.50-0.65
IV	High	0.65-0.85
V	Very High	>0.85

2.4. Decision Tree

The decision tree is based on a multi-stage or hierarchical decision scheme (tree structure). The tree consists of root node, internal nodes terminal nodes and leaves. The tree starts with a root containing all observations in the sample. The most used algorithms in decision trees are CART. Pruning is done before producing the optimum tree selection in the CART algorithm. CART is an

iterative partitioning method used for both regression and classification. CART divides all prediction variables into subsets to create two consecutive sub-nodes starting from the entire data set. The aim is to produce subsets of data that are as homogeneous as possible with respect to the target variable. In this study, the best estimator was determined using the measure of Gini impurity (Alkhasawneh, 2014).

In this study, CART algorithms based on tree structure were analyzed with IBM SPSS 23 program (Analysis> Classify> Tree). Cross validation methods were preferred to verify the predictive power of models in decision trees. In the performance of the classification models, evaluations were made by examining the ROC (Receiver Operating Characteristic) curve and AUC (Area Under the Curve) values.

2.5. Statistical and geostatistical methods

Some descriptive statistics evaluated through IBM SPSS 23 package program. In this study, different interpolation methods were used in the evaluation of spatial distribution maps. ArcGIS 10.6v program was used to create distribution maps. Mean Square of Error (RMSE) values (Eq. 3) were used to compare models and select the most suitable model.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Zi-Z)^2}{n}} \quad \text{(Eq. 3)}$$

Zi: predictive value, Z: actual value, n: number of observations.

3. Result and Discussion

Descriptive statistical values of the analysis results of 56 soil samples were shown in Table 3. The clay content of the soils is mostly high. As a result of the texture analysis, 89% of the soils are clay(C), 7% are sandy clay loam (SCL) and 4% are sandy clay (SC). Field capacity, wilting point and available water content values were between 15.40-58.30%, 7.63-33.91%, 7.78-28.46%, respectively. Soils are between 6.20-7.91 in terms of pH content and have a slight acid and slightly alkaline reaction (Ülgen and Yurtsever, 1995). Organic matter contents vary between 1.09-5.11% and low and high class. According to Sillanpää, (1990), N, P, K, Ca, Mg contents of soils are classified between sufficient-excess. Fe content is too high and Cu is sufficient. Mn and Zn changed slightly to excessively.

Table 3. Descriptive statistics of soil properties

Properties	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis
S %	56	1.46	73.42	10.97	14.45	3.076	9.583
C %	56	22.19	82.82	72.05	12.33	-2.755	8.041
Si %	56	4.39	27.61	16.98	4.56	-0.450	1.128
pH	56	6.20	7.91	7.12	0.47	0.112	-1.112
EC dSm−1	56	0.02	0.67	0.29	0.13	0.495	0.676
$CaCO_3$ %	56	0.08	3.31	0.70	0.62	2.506	6.691
OM %	56	1.09	5.11	3.10	0.82	0.204	0.092
N %	56	0.13	0.48	0.36	0.06	-1.349	3.082
P mg kg−1	56	8.90	88.36	28.21	12.63	2.192	8.689
B mg kg−1	56	1.69	4.83	2.72	0.52	1.209	4.070
Na cmol kg −1	56	0.09	3.18	0.63	0.64	2.676	7.619
K cmol kg −1	56	0.23	1.48	0.81	0.26	0.387	0.745
Ca cmol kg −1	56	16.10	61.50	35.33	13.11	0.278	-1.178
Mg cmol kg −1	56	2.75	37.80	20.45	10.51	0.125	-1.319
Fe mg kg−1	56	12.44	104.36	46.76	20.35	0.559	0.041
Cu mg kg−1	56	3.35	21.59	10.27	2.95	0.626	3.244
Zn mg kg−1	56	0.60	7.30	2.85	1.47	0.621	0.137
Mn mg kg−1	56	6.96	70.04	29.02	13.68	0.443	-0.045
FC	56	15.40	58.30	46.46	9.00	-1.901	4.193
WP	56	7.63	33.91	26.48	5.55	-1.778	3.739
AWC	56	7.78	28.46	19.98	3.93	-1.121	2.486
SQI	56	0.22	0.69	0.56	0.08	-1.682	5.721

C-clay, Si-silt, S-sand, , EC-electric conductivity OM-organic matter, N-nitrojen, B-boron, Na- sodium, K-potassium, Ca- calcium, Mg-magnesium, Fe-iron, Cu-copper, Zn-zinc, Mn-manganese, FC-field capacity, WP-wilting point, AWC-available water content

3.1. Evaluation of soil quality

Soil quality assessment predicts the natural functioning ability of each soil (De la Rosa and Sobral, 2008). The physical quality indicator of soils is associated with the efficient use of water, nutrients and pesticides. The chemical quality indicator of the soil is effective on the usefulness of nutrients for plants along with the water quality in the soil (SQI, 1996; Sillero-Medina et al., 2020). The weight values obtained as a result of evaluating the soil parameters considered in the study with AHP are given in Table 4. While the highest value (0.4905) was determined for physical parameters (Hierarchy A_1), the lowest value (0.1976) was found for efficiency (Hierarchy A_3) features. In addition, the highest contribution rates in the hierarchy A (A_1, A_2, A_3) were determined as clay percentage (0.3615), OM (0.5430) and N (0.2328), respectively. In the study conducted by Şenol et al. (2020), clay

percentage, OM, CO_2 and N contents were determined as the parameters with the highest contribution.

Soil texture has a great importance on soil quality in terms of water holding capacity and easy absorption of nutrients by the plant (Şenol et al., 2019; Şenol et al., 2020). Loamy textured soils are considered to be among the highest soil quality classes because they have the highest water holding capacity and the best drainage feature among the texture classes (Bayramin, 2003). In the soil quality index study conducted by Everest et al., (2020), it is stated that the loamy-textured soils are in the best class, while the coarse textured soils are in the lowest class.

Table 4. Contribution weight of total data set indicators to soil quality calculated by the AHP

Hierarchy B/ indicators	Hierarchy A			Combine weight Σ Ai x Bi
	(A_1) Physical	(A_2) Chemical	(A_3) Fertility	
	0.4905	0.3119	0.1976	
C	0.3615			0.1773
Si	0.2230			0.1094
S	0.1611			0.0790
AWC	0.0902			0.0442
FC	0.0821			0.0403
WP	0.0821			0.0403
OM		0.5430		0.1694
pH		0.2445		0.0763
EC		0.1360		0.0424
CaCO3		0.0765		0.0238
N			0.2328	0.0460
P			0.1863	0.0368
K			0.1560	0.0308
Ca			0.0976	0.0193
Mg			0.0806	0.0159
Na			0.0621	0.0123
Mn			0.0527	0.0104
Fe			0.0441	0.0087
Cu			0.0363	0.0072
Zn			0.0291	0.0057
B			0.0224	0.0044
∑	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

C clay, Si silt, S sand, FC field capacity, AWC available water content, WP wilting point, OM organic matter, EC electric conductivity, AWC available water content, B Boron

The most effective method in improving the physical properties of the soil and increasing the intake of plant nutrients is adding organic material to the soil. The properties of a fertile soil are associated with high organic matter and biological activity (Lewandowski and Zumwinkle, 1999).

Therefore, it can be said that there is a positive relationship between soil organic matter and soil quality. Looking at the weighted contribution rates of AHP, OM content (0.5430) has more priority over soil quality than other parameters in the A_2 hierarchy.

Soil pH has a great importance on the biogeochemical processes of the soil under natural conditions (Neina, 2019). Therefore, soil pH is defined as the main soil variable that affects plant growth and biomass yield and has numerous physical, chemical and biological effects on soils (Brady and Weil, 1999; Minasny et al., 2016). The pH content defined in the A_2 hierarchy has emerged as a parameter of high importance after the organic matter with a value of 0.2445. In a similar study on weighting soil parameters with AHP, the OM content was found to be 0.5430 and the pH value to be 0.1360 (Şenol et al., 2020).

When the weights of the productivity parameters in the third step of Hierarchy A were examed, it is seen that the importance of macro nutrients on soil quality is higher than other parameters. These values were determined as 0.2328, 0.1863, 0.1560 for N, P, K, respectively. On the other hand, the consistency rate was found to be 0.059 in the study. Descriptive statistics of soil quality index values and frequency rate of soil quality classes are given in Table 5.

Table 5. Descriptive statistics of soil quality index and frequency rates of soil quality classes

	Soil Quality Index	Soil Qualty Class	Frequency	Percent
Minimum	0.24	1	2	3.6
Maximum	0.76	2	7	12.5
Mean	0.59	3	36	64.3
St.Dev.	0.09	4	11	19.6
		∑	56	100

As a result of the evaluation of 21 parameters considered for soil quality classification, 36 of 56 soil samples, that is 64.3% of them, are class III (moderate), 19.6% class IV (high), 12.5% class II (low) and 3.6% of them are classified in class I (very low). According to the quality classification, none of the 56 soil samples were included in the very high class specified in group V.

3.2. Prediction of Soil Quality with Decision Tree

Değerlendirmeye alınan parametrelerin karar ağacı algoritması ile toprak kalite indeksinin tahmin edilmesine yönelik tanımlayıcı istatistikleri ve toprak kalite sınıflarının sıklık oranları Table da verilmiştir.

Descriptive statistics for estimating the soil quality index with the decision tree algorithm of the parameters evaluated and the frequency rates of soil quality classes are given in the Table 6.

Table 6. Descriptive statistics of soil quality index estimated by Decision Tree algorithm and frequency rates of soil quality classes.

	Soil Quality Index	Soil Qualty Class	Frequency	Percent
Minimum	0.22	1	2	3.6
Maximum	0.69	2	5	8.9
Mean	0.56	3	42	75.0
St.Dev.	0.08	4	7	12.5
		∑	56	100

As a result of the estimation of 21 parameters considered for soil quality classification with the decision tree algorithm, 42 of 56 soil samples, ie 75%, are class III (medium), 12.5% are class IV (high), 8.9% are class II (low) and 3.6% of soils were estimated in grade I (very low).

The decision tree created for the estimation of the index values of the soil quality is shown in Figure 2. Prediction accuracy and AUC values of the classes are given in Table 7. In the estimation of quality classes, 2 values observed in the first class. They were estimated within the same class with 100% accuracy. 4 (80%) of the 5 samples in the class II were estimated at the same class. In addition, the estimation accuracy of the moderate class, which includes 42 samples, was found 97.6%. Class IV was estimated with 57.1% accuracy. In general, the average prediction accuracy degree of all quality classes was determined as 91.1%.

Table 7. Predicted accuracy of classification

	Predicted						
Observed	I	II	III	IV	Percent Correct	AUC Value	P Value
I	2	0	0	0	100.0%	0.981	0.000
II	1	4	0	0	80.0%	0.986	0.000
III	0	1	41	0	97.6%	0.930	0.000
IV	1	0	2	4	57.1%	0.867	0.002
Overall Percentage	7.1%	8.9%	76.8%	7.1%	91.1%		
Growing Method: CRT Dependent Variable: SQI							

In the estimation of soil quality with the decision tree, clay parameter was determined as root node and again as the inner node of clay, pH, Ca and Zn. Pruning has been carried out on branches with other parameters. Pruning is the process of removing parameters that are considered to be

insufficient to contribute to the decision tree algorithm. The main purpose here is to increase the accuracy of the classification made by the tree. In the soil quality study made with the decision tree algorithm, total nitrogen was determined as the root node, and organic matter as the inner node (Dongming et al.,2016).

Node 0 is the heterogeneous group that contains all the SQI values subject to this study. Node 0 is divided into first tree-depth subgroups, node 1 and node 2, according to the clay variable. Node 1 in the first tree depth is divided into Node 3 and node 4 in the second tree depth according to the pH variable. Node 2 is divided into two subgroups, node 5 and node 6, according to the clay variable. Node 4 was divided into the third tree depth according to the Ca variable. Node 5 is divided into the third tree depth according to the Zn variable. Node 3, 6, 7, 8, 9 and 10 are homogeneous within themselves and therefore do not branch more and are designated as Terminal nodes (Figure 2).

When clay> 69.7828 in the data set, there is 80.4% soil. These soils were estimated as Class III with 86.7% probability. If 69.7828 <clay ≤ 82.2935 and Zn <1.0513, soils are classified as class III at a rate of 95%. If clay is> 82.2935, 100% of the soils are determined as class II. When clay ≤ 69.7828 in the data set, there is 19.6% soil. If clay is ≤ 69.7828 and pH ≤ 6.7650, soils are class IV with 100% probability. If clay is ≤ 69.7828, pH> 6.7650 and Ca> 34.60, soils are Class III with 100% probability.

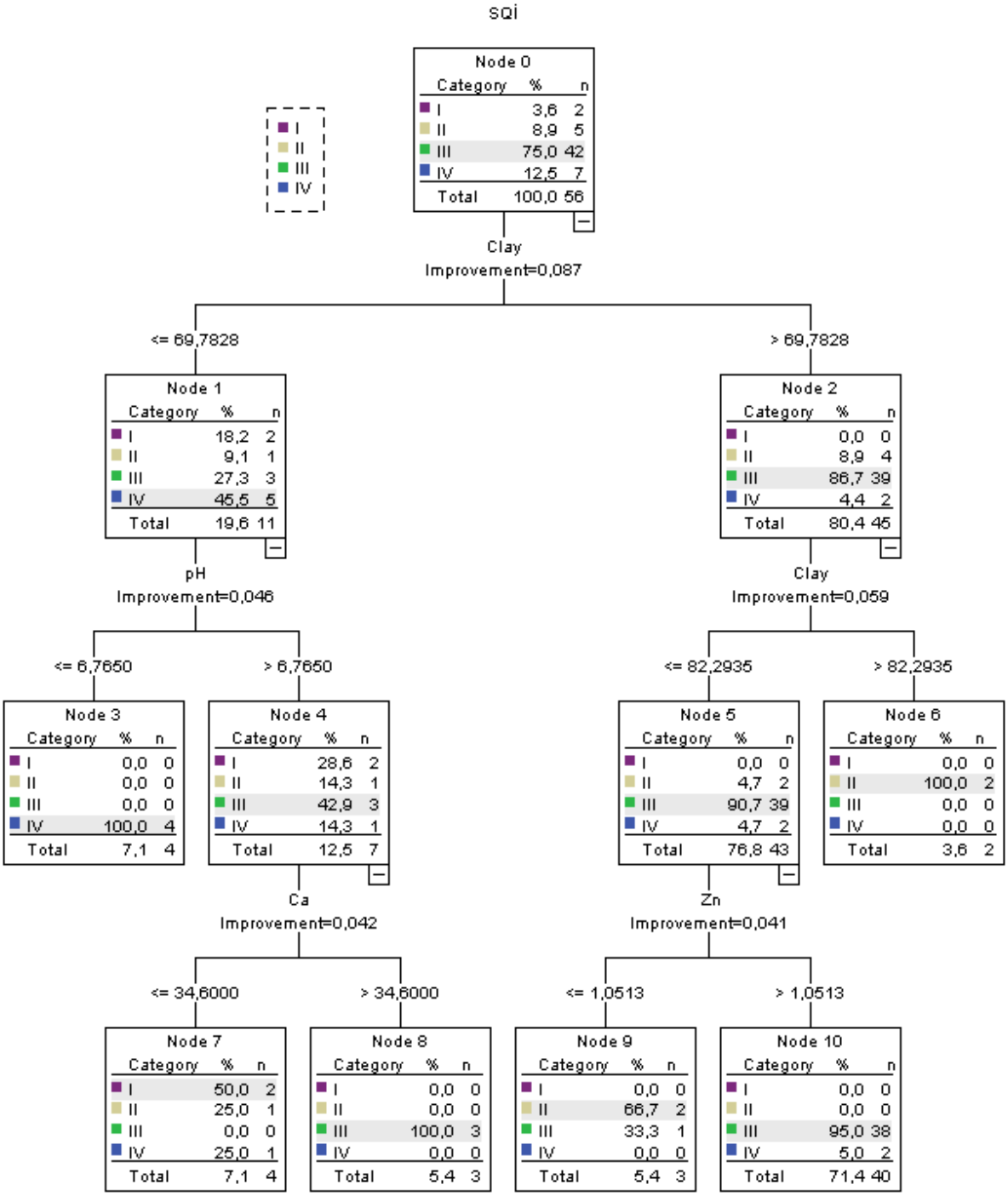
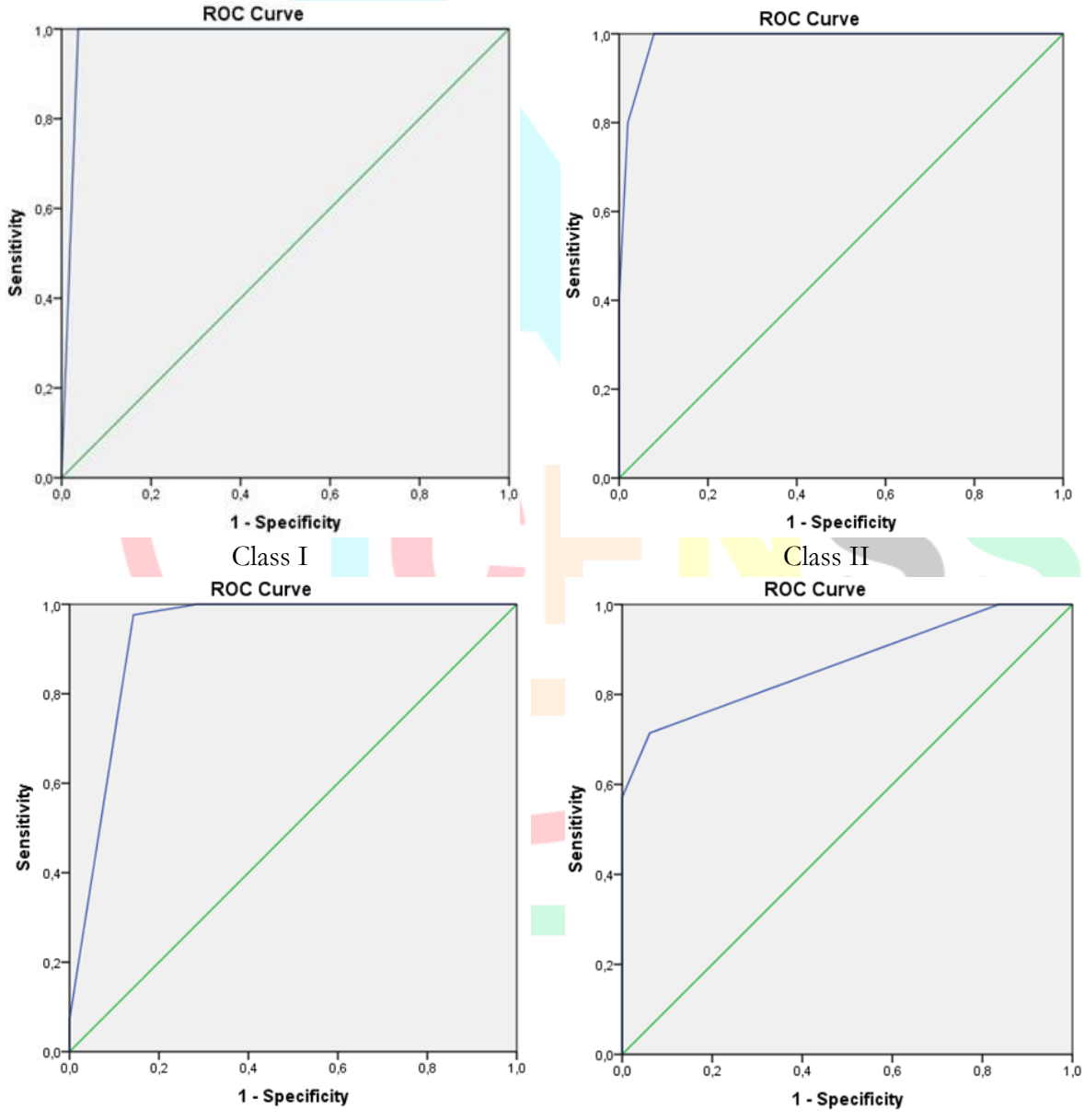


Fig. 2. Decision tree of SQI prediction

Determining the soil quality and evaluating the results and making suggestions to the producers play a key role in smart farming practices (Spandana and KPL, 2017). The use of decision trees algorithm in land assessment gives a clear view in terms of making a comparison between land use

requirement and land characteristics (De la Rosa and Sobral, 2008). In the study, ROC curves were obtained in the evaluation of the distribution accuracy of the quality classes created by the decision tree algorithm (Figure 3). The AUC values used in the evaluation were 0.981, 0.986, 0.930 and 0.867, respectively. While the highest AUC value was in class II, the lowest AUC value was found in class IV. While the values obtained in the class I, II and III were found to be statistically significant (P <0.01), the accuracy of the predictions for class IV (high) was found to be statistically insignificant (P> 0.05).



Class I Class II

Class III Class IV

Fig 3. ROC curve of SQI classes

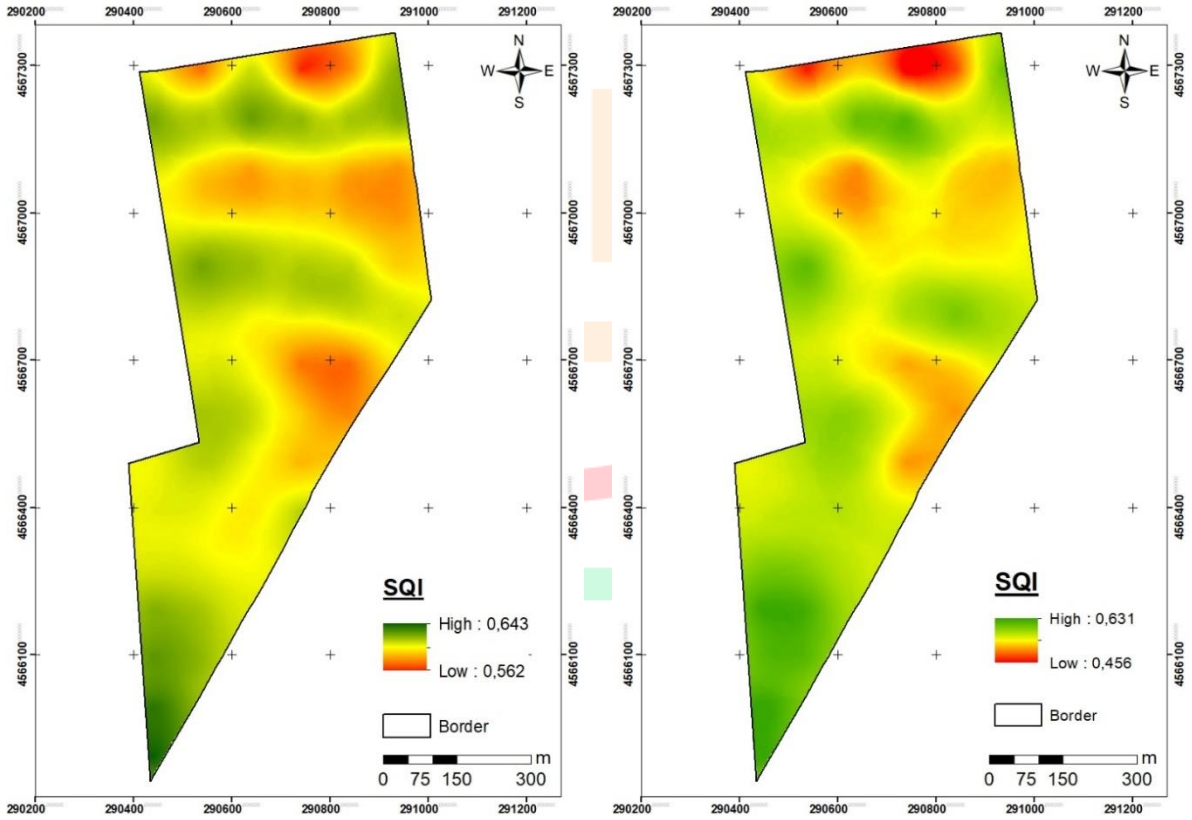
3.3. Spatial distribution of SQI

Fifteen different interpolation models were applied to create the distribution map of the soil quality index (Table 8). In the distribution maps of the estimated SQI_E and the obtained SQI data, the highest accuracy (RMSE;0.0763, 0.0854) was obtained by Simple kriging Spherical method. Soil quality index distribution maps created with real and predicted values are shown in the Figure 4.

Table 8. Evaluating of the estimation models

	Inverse Distance Weighing-IDW			Radial Basis Function-RBF		
	1	2	3	TPS	CRS	ST
SQI	0.0868	0.0876	0.0886	0.1048	0.0905	0.0894
SQI_E	0.0782	0.0782	0.0784	0.0816	0.0783	0.0782
	Kriging					
	Ordinary			Simple			Universal		
	Gau.	Exp.	Sph.	Gau.	Exp.	Sph.	Gau.	Exp.	Sph.
SQI	0.0871	0.0879	0.0875	0.0857	0.0858	**0.0854**	0.0871	0.0879	0.0875
SQI_E	0.0780	0.0782	0.0782	0.0776	0.0782	**0.0763**	0.0780	0.0782	0.0782

E.: Estimate, Gau.: Gaussian, Exp.: Exponential, Sph.: Spherical, TPS: Thin Plate Spline, CRS: Completely Regularized Spline, ST: Spline with Tension



a b

Fig 4. Distribution map of SQI (a) SQI_E (b)

When SQI maps produced with estimated soil quality (SQIE) and the obtained soil quality data (SQI) are examined, the quality class of the soils in the southern part of the study area is higher than the other areas, while the quality of the soils in the northern and southern parts is relatively lower.

4. Conclusion

In this study, some physical, chemical and productivity analyzes were made on 56 soil samples taken from a total area of 53 ha. The analytical hierarchical process model created using a total of 21 parameters and the decision tree algorithm in the estimation of the the soil quality class were determined. Spatial distribution map was produced by evaluating different interpolation applications for soil quality with the decision tree algorithm created for the prediction of soil class. In the interpolation methods, kriging-simple-spherical was chosen as the most suitable model. The root node of the clay content is again determined as the inner node of Clay, pH, Ca and Zn. When the SQI values estimated with the decision tree algorithm are examined, 3.6% of 56 soil samples are defined as very low, 8.9% as low, 75% as moderate and 12.5% in the high class. The accuracy of these classes was estimated with 100% for class I, 80.0% for class II, 97.6% for class III and 57.1% for class IV with the created decision tree, respectively. The prediction degree of the decision tree algorithm for the averages of soil quality classes was determined as 91.1%. The AUC values for the estimation accuracy of the quality classes were determined as II> I> III> IV, respectively. A similar pattern was observed in the distribution of the data obtained with the estimated data by using Simple kriging Spherical method. According to the SQI maps, the quality values of the soils in the southern part of the study area were found to be relatively high compared to other regions.

Soil quality studies, in which the interaction between geographic information systems and computer models is widely used in recent years, is very important for a sustainable management. It is thought that this study will form the basis for more effective production planning in the area where the trial and registration practices of the Black Sea Agricultural Research Institute are carried out.

5. References

Alkhasawneh, M. S., Ngah, U. K., Tay, L. T., Mat Isa, N. A., & Al-Batah, M. S. (2014). Modeling and testing landslide hazard using decision tree. Journal of Applied Mathematics, 2014.

Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. Agriculture, ecosystems & environment, 90(1), 25-45.

Anonoymus, 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Decision_tree. Date of access: 20.04.2021

Arnold, R. W., Szabolcs, I., Targulian, V. O. (1990): Global Soil Change. International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Bayraklı, F., (1987). Toprak ve bitki analizleri, Ondokuz Mayıs üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.

Bayramin, İ. 2003. Beypazari topraklarinin MEDALUS metoduna göre toprak kalite indekslerinin belirlenmesi. Harran. Üniversitesi. Z.F.Dergisi, 7 (3-4):29-35.

Black, C. A., (1965). Methods of soil analysis Part I, American Society of Agronomy, No: 9, Inc. Madison.

Bouyoucos GJ (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agron. J., 54: 464-465.

Brady, N. C., Weil, R. R. (1999). The Nature and Properties of Soils. 12th Ed Prentice – Hall Inc. New York; 860.

Dedeoğlu, M., Dengiz, O. 2018. Determination of Land Suitability Classes By Using Integrated Geographic Information Systems With Multi-Criteria Decision Making Analysis, Journal of Süleyman Demirel University Faculty of Agriculture, 13(2), 60-72.

Dedeoğlu, M., Dengiz, O. (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system aproach using AHP and GIS. Computers and Electronics in Agriculture, 167, 105062.

De la Rosa, D., Sobral, R., 2008. "Soil quality and methods for its assessment." Land use and soil resources. Springer, Dordrecht, 167-200.

Dengiz, O., Gülser, C., İç, S., Kara, Z. (2009). Aşağı Aksu Havzası topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve haritalanması. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24(1): 34-43.

Dilly, O., Pompili, L., & Benedetti, A. (2018). Soil micro-biological indicators separated land use practices in contrast to abiotic soil properties at the 50 km scale under summer warm Mediterranean climate in northern Italy. Ecological indicators, 84, 298-303.

Dongming, L., Yan, L., Chao, Y., Chaoran, L., Huan, L., & Lijuan, Z. (2016, October). The application of decision tree C4. 5 algorithm to soil quality grade forecasting model. In 2016 First IEEE International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI) (pp. 552-555). IEEE.

Everest, T., Sungur, A., & Özcan, H. (2020). MEDALUS Yöntemi Kullanılarak Karacabey Tarım İşletmesi Toprak Kalite İndeksinin Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1), 120-131.

Jackson, M.L., (1958). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

John, M. K., H. H. Chuah., J. H. Neufeld., (1975). Application of Improved Azomethine-H Method to the Determination of Boron in Soil and Plants. Anal.Lett. 8:559-568.

Kacar, B., (1994). Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. toprak analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3. Ankara.

Karlen, D. L., & Stott, D. E. (1994). A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, *35*, 53-72.

Kumar, N. V. and Ganesh, L. (1996). A Simulation-Based Evaluation of the Approximate and the Exact Eigenvector Methods Employed in AHP. *European journal of operational research*. 95 (3). 656-662.

Lewandowski A, Zumwinkle M. 1999. Assessing the Soil System. A Review of Soil Quality Literature. Minessota Department of Agriculture Energy and Sustainable Agriculture Program. pp. 1-63.

Lindsay, W.L., Norvell, W.A., (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of American Journal 42(3), 421-428.

Masto, R. E., Chhonkar, P. K., Purakayastha, T. J., Patra, A. K., & Singh, D. (2008). Soil quality indices for evaluation of long-term land use and soil management practices in semi-arid sub-tropical India. *Land degradation & development*, 19(5), 516-529.

Minasny, B., Hong, S. Y., Hartemink, A. E., Kim, Y. H., & Kang, S. S. (2016). Soil pH increase under paddy in South Korea between 2000 and 2012. Agriculture, *Ecosystems & Environment,* 221, 205-213.

Mukherjee, A., & Lal, R. (2014). Comparison of soil quality index using three methods. PloS one, 9(8), e105981.

Neina, D., 2019. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. Appl. Environ. Soil Sci. https://doi.org/10.1155/2019/5794869, 2019.

Nosrati, K., & Collins, A. L. (2019). A soil quality index for evaluation of degradation under land use and soil erosion categories in a small mountainous catchment, Iran. Journal of Mountain Science, 16(11), 2577-2590.

Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L.A., (1954). Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular 939, 1-19, Government Printing Office Washington D.C.

Richards, L. A., (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Agriculture Handbook No: 60, 105-106.

Saaty, T. L. (1977). A Scalling Method for Priorities in Hierarchical Structures. Journal of Mathematical Psychology, 15(3), 234-281.

Saaty, T. L. 1980. "The Analytic Hierarchy Process". New York: McGraw-Hill, (This book has been tranlated into Chinese by S. Xu et al.; information is available from them at the Inst. Of Systems Engineering, Tianjing Univ., Tianjin, China.), A Translation into russian by R. Vachnadze is currently underway.

Saaty, T. L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, International Journal Services Sciences, 1(1), 83-98.

Sillanpaa, M. (1990). Micronutrient assessment at the country level: an international study. In: FAO Soils Bullettin. N. 63. Rome.

Sillero-Medina, J. A., Hueso-González, P., & Ruiz-Sinoga, J. D. (2020). Differences in the Soil Quality Index for Two Contrasting Mediterranean Landscapes in Southern Spain. Land, 9(11), 405.

Soil Survey Staff., (1993). Soil Survey Manual, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.

Spandana, K., & KPL, S. S. (2017). A Survey on Soil Quality Testing using Sensors in Smart Agriculture for Crop Production and Maintenance using Internet Of Things (IOT). International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)–Special Issue–April.

SQI-Soil Quality Institute. 1996. Indicators for soil quality evaluation. USDA natural resources conservation service.The National Soil Survey Center / The Soil Quality Institute, NRCS, USDA / The National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.

Stocking MA (2003) Tropical Soils and Food Security: The Next 50 Years. Science 302: 1356–1359.

Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S., & Dengiz, O. (2020). Computational intelligence applied to soil quality index using GIS and geostatistical approaches in semiarid ecosystem. Arabian Journal of Geosciences, 13(23), 1-20.

Şenol, H., Dengiz, O., Alaboz, P. 2019. "Determination of Spatial Variability of Soil Quality Index based on Multi Criteria Decision Analysis". International Soil Congress 2019, 17-19 June Ankara, Turkey

Turan, İ. D., Dengiz, O. (2017) Erosion risk prediction using multi-criteria assessment in Ankara Güvenç Basin. J Agric Sci 23(3):285–297

Turan, M., Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2018). Samsun ilinin Newhall modeline göre Toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(2), 131-142.

Ülgen, N., Yurtsever, N., (1995). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak Ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, S.230, Ankara.

Yang, F., Zeng, G., Du, C., Tang, L., Zhou, J., Li, Z., 2008. Spatial analyzing system for urban land-use management based on GIS and multi-criteria assessment modeling. Prog. Nat. Sci. 18, 1279–1284.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Physico-chemical and morphological properties of soils in Black Sea Agricultural Research Institute

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Arazilerine ait Toprakların Fiziko-kimyasal ve Morfolojik Özellikleri

***Murat BİROL*[1]**
***Orhan DENGİZ*[2]**
***Elif ÖZTÜRK*[3]**

Abstract

In this study, morphological and physio-chemical properties of soils formed under semi-humid ecosystem conditions were determined and their classification was made by taking into consideration of soil survey and mapping. The research was performed in the area of Black Sea Agricultural research Institute located in Tekkeköy district of Samsun. The research area is 53 ha and its elevation is about 5m a.s.l. Area has been used for fruit, wheat and paddy cultivation for long term. Soil samples were from genetic horizon from each profile located on different land use pattern. Physical and chemical analysis results and morphological data obtained

Özet

Bu çalışmada, yarı humid ekosistem koşullarda oluşan toprakların detaylı etüdü yapılarak morfojojik ve fizo-kimyasal özelliler belirlenmiş ve toprak sınıflandırması yapılmıştır. Araştırma, Samsun ili Tekkeköy ilçesi Gelemen mevkinde yer alan Karadeniz Tarımsal Ensitüsü Deneme arazisinde yürütülmüştür. Çalışma alanı 53 ha olup, deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 5 m'dir. İncelenen araziler üzerinde uzun yıllar çok yıllık meyve ağaçları, buğday ve çeltik tarımı yapılmaktadır. Araştırma alanı içerisinde üretim deseni dikkate alınarak açılan 3 toprak profilinden horizon esasına göre toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri,

[1] Murat BİROL, Dr, Black Sea Agricultural Research Institute, Soil and Water Resources Dept., Samsun, Turkey, muratbirol07@hotmail.com
[2] Orhan DENGİZ, Prof. Dr, Ondokuz Mayıs University, Faculty of Agriculture, Soil Science and Plant Nutrition Dept., Samsun, Turkey., dengizorhan@gmail.com
[3] Elif ÖZTÜRK, Dr, Black Sea Agricultural Research Institute, Soil and Water Resources Dept. Samsun, Turkey, elifozturkk@hotmail.com

from field studies were evaluated together for soil samples. One of the profiles was in the vertisol class whereas, another was classified as entisol. In addition third one was classified as Inceptisol. The sand content in the research area is 20.72%, while the clay content is 65.97%. Values of samples taken from all three profiles; the FC is 30.78%, while the WP is 10.33% and the AWC is 21.27%. pH is 7.93, EC is 0.403 dS/m, while OM is 2.45% in surface horizon. Dominant exchangeable cation (Na, K, Ca and Mg) is Ca ion. In addition, under different agricultural activities, some variations of soil properties were also determined.

Keywords: Soil Survey, Soil Classification, Soil Properties, Physico-Chemical Properties

fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile arazi çalışmalarından elde edilen morfolojik veriler birlikte değerlendirilmiştir. Profillerden birisi, kayma yüzeyinin bulunması ve kil içeriğinin %40'ın üzerinde olması sebebi ile vertisol ordosunda sınıflandırılırken, diğeri ise pedolojik gelişim göstermemesi nedeniyle entisol ordosunda sınıflandırılmıştır. Diğer profil ise Inceptisol ordosuna dalil edilmiştir. Toprakların kum içeriği %20.72 iken, kil içeriği %65.97'dir. Toprakların tarla kapasitesi %30.78 iken, solma noktası %10.33 ve yarayışlı su içeriği ise %21.27 ortalama değere sahiptir. pH 7.93, EC ise 0.403 (dS/m)'dir. OM profil yüzeyinde %2.45 iken derinlere doğru indikçe %0.99'a düşmektedir. Değişebilir katyon konsantrasyonları içerisnde (Na, K, Ca ve Mg) Ca baskın iyondur. Çalışma alanında farklı kullanım ile beraber profil boyunca bazı toprak özelliklerinde değişkenlikler gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak Etütü, Toprak Sınıflaması, Toprak özellikleri, Fizo-Kimyasal Özelliler

Introduction

There are strong links between soil composition and biochemical and geochemical processes such as weathering and storage of elements. Understanding the rate at which these processes occur is fundamental to understanding the soil system and its interaction with the surrounding environment. During early pedogenesis, a soil's chemical composition is largely determined by the composition of its geological parent material. With time, under the influence of pedogenic processes determined by vegetation, topography and, in particular, climate (Dengiz et al., 2013), soil composition diverges progressively from that of the parent material so that the chemical composition of mature soil more strongly reflects the effects of the weathering environment.

Therefore, Dengiz et al. (2011) indicated that soils have a a complex and systematic structure formed as a result of a combination of many factors and processes. When a few of these species differ, they consist of soils with different characteristics (Jenny, 1994; Buol, 1997). The main variables of the climate factor affecting soil formation are precipitation, temperature, wind and humidity, the most effective of which is precipitation and temperature. These two factors affect the intensity and level of

physical and biological processes (Turan et al., 2018). Since soils are formed as a result of different contributions and effects of soil-forming factors, their distribution in each region varies. Detailed analysis of the different soil layers also allows a description of the variability and complexity of soil formation. It can be said that a type of soil found in a certain region has its own unique genetic structure and method of use. Because, the characters and genetics of the soil affect it's behavior and management system (Dengiz, 2010).

The aim of this study is to determine the morphological and physico-chemical properties of the soils formed in semi-arid ecosystem conditions in the Gelemen Area of Samsun-Tekkeköy district, located in the Central Black Sea region.

2. Material and Method

2.1. Description of the study area

The study was carried out in an area of 53 ha in Gelemen locality belonging to Black Sea Agricultural Research Institute in Samsun. The research area is located at Central Black Sea Region and is at the 17th km of Samsun-Ordu highway, in the Gelemen location of Tekkeköy District of Samsun province. It's elevation is 5 m above sea level (Figure 1). Annual crops such as some fruits, wheat and paddy are grown in the experimental area.

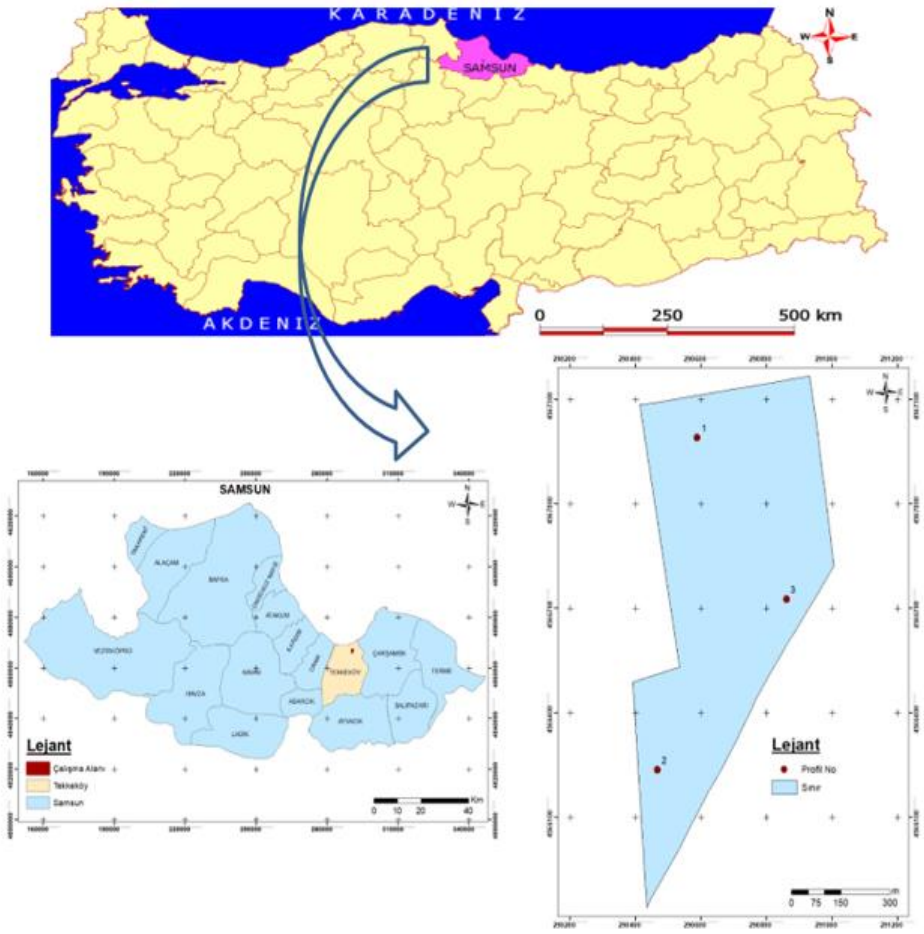


Figure 1. Study area location map

The annual average temperature is between 14-15 °C in Tekkeköy district located on the coastal area. The annual precipitation is 923 mm. The annual average temperature is 14.2 °C. Considering the temperature of the region, the temperature regime has been determined as Mesic. When the precipitation is considered, the moisture regime is determined as Ustic. Long years of temperature and precipitation data of the research area are given in Figure 2.

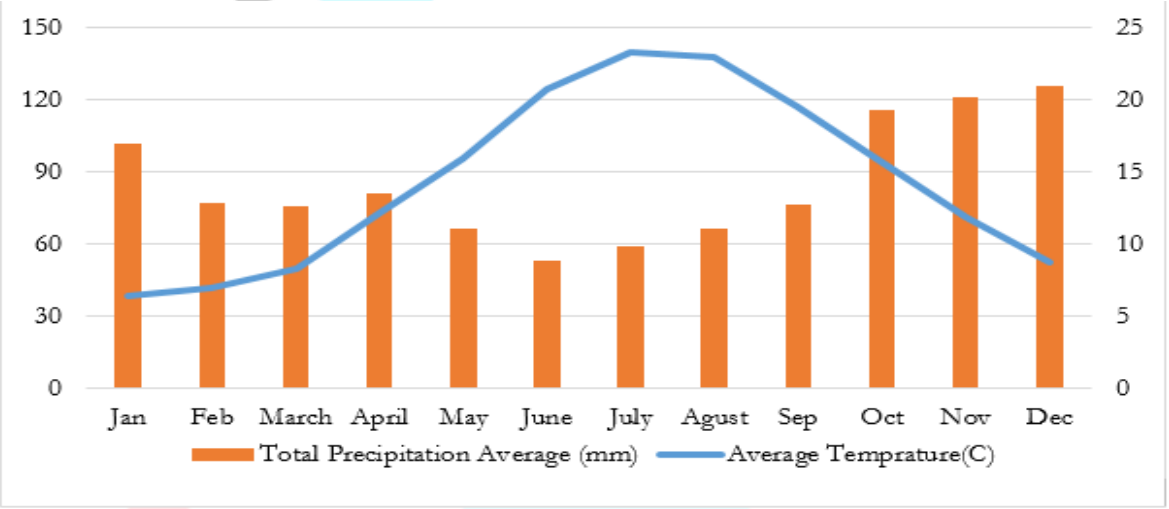


Figure 2. Samsun Meteorolog Station climate data for long years (DMİ 1966-1992)

2.1. *Physical and chemical analysis*

As a result of the preliminary examinations on the land, 3 profile pits were dug by taking into account the possible changes in the soil boundaries. In the profile pits opened, the horizons that lie parallel to the earth surface and differ from each other in terms of color, structure, texture, drainage or lime accumulation are distinguished from one or more features. After the definitions, a total of 11 soil samples were taken from 3 soil profiles on the basis of genetic horizon. In order to define the morphological characteristics of soils in the field, it was made by taking into account the criteria specified in the Soil Land Handbook (Soil Survey Manual, 1993). The soils that become air dry were beaten, passed under a 2 mm sieve and made ready for analysis. Physical, chemical ve fertility analysis was done in the laboratory. The criteria specified in the Soil Taxonomy were taken into account in naming the horizons and placing their symbols (Soil Survey Manual, 1999). Soil samples taken in the laboratory include texture (Bouyoucous, 1951), field capacity and wilting point (Klute, 1986), pH (Bayraklı, 1987), EC (Richards, 1954) lime (Soil Survey Staff, 1993), organic matter (Jackson, 1958), available phosphorus (Olsen et al., 1954), exchangeable cations (Na, K, Ca, Mg) (Tüzüner, 1990).

3. Results and Discussions

Besides its genetic structure, the effect of a management can also be effective over time on the properties of the soils. Perennial fruit trees, wheat and paddy have been cultivated on the investigated land. Soil samples were taken on the basis of horizon from 3 soil profiles opened by recording by considering land use and land cover patter in the research area. Selected soil samples were evaluated according to physical and chemical analysis results with morphological data obtained from field studies. One of the profiles were classified in vertisol order because of the slicken side surface and the clay content more than 40%, while the other is classified in the entisol order which is characterized as young soil. In addition third one was classified as also Inceptisol according to Soil Survey Staff (1999).

3.1. Physico-chemical and morphological characteristic of Inceptisol

Soils coded as Profile 1 formed on alluvial clay deposit and have been used under fruit trees. This soil has Ap/Bw/Cg/2Cg horizons order. It was observed gleyic feature symbolized as Cg and 2Cg between 50 and 86 cm in the profile. This case can be occurred reduction of Fe ions under low oxygen conditions due to water saturation. While it is seen that clay dominates the body throughout the profile, after 86 cm, dramatically sand content increases due to sediment deposits and texture turns into sandy texture. Autin and Aslan (2001), Dengiz (2010) reported that alluvial soil morphology varies according to landscape position and overbank lithofaces and also because of river modifications through time, such as embankments and dam construction. These geomorphic processes produce a landscape mosaic reflected in abrupt juxtapositions of soils of different ages and degrees of profile development. The main diagnostic horizon was the cambic horizon developed in the structural formation of this profile. Structural development was most noticeable between 15 and 123 cm. Using Soil Survey Staff (1999), this profile was classified as Vertic Haploxerept. The pH of the soils increases towards the depths and it is seen that it changes between 7.73 and 8.26. There is a significant decrease in the available water content with the increase in the amount of sand content in soil depth. There is no problem with lime or calcium carbonate content in soils. Organic matter of soils changes between 0.49% and 2.38% and ratio of it varies by decreasing from surface to down in profile. In addition the amount of available P also decreased along the soil depth. P concentration was found to be in the highest Ap horizon (23.75 mg kg^{-1}), whereas the lowest value was found in 2Cg horizon (3.69 mg kg^{-1}). Dominant cataion in profile is Ca ions. The major morphological properties and physico-chemical characteristics of the Vertic Haploxerept were given in Table 1 and Table 2.

Table 1. The morphological properties of the Vertic Haploxerept

Profile No: Profile 1	Coordinate: 37 T 4567361 N 290512 E
Classification: Vertic Haploxerept	Physiography: Alluvial delta
Land Use: Perennial fruit	Surrounding land: Plane
Profile Slope: % 0-2	Altitude: 4 m
Drainage: Poor	Parent Material: Alluvial clay and sand deposit
Erosion: No	Surface Stony: No
Salinity: No	Stony Inside Profile: No

Horizon	Depth	Characterization
Ap	0-20	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when moist, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
Bw1	20-50	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when moist, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border. There are plenty of gliding surfaces.
Cg	50-86	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border. There are sliding surfaces and glaciation.
2Cg	86+	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; limeless; wavy pronounced border; There are sliding surfaces and glaciation.

Table 2. Some physical and chemical properties of the Vertic Haploxerept

Horizon	Depth (cm)	Color Dry Moist	Texture (%) Clay	Sand	Silt	Class	Field Capacity (%)	Wilting Point (%)	Av.Wat. Cont (%)
Ap	0-20	10 YR 4/2 10 YR 3/2	61.86	25.04	13.11	C	31.0	13.7	27.3
Bw	20-50	10 YR 4/2 10 YR 3/2	71.46	12.81	15.73	C	33.6	13.6	20.0
Cg	50-86	10 YR 4/2 10 YR 3/2	47.06	43.17	9.77	C	40.2	28.6	11.6
2Cg	86+	10 YR 4/2 10 YR 3/2	7.68	89.87	2.45	S	11.7	6.8	4.9

Horizon	Depth (cm)	pH	EC (dS m^{-1})	Lime ($CaCO_3$%)	O.M (%)	Av P (mg kg^{-1})	Exchangeable Cation (cmol kg^{-1}) Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
Ap	0-20	7.73	0.28	0.72	2.38	23.75	0.23	0.83	41.40	11.80
Bw	20-50	8.11	0.28	1.28	1.82	18.29	0.23	0.62	58.10	9.95
Cg	50-86	8.26	0.19	0.32	0.86	3.82	0.23	0.29	30.20	22.35
2Cg	86+	8.20	0.10	0.40	0.49	3.69	0.23	0.10	13.45	9.20

3.2. Physico-chemical and morphological characteristic of Vertisols

The name of vertisol is derived from Latin "vertere" meaning to invert, thus limiting the development of classical soil horizons (Ahmad, 1983). These soils have the capacity to swell and shrink, inducing cracks in the upper parts of the soil and distinctive soil structure throughout the soil (Ahmad and Mermut, 1996). The formation of these specific features are caused by a heavy texture, a dominance of swelling clay in the fine fraction and marked changes in moisture content (Yakupoğlu et al., 2010).

In the study area, these soils, which are classified in the Vertisol order, have high clay content, high swelling and shrinking capacity, slickenside formation, and cracks occur at the end of the wetting-drying period. They are deep soils formed on alluvial clay deposites and have Ap/AB/ Bss1/Bss2 horizons in the profile. It is seen that clay is dominant throughout the profile. This profile had intersecting slickenside and shiny pressure faces in the subsurface horizon, indicating the shrink-swell properties of the soil. Moderate granular and medium subangular blocky structures were observed in surface horizons, while a strong prismatic structure characterized subsoil horizons. The presence of a layer more than 25 cm thick and characterized by slickensides, with more than 30 percent clay and

with 1 - 5 cm wide cracks up to 1 meter deep, qualified it as a Vertisol. Therefore, this soil was classified as Typic Haploxerert (Soil Taxonomy 1999).

Since the clay texture class is dominant throughout the profile, the available water content is quite high (23.8%). This soil has slightly alkaline reaction and pH of the soils varies between 7.83 and 7.97. Soils do not have a problem in terms of salt and lime content. OM content shows irregular distribution in soil profile. While OM content on the surface is 2.60%, it decrease about 0.92% in soil profiles. This case is also typical indicator of alluvial lands. In addition, the amount of available P decreased from surface soil to lower horizons. P concentration was found to be in the highest Ap horizon (26.16 mg kg^{-1}), whereas the lowest Bss2 horizon (3.19 mg kg^{-1}). This case results from P fertilization. As it is well known that P is immobile elements and due to application P fertilization it can be accumulate in surface soils which have high amount of clay. There is also fluctuation in exchangeable cations along the profile due to changing of clay and organic matter content. Dominant cataion in profile is also Ca ions in this soil. The major morphological properties and physico-chemical characteristics of the Vertic Haploxerept were given in Table 3 and Table 4.

Table 3. The morphological properties of the Typic Haplustert

Profile No: Profile 2	Coordinate: 37 T 4566793 N 290493 E
Classification: Typic Haplustert	Physiography: Alluvial delta
Land Use: Wheat cultivation	Surrounding land: Plane
Profile Slope: % 0-2	Altitude: 5 m
Drainage: Poor	Main Material: Alluvial clay deposit
Erosion: No	Surface Stony: No
Salinity: No	Stony Inside Profile: No

Horizon	Depth	Characterization
Ap	0-27	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
AB	27-51	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
Bss1	51-86	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
Bss2	86+	Brown 10 YR 5/3 (Dry), brown 10 YR 4/3 (Moist); clay; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; sliding surfaces available.

Table 4. Some physical and chemical properties of Typic Haplustert

Horizon	Depth (cm)	Color Dry Moist	Texture (%)				Field Capacity (%)	Wilting Point (%)	Av.Wat. Cont (%)
			Clay	Sand	Silt	Class			
Ap	0-27	10 YR 4/2 10 YR 3/2	71.97	10.19	17.84	C	30.9	7.3	23.6
AB	27-51	10 YR 4/2 10 YR 3/2	71.37	9.51	19.12	C	31.2	7.2	23.8
Bss1	51-86	10 YR 5/2 10 YR 4/2	75.63	14.81	9.56	C	29.8	7.1	22.7
Bss2	86+	10 YR 5/3 10 YR 3/3	80.69	5.92	13.39	C	32.4	7.4	25.0

Horizon	Depth (cm)	pH	EC (dS m^{-1})	Lime ($CaCO_3$%)	O.M (%)	Av P (mg kg^{-1})	Exchangeable Cation (cmol kg^{-1})			
							Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
Ap	0-27	7.83	0.41	0.64	2.60	26.16	0.40	0.81	46.30	17.70
AB	27-51	7.89	0.46	0.72	1.85	14.23	0.54	0.52	48.65	16.70
Bss1	51-86	7.86	0.52	0.48	2.43	7.00	0.71	0.58	49.75	36.25
Bss2	86+	7.97	0.49	0.88	0.92	3.19	0.59	0.61	45.55	19.55

3.3. Physico-chemical and morphological characteristic of Entisols

Alluvial soils are the result of processes of erosion and deposition, and therefore exhibit various characteristics reflecting the composition and properties of the material transported (Weber & Gobat, 2006). Moreover, these processes of sedimentation and erosion vary spatially and temporally, and thus contribute to the heterogeneity of the whole floodplain system. Detailed analysis of different soil layers permits a precise description of the variability and complexity of soil formation. In this soil, it has medium deep soils formed on alluvial lands. Dark grayish brown color (10 YR 4/2) is dominant throughout the profile. As the depth of the profile increases, the ratio of clay increases. Accordingly the available water content of the soil increases along the soil depth. This soil has Ap/C1/C2g horizons order in the profile. In addition, this soil show fluventic properties and also cracks within 125 cm of the mineral soil surface that are 5 mm or more wide through a thickness of 30 cm and slickensides in a layer 15 cm or more thick that has its upper boundary within 125 cm of the mineral soil surface. Moreover, soil has high water table so, this soil was classified as Vertic Fluvaquent based on Soil Survey Staff (1999). There was gleyic feature in the profile between 50+ cm (C2g). In addition,

after 53 cm ground water was determined. The pH of the soils increases towards the depths and it is seen that it changes between 7.60 and 8.17. There is no lime and salinity problem in soils. While OM is 2.38% on the surface, this value decreases towards deeper and decreases to 1.56%. The amount of available P decreased as you went deeper. P concentration was found to be in the highest Ap horizon (26.54 mg kg^{-1}), while the lowest 2Cg horizon (7.88 mg kg^{-1}). In varying concentrations of cations (Na, K, Ca and Mg) Ca is the predominant ion. The major morphological properties and physico-chemical characteristics of the Vertic Haploxerept were given in Table 5 and Table 6.

Table 5. Morphological characteristics of Vertic Fluvaquent

Profile No: Profile 3	Coordinat: 37 T 4550925 N 710510 E
Classification: Vertic Fluvaquent	Physiography: Alluvial delta
Land Use: Rise cultivation	Surrounding land: Plane
Profile Slope: % 0-2	Altitude: 5 m
Drainage: Very Poor	Parent Material: Alluvial clay deposit
Erosion: No	Surface Stony: No
Salinity: No	Stony Inside Profile: No

Horizon	Depth	Characterization
Ap	0-22	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
C1	22-53	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; thin, hairy roots; limeless; wavy pronounced border.
C2g	53+	Dark grayish brown 10 YR 4/2 (Dry), Very dark grayish brown 10 YR 3/2 (Moist); clay; medium and coarse, strong, granular structure; strong and sticky plastic when wet, very hard when dry; limeless; excessive amount of groundwater

Table 6. Some physical and chemical properties of Vertic Fluvaquent

Horizon	Depth (cm)	Color Dry Moist	Texture (%) Clay	Sand	Silt	Class	Field Capacity (%)	Wilting Point (%)	Av.Wat. Cont (%)
Ap	0-22	10 YR 4/2 10 YR 3/2	76.48	5.44	18.08	C	32.1	7.2	24.9
C1	22-53	10 YR 4/2 10 YR 3/2	79.23	4.95	15.81	C	32.6	7.5	25.1
C2g	53+	10 YR 4/2 10 YR 3/2	82.19	6.17	11.65	C	32.4	7.3	25.1

Horizon	Depth (cm)	pH	EC (ds m^{-1})	Lime ($CaCO_3$%)	O.M (%)	Av P (mg kg^{-1})	Exchangeable Cation (cmol kg^{-1}) Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
Ap	0-22	7.60	0.87	0.64	2.38	26.54	1.42	0.67	45.80	24.20

C1	22-53	7.89	0.40	0.56	1.58	23.24	0.63	0.63	51.25	16.20
C2g	53+	8.17	0.43	0.48	1.56	7.88	0.63	0.62	53.00	25.00

3. Conclusion

In this study, the morphological and physico-chemical properties of the three soil profiles formed in semi-humid ecosystem conditions and have been cultivated under three different land use types (perennial fruit cultivation, wheat cultivation and paddy cultivation) were investigated and their classification was made based on Soil Taxonomy. Although all profiles are of alluvial character, they fall into different classes in classification systems, especially in their subcategories. As soils in alluvial lands typically located away from the riverbed, they have been found to be more heavily textured.

Soils developed on aluvial parent materials are classified as Inceptisol for Profile 1 and as Vertisol for Profile 2, while Profile 3 was classified as Entisol orders. The main diagnostic horizon was the cambic horizon for Profile 1 while slickenside is also main soil formation process for Profile 3. On the other hand, there is no any diagnostic horizon Profile 3. The granular structure development in the upper profiles is also related to OM content and root density. Generally all soils have high amount of clay but horizon development shows different each other under different land use types. Main problem of these soils have poor derange and also high water table particularly for Profile 3. There were not detected salty problem and soils have slightly alkaline soil reaction. Under intensive field traffic it can be soil compaction risk therefor it should be also investigated about soil penetration resistance to supply suitable soil management system.

Refecences

Ahmad, N., (1983). Vertisols. In: Wilding, L.P., Smeck, N.E., Hall, G.F. (Eds.), Pedogenesis and Soil Taxonomy. II. The Soil Orders. Developments in Soil Science. Elsevier, Amsterdam, pp. 91-123.

Ahmad, N., Mermut, A., (1996). Vertisols and technologies for Their Management. Elsevier, Amsterdam, pp. 549.

Autin W J & Aslan A (2001). Alluvial pedogenesis in Pleistocene and Holocene Mississippi River Deposits: Effects of relative sea-level change. Geological Society of America Bulletin 113: 1456– 1466

Bayrakli, F., (1987). Toprak ve bitki analizleri, Ondokuz Mayıs üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.

Bouyocous, G.J., (1951). A recalibration of the hidrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, 43: 435-438.

Buol SW, Hole FD, McCracken RJ, Southard RJ (1997) Soil genesis and classification, 4th edn. Iowa State University Press, Ames, USA

Dengiz, O. (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the south-east Anatolia region of Turkey.

Dengiz, O. (2011). Samsun İlinin Potansiyel Tarim Alanlarinin Genel Dağilimlari ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalişmalarinin Önemi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 26(3), 241-250.

Dengiz, O. Sağlam, M., Özaytekin, H.H, Baskan, O. 2013. Weathering Rates and Some Physico-Chemical Characteristics Of Soils Developed on A Calcic Toposequences. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 8 (2); 13 – 24.

Franzen, D. W., Hopkins, D. H., Sweeney, M. D., Ulmer, M. K., & Halvorson, A. D. (2002). Evaluation of soil survey scale for zone development of site-specific nitrogen management. Agronomy Journal, *94*(2), 381-389.

Jackson, M.L., (1958). Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Jenny, H. (1994). Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology. New York: Dover Press. (Reprint, with Foreword by R. Amundson, of the 1941 McGraw-Hill publication).

Klute, A., (1986). Water Retention: Laboratory Methods. Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron., 635-660, Madison.

Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., Dean L.A., (1954). Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate, USDA Circular 939, 1-19, Government Printing Office Washington D.C.

Richards, L. A., (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Agriculture Handbook No: 60, 105-106.

Soil Survey Staff. (1993). Soil Survey Manual, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.

Soil Survey Staff. (1999). Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.

Turan, M., Dengiz, O., & Turan, İ. D. (2018). Samsun ilinin Newhall modeline göre Toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, *5*(2), 131-142.

Tüzüner, A., (1990). Toprak ve Su Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 352 sayfa, Ankara.

Yakupoğlu, T., Sarıoğlu, F.E., Dengiz, O. 2010. Morphology, Physico-Chemical Characteristics and Classifiation of Two Vertisols in Bafra and Çarşamba Delta Plains. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 25 (S-1): 67-73.

Weber GB and Gobat JM (2006). Identification of faces models in alluvial soil formation: The Case of a Swiss Alpine Floodplain. Geomorphology 74: 181-195

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Multifaceted Evaluation and Importance of Basin Mining in Turkey

Türkiye'de Havza Madenciliğinin Çok Yönlü Değerlendirilmesi ve Önemi

Mahmut Suat Delibalta[1]

Abstract

Mining has been one of the leading sectors that have shaped civilizations throughout history and provided raw materials to the industry. Minerals are natural resources that are formed over millions of years and cannot be renewed when consumed. Therefore, social benefit should always be at the forefront in the production and consumption of mines. Environmental and geological events that create differences in the formation of a mineral deposit and a mineral basin; also greatly affect the method of mineral exploration, evaluation and exploitation in the region. When the relationship between economic development and the mining sector is investigated, it is seen that developed countries are partially rich in natural resources and use this wealth correctly and effectively. Our country has in terms of mineral resources (boron, chromium, lignite, trona, ... except), although it does not have large reserves, it is rich in mineral diversity. However, we can make our existing mineral resource potential more useful by implementing

Özet

Madencilik; tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren, endüstriye hammadde sağlayan öncü sektörlerden biri olmuştur. Maden yatakları milyonlarca yılda oluşan, tüketildiğinde yenilenemeyen tabii kaynaklardır. Bu nedenle, madenlerin üretim ve tüketiminde daima toplumsal fayda ön planda tutulmalıdır. Bir maden yatağı ile bir maden havzasının oluşumundaki farkları yaratan çevresel ve jeolojik olaylar; bölgedeki maden arama, değerlendirme ve işletme yöntemini de büyük ölçüde etkilemektedir. Ekonomik kalkınma ile madencilik sektörü ilişkisi araştırıldığında, gelişmiş ülkelerin tabii kaynaklar bakımından kısmen zengin, bu zenginliği de doğru ve etkin biçimde kullandıkları görülmektedir. Ülkemiz mineral kaynaklar bakımından (bor, krom, linyit, trona, ...) hariç, büyük rezervlere sahip olmamakla birlikte mineral çeşitliliği yönünden zengindir. Ancak, mevcut mineral kaynak potansiyelimizi doğru politika ve programlar uygulayarak daha faydalı hale getirebiliriz. Bu

[1] Mahmut Suat Delibalta, Dr.Öğr.Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, msdelibalta@ohu.edu.tr

the right policies and programs. In the research conducted for this purpose, basin mining in Turkey was examined in a multifaceted way by addressing legislation, productivity, occupational health and safety dimensions.

Keywords: Mining, Basin, Legislation, Coal, Productivity, Occupational Health and Safety.

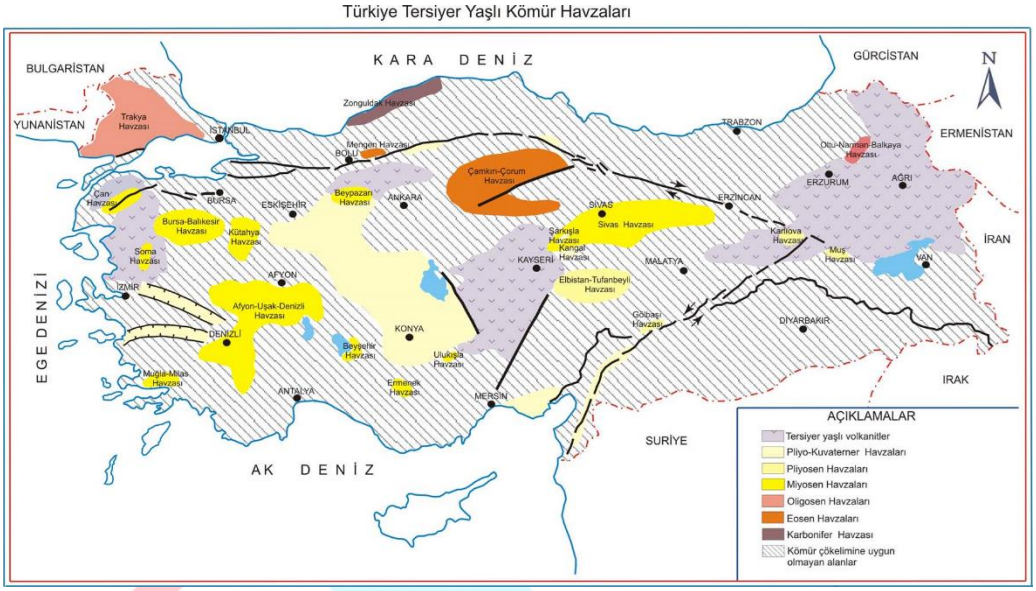
maksatla yapılan araştırmada, Türkiye'de havza madenciliği mevzuat, verimlilik, iş sağlığı ve güvenliği boyutlarıyla ele alınarak çok yönlü incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Madencilik, Havza, Mevzuat, Kömür, Verimlilik, İş Sağlığı ve Güvenliği.

Giriş

Globalleşen dünyada hemen her gün hayatımızda gözle görülür pek çok teknolojik değişim yaşanmaktadır. Bu değişimlerde aktif rol alabilmek tüm dünya ülkelerinin arzu ettiği bir durumdur. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler için, hem bu değişimleri yakalamak hem de sahip olduğu doğal kaynakları etkin bir biçimde kullanmak oldukça önemlidir. Söz konusu teknolojik değişimler, ulusal ve uluslararası arenada büyük bir rekabet ortamı yaratmaktadır. Bu rekabet ortamında az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler için başarılı olabilmenin tek yolu, sosyo-ekonomik kalkınma sürecini hızlandırmaktan geçmektedir. Sanayileşmiş ülkeler doğal kaynaklarını efektif değerlendirerek bugünkü gelişmişlik düzeylerini yakalamışlardır (Başol vd, 2005; Maden MO, 2011). Bundan dolayı; az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler de toplumsal refahlarını artırmak için, mutlaka sahip oldukları doğal kaynaklardan daha etkin yararlanmanın yollarını aramalıdırlar. Bir maden yatağı ile bir maden havzasının oluşum süreçlerindeki farklı çevresel ve jeolojik olaylar, bölgedeki maden arama, değerlendirme ve işletme yöntemini de büyük ölçüde etkilemektedir. Ülkemizde ve tüm dünyada "madeni madenin yanında aramak" prensibine yeniden dönülmüş olması, tek başlarına işletildiklerinde ekonomik olmayan yatakların havza madenciliğine veya entegre sanayi tesislerine dönüştürülerek verimli hale getirilmeleri bu etkinin bir sonucudur (Seyhan, 1972; Öğretmen, 2006). Ülkemiz madencilik sektörüne ilişkin esasların da bu ölçütlere göre düzenlenmesi, günümüz modern tesis planlama ve teknolojik faaliyetleri için artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

Havza kavram olarak; içinde barındırdığı doğal kaynakların her birinin kendine özgü fiziksel-biyolojik özellikleri ile bunlarla ilişkili olan çevresel ve antropojen etkilerin bir arada oluşturduğu, makro-mikro ölçekte diğer ekosistemlerle etkileşim içinde olan jeomorfolojik, hidrolojik, topoğrafik, biyolojik ve ekolojik bir yüzey parçası olarak tanımlanmaktadır (Küçükali ve Atabay, 2013). Kısaca havza denince; bulunduğu coğrafi bölgenin makro ve mikro boyuttaki jeomorfolojik, litolojik, limnolojik, meteorolojik ve biyolojik çeşitlilik özelliklerine sahip alan anlaşılmaktadır. Madencilik sektöründe de havza kavramı yukarıdaki tanıma benzer maksatla kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'de jeolojik oluşumlarına göre kömür havzaları (MTA, 2020)

Bir ülkenin sanayileşmesi ve ekonomik kalkınması için sadece doğal kaynaklara sahip olması tabii ki yeterli değildir. Burada önemli olan husus; tüm bu kaynakları katma değeri yüksek bir sanayide uç ürüne dönüştürmektir. Ülkemiz mineral kaynaklar bakımından birkaçı (bor, krom, linyit, trona, ...) hariç, büyük rezervlere sahip olmamakla birlikte çeşitlilik açısından zengindir. Mevcut tabii kaynak potansiyelimizi doğru madencilik politikaları oluşturarak kendimize yeter hale getirebilir ve hammadde ithalatçısı bir ülke olmaktan kurtarabiliriz. Bu maksatla yapılan araştırmada, Türkiye'de havza madenciliği çok yönlü ele alınarak incelenmiş ve önemi ortaya konulmuştur.

Materyal ve Metot

Bir maden yatağı ile bir maden havzasının oluşumu süreçlerindeki büyük farklara sebep olan çevresel ve jeolojik olaylar, bölgedeki maden arama, değerlendirme ve işletme yöntemini de büyük ölçüde etkilemektedir. Bu tür etkileri irdelemek maksadıyla; ülkemiz önemli maden potansiyellerine sahip kömür havzalarında hem işgücü verimliliği, maden rejimi ve mevzuatı hem de iş sağlığı ve güvenliği boyutları istatistiksel bulgularla ele alınarak incelenmiştir.

Bulgular

Madenler; ülke endüstrisinin temel hammadde girdilerini sağlayan, katma değer yaratan ve yeni sanayi tesislerinin kurulmasına yol açan doğal kaynaklardır. Maden yataklarının bir diğer önemli özelliği de doğada nadir bulunmaları ve kullanıldığında tükenebilir olmalarıdır. Bu sebeple, oluşumları için milyonlarca yıl ve olağanüstü doğal koşulların gerekli olduğu madenlerin üretim ve tüketiminde daima optimum toplumsal fayda ön planda tutulmalıdır.

Ekonomik kalkınma ve madencilik sektörü ilişkisi incelendiğinde, yüksek yaşam standartlarına sahip (gelişmiş) ülkelerin tabii kaynaklar açısından kısmen zengin ve bu zenginliği de doğru ve etkin

bir biçimde kullandıkları görülmektedir. Bazı ülkeler doğal kaynaklar açısından fakir olmalarına rağmen, birçok ülkeye göre ekonomik kalkınmada oldukça ileri safhadadırlar. Çünkü bunlar; emek, sermaye, bilgi, girişimcilik ve farklı ülkelerden alınan ithal girdileri, başka bir ifadeyle hammadde ve işgücü faktörlerini başarıyla kullanan ülkelerdir. Bu nedenle, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler de mutlaka sahip oldukları doğal kaynaklardan daha etkin yararlanmanın yollarını aramalıdırlar. Bu maksatla bildiride, dikkate alınacak boyutların en önemlileri aşağıda ayrıntılı olarak verilmektedir.

Madencilik Rejimi ve Mevzuatı Boyutu

Bir maden havzasında işletilen aynı veya farklı tür madenler arasındaki jenetik akrabalık, çoğu zaman gözle görülür durumdadır. Bu sebeple, muhtemel doğal kaynakların değerlendirilmesinde aşağıdaki işlemlerin yapılması önem arz etmektedir.

- Kapsamlı maden sahası fizibilite etütlerinin yapılması,
- Maden sahasının bir bütün olarak işletmeye açılması,
- Bölgede entegre sanayi tesislerinin kurulması.

Bu işlemlerin yapılmasında, dünyada iki farklı ekonomik model uygulanmaktadır. Bunlar;

1) Bağımsız olarak işletilen maden ocakları ve bunların ürünlerini kullanan sanayi tesislerinin tröstler veya karteller halinde birleşmesi, havza madenciliğinin ve sanayi entegrasyonun kendiliğinden gerçekleşmesi.
2) Ekonomik koşullara göre daha başlangıçta havza madenciliğine ve sanayi entegrasyonuna gidilmesi, olası değişikliklerin zaman içerisinde gerçekleştirilmesidir.

Yukarıda anılan modeller arasındaki farklılık, "Rusya'da fabrika kurulmaz, kombina kurulur - maden işletilmez, havza işletilir" sözünde açıkça yer bulmaktadır. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkeler söz konusu iki modelden birini seçerken, çoğu zaman siyasal rejimlerine göre tercihte bulunurlar (Seyhan, 1972; Öğretmen, 2006). Ancak; madencilik sektörü yukarıda üç adım halinde verilen faaliyetleri en rasyonel biçimde gerçekleştirmek zorundadır. Tüm bu faaliyetlerin maden jeolojisi koşullarına uygun, kamu veya özel sektör tarafından, gerektiğinde mali ve teknik yönden yabancı sermaye ile güçlendirilerek, bu işlemleri yapabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Hatta işin ulusal/uluslararası boyutu karşısında karma ekonomi modelinin uygulanması da bir yerde siyasi tercih olabilir. Fakat tercih edilen modelin havza madenciliği ve buna ilişkin entegre sanayiinin kurulması yönünde olması, sektörün arzu edilen hedeflere erişmesini kolaylaştıracaktır. Bunu ülke koşullarına göre sağlamak veya planlamak, sektördeki strateji uzmanı yetkililerin görevidir.

Yürürlükteki Maden Sahaları İhale Yönetmeliği (2. maddesinin d fıkrası); "Havza madenciliğini geliştirmek ve jeolojik yapıyı aydınlatmak amacıyla yeni oluşturulan alanlar ile ihalelik durumdaki sahaların ve alan sınırlamasına bakılmaksızın birleştirilen alanların", ihalesine ilişkin usul ve esasları kapsar. Maden Bölgelerine ve Ruhsatların Taşınmasına İlişkin Yönetmelik'in amaçlarını belirten 1. maddenin a fıkrasında; "Birbirine bitişik ve/veya yakın I. Grup, II. Grup (a) ve IV. Grup (b) bendi maden sahalarında tek başına yapılan maden işletme faaliyetlerinin; çevresel etkileri, şehirleşme, işletme

güvenliği, rezervin verimli işletilmesi vb. sebeplerden dolayı oluşturduğu olumsuz etkilerin ortadan kaldırılması amacıyla yapılacak proje ve planlama çerçevesinde maden bölgesinin ilan edilmesine, bu ruhsatların yeni ruhsatta birleştirilerek oluşturulacak maden bölgesinde ortak proje kapsamında maden işletme faaliyetlerinde bulunulmasına" ve c fıkrasında ise; "Maden bölgesi içerisinde yer alacak ruhsatların maden rezervlerinin ve kurulacak tüzel kişilikte bu ruhsat sahiplerinin rezervlerine göre hisse paylarının hesaplanmasına" ilişkin usul ve esasların da düzenlendiği ifadeleri yer almaktadır (RG, 2017; RG, 2018). Ancak; ülkemizde gerek ekonomik gerekse politik nedenlerle, günümüz maden işletme faaliyetleri uygulama aşamasında, yukarıda belirtilen bahse konu hususları birebir sahada görmek pek mümkün olmamaktadır. Aynı maden sahasında farklı firmaların ve/veya rödevansçıların faaliyette bulunması bunun bir göstergesidir.

İşgücü Verimlilik Analizi Boyutu

Ülkemiz taşkömürü madenciliği faaliyetleri ilk olarak 1848 yılında Zonguldak Havzasında başlamıştır. Havzada taşkömürü üretim çalışmaları 1858-1865 yılları arasında Hazine-i Hassa yönetiminde devam etmiş, takip eden yıllarda ise 1940 yılındaki devletleştirmeye kadar yerli-yabancı birçok kuruluş faaliyette bulunmuştur. Devlet işletmeciliği, Etibank'ın 1937 yılında kurduğu Ereğli Kömür İşletmeleri (EKİ) ile başlamıştır. EKİ de 1957 yılında Türkiye Kömür İşletmeleri'ne devredilmiştir. En son, 1983 yılındaki yasal düzenleme ile EKİ ayrı bir Kamu İktisadi Teşekküllü (KİT) olarak bugünkü Türkiye Taşkömürü Kurumu'na (TTK) dönüştürülmüştür.

Zonguldak taşkömürü havzası ile ilgili 2005-2008 yıllarını kapsayan bir ekonomik analizde üretimde işgücü verimliliğinin nasıl değiştiği, TTK ve özel sektörün verimlilik açısından birbirine göre durumu ve rödevans uygulamasının havza madenciliğine katkısı ortaya konulmuştur (Aydın ve Önsoy, 2011). Bu amaçla; sahada anket çalışması ile elde edilen veriler TTK, özel sektör ve havza geneli için ayrı ayrı hesaplanan işgücü verimliliği Çizelge 1'de verilmiştir. Havzada aynı döneme ait üretilen milyon ton taşkömürü başına düşen ölümlü iş kazası sayıları ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. İşgücü verimliliği (ton/adam-yıl) (Aydın ve Önsoy, 2011)

Yıllar	TTK*	Özel Sektör	Havza (Toplam)
2005	272,5	227.0	263,9
2006	259,3	232.3	251,8
2007	279,8	221.4	262,4
2008	289,0	260.5	279,5

*: Bir kısım işçilerin gruplu çalışıyor olması nedeniyle yıllık ortalama adam sayısına göre hesaplanmıştır. (Yıllık ortalama adam sayısı ise yıllık toplam yevmiye ile yıllık toplam çalışma gün sayısı oranından elde edilmiştir.)

Çizelge 2. Üretilen milyon ton taşkömürü başına düşen ölümlü iş kazası sayısı (TBB, 2015)

Yıllar	TTK	Özel Sektör	Havza (Toplam)
2005	6,00	3,91	9,91
2006	1,97	3,77	5,74
2007	2,98	18,36	21,34
2008	4,41	11,50	15,91

Havzada yüksek maliyetli kamu madenciliğine alternatif olarak önerilen ve uygulamaya konan rödevans işletmeciliği, yukarıdaki tespitlere göre yaşanan problemlerin çözümü olmaktan çok uzak

gözükmektedir. Yapılan rödevans düzenlemesi ile sadece, kamu üzerindeki problemler özel sektör üzerine aktarılmış durumdadır. Kâr odaklı faaliyette bulunan özel sektör işletmeleri de bu problemleri işgücü haklarını kısıtlayarak (daha düşük ücretler, daha uzun çalışma saatleri ve yetersiz iş güvenliği tedbirleri vs.) çözmeye çalışmıştır. Bölgede çalışma koşullarının bu şekilde geriye gitmesi hali, taşkömürü madenciliğinin ülkemiz sosyo-ekonomik yapısına katkısını daha da azaltmıştır. Havza madenciliği için tüm bu tespitler, çizelgeler detaylı incelendiğinde çok daha net görülmektedir.

Çizelge 1'de "ton/adam-yıl" cinsinden hesaplanan verimlilik göstergesinde, TTK verimliliğinin özel sektör verimliliğinden az da olsa daha iyi olduğu görülmektedir. Buna karşılık Çizelge 2'ye göre, milyon ton üretim başına düşen ölümlü iş kazası sayılarının özel sektör işletmelerinde çok daha fazla olduğu görülmektedir. Zonguldak taşkömürü havzası için Toplam Faktör Verimliliği (TFV) göstergeleri ise, TTK'nın taşkömürü üretimindeki hâkim yapısından dolayı, TTK'ya paralel bir seyir izlemektedir (Çizelge 3).

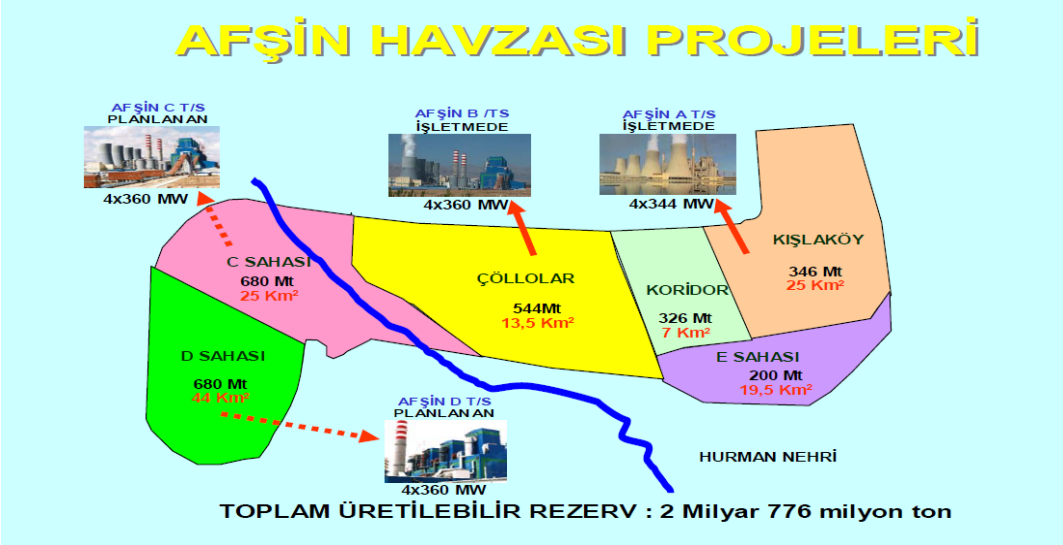
Çizelge 3. Zonguldak taşkömürü havzası TFV endeksi (ton/TL) (Aydın ve Önsoy, 2011)

Yıllar	TTK	Özel Sektör	Havza (Toplam)
2005	100,00	100,00	100,00
2006	100,23	115,89	105,85
2007	96,79	81,68	97,97
2008	103,92	78,78	106,06

Zonguldak havzasında uygulamaya geçen rödevans işletmeciliği bölgede istihdamı ve taşkömürü üretimini artırmakta önemli katkılar sağlamıştır. Ancak; işgücü verimlilik ve TFV endeksi dikkate alındığında bölgedeki jeolojik yapının olumsuz etkileri, emek yoğun madencilik faaliyetleri, politik, teknik ve yönetimsel eksiklikler / hatalar nedeniyle, rödevans uygulaması havzada kayda değer bir iyileşme oluşturmamıştır. İşgücü verimlilik oranları (ortalama 8.800 kg/yevmiye ~ 4.600 kg/yevmiye) dünyada taşkömürü madenciliği yapılan birçok ülke ile kıyaslandığında, Zonguldak havzasındaki işletmelerin (ayak tüvenan randımanı 3.002 kg/yevmiye, satılabilir genel randıman 502 kg/yevmiye) rekabetten ve sürdürülebilirlikten uzak bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle; bölgede madencilik faaliyetlerinin daha sağlıklı bir yapıya kavuşturulması için, mutlaka çağdaş yönetsel ve ekonomik bir modelin hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Rezerv Koruma ve İş Güvenliği Boyutları

Kahramanmaraş iline bağlı Afşin ve Elbistan ilçelerinin kuzeyinde bulunan Afşin-Elbistan linyit havzasında, kömür arama çalışmaları ilk olarak 1966 yılında Federal Almanya Cumhuriyeti teknik yardımı çerçevesinde Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü ve RWE Alman firması işbirliği ile başlamıştır (Yörükoğlu, 1991). 1967 Yılında yapılan sondaj çalışmalarına göre havzada 3,44 milyar ton görünür linyit rezervi tespit edilmiştir. Yaklaşık 120 km^2'lik bir alanı kapsayan linyit havzası; Kışlaköy (A), Çöllolar (B) ve Afşin (C) adı verilen üç ana sektör ile D, E ve F sektörlerinden oluşmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Afşin-Elbistan linyit havzası projeleri ve termik santraller (Koçak vd, 2009)

1973 Yılında ilk yatırım faaliyetlerinin başladığı Afşin-Elbistan Kışlaköy (A) projesinin dış finansmanı; Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, Alman Devlet ve Ticari Kredileri, Japon Eximbank ve Suudi Fonu'ndan sağlanmıştır. Kışlaköy sektöründeki üretim faaliyetleri, Türkiye Kömür İşletmeleri'ne (TKİ) bağlı olarak 7.4.1975 tarihinde kurulan Afşin-Elbistan Linyit İşletmeleri Müessesesi tarafından yürütülmektedir. TKİ ve MTA'nın son yıllarda yaptığı ayrıntılı rezerv araştırma ve sondaj çalışmalarına göre, havzanın toplam üretilebilir kömür rezervi en az 4,35 milyar ton olarak belirlenmiştir.

Havzadaki sektörler arasında meydana gelebilecek kömür kaybının kesit görünümü Şekil 3'te verilmiştir. Drenajın tam olarak yapılması koşuluyla, havza içindeki nihai şevlerin ortalama eğimi 20° ve yükseklikleri ise 150 metredir. Bu şekilde bırakılacak her 1 km uzunluğundaki emniyet topuğu yaklaşık; 1.000m x 675m x 45m x 1,3ton/m³ = 39,5 milyon ton kömürün yeniden üretilemeyecek şekilde kaybedilmesi anlamına gelmektedir.

Şekil 3. Afşin-Elbistan linyit havzası sektörler arası kömür kayıpları (Koçak vd, 2009)

Havzada mevcut kömür üretim planlamasına göre; sektörler arasında yukarıdaki şekilde oluşacak iki farklı işletme sınırındaki nihai şevlerin toplam uzunluğunu net olarak kestirmek mümkün olmamakla birlikte, 10 km'nin üzerinde olacağı söylenebilir. Önlem alınmaması halinde bu nihai şevlerin uzunluğu kadar topuk bırakılarak, en az 400 milyon ton linyit rezervi bir daha ekonomik olarak üretilemeyebilir. Söz konusu kayıp, B santraline ait Çöllolar sahasının kuzey ve güneyinde bırakılacak emniyet topukları ile birlikte 650 milyon tonu bulmaktadır. Bu durumda rezervin önemli bir kısmı bırakılacak kömür topukları nedeniyle alınamayacak, kalan rezerv de havzanın çeşitli panolarına dağılmış olacağından, mevcut kömürlerin ekonomik olarak işletilebilirliği azalacaktır.

Ayrıca; iş sağlığı ve güvenliği boyutuyla 6 Şubat 2011 ve 10 Şubat 2011 tarihlerinde Park Teknik AŞ. Afşin-Elbistan açık işletmesi Çöllolar kömür sahasında meydana gelen şev duraysızlıkları / heyelanı sonucu, yaklaşık 50 milyon m^3 üst örtünün 1,5 km^2'lik alana yayıldığı tespit edilmiştir. İlk incelemelere göre 2 Mühendis ve 9 İşçi olmak üzere toplam 11 kişinin heyelan/göçük altında kaldığı, büyük bir maddi hasar ve can kaybının yaşandığı belirlenmiştir (Delibalta vd, 2011). Ülkemiz linyit üretimine ait maden kazalarını çok daha ağır sonuçlarıyla birlikte, 2014 yılında Soma ve Ermenek kömür havzalarında da yaşamış bulunuyoruz.

Tüm bu ekonomik ve işgücü kayıpları dikkate alındığında, Afşin-Elbistan linyit havzasında birden fazla sektörler halinde yapılan kömür üretim planlaması mutlaka revize edilmelidir. Böylece en azından havzanın mevcut linyit rezervi daha iyi korunmuş olacaktır. Ayrıca; kömür üretim pano sınırlarında şev dekapajının yapılmaması ve drenaj yöntemiyle elde edilecek avantajlar nedeniyle, kömür üretim maliyetleri de önemli ölçüde azalacaktır. Afşin-Elbistan linyitleri havzasında sağlanacak ekonomik değer büyüklüğü, gerek iş güvenliği artışı gerekse daha az rezerv kaybı bağlamında, havza madenciliğinin ne kadar avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Madencilik; tarih boyunca uygarlıkları şekillendiren, endüstriye hammadde sağlayan öncü sektörlerden biri olmuştur. Maden yatakları milyonlarca yılda oluşan, tüketildiğinde yenilenemeyen doğal kaynaklardır. Bu nedenle, madenlerin üretim ve tüketiminde daima optimum fayda ön planda tutulmalıdır. Son yıllarda ülkemiz maden mevzuatında yapılan düzenlemeler ile havza madenciliği kısmen özendirilmektedir. Ancak; gerek ekonomik gerekse politik nedenlerle, maden işletme faaliyetleri uygulama aşamasında bahse konu hususları birebir sahada görmek pek mümkün olmamaktadır. Özellikle büyük maden sahalarındaki farklı firma ve/veya rödevansçıların faaliyette bulunmaları bunun bir göstergesidir.

Zonguldak taşkömürü havzasında uygulanan rödevans işletmeciliği bölgede istihdamı ve taşkömürü üretimini artırmakta önemli katkılar sunmuştur. Fakat işgücü ve toplam faktör verimliliği (TFV) endeksi dikkate alındığında bölgedeki jeolojik yapının olumsuz etkileri, emek yoğun madencilik faaliyetleri, politik, teknik ve yönetimsel eksiklikler/hatalar nedeniyle, rödevans uygulaması havzada önemli bir avantaj yaratmamıştır. Afşin-Elbistan linyit havzasında ise; rezervin bir bölümü A, B, C, D, E ve F sektörleri arasında bırakılacak emniyet topukları nedeniyle alınamayacak, kalan rezerv de bölünmüş olacağından mevcut kömürlerin ekonomik olarak üretilebilirliği azalacaktır. Ayrıca; iş sağlığı ve güvenliği boyutuyla 6 Şubat 2011 ve 10 Şubat 2011 tarihlerinde Park Teknik AŞ. Afşin-Elbistan

açık işletmesi Çöllolar kömür sahasında meydana gelen şev duraysızlıkları / heyelanı sonucu, yaklaşık 50 milyon m^3 üst örtünün 1,5 km^2'lik alana yayıldığı tespit edilmiştir. 2 Mühendis ve 9 İşçi olmak üzere toplam 11 kişinin heyelan/göçük altında kaldığı, büyük bir maddi hasar ve can kaybının yaşandığı belirlenmiştir. Yine önemli linyit havzalarımızdan; Soma kömür işletmesinde 2014 yılı yaşanan grizu patlaması sonrası 301 kişi, Ermenek kömür sahasında eski imalat kaynaklı su patlamasında 18 işçi hayatını kaybetmiştir. Büyük maddi/manevi kayıplar içeren bu iş kazalarının toplum üzerinde ağır travmalar yaratması da ayrı bir boyuttur. Tüm bu nedenlerle; ülkemizde evrensel kriterlere uygun milli ekonominin gereği olan değişiklikler yapılarak havza madenciliğine geçilmesi artık bir zorunluk haline gelmiştir. Böylece oluşturulacak yeni maden bölgelerinde ortak projeler ile küçük ve orta ölçekli işletmeler de madencilik faaliyetlerinde bulunabilecektir. Havza madenciliği ile sanayi entegrasyonunun gerçekleşmesi ise yatırımcı kuruluşların ortak işbirliğine bağlıdır. Bu işbirliğini sağlamak' ta ilgili bakanlık ve kamu kurumlarının görevidir.

Sonuç olarak, ulusal sosyo-ekonomik kalkınma için yalnızca doğal kaynaklara sahip olmak yeterli değildir. Doğal kaynakların yanı sıra yeterli sermaye, teknolojik imkânlar, eğitimli, girişimcilik ruhuna sahip kalifiye insan gücüne, iyi bir yönetim anlayışına, gerçekçi kalkınma planlarına ve de güçlü ekonomi politikalarına ihtiyaç vardır. Ülkeler çok zengin doğal kaynaklara sahip olsalar dahi, yukarıda sayılan faktörlerin herhangi birindeki zayıflık, ulusal sosyo-ekonomik kalkınmayı yavaşlatacaktır. Söz konusu faktörler arasında kurulacak güçlü bir adaptasyon ve eşgüdüm, hem doğal kaynakların efektif değerlendirilmesini hem de sosyo-ekonomik anlamda ülkenin gelişmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

Aydın, H., Önsoy, G., 2011. Zonguldak Taşkömürü Havzası Kömür İşletmelerinde Verimlilik Analizi, Madencilik, 50 (1), 33-41.

Başol, K., Durman, M., Çelik, M.Y., 2005. Kalkınma Sürecinin Lokomotifi; Doğal Kaynaklar, Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, Sayı 14, 61-71.

Delibalta, M.S., Günaydın, O., Koçak, T., 2011. Dinamik Yükler Etkisinde Oluşan Açık İşletme Şev Heyelanları ve Alınacak İş Güvenliği Önlemlerinin Tespiti, Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2011, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, ISBN:978-605-01-0209-3, Zonguldak, 107-115.

Koçak, Ç., Tamzok, N., Yılmaz, S., 2009. Afşin-Elbistan Linyit Rezervlerinin Elektrik Üretimi Bakımından Değeri ve İzlenmesi Gereken Politikalar, Türkiye 11. Enerji Kongresi, İzmir, 21-23 Ekim, s. 30.

Küçükali, U.F., Atabay, S., 2013. Havzaların Fiziki Planlamasına Ekolojik Yaklaşım, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1), 180-183.

Maden MO, 2011. Madencilik Sektörü ve Politikaları Raporu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Mart, Ankara, s. 47.

Maden MO, 2018. Madencilik Mevzuatı, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Ocak, Ankara, s. 388.

MTA, 2020. Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Hizmetler-Enerji haritaları https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita, (Erişim tarihi: 16.03.2020)

Öğretmen, A., 2006. Ereğli Kömür Madeni Havzasında İlk Üretim, A.Ü. Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi-TAED Sayı 31, 135-160.

RG, 2017. Resmi Gazete, "Maden Sahaları İhale Yönetmeliği", Yönetmelik, Ankara, 21 Eylül, Sayı: 30187, s.7.

RG, 2018. Resmi Gazete, "Maden Bölgelerine ve Ruhsatların Taşınmasına İlişkin Yönetmelik", Yönetmelik, Ankara, 23 Mayıs, Sayı: 30429, s.9.

Seyhan, İ., 1972. Doğal Kaynakların Havza Madenciliği ve Entegre Tesisler ile Değerlendirilmesinin Madencilik Rejimine Etkisi, MTA Enstitüsü, Sayı 13, 47-59.

TBB, 2015. Soma Maden Faciası Benzeri Kazaların Önlenmesine Yönelik Sistem ve Temel Mevzuat Önerileri Hakkında Rapor, Türkiye Barolar Birliği (TBB) Yayınları: 288, ISBN: 978-605-9050-40-1, Ankara, s. 136.

Yörükoğlu, M., 1991. Afşin-Elbistan Projesi ve TKİ Kurumu AELİ Müessesesinde Madencilik Çalışmaları, Madencilik, Cilt XXX, Sayı 3,13-29.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Post germination seedling growth performance of two safflower cultivars Dincer and Remzibey against drought and salt stress tolerance

Dinçer ve Remzibey aspir çeşitlerinin kuraklık ve tuz stresine karşı çimlenme sonrası fide gelişim performansları

***Fatma Kayaçetin*[1]**
***Khalid Mahmood Khawar*[2]**

Abstract

Salinity and drought are very common environmental problems that affect early stages of growth and development during crop growth. This study evaluated the effects of PEG 6000 (0.0, –0.2, –0.4, –0.6, –0.8, –1.0, –1.2 and –1.4 MPa) for drought and NaCl (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 dSm^{-1}) for salt tolerance on germination and early seedling growth of registered Turkish safflower varieties Dincer (spineless) and Remzibey (spiny). Final germination percentage, root length, shoot length, seedling dry weight, seedling fresh weight were investigated. The results revealed that the varieties showed different responses to PEG and NaCl stress. A gradual decrease in final germination percentage along with seedling growth was noted using >–0.2 MPa PEG and >10 dSm^{-1} NaCl. Overall, in accordance with the decrease in final germination percentage, root and and shoot length, seedling dry and fresh

Özet

Tuzluluk ve kuraklık, özellikle bitkinin erken büyüme ve gelişme dönemlerini etkileyen çok yaygın çevresel engellerdir. Bu çalışmada, PEG 6000 (0.0, –0.2, –0.4, –0.6, –0.8, –1.0, –1.2 ve –1.4 MPa) ve NaCl (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 dSm^{-1})'ün Dinçer (dikensiz) ve Remzibey (dikenli) aspir çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, final çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, fide kuru ağırlığı ve fide yaş ağırlığı özellikleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, çeşitlerin PEG 6000 ve NaCl stresine farklı tepkiler verdiği tespit edilmiştir. >–0.2 MPa PEG 6000 ve >10 dSm^{-1} NaCl stres seviyelerinde fide büyümesi ile birlikte çeşitlerin çimlenme yüzdelerinde kademeli bir azalma kaydedilmiştir. Genel olarak, NaCl ve PEG 6000 stresi altında final çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu, fide kuru ve yaş ağırlığındaki azalmalara göre,

[1] 1Central Research Institute for Field Crops, Oil Seed Crops Unit, Sehit Cem Ersever St. No: 9/11, Yenimahalle, Ankara, Turkey fatmakayacetin@gmail.com
[2] 2Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Ankara University, Ankara, Turkey kmkhawar@gmail.com

weight Remzibey was found more tolerant when compared to Dincer under NaCl and PEG stress. The seed germination was completely stopped using >–1.2 MPa PEG levels and at 35 dSm^{-1} NaCl induced stress levels in both varieties. The outcomes of NaCl stress were less pronounced on germination percentage and growth of seedlings compared to these effects due to PEG. The results suggested varieties had different responses to stress levels, and could be used in genetic improvement or breeding programmes positively.

Keywords: Safflower, PEG and NaCl stress, Seedling growth

Remzibey aspir çeşidinin Dinçer aspir çeşidine göre daha toleranslı olduğu belirlenmiştir. Her iki aspir çeşidinde de, >–1.2 MPa PEG 6000 ve 35 dSm^{-1} NaCl stres seviyelerinde tohum çimlenmesinin tamamen durduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, NaCl stresinin, PEG 6000 stresine kıyasla final çimlenme oranı ve fidelerin gelişmesi üzerinde daha az etki yaptığı belirlenmiştir. Sonuçlar, çeşitlerin farklı stres seviyelerine farklı tepkiler verdiğini ve genetik iyileştirme çalışmaları veya ıslah programlarında olumlu bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Aspir, PEG ve NaCl stresi, Fide gelişimi

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is counted among the oldest known crop plants adapted to hot and dry environments and usually grown at a small scale (Dajue & Mundel, 1996). Safflower, comonly sef pollinated and diploid (2n=24) has a deep rooted, herbaceous, multi branced, annual plants. It cultivated from seeds for valuable vegetable oil which oil consists of nearly 90% unsaturated fatty acids like oleic and linoleic acids. The stigmas obtained from safflower inflorescences are commonly used for dyeing and flavoring and, medicinal purposes and recommonly called pseudo–saffran in many communities (Dajue & Mundel, 1996; Hussain et al., 2016). It is one of the promising oilseed since seed oil is about 32–40%.

Turkey is 21883 tons of safflower seeds are produced in about 15860 ha area in 2019 (FAO, 2019). As safflower is unselective in terms of ecological conditions and more resistant to lower temperatures than other oil crops. This stuation allows to grow in areas with different climates for the safflower (Arslan & Culpan, 2018).

Drought and salinity are two major environmental stress parameters that limit plant development in all semi arid and arid regions everywhere in the World. Seed germination percetage and developing seedlings at early stages of growth of plant growth are highly afffected (Mahajan & Narendra, 2005; Hojati et al., 2011; Munns, 2011). The safflower crop plants could be successfully established depending on the level of adaptive stress tolerance during seed germination at early stages of seedlings growth (Qu et al., 2008). Elias & Kaffka (2002) reported that at early seedling stages safflower more sensitive to salinity and drought than other stages. Safflower plants are well known as a moderately sensitive to salt stress (Maas, 1986).

The objective of the study is to investigate the influence of drought (PEG) and salt (NaCl) stress on seed germination and initial seedling growth of cv. Dincer (spineless) and Remzibey (spiny) safflower for their use in breeding programmes.

Materials and Methods

This study was carried out at the Oil Seed Crop Unit, Central Research Institute for Field Crops of Ankara, Turkey. In the first experiment, main factor was varieties (Dincer and Remzibey), the sub factor was PEG levels (0.0, –0.2, –0.4, –0.6, 49 –0.8, –1.0, –1.2 and –1.4 MPa). In the second experiment, main was varieties (Dincer and Remzibey), and the sub factor was NaCl levels [(0, 5 (–0.2 MPa), 10 (–0.5 MPa), 15 (–0.7 MPa), 20 (–1.0 MPa), 25 (–1.3 MPa), 30 (–1.5 MPa) and 35 dSm – 1 51 (–1.8 MPa)] (Model WTW Cond. 314i, Germany). Distilled H_2O was used as a control treatment in both experiments. Three replications of 20 seeds of each petri dish were germinated in two layers of Whatman@qualitative filter paper, Grade 1 with 10 ml of respective test solutions in glass Petri dishes (100 × 10 mm) with respective concentrations of PEG and NaCl in separate experiments to induce drought and salt stress. The seeds were germinated at 22 ± 1 °C (Fallah–Toosi & Baki, 2013) in the dark for 10 days. The germination percentage was noted every day followed by replacing the filter papers every 2 days in new Petri dishes to prevent accumulation of respective PEG and NaCl solutions. Germinated percentage was recorded on daily basis until a constant count was achieved (ISTA, 1996). The seeds were considered germinated when ~2mm radicle emerged (Huang & Redmann, 1995). These seedlings were from each replicate were measured at the end of tenth day of standard germination test and were evaluated for final germination percentage, root length, shoot length, seedling fresh weight as destribed by Kandil et al. (2012). The dry weights of the sampled seedlings were carefully noted soon after their drying at 70 °C for 48 h using an oven following Böhm (1979).

Analysis of variance for all investigated parameters related to the seed germination percentage and the parameters relating to seedling growth was performed using MSTAT–C. The variations among the parameter means were carefully compared by Least Significant Difference or LSD test ($p<0.05$).

Results

The experimental data are showed in the Table 1 and 2. The effect of PEG and NaCl on seedling of Dincer and Remzibey safflower varieties were demonstrated Figure 1 and the effect of NaCl and PEG on final germination percentage, root length, shoot length, seedling fresh weight and seedling dry weight of Dincer and Remzibey safflower varieties were demonstrated Figure 2.

PEG Levels

The results confirmed a significant differences ($p<0.05$) among PEG stress levels, varieties and interaction among varieties and PEG levels for final germination percentage, root length, shoot length, seedling fresh and dry weight. For Dincer and Remzibey varieties, lowering of water potential with PEG osmotic solution confirmed a significant decrease in germination and seedling growth. Final germination percentages decreased with each increasing PEG levels from 0.0 to –1.0 MPa.

Consequently, ~78% decrease was noted in seed germination percentage compared to the control treatment. The highest final germination percentage for control (no stress) in both varieties. The lowest final germination percentage values of Remzibey and Dincer were 24.44 and 20.00%, under drought stress conditions (–1.0 MPa) respectively. While Dincer exhibited the highest germination percentage (91.11%) using control, Remzibey showed the highest germination percentage (91.11%) using control and –0.2 MPa PEG. Whereas the maximum root length (4.30 cm) was observed for Dincer using control, the minimum root length (0.38 cm) was detected for Dincer using –1.0 MPa PEG. While the maximum shoot length (6.41 cm) were observed in Dincer using control, the minimum shoot length (0.53 cm) were detected in Dincer at –1.0 MPa PEG. The mean seedling fresh weight (2.56–0.12 mg) and seedling dry weight (0.25–0.00 mg) changed. Reduction of water potential using PEG induced a significant decrease in fresh and dry weights of the seedlings. Although, the cultivars exhibited differential behavior against each PEG concentrationl, the minimum values were exhibited by cv. Dincer. Seed germination was completely inhibited at >–1.2 MPa level to Dincer and Remzibey.

NaCl Levels

Statistically significant ($p<0.05$) differences were found for germination percemtage and seedling growth in safflower varieties used in this study after NaCl stress levels, varieties and interaction. As the NaCl level increased from 0 to 30 dSm^{-1}, > ~75% decrease was noted for seed germination percentage, when compared and evluated against control treatment. While the highest final germination percentage (93.33%) was noted Remzibey and Dincer using 5 dSm^{-1} stress level, the lowest final germination percentage (22.22%) was noted for Dincer using 30 dSm^{-1}stress level. The maximum root length (5.4 cm) was observed for Dincer at 5 dSm^{-1} salt stress whereas the minimum root length (0.53 cm) was detected for Dincer at 30 dSm^{-1} salt stress. The maximum shoot length (7.97 cm) was observed for Dincer using 5 dSm^{-1} or control level NaCl level. The minimum shoot length (1.37 cm) was noted for Dincer at 30 dSm^{-1} NaCl salt stress. The maximum seedling fresh weight (2.99 mg) observed for Remzibey using 5 dSm^{-1} NaCl and seedling dry weight (0.26 mg) was observed for Dincer using 5 dSm^{-1} NaCl level. While the minimum seedling fresh weight (0.59 mg) and seedling dry weight (0.14 mg) were observed for Dincer using 30 dSm^{-1} NaCl level. Whereas, the seed germination percentage showed a complete inhibition at 35 dSm^{-1} NaCl stress against cv. Dincer and Remzibey. The seed germination percentage showed a complete inhibition at >35 dSm^{-1} NaCl stress for both cultivars.

Discussion

The variance analyses clearly showed that germination and seedling growth of the used safflower varieties were affected significantly by increasing concentrations of NaCl and PEG in the growth medium.

PEG Levels

The results confirmed that the effects of PEG based stress had negative effects on all parameters. The varieties displayed different responses to PEG stress. In the study, the highest values of germination parameters and seedling growth were noted on control. The measurement of final readings relating to germination (%) and seedling growth decreased with use of –0.2 to –1.0 MPa PEG stress. This may be due to the physiological disorders, that happened during germination due to decreased water imbibition of seeds leading to several metabolic changes. Heshmat et al. (2011) noted that drought stres (0, 3, 6, 9 and 12 bar) delayed germination, reducing root and shoot length with increased mean germination time leading to no seed germination at −12 MPa of PEG based stress levels in canola. Futhermore, Toosi et al. (2014) confirmed that –10 and –12 bars PEG exhibited a complete inhibiton of seed germination capacity of *B. juncea*. Channaoui et al. (2017) reported that –11 and –13 bars PEG completely stopped seed germination in *B. napus*. Saedipour (2010) confirmed that –10 and –12 bars PEG significantly decreased seed germination behavior of *B. juncea*. These variations between these varieties are probably due to genetic resistance of their variable drought stress. Jajarmi (2008) detected significant variations among the cultivars drought stress levels (control, –3, –6, –9, –12, –15 bar) and in all parameters, a significant redction was noted with increased stress in safflower.

NaCl Levels

NaCl induced stress with each increase in stress with negative effects on all germination and seedling growth parameters. The investigated and studied safflower cultivars exhibited differential results pertaining NaCl stress. The highest values of germination parameters and seedling growth were detected on control and 5 dSm^{-1} NaCl levels in the study. Low osmotic stress could improve germination and seedling growth parameters (Toosi, 2010). The germination percentage (%) and the seedling growth parameters induced gradual decrease using 10 to 30 dSm^{-1} NaCl stress. Bybordi and Tabatabaei (2009) reported prevention of NaCl salinity during seed water absorption that in turn significantly affected seed germination percentage. Root and shoot length should be more effective selection criteria for NaCl tolerance than germination percentage, because NaCl stress had a less pronounced effect on the latter (Zraibi et al., 2011).

The lengths of the roots and the shoots lengths are the most significant parameters related to salt stress; as the roots are come in direct contact to soil by absorbing water and the nutrients from soil. This supply to shoots and rest of the plants are exhibited positively. Ayaz et al. (2000) observed decreased seed germination due to salt stress leading several metabolical changes. It appears that, decreased germination percentage pertains to reduced seed water absorption and at imbibitions to induce seed turgor. It is exhibited that, the root shoot lengths are significantly important parameters during selection against salt stress sensitivity in agreement with earlier findings by Bybordi and Tabatabaei (2009) and Saedipour (2010). It is reported that, salinity significantly decreased nutrient absorption and root growth speed (Khan & Gulzar, 2003). Salinity stress could inhibit growth of roots rapidly and therefore their capacity to uptake water. In this study, Remzibey overall showed better performance salinity tolerance than Dincer under stress conditions in terms of investigated traits.

NaCl was comparatively less inhibitive to seed germination and seedling growth using the same water potential of PEG and NaCl. Improved safflower seeds germination was noted using NaCl compared to the PEG treatments in water. The results are strict accordance with previous studies using canola as reported by Heshmat et al. (2011); for brown mustard by Toosi (2010); for safflower by Karimi et al. (2011); for safflower by Zraibi et al. (2011); for wild mustard by Kayacetin et al. (2018). This might be explained as accelarated water uptake using NaCl solutions and achieve increased moisture content allowing water uptake during seed germination (Saeedipour, 2009).

Conclusion

It is conclued that levels of drought stress and salinity on Dincer and Remzibey safflower varieties significantly affected germination percentage and seedling growth percentage affects due to NaCl more compared to PEG. The highest values of germination parameters were obtained with control (no stress) and low NaCl stress level (5 dSm^{-1}). The seed germination was completely stopped using >–1.2 MPa PEG levels and at 35 dSm^{-1} NaCl induced stress levels in both varieties. In accordance with the decrease in final germination percentage, root and shoot length, seedling dry and fresh weight Remzibey was found more tolerant when compared to Dincer under NaCl and PEG stress. The influence of NaCl was less pronounced compared to the to the PEG. The results suggested that the varieties had different responses to stress levels, confirming that these cultivars could be included in selection by back cross or as control for use in genetic improvement and breeding programmes.

References

Arslan, B., & Culpan, E. (2018). Identification of suitable safflower genotypes for the development of new cultivars with high seed yield, oil content and oil quality. *Azarian Journal of Agriculture,* 5(5): 133–141.

Ayaz, F.A., Kadıoğlu, A., & Utgut, R.T. (2000). Water stress effects on the content of low molecular weight carbohydrates and phenolic acids in cienanthe serosa. *Canadian J. Plant Sci.*, 80: 373–378.

Böhm, W. (1979). Methods of Studying Root Systems, Springer–Verlag, Berlin.

Bybordi, A., & Tabatabaei, J. (2009). Effect of salinity stress on germination and seedling properties in Canola cultivars *Brassica napus* L.. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj–Napoca,* 371: 71–76.

Canavar, Ö., Götz, K.P., Koca, Y.O., Ellmer, F. (2014). Relationship between Water Use Efficiency and Ã" 13C Isotope Discrimination of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Drought Stress. *Turkish Journal of Field Crops,* 19(2): 203–211.

Channaoui, S., El Kahkahi, R., Charafi, J., Mazouz, H., El Fechtali, M., & Nabloussi, A. (2017). Germination and seedling growth of a set of rapeseed (*Brassica napus*) varieties under drought stress conditions. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2(1): 238696.

Culha, S., & Çakırlar, H. (2011). Effect of salt stress induced by NaCl on safflower (Carthamus tinctorius L.) cultivars at early seedling stages. *Hacettepe J. Biol. Chem.,* 39: 61–64.

Dajue. L., & Mundel, H. (1996) Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben.

Elias, S.B., & Kaffka, S.R. (2002). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation II. Crop response to salinity. *Agricultural Water Management,* 54 (1–4): 81–92.

Fallah–Toosi, A., & Baki, B.B. (2013). Effect of NaCl on Germination and Early Seedling Growth of *Brassica juncea* var. Ensabi. *International Journal of Agronomy and Plant Production,* 4(11): 3004–3011.

FAO, (2019). http://www.fao.org

Ghazizade, M., Golkar, P., & Salehinejad, F. (2012). Effect of salinity stress on germination and seedling characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Annals of Biological Research,* 3(1): 114–118.

Hojati, M., Modarres–Sanavy, S., Karimi, M., & Ghanati, F. (2011). Responses of growth and antioxidant systems in *Carthamus* tinctorius L. under water deficit stress. *Acta Physiol Plant,* 33(1): 105–112. doi:10.1007/s11738–010–0521–y

Huang, J., & Redmann, R.E. (1995). Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. *Can. J. Plant Sci.,* 75: 815–819.

Hussain, M.I., Lyra, D.A., Farooq, M., Nikoloudakis, N., & Khalid, N. (2016). Salt and drought stresses in safflower: a review. *Agronomy for Sustainable Development,* 36(1): 4.

ISTA, (1996). International Rules for Seed Testing, Rules 1996. Seed Sci. Technol. 24 Suppl.

Jajarmi V. (2008). Effect of water stress on germination indices in seven safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). In 7th International Safflower Conference. –Wagga Wagga, Australia, November.

Kandil, A.A., Sharief, A.E., Abido, W.A.E., & Ibrahim, M.M.O. (2012). Response of some canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity stress and its effect on germination and seedling properties. *J. Crop Sci,* 3: 95–103.

Karimi, N., Soheilikhah, Z., Ghasmpour, H.R., & Zebarjadi, A. (2011). Effect of salinity stress on germination and early seedling growth of different safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. *Journal of Ecobiotechnology.*

Kayacetin, F., Efeoglu, B., & Alizadeh, B. (2018). Effect of NaCl and PEG–induced osmotic stress on germination and seedling growth properties in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi,* 28(1): 62–68.

Khan, M.A., & Gulzar S. (2003). Germination responses of Sporobolus ioclados: A saline desert grass. *J. Arid Enviro,* 55: 453–464.

Maas, E.V. (1986). Salt tolerance of plants. *Applied Agric. Res,* 1: 12–26.

Mahajan, S., & Narendra, T. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics,* 444 (2): 139–158.

Munns, R. (2011). Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. *In Advances in Botanical Research,* 57: 1–32).

Heshmat, O., Saeed, H. A., & Fardin, K. (2011). The improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stress. *Journal of Agricultural Technology*, 7(3): 611-622.

Qu, X., Z. Huang., J. Baskin., & C.C. Baskin. (2008). Effect of temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the geographically widespread halophyte shrub. Halocnemum strobilaceum. *Annals of Botany* 101: 293–299.

Saedipour, S. (2010). Comparative Effects of NaCl and Polyethylene Glycol on Germination and Early Seedling Growth of Safflower. *Int J Appl Agri Res*, *5*(2): 251–260.

Toosi, A.F., Bakar, B.B., & Azizi, M. (2014). Effect of drought stress by using PEG 6000 on germination and early seedling growth of Brassica juncea Var. Ensabi. *Sci P Ser A Agron* 360-363.

Toosi, A.F. (2010). Production ecology of *Brassica juncea* L. czern. var. ensabi. PhD Thesis. University of Malaya.

Zraibi, L., Nabloussi, A., Kajeiou, M., Elamrani, A., Khalid, A. & Caid, H.S. (2011). Comparative germination and seedling growth response to drought and salt stresses in a set of safflower (*Carthamus tinctorius*) varieties. *Seed Technology*, 40–52.

Table 1. Changes in germination and seedling growth in safflower varieties at different osmotic potentials of PEG

Varieties	Levels (MPa)	Final Germination percentage (%)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
Remzibey	0	91.11a	4.23b	6.38a	2.50a	0.24ab
	–0.2	91.11a	3.55c	4.16c	2.45a	0.23b
	–0.4	68.89b	3.23d	3.57d	2.00b	0.21c
	–0.6	55.56c	1.12g	2.73e	0.61c	0.18d
	–0.8	31.11d	0.82h	1.10g	0.32de	0.14e
	–1.0	24.44de	0.45i	0.94gh	0.29e	0.12f
Mean		60.37a	2.23b	3.15a	1.36a	0.19a
Dinçer	0	91.11a	7.73a	6.41a	2.56a	0.25a
	–0.2	88.84a	2.99e	5.24b	2.48a	0.24ab
	–0.4	71.11b	1.67f	2.10f	0.64c	0.21
	–0.6	51.11c	1.01gh	1.15g	0.43d	0.19d
	–0.8	26.67de	0.59i	1.17g	0.35de	0.11g
	–1.0	20.00e	0.42i	0.53h	0.12f	0.00h
Mean		58.14b	2.40a	2.77b	1.10b	0.16b
$Fvalue_{V\times L}$		0.55*	345.88*	14374*	82.41	77.12
CV(%)		7.8	4.9	10.93	6.04	4.01

*: There is no significant difference among means indicated with the same letter at $p< 0.05$ level.

Table 2. Changes in germination and seedling growth in safflower varieties at different osmotic potentials of NaCl

Varieties	Levels (dSm^{-1})	Final Germination percentage (%)	Root length (cm)	Shoot length (cm)	Seedling fresh weight (mg)	Seedling dry weight (mg)
Remzibey	0	91.11a	4.1c	7.79a	2.50b	0.24b
	5	93.33a	5.34a	7.84a	2.99a	0.24b
	10	53.33bc	4.51b	5.63c	2.45b	0.22c
	15	44.44d	2.54d	5.32c	2.37b	0.22c
	20	28.89e	2.24d	2.82f	1.73c	0.20d
	25	28.89e	1.22e	2.03g	1.03d	0.18de
	30	26.67e	1.15e	1.81g	0.93e	0.17e
Mean		52.38b	3.01	4.75	1.92b	0.20b
Dinçer	0	91.11a	4.53b	7.82a	2.56b	0.25ab
	5	93.33a	5.4a	7.97a	2.82a	0.26a
	10	55.56b	4.67b	7.3b	2.80a	0.25ab
	15	46.67cd	2.47d	4.8e	2.50b	0.22c
	20	26.67e	2.54d	5.2d	1.63c	0.19d
	25	28.89e	0.75e	1.87g	0.83e	0.17e
	30	22.22e	0.53e	1.37h	0.59f	0.14f
Mean		52.06a	2.99	5.19	2.04a	0.22a
$Fvalue_{V\times L}$		0.83	5.06	50.12	4.09	4.02
CV(%)		8.19	7.1	3.9	6.11	4.25

*: There is no significant difference among means indicated with the same letter at $p< 0.05$ level.

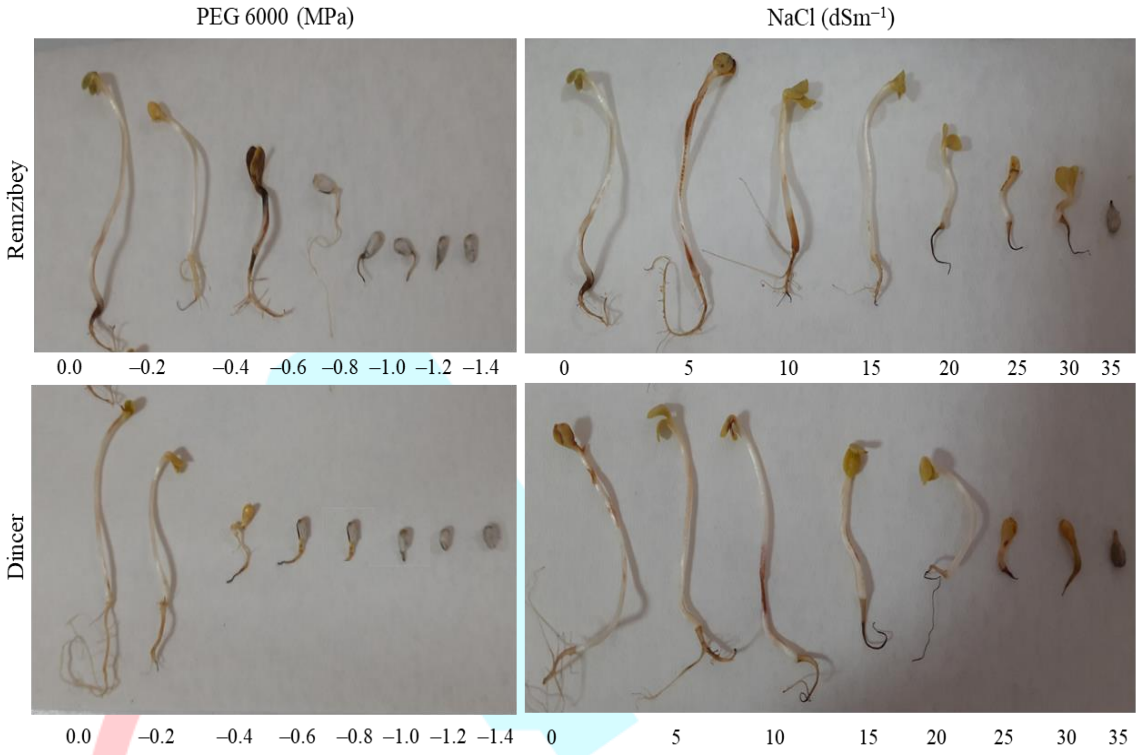


Figure 1. The effect of PEG and NaCl on seedling of Dincer and Remzibey safflower varieties on 10 days

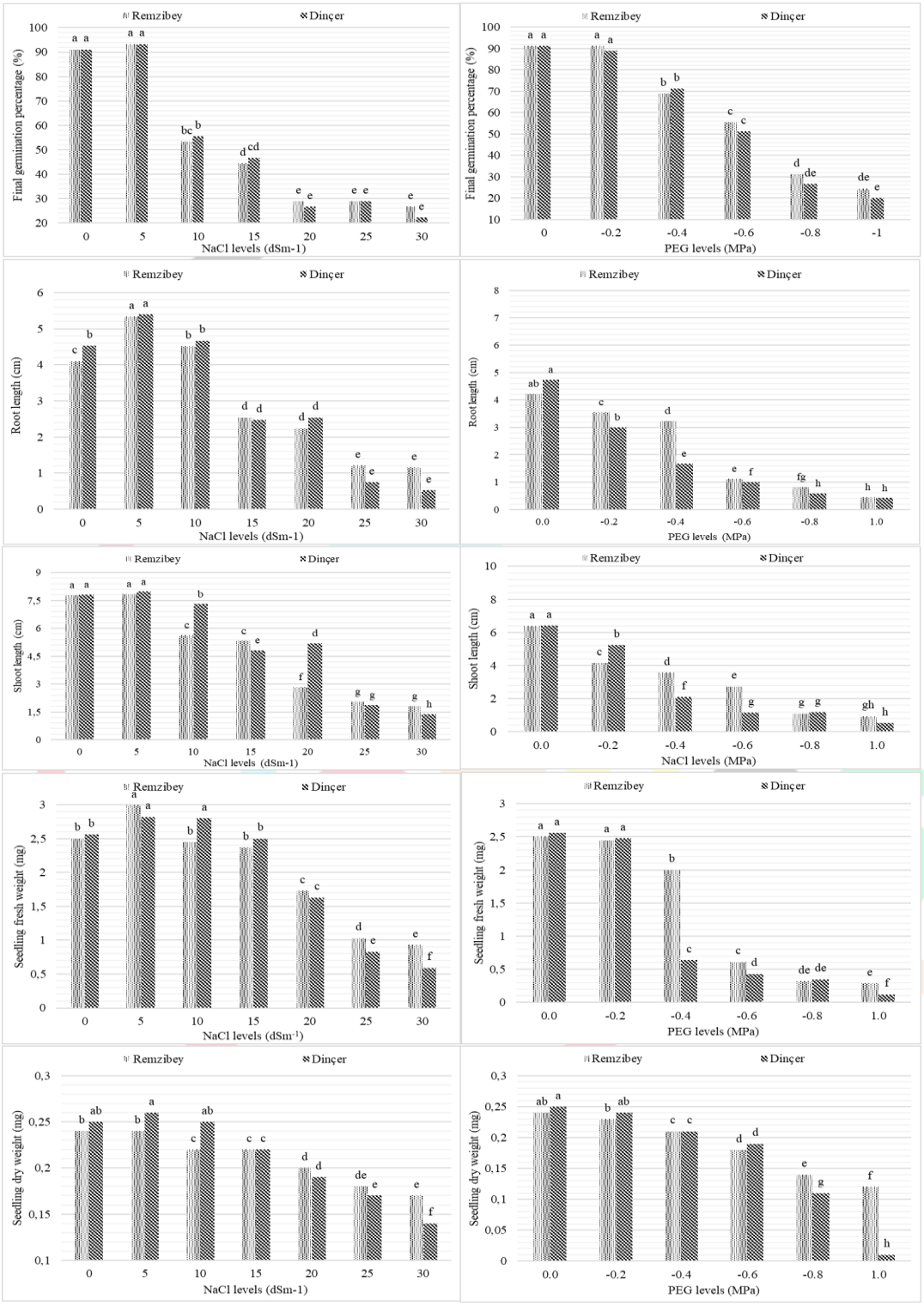


Figure 2. The effect of NaCl and PEG on final germination percentage, root length, shoot length, seedling fresh weight and seedling dry weight of Dincer and Remzibey safflower varieties

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

The Structural Characteristics of Small Ruminant Breeding of Ankara

Ankara İli Küçükbaş Hayvanciliğin Yapısı

Sedat BEHREM

Abstract

Turkey has approximately 55 million sheep and goats, including indigenous culture breeds. In this study, it was aimed to give information about sheep and goat farm which are members of the Breeding Sheep and Goat Breeders Associationin terms of the number, herd sizes, breeder profile and breeds in Ankara districts. In the light of the data obtained, there is an increase in the number of sheep and goats in Ankara, as in our country. When the age groups of breeders are examined it is seen that the number of breeders between the ages of 50 and 60 is higher, and the majority of the farm sizes are between 0 and 250 heads. Also it has been observed that the district where the most sheep breeding is carried out is the Polatlı district, and the majority of the breeders prefer the Central Anatolian Merino and Akkaraman breeds as sheep breed. Additionally, it has been determined that goat breeders mostly carry out Ankara Angora goat and Hair goat. In general, the geographical structure and central location of Ankara and its proximity to other metropolitan cities is of great importance for the market. Considering the increase in the number of small ruminant, it is

Özet

Türkiye zengin coğrafyası ile bölgesel çevre şartlarına iyi uyum sağlamış 55 milyon yerli koyun ve keçi varlığına ev sahipliği yapmaktadır. Bu çalışmada Ankara İli Damızlık Koyun ve Keçi Yetiştiricileri Birliğine üye işletmelerin bulunduğu ilçelerdeki işletme sayıları, sürü büyüklükleri, işletme sahiplerinin yaş grupları ve ırk tercihleri hakkında bilgiler verilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında ülkemizde toplam küçükbaş hayvan sayısına paralel bir şekilde Ankara ili küçükbaş hayvan sayısında artış görülmektedir. İşletme büyüklüklerinde çoğunluğun 0 -250 baş arasında olduğu, işletme sahiplerinin yaş grupları incelendiğinde en yoğun yaş grubunun 50 – 60 yaş arasında olduğu, ilçeler bazında en fazla küçükbaş hayvan yetiştiriciliği yapılan ilçenin Polatlı ilçesi olduğu, koyunculuk yapan işletmelerin çoğunluğunun tercihinin Orta Anadolu Merinosu ve Akkaraman ırkı, keçi yetiştiriciliği yapan işletmelerin ise Ankara Tiftik keçisi ve Kıl keçi yetiştiriciliğini yaptıkları ve koyun yetiştiriciliğinin keçi yetiştiriciliğine göre daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir. Genel olarak Ankara ilinin coğrafi yapısı ve merkezi

predicted that breeding in the region will increase in the coming years. Suggestively, preserving the pasture areas in the region and reducing the input costs will make a great contribution to the animal husbandry of the region.

Keywords: Ankara, Sheep, Goat, Breeding, Small Ruminant

konumu ile diğer büyükşehirlere yakın olması pazar açısından büyük bir öneme sahiptir. Küçükbaş hayvan sayısındaki artış dikkate alındığında bölgede yetiştiriciliğin gelecek yıllarda da artacağı öngörülmektedir. Bölgede ki mera alanları korunarak ve ıslah edilerek girdi maliyetlerinin düşürülmesi bölge hayvancılığına çok büyük bir katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ankara, Koyun, Keçi, İşletme, Küçükbaş

Introduction

Sheep and goats, one of the first domesticated species in the world, have an important place in meeting the basic nutritional needs of people and creating the livelihood of families. Sheep and goat breeding has a great importance in terms of meat production in the world, and compared to cattle breeding, it has many advantages with its adaptation ability to harsh environmental conditions and utilization of poor quality pastures (Joy et al., 2020).

Turkey is one of the region where intensive farming of small ruminants with 55 million sheep and goats number in the world. In addition, the region is very rich in genetic diversity with well adapted indigenous sheep and goat breeds to the different climate and geographical conditions (TUIK, 2020). Compared to other livestock activities, sheep and goat breeding has increased rapidly in our country over the years. There are many indigenous breeds in our country, some of which are Akkaraman, İvesi and Morkaraman, which are classified as fat-tailed, and Kıvırcık, Karayaka and Central Anatolian Merino breeds, which are classified as lean thin-tailed (Şirin et al., 2017).

Approximately 20% of total sheep breeding and approximately 9.5% of total goat breeding are carried out in the Central Anatolia Region in Turkey. 84% of the sheep raised are native breeds and 16% are cross-breed breeds. Akkaraman and Central Anatolian Merino sheep farming is widespread in the region. On the other hand, while the number of small ruminants in the region is increasing, the decrease in Angora goat is noteworthy (Ceyhan et al., 2013).

Ankara is in a very important position as it is the second largest city of our country in terms of population and livestock breeding is intense.

In this study, the structure of sheep and goat breeding in Ankara was investigated in terms of raised breeds, herd size, farmer profile and the number of animal according to the districts.

General Structure of Ankara Province

The coordinates of Ankara are 39.57 N latitude and 32.53 E longitude. It has an area of 26,897 km2 and its altitude is approximately 890 meters (m). Kırıkkale and Kırşehir are located in the east of the city, Eskişehir in the west, Çankırı in the north, Bolu in the northwest and Konya in the south.

Ankara is consist of 25 districts as Altındağ, Çankaya, Mamak, Keçiören, Sincan, Yenimahalle, Akyurt, Beypazarı, Çamlıdere, Çubuk, Elmadağ, Etimesgut, Evren, Kazan, Gölbaşı, Bala, Ayaş, Güdül, Haymana, Kalecik, Kızılcahamam, Nallıhan , Polatlı, Pursaklar and Şereflikoçhisar.

As Ankara is the capital, it has received intense immigration from other cities and has become the second largest city regarding population size in our country.

Different climatic characteristics are observed in Ankara, which has a terrestrial climate. The steppe in the south and the mild and rainy climate of the Black Sea region in the north are observed, and the winters are cold and the summers are very hot. The annual temperature change is between 40˚C and -24.9˚ C. Precipitation is between 300 mm and 540 mm and humidity is between 40-79%. (Anonymous a, 2020)

Number of Small Ruminants in Turkey by Years

Table 1. Sheep and Goat Numbers by Year (TURKEY)

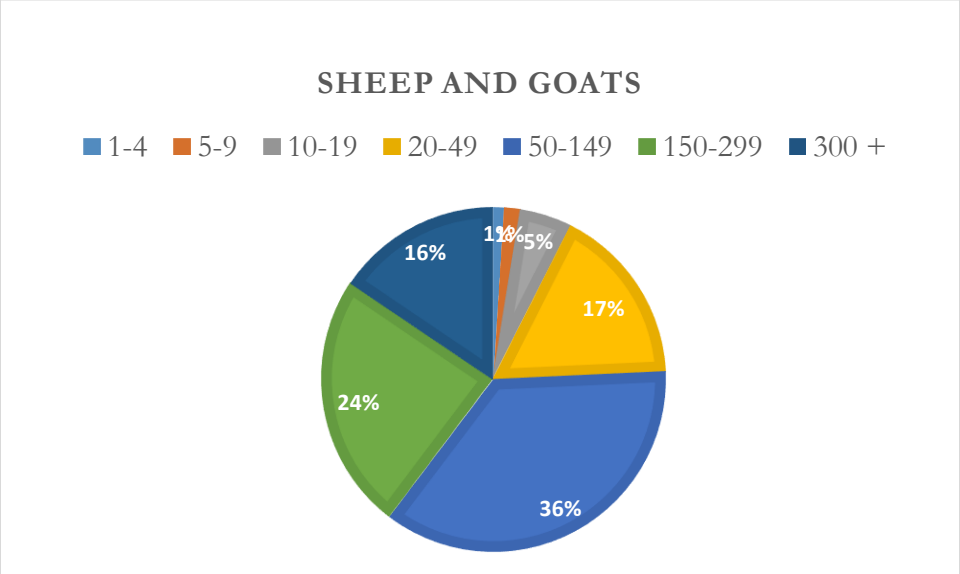
	Sheep	Goats	Total
	(heads)	(heads)	(heads)
2015	31 507 934	10.416.166	41.924.100
2016	30 983 933	10.345.299	41.329.232
2017	33.677.636	10.634.672	44.312.308
2018	35.194.972	10.922.427	46.117.399
2019	37.276.050	11.205.429	48.481.479
2020	42.712.580	12.350.811	55.063.391

(TUIK, 2020).

When the number of sheep and goats is analysed by years, only a small decrease in 2016 compared to the previous year has been achieved in the last 5 years and a steady increase has been achieved in the following years. When compared to 2015 and 2020, it is seen that there is an increase of 35.6% in the number of sheep and an increase of 18.5% in the number of goats. In total, an increase of 31.3% is observed in the number of sheep and goats between the same years. Considering the statistics, sheep breeding has increased more than goat breeding (TUIK, 2020).

Herd Size

Figure 1. Herd size of sheep and goat farm in Central Anatolia



(TUIK, 2020).

When the size of the registered sheep and goats farms are examined, a wide range stands out. According to Figure 1, it is seen that the rate of farms with 50-149 head animals is the highest with 36%. 24% of farms with 150-299 head animals, 17% of farms with 20-49 animals and 16% of farms with 300 or more heads. Figure 1 shows that the proportion of farms with 300 heads and over, 150-299, 50-149, 20-49, 10-19, 5-9 and 1-4 is 16%, 24%, 36%, 17%, 5%, 2% and 1%, respectively (TUIK, 2020).

Small and Large Ruminants Proportion in Turkey

Table 2. Small and Large Ruminants Proportion in Turkey (%) 2020

Share in Bovine Animals,Sheep and Goat and Others (%)	**Share in Total Animals (%)**	
Bovine Animals	100,0	25,0
Cattle	98,9	24,8
Culture	49,2	12,2
Cross bred	42,3	10,5
Domestic	8,5	2,1
Buffalo	1,1	0,3
Sheep and Goat	100,0	74,6
Sheep	77,9	58,1
Merino	8,4	4,9
Domestic	91,6	53,2
Goat	22,1	16,5
Ordinary Goat	97,6	16,1
Angora Goat	2,4	0,4

(TUIK, 2020).

In table 2, where we examine the numbers of large and small ruminant breeds, cattle breeding is 24.8% in total livestock activities. Within this ratio, culture breed has a ratio of 49.8%, indigenous and cultural breed crossbreeds 42.3% and local breeds 8.5%. The presence of buffalo is at the level of 1.1%. Sheep breeding has a rate of 77.9% and goat breeding has a rate of 22.1%. In sheep breeding, the presence of Merino and crossbred sheep is 8.4% in total sheep population, and the share of our indigenous sheep breeds is 91.6%. In goat breeding, the rate of Angora goat is 2.4%, and our other indigenous goat breed have a share of 97.6% (TUIK, 2020).

Number of Small Ruminant ın Ankara by Years

Table 3. Sheep and Goat Numbers by Year (ANKARA)

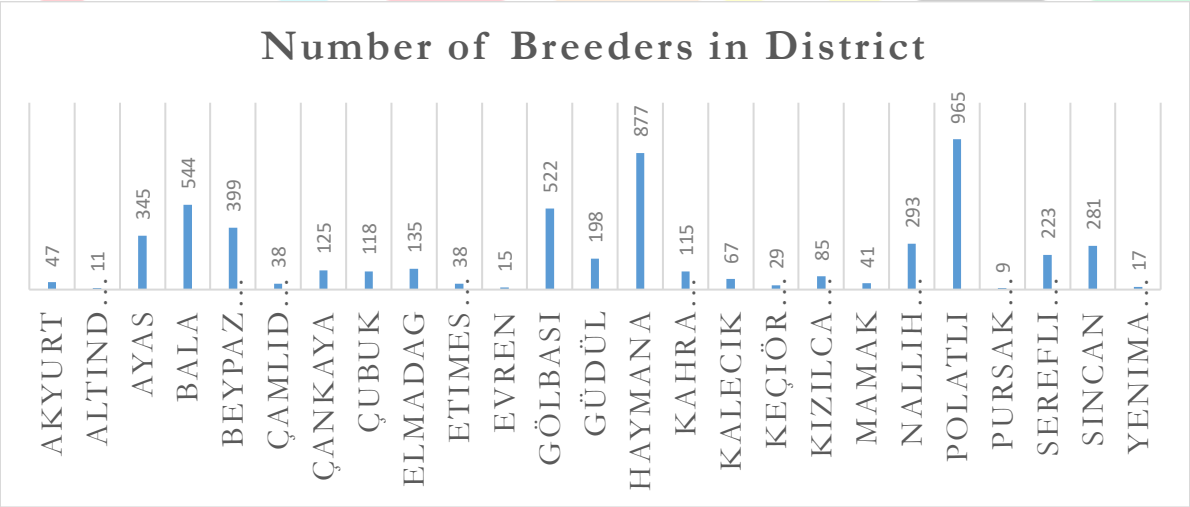
	Sheep - Domestic (heads)	Goats - Ordinary (heads)	Total (heads)
2015	879 187	183 335	1 062 522
2016	984 385	199 137	1 183 522
2017	1 233 116	254 093	1 487 209
2018	1 318 942	262 853	1 581 795
2019	1 455 270	291 206	1 746 476
2020	1 717 812	303 077	2 020 889

(TUIK, 2020).

Parallel to the growth in the number of sheep and goats in Turkey, the number of sheep and goats in Ankara is seen as an increase. When the number of sheep is examined, it is shown that it has increased by 95.38% from 2015 to 2020, and when we look at the number of goats, it has increased by 65.31% from 2015 to 2020, and in total it has increased by 90.19% from 2015 to 2020 both sheep and goats.

The Number of Farms by Districts

Figure 2: The Number of Farms by Districts

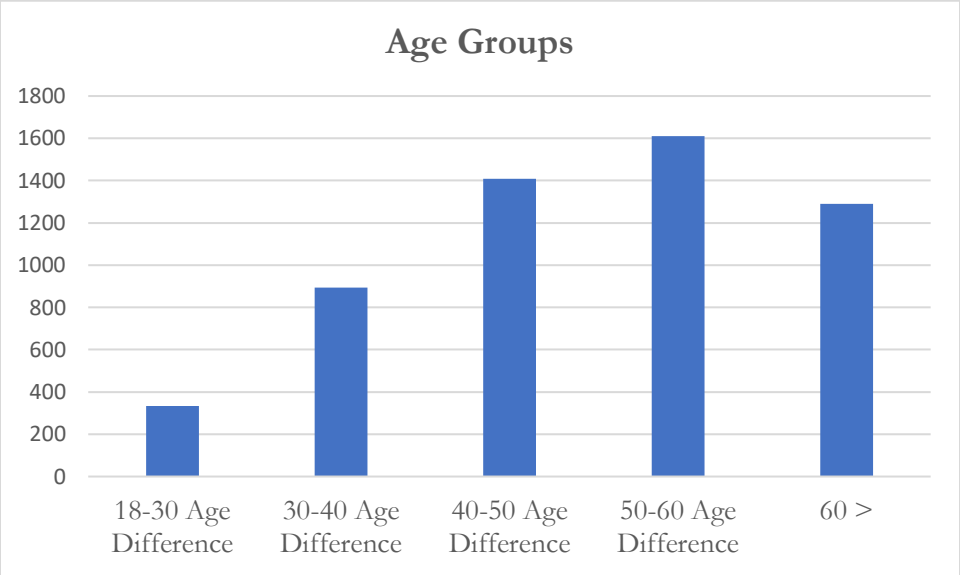


(Anonim b, 2020)

The distribution of the farms that are members of the Breeding Sheep and Goat Breeders Association of Ankara province, according to the districts, is shown in Figure 2. When we look at the districts where sheep and goat breeding is concentrated, it is seen that Polatlı has the highest number of sheep and goat farms on the basis of districts with 965 farms, while Pursaklar has the least sheep and goat breeders with 9 farms.

Distribution of Breeders Registered to Ankara Sheep and Goat Breeders Association by Age Groups.

Figure 3: The Distribution of Breeders Registered to Ankara Sheep and Goat Breeders Association by Age Groups.

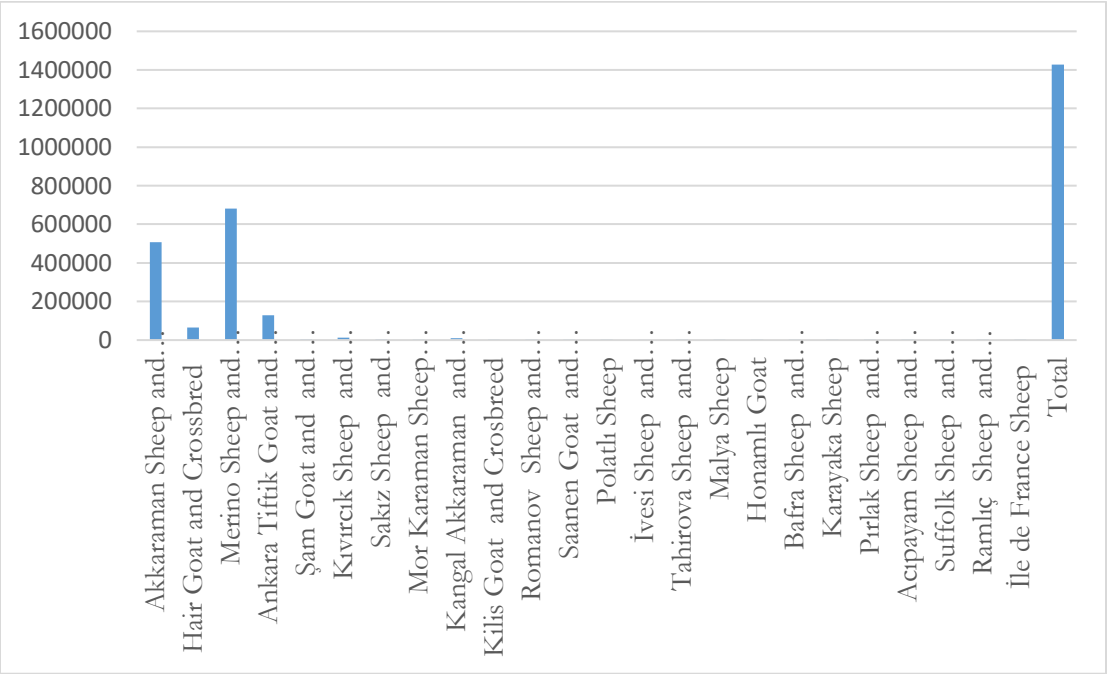


(Anonim b, 2020).

The age groups of 5564 sheep and goat breeders registered to the Breeding Sheep and Goat Breeders Association of Ankara are reported in Figure 3. It is seen that the age group in which sheep and goat breeders are concentrated is 50 - 60 years old, while the group with decreased density is between 18 - 30 years old.

Breed Preferences of the Members Registered to the Ankara Province Breeding Sheep and Goat Breeders Association

Figure 4: Sheep, Goat Breeds and Numbers Registered to Ankara Province Sheep and Goat Breeders Association

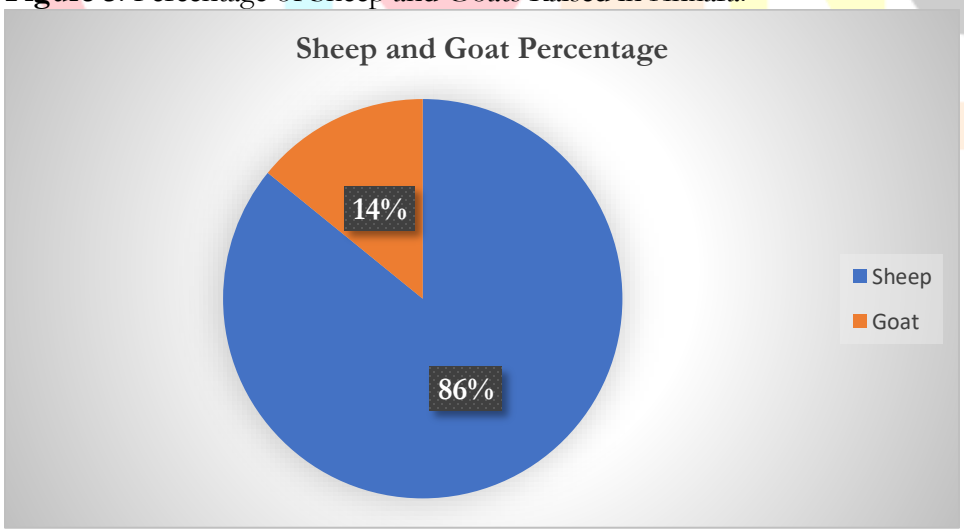


(Anonim b, 2020).

The breed preferences of the members registered to the Ankara Province Sheep and Goat Breeders Association are reported in Figure 4. Considering the preferences of the breeders, 18 sheep breeds and 6 goat breeds with their crosses and their crosses are breeding in the region. It is seen that the most intense breeding is 680 644 of Merino sheep and cross breeds among sheep breeds, and Ankara Angora goats with 129 418 among goat breeds.

Ratio of Sheep and Goats in Ankara %

Figure 5: Percentage of Sheep and Goats Raised in Ankara.

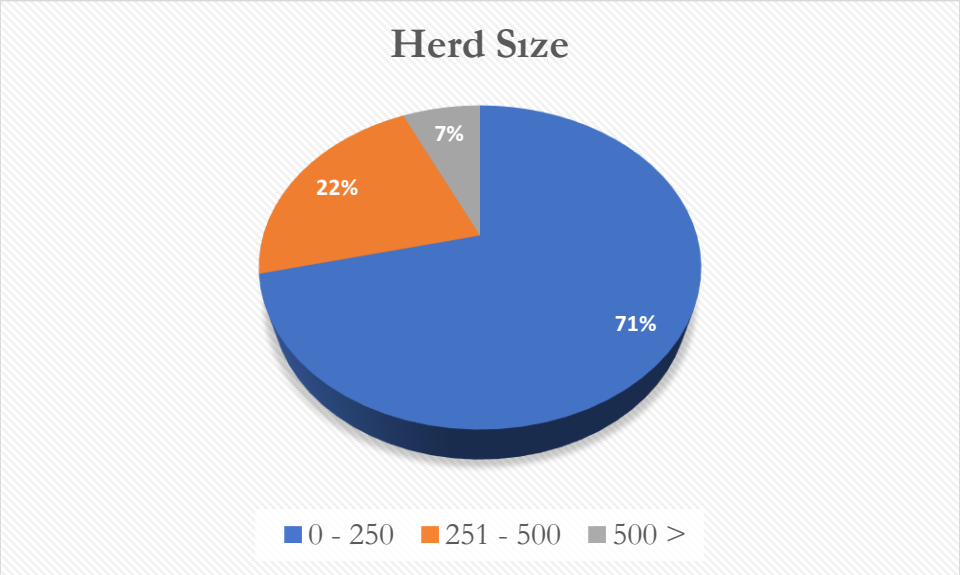


(TUIK, 2020).

Figure 5 reports that 86% of the breeders raise sheep and 14% raise goats in Ankara.

Herd Sizes of Members Registered to Ankara Province Breeding Sheep and Goat Breeders Association

Figure 6: Herd Size of Members Registered to Ankara Province Breeding Sheep and Goat Breeders Association



(Anonim b, 2020).

In Figure 6, it is shown that herd size of farm which are members of Sheep and Goat Breeders Association of Ankara. The rate of farms with 0-250 animals in terms of herd size is 71%, while 7% of the farms with 500 or more animals are the lowest.

Results

The fact that the geographical conditions of our country are suitable for sheep and goat breeding, it is seen that the number of sheep and goats has increased at the same rate in Ankara and Turkey.

The large agricultural land and pasture areas of the Central Anatolia region make it easier for people to do agriculture and animal husbandry together. In terms of costs, the fluctuation of agricultural inputs from year to year force to move farmer from cattle breeding to sheep and goats breeding. The most important reason for this is that red meat produced in our country cannot meet the consumption and therefore, it can be said that the unaffordable price increase in red meat prices.

In sheep and goat breeding, farms with 0-250 head animals are high in Ankara as in our country. The reasons for the variation of herd size are labour problem, the insufficiency of pasture area, not being able to find shepherds and the structure of the sheep to meet the capacity.

In our country, generally small ruminant breeding preference is in favour of sheep breeding. Sheep breeding is 77.9% and goat breeding is 22.1%. It has been observed that the majority of the breeders in Ankara province raise sheep. The fact that the region is flat and the input from sheep is less than that of goats can be thought to cause sheep farming to be widespread in the region. It is seen that the intensity of the sheep breeding activities is Merinos and its crossbred with Akkaraman sheep, while it is seen that the density of goat farming is in Angora goat breeding.

Animal husbandry activities in 25 districts in Ankara, the geographical structure of the districts, the existence of agricultural land, pasture areas and the development of the industry affect livestock activities. Polatlı, Haymana, Gölbaşşı and Bala districts are the districts where sheep and goat breeding is more concentrated.

It is thought that the knowledge and habits from the ancestors of the farmers have made a great impact on the maintenance of sheep and goat farming. When the ages of the farmers are examined, it has been determined that people between the ages of 50 - 60 are the age group that is the most engaged in sheep and goat farming in the region. The low level of development of the villages, the bad reputation of the shepherd, the insufficient number of livestock in the family farm and the attractiveness of city life cause young people to migrate to cities in the hope of finding an office job. For this reason, it has been determined that the lowest number of sheep and goats is in the 18-30 age group. Considering the age range of farmers in the villages, it is necessary to develop policies that will direct young people to sheep and goat breeding.

The geopolitical structure of Ankara and its proximity to other metropolitan cities is of great importance for the market. Considering the increase in the number of sheep and goats, it is predicted that breeding in the region will increase in the coming years. Preserving the pasture areas in the region and reducing the input costs will make a great contribution to the animal husbandry of the region.

Compared to cattle breeding, sheep and goat breeding is carried out under extensive conditions. Cattle farming is done in intensive conditions, making it possible to invest easily with government support. Therefore, industrialists are more interested in cattle breeding. It is known that breeding sheep and goats under intensive conditions will increase the cost of production. The fact that the management, management and administration of sheep and goat breeding is difficult compared to cattle breeding makes it difficult for the industrialist to invest. Therefore, existing sheep and goat breeders should be supported by the government and policies should be developed to encourage young people to stay in the village. The state can find cattle breeders with its support, but it is difficult to find sheep and goat breeders due to the difficulty of breeding. Considering the increasing population, necessary policies should be developed to guarantee sustainable animal production in our country.

Acknowledgements

I would like to thank the Ankara Province Breeding Sheep and Goat Breeders Association for their contribution to this study.

Reference

Anonim a, (2020). *Ankara İli İklim Yapısı.* https://www.cografya.gen.tr/tr/ankara/iklim.html#:~:text=Genellikle%20kara%20ikliminin%20h%C3%BCk%C3%BCm%20s%C3%BCrd%C3%BC%C4%9F%C3%BC,24%2C9%C2%B0C%20aras%C4%B1ndad%C4%B1r.

Anonim b, (2020). *Ankara İli Damızlık Koyun Keçi Yetiştiricileri Birliği.*

Ceyhan, A., Serbester, U., Çınar, M., Ünalan, A., Akyol, E., & Şekeroğlu, A. (2013). İç Anadolu Bölgesi'nde Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu ve Yönelimleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, *1*(2), 62. https://doi.org/10.24925/turjaf.v1i2.62-66.33

Gül, S., Keskin, M., Biçer, O., Gündüz, Z., & Behrem, S. (2020). Effects of different lambing season on some reproductive characteristics of ewes and growth performance of lambs in Awassi sheep. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *60*(1), 32–36. https://doi.org/10.46897/lahaed.779729

Mondal, S., & Reddy, I. J. (2017). Impact of climate change on livestock production. *Biotechnology for Sustainable Agriculture: Emerging Approaches and Strategies*, 234–256. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812160-3.00008-8

Şirin, E., Aksoy, Y., Uğurlu, M., Çiçek, Ü., Önenç, A., Ulutaş, Z., Şen, U., & Kuran, M. (2017). The relationship between muscle fiber characteristics and some meat quality parameters in Turkish native sheep breeds. *Small Ruminant Research*, *150*, 46–51. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.03.012

TUIK. (2020). *Livestock Production, Number of Sheep and Goat.* https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111%7B%5C&%7Ddil=1

TUIK. (2019). *Yıllara Göre İl Nüfusları.* https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayal%C4%B1-N%C3%BCfusKay%C4%B1t-Sistemi-Sonu%C3%A7lar%C4%B1-2020-37210&dil=1

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Research on Physical and Some Quality Features of Bread Wheat Grain

Ekmeklik Buğday Populasyonlarında Tanenin Bazı Fiziksel ve Kalite Özellikleri üzerine Araştırma

Ruziye KARAMAN
İlknur AKGÜN
Cengiz TÜRKAY

Abstract

Wheat is widely used in industry as well as in human and animal nutrition as a strategic product. For this reason, wheat varieties that have adapted to the region where they grow, are important in terms of securing our future, determined, collected and protected rich gene resources. In the study, it was aimed to determine the physical and some quality characteristics of the seeds of different bread wheat populations grown in Muğla region. In the study, 11 bread wheat populations were used and purity ratio, 1000 grain weight, test weight, grain size (width and length) and protein ratio were determined. In addition, the relationships between the examined features were determined by correlation analysis. The purity ratio of bread wheat seeds was varied between 90.6-99.24%; thousand grain weight 31.1-50.92 g; test weight 72.7-78.7 kg; width 2.73-3.44 mm and length 6.09-8.00 mm as seed sizes and crude protein ratio 10.33-12.37% in the research. In accordance with the data obtained, according to the bread wheat standard; it is above 99% of majority in terms of purity rate except from P5

Özet

Buğday stratejik bir ürün olarak, insan ve hayvan beslenmesinin yanında, endüstride de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle yetiştiği yöreye uyum sağlamış buğday çeşitleri, zengin gen kaynaklarının belirlenmesi, toplanması ve korunması geleceğimizi güvence altına alma bakımından önemlidir. Araştırmada, Muğla yöresinde yetiştiriciliği yapılan, farklı ekmeklik buğday popülasyonlarının tohumlarında fiziksel ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, 11 adet ekmeklik buğday populasyonları kullanılmış ve tanede safiyet oranı, 1000 dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, tane boyutları (eni ve boyu) ve protein oranı belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen özellikler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile tespit edilmiştir. Araştırmada ekmeklik buğday tohum örneklerinde safiyeti oranı %90.6-99.24; bin tane ağırlığı 31.1-50.92 g; hektolitre ağırlığı 72.7-78.7 kg ve ham protein oranı %10.33-12.37, tohum boyutları ise en 2.73- 3.44 mm ve boy 6.09-8.00 mm arasında değişim göstermiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda, ekmeklik buğday standardına göre safiyet oranı yönünden P5 ve

and P9 populations, high in terms of thousand seed weight (excluding P3 population), crude protein ratio of all of populations was below the standard, except for P1 population. In the study, the highest positive and significant correlation was determined between the thousand grain weight and test weight (r = 0.79); the highest negative and significant relationship was again determined to be between thousand grain weight and crude protein ratio (r = -0.87). As a result, it was determined superior properties that P8 population in terms of physical characteristics; P1 population in terms of protein ratio compared to the others. Due to the low protein content of the wheat seed samples obtained from Muğla and its surroundings, it was concluded that, in addition to the cultural practices that increase the protein ratio in its production, new varieties with high protein ratio can be recommended to the farmers.

Keywords: Bread wheat, seed quality, physical characteristics, correlation

P9 popülasyonlar hariç, çoğunluğunun %97'nin üzerinde; bin tane ağırlığı yönünden yüksek (P3 popülasyon hariç), ham protein oranı ise, P1 popülasyonun dışındaki tüm popülasyonlar standardın altında değere sahip olmuştur. Çalışmada, en yüksek pozitif ve önemli korelasyon bin tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı (r=0.79); en yüksek negatif ve önemli ilişki yine, bin tane ağırlığı ile ham protein oranı (r=-0.87) arasında olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak P8 popülasyonunun fiziksel özellikleri yönünden, P1 popülasyonu protein oranı özelliği yönünden diğerlerine nazaran üstün özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Muğla ve çevresinden temin edilen buğday tohum örneklerinde protein oranının düşük olması nedeniyle, üretiminde protein oranını arttırıcı kültürel uygulamalara yer verilmesinin yanında protein oranı yüksek yeni çeşitlerin de çiftçilere tavsiye edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, tanede kalite, fiziksel özellik, korelasyon

Giriş

Buğday stratejik bir ürün olarak, insan ve hayvan beslenmesinin yanında, endüstride de yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada 219 milyon ha buğday ekim alanından 772 milyon ton üretim gerçekleştirilmekte olup, ülkemizde ise 7 milyon ha alandan 19 milyon ton üretim yapılmaktadır (FA0, 2021). Ülkemizde buğday türleri içerisinde en fazla ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) yetiştirilmektedir (%83.94) (TUİK, 2019). Türkiye'de günlük enerji ihtiyacının ortalama %44'ü buğday ürünlerinden karşılanmaktadır (Yurdakök ve İnce, 2009). Buğday üretimi, henüz insanların gıda ihtiyaçlarını karşılayacak ve beslenme problemlerini giderecek düzeyde olmadığından (IGC, 2018), ıslah amaçları içerisinde verim önceliklidir. Mevcut tescilli çeşitler yüksek verim odaklı olması nedeniyle "Buğdayda Kalite" sorunu ortaya çıkmaktadır (Menderis, 2006). Nitekim, son yıllarda buğdayın pazarlamasındaki kısıtların en başında, buğdayın kalitesi gelmektedir (Taşçı vd., 2018). Sanayici kaliteli buğday ihtiyacını ithalat ile karşılanmakta ve bu miktar yıllara bağlı olarak değişmekle birlikte azımsanmayacak ölçüdedir.

Buğdayda değirmencilik açısından öğütme kalitesini belirleyen başlıca kriterler fiziksel özellikler olup, bunların başında hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, sertlik, yumuşaklık, tane iriliği ve şekli

gelmektedir (Karababa ve Ercan, 1995). Hektolitre ağırlığı, un randımanının bir göstergesi olmakla beraber, tanenin şekli ve iriliği ile de ilişkilidir. Nitekim, hektolitre ağırlığı ile un verimi arasında yüksek bir korelasyon mevcuttur. Değirmencilik açısından ayrı bir öneme sahip olan ekmeklik buğday tanesinin sertliği, öğütmeyi önemli ölçüde etkilemektedir. Ekmeklik buğday tanesinin sertlik derecesi fazla olmasıyla, zedelenmiş nişasta içeriği, gaz tutma kapasitesi, fermantasyon toleransı, su absorbsiyonu, öğütmedeki enerji tüketimi o kadar artmaktadır (Şahin, 2016). Buğdayda önemli bir kalite kriteri olan tane protein oranının ise, en az %12 olması gerektiği, tane iriliği bakımından homojenliğin ve bin tane ağırlığının önemli özellikler olduğu ifade edilmektedir (Burnett ve Clarke, 2002). Buğdayın kimyasal, fiziksel ve teknolojik özelliklerine çeşidin genetik yapısı ile çevre koşullarının (iklim, toprak özellikleri ve uygulanan kültürel işlemler) etkisi oldukça fazladır (Dizlek ve Gül, 2007; Dizlek ve İslamoğlu, 2010; Akgün vd., 2016). Ayrıca buğdayda tane kalitesine etki eden gen sayısının fazla olması, her bir özelliğin çevreden etkilenme derecesi de değişebilmektedir. Diğer taraftan buğdayda kalite, ilgili meslek yada tüketim gruplarına göre de değişebilmektedir. Üretici verimi, değirmenci un randımanı, fırıncı ise fazla kabaran ve ekmek verimi yüksek olan unu istemektedir (Doğan ve Yürür, 1992; Koç ve Akgün, 2018).

Yetiştiği yöreye uyum sağlamış yerli buğday tür/çeşitleri, zengin gen kaynakları olarak büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle önemli gen kaynağı olabilecek materyallerin belirlenmesi, toplanması ve korunması geleceğimizi güvence altına alma bakımından zorunludur. Gökgöl, "Türkiye'de bulunan çiftçi çeşitlerinin, bitki ıslahçıları için sonsuz bir hazine" olduğunu bildirmiştir (Altındal ve Akgün, 2015). Sicilya'da buğday botanik varyetelerin sayılarının araştırıldığı bir çalışmada, buğday botanik varyetesi sayısı 1927'de 289, 1942'de 45 , 1983' de ise, 32 adet olarak belirlenmiştir. Araştırıcılar 45 yıl içerisine yaklaşık 400 adet buğday çeşidinin kaybolduğunu bildirmiştir (Hammer ve Laghetti, 2005). Yine, Yunanistan'da yerel buğday köy çeşitlerinin yerini modern çeşitlerin alması ile genetik stokun %95'inin kaybolduğu ileri sürülmüştür (Lopez, 1994).

Son yıllarda tarımsal üretimi artırmak için genetik kaynakların toplanması, tanımlanması, saklanması ve kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada Muğla yöresinde yetiştiriciliği yapılan ve Fetiye'deki un fabrikasına getirilen farklı ekmeklik buğday tohumlarının fiziksel ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece, yöredeki genetik çeşitliliğinin belirlenmesi yanında yetiştiriciliği yapılan ekmeklik buğday genotiplerinin kalite kriterleri yönünden değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada Muğla'nın Fethiye ilçesindeki un fabrikasına getirilen ekmeklik buğdaylardan örnekler alınmış ve bunlar materyal olarak kullanılmıştır. Bu yörede yetiştirilen ekmeklik buğdayın fiziksel özellikleri ve kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırmada çiftçilerle yapılan görüşmeler sonucunda, ekim işlemini mibzer ile yaptıklarını ve yaklaşık dekara 22-25 kg tohum attıklarını, yabancı ot ilacı kullandıklarını beyan etmişlerdir. Ayrıca, dekara 6-10 kg azotlu ve 4-5 kg fosforlu gübre kullandıklarını bildirmişlerdir. Kullanılan tohumluğun sertifikalı olmadığı, bu nedenle çeşit ismini bilmediklerini, kendi üretmiş oldukları üründen veya yakın çevrelerinden temin ettiklerini ifade etmişlerdir. Araştırmada 11 adet ekmeklik buğday örneği kullanılmış ve çeşit isimleri bilinmediği için, popülasyon 1 (P1), P2, P3,……P10 ve P11 olarak adlandırılmıştır. Çalışmada her popülasyondan 4 tekerrürlü 200'er adet tohum incelenmiştir. Tane boyutu (en ve boy) 0.01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas kullanılarak tespit edilmiştir (Okur, 2017). Aynı tohum örneklerinde AACC 55-10 metoduna

göre bin tane ağırlığı (g) belirlenmiştir (Anonymous, 1990). Hektolitre ağırlığı ise, 4 defa 1 lt'lik hektolitre kabına buğday tohum örnekleri doldurularak tartılmış ve ortalaması alınarak 100 ile çarpılmasıyla tespit edilmiştir (Ünal, 2002). TS 2974 Buğday standardına göre safiyet analizi her populasyondan rastgele 125 g materyal üzerinde yapılmıştır. Cansız yabancı maddeler, diğer mahsul tohumları ve yabancı ot tohumları vs. ayrıldıktan sonra geri kalan saf buğday tohumları toplam materyal miktarına (125 g) oranlanarak safiyet oranı (%) hesaplanmıştır (TSE, 2016). Kjeldahl yöntemine gore önce azot içeriği belirlenmiş ve ardından 6,25 katsayısı ile çarpılarak tanede protein oranı (%), hesaplanmıştır (Fowler vd., 1989).

Çalışmadan elde edilen sonuçlar tesadüf parselleri deneme desenine göre SAS (1998) istatistik paket programında yararlanarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistiki anlamda önemlilikleri Duncan çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır. Ayrıca, incelenen özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada, Muğla yöresinden temin edilen, farklı ekmeklik buğday popülasyonlarının tohumlarında, fiziksel ve bazı kalite özellikleri yönünden değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada 1000 tane ağırlığı, safiyet oranı, hektolitre ağırlığı, tohum boyutları (en ve boy) ile protein oranı buğday popülasyonları arasında istatistiki olarak önemli ($P \leq 0,01$) bulunmuştur.

Fethiye yöresinden toplanan ekmeklik buğday popülasyonlarının bin tane ağırlıkları 31.10-50.92 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek bin tane ağırlığı 8 nolu popülasyonda (P8) en düşük ise, 3 nolu popülasyonda (P3) tespit edilmiştir. Buğday standartlarına göre ekmeklik buğdayın bin tane ağırlığı 35 g'ın üzerinde olması istenmekte olup, çalışmada kullanılan popülasyonlardan sadece P3 bu standardın altında kalmış, diğerleri standardın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Popülasyonların ortalama bin tane ağırlığı 43.76 olarak belirlenmiş ve P6, P7, P8, P10 ve P11 populasyonları da ortalamanın üzerinde olduğu saptanmıştır (Tablo 1).

Bin tane ağırlığı, kalıtımsal bir özellik olup, buğdayın çeşidine, çevre koşullarına, tane olum dönemindeki çevre şartlarına, başak sayısına ve bir başaktaki kısır olmayan çiçek sayısına bağlı olarak değişim göstermektedir (Ünal, 2002; Şahin, 2016). Diğer taraftan, bin tane ağırlığı yüksek olan tohumlarda, endosperm de oransal olarak daha fazla olduğundan, tohumluk olarak kullanıldığında daha hızlı ve güçlü çimlenme meydana gelmektedir. Bu nedenle iri tohumlar, üreticiler tarafından daha fazla tercih edilmektedir (Dumanoğlu vd., 2019). Ekmeklik buğdayda bin tane ağırlığı üzerine yapılan çalışmalarda, Hocaoğlu ve Akçura (2014); 32.8-55.2 g, Aydoğan ve Soylu (2016), 30.90-46.46 g, Abbas ve Topal (2016) 46.5-50.5 g, Albayrak vd. (2020), 37.40-45.99 g arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Çalışmada ekmeklik buğday popülasyonlarının safiyet oranı, en yüksek %99.40 ile P10 popülasyonunda, en düşük ise %90.60 ile P9 populasyonunda belirlenmiştir. P10 populasyonunun safiyet oranı ile P3 (%99.24), P6 (%99.29), P7 (%99.29) ve P11 (%99.26) popülasyonları arasında istatistiki farklılık önemli olmamıştır (Tablo 1). İncelenen ekmeklik buğday örneklerinde safiyet oranının yüksek olması, yabancı ot ilacının atılmış olduğunu ve kullanılan tohumlukta çeşit karışımının az olduğunu göstermektedir.

Safiyet oranı (saf tohum miktarı), tane ağırlığı ile ürünün kendi dışındaki tüm maddelerin oranı olarak ifade edilmektedir. Safiyet oranı, aynı zamanda dekara atılacak tohumluk miktarını da önemli ölçüde etkilemektedir. Yabancı madde miktarı yüksek olan buğdayların, kalitesi de o oranda düşük olmaktadır (Mutlu vd., 2020). TS 2974 buğday standartlarına göre, kullanılacak buğday materyalinin %97'sinin saf tohum, en fazla %3'ünün de yabancı madde olması istenmektedir. Söz konusu standarda göre ekmeklik buğday popülasyonlarının ortalama safiyet oranı %97.61 belirlenmiş olup, P5 ve P9 dışındaki diğer ekmeklik buğday popülasyonları bu standarda uygun olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklik buğdayda un randımanın bir göstergesi de hektolitre ağırlığıdır. Buğday popülasyonlarının hektolitre ağırlıkları 73.2-78.7 kg arasında değişim göstermiş olup, popülasyonların ortalaması ise, 76.1 kg olarak belirlenmiştir (Tablo 1). En yüksek hektolitre ağırlığı P8 popülasyonunda, en düşük ise P3 popülasyonunda tespit edilmiştir. P2 (76.8 kg), P6 (77.5 kg), P7 (77.3 kg), P10 (78.0 kg) ve P11 (77.9 kg) popülasyonlarında belirlenen hektolitre ağırlığı ile P8 popülasyonu aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Hektolitre ağırlığı TS 2974 ekmeklik buğday standardına göre, birinci derece (78.0 kg üzeri), ikinci derece (76.0-77.9 kg arası), üçüncü derece (73.0-75.9 kg arası) ve düşük vasıflı (73.0 kg altı) olmak üzere dört farklı gruba ayrılmıştır. Bu standart doğrultusunda 11 buğday popülasyonunun 2 tanesinin birinci derece (P8 ve P10), 5 tanesinin ikinci derece (P2, P5, P6, P7 ve P11), 3 tanesinin üçüncü derece (P1, P4 ve P9) ve 1 tanesinin de düşük vasıflı (P3) ekmeklik buğday olduğu tespit edilmiştir. Hektolitre ağırlığı, buğday standartlarında göre ticari bir öneme sahip olup, ekmeklik buğdayda yüksek olması istenmektedir (Çağlar vd., 2006). Ayrıca, hektolitre ağırlığı yüksek olan ekmeklik buğdayların, un verimi de o kadar yüksek olmaktadır (Şahin, 2016). Tanenin dolgunluğu, yoğunluğu, şekli, büyüklüğü, homojenliği ve içerdiği yabancı madde miktarı hektolitre ağırlığına önemli ölçüde etkilemektedir (Ünal, 2002). Diğer taraftan, hektolitre ağırlığı; çeşidin genetik yapısına ve çevre koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Mutlu vd., 2020). Yapılan çalışmalarda hektolitre ağırlığı, Çağlar vd. (2006), 75.3-79.3 kg, Evlice vd. (2016), 62.4-82.4 kg, Koç ve Akgün (2018) 74.85-78.83 kg arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Ekmeklik buğday popülasyonlarının tohum boyutları incelendiğinde; tohum boyu 6.1-8.0 mm ve tohum eni ise 2.73-3.44 mm arasında değişim göstermiştir. En kısa tohum boyu P10 popülasyonunda belirlenirken, en uzun ise P11 popülasyonunda tespit edilmiştir. P11 popülasyonu ile P4 (7.74 mm) popülasyonları aynı istatistiki grupta yer almıştır. Diğer taraftan, en kısa tohum eni P3 popülasyonunda, en uzun ise P7 popülasyonunda tespit edilmiştir. Tohum eni yönünden P7 popülasyonu ile P5 (3.34 mm), P6 (3.39 mm), P8 (3.34 mm) ve P10 (3.34 mm) popülasyonları arasında istatistiki olarak fark bulunamamıştır.

Buğday tane boyutları, tane ağırlığı ile ilişkilidir, tane ağırlığı da un verimi, bin tane ağırlığı ve kalite özellikleri üzerine etkisi oldukça önemlidir. Küçük taneli buğday tohumlarında endosperm miktarı iri tohumlulara nazaran daha az olması sebebiyle, protein oranı daha fazladır (Şahin vd., 2013). Diğer taraftan, aşırı iri ve aşırı küçük taneler, depolamada, değirmencilikte tanenin temizliği sırasında problem oluşturmakta ve hububat sanayicisi açısından tercih edilmemektedir (Şahin, 2016). Markowski vd. (2013), buğday çeşitlerinin tane boylarını 6.42- 8.80 mm, enlerini 3.27-3.49 mm, kalınlıklarını 2.67-2.89 mm; Okur (2017), ekmeklik buğday tanelerinin boylarını 5.75-7.03 mm; 2,74-3,48 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Yapılan literatur incelemeleri sonucunda Tabatabaeefar (2003), Kheiralipour

vd. (2008), ve Al-Mahasneh ve Rababah (2007), benzer sonuçlar tespit etmişler ve bulunan sonuçlar yaptığımız çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Şahin vd. (2013), ekmeklik buğdayın tane boyutlarını belirledikleri çalışmada tane boyutu arttıkça protein oranının azaldığını ve sertlik değerlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Protein oranı, buğdayda kalite kriterleri arasında en yaygın kullanılan özelliklerinden birisidir. TS 2974 buğday standardında, ekmeklik buğdayları protein oranına göre, birinci derece (%13 üzeri), ikinci derece (%12.0-12.9 arası), üçüncü derece (%10.5-11.9 arası) ve düşük vasıflı (%10.4 altı) olmak üzere dört farklı gruba ayrılmıştır. Ekmeklik buğday popülasyonlarının protein oranları %10.33 (P11) ile %12.37 (P3) arasında değişim göstermiştir. TS 2974 buğday standardında belirtilen protein oranlarına göre, popülasyonlardan 1 tanesinin (P3) ikinci derece, 9 tanesinin (P1, P2, P4, P5, P6, P7, P8, P9 ve P10) üçüncü derece ve 1 tanesinin (P11) düşük vasıflı ekmeklik buğday olduğu tespit edilmiştir.

Protein içeriği, unun ekmeklik değerinin belirlenmesinde kullanılan bir ölçüt olup, ekmeğin pişme ve besleme özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Kihlberg vd., 2004; Mader vd., 2007). Buna ek olarak, protein oranı üzerine genetik ve çevre faktörlerinin etkisi oldukça yüksektir (Erekul, 2016; Karaman, 2020). Yine, buğdayda protein oranı tane dolum dönemindeki sıcaklığa, yağış ve gübreleme ile yetiştirme tekniklerine, sulama miktarı ve zamanına göre değişiklik göstermektedir (Altuntaş ve Akgün, 2016). Yapılan çalışmalarda protein oranını, Çağlar vd. (2006), %11.2-13.5, Evlice vd. (2016), %9.6-18.2, Koç ve Akgün (2019), %11.42-14.04 arasında değişim gösterdiğini bildirmişleridir.

Tablo 1. Buğday popülasyonlarının fiziksel ve bazı kalite özelliklerine ait ortalama değerler

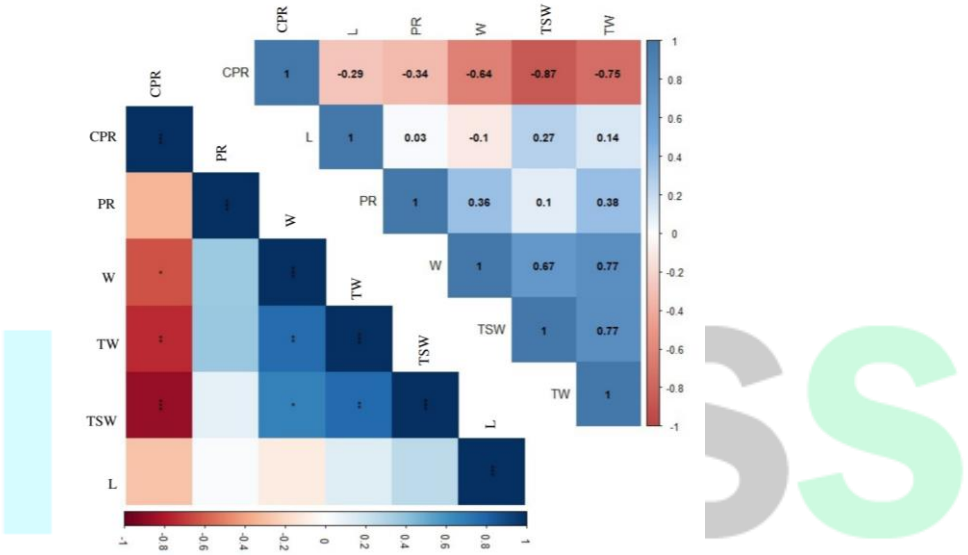
No	Bin Tane Ağırlığı (g)	Safiyet oranı (%)	Hektolitre ağırlığı (kg)	Boy (mm)	En (mm)	Protein Oranı (%)
P1	42.07 f*	97.86 b	73.3 d	7.53 b	2.81 de	11.11 d
P2	43.37 e	97.51 bc	76.8 a-c	7.45 b	3.04 c	10.81 e
P3	31.10 g	99.24 a	72.7 d	6.36 de	2.73 e	12.37 a
P4	42.47 f	97.59 bc	75.5 c	7.74 ab	2.94 cd	11.79 b
P5	42.38 f	96.23 d	76.6 bc	6.59 cd	3.34 ab	11.52 c
P6	45.03 d	99.29 a	77.5 ab	7.54 b	3.39 a	10.53 f
P7	46.74 c	99.29 a	77.3 a-c	6.44 d	3.44 a	10.59 f
P8	50.92 a	97.38 c	78.7 a	7.58 b	3.34 ab	10.54 f
P9	41.87 f	90.60 e	73.2 d	6.86 c	2.79 de	11.57 c
P10	48.33 b	99.40 a	78.0 ab	6.09 e	3.34 ab	10.58 f
P11	47.07 c	99.26 a	77.9 ab	8.00 a	3.13 bc	10.33 g
Ort.	**43.76**	**97.61**	**76.13**	**7.11**	**3.12**	**11.07**

*Aynı sütunda farklı harfle verilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

Çalışmada, incelenen özelliklerin birbirleriyle olan ilişkilerine ait korelasyon değerleri Şekil 1'de verilmiştir. En yüksek pozitif ve önemli korelasyon hektolitre ağırlığı ile bin tane ağırlığı (r=0.770) arasında iken negatif korelasyon ilişkisi ise protein oranı ile bin tane ağırlığı (r=-0.87) arasında belirlenmiştir. 1000 tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı (r=0.77**) ve tohum genişliği (r=0.67**) arasında pozitif yönde çok önemli ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, hektolitre ağırlığı ile tohum eni (0.765**) arasında yine pozitif yönde; hektolitre ağırlığı ile protein oranı arasında negatif yönde oldukça önemli ilişkilerin olduğu tespit edilmiştir. Kalite özelliklerinden protein oranı ile 1000 tane

ağırlığı (r=-0.87**), hektolitre ağırlığı (r=-0.75**) ve tohum eni (r=-0.64**) arasında negatif yönde çok önemli ilişkilerin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Diğer taraftan bin tane ağırlığı ile safiyet oranı, protein oranı ile safiyet oranı ve tohum boyu ile tüm özellikler arasındaki ilişkiler önemsiz olarak saptanmıştır.

Ekmeklik buğdayda un verimi ile hektolitre ağırlığı arasında pozitif bir ilişki vardır (Chung ve ark., 2003). Bunun sebebi hektolitre ağırlığının, tane ağırlığından ziyade tane yoğunluğu ile ilişkili olması ve daha yoğun tanelerin daha fazla endosperm içermesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca Yağdı, (2004), 1000 tane ağırlığı ile un verimi arasında önemli ilişki olduğu ve kaliteye yönelik olarak yapılacak seleksiyonlarda, yüksek hektolitre ağırlığı ya da 1000 tane ağırlığına sahip genotiplerin tercih edilmesi gerektiğini önermiştir. Battenfield vd. (2016), ekmeklik buğday genotiplerinde 1000 tane ağırlığı ile hektolitre ağırlığı arasında pozitif ve önemli bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Birçok araştırmacı protein oranı ile hektolitre ağırlığı arasında ise negatif ve çok önemli ilişki olduğunu belirlemişlerdir (Battenfield vd. 2016; Taheri vd., 2018). Gegas vd. (2010), buğday genotiplerinde 1000 tane ağırlığı ile tohum boyu ve tohum eni arasında pozitif ve önemli bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Literatürler incelendiğinde, çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.



TSW: Bin tane ağırlığı, W:Genişlik, L:Uzunluk, PR: Safiyet oranı, TW: Hektolitre ağırlığı, CPR: ham protein oranı

Şekil 1. Buğday popülasyonlarında incelenen özellikler arasındaki korelasyon katsayıları (r)

Sonuç

Muğla yöresinde yetiştiriciliği yapılan ekmeklik buğday populasyonlarında genel olarak 1000 tane ağırlığı, safiyet oranı, hektolitre oranı ve tane boyutları bakımından buğday standartlarını taşımaktadır. Bu veriler üreticilerin ıslah edilmiş çeşitleri kullandıklarını göstermektedir. Buna ek olarak, besleyicilik yönünden ve buğday ticaretinde önemli bir kalite kriteri olarak değerlendirilen protein oranı bakımından ise incelenen örneklerde protein oranının düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan popülasyonların büyük çoğunluğunun protein oranına göre üçüncü derecede olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, Muğla yöresinde yetiştirilen buğday popülasyonları üzerinde protein oranını arttırıcı kültürel uygulamalar yapılmalı ve bu uygulamalar ile birlikte protein oranı yüksek yeni çeşitler çiftçilere tavsiye edilmelidir.

Kaynaklar

Abbas, B. & Topal, A. (2016). Farklı kaynaklardan temin edilen ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 5(2), 89-98.

Akgün İ, Karaman R., Eraslan F. & Kaya M. (2016). Effect of Zinc on Some Grain Quality Parameters in Bread and Durum Wheat Cultivars, Universal Journal of Agricultural Research 4(6),260-265

Albayrak, Ö., Kızılgeçi, F., Yıldırım, M. & Akıncı, C. (2020). Farklı çevrelerde yetiştirilen yazlık ekmeklik buğday genotiplerinin tane verimi ve kalite özellikleri yönünden incelenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35(2), 167-174.

Al-Mahasneh, M.A. & Rababah, T.M. (2007). Effect of moisture content on some physical properties of green wheat. Journal of Food Engineering, 79(4), 1467-1473.

Altındal, D., & Akgün, İ. (2015). Bitki genetik kaynakları ve tahıllardaki durumu. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1), 147-153.

Altuntaş, A. & Akgün, İ. (2016). Uşak koşullarında Kızıltan-91 buğday çeşidi üzerinde farklı azot dozu ve sıvı gübre uygulamalarının verim ve verim unsurlarına etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitü Dergisi, 20(3), 496-503.

Anonymous, (1990). Official methods of analysis of the AOAC, fifteenth edition Association Official Analytical Chemists, Arlington

Aydoğan, S. & Soylu, S. (2016). Yetiştirme koşullarının bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin kalite özelliklerine etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 2(2), 123-127.

Battenfield, S.D., Guzmán, C., Gaynor, R.C., Singh, R.P., Peña, R.J., Dreisigacker, S. & Poland, J.A. (2016). Genomic selection for processing and end-use quality traits in the CIMMYT spring bread wheat breeding program. The plant genome, 9(2), 1-12.

Burnett, V. and Clarke S., 2002. Organic farming: Wheat production and marketing. Agriculture Notes. AG1075. ISSN 1329-8062.

Chung, O.K., Ohm, J.B., Lookhart, G.L. Battenfield, S.D., Guzmán, C., Gaynor, R.C., Singh, R.P., Peña, R.J., Dreisigacker, S. & Poland, J.A. (2016). Genomic selection for processing and end-use quality traits in the CIMMYT spring bread wheat breeding program. The plant genome, 9(2), plantgenome2016-01.

Çağlar, Ö., Öztürk, A. & Bulut, S. (2006). Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin Erzurum ovası koşullarına adaptasyonu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1), 1-7.

Dizlek, H., & Gül, H. (2007). Süne zararlı buğday unlarının ekmeklik kalitesinin iyileştirilmesi. Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 51-58.

Dizlek, H., & İslamoğlu, M. (2010). Buğday kitlesindeki süne emgi oranının belirlenmesinde ülkemizde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(1), 81-90.

Doğan R. & Yürür N. (1992). Bursa yöresinde yetiştirilen buğday çeşitlerinin verim komponentleri yönünden değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9: 37-46

Dumanoğlu, Z., Özkan, Ş. S., & Topçu, G. D. (2019). İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* L.) çeşitlerine ait tohumların bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 5(2), 292-298.

Erekul, O., Yiğit, A., Koca, Y.O., Ellmer, F. & Wei, K. (2016). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin kalite potansiyelleri ve beslenme fizyolojisi açısından önemi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel Sayı-1), 31-36.

Evlice, A.K., Pehlivan, A., Külen, S., Keçeli, A., Şanal, T., Karaca, K. & Salantur, A. (2016). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde ekmek hacmi ve bazı ilişkiler arasındaki ilişkilerin incelenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (Özel Sayı-1), 12-18.

FAO, 2021. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. Bitkisel üretim istatistikleri. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC Erişim tarihi: 15.04.2021

Fowler, D.B., Brydon, J. & Baker, R.J. (1989). Nitrogen fertilization of no-till winter wheat and rye. II. ınfluence on grain protein. Agronomy Journal, 81, 72-77.

Gegas, V. C., Nazari, A., Griffiths, S., Simmonds, J., Fish, L., Orford, S. & Snape, J. W. (2010). A genetic framework for grain size and shape variation in wheat. The Plant Cell, 22(4), 1046-1056.

Hammer K. & Laghetti G (2005) Genetic Resources and Crop Evolution. Genetic erosion – examples from Italy, 52, 629–634.

Hocaoğlu, O. & Akçura, M. (2014). Evaluating yield and yield components of pure lines selected from bread wheat landraces comparatively along with registered wheat cultivars in Canakkale ecological conditions. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 2, 21528-1539.

IGC, 2018. International council of cereals. (10.04.2021) available from: https://www.igc.org.tr.

Karababa, E. & Ercan, R. (1995). Makarnalık buğdayların ekmeklik potansiyeli ve kalitesi. Gıda, 20(3).

Karaman, M. (2020). Yazlık ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin tarımsal özellikleri hakkında. ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi, 4(1), 68-81.

Kheiralipour, K., Karimi, M., Tabatabaeefar, A., Naderi, M., Khoubakht, G. & Heidarbeigi, K. (2008). Moisture-depend physical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Technology, 4(1), 53-64.

Kihlberg I., Johansson L., Kohler A. & Risvik E.C., 2004. Sensory qualities of whole wheat pan bread: influence of farming system, year of harvest and baking technique. J.Cereal Sci., 39: 67-84

Koç, A. & Akgün, İ. (2018) Bati Akdenizde Icarda-Cimmyt Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Verim Ve Kalite Yönünden Karşilaştirilmasi. Ziraat Mühendisliği, (365), 22-33.

Koç, A. & Akgün, İ. (2019). Sahil kuşağında ICARDA-CIMMYT ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve bazı kalite özellikleri yönünden karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23(1), 157-162.

Lopez, PB. (1994) A new plant disease: Uniformity; Ceres; 26(6),41–47

Mader, P., Hahn D., Dubois D., Gunst L., Alfoldi T., Bergmann H., Oehme M., Amado R., Schneider H., Graf U., Velimirov A., Fliebbach A. & Niggli U., 2007. Wheat quality in organic and conventional farming: results of a 21 year field experiment. J. Sci. Food Agric.,87: 1826-1835.

Markowski, M., Żuk-Gołaszewska, K. & Kwiatkowski, D. (2013). Influence of variety on selected physical and mechanical properties of wheat. Industrial Crops and Products, 47, 113-117.

Menderis, M. (2006). Güneydoğu Anadolu bölgesi koşullarında geliştirilen bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatları ile yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Mutlu, A., Uçak, A.B. & Taş, T. (2020). Buğday bitkisinde tohumluk üretimi ve önemi. Ziraat orman ve su ürünleri alanında teori ve araştırmalar (s.231-257)

Okur, Y. (2017). Ekmeklik Buğday Kalitesini Değerlendirmede Kullanılan Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Şahin, M. (2016). Ekmeklik, Bisküvilik, Makarnalık Buğdayda Kalite Kriterleri. Değirmenci Dergisi, 78, 56-68.

Şahin, M., Akçacık, A.G., Aydoğan, S. & Emel, Ö. (2013). Ekmeklik buğday boyutunun kalite fiyatı üzerine etkisi. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 23(2), 1-8.

Tabatabaeefar, A. (2003). Moisture-dependent physical properties of wheat. International Agrophysics, 17(4).

Taheri, A., Abad, S., Heıdarı, H., Nourmohammadı, G. & Ardabılı, M.S. (2018). Effects of different temperature and precipitation on quantity and quality of bread wheat. Crop Research, (0970-4884), 53.

Taşçı, R., Karabak, S., Bolat, M., Pehlivan, A., Şanal, T., Oğuz, A. & Albayrak, M. (2018). Ankara ilinde un fabrikalarının buğday alım kriterleri, üretim ve pazarlama yapıları. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27(2), 82-91.

TSE, (2016). Türk Standartları Enstitüsü, TS 2974 Buğday.

TUİK, (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. https://www.tuik.gov.tr/

Ünal, S. (2002). Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim 2002, Gaziantep.

Yağdı, K. (2004). Bursa koşullarında geliştirilen ekmeklik buğday (Triticum aestivum L.) hatlarının bazı kalite özelliklerinin araştırılması. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg, 18(1), 11-23.

Yurdakök K. & İnce O., T. (2009). Çocuklarda demir eksikliği anemisini önleme yaklaşımları Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi 2009; 52: 224-231

ISBN: 978-605-06728-8-6

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

POSTER TAM METİNLERİ

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Production of Cocoons in Different Materials For Sterile Medical Leech (Hirudo verbana) Breeding

Steril Tıbbi Sülük (Hirudo verbana) Yetiştiriciliğinde Farklı Ortamlarda Kokon Üretimi

Elif Duygu AKSUNGUR[1]

Abstract

In these days, medical leeches are used for various treatment methods but medical leeches must be sterile and not carry any disease. In this study, the breeding opportunities of medical leech (*Hirudo verbana*), which has an economic value and faces the danger of extinction, and the production of cocoon were examined in different sterile conditions.

Three different materials were chosen for six-month study. The leeches were grown in environment 1 with semi-humid peat, in environment 2 with semi-humid tea pulp and in environment 3 with semi-humid tea pulp and humic acid.

During the experiment, the mold problem occured in environment 2. But there was no problem with environment 3. In this study, the mold inhibiting effect of humic acid for leech breeding was examined and confirmed for the first time.

Özet

Bu çalışmada, ekonomik değeri yüksek ve nesli tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olan tıbbi sülüğün (*Hirudo verbana*) steril olacak şekilde hazırlanmış farklı ortam koşullarında kokon üretimi ve yetiştiricilik olanakları araştırılmıştır.

Son zamanlarda geleneksel tıp yanında modern tıp alternatif tedavi uygulamalarında da yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan tıbbi sülük ile ilgili altı ay süren bu çalışmada, üç farklı ortamda kokon ve yavru üretimi incelenmiştir. Denemede sülükler, ilk grup olarak yarı nemli torf toprak ortamına; ikinci grup olarak yarı nemli, humik asit ilave edilmemiş çay posası ortamına; üçüncü grup olarak yarı nemli, humik asit ilave edilmiş çay posası ortamına yerleştirilmişlerdir.

Deneme süresince humik asit ilave edilmemiş çay posası ortamında küflenme sorunu ile karşılaşılmıştır. Ancak humik asit ilave edilmiş çay posası ortamında herhangi bir sorun oluşmamıştır. Bu projede humik asitin sülük yetiştiriciliğinde kullanılan nemli ortamlarda

[1] Elif Duygu Aksungur, Etimesgut Bilim ve Sanat Merkezi, eduyguaksungur@gmail.com

As a result, it was determined that the humic acid added tea pulp is suitable for the production of leeches like peat when the survival rates and reproduction considered.

Keywords: Medical Leech, *Hirudo verbana*, Sterile Leech Breeding, Cocoon, Humic Acid

küflenmeyi engelleyici etkisi, ilk defa araştırılmış ve teyit edilmiştir.
Sonuç olarak, sülüklerin yaşama oranlarına ve üremelerine bakılarak humik asit ilave edilmiş çay posasının, toprak torfu gibi sülük üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi Sülük, *Hirudo verbana*, Steril Sülük Yetiştiriciliği, Kokon, Humik Asit

1.Giriş

Sülükler, kan emme özelliği nedeniyle tarihte halk hekimleri tarafından tedavi amaçlı kullanılan canlılardır, kan emme sırasında salgıladıkları enzimlerin etkilerinin keşfi ile modern tıpta uygulama alanları yaygınlaşmıştır (Şekil 1) (Ayhan ve Mollahaliloğlu, 2018).

Şekil 1. Tıpta en çok kullanılan sülükler (a-*H. medicinalis,* b-*H. verbana*).

Tıbbi sülüklerin sistematikteki yeri şu şekildedir (Karataş, 2017):

Alem: Animalia
Şube: Annelida
Sınıf: Clitellata
Aile: Hirudinea (Hirudinidae)
Cins : Hirudo
Tür: *H. verbana*
H. medicinalis
H. orientalis, H. troctina, H. Sulukii

Sülükler halkalı solucan grubundandır. Günümüzde tanımlanmış olan yaklaşık 800 sülük türü bulunmaktadır ancak bunların çok azı "tıbbi sülük" olarak bilinmektedir (Ayhan ve Mollahaliloğlu, 2018). Ülkemizin bulunduğu bölgede geleneksel ve modern tıpta kullanılan tıbbi sülükler olarak Hirudo cinsine ait 5 türün (*H. medicinalis, H. verbana, H. orientalis, H. troctina ve H. sulukii*) dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Sağlam ve ark., 2016).

Bu araştırmanın konusu olarak belirlenen *H. verbana* türünün yaşam özellikleri incelenecek olursa: Yaşam süreleri yaklaşık 20 yıldır, uzunlukları birkaç milimetreden yarım metreye kadar (0,8-12 cm) olabilir (Trontelj ve Utevsky, 2012). Vücutlarının 3-10 katı kadar kan emebilir ve bir kez beslendikten sonra yaklaşık 1 yıl beslenmeden yaşayabilirler (Sağlam, 1998).

Tüm sülük türleri protandrik hermafrodittirler yani ilk olarak erkek genital (üreme) sistemleri gelişir, dişi genital sistemleri ise hayatlarının ilerleyen zamanlarında ortaya çıkar fakat diğer annelidlerden farklı olarak kendi kendilerini dölleyemezler ve çiftleşme yoluyla ürerler (Kirk ve Pemberton, 2013). Çiftleşme yaz aylarında ya da 20-25°C sıcaklıktaki ortamlarda oluşur, su içerisinde yaşamasına rağmen nemli toprak ortamında üreme gösterir ve gebe sülüklerin klitellum bölgeleri açıkça belirginleşir (Sawyer, 1981). Döllenmiş yumurtalar köpük şeklinde salgılanan ve katılaştığında koza görünümlü olan kokonların içerisine bırakılır ve olgunlaşmasını kokon sıvısı içinde tamamlar (Davies ve ark., 1996). Her bir kokonda 5-15 tane yumurta bulunur, yavru çıkışı ortam sıcaklığına bağlı olarak 3-4 hafta sürer (Kirk ve Pemberton, 2013).

Tıp ve aynı zamanda eczacılık ve kozmetik alanlarında da yoğun olarak kullanılmalarının bir sonucu olarak doğal stokların aşırı şekilde azalması ve habitat tahribatı nedeniyle Avrupa ve Türkiye sulak alanlarında tıbbi sülük popülasyonları gün geçtikçe zayıflamaktadır, ülkemizde birçok sulak alanda ise tıbbi sülük popülasyonları tamamen yok olmuş durumdadır; bazı tıbbi sülük türleri CITES sözleşmesi kapsamında korunmaktadır, doğadan toplanması ve yurtdışı ticareti kota kapsamındadır, bu nedenle yetiştiricilik yoluyla üretimi önem kazanmıştır (Sağlam, 2011). Tıbbi sülük yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (Ceylan ve ark., 2012; Karataş, 2017).

Humik maddeler doğal olarak oluşan, renkleri sarıdan siyaha değişebilen, yüksek moleküler ağırlığa sahip, bozulmaya dayanıklı, heterojen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Akıncı, 2011).

Humik asit ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, genellikle bitkisel ürünlerin gelişimi ve toprak verimi üzerine etkileri konusunda araştırmalar bulunmaktadır (Çağlaroğlu, 2017; Çöl, 2017; Gülser, 2010; Yılmaz, 2014). Humik asitin pH dengeleyici etkisi yanında bakteri, mantar ve küf üzerine baskılayıcı etkileri araştırılmıştır (Öztürk ve ark., 2014).

Sülükler, eski çağlardan beri, alternatif tıp uygulamalarında tedavi edici amaçla kullanılmalarından dolayı dikkat çekici canlılar olmuşlardır. Modern tıp uygulamalarında gelişen teknikler ve analizler ile sülüklerin yalnızca kan emmediği, salgıladıkları çok sayıda enzim ile tıbbi olarak yarar sağladıkları belirlenmiştir. İlk etapta alternatif tıp uygulamaları şeklinde geleneksel metoda bağlı kullanılmalarına rağmen son yıllarda mikro cerrahi ve organ nakli başarısının yükseltilmesi, tümörlerin küçültülmesi ve şeker hastalıkları gibi iyileşmeyen yaraların kapatılmasında tıbbi sülük kullanılmaktadır. Son 10 yılda ülkemizde çok sayıda doktor hirudoterapi konusunda sertifika eğitimi almıştır. Son

dönemde açılan kliniklerle sülük tedavisi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sülükler sıcakkanlı hayvanlardan asalak yapıda beslenme gösterir. Kan çok çabuk bozulan ve birçok bulaşıcı hastalığın taşıyıcısı olan ortam oluşturur. Şimdiye kadar doğadan sülük toplanması ve sülük yetiştiriciliği için en önemli problemlerden birisi farklı hastalıkların taşınması ve bulaşması olmuştur. Sülük yetiştiriciliğinde farklı teknikler uygulanması ile steril ortam sağlanması ve hastaya tıbbi uygulama esnasına kadar steril ortamın korunması önemlidir. Steril ortamda sülük üretimi ile sülüklerin hastalık bulaştırma riskinin azaltılacağı öngörülmüştür. Bu projede, steril koşullardaki çay posası ortamında hastalık barındırma riski bulunmayan tıbbi sülüklerin yetiştirilmesi ve üretilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda atık çay posasının başka bir amaçla değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu projede humik asit, çay posasındaki küfü engelleme amacıyla ilk defa kullanılmıştır.

Bu çalışmada hipotez olarak sülüklerin steril ortam koşulları oluşturularak çay posası içinde humik asit ilavesiyle kokon üretimi kanıtlanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Anaç Sülüklerin Temin Edilmesi

Ülkemizdeki tıbbi sülük türü olan *H. verbana* türü, maksimum vücut boyu 140 mm'ye ve çapı 20 mm'ye ulaşabilen, diğer türlere kıyasla daha iri bir sülük türüdür. Projede kullanılan tıbbi sülük (*Hirudo verbana*) anaçları Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı, Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Sülük Araştırma Merkezinden elde edilmiştir. Tıbbi sülüklerin tür olarak saf kültür olduğu ve hastalık taşımadığı teyit edilmiştir. Kara yolu ile 5 L'lik pet şişelerde su içerisinde Ankara'ya getirilen anaçlar bir hafta süreyle deneme ortamına adaptasyonu tamamlanmış, daha sonra boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Üretimde kullanılan damızlık sülük özellikleri

	Torf	Çay Posası
Anaç sayısı (n)	9	12
Yaşama Oranı (%)	100	100
Ort. Boy (cm) ± s.s.	7.1±2.1	6.9±1.7
Min Boy	5.3	5.5
Mak Boy	9.6	8.5

2.2 Deneme Ortamlarının Özelliği

Üç farklı kültür ortamında kokon ve yavru üretimi incelenmiştir. Kontrol grubu ortamında 20 cm yüksekliğinde nemli torf toprak bulunan ortam kullanılmıştır. İkinci ortamda 20 cm yüksekliğinde humik asit ile muamele edilmiş nemli çay posası kullanılmıştır. Üçüncü ortamda 20 cm yüksekliğinde humik asit katılmamış nemli çay posası kullanılmıştır. Ülkemizde en çok tüketilen ürünlerden olan siyah çay, demlendikten sonra posa olarak atılmaktadır. Fosfor ve azot yönünden zengin olan bu organik materyal gübre amaçlı olarak kullanılabilmektedir. Kuru çay posası kendi ağırlığının yaklaşık olarak 2,6 katı su tutma kapasitesine sahiptir. Çay posası asidik bir özellik gösterir, pH'ı yaklaşık olarak

5,3 civarındadır. Ortamlar hazırlanmadan önce torf toprak ve çay posası steril hale getirilme amacıyla 1 saat fırınlanmıştır. Ardından kaynatılıp soğutulmuş ılık su ile nemli hale getirilmişlerdir (Tablo 2).

Tablo 2. Denemede kullanılan torf ve çay posası ortamlarının özellikleri

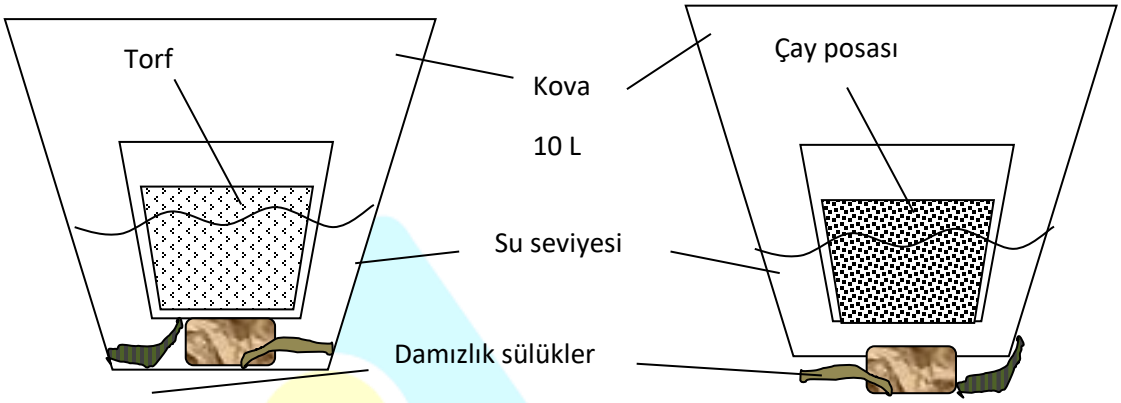
Parametreler	Torf	Çay Posası
Nem kapasitesi	%107	%220
Nem	%30	%30
Her bir deneme için kullanılan miktar	2 kg	2 kg
pH	6.5-7.0	5.3-5.7
Organik Madde	%76.4	%90

2.3 Barınma

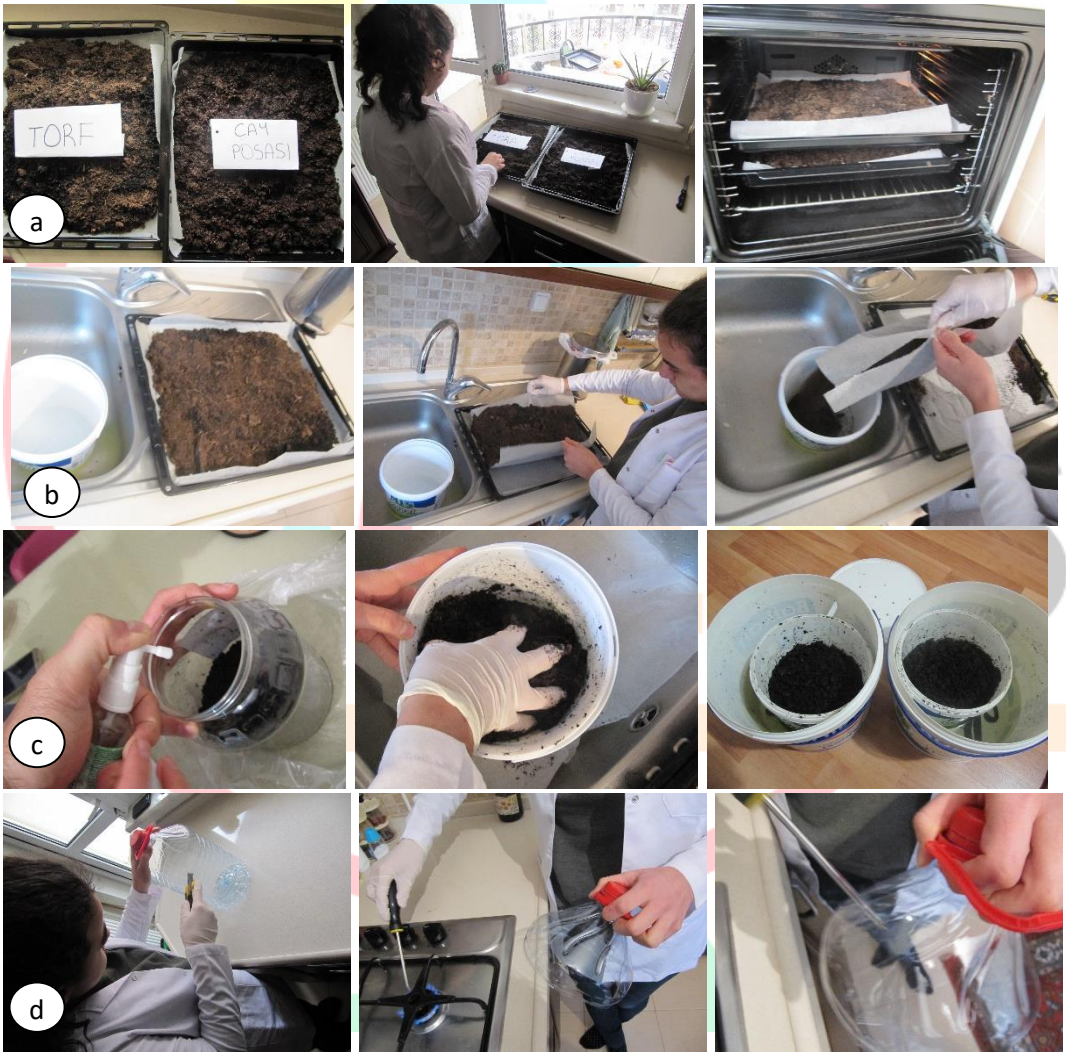
Sülükler her bir grupta 8 adet olacak şekilde içerisinde 5 L klorsuz su bulunan 10 litrelik kovaların içine yerleştirilmiştir. Musluk suyu kaynatılarak klorsuz hale getirilmiştir. Üreme dönemi öncesinde adaptasyon ve beslenme dönemlerinde sülüklerin karanlık ve serin (15-18°C) bir ortamda tutulması sağlanmıştır. Ortamdaki su kirlenme durumu gözlenerek, haftada iki kere değiştirilmiştir. Su değişiminde sıcaklık şoku yaşamamaları için ortam sıcaklığına denk (1 gün dinlendirilmiş) su ile değişim yapılmıştır.

2.4 Deneme Uygulaması

10 L kovaların kapaklarında havalandırma delikleri açılmış, kapaklar sürekli kapalı tutularak sülüklerin dışarı çıkışları ve ortama doğrudan ışık girişi engellenmiştir. Her bir ortama 8'er adet ergin sülük yerleştirilmiştir. Üreme dönemi başlamadan, içerisinde 3/4 oranında (20 cm) torf ve çay posası bulunan 5 L'lik plastik kaplar sülüklerin bulunduğu kovaların içerisine yerleştirilmiştir. (Şekil 2-3). Torf ve çay posasının nemli olmasına özen gösterilmiştir. Ağzı açık şekilde su seviyesinden yukarıda olacak şekilde yerleştirilen kaplar, damızlık sülüklerin üreme için serbestçe bu ortama erişimini sağlayacak özelliktedir. Haftalık olarak damızlıkların kontrolü yapılmış, renk değişimi ve üreme boğumu (klitellum bölgelerindeki lokal şişlik) oluşturan sülüklerin el ile materyal bulunan kaplara (torf ve çay posası ortamları) geçmesi sağlanmıştır. Sülük üreme süresince kaptaki materyal içinde gömülü olarak gizlenmiş, üreme sonrası (yaklaşık 20-30 gün) serbestçe su ortamına geçiş yapmıştır.



Şekil 2. Tıbbi sülüklerin üremesi için oluşturulan deneme ortamının şematize edilmesi.



Şekil 3. Deneme ortamı hazırlanması. a) sıcaklık uygulaması ile sterilizasyon yapılması b) torf ve çay posası yerleştirilmesi, c) üreme ortamının nemlendirilmesi ve damızlık sülük bulunan kovalara yerleştirilmesi, d) 5 L'lik pet şişelerde hava delikleri açılması.

2.5 Besleme

Sülükler, doğal şartlarda yılda birkaç kez beslenmeyle yetinmektedir. Yapılan denemede daha hızlı gelişme göstermeleri için ayda bir kez düzenli olarak beslenmişlerdir. Yetiştiricilik şartlarında tıbbi sülüklerin ortam şartlarına göre her ay bir kez ya da iki ayda bir kez taze kan verilerek dışarıdan beslenmesi gerekmektedir. Yapılan denemede sülükler aylık olarak Sincan Belediye Mezbahasından temin edilmiş olan taze sığır kanı ile beslenmiştir. Kan, -20°C ortamda saklanmış, beslenme öncesi 30-35°C ılık su banyosu ile ısıtılarak beslemede kullanılmıştır. Beslenme materyali sülüklerin aktarıldığı saklama kaplarına bırakılarak sülüklerin ad-libitum beslenmesi sağlanmıştır. Yavrular ilk çıkış döneminde iki haftada bir beslenmiştir. Damızlık boydaki ergin bireyler ayda bir kez beslenmiştir. Üretim dönemi olarak Nisan-Mayıs aylarını hedefleyen bu çalışmada beslenme ihtiyacı bu şekilde karşılanmıştır (Şekil 4).

Besleme sonrasında özellikle damızlık boydaki erginlerde fazla kan ortama verildiğinden, su içerisinde daha sık kan ve metabolik atık oluşur, bu dönemde günlük kontrol ile daha sık su değişimi yapılmıştır.

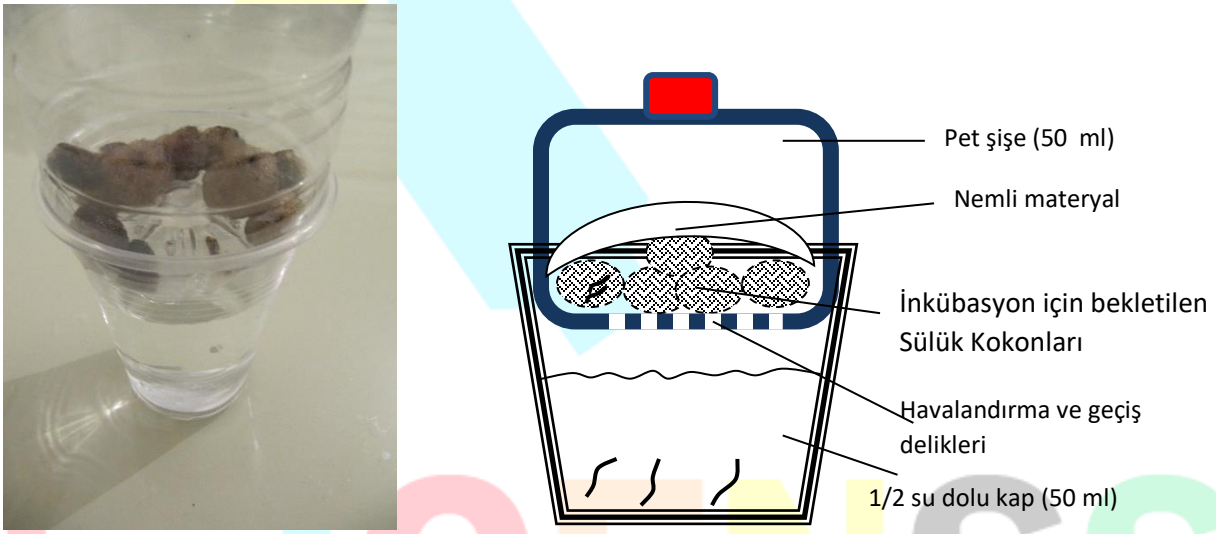
Şekil 4. Ergin ve yavru sülüklerin taze sığır kanı ile beslenmesi.

2.6 Yavruların Kokondan Çıkışı

Yavruların içinde olduğu kokon ismi verilen kozalar inkübasyon süresince nemli torf içerisinde bulunmak zorundadır. Nemli ortam bulunmaması durumunda inkübasyon süresi bitmeden kuruma ya da aşırı su sorunu olan ortamlarda yavrular ölmektedir. Projede haftalık kontrolde elde edilen kokonlar, nemli torf bulunan bir kavanozda bir ay süreyle kuluçkalanmıştır (Şekil 5). İnkübasyon döneminin sonunda kokonlar nemli torftan alınarak pet şişe düzeneğine konulmuştur. Pet şişe düzeneğinde 50 ml'lik pet şişenin tabanına yavruların geçebileceği büyüklükte havalandırma delikleri açılmıştır. Pet şişe yarısına kadar su ile doldurulmuş pet bardak içerisine yerleştirilmiştir. Bu düzenek ile inkübasyon süresi sonunda kendi doğal çıkış yapan yavruların, doğrudan su içerisine geçişleri hijyenik bir ortam oluşturularak sağlanmıştır (Şekil 6).

İnkübasyon süresi sonunda çıkış gerçekleştirilmeyen kokonlarda elle manuel açılım yapılarak yavruların çıkışı gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).

Şekil 5. Kokonların nemli torf toprakta kuluçkalanması



Şekil 6. Sülük kokonlarından inkübasyonu için geliştirilen düzenek (inkübatör)

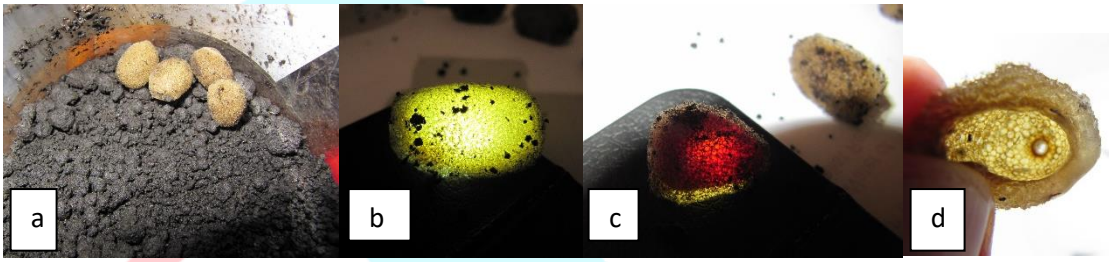
Şekil 7. Sülük kokonlarından inkübasyon süresi sonunda (35 gün) manuel olarak açılım ile yavru çıkışları.

2.7 Üreme Özelliklerinin Belirlenmesi

Anaç sülüklerden kokon, kokonlardan da yavru edilmesinde Ceylan ve ark. (2015) ve Karataş (2017) tarafından kullanılan sülük üretim metodu uygulanmıştır. Tıbbi sülüklerin doğal üremeleri normalde Temmuz-Eylül arasında gerçekleşir. Ancak çevresel şartlar ve özellikle su sıcaklığı iyi ayarlanırsa üreme dönemi erkene çekilebilir özelliktedir. Projede Nisan-Mayıs gibi kokon alınması ve

yavru çıkışı hedeflendiği için, Aralık 2017 tarihinden itibaren iki ay süreyle sülükler 25-27°C sıcaklıktaki karanlık ortamda tutulmuşlardır. Üreme dönemi dışında sıcaklık uygulaması ile uygun ortam sağlanan ergin bireyler, çiftleşmeleri için uyarılmış olurlar.

Kokon kontrolü haftada 2 kez yapılmıştır. Gebe sülüklerin klitellum bölgesinde renk değişimleri gözlemlenmiştir. Kokonlardan çıkan yavrularda morfolojik deformasyon varlığı gözlemle incelenmiş, ölü bireyler tespit edilmiştir (Şekil 8-9; Tablo 3).



Şekil 8. a)Sülüklerde torf içerisine bırakılan kokonlar b) Işık altında boş kokonların tespiti c) Işık altında canlı kokonların tespiti d) Kokonlarda yavru çıkış por deliği

Şekil 9. Sülük kokonları ölçümü.

Tablo 3. Üretimde elde edilen sülük kokonlarının özellikleri

	Torf	Ç. Posası
Kokon sayısı (n)	13	7
İlk bırakılma tarihi	24 Şubat	01 Nisan
Üretim Dönemi	20 Mayıs- 10 Ağustos	3 Haziran- 8 Ağustos
Kokon boy (cm) ± s.s. (min-mak)	1.97±0.40 (1.4-2.6)	1.29±0.38 (1.7-2.8)
Kokon En (cm) ± s.s. (min-mak)	1.26±0.25 (0.9-1.6)	1.45±0.16 (1.1-1.7)
Yavru Çıkışı	29 Haziran- 4 Eylül	8 Temmuz- 17 Ağustos

3. Sonuç ve Tartışma

6 ay süren çalışmada ilk 15 günlük gözlem sonunda damızlık sülükler çay posası ortamında rahatlıkla hareket etmiş ve kendilerini materyal içinde genelde zeminde olacak şekilde saklamıştır. İlk 15 gün sonrasında humik asit uygulanmayan grupta küf oluşumu sorunu ile karşılaşılmıştır. Bir ay içinde küflenme artmış, hava ile temas eden tüm yüzey ve kap cidarı (çay posası ile temas eden iç cidar) küflenmiştir. Bu grubun küflenmesini engellemek için hava ile temasını azaltmak üzere yüzeyine ince katman oluşturacak şekilde zeytinyağı sprey uygulaması yapılmış, daha sonra 10 cm'lik torf toprak katmanı oluşturularak hava ile teması kesilmiştir. Buna rağmen kap cidarında olan küflenme tüm posayı kaplayacak şekilde yayılmıştır. Bu kapların içerisindeki ergin sülükler bu küf gelişiminden olumsuz etkilenmiştir. Sülükler sucul canlılar olduğu için dış yüzeyleri kendi salgıları ile korunmaktadır. Sudaki osmo regülesyon ve karasal ortamda nem kaybı bu şekilde engellenmektedir. Küf gelişen çay posası içinde hareket eden sülüklerin deri yüzeyleri ve salgıları küf ile bulaşık hale gelince kendi özelliğini yitirmektedir. Bu nedenle bu gruptaki damızlıklardan iki adet birey dış yüzeyleri küflenme ile zarar görmesi sonrasında yeniden su içerisine yerleştirilmesine rağmen ölmüştür (Şekil 10). Küflenme önlenemediği ve sülüklere zarar geldiği için bu ortamda sülük yetiştirilmesine devam edilmemiştir. Bu sırada humik asit kullanılan grupta hiçbir şekilde küf gelişimi olmamıştır.

Şekil 10. Çay posası ön denemesinde ergin sülüklerin yerleştirilmesi, küf oluşumu, ve zarar gören sülükler.

Sonuç olarak, sülüklerin yaşama oranlarına ve üremelerine bakılarak humik asitle muamele edilmiş çay posasının, toprak torfu gibi sülük üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

1.Çay posası sülük üretimi için uygun bir ortamdır.

2.Sülüklerin steril olarak üretimi sağlanabilmektedir.

3.Çay posası nemli ortamda kolayca küflendiğinden bu durum humik asitle muamele edilmesi ve üzerine ince bir tabaka torf konularak hava ile temasının kesilmesiyle engellenebilir.

4.Çay posası kokon üretiminde kullanılabilir olsa da torf toprak kadar verim sağlayamamaktadır.

5.Sülüklerin ortam adaptasyonlarına daha erken tarihlerde başlanarak kokon elde etme tarihi erkene çekilebilir.

6. Sülüklerin steril üretimi için inkübatör ve benzeri yeni uygulama ve tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

7.Çay posası ortamına humik asit uygulanmazsa küflenmeden dolayı sülüklerde ölümler ortaya çıkmaktadır.
8.Humik asit çay posası gibi nem barındıran ortamlar için küf engelleyici madde olarak kullanılabilir.

Sülükler günümüzde birçok önemli hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Tedavilerde kullanılan tıbbi sülüklerin hastalık taşıması tedavi gören hastaların hayatını olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle tıbbi sülüklerin hijyenik bir şekilde yetiştirilerek üremesi büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda sülük popülasyonları giderek azalmaktadır. Bu durum sülük yetiştiriciliğinin önemini arttırmaktadır.

Karataş (2017) Hindistan cevizi torfu ile içinde su ve yüzer materyal (strafor) bulunan iki farklı steril ortamda tıbbi sülük (*Hirudo verbana*) yetiştiriciliğini araştırmıştır. Bizim projemizde steril torf toprak, humik asit eklenmiş çay posası ve humik asit eklenmemiş çay posası ortamları kullanılarak sülük yetiştiriciliği araştırılmıştır.

Sawyer (1981) yaptığı çalışma ile gebe sülüklerin klitellum bölgesinin belirgin hale geldiğini belirtmiştir. Projemiz sırasında gebe sülüklerde klitellum bölgesinde renk farklılığı gözlemlenmiştir.

Ayhan ve Mollahaliloğlu (2018) tıbbi sülüklerin tıpta kullanım alanları ile ilgili araştırma yapmışlardır. Çalışmamızda steril tıbbi sülük yetiştiriciliği uygulaması yapılarak tedavilerde güvenle kullanılabilecek tıbbi sülük üretimi sağlanmıştır.

Çöl (2017), Gülser (2010) ve Yılmaz (2014) yaptıkları çalışmalarda patates, ıspanak ve domates bitkileri üzerinde farklı humik asit dozları deneyerek humik asitin ürün verimine etkisini araştırmışlardır.

Öztürk ve ark. (2014) ekmek ve kek formülasyonuna belli oranlarda humik asit ilavesinin ürünlerde kalite özellikleri, küflenme ve bayatlamaya olan etkilerini incelemiştir. Humik asitin belirli dozlarının ekmek ve kekte küflenmeyi engellediği ve bayatlamayı geciktirdiği gözlenmiştir. Çalışmamızda humik asitin sülük yetiştiriciliğinde kullanılan nemli ortamlarda küf gelişimi üzerine etkisi ilk defa araştırılarak bu ortamlarda sülüklere zarar vermeden kullanılabileceği belirlenmiştir.

Steril ortamda tıbbi sülük yetiştiriciliğinde torf toprak gibi nemli çay posası ortamı da kullanılabilir. Ancak çay posası ortamında oluşabilecek küfe karşı humik asit gibi küf önleyici bir madde ile önlem alınmalıdır. Kullanılan ortamların sülüklerin yaşam şartları düşünüldüğünde çay posası ve torf toprak gibi nem tutan ortamlar olması gerekmektedir. Sülüklerin barındığı suyun oda sıcaklığında olmasına dikkat edilmeli ve haftalık su kontrolleri yapılmalıdır. Sülüklerin ortam adaptasyonunun erken zamanda sağlanmasıyla kokon alım zamanı normalden daha erken aylara çekilebilmektedir. Humik asit nemli ortamlarda küf oluşumunun engellenmesinde kullanılabilir.

4. Kaynaklar

Akıncı, Ş. (2011). Hümik Asitler, Bitki Büyümesi ve Besleyici Alımı. *Fen Bilimleri Dergisi*, 23 (1), 46-56.

Ayhan, H., ve Mollahaliloğlu, S. (2018). Tıbbi Sülük Tedavisi: Hirudoterapi. *Ankara Medical Journal*, 18 (1), 141-148.

Ceylan, M., Erbatur, İ., Akçimen, U., ve Bulut, C. (2012, 03-07 Eylül). *Tıbbi sülüklerin yapay ortamda barındırılmasında süner materyalin kullanılabilirliği*. 21. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir, Türkiye.

Ceylan, M., Çetinkaya, O., Küçükkara, R., ve Akçimen, U. (2015). The reproduction of the medicinal leech *Hirudo verbana* Carena 1820. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 411-418.

Çağlaroğlu, Z. (2017). *Hümik asit uygulamalarının arpa bitkisinde (Hordeum vulgare L.) verim, verim öğeleri ve aminoasit bileşimi üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi, 77s.

Çöl, N. (2017). *Patates bitkisinde (Solanum tuberosum L.) farklı miktarlardaki hümik asit uygulamalarının verim ve kalite bileşenlerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi, 62s.

Davies, R.W., ve McLoughlin, N.J. (1996). The effects of feeding regime on the growth and reproduction of the medicinal leech *Hirudo medicinalis*. *Freshwater Biology*, 36 (3), 563-568.

Gülser, E. (2010). *Domateste (Solanum lycopersicum L.) potasyum, salisilik asit ve humik asit uygulamalarının Fusarium solgunluğuna (Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici), bitki gelişimi ve besin elementi alımına etkileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 64s.

Karataş, E. (2017). *Tıbbi sülük (Hirudo verbana Carena, 1820)'ün akvaryum koşullarında kültüre alınması üzerine bir araştırma* [Yüksek Lisans Tezi]. Sinop Üniversitesi, 65s.

Kirk, R.G.W., ve Pemberton, N. (2013). *Leech*. Reaktion Books.

Öztürk, S., Fırat, S., Tutar, A., ve Dizman, M. (2014, 26-28 Ekim). *Humik Asitin Ekmek ve Kek Üretiminde Kullanımı*. 2. Uluslararası Katılımlı Ulusal Humik Madde Kongresi, Kahramanmaraş, Türkiye.

Sağlam, N. (1998, 10-12 Haziran). *Hirudo medicinalis (L., 1758) ile Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss) Arasındaki İlişkinin Deneysel İncelenmesi*. 3. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, Türkiye.

Sağlam, N. (2011). Bazı tıbbi sülük türlerinin (*Hirudo medicinalis* L., 1758 ve *Hirudo verbana* Cerena, 1820) ihracatı, korunması ve sürdürülebilirliği. *Journal of Fisheries Sciences*, 5(1), 1-15. https://www.researchgate.net/profile/Naim_Saglam/publication/258832455_Protection_and_sustainability_exportation_of_some_species_of_Medicinal_Leeches_Hirudo_medicinalis_L_1758_and_Hirudo_verbana_Carena_1820/links/0c9605290a83229962000000/Protection-and-sustainability-exportation-of-some-spe-cies-of-Medicinal-Leeches-Hirudo-medicinalis-L-1758-and-Hirudo-verbana-Carena-1820.pdf

Sağlam, N., Saunders, R., Lang, S.A., ve Shain, D.H. (2016). A new species of Hirudo (Annelida: Hirudinidae): historical biogeography of Eurasian medicinal Leeches. *BMC Zoology*, 1(5), 1-12.

Sawyer, R.T. (1981). *Neurobiology of the Leech* (Ed. K.J. Muller, J.G. Nichols ve G.S. Stent). Cold Spring Harbor Laboratory Press.

Trontelj, P., ve Utevsky, S.Y. (2012). Phylogeny and phylogeography of medicinal leeches (genus Hirudo): Fast dispersal and shallow genetic structure. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 63(2), 475-485.

Yılmaz, T. (2014). *Ispanakta değişen hümik asit dozlarının kurşun alımına ve bitki gelişimine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Selçuk Üniversitesi, 66s.

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

DC Bara Gerilimleri Değişimleri Altında IPMSM Motorların Geniş Hız Aralığında Tork Kontrolünün İncelenmesi

Investigation of Torque Control in Wide Speed Range of IPMSM Motors under DC Bus Voltages Variations

***Oğuz Atsız*[1]**
***Selçuk Kizir*[2]**

Abstract

In this study, torque control of IPMSM motors, which are preferred in applications requiring high speed due to its high power density and CSPR ratio, is discussed. Considering the change in machine parameters and the variations in dc bus voltage, calculating the current values to be applied for the desired torque creates a multi-dimensional problem. In the low speed region d, q current references are calculated with the MTPA algorithm to obtain optimum point from the reluctance moment and magnet moment, d axis current reference is calculated with the field weakening algorithm in the high speed region. In addition, the d-axis current reference changes according to the dc bus voltage and the applied torque value in the field weakening region. The results of the investigated methods under the variations of dc bus voltage were applied on the

Özet

Bu çalışmada yüksek güç yoğunluğuna ve CSPR oranına sahip olması nedeniyle yüksek hız gereksinimi olan uygulamarda tercih edilen ipmsm motorlarda tork kontrolü ele alınmıştır. Makine parametrelerindeki değişim ve dc bara gerilimindeki değişim ele alındığında istenen tork için uygulanması gereken akım değerlerinin hesaplanması çok boyutlu bir problemi oluşturmaktadır. Düşük hız bölgesindeki d,q akım referansları MTPA algoritması ile relüktans momenti ve mıknatıs momentinden en optimum elde edilecek şekilde hesaplanırken, yüksek hız bölgesindeki alan zayıflatma algoritması ile akımı d ekseni akımı referansı hesaplanır. Yani alan zayıflatma bölgesinde bara gerilimi ve uygulanan tork değerine göre d ekseni akımı referansı değişmektedir. İncelenen yöntemlerin dc bara gerilimi değişimi altındaki sonuçları test sistemi

[1] Oğuz Atsız, Arçelik AŞ, Araştırma Geliştirme Merkezi, oguz.atsiz@arcelik.com
[2] Doç, Dr. Selçuk Kizir, Kocaeli Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, skizir@kocaeli.edu.tr

test system with a low voltage 4kW IPMSM and the experimental results are evaluated.

üzerinde düşük gerilimli 4kW ipmsm motor ile uygulanmış ve deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir.

Keywords: Torque Control, MTPA, Field Weakening, IPMSM, Motor Map

Anahtar Kelimeler: Tork Kontrol, ABMT, Alan Zayıflatma, GMSM, Motor Haritası

1. Giriş

IPMSM (Interior Permanent Magnet Magnet Syncronous Motor – gömülü mıknatıslı senkron motor) tipindeki motorlara yüksek verimliliği ve yüksek güç/hacim oranına sahip olması nedeniyle ilgi gün geçtikçe daha artmaktadır. Yüzey mıknatıslı motorlar ile kıyaslandığında mıknatısların rotora gömülü olması mekanik olarak ayrıca bir sağlamlık kazandırmaktadır. Bu sayede elektriksel özelliklerinin yüksek hızlara çıkmaya elveriş sağlamasının yanı sıra gömülü mıknatıs yapısı mekanik olarakta yüksek hızlara çıkmayı destekler. Son zamanlarda pek çok alanda kullanım alanı bulan bu tip motorlar elektrikli araçlarda da çok tercih edilmeye başlamıştır.

Bu çalışmada IPMSM tipi motorlarda tork kontrol konusu ele alınmıştır. Problemi sistem olarak incelediğimizde, sistemde hareketi sağlan dönme kuvveti yani momenti üreten elektriksel sistem olarak ifade edebileceğimiz IPMSM motor ve motor miline bağlı mekanik bir sistem olarak iki parçaya ayrılarak düşünülebilir. Mekanik taraftaki parametric belirsizlik, değişim ve bozucular ele alındığında tork hesabını yapmak veya kestirmek çok zor olmaktadır. Ancak elektriksel kısım incelendiğinde çeşitli parametrelere bağlı olarak değişim olsa da limitleri ve bilinen değişimler olduğundan elektriksel kısım ele alınarak tork kontrolü yapmak daha kolay olacaktır.

IPMSM tipi motorlar nominal hızının altında MTPA(Maximum torque per ampere – akım başına maksimum tork) algoritması kullanılarak en verimli şekilde sürülürken, nominal hız o an ki dc bara geriliminde çıkılabilinecek maksimum akı değerleri ile limitlenmektedir. Nominal hız noktasının üzerine çıkıp hız aralığını artırmak, akı ifadesinin azaltılması ile sağlanabilmektedir [1]-[4]. Sabit güç bölgesi olarak adlandırılan bu bölgede alan zayıflatma algoritması aracılığıyla akı parametresi azaltılarak daha yüksek hızlara çıkabilmeye olanak sağlanmaktadır. Nominal hızın altında d ve q ekseni akımı referansları MTPA algoritması aracılığıyla belirlenirken, nominal hızın üzerinde alan zayıflatma algoritması ile belirlenmesi bu bölgede yüksek doğruluklu bir tork üretimini kısıtlamaktadır. Üzerine dc bara gerilimindeki değişimde katıldığında nominal hız dediğimiz hız noktası değişmektedir ve endüktans doyumları nominal dc bara gerilimine göre daha farklı noktalarda olmaktadır. Tork kontrol konusu özellikle son yıllarda otomotivde kullanımının artmasıyla bu konu özelinde problemler göz önüne alınmış çalışmalar literatürede araştırma konusu bulmuştur [4]-[6]. Motor karakteristiklerini taşıyan ileri beslemeli yaklaşımlar, akım-akı haritaları ile tork doğruluğu konusu, parametric değişimin etkisi gibi başlıklar göz önüne alınarak incelenmiştir [7]-[9]. Bunun yanı sıra kapalı çevrim şekilde motor endüktanslarının karşılıklı doyumlarını karakterize eden haritalar torkun gerçeğe yakın hesaplandığı

yada sıcaklık parametresinin mıknatıs akısına etkisini ele alınıp kapalı çevrim şekilde kontrol sağlanan çeşitli yaklaşımlar çalışılmıştır [10]-[11].

2. Problemin İncelenmesi

A. Motor modeli

IPMSM tipi motorların dq eksenindeki matematiksel modeli kontrol ve sistemin ifadesi açısından kullanışlıdır. Bu modeldeki temel amaç motor modelini ayrık uyartımlı dc motora benzetmek olduğundan parametlerin doyum ve çevresel etkileri göz ardı edildiğinde zamanla değişmeyen trigonometrik ifade içermeyen matematiksel denklemler elde edilir. Bu yaklaşım akım kontrol konusunu kolaylaştırırken, bu çalışmada odaklanılan probleminde kolay anlaşılmasını sağlar. Denklemdelerdeki(3,4) R motor faz direncini; L_d, L_q d ekseni ve q ekseni endüktanslarını; ψ_m mıknatıs akısını, ω_e motor elektriksel hızını, i_d, i_q d ekseni ve q ekseni akımlarını; v_d, v_q d ekseni ve q ekseni gerilimlerini ifade ederken, d q eksenin modelindeki akı ifadeleri denklem 1 ve 2'deki gibi matematiksel olarak ifade edilir.

$$\psi_d = L_d i_d + \psi_m \quad (1)$$

$$\psi_q = L_q i_q \quad (2)$$

Akı ifadeleri d,q eksenindeki gerilim denklemlerinde kullanılmaktadır. Denklemlerdeki ilk kısımlar direncin gerilim düşümünün etkisini ifade ederken, ikinci kısım endüktif etkinin gerilim karşılığını gösterir ve son terim ise akılardan kaynaklı endüklenen gerilimi ifade etmektedir.

$$v_d = Ri_d + L_d \frac{di_d}{dt} - \omega_e L_q i_q \quad (3)$$

$$v_q = Ri_q + L_q \frac{di_q}{dt} + \omega_e L_d i_d + \omega_e \psi_m \quad (4)$$

Tork denklemi ise eksenlerdeki akım ve akılar arasındaki ilişkiler kullanılıp elde edilir ve düzenlendiğinde denklem 5'teki gibi ifade edilmektedir. Denklemdeki N kutup çifti sayısı anlamına gelmektedir ayrıca ilk terim mıknatıs momentini modellerken, ikinci terim relüktans momentini modeller.

$$\tau_e = \frac{3}{2} N(i_q \psi_m + i_q i_d (L_d - L_q)) \quad (5)$$

İki farklı bileşen ile moment elde edebilme beraberinde en az akım ile maksimum torku elde etmek problemini yaratmaktadır. Bunun üzerine denklemdeki parametrelerin birbiriyle ve çevresel etkileşimlerle değişimi bu ifadeden en verimli şekilde tork problemine başka bir boyut katar. İfadedeki endüktans parametreleri d ve q eksen akımlarına bağlı olarak değişirken, mıknatıs akısınında sıcaklığa bağlı olarak bir değişim karakteristiğine sahip olduğu görülür.

B. MTPA

IPMSM tipi motorlarda mıknatısların rotora gömülü olması nedeniyle, d ekseni ve q ekseni patikalarında homojen bir relüktans elde edilemez. Bu durum yüzey mıknatıslı motorlardan farklı

olarak homojen bir endüktans yerine, rotor pozisyonuna bağlı olarak değişen d ve q eksenleri endüktanslarında farka sebep olmaktadır. Mıknatıs ve relüktans momentleri arasında en iyi dağılımı yapmak adına, MTPA algoritmasından faydalanılmaktadır. Bunun için id, iq akımlarının bileşkesi olan stator akımını i_s ile ifade edebiliriz. Bu durumda d ve q ekseni akımları MTPA açısı β cinsinden denklem 6 ve 7'deki gibi ifade edilir.

$$i_d = i_s \sin\beta \tag{6}$$

$$i_q = i_s \cos\beta \tag{7}$$

Id ve iq akımları açı parametresine bağlı olarak ifade edildikten sonra tork denkleminde yerine yazılıp düzenlendiğinde denklem 8'deki ifade elde edilir.

$$\tau_e = \frac{3}{2} N(i_s \cos\beta \psi_m + i_s^2 \sin 2\beta (L_d - L_q)) \tag{8}$$

Bu denklemden maksimum torku elde edebilecek açı noktasının bulmak için akım ve endüktans parametreleri değişmediği kabulüyle, torkun açıya göre birinci dereceden türevinin 0 olduğu ve ikinci dereceden türevinin sıfırdan küçük olduğu yerel maksimum noktası aranır. Bu yaklaşımla elde edilen açı değeri aşağıdaki denklem 9 ile ifade edilir.

$$\beta = \sin^{-1} \frac{-\psi_m + \sqrt{\psi_m^2 + 8((L_d - L_q)^2 I_s^2)}}{4(L_q - L_d) I_s} \tag{9}$$

Nominal hız bölgesine kadar bu ifade ile en verimli şekilde akım referansları akımlardaki doyumlarda hesaba katılarak oluşturulur. Ancak çok fazla işlem içerdiği için genel yaklaşım bu ifadeyi oluşturacak açı veya istenen torka karşılık gelecek tabloların oluşturulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Oluşturulan tablolar içerisinde de interpolasyon ile d ve q ekseni akım referansları oluşturulur. Bu tablolar motor tasarımından gelen endüktans doyum verileri hesaba katılarak veya deneysel olaran önceden elde edilmiş değerler kullanılarak oluştulur.

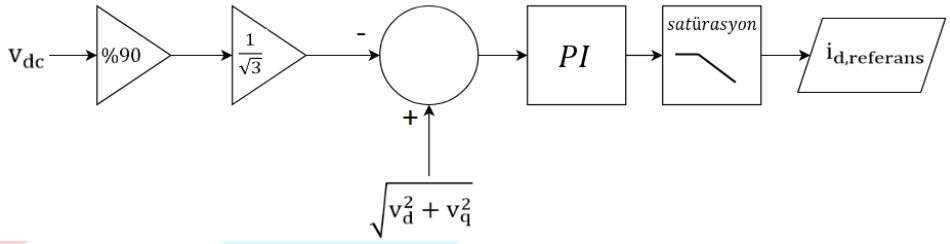
C. Alan Zayıflatma

Nominal hız noktası dirsek noktası olarak bilinir ve dc bara geriliminden faydalanılarak ulaşılacak maksimum hızı ifade eder. Dc bara geriliminin tamamının kullanıldığı bu noktada, d ve q eksenindeki gerilimler ile düşünüldüğünde denklem 10'da gösterildiği gibi eksen gerilimileri mevcut dc bara gerilimleriyle uygulanacak maksimum faz gerilimi limitine ulaşmaktadır.

$$\frac{V_{dc}}{\sqrt{3}} > \sqrt{v_d^2 + v_q^2} = v_s \tag{10}$$

Motorun gerilim denklemleri düşünüldüğünde dirençteki gerilim değişimi yani birinci terim üzerinde birşey yapılamaz ve akımların sabit olduğu kabul edildiğinde ve endüktans parametlerinin küçük olduğu göz önüne alınırsa ikinci terimler ihmal edilebilir. Ancak akı terimleri akım terimi

içerdiğinden kontrol edilebilir olmaktadır. Bu yaklaşım ile sisteme negatif d ekseni akımı uygulandığında q ekseni gerilim değeri azalır. Bu sayede total gerilim değeri azalır ve daha yüksek hızlara çıkılabilir. Ancak artık MTPA algoritmasından torku ifade eden değerin dışına çıkılmaktadır. Alan zayıflatma için v ve q ekseni gerilimleri kullanılarak elde edilen stator gerilimi ve dc bara gerilim bilgisi kullanılarak uygulanabilecek maksimum faz gerilimi arasındaki farka bakılarak, d ekseni akımı referansı oluşturulmaktadır. Dc bara gerilim seviyesi ile oluşturulan faz gerilimi oluşturulurken, kaynaktaki gerilim salınımları sebebiyle dc bara gerilimi bilgisinin %90'ına ulaşıldığında alan zayıflatma algoritması başlatılmaktadır.



Şekil 11 : Alan zayıflatma algoritması

D. Akım kontrolör tasarımı

Akım kontrolü için yaklaşımlar incelendiğinde literatürde genellikle PI kontrolör kullanılmaktadır. Motorun denklemleri incelendiğinde eksenlerdeki parametlerin birbirine girişik olduğu görülür. Yani d ekseni gerilimi içerisinde d ekseni akımı ve d ekseni endüktansının yanı sıra, q ekseni akımı ve endüktansıda parametre olarak bulunmaktadır. Ancak bu parametreler akı ve elektriksel hız ile beraber endüklenen gerilim ile beraber ifade edilmektedir. Elektriksel hızdan dolayı mekanik hız ile bağlantısı denklemdeki diğer bileşenlere kıyasla daha yavaş bir değişime sebep olur. Bazı kontrol yaklaşımlarında ileri beslemeli decoupling veya dinamik decoupling kullanılırken, bazı yaklaşımlarda yanlızda PI kontrolör kullanılmaktadır. Bu çalışmada PI kontrolör ele alınmıştır. Kontrolör tasarımında klasik kontrolde olduğu gibi farklı yaklaşımlar kullanılabilir. Bu çalışmada öncelikle s domaininde tasarlanan kontrolörler sonrasında ayrıklaştırılıp kullanılmıştır. S domaininde yanlızca direnç ve endüktans kısımları ele alınarak yapılan bu tasarımda, sıfır kutup sadeleşme yöntemi kullanılmıştır. System RL devresi olarak(11) ve pi kontrolör(12) s domaininde aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$G_{pi}(s) = K_p + \frac{K_i}{s} = \frac{K_p(s + \frac{K_i}{K_p})}{s} \quad (11)$$

$$G_{LR}(s) = \frac{i_{dq}(s)}{v_{dq}(s)} = \frac{1}{L_{dq}(s + \frac{R}{L_{dq}})} \quad (12)$$

Bu durumda PI kontrolörün sıfırı ile sistemdeki kutup birbiri ile sadeleştirildiğinde sistem ileri yol modeli birinci dereceden sistem halini almaktadır. Sıfır kutup sadeleşmesini sağlamak için pi kontrolörün sıfırı ve sistemin kutbu birbirine eşit olması koşulu(13) sağlanır.

$$\frac{K_i}{K_p} = \frac{R}{L_{dq}} \quad (13)$$

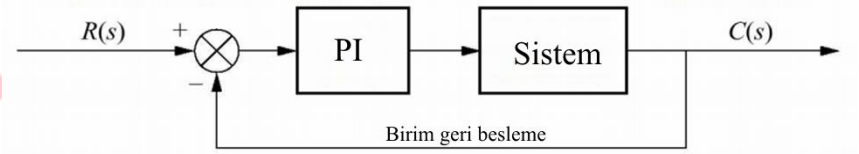
Sıfır kutup sadeleşme işlemi yapıldığında sistem ileri yol modeli denklem 14'teki halini alır.

$$G_{pi}(s)G_{LR}(s) = \frac{K_p}{L_{dq}s} \tag{14}$$

Birim geri beslemeli bir sistem olarak ele alındığında daha sade bir yapı(15,16) elde edilir.

$$G_{Kapalı\ Çevrim} = \frac{GH}{1+GH} \tag{15}$$

$$G = G_{pi}(s)G_{LR}(s), \qquad H = 1 \tag{16}$$



Şekil 12 : Birim geri besleme, PI kontrolör ve sistem şeması

Bu durumda elde edilen kapalı çevrim sistemin kutupları ω olarak aşağıdaki denklem 17 ile ifade edilir. Yukarıdaki kapalı çevrim sistemde denkleminde sistem ve birim geri besleme modeli ele alınıp eşitlikler ele alındığında kontrolör katsayılarına karşılık gelecek ifadeler elde edilir.

$$G_{CL}(s) = \frac{\omega}{s+\omega} \tag{17}$$

Bu şekilde s domaininde istenen karakteristiği ifade edecek kutup noktası ω olacak şekilde motor parametrelerine bağlı olarak kontrolör katsayıları aşağıdaki(18) gibi ifade edilir.

$$K_p = \omega L_{dq}, \quad K_i = \omega R \tag{18}$$

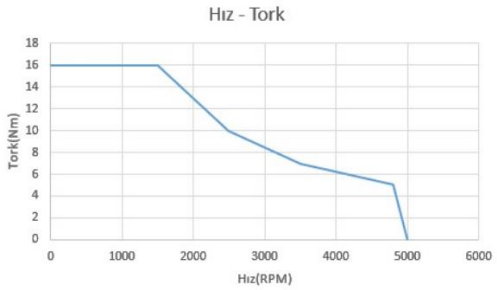
3. Motor ve Test Sistemi

Bu çalışmalar aşağıdaki test düzeneği üzerinde test edilmiştir. Yük tarafında motor sürücü olarak 4kW ABB ACS850 hız kontrol modunda 16Nm maksimum tork ve 6000rpm maksimum hıza sahip Emerson marka PMSM bir motor ile hız modunda kullanılmıştır. Test edilen sistemde ise çalışma için tasarlanmış olan düşük gerilimli 4kW ipmsm tipi motor ve 4kW inverter tork modunda kullanılmıştır.

Şekil 13 : Çalışmaların yapıldığı test sistemi

Test edilen motorun tork üretmesiyle rejeneratif çalışma bölgesine geçen yük motorunun ürettiği enerji 110 Ohm direnç üzerinde harcanmaktadır. Test edilen inverter 60V 250A çıkış özelliklerine sahip dc kaynak ile beslenmiştir. Çalışma özelinde sistemin dinamik davranışlarından daha çok kalıcı halde elde edilen karakteristiğine odaklanılmıştır ve akımlar ile ölçülen tork değerleri aynı data toplama sistemi üzerinden alınamadığından ayrı şekillerde alınan veriler kaydedilerek testler gerçekleştirilmiştir.

Testlerde tork kontrolü inceleneceği için aşağıdaki eğrideki değerler baz alınarak ölçümler alınmıştır. Tork değerleri sabit tork bölgesinde sabitken, sabit güç bölgesi yani alan zayıflatmada değiştiğinden aşağıdaki değerler baz alınarak çalışılmıştır.



Şekil 14 : Motor tork referansında kullanılan tork – hız tablosu

4. Tork Kontrol

A. Yöntem 1

Bu yöntemde MTPA ve alan zayıflatma algoritması beraber çalışmaktadır. Bu yönüyle motor parametrelerinden bağımsız hal alan yöntemde alan her iki yöntemde sürekli olarak birbirine parallel çalışmaktadır. Alan zayıflatma girilecek noktaya kadar akım referansları MTPA algoritması ile alınırken, alan zayıflatma noktasından sonra d ekseni akım referansı, MTPA algoritmasının çıkışı ve alan zayıflatma algoritmasının çıkışının toplamı ile belirlenirken, q ekseni akımı referansı yanlızca MTPA algoritması ile belirlenmektedir.

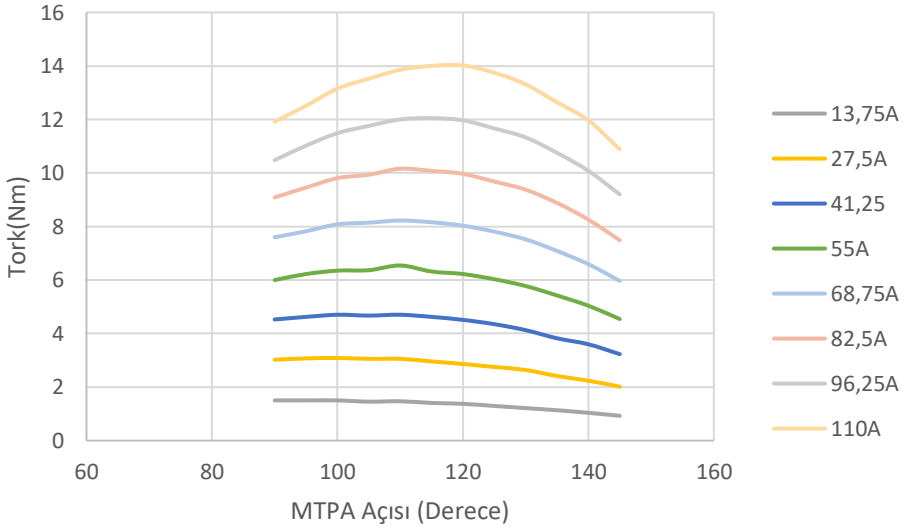
MTPA açılarının değerlerini doğrulamak için motor analizinden alınan değerler test sistemi üzerinde doğrulanmıştır. Bunun için istenen tork değerleri sabit tutulurken yani motora uygulanan akımlar sabit tutulurken, MTPA açısı değiştirilerek d ve q ekseni akım referansları değişimi yoluyla elde edilen torka etkisi gözlemlenmiştir.

		Akım Referansı(A)							
		13.75	**27.5**	**41.25**	**55**	**68.75**	**82.5**	**96.25**	**110**
MTPA Açısı - Derece	90	1.504	3.024	4.528	6	7.6	9.088	10.48	11.92
	95	1.504	3.072	4.624	6.224	7.824	9.456	11.024	12.512
	100	1.504	3.088	4.704	6.352	8.08	9.808	11.488	13.152
	105	1.456	3.056	4.672	6.368	8.144	9.936	11.76	13.52
	110	1.472	3.056	4.704	6.544	8.224	10.16	12	13.856
	115	1.408	2.96	4.624	6.32	8.16	10.08	12.048	14
	120	1.376	2.864	4.512	6.224	8.032	9.968	11.968	14.016
	125	1.296	2.752	4.352	6.032	7.808	9.68	11.664	13.744
	130	1.216	2.64	4.128	5.776	7.52	9.376	11.328	13.312

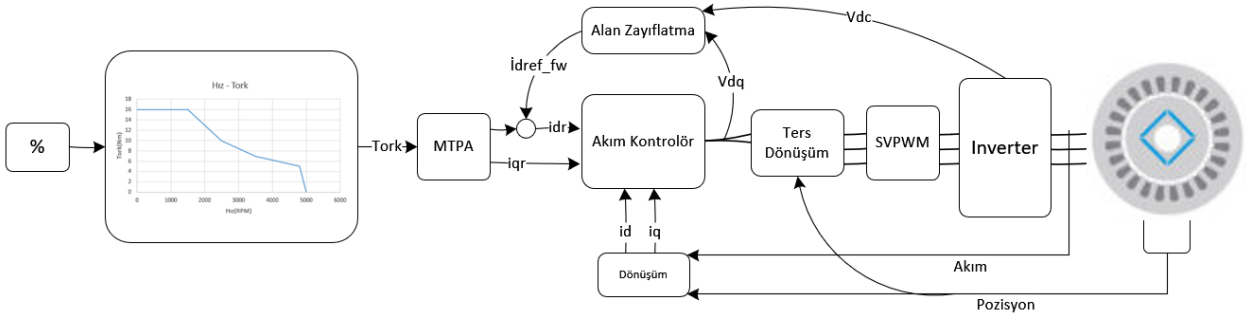
	135	1.136	2.416	3.824	5.424	7.088	8.88	10.752	12.64
	140	1.04	2.24	3.6	5.04	6.592	8.256	10.08	11.968
	145	0.928	2.016	3.232	4.544	5.968	7.488	9.2	10.88

Tablo 1 : MTPA Açısının tork üzerine etkisi

Yapılan testteki değerler grafik üzerinde incelendiğinde MTPA açısının en etkin noktasının uygulanacak torka bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Tablo 1'de değerleri verilen tork değerlerinde görüldüğü gibi düşük tork değerleri için 90 dereceye yakın açı değerleri iyi sonuç verirken, yüksek tork değerlerinde test edilen motor için 120 dereceye yakın değerlerde en iyi tork değerleri elde edilmiştir.



Şekil 15 : MTPA açısının motor milinde elde edilen torka etkisi



Şekil 16 : Yöntem 1 Şeması

Bu yöntemdeki problemde sabit tork bölgesinde istenen tork değerleri alınabilmekteyken, sabit güç bölgesinde alan zayıflatma algoritmasından gelen d ekseni referansı relüktans momentini etkilediğinden istenen değerlerden daha farklı sonuçlar alınmaktadır. Sabit moment bölgesinin hangi hız noktasına kadar olacağı yada bir başka deyişle alan zayıflatma algoritmasının hangi noktada başlayacağı dc bara gerilimi ve farklı anlık tork değerlerine göre değişmektedir.

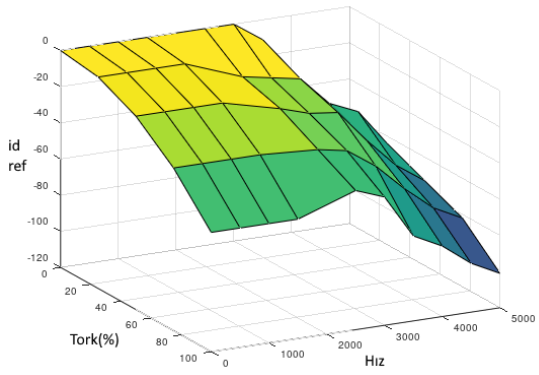
Parametrik ifade içermeyen bu yöntemde alan sabit tork bölgesinde belirlenen tork değeri, alan zayıflatma bölgesinde d ekseni akımının MTPA dışında hesaplanması nedeniyle elde edilecek torku etkilemektedir. Bu yöntem 48V, 42V ve 56V dc bara gerilimleri altında aynı algoritma kullanılarak test

edilmiş ve ardından 48V için alınan değerler diğer yöntemde oluşturulacak tablo için kullanılmıştır. Tablo 2'de 4500 rpm hızda farklı dc bara gerilimlerinde, uygulanan farklı tork referanslarında alınan tork değerleri yüzdesel olarak verilmiştir.

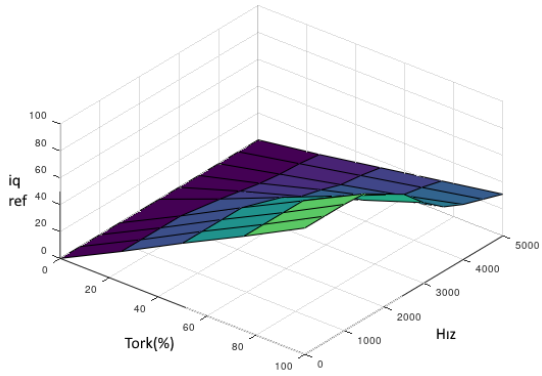
		48V			42V			56V		
Tork(%) Referansı	iq	idc	t%	id	dc	t%	id	dc	t%	id
0	0	1.15	0	-50	2.3	0	-63	0.3	0	-32
25	8	13.6	7.6	-55	17.5	7.8	-69	10	7.1	-37
50	16	27.4	15.9	-63	34.5	16.6	-78	20.7	14.6	-45
75	24	43	25	-75	53.6	26.4	-92	32.7	23.4	-55
100	32	61	35.1	-93	74	37	-113	46.7	32.4	-69

Tablo 2 : 4500 rpm'de farklı dc bara gerilimlerinde farklı tork yüzdelerinde sistemden alınan veriler

Değerler incelendiğinde 48V nominal gerilim değeri olarak baz alınmıştır. 42V gerilimde id akımı referansı ve 42V'taki elde edilen torkun 48V'a kıyasla daha yüksek olduğu görülür. Tork yüzdesi %100 alındığında 42V'ta %1.9'luk daha fazla tork elde edildiği görülür. Aynı durum 56V gerilim referansı için incelendiğinde 56V dc bara gerilimi altında 48V nominal seviyeye kıyasla daha küçük bir id referansı olduğu ve daha %2.7 daha az tork elde edildiği görülmektedir. 48V nominal bara gerilimi seviyesinde 500'er rpm hız aralıkları için tüm tork yüzdeleri taranıp aşağıdaki, motor hızı ve tork yüzdesine bağlı olarak akım referansını veren motor haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 7.a : Nominal (48V) bara geriliminde hıza bağlı olarak elde edilen tork yüzdesi /hız – d akım referansı



Şekil 17.b : Nominal (48V) bara geriliminde hıza bağlı olarak elde edilen tork yüzdesi /hız – q akım referansı

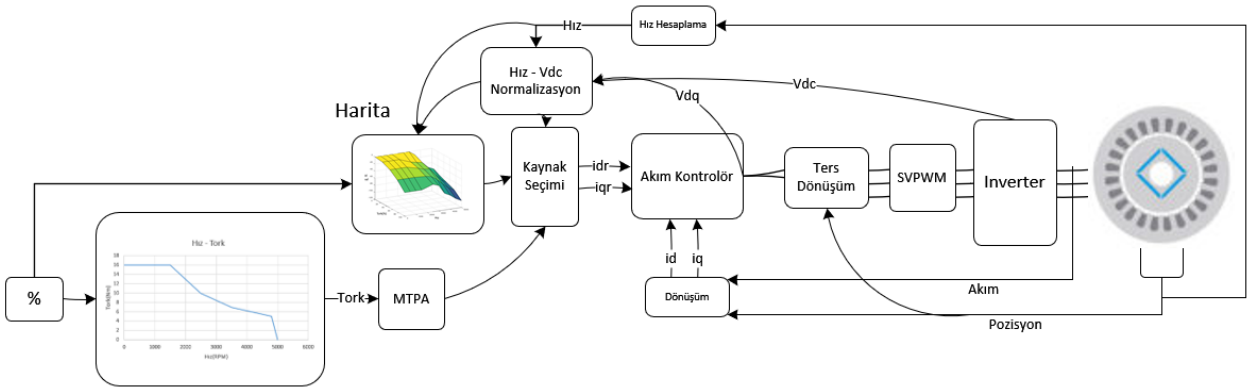
B. Yöntem 2

Bu yöntemde nominal bara gerilimi için oluşturulmuş tork yüzdesi /hız – akım referansı grafiği farklı dc bara gerilimlerine normalize edilmektedir. Bunun temeli ise akı değerine dayandırılmaktadır. Alan zayıflatma kısımında anlatıldığı üzere, alan zayıflatma bölgesi uygulanan gerilimin artık dc bara geriliminden elde edilemeyeceği noktada başlamaktadır. Bu noktanın bir diğer karşılığı akı ile açıklanabilir. Akı ifadesi ise motor modelinde gerilim denklemleri içerisinde bulunmaktadır. Akının hesabı için endüktans doyum tabloları kullanımı gerekmektedir. Ancak kullanılan motorda ve benzer

düşük gerilimli motor tiplerinde direnç ve endüktans değerleri çok küçük olduğundan etkisi ihmal edildiğinde, d ve q ekseni gerilimleri denklem 19'daki gibi akı hesabında kullanılabilir.

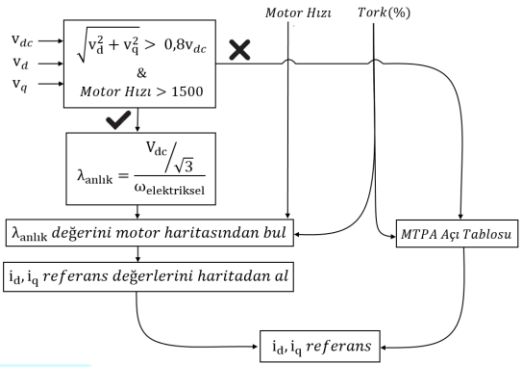
$$\sqrt{\lambda_d^2 + \lambda_q^2} = \lambda_s = \frac{V_s}{\omega_{elektriksel}} = \frac{V_{dc}/\sqrt{3}}{2\pi f_{elektriksel}} \qquad (19)$$

Bu yaklaşım temelinde nominal gerilim altında oluşturulan tork yüzdesi/hız – akım referansı tablosundaki hız ekseni alan zayıflatma bölgesi ele alınarak, akı karşılıkları ile ifade edilebilir. Farklı bir dc bara gerilimi altında, anlık hız bilgisi ve bulunan dc bara gerilim seviyesine göre oluşturulan tabloda karşılık gelen akı değeri ve kullanılarak d ve q ekseni akım referansları oluşturulur. Akım referansları oluşturulurken, kullanılan harita 3 boyutlu olduğu için bir lineer interpolasyon yaklaşımı referansların üretiminde kullanılmıştır. Alan zayıflatma bölgesinin aşağısındaki noktalarda ise daha önceden elde edilmiş MTPA algoritmasının çıktısı değerler kullanılır. Bu durum iki yapı arasında geçiş ve akım referasını oluşturacak kaynak seçimi problemini oluşturmaktadır. MTPA açı tablosunun değerleride motor tasarımı çıktısı ve yapılan deneysel çalışmalarla elde edildiğinden iki tablo arasındaki geçiş değerlerindeki akım referansları yakın olduğu görülür. Akım referansı oluşturacak kaynak seçimi problem ise gerilim değerlerine göre alan zayıflatma koşuluna bakılarak karar verilir.



Şekil 8 : Yöntem 2 şeması

Şekil 9'da akım referans kaynakları arasındaki geçiş yaklaşımı ve harita kullanıldığında anlık akı değerine bağlı olarak, nominal gerilimde oluşturulmuş haritadan karşılığının bulunması gösterilmiştir. Bu yaklaşımda 48V nominal gerilimde oluşturulan haritanın hız ekseni 48V dc bara gerilimi referans alınarak, denklem 19'da en sağdaki eşitlik ile akı tablosu haline dönüştürülerek kullanılır.



Şekil 18 : Yöntem 2 kaynak seçimi

Yapılan testlerde her iki yöntem karşılaştırmalı olarak, test edilmiş ve motor haritası taşıyan yöntemin alınan tork değerlerinin istenen tork değerlerine çok daha yakın olduğu görülmüştür. Aşağıda hıza bağlı tork referansı üreten tablodan referans değer %100 tork referansı yüzdesi alınarak, belli hız adamları taranarak her iki yöntemde alınan cevaplar incelenmiş değerler tork değeri olarak paylaşılmıştır.

48V	Hedef	Yönt1	Yönt2
500	14.50	14.43	14.00
1500	14.30	14.25	14.02
2500	9.20	9.29	9.21
3500	6.40	6.53	6.41
4500	4.90	5.05	4.91

42V	Hedef	Yönt1	Yönt2
500	14.50	14.61	13.82
1500	14.30	14.36	13.96
2500	8.90	9.00	8.93
3500	7.50	7.68	7.56
4500	4.87	5.07	4.92

56V	Hedef	Yönt1	Yönt2
500	14.54	14.46	14.10
1500	14.30	14.24	13.94
2500	9.00	8.97	8.99
3500	6.40	6.29	6.35
4500	4.90	4.72	4.85

Tablo 2 : %100 tork yüzdesi ile yöntem 1 ve 2'nin karşılaştırılması

Sonuçlar

Yapılan çalışmada ele alınan IPMSM tipi motorlardaki tork kontrol probleminde önerilen çözümler ele alınarak test sistemi üzerinde farklı dc bara gerilimleri altında test edilmiştir. Yöntem 1 ile motor parametlerinden bağımsız bir sonuç elde edilirken, dc bara gerilimi değişiminin etkisiyle elde edilen tork değerinin uygulanmak istenenden uzaklaştığı görülmüştür. Tüketim ve rejenerasyon açısından kaynak tarafında belli akım limitlerinde çalışılacak uygulamalarda bu yöntemin uygulanması limit aşımlarına sebep olacaktır. Yöntem 2'de kullanılan yaklaşımda ise motor davranışları nominal gerilim seviyesinde harita haline getirilerek işlemciye gömülmüştür. Uygulanan bu yaklaşımda referans tork değerlerine çok daha yakın sonuçlar elde edilmiştir. Yöntem 1 getirdiği işlem yükü ve uygulama kolaylığını sağlarken, ikinci yöntemdeki hafıza ihtiyacı ve getirdiği işlem yükünün yanı sıra referans tork değerlerine daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Referanslar

[1] Morimoto S., Takeda Y., Hirasa T., Taniguchi K., (1990). Expansion of Operating Limits for Permanent Magnet Motor by Current Vector Control Considering Inverter Capacity, IEEE Transactions on Industry Applications, 866 - 871

[2] Morimoto S., Sanada M., Takeda Y., (1994). Wide-Speed Operation of Interior Permanent Magnet Synchronous Motors with High-Performance Current Regulator, IEEE Transactions on Industry Applications, 920 - 926

[3] Meyer M., Bocker J., (2006). Optimum Control for Interior Permanent MagnetSynchronous Motors (IPMSM) in Constant Torque and Flux Weakening Range, 2006 12th International Power Electronics and Motion Control Conference

[4] Martin T., Burke R., (2013). Practical Field Weakening Current Vector Control Calculations for PMSM in Vehicle Applications, 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27)

[5] Hoang K., Aorith H. K. A., (2015). Online Control of IPMSM Drives for Traction Applications Considering Machine Parameter and Inverter Nonlinearities, IEEE Transactions on Transportation Electrification, 312 - 325

[6] Nam K. H., (2020). AC Motor Control and Electrical Vehicle Applications, CRC Press

[7] B.Cheng, Tod R. Tesch, "Torque Feedforward Control Technique for Permanent-Magnet Synchronous Motors"

[8] Huang W., Sun G., Zhang Y. ve Zhang X., (2013). Accurate Torque Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Machine, IEEE Transactions on Energy Conversion, 29 - 37

[9] Bech M. M., Frederiksen T. S., Sandholdt P., (2005). Accurate Torque Control of Saturated Interior Permanent Magnet Synchronous Motors in the Field-Weakening Region, Fourtieth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2005 Industry Applications Conference

[10] Kang G., Lim J., Nam K., Ihm H., Kim H., (2007). A MTPA Control Scheme for an IPM Synchronous Motor Considering Magnet Flux Variation Caused by Temperature, Nineteenth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition

[11] Amornwongpeeti S., Kiselychnyk O., Wang J., Shatti N., Shah N., Soumelidis M., (2017). Adaptive Torque Control of IPMSM Motor Drives for Electric Vehicles, 2017 IEEE 26th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)

[12] Yang S.M., Lin K.W., (2016). Automatic Control Loop Tuning for Permanent-Magnet AC Servo Motor Drives, IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1499 - 1506

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Gıda Soslarının Beslenme ile İlişkisi ve Soya Sosu Üretim Metotlarının Karşılaştırılması

The Relationship of Food Sauces With Nutrition and Comparison of Soy Sauce Production Methods

Hülya ŞİMŞEK[1]
Hasan TEMİZ[2]

Abstract

Food sauces are auxiliary ingredients that have a leading role in flavoring food in many of the world cuisine. According to Brazilian legislation "sauces are products in liquid form, based on paste, emulsion or suspension, fermented or not, used to add flavor or aroma to spices or seasonings, food or beverages. The duty of a good sauce should be having the properties that can add flavor, moisture, nutritional value and richness to the food to which it is added. Sauces are very rich ingredients in terms of different nutritional ingredients. A sauce should be in harmony with the food and support the flavors in the meal. It is used in many different forms according to the harmony with food being consumed and the production method. It is a fermented sauce obtained by fermenting soy

Özet

Gıda sosları dünyanın pek çok mutfak kültüründe yiyeceklerin lezzetlendiricisi olarak başrol görevini sahip yardımcı ingrediyenlerdir. Brezilya mevzuatına göre "soslar sıvı formda, macun, emülsiyon veya süspansiyon bazlı, fermente edilmiş veya edilmemiş, baharat veya çeşnilere, yiyecek veya içeceklere lezzet veya aroma kazandırmak için kullanılan ürünlerdir". İyi bir sosun görevi eklendiği yemeğe lezzet, nem, besinsel değer ve görünüm zenginliği ekleyebilecek özelliklere sahip olmalıdır. Soslar farklı besinsel içerikleri açısından oldukça zengin bileşenlerdir. Bir sos, yemekle uyum içerisinde ve yemek içeriğindeki tatları destekler nitelikte olmalıdır. Tüketilen gıda ile uyumuna göre ve üretim şekline göre birçok farklı formda kullanılmaktadır. Soya sosu, soya fasulyesi,

[1] Hülya ŞİMŞEK, Gıda Mühendisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi,Gıda Mühendisliği, hullyasmsk@gmail.com
[2] Hasan TEMİZ, Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, hasant@om.edu.tr

sauce, soybean, roasted wheat and brine with natural or special cultures. The sauce,originating from china, is now preferred in western cuisines while, widely used in East and Southeast Asian ones. Soy sauce production time is significantly affected by heat and sodium chloride concentration, and the sauce is now produced under more controlled technological conditions. Soy sauces are diversified depending on the proportion of raw materials, cultures and fermentation conditions. In the prepared presentation, the production of soy sauce, which has been used in Chinese and Japanese cuisines since ancient times and gradually becoming widespread, the studies on soy sauce and its relationship with health were mentioned.

Keywords: Sauces, Soy Sauce, Nutrıtıon, Productıon

kavrulmuş buğday ve salamura ile oluşturulan karışımın doğal veya özel kültürler ile fermente edilmesiyle elde edilen fermente bir sostur. Çin kökenli olan sos, Doğu ve Güneydoğu Asya mutfaklarında yaygın bir şekilde kullanılırken, günümüzde batı mutfaklarında da tercih edilmeye başlanmıştır. Soya sosunun üretim süresi önemli ölçüde ısı ve sodyum klorür konsantrasyonundan etkilenmekte olup, günümüzde daha kontrollü teknolojik şartlar altında üretilmektedir. Soya sosları kullanılan hammaddenin oranına, kullanılan kültürlere ve fermantasyon koşullarına bağlı olarak çeşitlenmektedir. Hazırlanmış olan sunumda, Çin ve Japon mutfaklarında oldukça eski zamandan beri kullanılan ve giderek tüketimi yaygınlaşmaya başlayan soya sosunun üretiminden, soya sosu üzerine yapılmış olan çalışmalardan ve sağlık ile ilişkisinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soslar, Soya Sosu, Beslenme, Üretim

Giriş

Yaşam kalitesinin artırılması konusunda beslenmenin etkisi önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzdendir ki tüketiciler besinsel özellikleri yüksek, sağlığı olumlu etkileyen ve bazı hastalıkları önleyebilen gıdalara büyük bir ilgi göstermektedir. Küreselleşme ve gelişme, tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de diyetlerde yapılan değişiklikleri ortaya çıkarmıştır. İnsan yaşamın devamlılığının sağlanabilmesi için temel ihtiyaç olarak bilinen yiyecek ve beslenme alışkanlıkları da aynı şekilde değişimlerden etkilenmiştir. Bu değişimler içerisinde, ülkeler arasında kullanımı veya üretimi farklı olsa da gün geçtikçe küreselleşen gıda sosları yer almaktadır. Soslar ile ilgili bilgilerin yer aldığı ilk kaynağın Antik Çağ'da Roma İmparatorluğunda MS. 1 yüzyılda Tiberius döneminde yaşamış olan Roma gurmesi Marcus Gavius Apicius'un 'De Re Cuquinara' adlı yazmaları olduğu ileri sürülmektedir. De Re Cuquinara'un 4. Yüzyıl boyunca derlenerek kitaplaştırıldığı ve 10 bölümden oluşan kitabın son bölümünün soslar ile ilgili bilgilere ayrıldığı bilinmektedir. İleri ki tarihlerde sosların geliştirilmesi Klasik Fransız Mutfağına dayandırılmaktadır. Fransız mutfağında kullanılan bütün sosların atası olarak bilinen beş temel sos oluşturulmuş ve bunun haricindeki bütün soslar bu temel soslara dayandırılmaktadır. Bunlardan dördünü 18. Yüzyılda Fransız mutfağının babası olarak kabul edilen Antonin Crème, temel

sosları ve türetilmiş sosları sistematize bir hale getirmiş ve bu düzenleme soslar hakkında yapılmış en önemli olay olarak görülmektedir. Bu sistematizasyon Crème tarafından: Beşamel sos (béchamel sauce), beyaz sos (sauce velouté), kahverengi sos (espagnole sauce) ve kırmızı sos (tomato sauce) şeklinde yapılmıştır. Soslar ile ilgili çalışmalar Careme'den önce de kullanılmış olsa da Careme dört temel sosu derleyen ilk kişi olmuştur. Ancak bu dört sosa 19. Yüzyılda Auguste Escoffier ilave olarak sarı sosu (Hollandaise sauce) da eklemiş ve günümüze 5 tane temel sos grubu gelmiştir (Kaufman ve Cathy, 2006: 176; Peterson, 2008:15). Sos kelimesi Fransızca'da 'yemek suyu' anlamına gelen 'sauce' kelimesinden Türkçe'ye uyarlanmıştır. "Sauce" kelimesinin ise eski Fransızca'da 'tuzlu' yani 'salsus' sözcüğünden türetildiği ileri sürülmektedir (Anonim, 2018). Sos kelimesinin anlamı Türk Dil Kurumu'nda ise "Bazı yemeklerin üzerine dökülen, domates, baharat vb. şeylerle yapılan karışım" olarak tanımlanmaktadır (TDK. 2021).

Soslar, dünyanın pek çok mutfağında kullanılan ve yiyeceklerin lezzetlendiricisi olarak başrol oyuncusu görevini sahiplenen yardımcı ingrediyenlerdir. Soslar yoğunlaştırılmış, tatlandırılmış ve işlem görmüş çeşni türü bir gıda ürünüdür. İyi bir sosun görevi eklendiği yemeğe lezzet, nem, besinsel değer ve görünüm zenginliği ekleyebilecek özellere sahip olmalıdır. Bir sos yemekle uyum içerisinde ve yemek içeriğindeki tatları destekler nitelikte olmalıdır. Tüketilen gıda ile uyumuna göre ve üretim şekline göre birçok farklı formda kullanılmaktadır. Bu farklı yapılar soğuk veya sıcak, ekşi veya tatlı, akışkan veya parçacıklı olabilmektedir (Önder, 2019: 57).

Genellikle gıda sosları olarak; domates sosu, salata sosları, pasta sosları, deniz ürünleri sosu, soya sosu vb soslar tüketilmektedir. Domates sosu, tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar, başta prostat kanseri olmak üzere bazı kanser türleri gibi çeşitli kronik hastalıkları azaltmada ve serum lipid seviyesini düşürmede, düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu engellemede olumlu bir etkisinin olduğu çalışmalarla saptanmıştır. Ayrıca, işlenmiş domates ürünlerindeki likopenin, çiğ domatese göre biyoyararlılığının daha yüksek olduğu ve oksidatif stresi azalttığı bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda, likopenin yağlarla birlikte tüketilmesi sonucunda emilim ve biyoyararlılığında artışlar tespit edilmiştir (Hornero-Méndez, ve Mínguez-Mosquera, 2007: 408). Salata soslarına ise, birçok bitkide bulunan ve öncelikle hindiba köklerinden (*Cicorium intybus L.*) ya da Kudüs enginarının yumrularından elde edilen inülin, doğal olarak oluşan polisakkaritlere dahil edilmiştir. Salata sosları içinde inulin, bifidobakterilerin büyümesini uyaran ve hayvan modellerinde kolon karsinogenezini inhibe eden bir prebiyotik olarak rapor edilmiştir. Ayrıca, inülinin hiperkolesterolemik erkeklerin serum trigliseritlerini önemli ölçüde azalttığı ve bağırsak florasını iyileştirdiği bildirilmiştir. Güneşte kurutulmuş domates sosu ürününe inülin katılması, ksantan sakızı ile sinerjistik etkileşime bağlı olarak ağız hissini ve viskoziteyi arttırdığı belirtilmiştir (Baldini, Danuso, Turi, Vannozzi, 2004: 38).

Fermente deniz ürünleri soslarında (balık sosu vb.), mikroorganizmalar kullanılarak enzimatik hidroliz gerçekleştirilmektedir; böylece biyoaktif peptitler hidroliz olmadan saflaştırılabilmektedir. Amino asit dizisine bağlı olarak, biyoaktif peptitler, antihipertansif, opioid agonisti veya antagonisti, immünomodülatör, antitrombotik, antioksidan, anti kanser ve antimikrobiyal gibi çeşitli biyolojik fonksiyonlara sahip olduğu belirtilmektedir. Bu biyoaktif peptitlerin bazıları insan sağlığını geliştirme ve hastalık riskini azaltma potansiyeline sahip olabilmektedir. Gıda kaynaklı biyoaktif peptitlerin

kardiyovasküler hastalık riskini azaltmada olası rolü gösterilmiştir. Lee ve diğerleri (2003) hamsi sosundan ayrılan hidrofobik peptit fraksiyonunun antikarsinojenik aktivitelerini araştırdı ve apoptozun bir indüksiyonunu ve kaspaz-3 ve -8 aktivitelerinin arttığını belirlemişlerdir. Balık sosunda birçok vitamin ve mineral de yer almaktadır. Balık sosu çok iyi bir B12 vitamini kaynağıdır ve sodyum (Na), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), demir (Fe), manganez (Mn) ve fosfor (P) gibi mineraller içermektedir (Lee ve diğerleri, 2003:402).

Sosu sosu ise, kendine özgü tat ve aromaya sahip bir sıvı sos türüdür. Çin başta olmak üzere Japonya, Kore ve diğer Asya ülkelerinde ana baharat olarak kullanılmaktadır, Batı ülkelerinde ise gün geçtikçe popülerlik kazanmaktadır. Soya sosu üretiminde, ülkeler arasında büyük farklılıklar görülmektedir. Aralarındaki tek benzerlik iki aşamalı bir fermantasyon sürecine tabii tutulması, yani birinci fermantasyon (katı hal fermantasyonu-koji) ve ikinci fermantasyon (salamura fermantasyonu-moromi) aşamalarından oluşmasıdır. Birinci fermantasyon, genellikle *Aspergillus oryzae* veya *Aspergillus sojae* gibi küf sporları kullanılarak soya fasulyesi ve buğdayın katı hal fermantasyon türüdür. İkinci fermantasyon ise birinci fermantasyonda küflendirilerek elde edilen karışımın bir tuzlu su çözeltisine konulması ile beraber içerisine laktik asit bakterisi ve maya ilave edilerek fermantasyona tabi tutulma aşamasıdır (Yang ve diğerleri, 2017).

Birinci fermantasyon (katı hal fermantasyonu), soya fasulyesinin belirli zaman ve oranlarda suda bekletilmesi ile başlamaktadır. Suda bekletilmesinin amacı, soya fasulyesinin kabuklarının çıkarılmasını kolaylaştırmak, nem içeriğini arttırmak ve küf kültürünün gelişmesini engelleyen soya fasulyesindeki küf inhibitörlerini ortadan kaldırmaktır. Ayrıca ıslatma işlemi sırasında, soya fasulyesinin pH'ını 4,5-5,0'a düşüren kendiliğinden bir fermantasyon gerçekleşmektedir. Düşük pH'ının ise küf kültürünün gelişmesini desteklediği belirtilmektedir. Santhirasegaram ve diğerleri (2016) göre soya fasulyesinin ıslatılması, laktik asit bakteri sayısının artmasını önemli ölçüde etkilemektedir.

Soya fasulyesi ıslatıldıktan sonra, basınç altında belirli sıcaklık ve süre içerisinde haşlanmaktadır. Haşlama sırasında kullanılan yüksek sıcaklık ve basınç nedeniyle soya fasulyesindeki bakteri, maya ve küf sayısı bu aşamada azalmaktadır (Santhirasegaram ve diğerleri, 2016). Bu arada buğday, sıcak havalı sürekli bir tencerede atmosferik basınç altında kavrulur. Kavrulmuş buğday daha sonra daha küçük buğday parçacıkları üretmek için öğütülür. Genellikle %0,2-0,3 ağırlık/ağırlık oranında küf kültürü ilave edilmektedir. *A. oryzae* ya da *A. sojae* en yaygın kullanılan küf kültür türleridir. Karışım, 3–5 cm kalınlığında tabakalar içeren tepsilere serilir ve 25-30°C'de 3 gün (72 saat) inkübe edilmektedir. Bu aşamada, koji kalıbı, proteinleri peptitlere ve amino asitlere hidrolize eden proteolitik enzimler ve ayrıca nişastayı basit şekerlere dönüştürmek için amilaz üretmektedir. Küf miselleri birinci fermantasyon için hazırlanan karışımın yüzeyinde büyür ve sporlanır. İnkübasyon süresi tamamlanırken küf miselleri tüm karışımı sarmış olur ve yeşilimsi kompakt bir soya fasulyesi kütlesi oluşturur (Luh, 1995 ; Su, Wang, Kwok ve Lee, 2005; Chancharoonpong, Hsieh ve Sheu, 2012 ; Yan, Qian, Ji, Chen, ve Han, 2013; Feng ve diğerleri, 2014). Birinci fermentasyonda kullanılan *Aspergillus oryzae*, proteazlar ve amilazlar gibi enzimleri içermekte, ürettiği esterler, alkoller, asitler, aldehitler, ketonlar, fenoller, heterosiklik moleküller, alkinler ve benzenler gibi faklı bileşiklerle soya sosunun lezzeti açısından önemli görevler üstlenmektedir. Soya sosunda, kaliteli ve arzu edilen lezzeti, amino

asitlerin mikrobiyal katabolizması ile üretilen lezzet bileşikleri oluşturmaktadır (Zhao, Yao, Wang, Hou, ve Cao, 2013).

Soya sosu oluşumu ikinci fermantasyon (salamura fermantasyonu) ile devam etmektedir. Katı hal fermantasyonunda elde edilen küf miselleri ile sarılmış olan karışım, % 18–22 NaCl içeren, genellikle 1: 2, ağırlık/ağırlık oranında tuzlu su çözeltisine konularak sıvı-katı bir karışım üretilir. (Van der Sluis, Tramper ve Wijffels, 2001 ; Syifaa, Jinap, Sanny ve Khatib, 2016). Bu sıvı-katı karışım içerisine laktik asit bakterisi ve maya ilave edilmektedir. Maya kültürü olarak genellikle *Z. rouxii* ve *Candida spp.,* laktik asit bakterisi olarak ise *Pediococcus halopbilis* kullanılmaktadır. Kültürlerin ilave edilmesi ile birlikte 18-25°C'de ikinci fermantasyon başlatılmaktadır. Fermantasyon süresi soya sosunda istenilen tat, aroma ve görünüşe göre değişmektedir. Fermantasyon süresini tamamlayan karışımlar belli bir basınç altında preslenmek ve filtre edilmektedir. Elde edilen ham soya sosu, 70-80°C'de 2-3 dakika veya 70-80°C'de 15-30 dakika pastörize edilmektedir. Ham soya sosunda pastörizasyonun amacı sadece mikroorganizmaları kontrol altına almak değil aynı zamanda sosun rengine ve aromasına katkı sağlamak için yapılmaktadır (Luh, 1995 ; Chancharoonpong ve diğerleri, 2012)

Soya sosu üretimi sırasında yapısında karmaşık bir mikrobiyal küf, maya ve bakteri topluluğu geliştirmektedir. Soya sosu fermantasyonu sırasında oluşturulan mikrobiyal popülasyon, soya sosundaki lezzet ve besin sentezinde önemli rol oynayan karmaşık bir sistemdir. Yapılan araştırmalar neticesinde aroma bileşiklerinin üretimi ve bazı kimyasal özelliklerin (organik asitler ve amino asitler gibi) mikroorganizmaların metabolik aktivitesinden oldukça etkilendiği bildirilmiştir (Devanthi ve Gkatzionis, 2019: 365). Soya sosu lezzeti ve aroması ilave edilen hammaddelere ve kullanılan mikroorganizma kültür türüne göre değişiklik göstermektedir. Ayrıca soya sosu içerisinde bulunan tuz oranı mikroorganizmaların gelişiminin engellenmesini desteklemektedir. Fakat aşırı tuz kullanımının sağlık üzerindeki olumsuz yönleri ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerildiği üzere günlük tuz alımını azaltmaya yönelik küresel çabalar, düşük tuzlu soya sosu ve sağlık destekleyici soya sosu üretimi üzerine çalışmalara yoğunlaşılmasına neden olmuştur. Bu tür tuz indirgemesi, moromi fermentasyon aşamasını hızlandırarak üretim sürecine de fayda sağlayabileceği düşüncesi ileri sürülmektedir. Genel olarak sodyum klorür, soya sosunun bozulmasını önlemek ve glutamik asit gibi diğer umami bileşikleriyle sinerjik reaksiyona girerek soya sosunun tadını arttırmak için önemli bir faktördür. Sınır seviyeden daha az miktarda tuz içeriğinin azaltılması mikrobiyolojik güvenlik ve organoleptik özelliklerle ilgili endişeler doğurmaktadır (Van der Sluis ve diğerleri 2001; Devanthi ve Gkatzionis, 2019).

Soya sosu fermantasyonunda oluşan asidik amino asitler, esas olarak aspartik asit ve glutamik asit soya sosunun kendine özgü önemli bir umami tada sahip olmasını sağlamaktadır. Soya sosu, güçlü ve farklı umami tadı nedeniyle dünya çapında tüketilen ve yüksek oranda tercih edilen bir baharat türü haline gelmiştir. Soya sosu çeşitlerinde 300 farklı aroma bileşeni tanımlanmıştır. Alkoller, asitler, esterler ve aldehidlerin soya sosunda en fazla bulunan uçucu bileşenler olduğu belirtilmiştir (Gao ve diğerleri, 2010; Sun ve diğerleri, 2010; Zhang ve Tao, 2010; Feng ve diğerleri, 2013). Soya sosunda, fenolik bileşikler, izoflavonlar, melanoidinler, serbest amino asitler ve süperoksit dismutaz gibi çok

çeşitli antioksidan ajanların bulunduğu da ifade edilmektedir. Bu sebeple farklı gıdalarda kullanılması ile raf ömrünü uzatabileceği ve nihai ürüne besinsel değer katabileceği belirtilmiştir. Soya sosu gıdalarda direkt kullanılabildiği gibi gıda ambalajlama materyali olarak kullanılan yenilebilir filmlere de ilave edilebilmektedir. Soya sosunun yenilebilir filmlere mekanik direnç sağladığını, film yüzeyi üzerinde antioksidan aktivite gösterdiğini ve bazı gıda kaynaklı patojenleri (*Escherichia coli, Salmonella Typhimurium ve Listeria monocytogenes*) inhibe ettiğini belirtmiştir (García, Pérez, Piccirilli ve Verdini, 2020)

Soya sosunun, gıdalara sağladığı etkilerin yanı sıra insan sağlığı üzerine olan etkileri de araştırılmıştır. Soya sosunun, insanlarda mide suyunun sekresyonunu arttırdığı, amino asitler, polioller ve aromatik bileşikler gibi tat bileşenlerine ek olarak bazı biyoaktif bileşenler içerdiği ve soya sosunun çeşitli biyolojik aktiviteleri bildirilmiştir. Benzopiren kaynaklı ön mide neoplazi inhibisyonu ile antikarsinojenik faaliyetleri içerdiği ve *Shigella flexneri, Salmonella typhi, S. paratyphi, S. enteritidis, Vibrio kolera, ve Escherichia coli O157: H7* karşı antimikrobiyal etkinliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Kataoka, 2005). Soya sosu antioksidan aktiviteye de sahiptir (Long, Kwee ve Halliwell, 2000). 4-hidroksi-2 (veya 5) -etil-5 (veya 2) -metil-3 (2H) -furanon ve aroma bileşenleri olarak ilgili bileşikler içermekte ve bu bileşikler güçlü antioksidan ve antikarsinojenik aktiviteye sahiptirler (Nakajima, Nozaki, Ishihara, Ishikawa ve Tsuji, 2005). Soya sosu ayrıca β-karbolinlerden kaynaklanabilecek anti-trombosit agregasyon aktivitesi göstermektedir.

Soya sosu kan basıncını düşürür ve anjiyotensin I dönüştürücü enzimin soya sosu ile inhibisyonu gerçekleşmektedir. Soya sosundan elde edilen izoflavon türevleri, iltihaplanma, alerji ve mide asidi salgılanma aracısı olan histamin üreten histidin dekarboksilazların aktivitesini inhibe edebilmektedir. Bu tür aktif bileşikler, soya fasulyesi ve buğdayın sindirimi sırasında ve fermantasyon sırasında meydana gelen enzimatik reaksiyonlarla oluşmaktadır. Soya sosunun fermantasyonu ve müteakip yaşlanması sırasında, soya fasulyesi ve buğdaydaki proteinler mikrobiyal proteolitik enzimler tarafından kısa peptitlere ve amino asitlere dönüştürülerek tamamen sindirilebilmektedir. Hammaddelerde bulunan alerjenlerin hiçbiri soya sosunda bulunmamaktadır. Soya fasulyesinin hücre duvarlarından kaynaklanan polisakkaritlerin yaklaşık %1'i (w/v) soya sosunda bulunur ve bu polisakkaritler hem in vitro hem de in vivo güçlü antialerjik aktivitelere sahiptir. Polisakkaritlerin soya sosundan oral olarak uygulanmasının alerjik rinitli hastalar için bir tedavi olarak etkili olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, soya sosu sadece geleneksel bir baharat değil, aynı zamanda fonksiyonel bir baharattır (Murooka ve Yamshita, 2008: 794).

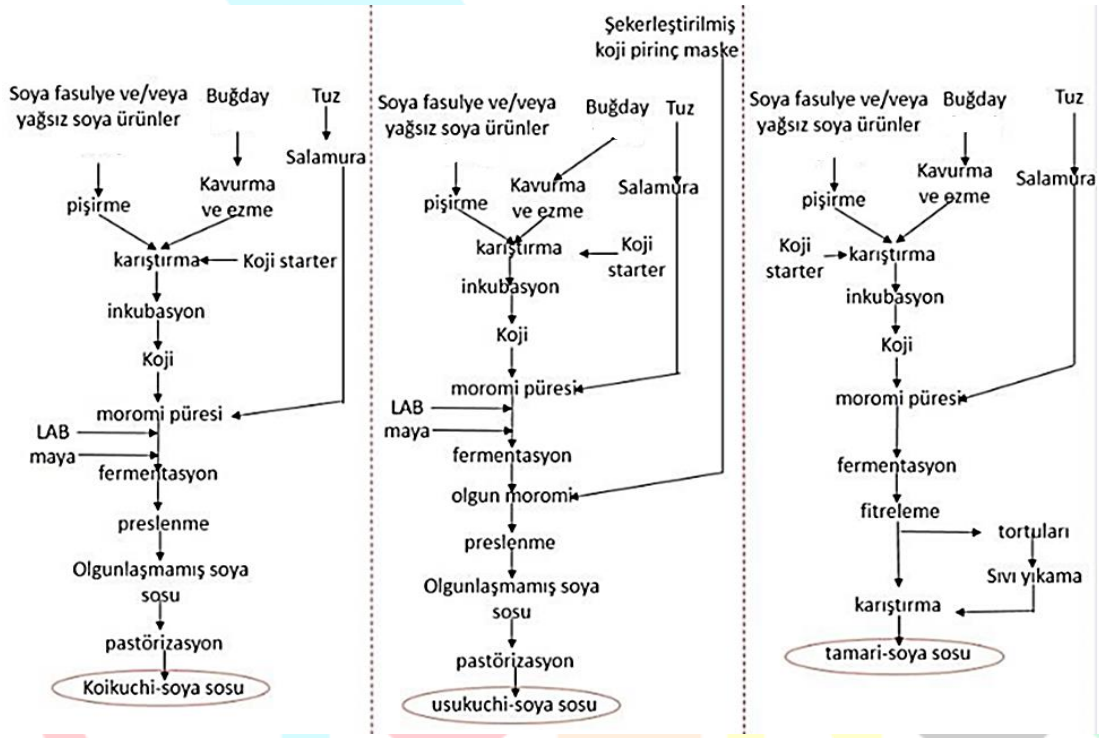
Soya fasulyesi ve buğday hammaddelerinin yapılarında bulundurdukları proteinleri, koji enzimleri gibi mikrobiyal enzimler tarafından tamamen peptitlere ve amino asitlere indirgendiği belirtmişlerdir. Bu bilgi ışığında soya sosu fermantasyonları sırasında soya ve buğday alerjenlerinin tamamen indirgenmesi ile soya sosunda hiçbir alerjen bulunmadığını ileri sürmektedirler. Bunun yanı sıra soya sosunun hipoalerjenikliği ve antialerjik aktivitesi nedeniyle gıda yoluyla alerjik hastalıkların tedavisi için potansiyel olarak umut verici bir baharat olabileceği savunulmaktadırlar (Kobayashi, 2005: 148).

Farklı fermantasyon süreçleri ile üretilen soya fasulyesi ve diğer soya ürünlerinin antioksidan, antiproliferatif ve östrojenik faaliyetleri olmak üzere farklı biyoaktiviteleri mevcuttur. Soya sosu, natto

ve kinema gibi soya bazlı fermente ürünlerin antitrombotik ve antikanser etkileri bulunmaktadır (Long ve diğerleri, 2000; Chai, 2013).

Soya sosu üretimi, farklı ülkelerde kendine özgü bileşim ve üretim teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Üretimde varolan her farklılık lezzet, aroma, renk, besin içeriği ve tercih edilebilirliği de farklı kılmaktadır. Her ülke kendi toplumuna uygun soya sosu üretimini gerçekleştirmekte ve kendilerine ait bir isim ile anmaktadırlar. Şekil.1' de farklı soya sosu üretim şemaları verilmektedir.

Şekil.1: Farklı soya sosu üretim şemaları



Kaynak: Fukushima, 2004

Japonya'da soya sosu "*shoyu*" anlmaktadır. Japonya'da Japon Tarım Standardı (JAS) tarafından tanınan beş farklı soya sosu türü üretilir. Bunlardan bir tanesi koikuchi soya sosu ve koyu renktedir. Yaklaşık olarak eşit ağırlıkta soya fasulyesi ve buğdaydan yapılmaktadır. Bir diğeri usukuchi'dir ve koikuchi'ye benzer şekilde üretilmektedir. İki sos arasındaki fark usukuchi'nin daha açık renkte olması ve hammaddelere ek olarak pirinç eklenmektedir. Shiro çok açık renktedir ve çoğunlukla soya fasulyesi çok az olan buğdaydan yapılmaktadır. Tamari ise aksine çok koyu renklidir ve çoğunlukla soya fasulyesinden ve çok az buğdaydan yapılmaktadır. Saishikomi, daha yaygın olarak kullanılan tuzlu su yerine hem koji hem de çiğ soya sosu ile karıştırılmış moromiden yapılmaktadır. Japonya'da tüketilen tüm soya sosu türleri arasında, iki ana tür olan koikuchi ve usukuchi, toplam tüketimin yaklaşık %95'ini oluşturmaktadır. Koikuchi shoyu, pişirme sırasında güçlü bir aromaya ve koyu bir renge sahip olmasına rağmen, usukuchi shoyu, yiyeceklerin orijinal rengini ve lezzetini korumak için yemek pişirmede daha çok kullanılan bir soya sosudur. Japon soya soslarının geneli Çin soya soslarına daha tatlı bir tada sahiptir. Kore soya sosu (Ganjang sauce) Japon soya sosu üretimine benzerlik

göstermekle birlikte daha fazla serbest amino asit ve oligopeptit içeren bir üründür (Kaneko ve diğerleri, 1994: 149; Kataoka, 2005: 228).

Çin soya sosu ise genellikle Japon soya sosundan daha düşük buğday içeriğine sahiptir ve farklı bir aromaya sahiptir. Japon soya sosları arasında yer alan tamari soya sosu türü Çin soya sosu olarak anılmaktadır. Ayrıca, Çin soya sosunun tuz içeriği genellikle çok daha yüksektir. Tayvan'da soya sosu Çin soya sosuna benzerlik göstermekte fakat Tayvan soya sosu siyah soya fasulyesinden üretilmektedir (Gao ve diğerleri, 2011). Ülkemizde ise soya sosu üretimi yapılmamakta; ithal edilerek ülke pazarına sunulmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Anonim, Etimolojiturkce https://www.etimolojiturkce.com/kelime/sos, Erişim tarihi: 13.02.2018.

[2] Baldini, M., Danuso, F., Turi, M., & Vannozzi, G. P. (2004). Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. Industrial Crops and Products, 19(1), 25–40. doi:10.1016/s0926-6690(03)00078-5

[3] Chai, C., Ju, H. K., Kim, S. C., Park, J. H., Lim, J., Kwon, S. W., & Lee, J. (2012). Determination of bioactive compounds in fermented soybean products using GC/MS and further investigation of correlation of their bioactivities. Journal of Chromatography B, 880, 42–49. doi:10.1016/j.jchromb.2011.11.013

[4] Chancharoonponga, C., Hsiehb, P. C., Sheu, S. C. 2012. "Effect of Different Combinations of Soybean and Wheat Bran on Enzyme Production from Aspergillus oryzae S", APCBEE Procedia, 2, 68-72.

[5] Devanthi, P. V. P., & Gkatzionis, K. (2019). Soy sauce fermentation: Microorganisms, aroma formation, and process modification. Food Research International. doi:10.1016/j.foodres.2019.03.010

[6] Feng, Y., Cui, C., Zhao, H., Gao, X., Zhao, M., Sun, W. 2013. "Effect of koji fermentation on generation of volatile compounds in soy sauce production". International Journal of Food Science and Technology, 48, 609–619.

[7] Fukushima, D. 2004. Industrialization of Fermented Soy Sauce Production Centering around Japanese Shoyu, Ed.: Steinkraus, K. H., Marcel Dekker Inc, s.29-88.

[8] Gao, X.-L., Cui, C., Zhao, H.-F., Zhao, M.-M., Yang, L., & Ren, J.-Y. (2010). Changes in volatile aroma compounds of traditional Chinese-type soy sauce during moromi fermentation and heat treatment. Food Science and Biotechnology, 19(4), 889–898. doi:10.1007/s10068-010-0126-7

[9] Gao, X., Cui, C., Ren, J., Zhao, H., Zhao, Q., & Zhao, M. (2011). Changes in the chemical composition of traditional Chinese-type soy sauce at different stages of manufacture and its relation to taste. International Journal of Food Science & Technology, 46(2), 243–249. doi:10.1111/j.1365-2621.2010.02487.x

[10] García, A., Pérez, L. M., Piccirilli, G. N., & Verdini, R. A. (2019). Evaluation of antioxidant, antibacterial and physicochemical properties of whey protein-based edible films incorporated with different soy sauces. LWT, 108587. doi:10.1016/j.lwt.2019.108587

[11] Hornero-Méndez, D. & Mínguez-Mosquera, M. I. (2007). Bioaccessibility of carotenes from carrots: Effect of cooking and addition of oil. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 8(3), 407–412. doi:10.1016/j.ifset.2007.03.014

[12] Kaneko, K., Tsuji, K., Kim, C.-H., Otoguro, C., Sumino, T., Aida, K. & Kaned, T. (1994). Contents and Compositions of Free Sugars, Organic Acids, Free Amino Acids and Oligopeptides in Soy Sauce and Soy Paste Produced in Korea and Japan. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 41(2), 148–156. Doi:10.3136/Nskkk1962.41.148

[13] Kataoka, S. (2005). Japon tarzı fermente soya sosunun (shoyu) ve bileşenlerinin fonksiyonel etkileri. Biyobilim ve Biyomühendislik Dergisi, 100 (3), 227–234. doi: 10.1263 / jbb.100.227

[14] Kaufman, Cathy K., (2006), Cooking in Ancient Civilizations, Greenwood Publishing Group, p. 176.

[15] Kobayashi, M. (2005). Immunological functions of soy sauce: hypoallergenicity and antiallergic activity of soy sauce. Journal of Bioscience and Bioengineering, 100(2), 144–151. doi:10.1263/jbb.100.144

[16] Lee, Y. G., Kim, J. Y., Lee, K. W., Kim, K. H., & Lee, H. J. (2003). Peptides from Anchovy Sauce Induce Apoptosis in a Human Lymphoma Cell (U937) through the Increase of Caspase-3 and -8 Activities. Annals of the New York Academy of Sciences, 1010(1), 399–404. doi:10.1196/annals.1299.073

[17] Long, L. H., Kwee, D. C. T., & Halliwell, B. (2000). The antioxidant activities of seasonings used in Asian cooking. Powerful antioxidant activity of dark soy sauce revealed using the ABTS assay. Free Radical Research, 32(2), 181–186. doi:10.1080/10715760000300181

[18] Luh, B.S. 1995. "Industrial production of soy sauce". Journal of Industrial Microbiology, 14, 467-471.

[19] Murooka, Y., & Yamshita, M. (2008). Traditional healthful fermented products of Japan. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 35(8), 791–798. doi:10.1007/s10295-008-0362-5

[20] Nakajima, N., Nozaki, N., Ishihara, K., Ishikawa, A., & Tsuji, H. (2005). Analysis of isoflavone content in tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh. Journal of Bioscience and Bioengineering, 100(6), 685–687. doi:10.1263/jbb.100.685

[21] Önder B. 2019. Bazı Salata Soslarının Fiziko-kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

[22] Peterson, J. (2008). Sauces: Classicial and Conpemporary Sauce Making. Houghton Mifflin Harcourt, 3. Edition, ISBN: 978-0470194966

[23] Santhirasegaram, V., George, D. S., Anthony, K. K., Singh, H. K. B., Saruan, N. M., Razali, Z., & Somasundram, C. (2016). Effects of Soybean Processing and Packaging on the Quality of Commonly Consumed Local Delicacy Tempe. Journal of Food Quality, 39(6), 675–684. doi:10.1111/jfq.12252

[24] Su, N.-W., Wang, M.-L., Kwok, K.-F., & Lee, M.-H. (2005). Effects of Temperature and Sodium Chloride Concentration on the Activities of Proteases and Amylases in Soy Sauce Koji. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(5), 1521–1525. doi:10.1021/jf0486390

[25] Sun, S. Y., Jiang, W. G., & Zhao, Y. P. (2010). Profile of Volatile Compounds in 12 Chinese Soy Sauces Produced by a High-Salt-Diluted State Fermentation. Journal of the Institute of Brewing, 116(3), 316–328. doi:10.1002/j.2050-0416.2010.tb00437.x

[26] Syifaa, A. S., Jinap, S., Sanny, M., & Khatib, A. (2016). Chemical Profiling of Different Types of Soy Sauce and the Relationship with its Sensory Attributes. Journal of Food Quality, 39(6), 714–725. doi:10.1111/jfq.12240

[27] Türk Dil Kurumu (TDK), (2021). Erişim adresi http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5c597956e8bb91.17350

[28] Van der Sluis, C., Tramper, J., & Wijffels, R. H. (2001). Enhancing and accelerating flavour formation by salt-tolerant yeasts in Japanese soy-sauce processes. Trends in Food Science & Technology, 12(9), 322–327. doi:10.1016/s0924-2244(01)00094-2

[29] Yan, Y., Qian, Y., Ji, F., Chen, J., & Han, B. (2013). Microbial composition during Chinese soy sauce koji-making based on culture dependent and independent methods. Food Microbiology, 34(1), 189–195. doi:10.1016/j.fm.2012.12.009

[30] Yang, Y., Deng, Y., Jin, Y., Liu, Y., Xia, B., & Sun, Q. (2017). Dynamics of microbial community during the extremely long-term fermentation process of a traditional soy sauce. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(10), 3220–3227. doi:10.1002/jsfa.8169

[31] Zhao, G., Yao, Y., Wang, C., Hou, L., & Cao, X. (2013). Comparative genomic analysis of Aspergillus oryzae strains 3.042 and RIB40 for soy sauce fermentation. International Journal of Food Microbiology, 164(2-3), 148–154. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.03.027

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI M□HENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI □ALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Otomobil Sahipliği Analizi ve Etki Eden Faktörler

Car Ownership Analysis and Affecting Factors

Hümeyra BOLAKAR TOSUN[1]
Ahmet TORTUM[2]

Abstract

This purpose is to identify and analyze the factors that affect car ownership. Data taken as an example for the ownership of the automobile tones belonging to the provinces in the study. The variable variable in the study is in the category of cars per 1000 people. Independent variables are the number of automobiles per 1000 inhabitants belonging to the provinces, gross domestic product, consumption expenditures transportation percentage, village population, age dependency ratio, city population, household size, divided road length in annual population, vehicle-km, tons. -km, passenger-km, the number of illiterate people, the number of high school graduates, the number of university graduates, the number of literate women and the number of literate men decrease. And as a result, where there are the largest positive variables for gross domestic product and the number of literate auto cars.

Keywords: Car ownership, Regression analysis, Transportation.

Özet

Bu çalışmanın amacı otomobil sahipliğine etki eden faktörleri belirlemek ve analizini yapmaktır. Çalışmada illere ait otomobil sahipliği ve otomobil sahipliğine etki eden istatistiksel veriler kullanılmıştır. Çalışmada bağımlı değişken 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ise illere ait 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı, gayri sahi yurtiçi hasıla, tüketim harcamaları içerisinde ulaşım yüzdesi, köy nüfusu, yaş bağımlılık oranı, şehir nüfusu, hane halkı büyüklüğü, yıllık nüfus artışı, bölünmüş yol uzunluğu, taşıt-km, ton-km, yolcu-km, okuma yazma bilmeyen kişi sayısı, lise mezunu sayısı, üniversite mezun sayısı, okur yazar kadın ve okur yazar erkek sayısı olarak belirlenmiştir. Ve sonuç olarak gayri sahi yurtiçi hasıla ve okuryazar sayısı değerleri otomobil sahipliği ile pozitif ilişkili en büyük etkiye sahip değişkenler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Otomobil sahipliği, Regresyon analizi, Ulaştırma.

[1] Hümeyra BOLAKAR TOSUN, Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, bolakarhumeyra@gmail.com
[2] Ahmet TORTUM, Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, atortum@atauni.edu.tr

Giriş

Günümüzde gelire bakılmaksızın insanların ulaşım alışkanlıkları ve konfor vb. şeylere olan talep herkesin özel otomobil sahipliğini ciddi oranda artırmıştır. Ayrıca teknolojik gelişmelere paralel olarak üretilen araçlardaki kalite, hız, konfor, güvenilirlik gibi özellikler talebi giderek artırmaktadır. Hızlı nüfus artışı, kırsal kesimde yaşayan insanların büyük şehirlere olan göç talebi, sosyo-ekonomik seviyenin artmasıyla artan yolculuk yapma isteği ve dolaylı olarak otomobil sayısının artması şehirlerde ulaştırma sorunlarının oluşmasına sebep olmuştur. Bugün insan nüfusunun büyük bir kısmı araba kullanabilmekte olup özel araçlara sahip durumdadır. Bu her özel otomobil ekstra alan anlamına geldiği için insanların yaşam alanları büyük oranda kısıtlanmakta ve bir de trafik problemi ortaya çıkmaktadır. Hayatı kolaylaştırma ve hızlandırma anlamında kuşkusuz en yararlı olarak bilinen otomobillerin sebep olduğu insan ve hayvan yaralanmaları, ölümleri, trafik tıkanıklıkları, hava, çevre, gürültü kirliliği gün geçtikçe artarak devam etmektedir. Bu bağlamda sorunların çözülmesi kent içi ulaşımın, mevcut stratejik fiziki plan kararları dikkate alınarak analiz edilmesi, düzenlenmesi, toplu taşıma sistemlerine ve yaya/bisiklet gibi çevre dostu ulaşım biçimlerine öncelik verilerek ulaşım ve trafik sorunlarına çözümler getirilmesi, özel ulaşım dahil çeşitli ulaşım türlerinin aktarma olanaklarının geliştirilmesi gerekmektedir. Bu özelliklere uygun bir kent ulaşım planı hazırlanarak bu durum mümkün kılınabilmektir. Genel olarak yapılan çalışmalarda, otomobil sahipliği 1000 kişi başına düşen otomobil sayısını olarak tanımlanmaktadır ve kent ulaşım planı oluşturulmasında önemli bir etkiye sahiptir.

Otomobil sahipliği modelleri 1960'lı yılların başlarında ilk olarak İngiltere'de geliştirilmeye başlanmıştır. Fakat modelleme çalışmalarında belirgin gelişme ve modellerde çeşitlilik 1980 yılından sonra görülmektedir. Bunun nedeni otomobil sahipliği model çalışmasında yararlanılacak sayım ve gözlemlerin bu tarihten sonra istenilen seviyeye gelmesi olarak düşünülmüştür (Öğüt 2000).

Galal (1992) yaptığı çalışmada, Kuveyt'in özel otomobil sahipliğini modellemiştir. Çalışma 1988 yılında 6200 haneden 60000 kişi ile görüşülerek yürütülmüştür. Çalışma sonucunda vatandaşlık, hane halkı büyüklüğü, gelir, evdeki erkek ve kadın yetişkin sayısı ve ev türü gibi hane halkı karakteristikleri ile araba sahibi olma arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Chung and Lee (2002) Kore'de yaptıkları çalışmada, otomobil talebinin, sürüş popülasyonunun ve yol uzunluğunun eşzamanlı bir modelini hesaplamak için bir yapısal eşitlik modeli (SEM) uygulanmıştır. Çalışmada, 1970-1998 dönemi Seul metropoliten alanındaki veriler kullanılmıştır. Modelin üç endojen ve altı ekzojen değişken vardır. Bunlardan endojen değişkenler; sürücü popülasyonu, otomobil sayısı ve yol uzunluğu olarak belirlenmiştir. Ekzojen değişkenler; hane halkı boyutu, ekonomik olarak aktif olan kişi sayısı, kişisel ulaşım harcamaları, şehirleştirilmiş alan büyüklüğü, şehirleştirilmiş alandaki kişi sayısı olarak belirlenmiştir ve değişkenler arasındaki etkileşim incelenmiştir. Değişkenler arasındaki model çıktılarına göre ilk olarak, toplam otomobil sayısı ve sürücü nüfusu arasında şartlı korelasyon olduğu varsayılmaktadır. Sürücü popülasyonundaki artış, otomobil sayısını artırmaktadır. Yada ekonomik sebeplerle araç alım gücü azalınca sürücü popülasyonu da azalmaktadır. İkinci olarak, yol

uzunluğu ile toplam otomobil sayısı değerlendirildi ve birbiri arasında doğrudan bir korelasyon olduğu tespit edildi. Ekzojen değişkenlerden ilk olarak, hanehalkı başına ortalama kişi sayısı, toplam otomobil sayısı ile negatif bir ilişki içinde olduğu gözlenmiştir. İkincisi, kişisel ulaşım harcamaları otomobil sayısı ile güçlü bir pozitif korelasyon içerdiği tespit edilmiştir. Üçüncü olarak, ekonomik açıdan aktif nüfus, sürücü belgesi alanların sayısını kuvvetle etkilediği belirlenmiştir. Yol uzunluğu üzerinde doğrudan etkiye sahip iki dış kaynaklı değişken bulunmuştur bunlar şehirleşmiş alanın büyüklüğü ve Seul metropol alanındaki nüfus yoğunluğu olduğu belirlenmiştir.

Whelan (2004) yaptığı çalışmada, İngiltere'de otomobil sahipliğini modellemiştir. Araba sahipliğinin ulaştırma ve arazi kullanım planlamasına verdiği önem ve enerji tüketimi, çevre ve sağlık ile olan ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışma otomobil sahipliği için ekonometrik modeller geliştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada hanehalkı geliri, hanehalkı yapısı, motor maliyetleri, ihtiyaç / erişilebilirlik, firma araçları verileri kullanılmıştır. Kurulan modeller hane düzeyinde başarıyla doğrulanmış ve model tahminleri, 2001 Census'tan çıkarılan fiili araç sahipliği bilgileri ile olumlu bir şekilde karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalara ek olarak çalışmamızda bahsedilen veriler analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Hanly and Dargay (2005) yaptıkları çalışmada, otomobil sahipliğini Dinamik ayrık seçim ve panel veri teknikleri ile modellemişlerdir. Model sonuçlarına göre, tüm modellerde olduğu gibi gelir, otomobil sahipliği düzeylerinin önemli bir belirleyicisi olarak tespit edilmiştir.

Clark (2007) yaptığı çalışmada, gelir, nüfus yoğunluğu ve hanehalkı büyüklüğü gibi değişkenler ile otomobil sahipliği Coğrafi Ağırlıklı Regresyon yöntemi kullanılarak modellenmiştir. Çalışma sonuçlarında gelir ve nüfus yoğunluğu parametreleri için yapılan tüm tahminler %5 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

Yagi and Managi (2015) yaptıkları çalışmada, 1980 ve 2009 yılları arası Japonya da özel araç sahipliği demografik belirleyicilerini incelemişlerdir. Çalışmada araç yaşı 11 araç tipine özgün toplu datalar oluşturulmuştur. Demografik belirleyiciler beş kategoride toplanmıştır. Bunlar; ekonomik faktörler, doğal faktörler, sosyal faktörler, uzunlamasına faktörler ve diğer ulaşım faktörleridir. Yapılan çalışmalar ışığında kendi çalışmamız için değişkenler belirlenip sonuçlar incelenmiştir.

Yöntem

Bu çalışma Türkiye'de illere ait istatistik veriler Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) ve Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)'ünden derlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmanın veri tabanı

Kod	Değişken Adı	Değişken Çeşidi
U1	1000 Kişi Başına Otomobil Sayısını	Bağımlı Değişken
M1	GSYİH	Bağımsız Değişken
M2	Tüketim Harcamaları İçerisinde Ulaştırma	
D3	Köy nüfusu	
D4	Yaş bağımlılık oranı(Bağımlı nüfus/ çalışan nüfus)	
D5	Şehir nüfusu	
D6	Hane halkı büyüklüğü	

D7	Yıllık nüfus artışı
U5	Bölünmüş yol uzunluğu(KM),
U7	İllere göre taşıt km
U8	İllere göre ton km
U9	İllere göre yolcu km
E2	6+ Yaş ve Okuma Yazma Bilmeyen
E4	Lise mezunu sayısı
E5	Yüksek fakülte mezunu sayısı
E6	Okur yazar kadın sayısı
E7	Okur yazar erkek sayısı

Çalışmada yapılan faktör analizine göre faktörler sırasıyla; "Faktör 1" ve "Faktör 2" olarak anlamlandırılmıştır. Tablo 2 de Açıklayıcı faktör analizi gösterilmiştir.

Tablo 2. Açıklayıcı faktör analizi

Faktörün Adı	Değişken	Faktör Ağırlıkları
Faktör 1	D4 Yaş Bağımlılık Oranı	0,974
	U7 İllere Göre Taşıt Km	0,971
	U9 İllere Göre Yolcu Km	0,966
	E2 6+ Yaş ve Okuma Yazma Bilmeyen	0,964
	U8 İllere Göre Ton Km	0,961
	D7 Yıllık Nüfus Artışı	0,827
	E4 Lise Mezunu Sayısı	0,553
Faktör 2	E5 Fakülte Mezunu Sayısı	0,909
	E6 Okur Yazar Kadın Sayısı	0,906
	E7 Okur Yazar Erkek Sayısı	0,883
	D3 Köy Nüfusu	0,632
	M1 GSYİH	0590

Çoklu regresyon analizinde 1000 kişi başına düşen otomobil sayısı bağımlı değişken ve faktör analizi sonucu elde edilen iki faktöre ait faktör skorları bağımsız değişken olarak belirlenerek yapılmıştır. Başlangıçta modele dahil ettiğimiz değişkenlerin aritmetik ortalama ve standart sapmalarını gösteren tanımlayıcı istatistik tablosu Tablo 3'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 3. Tanımlayıcı istatistikler (n=81)

Değişkenler	Ortalama	Std. Sp.
Otomobil Sayısı	600,7037	289,25142

Faktör 1	,0000000	1,00000000
Faktör 2	,0000000	1,00000000

Tablodan anlaşılacağı üzere faktör skorlarının ortalaması 0 ve 600; standart sapması ise 1 ve 289 arasında değişmektedir. Faktörler arasındaki korelasyonları Tablo 4'de gösterilmektedir. Faktörler arasındaki korelasyon 0 ve otomobil sahipliği değişkeni ile en büyük korelasyona 1. Faktör sahiptir (0,909).

Tablo 4. Korelasyon matrisi değerleri

		Otomobil Sayısı	Faktör 1	Faktör 2
Pearson Korelasyonu	Otomobil Sayısı	1,000	,251	,405
	Faktör 1	,251	1,000	,000
	Faktör 2	,405	,000	1,000
Sig. (1-tailed)	Otomobil Sayısı	.	,012	,000
	Faktör 1	,012	.	,500
	Faktör 2	,000	,500	.

Çoklu regresyon analizinde bağımsız değişkenler arasında güçlü korelasyon olması istenmeyen bir durumdur. Çünkü bu durumda bağımsız değişkenlerin modele katkısı birbirine çok yakın olmakta ve değişkenlerin modelde olması veya olmaması modelin gücünü etkilememektedir. Bağımsız değişkenler arasında 0,80 ve üzerinde korelasyonlar varsa bu durum çoklu bağıntı probleminin bir göstergesidir. Bu durumda araştırmacı bazı değişkenleri modelden çıkarabilir. Tablo 5 çoklu regresyon modeline ait özet istatistikleri içermektedir. R2 bize bağımlı değişkenin yüzde kaçlık kısmının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Örneğimizde bağımlı değişkendeki değişimin %22,7'sinin modele dahil ettiğimiz faktörler tarafından açıklanmaktadır. Geriye kalan %77,3'lük kısım ise hata terimi vasıtasıyla modele dahil etmediğimiz değişkenler tarafından açıklanır. Modeldeki bağımsız değişken sayısını artırdığımızda (eklenen değişken ister ilgili ister ilgisiz olsun) R2 artar. Buna karşılık Düzeltilmiş R2'ye bakmak gerekir. Çünkü Düzeltilmiş R2 yalnızca eklenen değişken modelle ilişkili ise artar. Yine tabloda önemli bir test de Durbin-Watson testidir. Modelimizde otokorelasyon olup olmadığını gösterir. Genellikle 1,5-2,5 civarında bir D.W. testi değeri otokorelasyon olmadığını gösterir.

Tablo 5. Çoklu regresyon modelinin özet istatistikleri

Model	R	R2	Düzeltilmiş R2	F	Durbin Watson
1	0,476a	0,227	0,207	11,434*	2,200

a. Tahmin Ediciler: Sabit, F1, F2

b. Bağımlı Değişken: Otomobil Sayısı

* F istatistiği 0.01 düzeyinde anlamlıdır.

Tabloya göre, otomobil sayısı ve faktör skorları arasındaki doğrusal ilişkinin derecesi (çoklu korelasyon katsayısı) %47,6'dır. Modelin belirlilik katsayısı (R2) %22,7'dir. Belirlilik katsayısı bağımlı değişkene ilişkin toplam varyansın %22,7'sinin bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını göstermektedir. Bu katsayı modelin serbestlik derecesine göre düzeltildiğinde açıklanan oranın %20,7'ye düştüğü görülmektedir.

Belirlilik katsayısı (R2) doğrusal modelin uyum iyiliğinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan ölçümdür. Modelin açıklayıcılık gücünü göstermekte olup; 0 ve 1 aralığında değerler almaktadır. Tüm birim değerlerinin regresyon doğrusu üzerinde yer alması durumunda R2=1 ve bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında hiç doğrusal ilişki yoksa R2=0 olur. Fakat R2'nin sıfıra eşit çıkması bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişki olmadığı anlamına gelmez. Sadece değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını gösterir. Gözlenen (fiili) birim değerleri ile modelle tahmin edilen birim değerleri arasında fark olabilir. Tahmin edilen ile gerçek değerler arasındaki farkın bir ölçütü olan tahminin standart hatası 257,59904 olup bin kişi başına düşen otomobil sayısının tahmin edilen değerleri etrafındaki güven aralığının hesaplanmasında kullanılmaktadır.

ANOVA tablosu modelimizin bir bütün olarak anlamlı olup olmadığını test etmemize yarar. Tablo 6'daki 11,434 F değeri, modelimizin bir bütün olarak her düzeyde anlamlı olduğunu gösterir (Anl.=,000).

Tablo 6. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) tablosu

Model		Kareler Toplamı	df	Ortalama Kare	F	p Değeri
1	Regression	1517444,249	2	758722,125	11,434	,000b
	Residual	5175866,640	78	66357,265		
	Total	6693310,889	80			
a. Tahmin Ediciler: Sabit, F1, F2						
b. Bağımlı Değişken: Otomobil Sayısı						

Tek-Yönlü Varyans Analizi ANOVA (veya F testi) genel olarak modelin anlamlılığını test eder. Modele ilişkin F değeri 11,434 (758722,125/66357,265) ve F değerinin anlamlılığını gösteren p-değeri 0,000 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar modelin oldukça anlamlı olduğunu göstermektedir. Diğer bir anlatımla otomobil sayısı, faktör skorları ile anlamlı bir şekilde açıklanabileceğini göstermektedir. Ayrıca bu sonuçlar R2 sonucunu da desteklemektedir. Bu sonuçlar belirlenen faktörler ile otomobil sayısı arasında güçlü doğrusal ilişkilerin olduğunu gösterir.

Her bir açıklayıcı faktörün anlamlılığını (önemini) değerlendirmek için regresyon katsayıları tablosunun incelenmesi gerekmektedir (Tablo 7). Bu tablodaki faktörlere ilişkin t değerleri veya bu değerlere ilişkin p-değerleri incelendiğinde F1 ve F2 faktörlerin %5 anlamlılık düzeyinde otomobil sayılarını açıklamada önemli değişkenler oldukları anlaşılmaktadır. Çünkü bu faktörlere ilişkin p-değerleri %5'ten küçüktür. Tabloda sırasıyla faktörlerin simgeleri, kısmi regresyon katsayıları, bu katsayıların standart hataları, beta katsayıları, t ve p-değerleri yer almaktadır.

Tablo 7. Modele ait regresyon katsayıları

Faktörler	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t Değeri	p Değeri
	β	Std. Hata	β		
Sabit	600,704	28,622		20,987	,000
F1	72,516	28,800	,251	2,518	,014
F2	117,088	28,800	,405	4,065	,000

Regresyon katsayılarının işareti ilgili faktörle otomobil sayısı arasındaki ilişkinin yönünü, büyüklüğü ise önemini (bağımsız değişkenler standartlaştırılmış değişkenler olduğundan) göstermektedir. Yani bağımsız değişkenlerin önemlilik sıralaması hem kısmi regresyon hem de beta (kısmı korelasyon) katsayılarına göre yapılabilmektedir. Beta, kısmi korelasyon katsayıları olup diğer bağımsız değişkenler sabit tutulduğunda bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bir ölçütüdür.

Bulgular

Sonuç olarak 81 ile ait analizlerinin yapıldığı bu araştırmada otomobil sahipliği oluşmasında eğitim, nüfus ve ekonomik değişkenlerinin fazla etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ulaştırma sisteminde aranan özellikler o ulaştırma sisteminin hızlı, ekonomik, güvenli ve ülke koşullarına uygun olmasıdır. Ne yazık ki günümüzde ulaşım talebinin türel dağılımı çarpık olarak karşılanmaktadır. Yani ağırlıklı olarak karayoluna olan talep dolayısı ile ulaşım alt sistemleri arasında denge sağlanamaması daha önce de bahsettiğimiz gibi birçok olumsuzluk doğurmaktadır. Bu sebepten dolayı ülkemizde alternatif ulaşım sistemleri ile karayolu ulaşımının oranı düşürülmelidir. Gerçekte artan ulaşım talebi ve trafiğe karşı yeni yolların yapılması halihazırdaki bu büyük soruna çözüm getirmemiş, bir bakıma otomobil sahipliği ve kullanımına teşvik etmiştir. Bu durum karşısında bu konuya bakış açısı değişmeli, planlama, arazi kullanımı kararları ve toplu taşımacılığa yönelim sağlanarak daha akılcı çözümler üretilmelidir. Otomobil sahipliği analizleri ve modellerin geliştirilmesi konuyla ilgili planlama yapılması açısından oldukça önemlidir. Özel araç kullanımına karşı değiliz ama özel araç kullanımının baskılandığı bir ulaşım sisteminin yaşanılır olması için, bu çalışma sonuçlarının topluma ışık tutacağı umulmaktadır.

Kaynakça

[1] Öğüt, K. S., 2000. Türkiye'de Otomobil Sahipliğinin Modellenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

[2] Galal, M., S., 1992. Modelling Household Car Ownership in the Gulf States: The Case of Kuwait, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 26, No. 2

[3] Chung, J.H. and Lee, D., 2002. Structural model of automobile demand in Korea, trrjournalonline.trb.org

[4] Whelan, G., 2007. Modelling car ownership in Great Britain, Volume 41, Issue 3, doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.013 Pages, 205-219

[5] Dargy, J. and Hanly, M., 2007.Volatility of car ownership, commuting mode and time in the UK, Volume 41, Issue 10, December, Pages 934-948

[6] Clark, S. D., 2009. Characterising and predicting car ownership using rough sets, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 17, Issue 4, August 2009, Pages 381-393.

[7] Yagi, M., Managi, S., 2016. Demographic determinants of car ownership in Japan. Transp. Policy 50, 37–53. http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.05.011

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Investigation of Moisture Detection with Terahertz Spectroscopy Method

Terahertz Spektroskopi Yöntemi ile Barutlardaki Nem Tespitinin Araştırılması

***Ramazan Hamza KARAKAYA*[1]**
***Murat ŞAHİN*[2]**

Abstract

In the literature research, it was seen that Terahertz technology can detect and distinguish explosives, many explosives have fingerprints in the THz area, THz rays can penetrate objects such as paper, cardboard, leather, plastic and detect the substances behind them, and it provides the opportunity to measure without damaging the substances. Due to these features, it has been determined that it is used in different fields and branches and has emerged as a developing technology in recent years. Especially, THz rays have been found to be used and successful in determining moisture and water in many studies. It has been evaluated that (THz) rays can be used effectively to detect moisture in gunpowder by passing through gunpowder pouches, since they are extremely sensitive to water and moisture. Based on this information, in this study; Moisture

Özet

Yapılan literatür araştırmasında, Terahertz teknolojisinin patlayıcıları tespit edebildiği ve ayırt edebildiği, birçok patlayıcının THz alanında parmak izine sahip olduğu, THz ışınlarının kâğıt, karton, deri, plastik gibi cisimlere nüfuz edebildiği ve ardındaki maddeleri tespit edebildiği ve maddeleri iyonize etmemesi nedeniyle zarar vermeden ölçüm olanağı sağladığı gibi birçok özelliği sahip olduğu görülmüştür. Bu özellikleri nedeniyle farklı alanlarda ve dallarda kullanıldığı ve son yıllarda gelişen bir teknoloji olarak karşımıza çıktığı tespit edilmiştir. Özellikle, THz ışınlarının birçok çalışmada nem ve su tespitinde kullanıldığı ve başarılı olduğu tespit edilmiştir. (THz) ışınlarının suya ve neme karşı aşırı hassas olması nedeniyle, barut keselerinden geçerek barutların içerisindeki nemlenmenin tespit edilmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Bu

[1]Ramazan Hamza KARAKAYA, Postgraduate, National Defense University, Alparslan Defense Sciences Institute, Department of CBRN-P, IED's and Explosives Program, Ankara, Türkiye, rhkarakaya@gmail.com
[2]Murat ŞAHİN, Associate Professor, National Defense University, Mechanical Engineering Department, Ankara, Türkiye, msahin@kho.edu.tr

determination of gunpowder was made on two different types of gunpowder using Terahertz Spectroscopy (Terahertz Time Domain Spectroscopy) method.

Keywords: Terahertz, THz, Terahertz Spectroscopy, Gunpowder, Moisture, Humidity

bilgilerden yola çıkarak, bu çalışmada; Terahertz Spektroskopi (Terahertz Time Domain Spectroscopy) yöntemi kullanılarak iki farklı çeşit barut tipi üzerinde barutların nem tespiti yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Terahertz, THz, THz Spektroskopi, Barut, Nem

Introduction

Terahertz radiation can penetrate almost any substance except metal at a certain rate. The field of THz rays is in the frequency range that matches the vibrational motion of most chemical and biological molecules. T-rays pass through many materials such as plastic, cardboard and fabric and are absorbed in water and water vapor and reflect from metals. Because of this feature, it can find application area in the security of airports, shopping malls and critical buildings, as well as THz wavelengths can be used in the identification of hazardous substances as they form the fingerprint spectrum of most chemical and biological materials. THz radiation is most sensitive to water. In addition, due to the low energy of THz technology and not damaging biological tissue and chemical molecules, it has been concluded that it can detect moisture without damaging the gunpowder and it has been evaluated that this measurement can be made in a safe manner. Therefore, it has been evaluated that THz rays can be used effectively in detecting the moisture change in gunpowder.

As a result of the literature research conducted in terms of the examination of gunpowder related to THz technology, It has been determined that there are studies on whether different types of gunpowder can be distinguished by using different types of techniques including THz radiation and THz-TDS (Terahertz Time Domain Spectroscopy) (Gavenda & Křesálek, 2013) (Gavenda & Křesálek, 2014). However, it has been observed that no studies have been carried out in our country and in the world on terahertz technology and terahertz spectroscopy to determine the moisture state of gunpowder.

What Is THz and What Are Its Properties?

The terahertz (THz) region of the electromagnetic spectrum is a region that is in the range of microwave to far infrared regions and generally corresponds to a frequency range from 100 GHz to 10 THz. The name of the region derives from the word "Tera", which is the prefix of the frequency (Hertz). The word "tera" is derived from a Greek word meaning "beast"; but in the metric system it is the prefix that means 'multiply by 10^{12}'. It is briefly denoted by "T". It is also possible to refer to these radiation waves as T-rays. Equal to 1 THz = 10^{12} Hz. It has the equivalent of 1 THz, 33.3 cm-1

wave number, 1 picosecond period, 300 μm wavelength and 4.13 meV photon energy. It is shown in Figure 1. (The Terahertz Wave eBook, 2012)

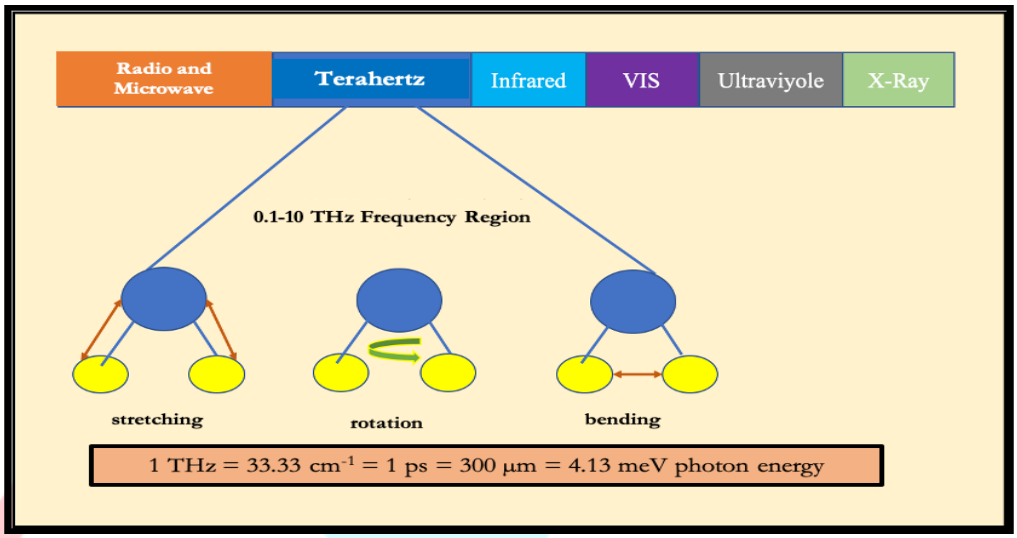


Figure 19 : Terahertz Region Properties in the Electromagnetic Spectrum (The Terahertz Wave EBook, 2012)

Radiations or rays in the range of 0.1 to 10 THz (may differ depending on the sources) in the spectrum of electromagnetic waves are called terahertz (THz) radiation or waves. Figure 2 shows the THz region in the electromagnetic wave spectrum. This frequency range corresponds to the frequency range between microwave and far infrared.

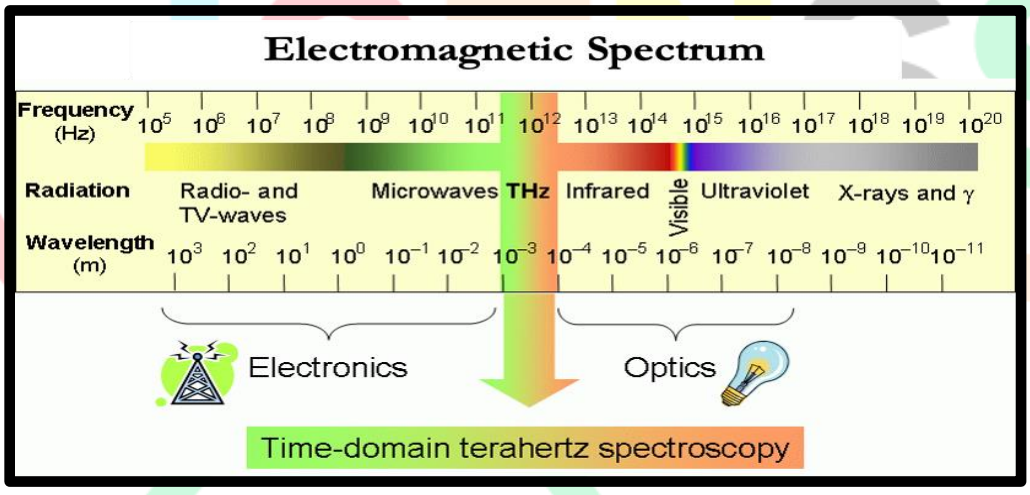


Figure 20 : Representation of the Terahertz Region in the Electromagnetic Spectrum (Laboratory of Terahertz Spectroscopy, Prague, n.d.)

There are many features that bring THz radiation to the fore and make it advantageous compared to other regions of the electromagnetic spectrum. These features are as follows;

- Some substances interact in a unique way with THz rays. This feature is like a fingerprint or the uniqueness of the retina of the eye. Many commonly used solid state explosives and

related compounds (such as HMX, RDX, and PETN), including TNT, have spectral fingerprints in the THz range. (Chen et al., 2007).

- THz rays have the ability to pass through many materials (plastic, leather, cardboard, fabric, etc.). For example, it has the ability to pass through clothes. A study has been conducted on this subject (Bjarnason et al., 2004). However, it is absorbed in water and water vapor and reflected from metals (Federici et al., 2007) (Bjarnason et al., 2004) (Taday et al., 2003) (Zimdars et al., 2006).
- THz rays contain lower energy compared to X rays. THz rays have low photon energies (4 meV for 1 THz, that is, one million times lower than an X-ray photon) and they are not harmful to human health since they do not cause photo-ionization in biological tissues and samples (Chen et al., 2007).
- Images created with Terahertz radiation have relatively better resolution (less than 1mm). However, THz measurements are non-contact. When the Earth's atmosphere is examined, it has been found that the atmosphere absorbs a high amount of terahertz radiation in some vapor absorption bands (Sethy et al., n.d.) (*The Terahertz Wave EBook*, 2012).

Terahertz technology is actively started to be used in many different fields, especially in defense industry, homeland security, explosive detection technologies, biology and pharmaceutical industry, medical imaging, astronomy and atmospheric research, analysis of water-containing samples, food industry and wireless communication fields, due to the numerous features mentioned above. In addition, studies are continuing in order to make its use in these areas more efficient and effective.

THz Spectroscopy

Spectroscopy is the method that examines the properties of substances or objects using rays and other factors. In fact, the basis of spectroscopy can be seen as rays. Spectroscopy examines the properties of an object or matter through absorbed particles, light or sound. The energy levels of molecules, ions and cores, which are the building blocks of matter, are determined by this method.

In this study, THz-TDS (THz-Time Domain Spectroscopy) was used, which is the most widely used and studied technique among THz spectroscopy techniques in the scientific world. If we briefly talk about this technique; Basically, pulses generated from an optical ultra-fast laser are used both for Terahertz generation and to penetrate and study the sample. After stimulation of the sample, the spectrum is obtained. In this technique, a laser beam is divided into two branches by means of a splitter. One beam arm is used for THz generation, while the other beam arm is used for detection. The beam in the production arm generates THz beam by hitting the THz wave generator (PCA, electro-optic crystal, etc.). Then, the generated THz beam passes through the sample and reaches the detection component. On the other hand, the beam from the detection arm also reaches the detection component. Using other optical components, electric fields are detected manually in the presence and absence of the sample. Fourier transform is then applied. The absorption information is obtained after converting the time domain data into frequency domain data. At the same time, information about the refractive index and dielectric properties of the samples can be examined using THz-TDS (McIntosh et al., 2012).

Moisture and Water Vapor Detection of Terahertz Technology

Since our focus in this study is the moisture and water vapor detection of THz technology, it has been determined that THz technology is used a lot on this subject. Lets we give a few examples of the works carried out because the THz technology is sensitive to water and moisture;

- In order to determine the amount of water in the paper remotely, the applicability of terahertz spectroscopic techniques has been examined. (Banerjee et al., 2008).
- Moisture detection and mapping studies were carried out using Terahertz techniques in different materials (such as paper, concrete, wheat grain, walnut, spoiled fruit, plastic and wood) (Federici, 2012).
- By using THz-TDS, the water content in instant coffee powder in a glass bottle was measured in order to determine the quality control in dry foods. Figure 3 shows the decrease in the frequency density of the sample after humidification (Yasui & Araki, 2006).

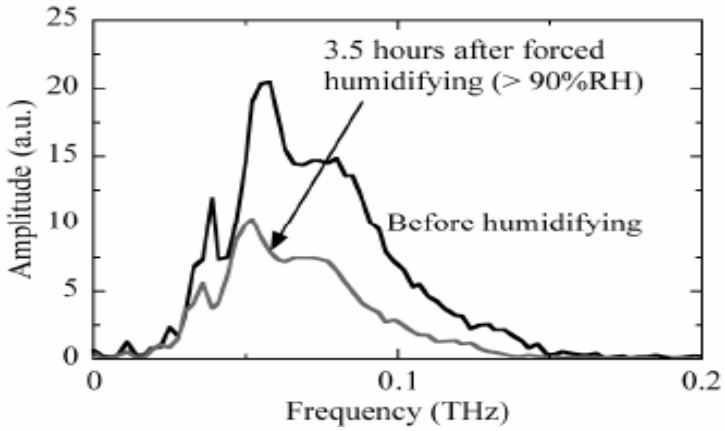


Figure 21 : Demonstration of Moisture Change in Coffee Powder (Yasui & Araki, 2006)

- A study was conducted to determine the changing moisture content of milled wheat grain with the THz-TDS method (Chua et al., 2004).
- It has been shown in this study that terahertz radiation or T-rays can be used in the quality control of food products, as T-rays are inherently sensitive to water and very suitable for moisture detection (Ung et al., 2007).
- A study has been conducted to determine the moisture content and density of different wood species (Inagaki et al., 2014).
- Using THz radiation, moisture content of intact food wafers was measured. It is shown in Figure 3 that as the humidity rate in the wafer sample increases, the THz beam intensity decreases (Parasoglou et al., 2009).

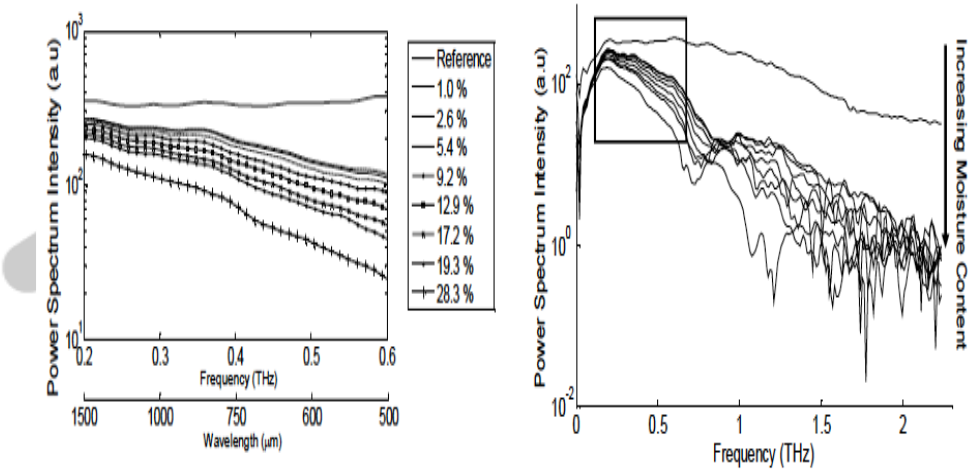


Figure 22 : Demonstration of Moisture Change on Wafer Sample (Parasoglou et al., 2009)

- Humidity and water detection studies were carried out on composites using THz spectroscopy (Malinowski, Pałka, Opoka, Wandowski ve Ostachowicz, 2015).
- Determination of water and localization of the size and shape of water droplet addition was determined by using THz Spectroscopy method in Glass Fiber Reinforced Polymers materials (Mieloszyk et al., 2018).

The studies mentioned above show that THz rays are sensitive to water and moisture and many studies have been done in this area. Based on these studies, it has been concluded that it is possible to determine the moisture of gunpowder by means of THz rays.

What Is Gunpowder and What Are Its Properties?

The explosive solid substance used in firearms for launching a bullet is called gunpowder. Gunpowder is a flammable solid substance that enables the projectile to be launched with the power of the gases and pressure generated by the firing of firearms by various firing means. Gunpowder has a wide range of uses from weapons such as guns, rifles, mortars and cannons to complicated systems such as rocket and missile systems. Gunpowder is also used for civilian purposes in mining, industrial systems such as pressure-requiring pumps / turbines (M. E. Şahin, 2014). Gunpowder; It is generally a mixture of potassium nitrate, coal and sulfur (Yinon & Zitrin, 1981). It is also known as black gunpowder. The said mixture does not react by itself at normal temperature and under normal conditions. However, it reacts with an energy application originating from external factors and turns into a whitish gas and its volume expands rapidly. Due to this feature, it is used as an explosive substance and propellant in firing gun bullets and mining in closed containers. Black powder is a substance that can easily ignite and burn. It can ignite with flame, capsule flame or spark (including static electricity in the body). During the burning of black powder, it emits gas up to 300 times its own volume. Ignition temperature of black powder is 457 ºC (Yıldırım, 2013).

When we look at the mixture of gunpowder, it is known that there is 70-80% potassium nitrate (KNO_3), 12-20% charcoal and 3-14% sulfur. In this mixture, the task of potassium nitrate is to provide the oxygen needed for the burning of coal and sulfur. Sulfur in the mixture enables gunpowder

to burn easily. Carbon dioxide is released as a result of the burning of coal, and sulfur dioxide gases are released as a result of the burning of sulfur. The potassium sulfate, potassium carbonate, potassium sulfur gases left behind from the combustion are pressurized at a high degree and the launching process required by firearms is realized thanks to this pressure (Eroğlu, 2002).

Since the difference in the moisture content of gunpowder means a different powder composition, it affects the course of the pressure. Changes in the natural moisture content of gunpowder firstly affect the rate of firing in the gunpowder right. As this speed decreases with increasing moisture content, the efficiency of gunpowder decreases. For this reason, it is very important to keep the gunpowder in suitable warehouses and to control the humidity level frequently in order to prevent moisture during storage and preservation (Nalbant, 1997).

In the measurements in this study, two different types of gunpowder used in artillery guns were used. These samples named as Type-1 and Type-2. The gunpowder samples used are shown in Figure 5.

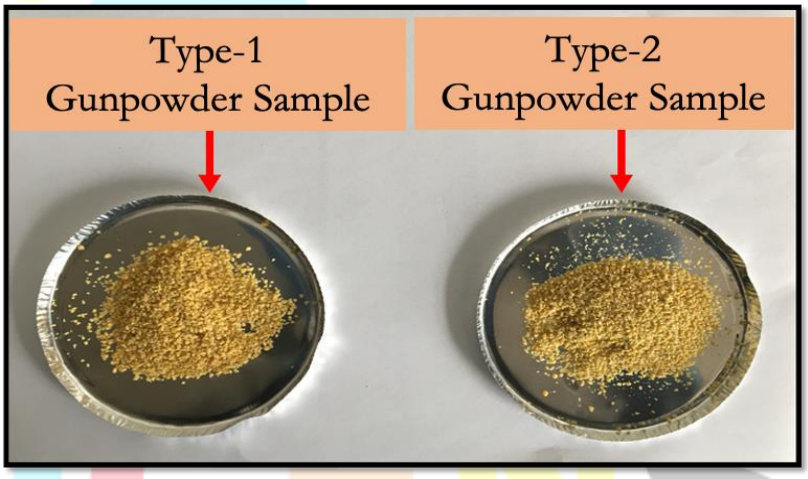


Figure 23 : Gunpowder Samples

Experiment

THz-TDS has become a widely applied tool for the identification, characterization and detection of materials or molecules. The THz-TDS system used in this study is the latest version of an 8F terahertz time domain spectrometer and mainly ultra-fast Ti. Sapphire oscillator laser as the light source., a photoconductor switch as THz emitter, and a <110> double-refractive ZnTe crystal with a thickness of 500 μm was used as a detector (Aytekin, 2016).

The THz system in which experimental studies are carried out is shown in Figure 6. In the installed system, a femtosecond laser is used to obtain THz beam and detect THz beam. Generated THz beam is directed by 8 focused off-axis parabolic mirrors in order to focus the radiation on the sample. After passing through the sample, the THz beam focuses on a non-linear ZnTe crystal for detection. The probe radiation passes through the detection crystal to detect the THz beam by a technique known as electro-optical sampling. By changing the transition times of THz and visible

beam pulses to ZnTe crystal, the THz radiation structure is collected with the help of a quarter wave plate, Wollaston prism, balance photo diode, locked amplifier and a computer.

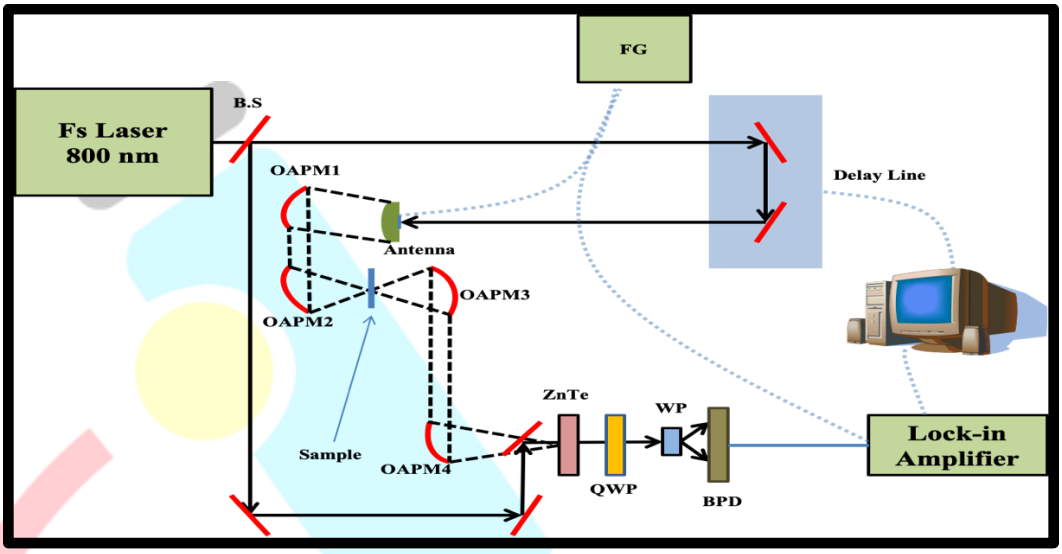


Figure 24 : THz-TDS System Setup Image
It has been edited from (Aytekin, 2016) reference.

First of all, experimental methodology was used in this study. Since the gunpowder samples used in the experiments are grinded and granulated, In order to be able to place the samples in the holder in a solid condition in THz measurements and to prevent the possibility of THz rays leaking through the granular gunpowder samples, the gunpowder samples were pressed with a press machine by applying 1 ton pressure and placed in the holder in this way. Pressed gunpowder samples are shown in Figure 7.

Figure 25 : Pressed Gunpowder Samples

Later, the gunpowder samples, which were pressed to prevent the loss of particles and tightened, were set in the oven for 2 hours at 100 °C (*MIL-STD-286C Military Standard Propellants, Solid: Sampling, Examination and Testing*, 1967). After this process, the samples were first weighed dry and subjected to THz measurement. The data obtained from the THz device was transferred to the computer and the data was taken from here and evaluated through the analysis program. The visual

of the system used in THz measurement is shown in Figure 8. THz measurements were carried out at 20 °C room temperature and in an environment with 0% humidity. Later, the samples were moistened in a controlled manner in the humid environment we prepared. After the gunpowder samples were moistened, their weights were measured and the samples were subjected to THz measurement in a moist condition. In this graduate study analyzing dried breads, weight changes were used to determine the decrease in moisture level after drying in breads. (M. Şahin, 2012). With reference to this study, the moisture of the samples measured as dry and moist with the reverse logic was determined by measuring their weight for moisture determination.

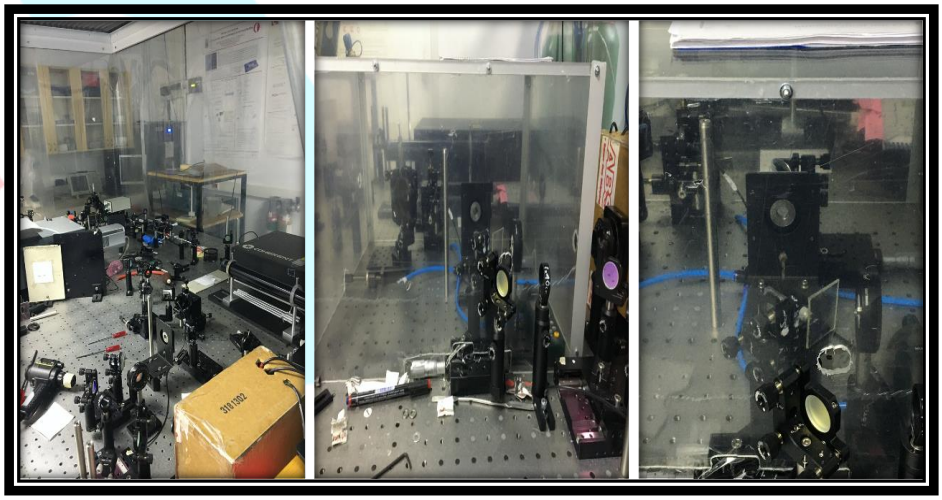


Figure 26 : THz Measuring System

For humidification, a system was established to prevent air and moisture leakage and a moisture measuring device was used to measure the humidity in the system. Moisture was obtained from the heated and boiled water. The moisture produced was filled into the box containing the samples with the help of a hose at the desired level. When the humidity in the box reaches the desired level, all inlets and outlets of the box are closed and isolated in order to prevent air and moisture leakage from the box. The system installed for humidification is shown in Figure 9.

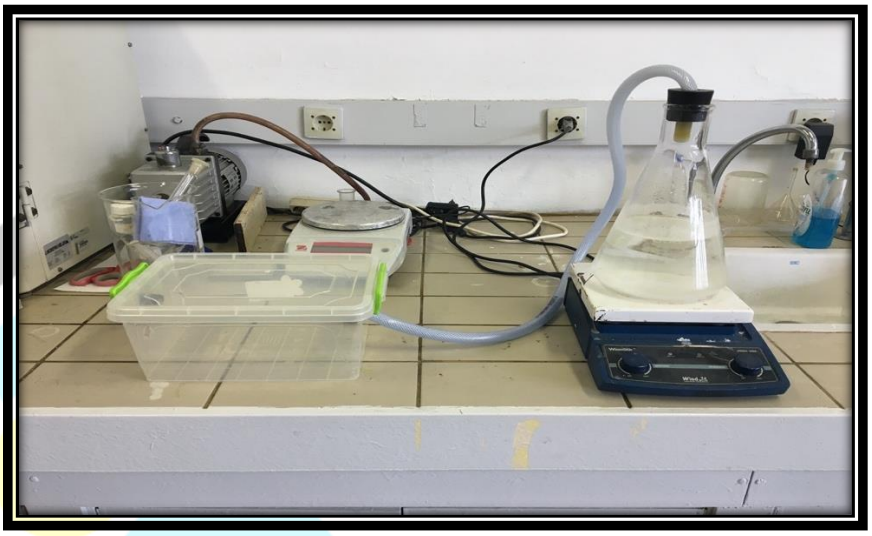


Figure 27 : Humidification System

In the analysis and evaluation part of the study, the graphics of dry and moist gunpowder samples, which are obtained by using the analysis program named TDS Spectrum Viewer and Microsoft Office Excel program, were analyzed and examined.

Gunpowder samples used in the experiment were pressed under 1 ton of pressure for 1 minute. Afterwards, gunpowder samples were dried and weight and THz measurements were made in dry condition. Subsequently, by moistening the gunpowder samples by keeping them at 90% humidity level for 20 hours, weight and THz measurements were completed in a moist condition. After these measurements are made, the data obtained and their calculations are explained below.

- Type-1 gunpowder sample thickness : 1,75 mm
- Type-2 gunpowder sample thickness : 1,87 mm

Dry weight of Type-1 gunpowder sample was determined as 0.2882 g and moist weight as 0.2906 g. If we calculate the moisture rate obtained;

Percentage of moisture:

(0,2906-0,2882)/0,2882×100= % 0,8328

Humidity was detected at a level of **0.8328%**

Dry weight of Type-2 gunpowder sample was determined as 0.3184 g and moist weight as 0.3222 g. If we calculate the moisture rate obtained;

Percentage of moisture:

(0,3222-0,3184)/0,3184×100= % 1,1935

Humidity was detected at a level of **1,1935 %**

These obtained data are shown collectively in Table 1.

EXPERIMENT DATA					
Sample	**Thickness (mm)**	**Percent Moisture Applied (%)**	**Holding Time in Humidity (Hours)**	**Pressure Applied (ton)**	**Humidity Level (%)**
Type-1 Gunpowder Sample	1,75	90	20	1	**0,8328**
Type-2 Gunpowder Sample	1,87	90	20	1	**1,1935**

Table 1 : Experiment Data

Analysis and Evaluation

When we compare Type-1 dry and moist gunpowder samples; It was determined that THz beams were absorbed more in the moist gunpowder sample compared to the dry sample, and therefore the beam intensity and frequency intensity of the moist gunpowder sample decreased. This difference is shown in Figure 10.

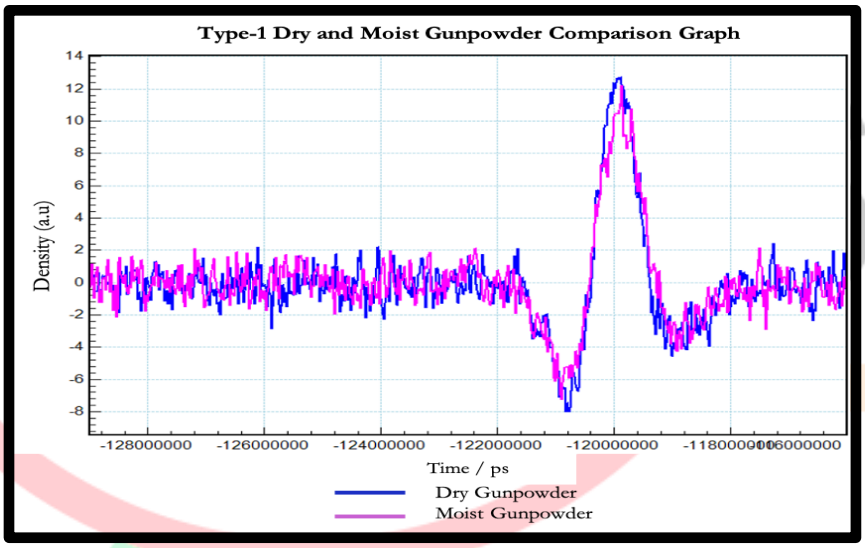


Figure 28 : Comparison of Type-1 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Time Graph

In Figure 11, frequency powers of Type-1 dry and moist gunpowder samples are shown. Rays between 1-3 THz can be described as signal noise. When looking at the frequency between 0.3 and 1 THz, it is clearly seen that the beam intensity and frequency intensity of the THz rays decrease in the moist gunpowder sample compared to the dry sample.

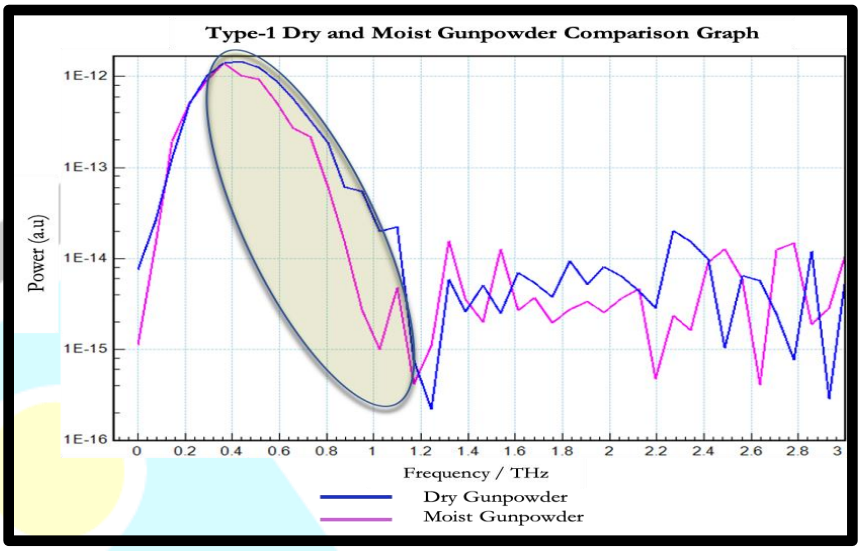


Figure 29 : Comparison of Type-1 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Frequency Graph

When we compare the Type-2 dry and moist gunpowder samples, it was determined that the THz rays were absorbed more in the moist gunpowder sample than the dry samples, and therefore, the beam intensity and the frequency intensity of the moist gunpowder sample decreased. This difference is shown in Figure 12.

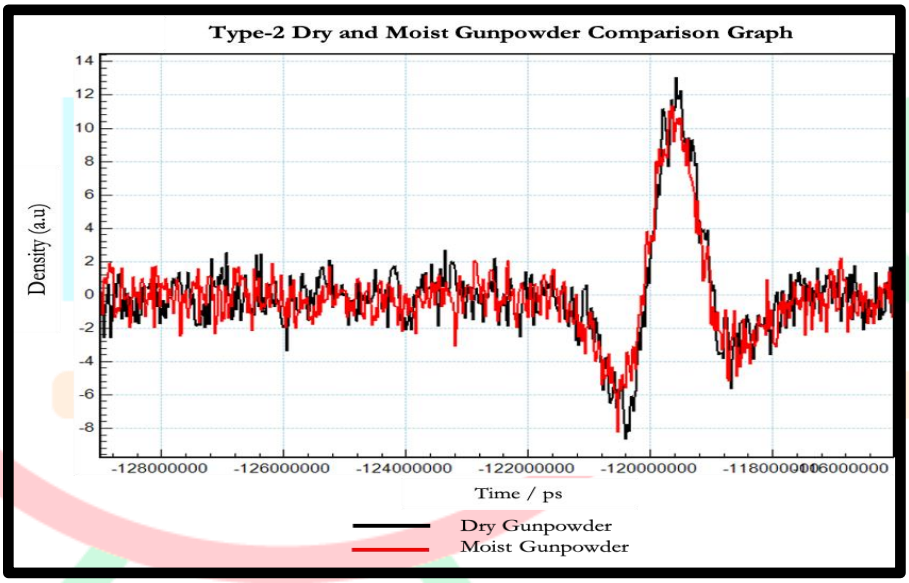


Figure 30 : Comparison of Type-2 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Time Graph

The frequency powers of Type-2 dry and moist gunpowder samples are shown in Figure 13. Rays between 1-3 THz can be described as signal noise. 0When looking at the frequency between 0.3 and 1 THz, it is clearly seen that the beam intensity and frequency intensity of the THz rays decrease in the moist gunpowder sample compared to the dry sample.

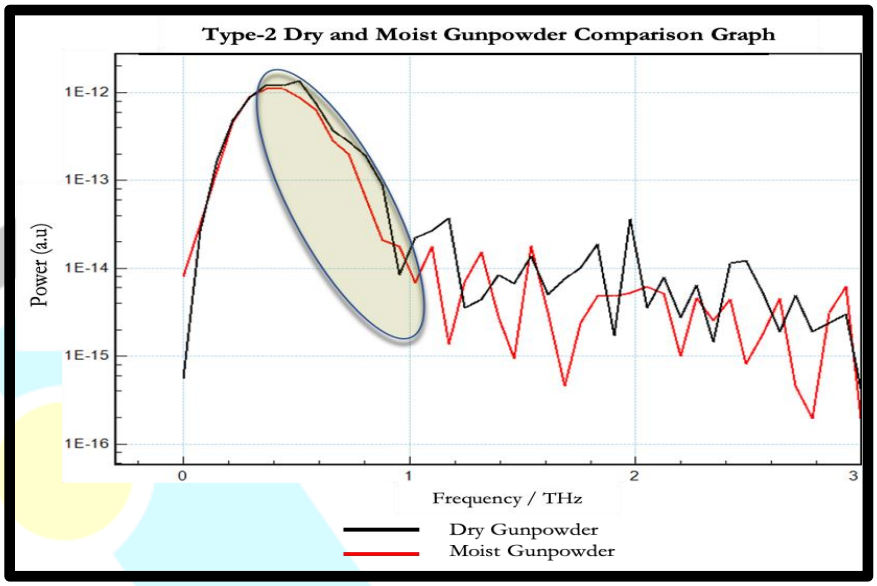


Figure 31 : Comparison of Type-2 Dry and Moist Gunpowder Samples THz Frequency Graph

Conclusion

In Figure 10,11,12 and Figure 13, the comparative graphs of the dry and moist states of Type-1 and Type-2 gunpowder samples are shown. In our system used in the experiment, the signal strength of the THz beam is 0.1-3 THz. However, this signal strength decreases when the sample is placed in the system. Therefore, the absorption of water in our system used in the experiment can be seen more clearly between 0.3 and 1 THz. The absorption peaks of water after 1 THz cannot be displayed due to the decrease in signal strength. When the graphics related to the experiment based on this principle are examined; As a result of the experiments, it was found that the frequency density of the moist samples decreased significantly between 0.3 and 1 THz. This result is an indication that moisture on gunpowder samples can be successfully detected with the THz spectroscopy technique. By developing this study and installing a different system and increasing the number of measurements and trials, moisture changes in the samples can be determined proportionally.

References

Aytekin, Y. S. (2016). *Time Domain Terahertz Spectroscopy: Construction of the Setup and Application In Analysis of Active Pharmaceutical Ingredients*. Middle East Technical University.

Banerjee, D., von Spiegel, W., Thomson, M. D., Schabel, S., & Roskos, H. G. (2008). Diagnosing water content in paper by terahertz radiation. *Optics Express*, *16*(12), 9060. https://doi.org/10.1364/OE.16.009060

Bjarnason, J. E., Chan, T. L. J., Lee, A. W. M., Celis, M. A., & Brown, E. R. (2004). Millimeter-wave, terahertz, and mid-infrared transmissionthrough common clothing. *Applied Physics Letters*, *85*(4), 519–521. https://doi.org/10.1063/1.1771814

Chen, J., Chen, Y., Zhao, H., Bastiaans, G. J., & Zhang, X.-C. (2007). Absorption coefficients of selected explosives and related compounds in the range of 0.1-2.8 THz. *Optics Express*, *15*(19), 12060. https://doi.org/10.1364/OE.15.012060

Chua, H. S., Upadhya, P. C., Haigh, A. D., Obradovic, J., Gibson, A. A. P., & Linfield, E. H. (2004). Terahertz time-domain spectroscopy of wheat grain. *Infrared and Millimeter Waves, Conference Digest of the 2004 Joint 29th International Conference on 2004 and 12th International Conference on Terahertz Electronics, 2004.*, 399–400. https://doi.org/10.1109/ICIMW.2004.1422130

Eroğlu, E. T. (2002). *Yanar Kovan Malzemelerin Hazırlanması*. Hacettepe Üniversitesi.

Federici, J. F. (2012). Review of Moisture and Liquid Detection and Mapping using Terahertz Imaging. *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, *33*(2), 97–126. https://doi.org/10.1007/s10762-011-9865-7

Federici, J. F., Gary, D., Barat, R., & Michalopoulou, Z.-H. (2007). Detection of Explosives by Terahertz Imaging. In *Counterterrorist Detection Techniques of Explosives* (pp. 323–366). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-044452204-7/50030-4

Gavenda, T., & Křesálek, V. (2014). *Distinguishing of different kinds of gunpowder using various methods based on terahertz radiation* (Neil A. Salmon & E. L. Jacobs, Eds.; p. 92520A). https://doi.org/10.1117/12.2067250

Gavenda, T., & Křesálek, V. (2013). *Terahertz time-domain spectroscopy for distinguishing different kinds of gunpowder* (Neil Anthony Salmon & E. L. Jacobs, Eds.; p. 89000H). https://doi.org/10.1117/12.2034126

Inagaki, T., Ahmed, B., Hartley, I. D., Tsuchikawa, S., & Reid, M. (2014). Simultaneous prediction of density and moisture content of wood by terahertz time domain spectroscopy. *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, *35*(11), 949–961. https://doi.org/10.1007/s10762-014-0095-7

Laboratory of Terahertz Spectroscopy, Prague. (n.d.). https://lts.fzu.cz/en/intro.php

McIntosh, A. I., Yang, B., Goldup, S. M., Watkinson, M., & Donnan, R. S. (2012). Terahertz spectroscopy: A powerful new tool for the chemical sciences? *Chem. Soc. Rev.*, *41*(6), 2072–2082. https://doi.org/10.1039/C1CS15277G

Mieloszyk, M., Majewska, K., & Ostachowicz, W. (2018). THz spectroscopy application for detection and localisation of water inclusion in glass composite. *Composite Structures*, *192*, 537–544. https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.03.040

MIL-STD-286C Military Standard Propellants, Solid: Sampling, Examination and Testing. (1967). United States of America Department of Defence.

Nalbant, İ. (1997). Barut Fabrikası El Kitabı. In *Barut Fabrikası El Kitabı: Vol. 1.Bölüm*.

Parasoglou, P., Parrott, E. P. J., Zeitler, J. A., Rasburn, J., Powell, H., Gladden, L. F., & Johns, M. L. (2009). Quantitative moisture content detection in food wafers. *2009 34th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves*, 1–2. https://doi.org/10.1109/ICIMW.2009.5324623

Şahin, M. (2012). *Kızılötesi Işınımlı Isıtıcı Kullanan Bir Kurutucuda Isı ve Akış Analizi*. Gazi Üniversitesi.

Şahin, M. E. (2014). *Küresel Barut Üretim Parametrelerinin İncelenmesi, Sentezi ve Karakterizasyonu*. Hacettepe Üniversitesi.

Sethy, P. K., Mishra, P. R., & Behera, S. (n.d.). *An Introduction to Terahertz Technology, Its History, Properties and Application*. 5.

Taday, P. F., Bradley, I. V., Arnone, D. D., & Pepper, M. (2003). Using terahertz pulse spectroscopy to study the crystalline structure of a drug: A case study of the polymorphs of ranitidine hydrochloride. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, *92*(4), 831–838. https://doi.org/10.1002/jps.10358

The Terahertz Wave eBook. (2012). Zomega Terahertz Corporation.

Ung, B. S.-Y., Fischer, B. M., Ng, B. W.-H., & Abbott, D. (2007). *Towards quality control of food using terahertz* (D. V. Nicolau, D. Abbott, K. Kalantar-Zadeh, T. Di Matteo, & S. M. Bezrukov, Eds.; p. 67991E). https://doi.org/10.1117/12.759825

Yasui, T., & Araki, T. (2006). *Sensitive measurement of water content in dry material based on low-frequency terahertz time-domain spectroscopy* (J. C. Wyant & X. Zhang, Eds.; p. 60240A). https://doi.org/10.1117/12.666812

Yinon, J., & Zitrin, S. (1981). Classification of Explosives. In *The Analysis of Explosives* (pp. 1–28). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-023846-3.50006-5

Yıldırım, F. (2013). *Büyük Kalibre Mühimmatta Kullanılan Barutların Geometrik Şeklinin Değişiminin, Namlu İç Basıncı ve Namlu Çıkış Hızı Üzerindeki Etkisi*. Ankara Üniversitesi.

Zimdars, D., White, J., Stuk, G., Chernovsky, A., Fichter, G., & Williamson, S. L. (2006). *Time domain terahertz detection of concealed threats in luggage and personnel* (D. L. Woolard, R. J. Hwu, M. J. Rosker, & J. O. Jensen, Eds.; p. 62120O). https://doi.org/10.1117/12.665748

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Investigation of the Impact of Electric Vehicles on Stability Delay Margin of Single-Area LFC System with Fractional-Order Controller

Elektrikli Araçların Kesirli Dereceli Denetleyici İçeren Bir Bölgeli Yük Frekans Kontrol Sistemlerinin Kararlılık Gecikme Payına Etkisinin Araştırılması

Bukunmi Michael Olowe
Saffet Ayasun [1]

Abstract

This paper investigates the impact of Electric Vehicles (EVs) aggregator on the stability delay margin of single-area load frequency control (LFC) system with fractional order proportional–integral (FOPI). Using time-domain simulations, stability delay margins are determined for wide range of PI controller gains, the order of integral controller and the power sharing factors between the conventional power plant and EVs aggregator. Results reveal the fact that the fractional order of the integral controller should be lower than one to increase stability delay margin. Additionally, it is observed that stability delay margins increase as the participation of EVs aggregator into the frequency regulation increases via the participation factor, and thus, the integration of EVs into LFC system improves the stability. It is concluded that both EVs and FOPI controller are important tools that will improve the dynamic performance of LFC system with communication time delays.

Özet

Bu makale elektrikli araçların kesirli derece denetleyici içeren bir bölgeli yük frekans kontrol sistemlerinin kararlılık gecikme payına olan etkisini araştırmaktadır. Kararlılık gecikme payları, oransal-integral (PI) denetleyicinin farklı kazanç değerleri, integral denetleyicinin farklı kesir dereceleri ve klasik güç santralleri ile elektrikli araç toplayıcının farklı güç paylaşım faktörleri için zaman düzleminde benzetim çalışmaları yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kararlılık gecikme payını artırmak için integral denetleyicin kesir derecesinin birden küçük seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, elektrikli araçlarının frekans düzenlemesine katkıları artıkça kararlılık gecikme payının artığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, elektrikli araçların yük frekans kontrol sistemlerine entegrasyonu sistemin kararlılığını artırmaktadır. Elektrikli araçlar ve kesirli dereceli PI denetleyicilerin zaman gecikmesi içeren yük frekans kontrol sistemlerinin dinamik performansını artırdığı sonucuna varılmıştır.

[1] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Maltepe, Ankara

Keywords: Time delay, Delay-dependent stability, Electric vehicles, Fractional order controllers, Delay margin.

Anahtar Kelimeler: Zaman gecikmesi, Zaman gecikmesine bağlı kararlılık, Elektrikli araçlar, Kesirli dereceli denetleyiciler, Gecikme payı.

Introduction/Giriş

Load Frequency Control (LFC) systems are responsible for ensuring the stable operation of modern power systems by keeping the balance between demand and generation in real time. The main task of LFC systems is frequency regulation and keeping the scheduled tie-line power exchange between independently controlled areas in an interconnected power system [1]. The swift output power adjustment of the batteries and Vehicle-to-grid (V2G) technology have made electric vehicles (EVs) a promising tool for mitigating the intermittent effects of the renewable energy sources (RES) and regulating the system frequency [2]. This quick response of EVs helps in increasing the dynamic performance of LFC systems. The fluctuations can be reduced and thereby system frequency response can be improved with the help of EVs since they can be operated as loads or generators [3-6]. In order to practically participate in the frequency regulation market, EVs aggregator is required to accumulate and control a large fleet of EVs [7-10]. The aggregator transceives information to the controller about the participating EVs and rearranges the control signals to disperse them for the adjustment of their output power by employing automatic generation control (AGC).

EVs aggregator needs a communication network through which it can send control signals to the EVs for the AGC system. Generally, preference is given to an open communication network since it is less expensive. However, the main drawback of such a communication network is that it is susceptible to communication delays [11-13]. The delays caused by the plug-in EVs can rigorously affect the dynamics and stability of the LFC systems despite the fact that EVs improve the dynamic performance of these systems [14]. Therefore, delay-dependent stability of LFC-EVs system is required to be analyzed in detail.

A number of approaches are discussed in the existing literature to identify stability margins of dynamical systems experiencing communication delays. These approaches can be classified into two main categories: i) time-domain indirect approaches. ii) frequency-domain direct methods. The latter aims to calculate complex roots of the characteristic polynomial on the imaginary axis. This group is comprised of methods including the elimination of transcendental terms in the characteristic polynomial [15], the contour integral (or, argument principle) method [16], delay space re-scaling approach [17], Schur-Cohn method [18] and Rekasius substitution [19, 20]. This group of methods is able to calculate exact stability margins. But, the main shortcoming of such methods is that they can be applied for constant communication delays.

A comprehensive literature review on the stability margin estimation methods for linear-continuous-time-invariant systems experiencing constant communication delays is presented in [21]. Among those approaches, the direct method depending upon the elimination of transcendental terms [15] is effectively implemented in [22] to identify stability margin for time-delayed LFC systems. The

Rekasius substitution approach is employed for computing stability margins for single-area LFC system with plug-in EVs aggregator [23]. The delay space re-scaling approach presented in [17] is employed for determining the stability margin of hybrid energy storage system having hierarchical DC micro-grids control and experiencing multiple communication delays. The latter group of methods uses linear matrix inequalities (LMIs) method together with Lyapunov stability theory. These methods are presented in [24] to compute the stability margin of LFC systems and in [25] to determine the stability margin of micro-grid. Both constant and time-varying delay problems can be addressed using this group of indirect methods, but, they provide relatively conservative stability margins when compared with the previously discussed group of direct methods.

The conventional PI controllers with integer order has been commonly used in LFC system to eliminate the steady-state errors in the frequency deviation. Even though conventional PI controller effectively eliminate the steady-state error, it is insufficient in terms of the improvement in the system dynamics [26]. For that reason, in some recent studies, fractional order PI (FOPI) controller was used to improve the stability of electric power systems [26, 27]. Moreover, with the development in fractional calculus and computation technologies, the utilization of FOPI controller has been significantly increased. However, some recent studies that implemented, FOPI controller in LFC systems and automatic voltage regulator (AVR) did not take into account communication time delays in the controller design and stability analysis [26-28]. In one of our recent studies [29], stability delay margins of a single-area LFC system with FOPI controller were theoretically determined using the direct method reported in [15, 22].

This work implements Time-Domain Simulations (TDS) [30] based approach to determine stability margins for single-area LFC system with EVs aggregator and time delay wide range of FOPI controller gains, the order of integral controller and power sharing factor of EVs aggregator. Results show that the fractional order of the integral controller should be lower than one to increase stability delay margin. Additionally, it is observed that stability delay margins increase as the participation of EVs aggregator in the frequency regulation increases via the participation factor, and thus, the integration of EVs into LFC system improve the system stability.

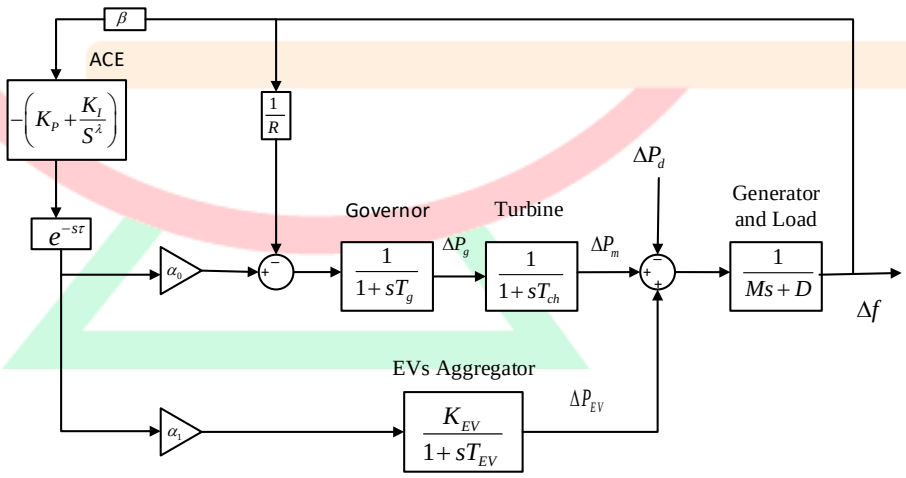


Fig. 1. Block diagram of single-area LFC-EVs system with FOPI controller.

Time-delayed Load Frequency Control System Model/Zaman Gecikmeli Yük Frekans Kontrol Sistem Modeli

A fleet of EVs is required to be plugged into the power grid so that they can be utilized in frequency regulation. The control center of these EVs is the aggregator that manages the charging and discharging of each EV integrated into the grid. The dynamic model of EV in the EVs aggregator can be presented as [14]:

$$G_{EV}(s)=\frac{K_{EV}}{1+sT_{EV}} \tag{1}$$

The transfer function in (1) is of first-order one where T_{EV} and K_{EV} denote the battery time constant and battery gain coefficient of the aggregated EVs, respectively. The block diagram of single-area LFC-EVs system with FOPI controller is presented in Fig. 1 where τ represents the communication delay from LFC controller to the conventional generator and EVs aggregator. An exponential transfer function $e^{-s\tau}$ is used to model this delay term.

In Fig. 1, Δf, ΔP_d, ΔP_{EV}, ΔP_g, and ΔP_m, indicate the deviation of frequency, load disturbance, power output of EVs aggregator, generator, mechanical power output, valve position, respectively. Additionally, D, M, R, β, T_{ch}, and T_g are the damping coefficient, generator inertia constant, speed drop, frequency bias factor, turbine's time constant and governor's time constant, respectively. Whereas, ACE denotes the area control error. Moreover, a FOPI controller is adopted as a LFC system controller whose gains are denoted by K_P and K_I. The transfer function of FOPI controller is defined as follows:

$$G_c(s)=K_P+\frac{K_I}{s^{\lambda}} \tag{2}$$

where λ is the fractional-order of the integral controller. Note that the case of $\lambda=1$ represents the conventional integer PI controller.

The FOPI controller receives the ACE in form of a control signal when the system is subjected to load disturbances. Then, the output signal from FOPI controller is transmitted to conventional generator and EVs aggregator in accordance with their load sharing factors α_0 and α_1 enabling EVs fleet to participate in frequency regulation service.

The characteristic equation of the LFC-EVs with FOPI controller is described as:

$$\begin{aligned}&\Delta(s,\tau,\lambda)=P(s)+Q(s)e^{-s\tau}=0\\&P(s)=p_{\lambda+4}s^{\lambda+4}+p_{\lambda+3}s^{\lambda+3}+p_{\lambda+2}s^{\lambda+2}+p_{\lambda+1}s^{\lambda+1}+p_{\lambda}s^{\lambda}\\&Q(s)=q_{\lambda+2}s^{\lambda+2}+q_{\lambda+1}s^{\lambda+1}+q_{\lambda}s^{\lambda}+q_2s^2+q_1s+q_0\end{aligned} \tag{3}$$

The coefficients of $P(s)$ and $Q(s)$ in terms of the system parameters are given as follows:

$$p_{\lambda+4} = MRT_{ch}T_gT_{EV}$$
$$p_{\lambda+3} = MRT_{ch}(T_g + T_{EV}) + RT_gT_{EV}(M + T_{ch}D)$$
$$p_{\lambda+2} = MRT_{ch} + R(M + DT_{ch})(T_g + T_{EV}) + DRT_gT_{EV}$$
$$p_{\lambda+1} = MR + RT_{ch} + RT_{EV} + RT_g$$
$$p_{\lambda} = DR$$
$$q_{\lambda+2} = \alpha_1\beta K_{EV}RK_PT_gT_{ch}$$
$$q_{\lambda+1} = T_{EV} + \alpha_0\beta RK_PT_{EV} + \alpha_1\beta K_{EV}RK_P(T_g + T_{ch})$$
$$q_{\lambda} = 1 + \alpha_0\beta RK_P + \alpha_1\beta RK_PK_{EV}$$
$$q_2 = \alpha_1\beta RK_IT_gT_{ch}K_{EV}$$
$$q_1 = \alpha_0\beta RK_IT_{EV} + \alpha_1\beta K_{EV}RK_I(T_g + T_{ch})$$
$$q_0 = \alpha_0\beta RK_I + \alpha_1\beta K_{EV}RK_I$$

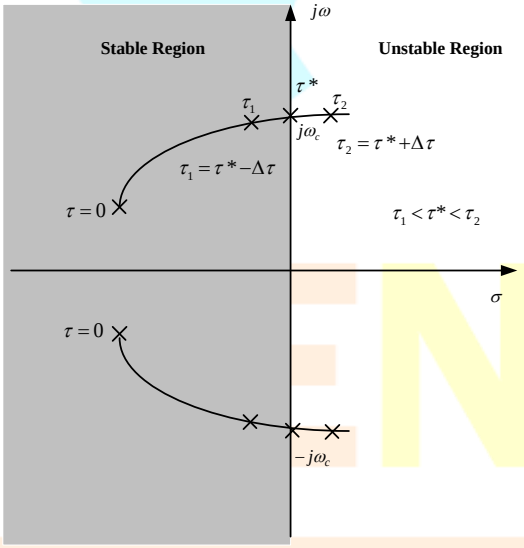


Fig. 2. The movement of characteristic equation roots of a time delay system for delay-dependent case.

Delay-dependent Stability/Zaman Gecikmesine Bağlı Kararlılık

Time delay systems could be delay-dependent stable or delay-independent stable. The LFC-EVs system with FOPI controller is expected to be asymptotically stable if all the roots of the characteristic equation (3) locate in the stable left half of the complex plane. That is:

$$\Delta(s,\tau) \neq 0, \quad \forall s \in C^+ \tag{4}$$

where C^+ symbolizes the right half plane of the complex plane. Depending on system parameters, the stability condition of The LFC-EVs system with FOPI controller could be determined considering stability definitions given as follows [22]:

i) *Delay-independent stability*: The characteristic equation of (3) is said to be *delay-independent stable* if the stability condition of (4) holds for all positive and finite values of the delay, $\tau \in [0,\infty)$.

ii) *Delay-dependent stability*: The characteristic equation of (3) is said to be *delay-dependent stable* if the condition of (4) holds for some values of delays belonging in the delay interval, $\tau \in [0,\tau^*)$ and is violated for other values of delay $\tau \geq \tau^*$.

Assume that the LFC-EVs system with FOPI controller is asymptotically stable at $\tau = 0$ for the delay-dependent stability case. This is a realistic assumption for the delay-free LFC-EVs system with FOPI controller $(\tau = 0)$ in terms of practical system operation. The roots of LFC-EVs system with FOPI controller move as the time delay τ increases starting from $\tau = 0$ as shown in Fig. 2. An increase in the time delay (τ) causes movement of the complex roots of the LFC-EVs system with FOPI controller from the left half plane to the right half plane. As a result, the roots cross the imaginary axis and pass to the right half plane for a finite delay value of $\tau > 0$. This transition means that the LFC-EVs system with FOPI controller has complex conjugate pairs lying on the imaginary axis. The time delay value corresponding to the purely imaginary roots is defined as delay margin or delay upper bound (τ^*). This definition implies that the LFC-EVs system with FOPI controller will be stable for any time delay value less than the delay margin, $\tau \leq \tau^*$.

Results/Sonuçlar

In this section, stability delay margins are presented for various values of FOPI controller parameters and power sharing factor of EVs aggregator to assess the quantitative impact of EVs aggregator on the stability delay margin of LFC system with FOPI controller. The parameters of single-area LFC-EVs system are given as [29]:

$$M = 10,\ D = 1,\ T_g = 0.1\ s,\ T_{ch} = 0.3\ s,\ R = 0.05, \beta = 21,\ K_{EV} = 1,\ T_{EV} = 10\ s.$$

Table I. Stability delay margins for $\lambda = 1$, $\alpha_0 = 1.0$, $\alpha_1 = 0$

τ^* (s)	K_I					
K_P	**0.05**	**0.1**	**0.15**	**0.2**	**0.4**	**0.55**
0	30.915	15.201	9.960	7.335	3.382	2.288
0.05	31.875	15.681	10.279	7.575	3.501	2.375
0.1	32.751	16.119	10.571	7.794	3.610	2.454
0.2	34.2226	16.119	11.062	8.162	3.792	2.584
0.4	35.834	17.658	11.594	8.558	3.980	2.711
0.55	33.459	17.466	11.461	8.453	3.908	2.640

Table II Stability delay margins for $\lambda = 0.8$, $\alpha_0 = 1.0$, $\alpha_1 = 0$

τ* (s)	K_I					
K_P	0.05	0.1	0.15	0.2	0.4	0.55
0	81.0	33.22	19.94	13.64	5.378	3.40
0.05	81.05	32.94	19.78	13.45	5.36	3.41
0.1	80.69	31.60	19.89	13.60	5.40	3.40
0.2	78.2	33.12	19.21	13.45	5.32	3.34
0.4	72.23	30.23	18.06	12.39	4.81	2.969
0.55	65.78	27.12	15.90	10.78	4.06	2.38

Table III Stability delay margins for $\lambda = 1.2$, $\alpha_0 = 1.0$, $\alpha_1 = 0$.

τ* (s)	K_I					
K_P	0.05	0.1	0.15	0.2	0.4	0.55
0	14.76	8.06	5.60	4.29	2.162	1.513
0.05	15.54	8.50	5.91	4.528	2.295	1.619
0.1	16.28	8.91	6.21	4.77	2.43	1.722
0.2	17.70	9.73	6.78	5.22	2.687	1.918
0.4	20.30	11.17	7.82	6.03	3.142	2.268
0.55	21.86	12.04	8.43	6.517	3.41	2.471

Table IV Stability delay margins for $\lambda = 0.8$, $\alpha_0 = 0.8$ $\alpha_1 = 0.2$

τ* (s)	K_I					
K_P	0.05	0.1	0.15	0.2	0.4	0.55
0	81.6	33.60	20.72	14.75	6.581	4.376
0.05	80.1	33.40	20.58	14.90	6.61	4.396
0.1	79.98	33.25	20.75	15.02	6.636	4.40
0.2	78.67	33.28	20.85	14.90	6.62	4.39
0.4	74.02	31.67	19.89	14.34	6.36	4.16
0.55	66.1	29.08	18.45	13.45	5.90	3.82

Table V Stability delay margins for $\lambda = 0.8$, $\alpha_0 = 0.7$ $\alpha_1 = 0.3$

τ* (s)	K_I					
K_P	0.05	0.1	0.15	0.2	0.4	0.55
0	79.5	33.51	20.89	15.2	7.15	4.92
0.05	79.8	33.4	20.98	15.3	7.2	4.95
0.1	79.7	33.5	21.03	15.4	7.24	4.97
0.2	78.4	33.51	21.15	15.48	7.27	4.97
0.4	72.0	31.78	20.45	15.1	7.12	4.85
0.55	63.7	29.36	19.3	14.4	6.8	4.60

Firstly, the EVs aggregator is not considered $(\alpha_1 = 0)$. For different gains and order of the FOPI controller, stability delay margins are determined. The gains of FOPI controller are selected in the range of $K_P = 0 - 0.55$ and $K_I = 0.05 - 0.55$. The order of the integral controller is chosen as $\lambda = 1.0, \lambda = 0.8,$ and $\lambda = 1.2$. Stability delay margins are presented in Table I, Table II, and Table III for $\lambda = 1.0, \lambda = 0.8,$ and $\lambda = 1.2$, respectively. From three tables, for all cases of λ, it is clear that the stability delay margin decreases with in an increase in K_I when K_P is fixed. On the other, when K_I is fixed, the stability delay margin first increases, then decrease with an increase of K_P. When stability delay margins in Table I for $\lambda = 1.0$ are compared with those in Table II for $\lambda = 0.8,$ it is clear that stability delay margins for $\lambda = 0.8$ are larger than those for $\lambda = 1.0$ for all controller gains. On the other hand, the comparison of stability delay margins Table I for $\lambda = 1.0$ with those in Table III for $\lambda = 1.2$ clearly shows that stability delay margins for $\lambda = 1.2$ are smaller than those for $\lambda = 1.0$. From these results, it is concluded that stability delay margins become larger for $\lambda < 1.0$ and become smaller for $\lambda > 1.0$. Therefore, FOPI controller with $\lambda < 1.0$ should be used in LFC systems to have a larger stability delay margin and to improve the stability of LFC system.

Secondly, the impact of EVs aggregator is investigated for $\lambda = 0.8$ and $\lambda = 1.2$. In order to evaluate the effect of EVs participation into frequency regulation on the stability delay margin, two different power sharing scenarios are considered: $\alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.2$ and $\alpha_0 = 0.7, \alpha_1 = 0.3$. Stability delay margins are presented in Table IV and Table V for $\lambda = 0.8$ and in Table VI and Table VII for $\lambda = 1.2$. When stability delay margins in Table IV and Table V are compared with those in Table II, stability delay margins increase as the power sharing factor of EVs increases for almost all controller gains. From these results, it could be concluded that the participation of a group of EVs via an aggregator into the frequency regulation significantly increases the stability delay margin, and thus, improves the dynamic of performance of the LFC system with FOPI controller.

Finally, time-domain simulations are performed to verify stability delay margins for $K_P = 0.2, K_I = 0.4$. Matlab/SIMULINK [30] and FOMCOM toolbox [31] for FOPI controller are used in simulation studies. Fig. 3 shows the frequency response of the LFC system without EVs for $\lambda = 0.8, \alpha_0 = 1.0, \alpha_1 = 0$. From Table II, it is seen that the stability delay margins is found as $\tau^* = 5.32\ s$. Fig. 3 clearly shows that LFC-EVs system is marginally stable for $\tau^* = 5.32\ s$ due to the sustained oscillations in the frequency response. When delay value is less than the delay margin $\tau = 5.0\ s < \tau^* = 5.32\ s$, the oscillations are decaying as shown in Fig. 3, indicating the stability of LFC-EVs system. On the other hand, when delay value is larger than the delay margin $\tau = 5.7\ s > \tau^* = 5.32\ s$, the oscillations are growing as shown in Fig. 3, indicating that the LFC-EVs system is unstable. Finally, Fig. 4 illustrates the frequency responses of the LFC-EVs system with $\lambda = 0.8, \alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.2$ for three different delay values, $\tau = 6.0\ s, \tau^* = 6.62\ s, \tau = 7.0\ s$. Similar dynamics behaviors are observed in this case as described for Fig. 3.

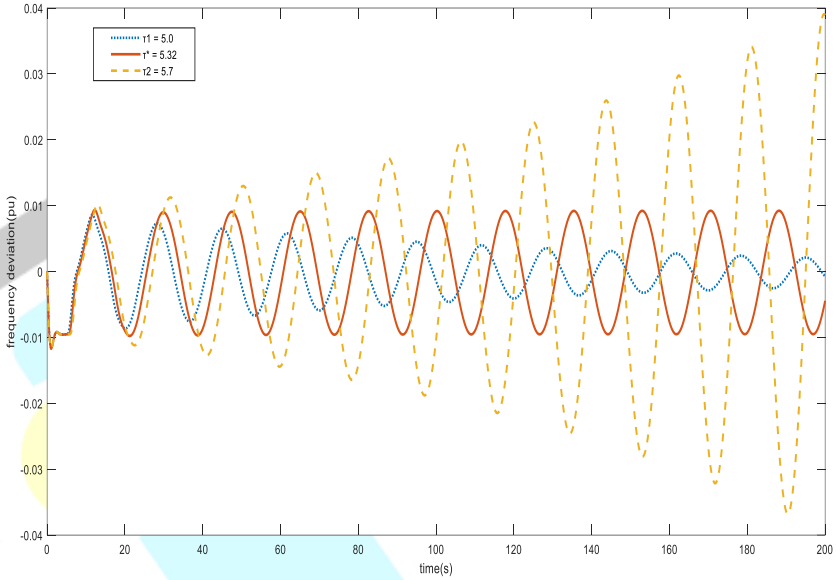


Fig. 3. Frequency response of LFC-EVs with FOPI controller system for $\lambda = 0.8, \alpha_0 = 1.0, \alpha_1 = 0.$

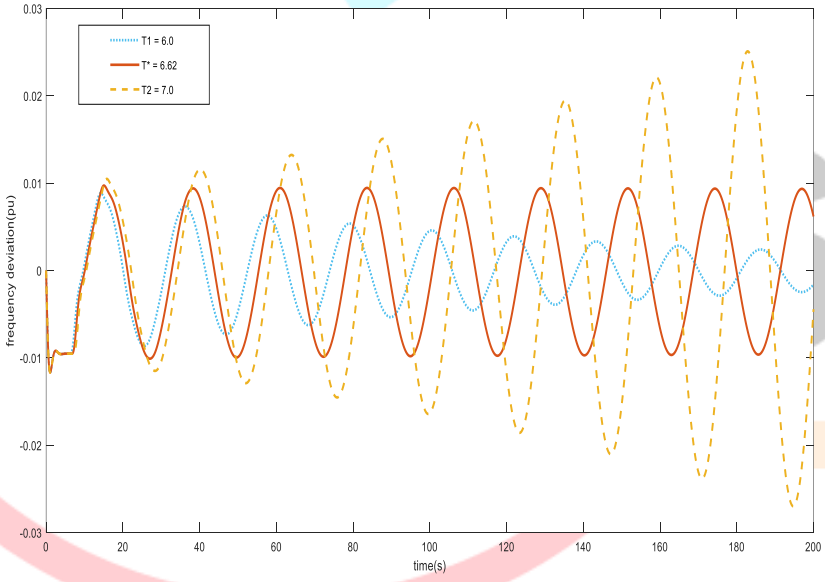


Fig. 4. Frequency response of LFC-EVs with FOPI controller system for $\lambda = 0.8, \alpha_0 = 0.8, \alpha_1 = 0.2$

Conclusions/Sonuçlar

This paper investigated the impact of FOPI controller and EVs aggregator on stability delay margins of LFC system with communication time delays. Using time-domain simulation approach, stability delay margins were determined for different values of the order of the integral controller and the sharing factor of EVs aggregator. Results clearly prove that stability delay margins becomes larger when a FOPI controller is used. It was shown that the order of integral controller should be selected as to have a larger stability delay margin and to improve the stability of LFC system. Additionally, the participation of a group of EVs via an aggregator into the frequency regulation significantly increases the stability delay margin, and thus, improves the dynamic of performance of the LFC system with FOPI controller.

References/Kaynaklar

[1] P. Kundur, *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill: New York, 1994.

[2] H. Bevrani, A. Ghosh and G. Ledwich, "Renewable energy sources and frequency regulation: survey and new perspectives," *IET Renew. Power Gener.*, vol. 4, no. 5, pp. 438-457, September 2010.

[3] W. Kempton and S. E. Letendre, "Electric vehicles as a new power source for electric utilities," *Transport. Res. D-Tr. E.,* vol. 2, no. 3, pp. 157-175, September 1997.

[4] J. R. Pillai and B. Bak-Jensen, "Integration of vehicle-to-grid in the western Danish power system," *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 2, no 1, pp. 12-19, January 2011.

[5] Y. Mu, J. Wu, J. Ekanayake, N. Jenkins and H. Jia, "Primary frequency response from electric vehicles in the Great Britain power system," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 4, no. 2, pp. 1142-1150, June 2013.

[6] C. Guille and G. Gross, "A conceptual framework for the vehicle-to-grid (V2G) implementation," *Energ. Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4379-4390, November 2009.

[7] S. Han, S. Han and K. Sezaki, "Development of an optimal vehicle-to-grid aggregator for frequency regulation," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 1, pp. 65-72, June 2010.

[8] R. J. Bessa and M. A. Matos, "The role of an aggregator agent for EV in the electrical market," *Proc. 7th Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation, Transmission, Distribution and Energy Conversion* (MedPower), Agia Napa, Cyprus, pp. 7-10, 2010.

[9] R. J. Bessa, M. A. Matos and F. J. Soares, "Framework for the participation of EV aggregators in the electricity market," *Proc. 2014 IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC)*, Florence, Italy, pp. 1-8, 2014.

[10] A. M. Carreiroa, H. M. Jorgea and C. H. Antunesa, "Energy management systems aggregators: A literature survey," *Renew. Sust. Energ. Rev.*, vol. 73, pp. 1160-1172, June 2017.

[11] C. Quinn, D. Zimmerle and T. H. Bradley, "The effect of communication architecture on the availability, reliability, and economics of plug-in hybrid electric vehicle-to-grid ancillary services," *J. Power Sources*, vol. 195, no. 5, pp.1500-1509, March 2010.

[12] K. Ko and D. K. Sung, "The Effect of cellular network-based communication delays in an EV aggregator's domain on frequency regulation service," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 10, no. 1, pp. 65-73, January 2019.

[13] K. Mak and B. L. Holland, "Migrating electrical power network SCADA systems to TCP/IP and ethernet networking," *J Energ. Eng.*, vol. 16, no. 6, pp. 305-311, December 2002.

[14] K. S. Ko and D. K. Sung, "The effect of EV aggregators with time-varying delays on the stability of a load frequency control system," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 33, no. 1, pp. 669-680, January 2018.

[15] K. E. Walton and J. E. Marshall, "Direct method for TDS stability analysis," *IEE Proceeding Part D*, vol. 134, Mar. 1987, pp. 101–107.

[16] Q. Xu, G. Stépán, and Z. Wang, "Delay-dependent stability analysis by using delay-independent integral evaluation," *Automatica*, vol. 70, Aug. 2016.

[17] C. Dong, H. Jia, Q. Xu, J. Xiao, Y. Xu, P. Tu, P. Lin, X. Li, and P. Wang, "Time-delay stability analysis for hybrid energy storage system with hierarchical control in DC micro-grids," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 9, pp. 6633-664, Jun. 2017.

[18] J. Chen, G. Gu, and C. N. Nett, "A new method for computing delay margins for stability of linear delay systems," *System and Control Letters*, vol. 26, pp. 107-117, Sep. 1995

[19] Z. V. Rekasius, "A stability test for systems with delays," *Proc. Joint Automatic Control Conference*, San Francisco, CA, USA, Paper No. TP9-A, pp. 13-15, Aug 1980.

[20] N. Olgaç and R. Sipahi, "An exact method for the stability analysis of time-delayed linear time-invariant (LTI) systems," *IEEE Trans. Autom. Control*, vol. 47, pp. 793-797, May 2002.

[21] L. Pekař and Q. Gao, "Spectrum analysis of LTI continuous-time systems with constant delays: A literature overview of some recent results," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 35457–35491, Jul. 2018.

[22] Ş. Sönmez, S. Ayasun, and C. O. Nwankpa, "An exact method for computing delay margin for stability of load frequency control systems with constant communication delays," *IEEE Trans. Power* Syst., vol. 31, pp. 370-377, Jan. 2016.

[23] A. Naveed, Ş. Sönmez and S. Ayasun, "Identification of Stability Delay Margin for Load Frequency Control System with Electric Vehicles Aggregator using Rekasius Substitution," *in Proc. 2019 IEEE Milan PowerTech*, Milan, Italy, Jun. 2019, pp. 1-6.

[24] L. Jiang, W. Yao, Q. H. Wu, J. Y. Wen, and S. J. Cheng, "Delay-dependent stability for load frequency control with constant and time-varying delays," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 27, pp. 932–941, May 2012.

[25] J. M. Thangaiah and R. Parthasarathy, "Delay-dependent stability analysis of microgrid with constant and time-varying communication delays," *Elec. Power Compon.* Syst., vol. 44, Jun. 2016, pp. 1441–1452.

[26] M.I. Alomoush, "Load frequency control and automatic generation control using fractional-order controllers," *Electr. Eng.*, vol. 91 no.7, pp. 357-368, 2010.

[27] S. Sondhi and Y. V. Hote, "Fractional order PID controller for load frequency control," *Energy Convers. Manag.*, vol. 85, 343-353, 2014.

[28] M. Zamani., M. K. Ghartemani, N. Sadati, and M. Parniani, "Design of fractional order PID controller for an AVR using particle swarm optimization," *Control Eng. Pract.*, vol. 17, no. 12, 1380–1387, 2009.

[29] Ş. Sönmez and S. Ayasun, "Gain and phase margin based stability analysis of time delayed single area load frequency control system with fractional order PI controller," *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University,* vol. 34, no. 2, 34:2 pp. 945-959, 2019.

[30] Simulink, Model-Based and System-Based Design, Using Simulink. Natick: MathWorks, 2000.

[31] A. Tepljakov, E. Petlenkov, and J. Belikov, "FOMCON: Fractional-order modeling and control toolbox for MATLAB," in *Proc. 18th Int. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems* (MIXDES) *Conference,* 2011, pp. 684–689.

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası Mühendislik ve Doğa Bilimleri Çalışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Böhmit üretiminde reaksiyon süresinin Alumina safsızlığına etkisinin araştırılması

Investigation of the effect of reaction time on alumina impurity in boehmite production

Ömer Faruk TOY[1]
Havvanur UÇBEYİAY[2]
Sema VURAL[3]

Abstract

Alumina is an intermediate product that is obtained through various phases starting from bauxite ore and is widely used industrially and also constitutes the main input in the preparation of metallic aluminum. The inputs to be used during the synthesis directly affect the purity of the product to be obtained. In this study, Bohmit was produced by hydrothermal method as an alternative to alumina synthesis over traditionally used ATH and ATH was compared with its impurities. Then, its effect on α-alumina impurity by calcining was investigated by comparing it with ATH. The products obtained were characterized with the help of SEM, XRD, FTIR, XRF, and Particle Size Analyzers. In addition, the thermal properties of the samples were investigated by TGA and DSC methods. The results show that synthesized Böhmit structures contain 87.5% less soda impurities compared to ATH.

Keywords: Boehmite, Hydrothermal Synthesis, Crystalization, Industrial Alumina

Özet

Alumina, boksit cevherinden başlanarak çeşitli fazlar üzerinden elde edilen ve endüstriyel olarak oldukça yaygın şekilde kullanılan aynı zamanda da metalik alüminyum hazırlanmasında ana girdiyi oluşturan bir ara üründür. Sentezi sırasında kullanılacak girdiler elde edilecek ürünün saflığını da doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada geleneksel olarak kullanılan ATH üzerinden alümina sentezine alternatif olarak hidrotermal yöntemle Böhmit üretildi ve ATH ile safsızlıkları karşılaştırıldı. Daha sonra kalsine edilerek α-alümina safsızlığına etkisi ATH ile karşılaştırılarak araştırıldı. Elde edilen ürünler SEM, XRD, FTIR, XRF ve Partikül Boyut Analiz cihazları yardımıyla karakterize edildi. Ayrıca numunelerin termal özellikleri TGA ve DSC yöntemleriyle araştırıldı. Sonuçlar sentezlenen Böhmit yapılarının ATH ile karşılaştırıldığında %87.5 daha az soda safsızlığı içerdiğini göstermektedir.

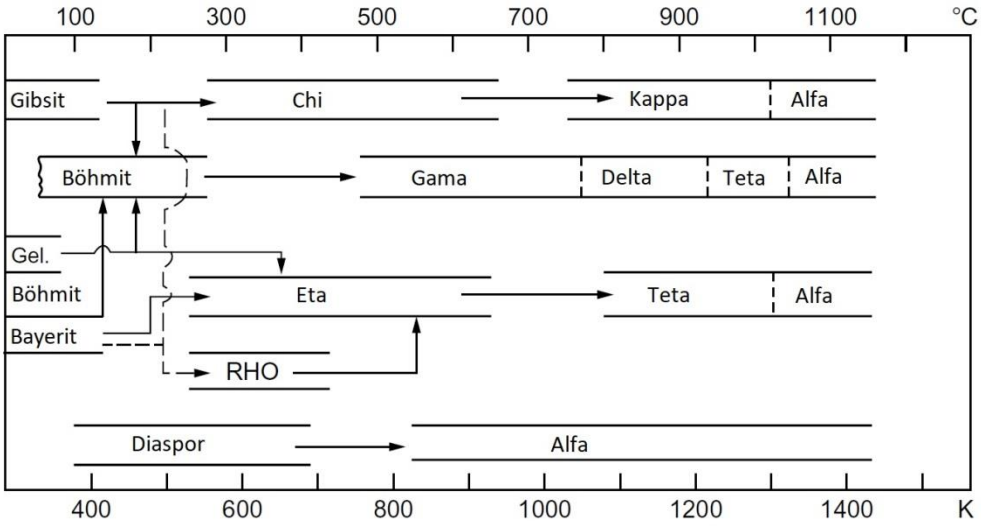
Anahtar Kelimeler: Böhmit, Hidrotermal Sentez, Kristalizasyon, Endüstriyel Alumina

[1] Ömer Faruk TOY, Kimya Mühendisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bil. Enst., faruk.toy@hotmail.com
[2] Havvanur UÇBEYİAY, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Maden Mühendisliği, hucbeyiay@erbakan.edu.tr
[3] Sema VURAL, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, svural@erbakan.edu.tr

Giriş

Alüminyum hidroksit, boksit, nefelin, kaolin, alunit, şistler, kül gibi hammaddelerden üretilebilmektedir (Arıkan, Demir, and Vural 2019). Alüminyum hidroksit kristal yapıda veya amorf yapı bulunabilir. Kristal Alüminyum hidroksitin böhmit, diaspor, bayerit, gibsit ve nordstandit gibi farklı fazları bulunurken, kristal olmayan amorf alüminyum hidroksit ve pseudo Böhmit fazları bulunur (Hudson et al. 2000). Alüminyum hidroksitin endüstride birçok kullanım alanı mevcuttur. Özellikle alumina üretiminde, seramik, yanmayı geciktirici, katalizör, alüminyum sülfat, poli alüminyum klorür, zeolit, alüminyum florür, sodyum alüminat, cam, tekstil, boya ve petrokimya endüstrilerinde kullanımı vardır (Shin et al. 2020). Böhmitin spesifik kullanım alanı ise lityum iyon bataryası seperatöründe, elektronik endüstrisinde ve reçinelerde kullanılmaktadır (Holtmann et al. 2016) .

Literatüre bakıldığında hidrotermal ve kristalizasyon yöntemi olarak iki farklı üretim yöntemi göze çarpmaktadır. Hidrotermal yönteminde genellikle $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $Al(NO_3)_3$, Alüminyum tri-sek-bütoksit, Alüminyum asetat gibi alüminyum tuzları ve alüminyum trihidroksit hammadde olarak kullanılmaktadır. Kristalizasyon yönteminde ise sodyum alüminat çözeltisine Böhmit aşısı ilave edilerek 90-120 ^oC ve 20-72 saat süreyle kristallendirme prosesidir (Dash et al. 2007).



Şekil 32. Alüminyum Hidroksit Faz Diagramı (Wefers and Misra 1987)

Böhmitin üretimi ve böhmitten elde edilen ürünlere bakıldığında önemli bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü gama alumina sentezinin tek kaynağı Böhmittir. Gama alumina, absorbent ve katalist sektöründe çok kullanılan aktif aluminanın hammaddesidir (Hudson et al. 2000).

Literatüre bakıldığında otoklavda gerçekleşen hidrotermal prosesler 150-250 °C ve 0-72 saat gibi farklı sürelerde Böhmit sentezine gerçekleştirilmiştir. Farklı çözücüler ve farklı pH değerlerinde morfolojik farklılıklar SEM görüntüsüyle yorumlanmış ve Böhmit oluşumu XRD analiziyle tespit edilmiştir (Tsuchida 2000).

Alüminyum hidroksitin 1000-1200^oC 'de kalsine edilmesiyle alüminyum oksit elde edilir. Sıcaklık ve süre arttıkça α-faz dönüşüm değeri artar. Düşük sodalı alüminaların ekonomik değeri daha yüksektir. Kalsine α-alümina 300-500$/ton fiyatlarına satılırken, düşük sodalı α-alümina 750-900$/ton (d50:50µm) fiyatlarına çıkmaktadır (Park et al. 2006).

Bu çalışma düşük sodalı alümina elde edilmiş olması bakımından önem arzetmektedir. Elde edilen veriler sentezlenen böhmitin ATH ile karşılaştırıldığında %87,5 daha düşük soda değerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum nihayi ürün olan alüminanın ticari değerini de en az %50 oranında arttırmaktadır.

Yöntem

Deneylerde kullanılan Alüminyum hidroksit Eti Alüminyum A.Ş.'den temin edilmiştir. 30, 60, 180 ve 300 dakika reaksiyon süreleri ile 180, 200 ve 220°C reaksiyon sıcaklıkları sentez parametreleri olarak belirlenmiş ve alüminyum hidroksitin böhmit fazına dönüşümü incelenmiştir.

Bu çalışma yüksek basınçlı otoklav (Parr Instrument Company) kullanılmıştır. Alüminyum hidroksit ve su 1:10 oranıda karıştırılıp otoklava beslendi. Reaksiyon sonunda filtreleme ve yıkama yapıldı. Yıkanan böhmit 105 °C etüvde kurutuldu. Böhmitin kimyasal analizi için toz numunelere X-ışınları Floresans spektroskopisi (XRF-Thermo Arl Advant'x) analizi yapıldı. Böhmit fazı analizi için X-ışını kırınımı (XRD-GNR EXPLORER) cihazı kullanıldı. 2θ değerleri, 4°/dk tarama hızında 0.04° adımlarla Cu Kα (λ=1.5405 Å) ışınlaması kullanılarak 10 ° ile 70 ° arasında alınmıştır. Tane boyutu analizi partikül boyutu (Malvern 2000S) cihazında analiz edilmiştir. Renishaw Invia Reflex Confocal (x100 objektif) Raman Spektrometre ile yapısal karekterizasyon çalışılmıştır. 1800 çizgi/mm ızgara ve 200 mW lazer gücünde 532nm eksitasyon enerjisi kullanılmıştır. Yine yapısal karakterizasyonda kullanılan Infrared spektrumları ATR metoduyla 4000-450 cm^{-1} aralığında, Nicolet iS5 FTIR spektrometre kullanılarak elde edildi. Morfolojik özelliklerin belirlenmesinde Leo-Evo 40xVP taramalı elektron mikroskobu kullanıldı. Analizlerde 3 ile 30 keV aralığında elektron enerjisi kullanılmış olup bütün numunelerde ışın örnek yüzeyine normal gönderilmiş ve ölçüm 100 s olarak gerçekleştirilmiştir.

Sentezlenen böhmitten 1200 °C ve 3 saatte kalsine edilerek α-Alümina elde edilmiştir. α-Alüminanın kimyasal ve fiziksel analizleri yapılmış ve Eti Alüminyum A.Ş'den temin edilen EtiAlü 301 ürünüyle karşılaştırılmıştır.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmalarda Eti Alüminyum A.Ş' den temin edilen alüminyum hidroksit başlangıç malzemesinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

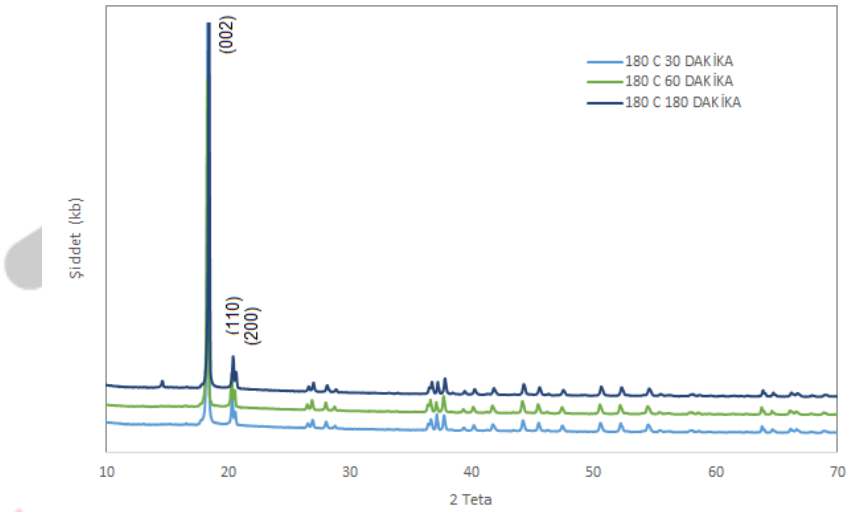
Tablo 2. Alüminyum Hidroksitin Fiziksel ve Kimyasal Analizi

	Ateş Zaiyatı	Al2O3	Fe2O3	SiO2	Na2O	CaO	D10	D50	D90
	%	%	%	%	%	%	Mikron	Mikron	Mikron
Sonuç	34,47	65,31	0,003	0,004	0,16	0,004	74,47	108,14	156,52

Otoklavda yapılan böhmit sentezinde, gibsitik alüminyum hidroksitin böhmitik alüminyum hidroksite dönüşümü ait endotermik reaksiyon aşağıda verilmektedir.

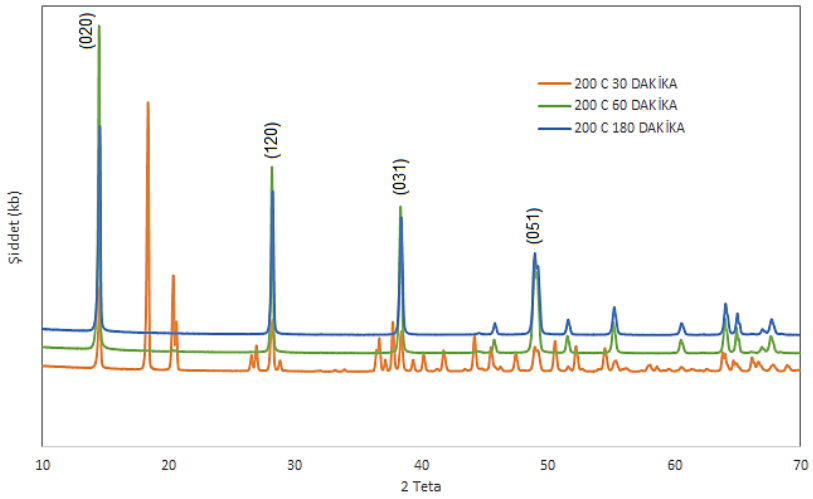
$$Al(OH)_3 \rightarrow AlOOH + H_2O$$

Şekil 2-4'te 180, 200 ve 220°C farklı sürelerde gerçekleştirilen sentezlerden elde edilen numunelere ait XRD sonuçları verilmektedir.



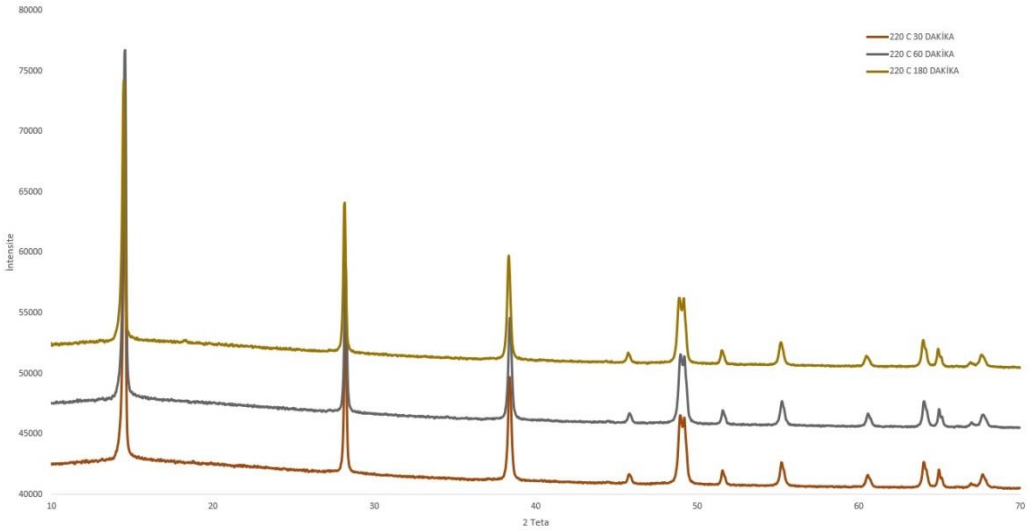
Şekil 2. 180 °C 'de 30, 60 ve 180 dakika otoklavda hidrotermal sentez sonrası böhmitin XRD paterni

Şekil 2'te 180 °C 'de yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen numunelere ait XRD paternleri görülmektedir. Spektrumda yaklaşık 18.3, 20.3 ve 20.5 derecelerde görülen sırasıyla (002), (110) ve (200) pikleri gibsit yapısına ilişkin karakteristik pikleridir (Yang, Liu, and Pan 2018).



Şekil 3. 200 °C 'de 30, 60 ve 180 dakika otoklavda hidrotermal sentez sonrası böhmitin XRD paterni

Şekil 3'te 180 °C 'de yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen numunelere ait XRD paternleri görülmektedir. XRD analizlerinde böhmit fazına ilişkin karakteristik pikler 14°, 27°, 37° ve 49°'lerde görülen sırasıyla (020), (120), (031) ve (051) olarak saptanmıştır (Zhang et al. 2019). 200°'de 60 dakika ve üstü reaksiyon sürelerinde ayrıca 220°C'de yapılan bütün deneylerde (Şekil 5) böhmit fazının oluştuğu görülmektedir. Elde edilen veriler JCPDS No. 00-021- -1307 standartı ile karşılaştırılarak böhmit yapısının oluşumu belirlenmiştir (Abdollahifar et al. 2014).



Şekil 4. 220 °C 'de 30, 60 ve 180 dakika otoklavda hidrotermal sentez sonrası böhmitin XRD paterni

180°C'de reaksiyon süresi 180 dakikaya uzatıldığında %6 Böhmit fazı oluşmuş, 200°C 30 dakikada yapılan sentezde %43 Böhmit oluştuğu görülmüştür. Yine 200°C'de reaksiyon süresi uzatıldığında 60, 180 ve 300 dk süreyle gerçekleştirilen reaksiyonlarda %100 Böhmit fazı oluşmuştur. 220°C de 30, 60 ve 180 dakikada gerçekleşen sentezde %100 Böhmit sentezi oluşmuştur. Veriler Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 3. Böhmit Sentezinin Özeti

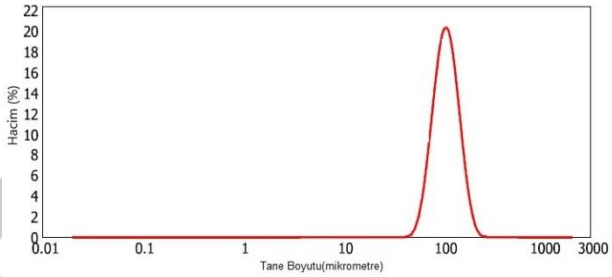
	30 dakika	60 dakika	180 dakika
220 °C	%100 Böhmit	%100 Böhmit	%100 Böhmit
200 °C	%43 Böhmit	%100 Böhmit	%100 Böhmit
180 °C	%100 Gibsit	%100 Gibsit	%6 Böhmit

Tablo 3, reaksiyon süresi ve sıcaklıkları belirtilen deneylerden elde edilen böhmit fazlarına ait Na2O safsızlıklarını göstermektedir. Başlangıç maddesi olan alüminyum hidroksitin Na2O değeri Tablo 1'de %0,16 olduğu x-ışınları floresans spektroskopisi cihazıyla analiz edilmiştir. 200 °C' de yapılan sentez çalışmasında süre arttıkça azaldığı görülmüştür.

Tablo 4. 200 °C 'de 30, 60 ve 180 Dakika Sentezlenen Böhmitin %Na_2O Değişimi

	Alüminyum Hidroksit	30 dk	60 dk	180 dk
%Na_2O	0,16	0,12	0,03	0,03

Alüminyum hidroksitin tane boyutu grafiği Şekil 5'te görülen dağılımı göstermektedir.



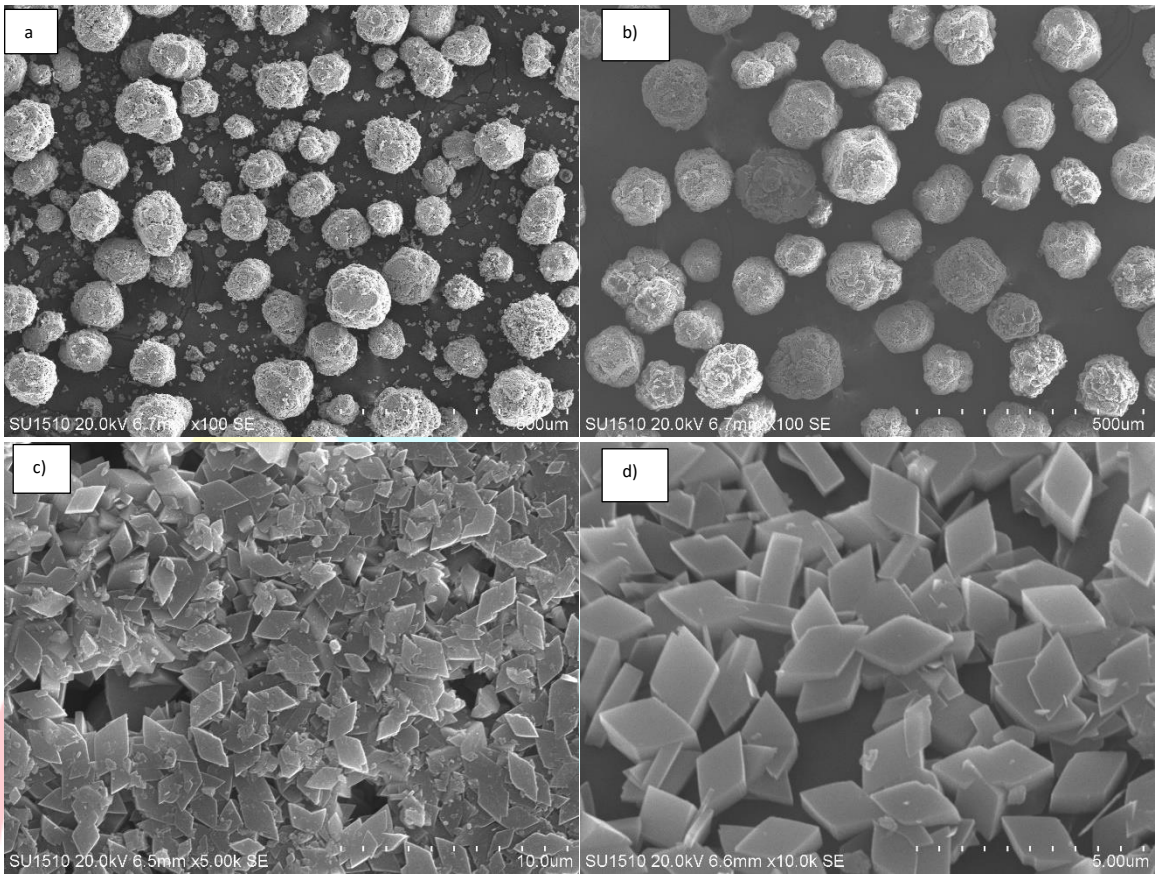
Şekil 5. Alüminyum Hidroksitin Tane Boyut Dağılım Grafiği

Mastersizer cihazında analiz yapılan böhmit tozlarının tane boyut dağılımı Tablo 4'te verilmiştir. Veriler incelendiğinde 220°C 'de sentezlenen böhmitin daha ince fraksiyona sahip olduğu görülmektedir. Böhmit sentezi yapıldıktan sonra tane boyutu küçülmekte, ince tane boyutta taneler oluşmaktadır.

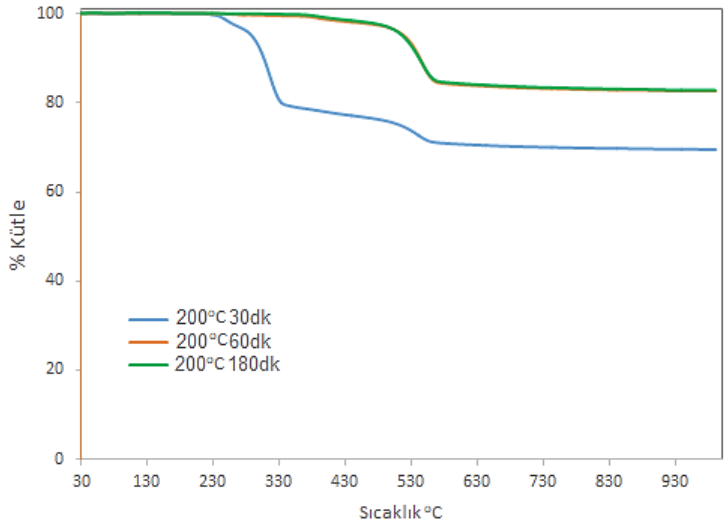
Tablo 5. Sentezlenen Böhmitlerin Tane Boyut Dağılımları (%)

	-20,00 Mikron	+20,0-44,00 Mikron	+44,00-74,00 Mikron	+74,00-149,00 Mikron	+149,00 Mikron	D50 Mikron
220°C 30 dk	70,75	10,83	9,77	8,30	0,36	6,45
220°C 60 dk	64,26	10,40	10,49	12,93	1,92	8,40
200°C 30 dk	20,34	2,54	7,08	59,30	10,74	96,87
200°C 60 dk	45,82	37,32	15,17	1,69	0	22,26
200°C180 dk	49,60	34,80	13,90	1,70	0	20,23

Sentezlenen böhmitlere ilişkin SEM görüntüleri Şekil 6'da verilmektedir. Şekilde 200 °C'de 30 dakika ve 180 dakikada gerçekleştirilen sentezlerin 100 kat büyütme (a ve b) ve 5000/10000 büyütme (c ve d) yapılarak alınmış SEM görüntülerine aittir. Görüntülerden de anlaşılacağı üzere parçacıklarda morfolojik yapı benzerliği oldukça yüksektir. Ancak 5000 büyütmede reaksiyon süresinin artmasıyla parçacıklardaki aglomerasyonun azaldığı görülmektedir.

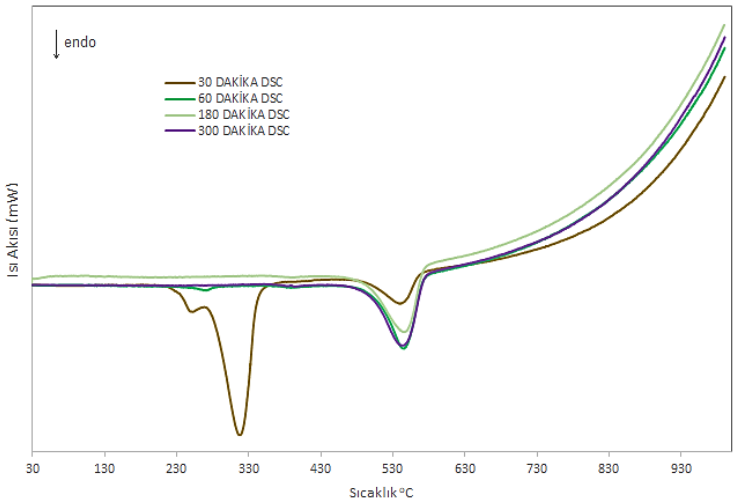


Şekil 6. Sentezlenen Böhmitin 200 °C 'de a,c) 180 dakika b,d) 30 dakika



Şekil 7. 200 °C 'de 30, 60, 180dakikada yapılan böhmit sentezine ilişkin TGA termogramları

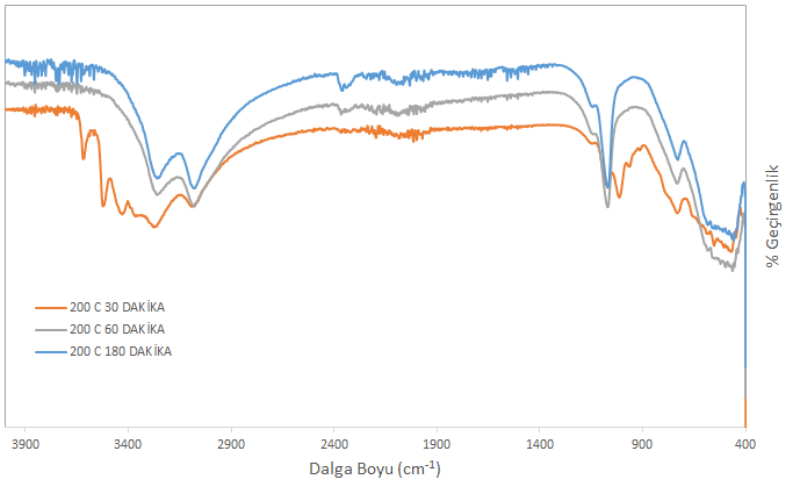
Şekil 7, 200°C 'de 30, 60 ve 180dakikalarda yapılan böhmit sentezine ilişkin TGA termogramlarını vermektedir. Termogramlar incelendiğinde 30 dakikada yapılan sentezde iki kütle kaybı gözlenmektedir. Bunlardan birincisi yaklaşık 225°C den başlayıp 330°C'ye kadar devam eden α-Al(OH)3 yapısındaki gibsit fazının dehidroksilasyonu sonucu γ-AlOOH yapısındaki böhmite dönüşmesinden kaynaklan kütle kaybıdır. Bu kütle kaybı Şekil 8'de verilen DSC termogramında da aynı aralıkta görülen endotermik pik ile doğrulanmaktadır. İkinci kütle kaybı ise böhmit yapısının faz dönüşümüne aittir (Perić, Krstulović, and Vučak 1996).



Şekil 8. 200 °C 'de 30, 60, 180dakikada yapılan böhmit böhmit sentezine ilişkin DSC termogramları

FTIR analizlerinde dalga boyu <1000 cm^{-1} altında kalan bölge parmak izi bölgesi olarak adlandırılır ve moleküllere ait karakteristik pikleri verir. Şekil 9'da gibsitik ve böhmitik Alüminyum hidroksitine ait FTIR pikleri verilmektedir. Spektrumdaki piklerin belirlenmesi açısından Tablo5'te literatürde verilen karakteristik pikler belirtilmiştir.

30 dakika hidrotermal çalışmada gibsit ve böhmit karışımı iki faz içinde 448.62, 471.55, 555.99, 594.49, 732.53, 963.20, 1014.48, 1070.49, 3088.35, 3275.85, 3359.82, 3432.75, 3522.94 ve 3619.38 cm^{-1} dalga boylarında pik vermiştir. %100 böhmit analizi 464.22, 586.38, 732.76, 1070.30, 1147.55, 3078.98 ve 3259.67 cm^{-1} dalga boylarında pik vermiştir. Tablo 5'te verilen piklerle karşılaştırıldığında H-O-H bağı ve Al-OH asimetrik bağının oluşmadığı, fakat AlO_6 titreşimi, Al-OH simetrik ve asitmetik bağı ve Al-OH simetrik ve asimetrik bağlarının oluştuğu gözlenmiştir. Elde edilen veriler böhmit fazının oluşumunu doğruladığı açık şekilde görülmektedir.



Şekil 9. 200 °C'de 30, 60, 180dakika hidrotermal sentez sonrası FTIR analizi

Tablo 6. Böhmitin Literatürde Verilen IR Piklerinin Görevleri (Alex et al. 2011)

IR piki	Görevi
475 (g)	AlO_6 titreşimi
597 (o)	AlO_6 titreşimi
744 (o)	AlO_6 titreşimi/Al-OH bağı
1070 (g)	Al-OH simetri bağı
1150 (d)	Al-OH asimetri bağı
1640 (g)	H-O-H bağı
3090 (o)	Al-OH asimetrik germe
3300 (d)	Al-OH asimetrik germe
3430 (g)	Al-OH asimetrik germe, H-O-H germe

g-güçlü, o-orta, z-zayıf, d-destek

Böhmit sentezinde, sıcaklık ve süre çalışmaları göz önüne alındığında 200 °C ve 60 dakika şartları optimum koşul olarak seçilmiştir. Seçilen böhmit numunesi laboratuvarda yüksek sıcaklık fırınında (Protherm) 1200 °C ve 3 saatte kalsine edilmiştir. Böhmitin kalsinesiyle elde edilen α-Alüminanın kimyasal ve fiziksel analizleri aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir.

Eti Alüminyum A.Ş' den temin edilen EtiAlü 301 ürünüyle kıyaslanmıştır. EtiAlü 301 ürününün kimyasal ve fiziksel analizleri aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir. Alüminanın kalsinasyonu yatay döner fırında yapılmakta ve çok sert kalsine edilmiş alümina olarak sınıflandırılmaktadır. Alfa değeri >97' den yüksek olmakta ve üretim esnasında kırılmalardan dolayı tane boyutu diğer alüminalara göre incedir.

Tablo 7. EtiAlü 301 ve kalsine böhmitin kimyasal ve fiziksel analizleri

	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	Na_2O	D_{50}	Alfa
	%	%	%	%	Mikron	%
EtiAlü 301	99,81	0,014	0,007	0,15	39,61	100
Kalsine Böhmit	99,93	0,009	0,005	0,03		99,1

Sonuç olarak, bu çalışmada alümina elde edilmek üzere başlangıç maddesi olarak kullanılmak üzere farklı sıcaklık ve reaksiyon sürelerinde böhmit sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler geleneksel olarak kullanılan ATH'ten doğrudan alümina elde etmek yerine ATH'ın böhmite çevrilmesinin soda safsızlığını %87,5 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç nihayi ürünün de ekonomik değerini %50 arttırmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkılarından dolayı ETİ Aluminyum A.Ş.'ne ve 2113MER03001 nolu projeyle verdikleri destekten dolayı Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Birimi'ne teşekkür ederiz.

Kaynakça

Abdollahifar, Mozaffar, Reza Zamani, Ehsan Beiygie, and Hosain Nekouei. 2014. "Synthesis of Micro-Mesopores Flowerlike γ-Al2O3 Nano-Architectures." *Journal of the Serbian Chemical Society* 79(8): 1007–17. http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0352-51391400007A.

Alex, T. C., Rakesh Kumar, S. K. Roy, and S. P. Mehrotra. 2011. "Anomalous Reduction in Surface Area during Mechanical Activation of Boehmite Synthesized by Thermal Decomposition of Gibbsite." *Powder Technology* 208(1): 128–36. http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2010.12.010.

Arıkan, Hüseyin, Gökhan K. Demir, and Sema Vural. 2019. "Investigation of Lime Usage Impacts on Bauxite Processability at ETI Aluminyum Plant." *International Journal of Industrial Chemistry* 10(1): 57–66. https://doi.org/10.1007/s40090-019-0171-x.

Dash, B. et al. 2007. "Effect of Temperature and Alumina/Caustic Ratio on Precipitation of Boehmite in Synthetic Sodium Aluminate Liquor." *Hydrometallurgy* 88(1–4): 121–26.

Holtmann, J. et al. 2016. "Boehmite-Based Ceramic Separator for Lithium-Ion Batteries." *Journal of Applied Electrochemistry* 46(1): 69–76.

Hudson, L. Keith et al. 2000. "Aluminum Oxide." In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Park, Yi Yong et al. 2006. "A Study on the Preparation of Fine and Low Soda Alumina." *International Journal of Mineral Processing* 80(2–4): 126–32.

Perić, J., R. Krstulović, and M. Vučak. 1996. "Investigation of Dehydroxylation of Gibbsite into Boehmite by DSC Analysis." *Journal of Thermal Analysis* 46(5): 1339–47.

Shin, Gwang Hee et al. 2020. "Study on Precipitation of Microcrystalline Boehmite from Bayer Process Solutions." *Journal of Ceramic Processing Research* 21(1): 50–56.

Tsuchida, Takeshi. 2000. "Hydrothermal Synthesis of Submicrometer Crystals of Boehmite." *Journal of the European Ceramic Society* 20(11): 1759–64.

Wefers, Karl, and Chanakya Misra. 1987. "Oxides and Hydroxides of Aluminum." *Alcoa Technical Paper* 19: 1–100.

Yang, Hui bin, Feng qin Liu, and Xiao lin Pan. 2018. "Mineral Structure and Crystal Morphologies of High-Iron Hydrargillite." *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials* 25(5): 505–14.

Zhang, Xin et al. 2019. "Transformation of Gibbsite to Boehmite in Caustic Aqueous Solution at Hydrothermal Conditions." *Crystal Growth and Design* 19(10): 5557–67.

INTERNATIONAL
CONGRESS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES STUDIES
ULUSLARARASI MÜHENDISLIK VE DOĞA BILIMLERI ÇALIŞMALARI KONGRESI
ISBN: 978-605-06728-8-6

Developing A Warning Sign According To Earthquake Intensity Through Intelligent Earthquake Information System

Akıllı Deprem Bilgi Sistemi ile Deprem Şiddetine Göre Uyarı İşareti Geliştirilmesi

***Murat TÖREN*[1]**
***Mücahit KINA*[2]**
***Mehmet ÇEPNİ*[3]**
***Yunus Emre DEMİRCİ*[4]**

Abstract

It is known that earthquake early warning systems are used to determine the occurrence intensity of earthquakes in studies on earthquakes at international level. However, these earthquake early warning systems are located at certain points in earthquake-prone areas. The data obtained from here can be seen from earthquake information centers, and the earthquake intensity can be determined in this way. With the determination of these earthquake intensities, certain critical facilities (rail systems, electricity generation, transmission facilities, etc.)

Özet

Uluslararası düzeyde, depremler ile ilgili yapılan çalışmalarda depremin meydana geliş şiddetinin belirlenmesinde deprem erken uyarı sistemleri kullanıldığı bilinmektedir. Ancak bu deprem erken uyarı sistemleri deprem olabilecek bölgelerde belirli noktalara konumlandırılmaktadır. Buradan alınan veriler deprem bilgi merkezlerinden görülebilmekte ve bu şekilde deprem şiddeti belirlenebilmektedir. Bu deprem şiddetlerinin belirlenmesi ile belirli kritik tesisler (Raylı sistemler, elektrik üretim, iletim tesisleri vb.) uyarılabilmekte ve sistemler

[1] Murat TÖREN, Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, murat.toren@erdogan.edu.tr
[2] Mücahit KINA, Lisans Öğrencisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, mücahit_kina18@erdogan.edu.tr
[3] Mehmet ÇEPNİ, Lisans Öğrencisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, mehmet_cepni18@erdogan.edu.tr
[4] Yunus Emre DEMİRCİ, Lisans Öğrencisi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, yunusemre_demirci18@erdogan.edu.tr

can be warned and thus their systems can be protected. However, no earthquake early warning system is currently used to ensure that people living in multi-storey buildings, which are most affected by earthquakes, are warned against the severity of the earthquake by early warning systems and at least reach a sheltered point. Therefore, the present study aims to develop an earthquake early warning system that can be used effectively at more local points within international and national earthquake early warning systems. In this system study, the signs that will create an earthquake early warning in response to 5 different earthquake occurrence signs which previously occurred in earthquake simulation centers in AFAD (Disaster and Emergency Management) units and whose earthquake intensities are known are determined by accelerometer and the software included in the system. Accordingly, it can be ensured that people will be immediately warned against earthquakes and they will behave accordingly by creating single warning (sound or light flashing) signals when the earthquake intensity range is determined to be between 0 and 4 magnitude values and by creating multiple warning (both sound and light flashing) signals when it is determined to be between 4 and 8 magnitude values.

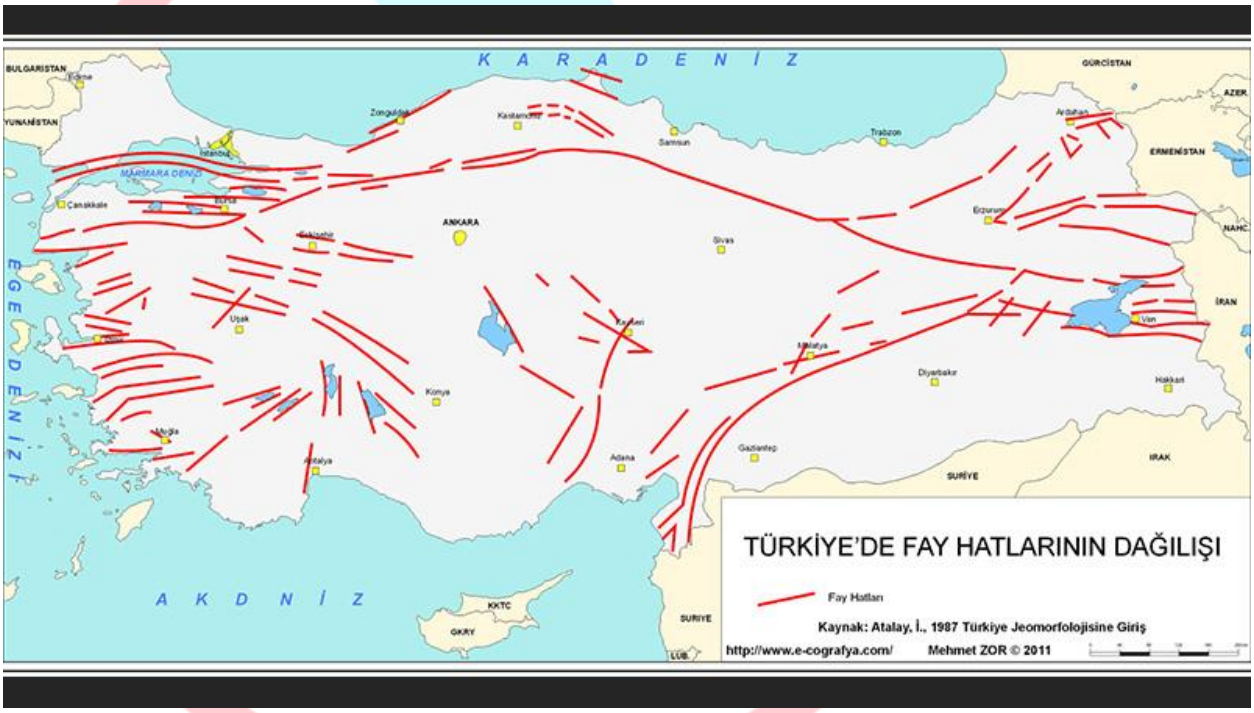
Keywords: arduıno, accelerometer, intelligent earthquake information system, earthquake early warning system

korumaya alınabilmektedir. Ancak depremlerden en çok etkilenen yüksek katlı binalarda bulunan insanların deprem şiddetinden erken uyarı sistemleri ile uyarılıp korunaklı bir noktaya ulaşmalarının sağlanmasına yönelik bir deprem erken uyarı sistemi hali hazırda kullanılmamaktadır. Bundan dolayı bu çalışma ile, uluslararası ve ulusal deprem erken uyarı sistemleri içerisinde daha yerel noktalarda etkin kullanılabilecek bir deprem erken uyarı sistemi geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu sistem çalışmasında, AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi) birimlerinde bulunan deprem simülasyon merkezlerinde daha önce gerçekleşen ve deprem şiddetleri bilinen 5 farklı şiddetli deprem oluşum işaretlerine karşılık deprem erken uyarısı oluşturacak işaretler akselerometre (ivme ölçer) ve bunun sisteme dahil olduğu yazılım ile belirlenmektedir. Buna göre de deprem şiddet aralıkları 0-4 magnitüd arası değerler algılandığında tekli ikaz (ses yada ışık yanıp sönme), 4-8 magnitüd arasında algılandığında ise çoklu ikaz (hem ses hem ışık yanıp sönme) özgün uyarı sinyalleri oluşturularak binalarda insanların karşılaşacakları depremlere karşı erken uyarılmaları ve buna göre davranış oluşturulmaları sağlanabilecektir.

Anahtar Kelimeler: arduino, akselerometre, akıllı deprem bilgi sistemi, deprem erken uyarı sistemi

1. GİRİŞ

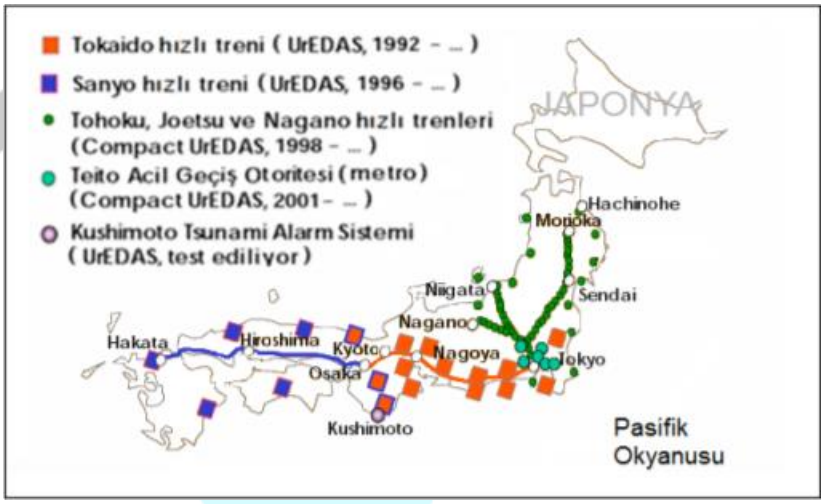
Ülkemiz yer şekillerinin üçüncü jeolojik zamanda (tersiyer zaman) tamamlanması aktif fay hatlarına sahip olmamızın başlıca sebebidir (DENGİZ, O.). Ayrıca Anadolu Levhası'nın güneyde Arap Levhası (yılda 25 mm'leri bulan hızlı sıkıştırma hareketi ile) ve kuzeyde (neredeyse hiç hareket etmeyen) Avrasya Levhası'nın arasında kalması ve bu sebeple batıya doğru açılma şeklinde hızla hareket etmesi sebebiyle yüksek sismik aktivite göstermektedir (KETİN, İ.). Bu durumun sonucu olarak ülkemizdeki Kuzey Anadolu Fay Hattı oluşmuştur. Bu ve bunun gibi sebeplerden ötürü ülkemiz yüzyıllardır depremle mücadele etmektedir. Kayıt altına alınan ilk deprem 1939 Erzincan depremi ile günümüzde yaşanan son depreme kadar binlerce vatandaşımız yaralanmış veya hayatını kaybetmiştir. Keza ülkemiz haricinde yurtdışında yaşanan deprem felaketlerinde de çok büyük yıkımlar ve can kayıpları yaşanmıştır. Aşağıda Şekil 1'de Kuzey Anadolu Fay Hattının ve diğer aktif fay hatlarının dağılış grafiği verilmiştir.



Şekil 33. Türkiye Aktif Fay Hatları

Teknolojinin gelişimiyle beraber depremlerin etkilerinin azaltılmasına yönelik teknolojik sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. Depremin yıkıcı etkisinden önce depremden haberdar olabilmek ve ülkelerin olası deprem felaketlerinde zarar görmesinden endişe duydukları hızlı tren hattı, elektrik üretim ve nükleer enerji tesisleri vb. gibi yapıların korunmasına yönelik tasarlanan erken uyarı sistemleri geliştirilen sistemlerden şüphesiz en önemli ve misyonlu olanıdır. Günümüzde halihazırda erken uyarı sistemlerinin kullanımı mevcuttur. Örneğin Japonya 2004 yılında hızlı tren sistemlerini koruma altına almak için tüm hızlı tren hattını aşağıda Şekil 2'de gösterilen şekilde deprem hızlı alarm sistemi ile donatmıştır (ALÇIK, H. (2011)).

Keza Meksika 2007 yılında dünyanın ilk halka yönelik sismik uyarı sistemini devreye alarak ülkenin en büyük şehri olan Mexico City'i depremden 60 saniye önce haberdar edebilecek sistemi tamamlamıştır (ALÇIK, H. (2011)).



Şekil 34. Japonya'da Hızlı Tren Sistemlerinde Kurulu Uredas ve Compact Uredas Cihazlarının Dağılımı

Ancak dünyada geliştirilen çoğu sistem halka yönelik geliştirilmemiştir. Kurulan erken uyarı sistemlerinin çoğu önemli hatların korunması için tasarlanmış sistemlerdir. Halka yönelik oluşturulan sistemler ise mevcut teknolojik yaklaşımla kurulan erken uyarı sistem ekipmanlarının sabit ve dar alanlara hizmet ettiği, nesnel geçerlilik kabulü olan yazılımların geliştirilememesinden ötürü aktif olarak kullanılamamaktadırlar. Yani örneğin Japonya sınırlarında kullanılan teknolojik ekipmanların Türkiye için kullanılamaması halka yönelik erken uyarı sistemlerinin pasif kalmasında etken rol oynamaktadır. Bu çalışma ile oluşturulacak ekipmanların ve genel geçerliliği esas alan özgün yazılımlar ile halka yönelik erken uyarı sistemlerinin oluşturulması için altyapı sağlayacak yeni ve özgün bir sistem ortaya konulacaktır. Çalışma sonucunda ise halka yönelik erken uyarı sistemleri hususunda geliştirilen bu sistemle depremden insanların daha önce haberdar edilerek doğru pozisyonda ve konumda depreme yakalanmaları sağlanabilecektir.

Bu çalışma ile deprem erken uyarı sistemlerinin her alanda rahatlıkla uygulanabilmesi için geliştirilen altyapının akabinde deprem öncesi, anı ve sonrasında kişilerin can ve mal güvenliğini korumak, depremden kaynaklı can kayıplarını engellemek ve arama kurtarma faaliyetlerini hızlandırmak üzere sistemlerde geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemler multidisipliner bir çalışmanın ürünü olup ihtiyaçlara yönelik tasarlanmıştır. Çalışma içerisinde yer alan sistemler kısaca aşağıda tanıtılmıştır.

- Sistem içerisinde bulundurduğu USİS (Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi) ile uyku durumundaki insanların uyandırılarak afet sırasında uyanık ve bilinçlerinin açık olması,

- ASS (Akıllı Sinyalizasyon Sistemi) ile deprem öncesi afet eğitimi verilerek daha bilinçli bir toplum oluşturmayı ve deprem anında lokasyona bağlı olarak kullanıcıların depremden erken haberdar olabilmesi ve bunun sonucunda deprem anını daha hazırlıklı bir şekilde insanların karşılayabilmesi,

- ADS (Aydınlatma Sistemi) ile deprem esnasında kesilen elektriğin eksikliğinin giderilmesi ve karanlıkta meydana gelebilecek kazaların önlenmesi,

- KSS (Koruma Sigorta Sistemi) ile deprem esnasında elektrik, su ve doğalgaz hatlarının kesilmeme ihtimaline karşın binanın ana panodan gerekli hatlarını keserek oluşabilecek yangın, patlama ve su baskınlarının önlenmesi,

- TESUS (Telkin Edici Sesli Uyarı Sistemi) ile deprem esnasında oluşacak panik ortamından kaynaklı olumsuzlukların önlenmesi ve depremzedelerin kontrollü davranışlarda bulunabilmesi,

- AKS (Afet Kilit Sistemi) ile bina çıkış noktalarındaki çelik kapı sistemlerinin sıkışarak tahliyeyi zorlaştırması durumlarının çözülmesi,

- OPİK (Opsiyonlu Parmak İzi Kilit Sistemi) ile anahtar kullanımı, anahtar kullanımında bağlı sorunların ve hırsızlara yönelik güvenlik problemlerinin çözülmesi,

- GKS (Dış Etkenlere Karşı Güvenlik Kontrol Sistemi) ile kullanıcının evde olmadığı durumlarda gerçekleşebilecek güvenlik sorunlarının çözülmesi,

- KARKUS (Kara Kutu Sistemi) ile yapı içerisindeki mikro alanları kontrol ederek, kontrol edilen alanlardaki insan veya canlı varlığı sürekli olarak denetlenecektir. Bu denetleme sonucunda eğer ki alan içerisinde biri/leri var ise KARKUS sistemi aktif hale gelecektir. Alan içerisinde biri/leri var iken KARKUS sistemi sensörlerden yıkıcı deprem bilgisini aldığı anda 2 türlü ses çıkartarak arama kurtarma ekiplerine ses olan bölgede depremzede olduğu bilgisini verecektir. Bu sayede enkaz altındaki kişilerin yer tespiti kolaylaşabilecektir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Donanım

Kişilerin tüm deprem sürecinde güvenliğini sağlamak amacı ile geliştirilen sistemin donanım seçimleri çok hassas ve titizlikle yürütülmüştür. Çünkü şeçilen donanımlar direkt olarak insan hayatına etki etmektedir. Sistemde kullanılan donanımlar aşağıda Tablo 1. 'de verilmektedir.

Tablo 1. Sistemde Kullanılacak Donanım Tablosu

ÜRÜN ADI	ÖZELLİKLERİ	KULLANILDIĞI SİSTEM
Arduino Mega 2560	• **Mikrodenetleyici : ATmega2560** • **Saat Frekansı :16 MHz** • **EEPROM : 4 KB** • **SRAM : 8 KB** • **Flash Hafıza : 256 KB (8 KB bootloader için)** • **Dijital giriş / çıkış pinleri : 54 adet (Bunların 15 tanesi PWM olarak kullanılabilir)** • **Analog Giriş : 16 tane** • **Çalışma Gerilimi : +5V DC** • **Tavsiye edilen besleme gerilimi : 7 – 12 V DC Besleme Gerilimi Limitleri : 6-20 V** • **Giriş ve Çıkış pin başına düşen DC akım : 40 mA** • **3.3 V pini için akım : 50 mA**	**Tüm Sistemlerin Kontrol Merkezi**
ADXL345 Akselerometre	• Giriş Voltajı: 3-5V • Düşük güç tüketimi(40uA) • Serbest düşüş algılama • SPI ve I²C arayüzü • 3 eksen ivme ölçer	Sistemi Tetikleyen İlk Sinyallerin Tespitinde ve Halka Yönelik Erken Uyarı Sistemi
Selenoid Motorlu Kapı Kilidi	• **Çalışma gerilimi: 12V DC** • **Çalışma akımı: 500 - 650 mA** • **Aktivasyon süresi: 0,2-10 sn** • **Maksimum boyutlar: 41.85 mm x 53.57 mm x 27.59 mm** • **Boyutlar: 23.57 mm x 67.47 mm x 27.59 mm** • **Ağırlık: 147.71 gr**	**Afet Kilit Sistemi (AKS)** **Güvenlik Kontrol Sistemi (GKS)**

Selenoid İtme – Çekme Motoru	• Anma Gerilimi: DC 12V • Tip: İtme-Çekme • Anma Akımı: 300 mA • Kuvvet ve İnme: 5 N/10 mm • Gövde Boyutu: 30 x 13 x 15 mm (L * W * H) • Piston Çubuğu Ölçüsü: 6 x 58 mm • Montaj Deliği Çapı: 2.5 mm • Kablo Uzunluğu: 17 cm	Afet Kilit Sistemi (AKS)
DFPlayer Mini Arduino MP3 Çalar	• **Desteklenen örnekleme oranları (kHz): 8 / 11.025 / 12/16 / 22.05 / 24/32 / 44.1 / 48** • **24 bitlik DAC çıkışı, 90dB dinamik aralık için destek, SNR desteği 85dB** • **Tamamen FAT16, FAT32 dosya sistemi, TF kartın maksimum desteği 32G, U disk 32G desteği, 64M bayt destekler NORFLASH** • **Çeşitli kontrol modları, I / O kontrol modu, seri mod, AD düğmesi kontrol modu** • **Reklam bekletme fonksiyonu, müzik askıya alınabilir. reklam sona erdiğinde müziğin çalmaya devam etmesi** • **Ses verileri klasöre göre sıralanır, 100'ye kadar klasör destekler, her klasör en fazla 255 şarkı** • **30 seviye ayarlanabilir ses, 6 seviye EQ ayarlanabilir**	**Telkin Edici Sesli Uyarı Sistemi (TESUS)** **Kara Kutu Sistemi (KARKUS)**
AS608 Parmak İzi Okuyucu Sensör Modülü	• Besleme gerilimi: DC 3.3 V • Güç kaynağı akımı: çalışma akımı: <60mA • Tepe akımı: <60mA • Parmak izi görüntü giriş süresi: <1 saniye. • Pencere alanı: 15.3 18.2mm • Çözünürlük: 500 dpi,	Opsiyonlu Parmak İzi Kilit Sistemi (OPİK) Güvenlik Kontrol Sistemi (GKS)

Elektrikli Su ve Doğalgaz Valfleri	• **Besleme Gerilimi : 220 V DC** • **Max. Dayanabileceği Su/Hava basıncı: 0.80 MPa** • **Max. Dayanabileceği Su/Hava sıcaklığı: 100 Derece**	**Koruma Sigorta Sistemi (KSS)**
Lojik Elektrik Kontrolcüsü	• Lojik Kapı Uyumları • Röle ve entegreye uyumu • 74LS00P desteği • Özgün Tasarım	Koruma Sigorta Sistemi (KSS)
Şerit LED	• **Akım: 1200mA** • **Gerilim: DC 12V** • **Güç: 14,4** • **Lümen: 1500Lm/Mt** • **IP: IP20** • **Işık Açısı: 120 Derece** • **Led Tipi: SMD 3 dirençli** • **CQC / CE / ROHS / FCC / PSE Serfitikalarına Sahiptir.**	**Aydınlatma Sistemi (ADS)**
HMI 7 Inch Dokunmatik Ekran	• Dahili RTC'yi destekleyin • GPIO'yu Destekleyin • SD Kart arayüzü: maksimum max 32G Micro TF / SD kartı (FAT32 dosya formatı) destekler • Flash veri depolama alanı: 32MB • EEPROM: 1024 bayt • RAM: 8192 bayt • Komut tamponu: 1024 bayt • Renk: 65K (65536) renk • Çözünürlük: 800 × 480 piksel • Ayarlanabilir Parlaklık: 0 ~ 230 nit - ayar aralığı% 1'dir. • Görme Alanı: 154.08mm (L) × 85.92mm (W) • Yerleşim büyüklüğü: 181 (L) × 108 (W) × 9.3 (H) • Dokunma türü: Dirençli • Arka ışık: LED	Akıllı Sinyalizasyon Sistemi (ASS)

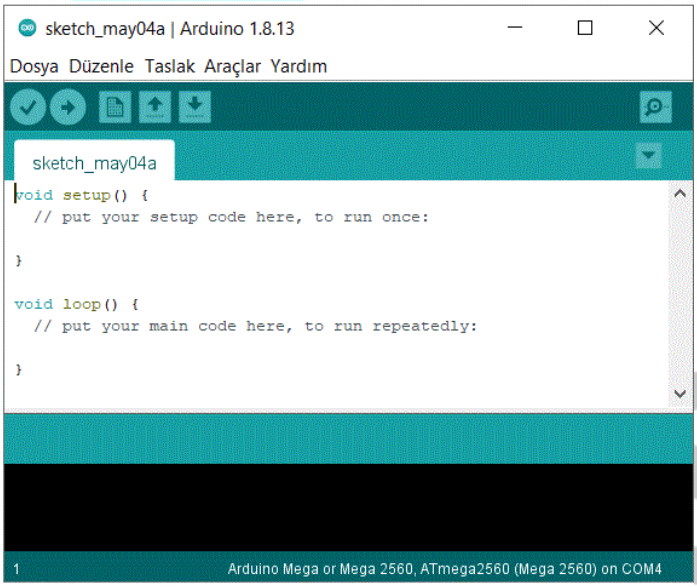
	• Arka ışık ömrü (Ortalama):> 30.000 Saat • Net Ağırlık: 268 g • Önerilen güç kaynağı: 5V 2A	
433 MHz RF Alıcı Verici Modülü	• **Çalışma Gerilimi: DC5V,** • **Çalışma Akımı: 4MA,** • **Çalışma sıcaklığı: -20°C ~ +70°C,** • **Frekans: 433.92MHz,** • **Hassasiyet: -103dBm,** • **Anten: 32cm tek çekirdekli tel, helezon şeklinde,** • **Modülasyon metodu: Genlik modülasyonu (ASK or OOK),** • **Type: Fixed Code (without decode),** **Vericinin Özellikleri:** • **Verici mesafesi :20-200metre (gerilim etkisi),** • **Gerilim:3.5V - 12V,** • **Çalışma modu: AM,** • **Verici hızı: 4 KB / S,** • **Verici gücü: 10mW,** • **Frekans: 433M,** • **Anten: 25cm Tek veya çok çekirdekli tel,** • **Pin düzeni: sağ-sol (Data -VCCI- GND).**	**Kara Kutu Sistemi (KARKUS)**
KARKUS Radyo Frekans Üreteci – Alıcı-Verici Devresi	• Besleme gerilimi: 5V-12V • Menzil:20-200 metre • Özel Haberleşme Bandı (Kuruma Özel)	Kara Kutu Sistemi (KARKUS)
IR Kızılötesi Alıcı-Verici Devre	• **Besleme Gerilimi: 5V** • **Menzil: 3-80 Cm** • **Çıkış Sinyal Tipi: NPN Çıkış**	**Kara Kutu Sistemi (KARKUS)**
Ses Sistemi	• Besleme Gerilimi: 5 V • Çıkış Gücü: 10 W	Telkin Edici Uyarı Sistemi (TESUS) Kara Kutu Sistemi (KARKUS)
Buzzer	• **Farklı tonlarda uyarı sinyalleri üretebilme**	**Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi (USİS)**

2.2 Yazılım

Gerçekleştirilen çalışma insan hayatı ile birebir alakalı olduğu için elde edilecek verileri ve faaliyete sokulacak aksiyonları tetikleyen yazılım sistemi çok titiz ve hassas bir şekilde oluşturulmuştur.

2.2.1 Arduino IDE

Mikrodenetleyici kartımızı programlamak için Arduino İde yazılım programı kullanılmaktadır. Arduino IDE; komutların yazılmasına, derleme işleminin yapılmasına ve son olarak da derlenen kodların doğrudan Arduino kartına yüklenmesine olanak sağlayan yazılım geliştirme platformudur (Şekil 3). Arduino İde C ve C++ dillerini destekler. Kullanıcı tarafından yazılan kod, iki temel fonksiyon gerektirmektedir, başlama noktası olarak adlandırabileceğimiz bölüm ve ana döngünün gerçekleşeceği kısım. Bunlar GNU araç zinciri sayesinde bağlanır ve derlenir. Arduino İde temelde, çalıştırılabilir kodu hexadecimal format ile metin dosyasına işler. Ardından kullandığımız Arduino İde bu metin dosyasını bağlı olan Arduino kartın firmware'ına yükleyici program ile aktarmayı gerçekleştirir.



Şekil 35. Arduino İDE Yazılım Programı Arayüzü

Bu çalışmada Arduino İDE üzerinde kullanılan kütüphaneler ve kullanım alanları şu şekildedir.

- **Adafruit_Fingerprint.h** : Parmak izi sensörünün algılama ve doğrulama işlemlerini gerçekleştirmek maksadı ile kullandığımız kütüphanedir.

- **Adafruit_Sensor.h** : Bu kütüphane desteklenen herhangi bir sensör için ortak bir arayüz ve veri türü sağlar.

- **Adafruit_ADXL345_U.h** : Kütüphane I2C protokolü aracılığı ile akselerometre sensörünü kontrol etmemize olanak sağlamaktadır.

- **Wire.h** : Arduino ile I2C haberleşmesinde Wire.h kütüphanesini kullanmaktayız.

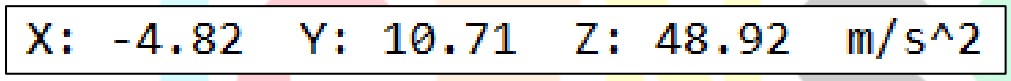
- **SoftwareSerial.h** : Arduino Mega kartımız ile elektronik cihaz veya cihazlar arasında Tx ve Rx pinleri üzerinden seri haberleşmeyi gerçekleştirmektedir.

- **DFRobotDFPlayerMini.h** : DFPlayer Mini MP3 oynatıcı modülünün kontrolü için kullanılan kütüphanedir.

2.2.2 Akselerometre İvmeölçer Sensörü

Akselerometre sensörü x-y-z olmak üzere 3 eksenli veri aktarabilen, ivmeölçer bir sensördür. Günümüzde bu sensörler sismik aktivitelerin takibinde de kullanılabilmekte ve olası deprem durumunda sistemlerin ve tesislerin korunması için emniyet bariyeri olarak kullanılabilmektedir.

Tüm sistemin hareket mekanizmasında tetikleyici rol oynayan 3 eksenli akselerometre için eşik değerler belirlenirken İstanbul Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD) ile iş birliği yapılarak Türkiye'de yaşanmış 5 büyük depremin verileri oluşturulan deprem şiddeti belirleyiciyle ölçülmüştür. Bu ölçümler Türkiye'de tek olan 12 pistonlu %100 gerçek deprem benzetim simülasyon merkezinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu ölçümlerde deprem büyüklüklerinde tasarlanan sistemin aldığı veriler kaydedilip sistemi tetikleyecek eşik değerler bu şekilde oluşturulmuştur. Bu sayede sistem içerisinde belli başlı değerlere karşılık gelen gerçek deprem büyüklüklerinin tanımlaması yapılmıştır.



Şekil 36. Yapılan Ölçümlerde Kabul Edilen Referans Değer

Yukarıda Şekil4 'de gösterilen değerler ölçümün yapıldığı zeminden alınan referans değerlerdir. Bu referans değer, deprem simülasyon merkezlerinde alınan ölçümlerde deprem büyüklüklerini tespit etmek amacı ile kullanılmıştır. Akselerometre için Arduino İDE programı üzerinde oluşturulan kod ile; ölçülen zaman dilimi ayarlamaları, frekans ölçütlerinin değiştirilmesi ve etki eden g kuvvet ayarlanabilmektedir.

2.2.3 Parmak İzi Sensörü

Parmak izi sensörü, adı itibari ile parmak izinin sensöre gösterilmesi ile parmak biyolojik yapısında ki girintilere odaklı algılama gerçekleştiren ve kayıt edebilen sensördür.

Günümüzde parmak izi sensörleri bankalarda, turnike sistemlerinde, personel giriş çıkış kontrolünde vb. alanlarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Parmak izi sensörü Adafruit_Fingerprint.h kütüphanesi kullanılarak Arduino IDE üzerinden programlanmıştır. Burada enroll (kayıt) ve fingerprint (parmak izi algılama) kodları hazırlanarak sistem yazılımı tamamlanmıştır.

1 ile 162 kayıt hafızasına sahip sensörün çalıştırılan kod ile öncelikle okunan parmağın hafıza da kayıtlı parmak izleri ile eşleşip eşleşmediği test edilir. Ardından uyuşması durumunda sistem takibince işlemler gerçekleştirilir veya red yazısı led ekran da gösterilir. Her yeni kayıt için 1 ile 162 numara arasından seçim gerçekleştirilir. Numaranın boş veya dolu olması fark etmeksizin yeni kayıt yapılacak parmak izi Seri Port Ekranın da PC üzerinden yazılarak gönderilir ve kayıt edilir (Aksakallı, F., & Gül, Z.).

2.2.4 DFPlayer Mini MP3 Çalar

DFPlayer Mini ekonomik ve küçük ebatlı MP3 modülüdür. Mikro SD card üzerinden MP3 formatında ki ses dosyalarını oynatabilmektedir. Çalışma içerisinde kişileri sesli sistemler ile uyarmak için kullanılmaktadır. Arduino IDE üzerinden kod çalışmaları aşağıda paylaşılmıştır.

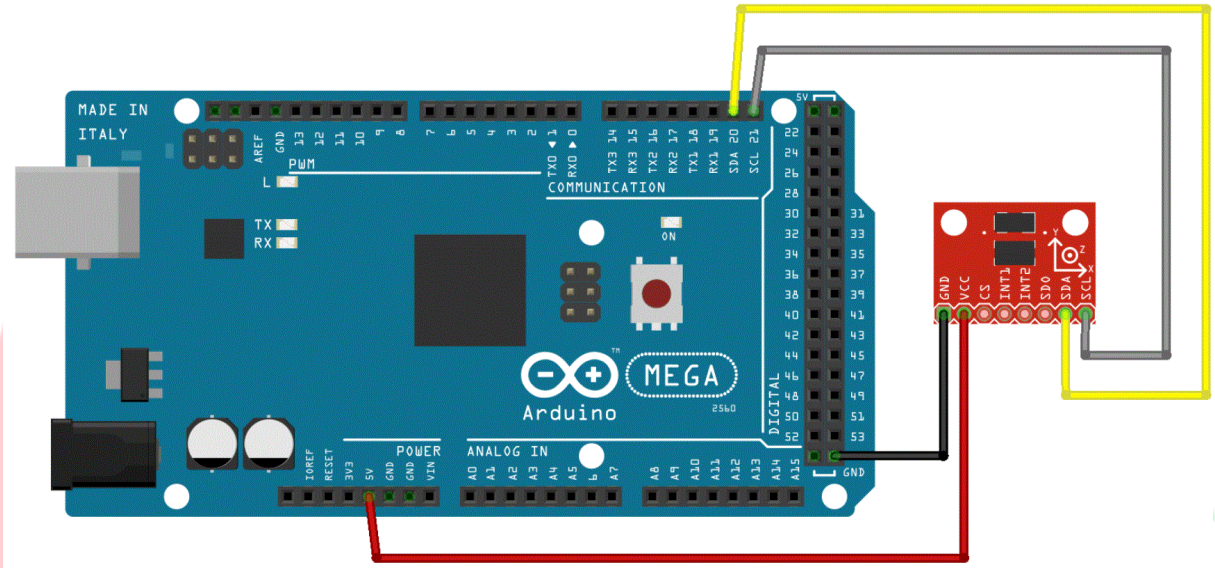
2.3. Yöntem

2.3.1 Depremi Meydana Getiren İşaretlerin Seçilip Belirlenmesi

Depremi meydana getiren işaretlerin algılanmasını ve alınan bilginin sistem hafızasına aktarılmasını sağlayan akselerometre sensörü bir modül içerisinde konumlandırılmaktadır. Akselerometre sensörü deprem oluşumundaki ilk oluşacak olan P sinyaline duyarlı bir eşik değerine sahip olacak şekilde seçilmiştir.

Akselerometre ivmeölçer sensörü, bir kütleye uygulanan ivmeyi ölçen sensördür. Uygulanan ivmenin ölçümünde, koordinat ivmesi (referans ivme) bilinmesine gerek yoktur. Bunun yerine ivmeölçer, içindeki test kütlesine referans eksenindeki, kütleden kaynaklı olan uygulanan kuvvetlere bakar (İrem Ayhan Selçuk, 2013).

Akselerometre sensörü ile yaşanmış depremlerin simüle edildiği deprem simülasyon evinde simülasyonlar gerçekleştirerek farklı boyutlarda ki depremlerin sensör üzerinde oluşturduğu kuvvet ölçüleri saptanmıştır. Akselerometre sensörü depremin oluşturduğu sarsıntı ile x-y-z olmak üzere 3 eksenli veri aktarabilmektedir. Sensör 100 ms aralıklar ile mikrodenetleyici karta haberleşme pinleri olan SDA ve SCL pinleri üzerinden bilgi aktarmaktadır (Şekil 5), bu süre oluşturulan yazılım ortamında kısaltılıp uzatılabilmektedir lakin sistemin düzenli çalışabilmesi hasebiyle 100 ms aralıklarla sistem çalışmasının sağlığı için uygun olduğu gözlemlenmiştir. Akselerometre sensörü üzerinden mikrodenetleyici karta aktarım esnasında I2C protokolü kullanılır. I2C protokolü, düşük bant genişliğine sahip, kısa mesafeli bir senkron haberleşme protokolüdür. I2C protokolünde haberleşme için iki hat kullanılır. Bunlar SCL ve SDA hatlarıdır. SCL (Serial Clock) veri senkronizasyonunu sağlayan, clock sinyallerinin iletildiği hattır. SDA (Serial Data) ise verilerin iletildiği hattır.



Şekil 5. Akselerometre Sensörü ile Arduino Mega'nın Bağlantısı

2.3.2 Sistem Entegrasyonunun Gerçekleştirilmesi

Sistem entegrasyon bölümünde; insan hayatını korumaya, insanları uyarmaya, telkin etmeye, tehlikeleri minimize etmeye ve tahliyeyi kolaylaştırmaya yönelik gerçekleştirilen sistemler oluşturulmuştur.

Bu kısımda, deprem boyutunun ölçülebilmesi için akselerometre ivmeölçer sensörü, kontrol birimi olarak Arduino Mega 2560, kapı kilit sistemleri için selenoid motorlar, çeşitli ses modülleri, aydınlatma cihazları, parmak izi okuyucu sensör, elektrikli valfler, kızılötesi sensörler ve frekans üreteçleri kullanılmıştır.

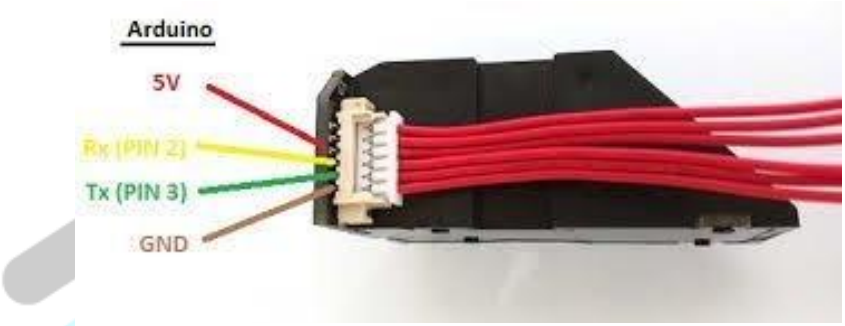
Bu çalışma, deprem boyutunun belirlenmesi ile çeşitli birimlerin birbirleri ile senkron biçimde faaliyete geçmesini sağlamaktadır. Deprem boyutu akselerometre ile algılanıp boyutu belirlenerek mikrodenetleyici karta aktarılır. Mikrodenetleyici karta gelen bilgi ile sistemler senkron çalışma prensibine uygun aktif veya pasif olurlar. Oluşturduğumuz sistemler; Deprem öncesi, akıllı sinyalizasyon sistemi (ASS) ile kişi bilgilendirmesi gerçekleştirilmekte; deprem esnasında, Güvenlik

Kontrol Sistemi (GKS) ve Afet Kilit Sistemi (AKS) ile tahliyenin kolaylaştırılabilmesi için kapı açılmakta, Aydınlatma Sistemi (ADS) ile tahliye ve azami görüşün gerçekleştirilebilmesi için aydınlatma sağlanmakta, Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi (USİS) ve Telkin Edici Sesli Uyarı Sistemi (TESUS) modülleri ile bireyler hem uyarılmakta hem de yapılması istenen durumlar tekrar edilerek insan psikolojisi ses aracılığı ile yönlendirilmektedir, Koruma Sigorta Sistemi (KSS) ile elektrik, su ve doğalgaz sebebi ile oluşabilecek yangınların, taşmaların ve patlamaların önüne geçilmektedir; deprem sonrası, Kara Kutu Sistemi (KARKUS) kızılötesi sensörler sayesinde algılanarak hafıza da tutulmuş veriler enkaz altında farklı frekanslarda sesler çıkaracak modülün çalışmasını ve bu sayede arama-kurtarma faaliyetlerinde kişi tayininin daha hızlı yapılabilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca Opsiyonlu Parmak İzi Kilit Sistemi (OPİK) ile de ev güvenliği sağlanmaktadır.

Akıllı Sinyalizasyon Sistemi (ASS) ile Deprem boyutlarının temsil ettiği üç farklı renk ile kişilere o an veya önceki zamana ait deprem verileri led ekran üzerinden renk hüzmeleri ile aktarılmaktadır. Deprem boyutlarının temsil ettiği renkler yazılım ile sistem hafızasına aktarılmakta, bu sayede deprem öncesi ve anında oluşan deprem boyutuna göre kişiye bildirim gerçekleştirilebilmektedir.

Opsiyonlu Parmak İzi Koruma Sistemi (OPİK) kişinin kimliğini oluşturan ve kimliğe göre giriş çıkış izni veren sistemdir. Parmak izi tanıma işlemi 1sn gibi çok kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Bu sistemler güvenliği en yüksek seviyede tutarlar. Parmak izi ile giriş veya çıkış sağlayan kişinin bilgileri kayıt altında tutulur ve kullanılan yazılım sayesinde hafızaya kayıt edilir. Parmak izi sistemlerinin en önemli avantajı ise kullanımının kolay olmasıdır. İnsanların parmaklarının uç bölgesi biyolojik olarak benzersiz bir şekilde yaratılmıştır. Biyolojik olarak benzersiz olduğu için hiçbir insanın parmak izi başka birininkine benzememektedir. Bu da bize benzersiz bir şifreleme yöntemi sunmaktadır. Parmak uçlarındaki kabarcıklar biyometrik bir haritaya benzer. Parmak izi okuma sensörleri ise parmak uçlarında bulunan bu girinti ve çıkıntıların arasında ki mesafeleri ve parmak izimizde bulunan noktaların birbirine olan konumlarını dikkate alarak benzersiz bir şifreleme algoritması oluşturur (Necla Özkaya, 2005).

Parmak izi okuma sensörü, parmak izi okutulduğunda kendisine kayıt edilen diğer parmak izi kayıtlarına bakar ve eşleştirme işlemini gerçekleştirir (Abdulkadir H. Alkali, 2019). Sistem entegrasyon da ZFM40 parmak izi sensörü kullanılmaktadır. ZFM40 parmak izi sensörü; 3.6/6V DC besleme geriliminde, 120mA çalışma akımında faaliyet göstermektedir. Parmak izi sensörü 4 pini bulunmaktadır bunlar; VCC, GND ve haberleşme pinleri olan RX ile TX'dir (Şekil 6). ZFM40 parmak izi sensörü, üzerinde barındırdığı görüntü işleme DSP çipi ile parmak izini analiz eder iken aynı zamanda üzerinde bulundurduğu bellek sayesinde 162 adet parmak izine kadar kayıt etme kabiliyetine sahiptir. Parmak izi sensörü sistem entegrasyon bölümünde ev güvenliğini gerçekleştirmek maksadı ile kullanılmaktadır. Sensör aynı zamanda kullanılacak led ekran ve kapı kilit sürücüleri ile bağlantılı olarak entegrasyonu gerçekleştirilecektir. Parmak izi koruma sistemi oluşturulan yazılım ile tatil modu işaretlenmiş iken faaliyet göstermeyerek; deprem esnasında kapı sürücü motorlarını çalıştırmayarak olası hırsızlık problemlerinin önüne geçmektedir. Parmak izi sensörü yazılımı için Arduino İDE platformu üzerinde parmak izi sensörü kütüphanesi olan Adafruit-Fingerprint-Sensor-Library kütüphanesi ve ayrıca sensor yazılımları kullanılmıştır.



Şekil 6. Parmak İzi Sensörü ve Bağlantı Pinleri

Aydınlatma Sistemi (ADS) deprem esnasında Koruma Sigorta Sisteminin elektrik iletimini kesmesi sonucu daire içi ışık miktarının kesilmesi sonucu oluşacak olumsuzlukları ortadan kaldırmak maksadı ile oluşturulmuş bir sistemdir. Daire içi çeşitli noktalara yerleştirilecek ledler sayesinde deprem esnasında daire içi azami görme ortamı oluşturulacaktır. Ledler daire içi oluşturulacak harici besleme kaynağına bağlı olacak ve yalnızca deprem esnasında oluşturulan yazılım da belirlenen vakitler de aktif olacaktır.

Koruma Sigorta Sistemi (KSS) deprem esnasında daire içinde bulunan sigorta kutusundan kaynaklı oluşabilecek yangınların; daire doğalgaz ve su boru hatlarından kaynaklı patlama ve taşmaların önüne geçmek maksadı ile oluşturulmuş bir sistemdir (Aydın Özkaya, 1996). Koruma Sigorta Sistemi iki parçadan oluşmaktadır; birincisi, daire içi sigorta kutusunda ki sigorta anahtarlarının deprem esnasında sistem tarafından kapatılması; ikincisi ise doğalgaz ve su boru vana valflerinin elektrikli valfler ile tasarlanarak Koruma Sigorta Sistemine bağlanmasıdır. Bu sayede deprem esnasında elektrik iletimi kesilecek, doğalgaz ve su boru hatları elektrikli valfler kapatılacaktır.

Güvenlik Kontrol Sistemi (GKS) Parmak İzi Kilit Sistemine bağlı olarak faaliyet gösteren elektrikli, kapı dili motor sürücüsüdür. Güvenlik Kontrol Sistemi daire güvenliği maksadı ile kapı dili sisteminin düzenlenmiş ve geliştirilmiş biçimidir (Prasath, A., Kumar, A., Yadav, A., Acharya, B., & Tauseef, M. (2020)). Güvenlik Kontrol Sistemi selenoid kapı dili motor sürücüsü (Şekil 7) kullanılarak tasarlanmış ve yazılım sistemine aktarılmıştır. Selenoid kapı dili motor sürücüsü; 12V DC çalışma gerilimine, 500mA çalışma akımına sahiptir. VCC ve GND olmak üzere iki bağlantı noktası vardır. GKS'nin çalışmasını kontrol etmek maksadı ile bir adet npn transistör ve 5V röle kullanılmıştır. Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartımızdan çıkış aldığımız dijital "kontrol pini" ve 5V çıkış gerilim kabloları ile, harici 12V besleme kaynağımızdan gelen VCC ve GND hatlarının transistör ve röle üzerinde ki gerekli bağlantıları yapılarak mikrodenetleyici kartımız üzerinden anahtarlama işlemi ile selenoid kapı kilidi kontrol edilmiştir. Selenoid motor sürücü sistemde yazılan kod doğrultusunda; hem parmak izi kilit sistemine hemde deprem sonrasında daire kapısından kaynaklanan tahliye problemini ortadan kaldırmak maksadı ile afet kilit sistemi ile senkron çalışması sağlanmaktadır.

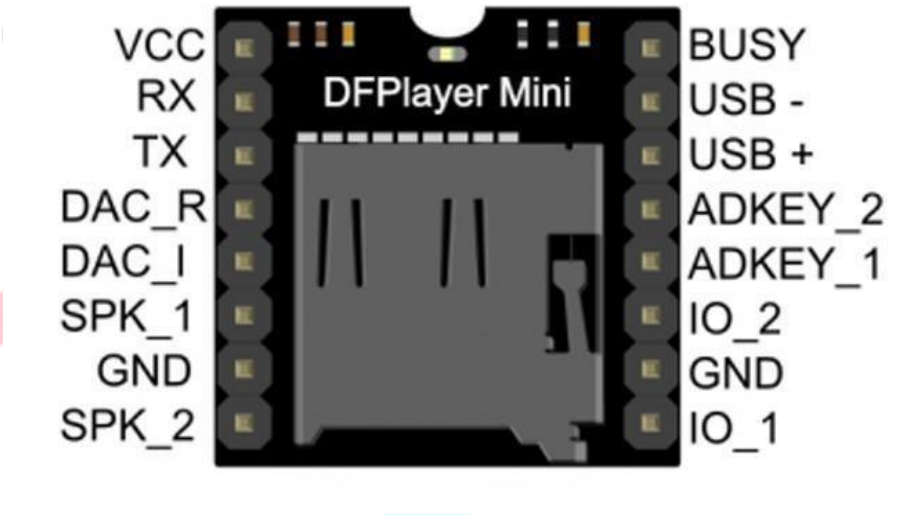
Şekil 7. Selenoid Kapı Kilidi

Afet Kilit Sistemi (AKS) yalnızca deprem esnasında olmak şartı ile tahliyeyi kolaylaştırmak maksadı ile açılan kapı dilinin ardından daire kapısının üst tarafından itme işlemi gerçekleştiren; elektrikli itme-çekme modülüdür (Kayaalp, K , Özkorucuklu, S . (2015)). İtme-çekme modülü; 12V DC çalışma gerilimine, 300mA çalışma akımına sahiptir. VCC ve GND olmak üzere iki bağlantı noktası bulunmaktadır. AKS'nin çalışmasını kontrol etmek maksadı ile bir adet npn transistör ve 5V röle kullanılmıştır. Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kartımızdan çıkış aldığımız dijital "kontrol pini" ve 5V çıkış gerilim kabloları ile, harici 12V besleme kaynağımızdan gelen VCC ve GND hatlarının transistör ve röle üzerinde ki gerekli bağlantıları yapılarak mikrodenetleyici kartımız üzerinden anahtarlama işlemi ile itme-çekme modülü kontrol edilmiştir. Hazırlanan yazılımda akselerometreden gelen veriye uygun olarak deprem sonrası tahliyeyi kolaylaştırmak maksadı ile öncelikle selenoid kapı dili sürücüsü 0.5sn ardından itme modülü (Şekil 8) itme işlemini gerçekleştirerek daire kapısının açılma işlemi gerçekleşecektir.

Şekil 8. İtme-Çekme Selenoidi

Telkin Edici Sesli Uyarı Sistemi (TESUS); depremin gerçekleştiği esnada insan psikolojisinin anlık şaşkınlık sonucu olay idrakinin kapanması veya gecikmesinden kaynaklı telaşın, ev içinde koşuşturmanın, tehlikeli olarak atfedilen noktalarda bulunmanın ve bu tür insan yaşamını tehlikeye sokan durumların önüne geçmek amacı ile; deprem esnasında telkin edici ses yayarak insan psikolojisi ve depreme karşı fiziki idrakinin yönlendirilmesini amaçlayan bir sistemdir. Deprem esnasında telkin edici ses yayacak olan bu sistem hoparlörler aracılığı ile bunu gerçekleştirecektir. Deprem esnasında "Lütfen sakin olunuz." , "Lütfen yaşam üçgeni pozisyonu alınız." , "Lütfen çök-tutun-korun pozisyonu alınız." ve "lütfen cam ve dolap önlerinden uzak durunuz" gibi çeşitli bilgilendirici, yönlendirici ve sakinleştirici bildirimler yayacaktır (Çağlar Akgüngör, 2013). Bu bilgilendirici bildirimler

mp3 ses dosyası biçiminde bilgisayar ortamından sd karta aktarılacaktır. Hazırlanan sd kart DFPlayer mini mp3 oynatıcı modüle takılacaktır. DFPlayer mini mp3 oynatıcı modülü (Şekil 9) 5V DC çalışma gerilimi ile çalışmaktadır. RX ve TX kanalları üzerinden Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici kart ile haberleşir. SPK_1 ve SPK_2 bacakları sağ ve sol iki hoparlörün çalışmasına olanak sağlayan bağlantılardır. VCC bacağından beslenir, GND bacağından ise toprağa bağlanır.



Şekil 9. DFPlayer Mini MP3 Oynatıcı Modül

DFPlayer Mini ses kanallarına bağlantısı yapılacak olan hoparlörlerin GND bacakları toprağa VCC bacakları ise SPK_1 ve SPK_2 pinlerine bağlanacaktır.

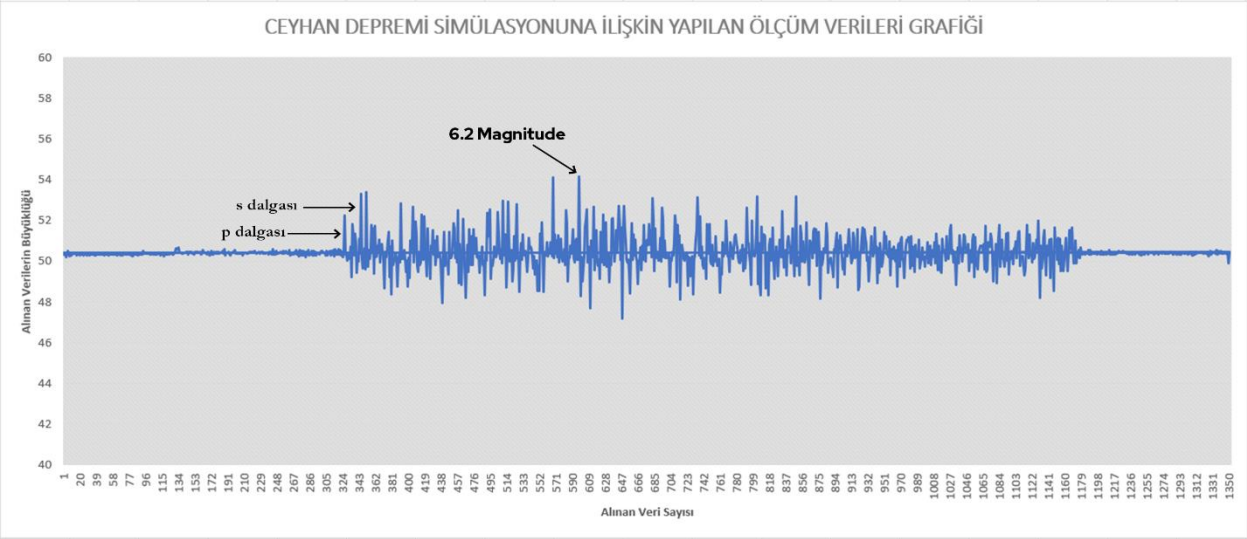
Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi (USİS) Ses, hızlı karar vermeyi gerektiren durumlarda, özellikle de uyarı sinyali olarak kullanıldığı vakit önemli bir uyarıcıdır. Bu sebeple uyarıcı sesli ikaz sistemi deprem esnasında insanların basit refleks zamanını kısaltmaya yönelik oluşturulan bir sistemdir (Erdal Binboğa, 2007). Sesli uyarıcı sistemin şiddet ve frekansının arttırılması ile insanlar için basit refleks süresinin anlamlı derecede kısaldığı belirlenmiştir. Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi bu uyarıcı özelliğini deprem esnasında gerçekleştirerek; uyuyan insanların uyanmasını ve deprem şokunun etkilerinin hızlıca atlatılması maksadı ile sisteme dahil edilmiştir. Uyarıcı Sesli İkaz Sistemi için alarm sireni sesi yayan mini hoparlör kullanılmıştır.

Kara Kutu sistemi, deprem esnasında ev ve evin odalarında bulunan kişilerin varlığını kızılötesi sensörler ile algılayarak (Ayşegül Özdemir, 2020); büyük çaplı deprem olması durumunda göçük altından yayacağı iki tip ses frekansı ile hem arama kurtarma faaliyetlerini sürdüren ekiplerin hem de arama kurtarma köpeklerinin işiteceği sesler yaymaktadır. Kara kutu sistemi adı itibari ile de bir kutu şeklinde, demirden bir yapıdır. Bu yapı içerisinde frekans üretici, mikrodenetleyici kart, harici besleme kaynağı, bluetooth modülü, ses cihazı bulunmaktadır. Sistem, asansör çalışma prensibine uygun konumlandırılmış ve hazırlanmış kızılötesi sensörlerin hane içerisinde kişinin odaya giriş-çıkışını algılayarak oda içerisinde bulunan hafıza birimine bluetooth modülü aracılığıyla aktarılması ile sağlanır. Bilginin bluetooth ile kutu içerisinde bulunan mikrodenetleyici karta gelmesi ile birlikte sürekli biçimde akselerometre ivmeölçer sensöründen gelecek deprem verisi kontrol edilir (David, N., Chima, A.,

Aronu, U., & Obinna, E. (2021)). Hane içerisinde oda veya odalarda bulunan bireylerin her bulundukları oda da ki Karkuslar oda da kişi bulunup bulunmadığını hafızasın da tutmaktadır. Deprem olması ve bitiminde gerçekleşebilecek enkaz altında bu bilgi ile birlikte mikrodenetleyici karta aktarılmış yazılım devreye girer. Karkus Radyo Frekans üretici aracılığı ile farklı frekans aralıklarında 2 tip ses üretilir. Bu seslerin türü arama-kurtarma ekiplerinin özel üretilmiş ekipman ile ve köpeklerinin bulabileceği tiptedir.

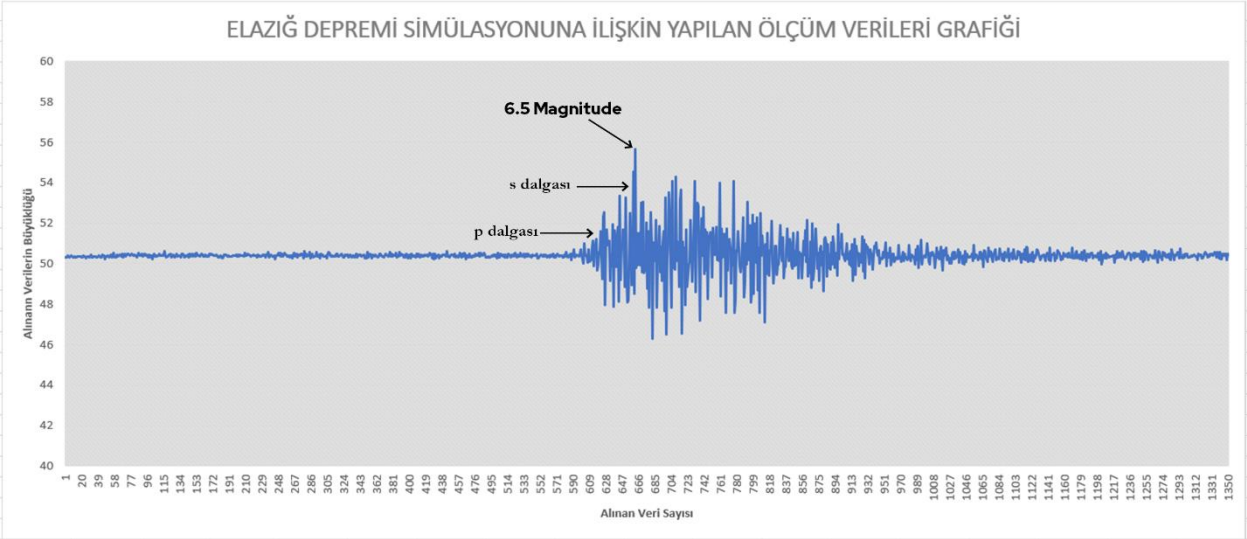
3. ARAŞTIRMA ve BULGULAR

Tetikleyici mekanizmayı oluşturan eşik değerler belirlenirken belirli bir metodolojideki analizler gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan deprem şiddeti belirleyici sistem ile birlikte sırasıyla Ceyhan(6,2), Elazığ(6,5), Gökova(7), Düzce(7,2) ve Kocaeli(7,4) depremleri incelenmiş ve alınan sonuçlarının analizi aşağıda verilmiştir.

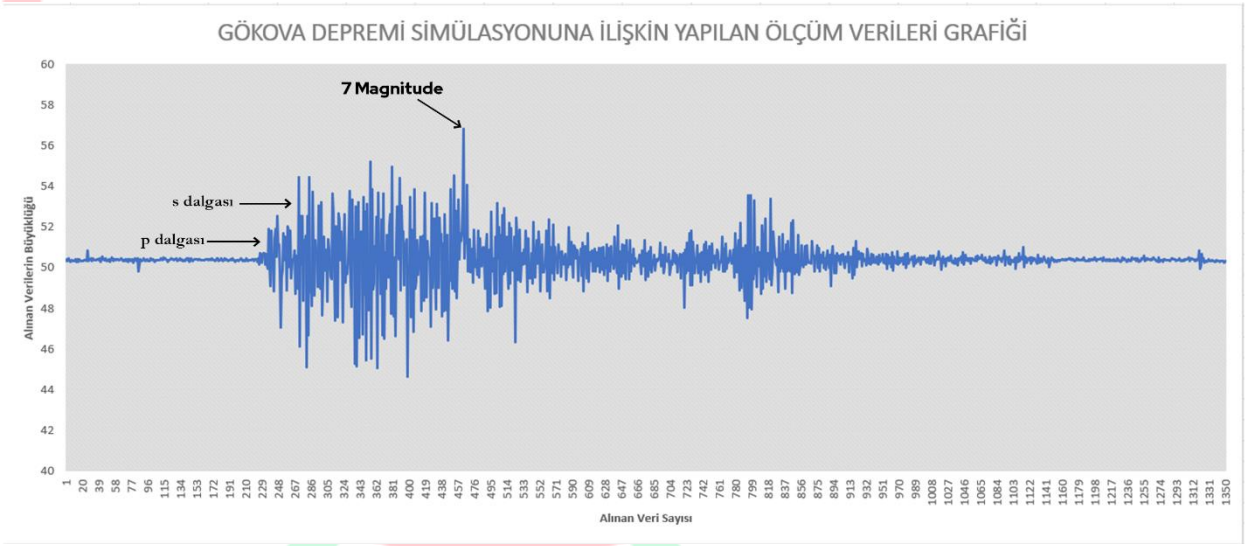


Şekil 10. Oluşturulan Sistem ile Ceyhan Depremi Verileri Analizi ve Peak Değer Tayini

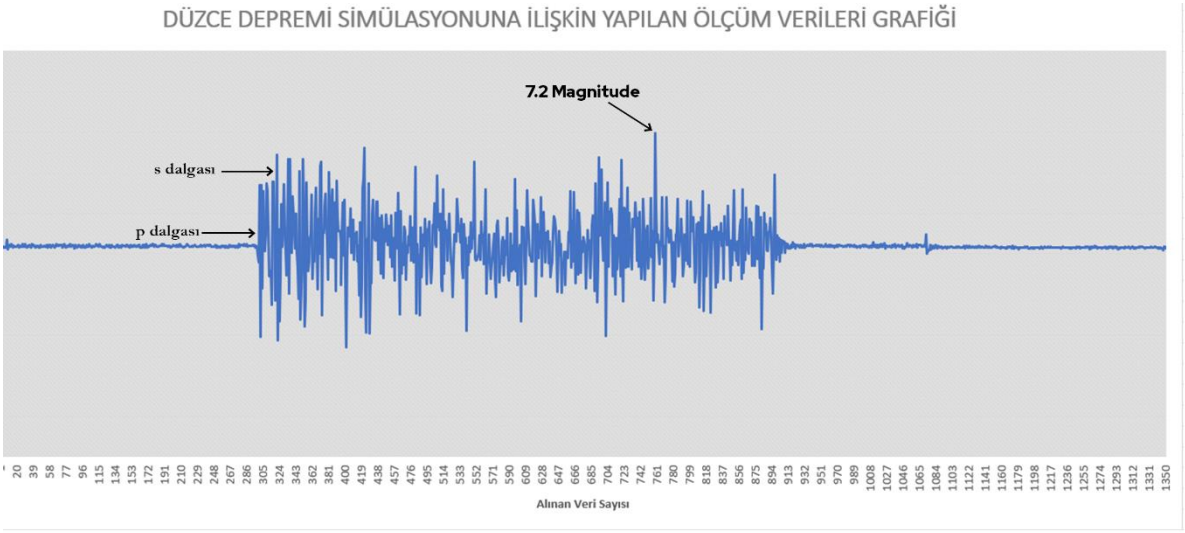
Şekil 10.'da verilen analiz ile Ceyhan depremi verileri geliştirilen sistemle ölçülmüştür. Ölçüm verileri işlenmiş ve uygun forma ulaştırılmıştır. P dalgası ve s dalgası tespit edilip grafikteki peak değere bakılmıştır. Bakılan peak değer 6.2 Magnitude olarak belirlenmiştir. Peak değeri oluşturan x-y-z değerleri kaydedilip eşik değerler bu şekilde belirlenmiştir.



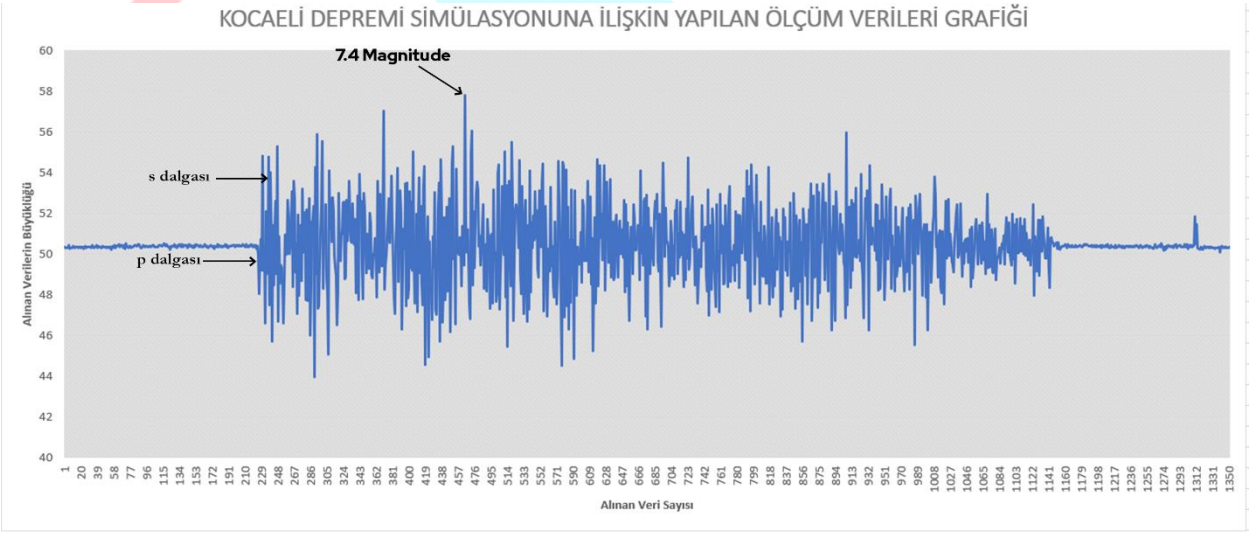
Şekil 11. Oluşturulan Sistem ile Elazığ Depremi Verileri Analizi ve Peak Değer Tayini



Şekil 12. Oluşturulan Sistem ile Gökova Depremi Verileri Analizi ve Peak Değer Tayini



Şekil 13. Oluşturulan Sistem ile Düzce Depremi Verileri Analizi ve Peak Değer Tayini



Şekil 14. Oluşturulan Sistem ile Kocaeli Depremi Verileri Analizi ve Peak Değer Tayini

Yukarıda paylaşılan grafikler ile referans değer noktasından analiz yapılmaya başlanmıştır. Belirlenen referans değere göre peak yapan değer magnitude değeri olarak seçilmiştir. Peak yapan değer x-y-z bileşenlerine ayrılıp eşik değerler oluşturulmuştur.

Yapılan analiz sonucunda eşik değer olarak belirlenen x-y-z verileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tespit Edilen Eşik Değerler

X	Y	Z	DEPREM
-4,16	15,77	51,66	CEYHAN , 6.2
-7,1	14,75	53,19	ELAZIĞ , 6.4
-3,41	11,96	55,47	GÖKOVA , 7.0
-7,69	13,65	53,7	DÜZCE , 7.2
-2,98	14,55	55,86	KOCAELİ , 7.4

Oluşturulan bu eşik değerler sisteme entegre edilmiş ve sistem tetikleyici mekanizmasının doğruluk payı yükseltilmiştir. Bu sayede sistemin tüm işlevlerinin bağlı bulunduğu sensör gerçek deprem verilerinin analizi ile güncellenmiştir.

Deprem verileri, oluşturulan deprem şiddeti belirleyici sistem tarafından direkt olarak merkezi noktadan ölçüldüğü için merkez üssü 0 km çıkmaktadır. Bu çalışma ile elde edilen analizler ve kişilerin deprem öncesi, anı ve sonrasındaki süreçlerde can ve mal güvenliğinin bütünlüğü, deprem sonrası enkaz altındaki kişilerin tespit ve analizini gerçekleştirecek sistemler bütünü oluşturulmuştur.

4. SONUÇ

Sonuç olarak "Akıllı Deprem Bilgi Sistemi ile Deprem Şiddetine Göre Uyarı İşareti Geliştirilmesi" projesi ile deprem öncesi, anı ve sonrası süreçlerde yaşanabilecek olumsuzlukları engelleyebilecek sistemler bütünü geliştirilmiştir.

Bu sistemler ile :

- Deprem öncesi eğitim verilerek afet bilinci oluşturulabilecektir.
- Deprem sarsıntısı erkenden algılanıp yıkıcı etki öncecesi kişiler haberdar edilecektir.
- Depremde panik ortamı bastırılıp telkin edici yöntemlerle kişiler yalnız bırakılmayacaktır.
- Deprem sarsıntısının erkenden algılanması ile birlikte kişiler uyarılacak ve depreme dikkat çekilecektir. Bu sayede uykuda depreme yakalanma durumları azaltılacaktır.
- Depremde karanlıktan kaynaklı yaralanmaların önüne geçilecektir.
- Depremde çelik kapı sistemlerinin sıkışmasından kaynaklı tahliye problemleri çözülecektir.
- Depremde su, doğalgaz ve elektrik tesisatlarından kaynaklı su baskını, patlama ve elektrik çarpması gibi insan hayatını tehlikeye atan durumlar enegllenecektir.
- Deprem sonrası kurtarıcı ekiplere enkaz altındaki kişilerin tahmini konumları hızlı bir şekilde tespit edilebilecektir.

Sistemler bir araya getirilir iken, akselerometre ivmeölçer sensörü, Arduino Mega 2560, motorlar, çeşitli ses modülleri, aydınlatma cihazları, parmak izi okuyucu sensör, elektrikli valfler, kızılötesi sensörler ve frekans üreteçleri kullanılmıştır.

Kaynakça

sDENGİZ, O. Türkiye'nin Jeolojik Oluşumu. Retrieved 4 May 2021, from https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/odengiz/69085/4.pdf

KETİN, İ. KUZEY ANADOLU FAYI HAKKINDA. Retrieved 4 May 2021, from https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/599633

ALÇIK, H. (2011). DEPREM ERKEN UYARI SİSTEMLERİ. Retrieved 4 May 2021, from https://www.jeofizik.org.tr/resimler/ekler/5e37b06abca3a3a_ek.pdf?dergi=32

Akgüngör, Ç . (2014). SARSINTI BAŞLADIĞINDA: KİTLESEL AFET EĞİTİMİ VE DEPREM ANINDA BİREY DAVRANIŞI ÖRNEĞİ . İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi , 0 (49) , . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/iusiyasal/issue/631/6427

Aksakallı, F., & Gül, Z. Parmak İzi Sensörü İle Kimlik Tanımlam. Retrieved 5 May 2021, from http://ogrencidergisi.erzurum.edu.tr/Documents/FatmaAksakalli-f45d384b-a0dd-43c8-a9be-178fb6a1a80d.pdf

Alkali, A., Dada, E., Mshelia, D., & Onundi, S. (2019). Design and Development of an Arduino Based Electronic Voting System. Retrieved 5 May 2021, from http://www.irjes.com/Papers/vol8-issue1/G0801014857.pdf

E, B , M, P , G, Ç . (2007). Farklı frekanslardaki ve şiddetlerdeki işitsel uyaranların insanda basit reaksiyon zamanına etkileri . Ege Tıp Dergisi , 46 (2) , 67-72 . Retrieved from http://egetipdergisi.com.tr/tr/pub/issue/31412/343672

David, N., Chima, A., Aronu, U., & Obinna, E. (2021). Design of a Home Automation System Using Arduino. Retrieved 5 May 2021, from https://www.researchgate.net/publication/279179486_Design_of_a_Home_Automation_System_Using_Arduino

Kayaalp, K , Özkorucuklu, S . (2015). ARDUİNO TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK TARLA İÇİN RADYASYON KAPI KONTROLÜ TASARIMI . Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi , 7 (2) , 39-47 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/utbd/issue/25975/273627

Özdemir, A , Mengi, O . (2020). Güvenlik Seviyesi Arttırılmış Akıllı Otopark Sistemi . Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi , 10 (1) , 131-149 . DOI: 10.31466/kfbd.732637

ÖZKAYA, A. (2021). Depremlerde Yangın Tehlikesi - Alınması Gerekli Önlemler ve Yangın Söndürme. Retrieved 5 May 2021, from http://www.karina.gen.tr/Files/DepremYangin.pdf.

Özkaya, N , Sağıroğlu, Ş , Beşdok, E . (2005). Genel Amaçlı Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi . Politeknik Dergisi , 8 (3) , 239-247 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/33014/367025

Prasath, A., Kumar, A., Yadav, A., Acharya, B., & Tauseef, M. (2020). Face Recognition Door Lock System. Retrieved 5 May 2021, from https://www.irjet.net/archives/V7/i5/IRJET-V7I51050.pdf

Selçuk, İ., & Çubukçu, K. (2014). Tarihi ve Kültürel Özellikleri Nedeniyle Koruma Altındaki Alanlarda Ulaşım Politikalarının Oluşturulmasında Veri Kaynağı Olarak Trafik Kaynaklı Titreşimler. Retrieved 5 May 2021, from https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/461858

International
Congress of Engineering and Natural Sciences Studies
Uluslararası M□hendislik ve Doğa Bilimleri □alışmaları Kongresi
ISBN: 978-605-06728-8-6

Development of fatigue test device for torque and V-arm parts used in heavy load vehicles and modeling of fatigue analysis

Ağır yük araçlarında kullanılan tork ve V kollu parçalar için yorulma test cihazının geliştirilmesi ve yorulma analiz modellenmesi

Sıla ULUSOY[1]
Hayrettin DÜZCÜKOĞLU[2]

Abstract

Nowadays dynamic tests of suspension parts could not fully simulate the position on the vehicle and the loads and frequencies imposed on the part due to sample connection. Therefore within the scope of this study, a test system that can perform dynamic tests in the horizontal position of parts such as v-arm with different geometries will be developed, fatigue and displacement analysis will be made using various analysis programs and the results will be compared.

In the study, samples of strip dough obtained from different suppliers were taken at different temperatures and at different baking times, primarily for bushed pieces. Tensile, elongation and hardness values were obtained from the

Özet

Günümüzde süspansiyon parçaların dinamik testleri, numune (parça) bağlantısı itibariyle araç üzerindeki konumunu ve buna bağlı olarak parçaya gelen yük ve frekansları tam olarak simüle edememekteydi. Bu nedenle bu çalışma kapsamında farklı geometriye sahip v-kolu vb. gibi parçaların yatay pozisyonda dinamik tesletini yapabilecek test sistemi geliştirilecek, çeşitli analiz programları kullanılarak yorulma ve deplasman analizi yapılacak ve sonuç karşılaştırması yapılacaktır.

Çalışmada öncelikli olarak burçlu parçalar için, farklı tedarikçilerden temin edilen şerit hamurların farklı sıcaklıkta ve farklı pişirme süresinde numuneleri alınmıştır. Çekme testi için hazırlanan numune ve sertlik ölçümü için

[1] Sıla Ulusoy, Metod Mühendisi, Aydınlar Otomotiv Endüstri San.Tic.AŞ., ulusoy.sila@aydtr.com
[2] Hayrettin Düzcükoğlu, Prof.Dr., Selçuk Üniversitesi, Makine Mühendisliği, hayduzcukoglu@hotmail.com

measurement and test devices of the prepared hardness discs for the sample and hardness measurement prepared for tensile tests. According to the results, rubber with suitable tensile, elongation and shore values was selected and the rubber coating of the bushings was made by vulcanization process. The produced bush is then tested in a specially designed four-axis fatigue tester. The design parameters such as the working angle and tolerance of the part on the vehicle and the maximum load it can carry were compared with the technical specifications shared by the company producing the vehicle within the scope of the confidentiality agreement. In the next stage, after the dough test and busing comparison results are compatible, the part and the bush will be assembled, and the tests will be made with the apparatus designed for the test device at the angles that the part will take on the vehicle. The data obtained from the test device and the data obtained from the analysis programs will be compared and, if necessary, revision of the test device will be recommended.

Keywords: Suspension systems, Front geometry play, Horizontal dynamic tester, Vehicle handing, Rubber

hazırlanan sertlik disklerinin, ölçüm ve test cihazlarından çekme - uzama ve sertlik değerleri elde edilmişitir. Sonuçlara göre uygun gerilme, uzama ve shore değerine sahip kauçuk seçilerek, vulkanizasyon işlemi ile burç mollerin kauçuk kaplaması yapılmıştır. Üretilen burç daha sonra özel olarak tasarlanmış 4 eksenli yorulma test cihazında test edilmiştir. Parçanın araç üzerinde çalışma açısı ve toleransı, taşıyabileceği maksimum yük gibi tasarım parametreleri araç üretimi (OEM) yapan firmaların gizlilik sözleşmesi kapsamında paylaştığı teknik şartnameler ile test sonuçalrı karşılaştırılmıştır. Sonraki aşamada, hamur testi ve burç (OEM) karşılaştırma sonuçları uygunluğundan sonra, parça ve burç montajlanacak, test cihazı için tasarlanan aparatlar ile parçanın araç üzerinde alacağı açılarda testler yapılacaktır. Test cihazından alınan veriler ile analiz programlarında alınan veriler karşılaştırılacak, gerekli ise test cihazında da revizyon önerilecektir.

Anahtar Kelimeler: Süspansiyon, Ön düzen geometrisi, Dinamik test cihazı, Taşıt dinamiği, Kauçuk

1.GİRİŞ

Araçlarda yapılan tasarımların kusursuz bir şekilde kullanıcı hizmetine sunulabilmesi için dikkat edilecek en önemli noktalardan biri de süspansiyon sistemleridir. Süspansiyon sistemleri, sürüşün güvenli bir şekilde ilerlemesi için tasarım aşamasında parçaların çalışma sınırları ve toleransları belirlenerek çeşitli test ve analizlerden geçmelidir. Yılmaz ve Kılıç (2010) çalışmasında testte elde edilen tekerlek ivmelerinin piston deplasmanlarına dönüşmesiyle elde edilen dataları ADAMS/Car ortamında yorulma analizlerinde kullanılabilecek kuvvet senaryolarını hesaplamıştır. [1] Karamangil (2006)

çalışmasında otomobil dingilinin tekerleklere gelen gerilme analizlerinin sınır değerlerini araştırmış, yorulma analizi ile kaç yük tekrarında kırılacağını tespit edip kritik bölge tespiti yapmıştır. [2] Yay ve Ereke (2003) yol pürüzlülüğünün taşıt üzerindeki etkilerini araştıran testler yapmıştır. [3]

Yeterince doğru elde edilebilen yükleme senaryoları yorulma ömrünün doğru tahmin edilmesine ve gerekli iyileştirilmelerin tasarım aşamasında yapılmasına büyük katkı sağlayacaktır.

Ön düzen geometrisi süspansiyon parçalarının birbiri arasında yaptıkları açıları kapsar ve herhangi bir aksi durumda sürüş konfor ve güvenliği tehlikeye girebilir. Tehlikenin giderilmesinde sadece tek bir sistem tek başına görev almaz. Direksiyon sistemi, süspansiyon sistemi, lastikler ve ön düzen geometrisi birlikte çalışarak yol tutuşu için önem arz ederler.

Tekerlek ve şase arasına konumlandırılan süspansiyon sistemi, farklı yol yapılarında alacağı farklı titreşimleri sönümlemelidir. Taşıtın hareket etmesi sonucu yoldaki zeminin formuna bağlı olarak tekerleklerde oluşan kontrolsüz hareketler aks gövdesine taşınır. Oluşan bu kontrolsüz hareketler ve titreşimlerin bir kısmı tekerleklerde sönümlenirken, büyük kısmı aksa iletilmektedir. Aks ile taşıt gövdesi arasına rijit olarak bağlanan süspansiyon sistemi ile v-çeki kolu istenmeyen bu kontrolsüz hareketleri yolcunun ergonomik yapısını bozmayacak şekilde taşıt gövdesinde genliği düşük kontrollü ve limitli salınım hareketlerine dönüştürmektedir.

Süspansiyon parçalarına yönelik Ar-Ge çalışmaları analiz ve proses tasarımından sonra laboratuvarda boyutsal, kimyasal, metalografik ve mekanik testlerden geçer. Ayrıca dinamik testler de yapılır. Araç süspansiyon sistemlerinde kullanılan parçaların dinamik testleri genelde MTS test cihazında yapılıyorken büyük parçaların ve yüksek yüklerde çalışan parçaların dinamik testleri ZWICK test cihazında yapılmaktadır.

Günümüzde süspansiyon parçaların dinamik testlerinde, numune (parça) bağlantısı itibariyle araç üzerindeki konumunu ve buna bağlı olarak parçaya gelen yük ve frekansları tam olarak simüle edememekteydi. Bu nedenle bu çalışmanın ilerleyen aşamalarında farklı geometriye sahip tork kolu, v kolu vb. gibi parçaların yatay pozisyonda dinamik testlerini yapabilecek test sistemi geliştirilecek, çeşitli analiz programları kullanılarak yorulma analizi yapılacak ve sonuç karşılaştırması yapılacaktır.

2.MATERYAL VE METOD

2.1.HAMUR SEÇİMİ

Çalışmada öncelikli olarak, v- çeki kollarında kullanılan mol burçlarının testleri yapılmıştır. Farklı tedarikçilerden temin edilen doğal kauçuk (NR) şerit hamurlardan numune alınarak, papyon çekme testi ve sertlik diski için Şekil 1 'deki gibi vulkanizasyon presleri için tasarlanan kalıplarına bağlanmıştır.

Şekil 1. Hamurun vulkanizasyona hazırlığı

Hamur numunesinin 70 gr. (150*150)mm papyon çekme testi, 10 gr. sertlik diski için kalıp bölmelerine yerleştirilmiştir. Alt kalıp 175 °C 'de, üst kalıp 165 °C 'de ve farklı dakikalarda ayrı ayrı test numunelerinin pişirmeleri de yapılmıştır. Parçalar kalıptan Şekil 2'deki gibi çıkarıldıktan sonra temizlenmiş ve vulkanizasyon hala devam edeceği için testler yapılmadan önce 1 gün bekletilmiştir.

Şekil 2. Pişirilmiş ve temizlenmiş test numuneleri

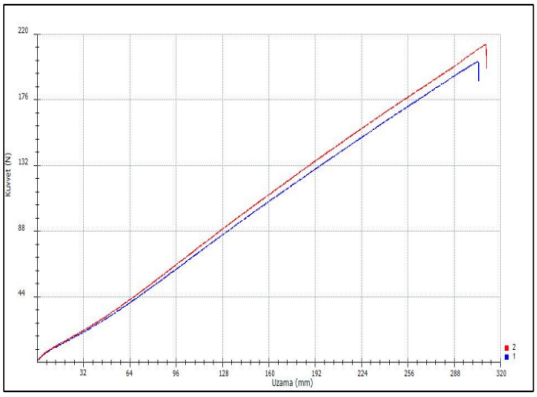
Vulkanizasyon operasyon süresinin, kauçuğun ideal çalışma sınırları üzerinde büyük etkisi olduğu bilinmektedir. Bu sebeple papyon çekme testleri, 8-10-12-14-16 dk. vulkanize edilmiş

numunelerin, ISO-6892-1 standartları dikkate alınarak Tablo 1'deki parametreler ile gerçekleştirilmiştir. [4] Test yapılan cihaz DVT DEVOTRANS marka ve GP/R modeldir.

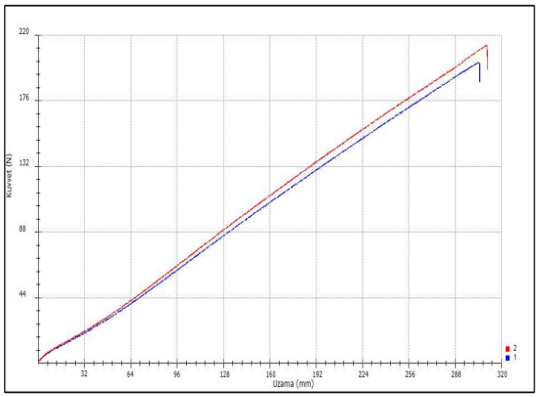
Max kapasite	20	[kN]
Sıcaklık	23	°C
Bağıl nem	50	%
Ön yük (F0)	2	[N]
Ön yükleme hızı	50	[mm/dak.]
Kesit alanı	15.1547	[mm²]
İlk boy (L0)	60	[mm]
Ext. (L0)	25	[mm]
Test hızı	500	[mm/dak.]

Tablo 1. Test parametreleri

Öncelikle 3 farklı tedarikçinin hamurları 165°C'de vulkanize edilmiştir (Şekil 3). Çekme testinde ideal sınır aralığında çıkan hamur tespit edildikten sonra 8-10-12-14-16 dk.' lık vulkanizasyon süreli numunelerinin testi yapılmış ve Şekil 4'teki sonuçlar elde edilmiştir. İstenilen sertlik değeri 55-57 sh arasında olduğundan, Şekil 4'te farklı zamanlar için testi yapılan hamur sonuçları gözlemlendiğinde 10 dk.'lık pişirmenin ideal değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

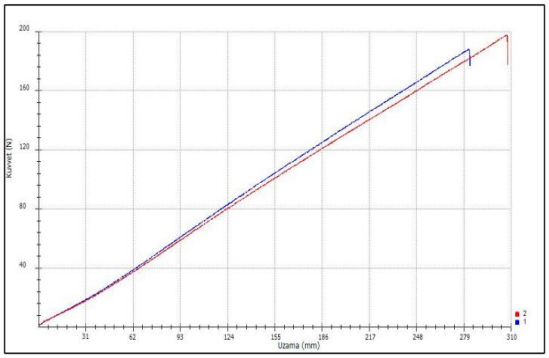


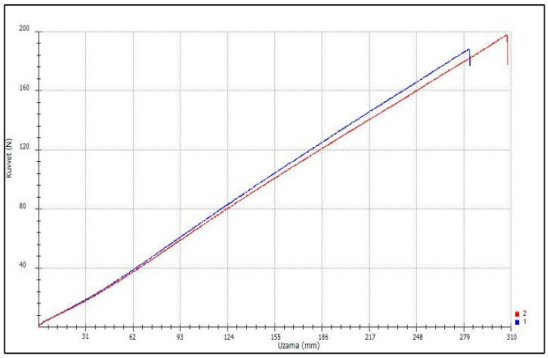
Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.1	5.81	0	12.201	201.666	304.579	507.632	16.529
2	2.1	5.81	0	12.201	213.216	309.927	516.545	17.475
Ort.(x)	2.1	5.81	0	12.2	207.44	307.25	512.09	17
Std.Sap.(s)	0	0	0	0	8.17	3.78	6.3	0.67
%CV	0	0	NaN	0	3.94	1.23	1.23	3.94



Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.155	4.069	201.666	304.579	507.632	34.71	16.529
0.163	4.365	210.25	310.22	517.033	36.188	17.232
0.16	4.22	205.96	307.4	512.33	35.45	16.88
0.01	0.21	6.07	3.99	6.65	1.05	0.5
6.25	4.98	2.95	1.3	1.3	2.96	2.96

(a)

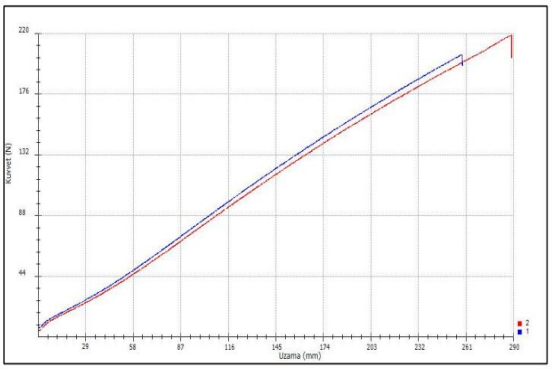


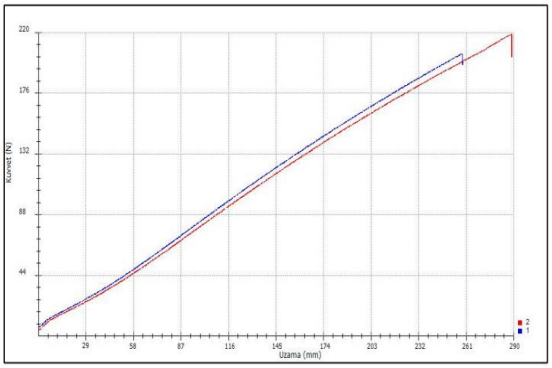


Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.09	5.76	0	12.038	188.054	282.823	471.372	15.622
2	2.09	5.76	0	12.038	197.679	307.478	512.463	16.421
Ort.(x)	2.09	5.76	0	12.04	192.87	295.15	491.92	16.02
Std.Sap.(s)	0	0	0	0	6.81	17.43	29.06	0.56
%CV	0	0	NaN	0	3.53	5.91	5.91	3.5

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.201	3.329	188.054	282.823	471.372	32.648	15.622
0.139	3.207	192.808	307.623	512.705	33.474	16.017
0.17	3.27	190.43	295.22	492.04	33.06	15.82
0.04	0.09	3.36	17.54	29.23	0.58	0.28
23.53	2.75	1.76	5.94	5.94	1.75	1.77

(b)



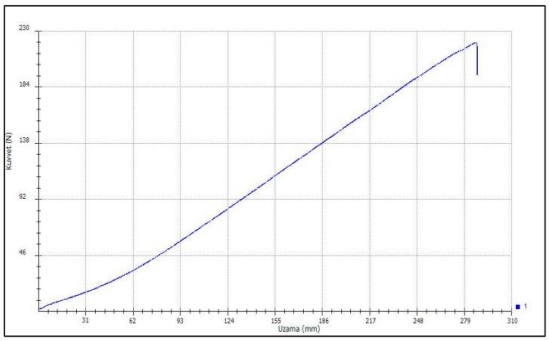


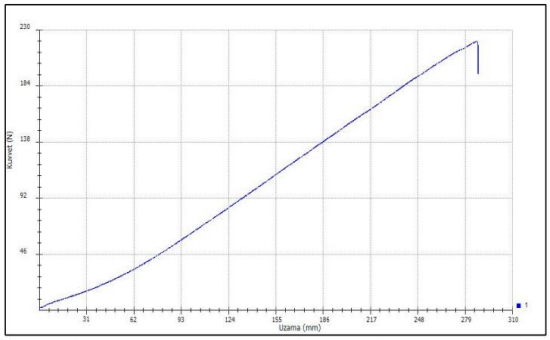
Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.09	5.82	0	12.164	204.475	258.681	431.135	16.81
2	2.09	5.82	0	12.164	218.618	288.657	481.095	17.973
Ort.(x)	2.09	5.82	0	12.16	211.55	273.67	456.12	17.39
Std.Sap.(s)	0	0	0	0.01	10	21.2	35.33	0.82
%CV	0	0	NaN	0.08	4.73	7.75	7.75	4.72

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.565	5.601	204.475	258.528	430.88	35.133	16.81
0.386	5.141	218.618	288.657	481.095	37.563	17.973
0.48	5.37	211.55	273.59	455.99	36.35	17.39
0.13	0.33	10	21.3	35.51	1.72	0.82
27.08	6.15	4.73	7.79	7.79	4.73	4.72

(c)

Şekil 3. a-c) 3 farklı tedarikçinin çekme test sonuçları

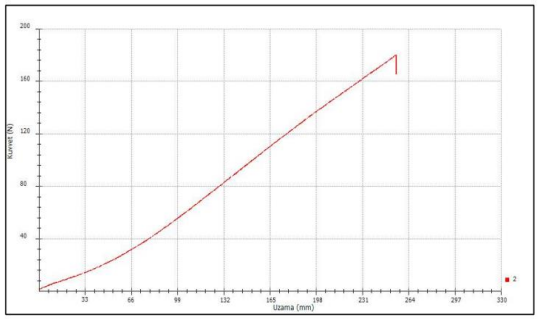


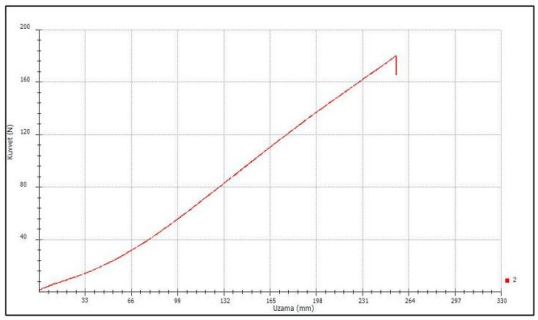


Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.02	5.8	0	11.716	220.464	287.247	478.745	18.817

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.183	3.945	217.636	287.393	478.988	37.523	18.576

(a) 8 dk.

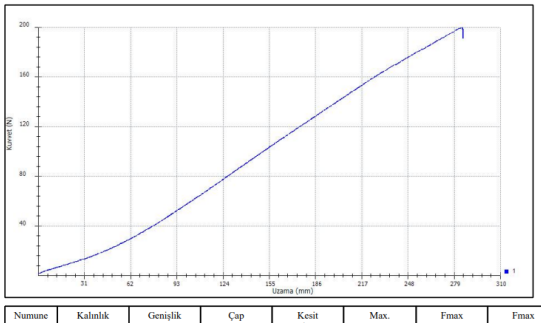


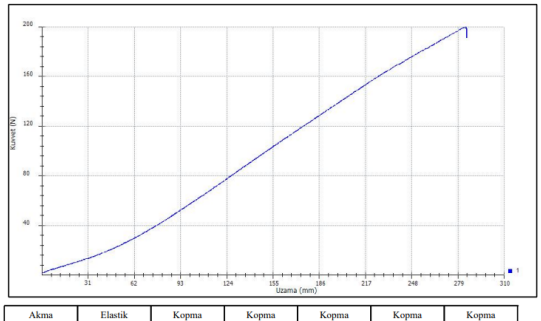


Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
2	2.02	5.7	0	11.514	179.962	254.897	424.828	15.63

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.155	3.654	179.962	254.897	424.828	31.572	15.63

(b) 10 dk

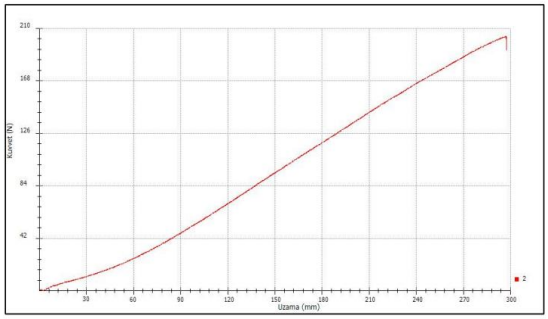


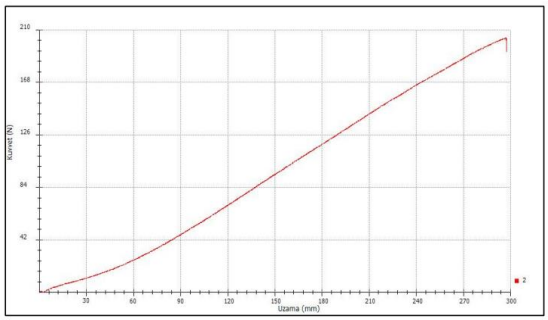


Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.02	5.75	0	11.615	199.683	284.422	474.037	17.192

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.164	3.64	198.681	284.643	474.405	34.553	17.106

(c) 12 dk

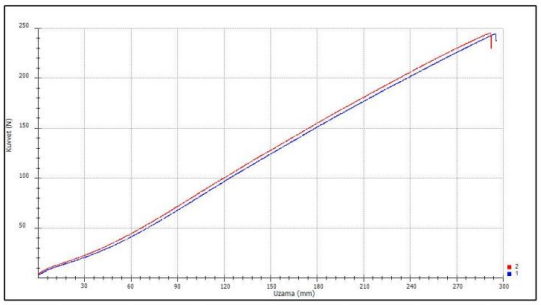


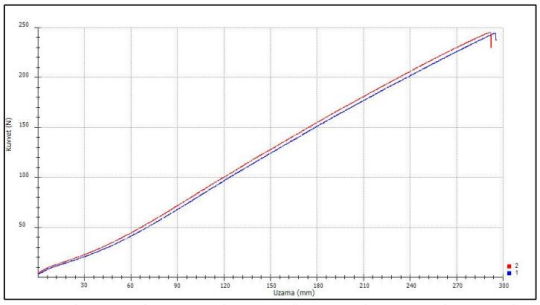


Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
2	2.02	5.76	0	11.635	203.513	297.296	495.493	17.491

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.071	3.601	203.513	297.296	495.493	35.332	17.491

(d) 14 dk.





Numune No	Kalınlık a (mm)	Genişlik b (mm)	Çap D0 (mm)	Kesit alanı S0 (mm²)	Max. Kuvvet Fmax (N)	Fmax uzama Δlmax (mm)	Fmax uzama εmax (%)	Max gerilme σzb (N/mm²)
1	2.07	5.82	0	12.047	244.388	295.265	492.108	20.286
2	2.07	5.82	0	12.047	245.41	292.003	486.672	20.371
Ort.(x)	2.07	5.82	0	12.05	244.9	293.63	489.39	20.33
Std.Sap.(s)	0	0	0	0	0.72	2.31	3.84	0.06
%CV	0	0	NaN	0	0.29	0.79	0.78	0.3

Akma gerilmesi σs (N/mm²)	Elastik modülü E (N/mm²)	Kopma kuvveti Fκ (N)	Kopma uzaması Δlκ (mm)	Kopma uzaması εκ (%)	Kopma dayanımı κmax [N/mm]	Kopma gerilmesi δκ (N/mm²)
0.321	3.096	244.388	295.187	491.978	41.991	20.286
0.409	4.181	242.758	292.152	486.92	41.711	20.151
0.36	3.64	243.57	293.67	489.45	41.85	20.22
0.06	0.77	1.15	2.15	3.58	0.2	0.1
16.67	21.15	0.47	0.73	0.73	0.48	0.49

(e) 16 dk.

Şekil 4. a-e) Seçilen hamurunun farklı pişirme zamanlarındaki test sonuçları

Farklı pişirme zamanlarına ait hamurları ile yapılan test sonuçları Tablo 2'deki gibi düzenlenip sonuç karşılaştırması yapılmıştır. İstenilen sertlik aralığı, papyon çekme testi için 55-57 shore olduğundan ve ölçüm sonuçları belirlenen toleranslar kapsamında olduğundan 10 dakikalık pişirme sıcaklığı ideal olarak seçilmiştir.

ZAMAN (DK)	SERTLİK SHORE A)	KALINLIK a (mm)	GENİŞLİK b (mm)	KESİT ALANI S0 (mm²)	MAX KUVVET FMAX (N)	FMAX UZAMA Δlmax (mm)	FMAX UZAMA εmax (%)
8	56	2,02	5,8	11,716	220,464	287,247	478,745
10	57	2,02	5,7	11,514	179,962	254,897	424,828
12	58	2,02	5,75	11,615	199,683	284,422	474,037
14	57	2,02	5,76	11,635	203,513	297,296	495,493
16	55-56	2,07	5,82	12,047	244,9	293,63	489,39
MAX GERİLME σZB (N/mm²)	AKMA GERİLMESİ σs (N/mm²)	ELASTİK MODÜLÜ E (N/mm²)	KOPMA KUVVETİ FK (N)	KOPMA UZAMASI ΔlK (mm)	KOPMA UZAMASI EK (%)	KOPMA DAYANIMI KMAX (N/mm)	KOPMA GERİLMESİ δk (N/mm²)
18,817	0,183	3,945	217,636	287,,393	478,988	37,523	18,576
15,63	0,155	3,654	179,962	254,897	424,828	31,572	15,63
17,962	0,164	3,64	198,681	284,643	474,405	34,553	17,106
17,491	0,071	3,601	203,513	297,296	495,493	35,332	17,491
20,33	0,36	3,64	243,57	293,67	489,45	41,85	20,22

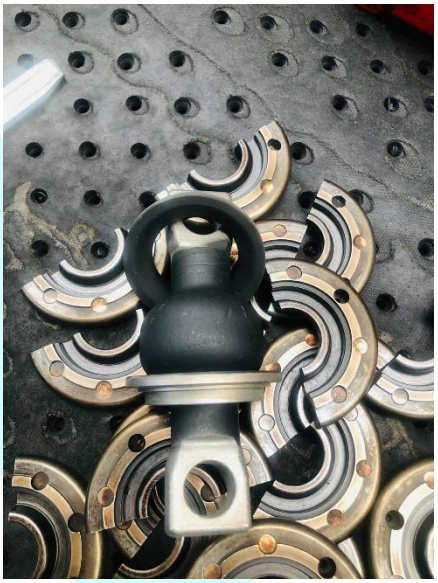
Tablo 2. Farklı pişirme zamanlarına ait test sonuçları kıyas

2.2 BURÇ ÜRETİMİ

Üretimde kullanılacak hamur seçiminden sonra, v-kollarında kullanılan burcun bileşenleri (dövme yöntemi ile imalatı yapılan bugi mafsalı ve döküm yöntemi ile imalatı yapılan rondela) yapışma performansını arttırmak için kaplama yapılacak yüzeylerde kumlama ve boyama operasyonlarından geçer (Şekil 5).

Şekil 5. Kemosil uygulanmış bugi mafsalı

Rondela ve bugi mafsalında, uygun yapışma, boyanın 90°C'de aktifleşmesi ile sağlanır. Bu sebeple vulkanize edilecek parçalar 70°C 'de ön ısıtma fırınında ısıtılmıştır (Şekil 6). Boya aktifleşmez ise yapışma kalitesi düşük olur.



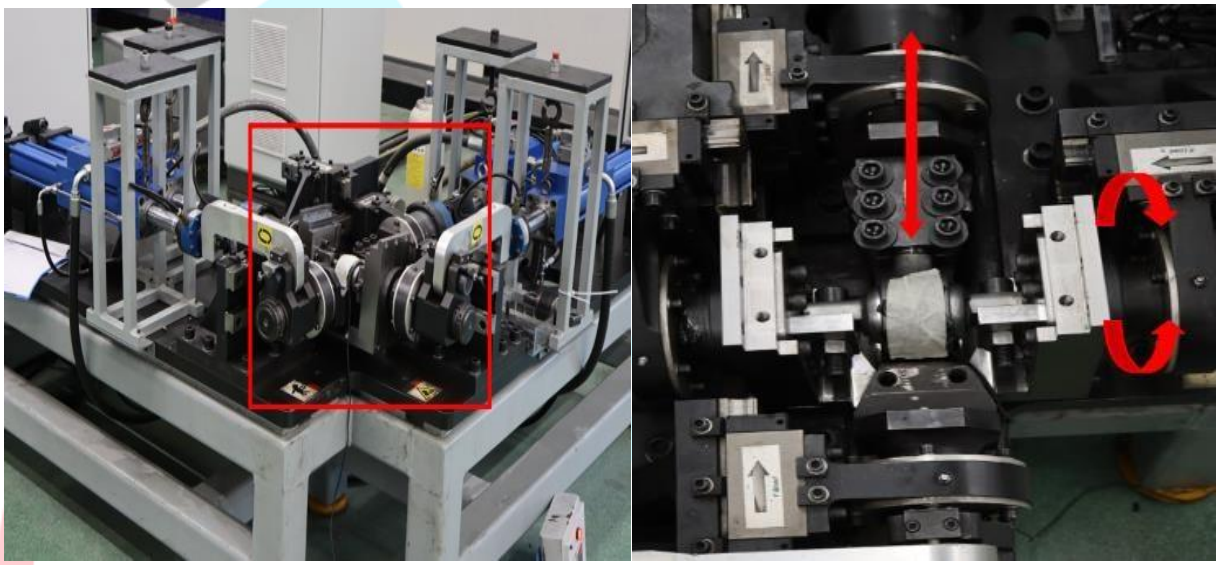
Şekil 6. Ön ısıtma fırınına giren rondela ve bugi mafsalı

Daha sonra ön ısıtması yapılan parçalar, burç v-koluna çakıldıktan sonra uygun boşluk kanal formunu verebilmek için yarım ay şeklindeki kalıp parçaları ile Şekil 7'deki gibi kalıba yerleştirilir. Alt kalıp sıcaklığı 170°C, üst kalıp sıcaklığı 175°C olup operasyon süresi 1000sn' dir.

Şekil 7. Vulkanize edilmiş burçı

3.BURÇLARIN 4 EKSENLİ TEST CİHAZINDA TEST EDİLMESİ

Test kurulumuna göre, test edilen parçalar Şekil 8'deki gibi cihaza bağlanmış, radyal ± 20 kN kuvvetine, ± 10 ° burulma hareketine tabii tutulmuş, ardından tork sapması ve yırtılma gözlemlenmiştir.



(a) (b)

Şekil 8. a-b) 4 eksenli test cihazı testi

OEM karşılaştırma test sonucu Şekil 9 'daki gibidir. Test Cihazı, 3 Hz'e kadar ± 60 kN radyal ve eksenel kuvvet, 3 Hz'e kadar ± 1500 Nm burulma ve devirme torkunda çalışmıştır.

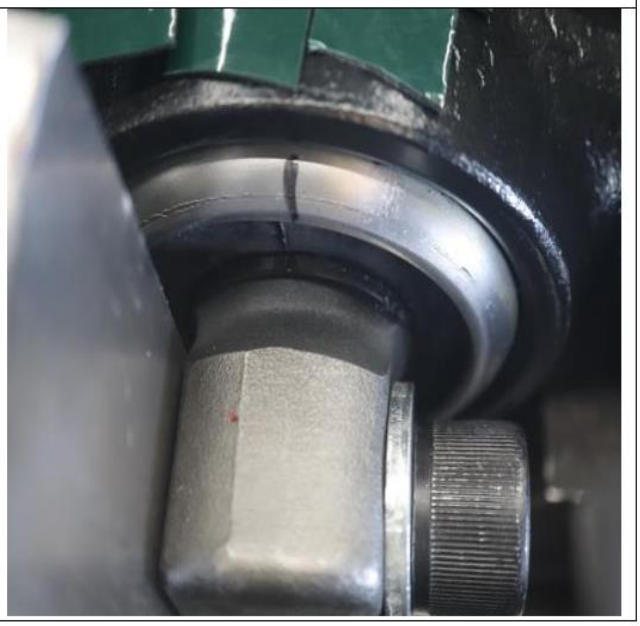
Şekil 9'da orijinal parça tedariği yapılıp 4 eksenli test cihazında test edilmiştir. Testler, OEM parça üreticilerinin belirlediği şartnamelere uygun olarak yapılmış, burç, araçta alacağı açı ve kuvvetlere maruz bırakılarak, burulma, toplam yer değiştirme ve deformasyon sonuçları elde edilmiştir. Şekil 10' da ön ısıtma yapılmadan vulkanizasyon operasyonuna alınan numunenin, aynı çalışma şartları uygulanarak sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 11'deki numuneye ön ısıtma yapılmış, alt üst tabla sıcaklıkları ve vulkanizasyon süresi ideal parametrelerde olan burcun test sonucu elde edilmiştir.

Devir	Ortalama Burulma Torku	Toplam Yer Değiştirme	Sıcaklık	Yorum	Resim
0	677 Nm	2,4 mm	23°	Başlangıç	
852	673 Nm	2,6 mm	24°	Bazı yırtıklar	
2575	666 Nm	2,7 mm	26°	Yırtılmalar büyümüş	
5665	647 Nm	3 mm	26°	Iki tarafta yapışma sorunu	
7100	644 Nm	3,1 mm	27°	Daha büyük yapışma sorunu	
10000	633 Nm	3,2 mm	27°	Bitiş	

Şekil 9. OEM test sonucu

Devir	Ortalama Burulma Torku	Toplam Yer Değiştirme	Sıcaklık	Yorum	Resim
0	680 Nm	2,20 mm	21°	Başlangıç	
140	687 Nm	2,20 mm	22°	Bir tarafta yapışma problemi	
660	672 Nm	2,34 mm	21°	Iki tarafta yapışma problemi	
5150	651 Nm	2,70 mm	28°	Yırtılma	
10000	635 Nm	3,10 mm	28°	Bitiş	

Şekil 10. Numune-1 test sonucu

Devir	Ortalama Burulma Torku	Toplam Yer Değiştirme	Sıcaklık	Yorum	Resim
0	305,5 Nm	2,8 mm	25°	Başlangıç	
1580	305 Nm	2,8 mm	40°	Hata yok	
4268	306 Nm	2,8 mm	39°	Hata yok	
6980	309,5 Nm	2,8 mm	39°	Hata yok	
8800	308 Nm	2,8 mm	39°	Hata yok	
10000	302 Nm	2,8 mm	39°	Bitiş	

Şekil 11. Numune-2 test sonucu

4.SONUÇ

İmalat esnasında gözden kaçabilecek detayların, süspansiyon sistemi gibi kritik parçalarda, test sonuçlarında ne kadar farklılık oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Vulkanizasyon sıcaklığı, kemosil ve kemosilin aktifleşme parametrelerinin, burç imalatı esnasında kritikliğini oem karşılaştırma raporları ile gözlemledikten sonra, imalatın bu aşamalarında gerekli iyileştirmeler ile ilgili çalışmalar yapılabilir. Hamur seçimi yapılıp farklı şartlarda üretimi yapılan burçlar, 4 eksenli test cihazında test edilmiştir. Test sonuçları, süre verilerinin parça kalitesi üzerindeki önemi gözlemlenmiştir. Ön ısıtma yapılmadan vulkanizasyona alınan burçta yırtılma gözlemlenmiştir. Burç, araç üzerinde bağlı iken yol ve sürüş kaynaklı ani frenleme ya da darbede parça öngörülemeyen etkiye maruz kalablir. Örneğin; imalat ya da tasarım kaynaklı burç yırtılması sonucu dağılan parçalar fren körüğünü patlatır hatta dağılan parçalar lastiğin yarılmasına sebep olabilir, mafsal kırılması direksiyon hakimiyetinin kaybedilip ölümcül kazalara sebebiyet verebilir.

Çalışmanın daha sonraki aşamalarında, test verileri, analiz programları ile doğrulanacak ve v-kolu montajı gerçekleştirildikten sonra, tasarlanan yatay dinamik test cihazında yorulma testleri ve yorulma modellemesi yapılacaktır.

5.TEŞEKKÜR

Çalışma boyunca destek ve tecrübelerini hiç esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Hayrettin DÜZCÜKOĞLU' na, gerekli testlerin yapılabilmesi için laboratuvar ve imalat gibi her türlü olanağı sağlayan Aydınlar Otomotiv Endüstri San. Tic Aş. yönetim kurulu başkanı Harun AYDIN olmak üzere, teknik ve manevi desteğini esirgemeyen Ar-Ge müdürü Ahmet ÇAKAL' a, kauçuk bölümü üretim sorumlusu Seyit KÜÇÜKYAĞLIOĞLU ve Hüseyin KÜÇÜK' e ve bütün çalışma arkadaşlarına teşekkür ederim.

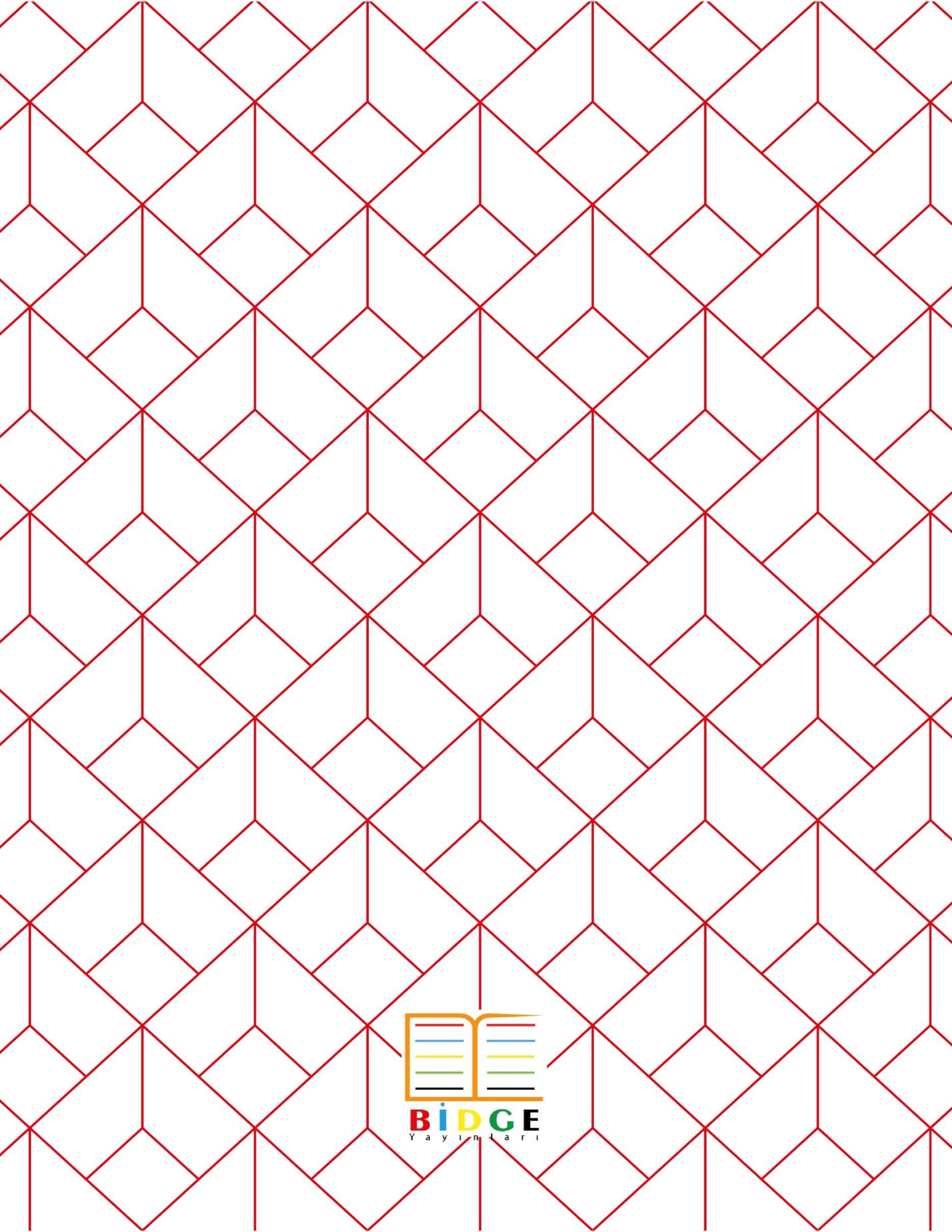
6.KAYNAKÇA

Karamangil, M. İ., (2007), Bir Otomobil Arka Dingilinin Sonlu Elemanlar Metodu ile Yorulma Analizi, *Pamukkkale Ün., Müh. Bilimleri Dergisi*, Pamukkale, Denizli, 311-318.

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) (2016). Metalik malzemeler - Çekme deneyi - bölüm 1: Oda sıcaklığında deney metodu, Ankara, 57.

Yay, K. ve Ereke, İ.M, (2003), Hızlandırılmış Taşıt Ömür Testlerinde Yol Verisi Kullanımına Yeni Bir Yaklaşım, *İTÜ Dergisi*, Beyoğlu, İstanbul, 61-73.

Yılmaz, A. ve Kılıç, N., (2010), Yorulma Analizlerinde araç Dinamiği Modellerinin Kullanımı, *OTEKON*, Bursa, Türkiye, 5.


BİDGE
Yayınları