

19TH

INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

SCIENCE AND ENGINEERING



UBAK

16 - 17 MART
2024

Full Text Book

Tam Metin Kitabı

 ANKARA BİLİM
ÜNİVERSİTESİ

www.ubaksymposium.org

Publishing Director / Yayın Yönetmeni

Muhammet ÖZCAN

Editor/ Editör

Bahri Bayram

Bu kitapta yayınlanan Bildiri Tam metinleri “Bookcites Kitap Atıf Dizini” tarafından taranmaktadır

**Cover Design / Kapak Tasarımı**

Bülent POLAT

Interior Design / İç Tasarım

Mahmut Sami TEMİZ

First Edition / Birinci Basım / ©

Mart 2024 - Ankara

ISBN

978-625-6671-11-9

Asos Yayınevi**1st Edition** 30 March 2024**Address / Adres:** Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No:67/2-4/Merkez/Elazığ**E-Mail:** asos@asosyayinlari.com**Web:** www.asosyayinlari.com**Instagram:** <https://www.instagram.com/asosyayinevi/>**Facebook:** <https://www.facebook.com/asosyayinevi/>**Twitter:** <https://twitter.com/Asosyayinevi>

Ankara 2024

BOARDS / KURULLAR

Supporting Institutions / Destekleyen Kurumlar

Ankara Bilim Üniversitesi

Honor Board / Onur Kurulu

Prof. Dr. Yavuz DEMİR, Ankara Bilim Üniversitesi Rektörü

Chairman of the Organizing Committee / Düzenleme Kurulu Başkanı

Prof. Dr. Bahri BAYRAM, Atatürk Üniversitesi

Congress Organizing Committee / Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Taşkın POLAT, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniversitesi
Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Adem KAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Samet ÇELİK, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Sinan KOPUZLU, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Oğuz AKIN DÜZGÜN, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Aycan Mutlu YAĞANOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Bekir GÜRBULAK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Abdülkerim DİLER, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Osman ÜNSAL BAYRAK, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Okan DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç.Dr. Bahar BAYRAK Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Handan AKKAŞ, Ankara Bilim Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi E. Mahmut Kocaman, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Valiollah PALANGİ, Ege Üniversitesi
Arş.Gör. Dr. Zeynep GÜRBÜZ, Atatürk Üniversitesi

Congress Scientific Committee / Bilim Kurulu

Prof. Dr. Sebahat AÇIKSÖZ, Bartın Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Bülent AKAR, Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Burak ALAYLAR, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi
Prof. Dr. Necmi ALTIN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Esra ALTINTIĞ, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Alper AKAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Eşe AKPINAR, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Prof. Dr. Canan B. AKTAŞ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ali Akın AKYOL, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Doç. Dr. Hilal Ürüşan ALTIN, Atatürk Üniversitesi
Prof.Dr. Recep AYDIN, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Yerlan ANDEASBAYEV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Doç. Dr. Muzaffer ATEŞ, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Sevinç AYDIN, Munzur Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nesli AYDIN, Karabük Üniversitesi
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI, Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zübeyde BAYSAL, Dicle Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nurcan BERBER, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan BİNGOLBALI, Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Cihan BOYRAZ, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Hüseyin Boz, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Şahin BÜYÜKDAĞLI
Doç. Dr. Mahir Murat CENGİZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Huseyin COLAK, Northeastern Illinois University
Prof. Dr. Bülent ÇAĞLAR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent ÇELİK, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Hülya ÇİÇEK, Gaziantep Üniversitesi
Doç. Dr. Nuray DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Okan DEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Selin Kınalı DEMİRCİ, Amasya Üniversitesi
Doç. Dr. Ashlhan DEMİRDÖVEN, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Abdülkerim DİLER, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Marziyeh EBRAHİMİ, University of Tabriz
Dr. Öğretim Üyesi Ayşe DEMİRHAN, Gazi Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Sevgi Güneş DURAK, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent EKER, Namık Kemal Üniversitesi
Prof. Dr. Selma ERAT, Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Nurinisa ESENBÜĞA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Atıf EVREN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Gülbin FİRİDİN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Nimet Sema GENÇER, Bursa Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Yaşar GENEL, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Derviş GÖK, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Doç. Dr. M. Kerim GÜLLAP, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Irshad HUSSAIN, The Islamia University of Bahawalpur
Doç. Dr. Rita ISMAİLOVA, Kyrgyz-Turkish Manas University
Prof. Dr. Jose Miguel Molina JORDA, Universidad de Alicante
Prof. Dr. Yusuf Kağan KADIOĞLU, Ankara Üniversitesi,
Doç. Dr. Hüseyin KARACA, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Musa KAVAS, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Hatice KAYA, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Selim KAYA, Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Ersin KAYAHAN, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Daniela KERTİKOVA, Institute of Forage Crops, Pleven
Dr. Naseem Ahmad KHAN, The Islamia University of Bahawalpur
Doç. Dr. Şule KISAKÜREK, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Prof. Dr. Davoud KIANIFARD, University of Tabriz
Prof. Dr. İlkey KOCA, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Esat Mahmut KOCAMAN, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Rıdvan KOÇYİĞİT, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Todor KERTİKOV, Institute of Forage Crops, Pleven
Prof. Dr. Vahit KONAR, Amasya Üniversitesi
Doç. Dr. Matanat MEHRABOVA, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku
Dr. Öğretim Üyesi Mustafa MİZRAK, Şırnak Üniversitesi
Prof. Dr. Efendi NASİBOĞLU, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Melih ONAY, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet Vefa ORHON, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe Yüksel OZAN, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÖTER, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Arif ÖZBEK, Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. Hatice Özdemir, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Memiş ÖZDEMİR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Kurtuluş ÖZGİŞİ, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Bilgehan POLAT, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Alper POLAT, Munzur Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin POLAT, Aksaray Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Bilgehan POLATOĞLU, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet TOPAL, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Berrin TOPUZ, Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Nur Ertek TOSUN, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Tamer TURGUT, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Meryem SEFERİNOĞLU, Sinop Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih SEYİS, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Prof. Dr. Oleg SYNYUK, Khmelnytsky National University, Ukraine
Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Akbar TAGHÍZADEH, University of Tebriz
Prof. Dr. Taha TAŞKIRAN, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe Ebru TAYYAR, Uşak Üniversitesi
Prof. Dr. Erkin TOKPANOV, Zhetysu State University, Kazakhstan
Dr. Öğretim Üyesi Yasemin TÜMER, Karabük Üniversitesi
Doç. Dr. Selda Kapan ULUSOY, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Vedide Rezan USLU, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim UZUN, Kırıkkale Üniversitesi
Prof. Dr. Viliانا VASİLEVA, Institute of Forage Crops, Pleven
Doç. Dr. Pelin Köse YAMAN, Dokuz Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Övgü Ceyda YELGEL, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Doç. Dr. Ebru YILMAZ, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. Güngör YILMAZ, Yozgat Bozok Üniversitesi
Doç. Dr. Müge Sarı YILMAZ, Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Meral YURTSEVER, Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Mithat ZEYDAN, İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Sekretary / Sekreteryä

Doç. Dr. Gökhan Arslan
Dr. Esra TÜRE



19th UBAK, 16 - 17 March 2024, Ankara



TAM METİNLER PROCEEDINGS

İçindekiler

Dirençli Nişastanın Enerji Kaynağı Olarak Bazı Patojen Mikroorganizmalar Tarafından Kullanım Durumlarının İncelenmesi.....	9
Bir Pnömatik Yapay Kaslı Agonist Antagonist Sistemin Pıd İle Konum Kontrolü	15
4-Fenilbenzonitril Molekülünün Solvatokromik ve Elektronik Özelliklerinin İncelenmesi ...	22
A Computational Study on the Sensing of Explosives	40
Genelleştirilmiş Kudryashov Metodunun Basitleştirilmiş Modifiye Camassa Holm Denklemine (SMCH) Uygulanması	46
Monotonik Yük Etkisi Altında Perlitli Betonarme Kirişlerin Yapısal Davranışlarının İncelenmesi.....	56
Yüksek Sıcaklık Etkisinde Perlitli Betonun Basınç ve Eğilme Dayanımlarının Araştırılması	65
Entegre Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Stratejik Ürün İçin Tedarikçi Seçimi	75
Bir Turboşarjlı Traktör İçin Farklı Boyutlu Termoelektrik Jeneratör Modülleri.....	85
Örme Denim Kumaşların Mukavemet Özelliklerine Elyaf Türü ve Kaplama İşleminin Etkisinin İncelenmesi	96
Geleneksel ve Doğal Perlitli Beton ile Donatı Arasındaki Aderans-Donatı Sıyrılması İlişkisinin Araştırılması	107
Korozyona Maruz Bırakılmış Donatıların Mekanik Özelliklerinin Tahmin Edilmesine Yönelik Deneysel Modellerin İncelenmesi	118
Doğal Dil İşleme Teknikleri Kullanılarak Metin Özetleme Teknikleri ve Karşılaştırılması .	127
Tel Elektro Erozyon Tezgâhında Inconel 718'in İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğünün Taguchi Metoduyla Analizi	136
Tekstil Yüzeylerde Süperhidrofobik Polimer Kaplamaların Alev Geciktirici Performansın İncelenmesi: Uygulama Tekniklerinin Etkisi.....	146
Karayolu Tehlikeli Madde Taşımacılığı Kazaları İçin Kantitatif Risk Analizi Metodolojisinin Geliştirilmesi	152
Kısa Metinlerde Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Yüksek Performanslı Dil Tanıma.....	165
Atıksulardan Kadmiyum Gideriminin Elektrodializ Yöntemi Kullanılarak Araştırılması ..	171
RNA Dizileme Veri Analizi Yoluyla Elde Edilen Kanserli Gen İfadelerinin LSTM Derin Öğrenme Modeliyle Sınıflandırması	178
Türkiye Mimarlık Ortamında Çağdaş Cami Tasarımları: Biçimsel Anlatım ve Simgesel Değerler.....	187
Melanoma Kanseri Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Residual Network Mimarilerinin Performansının İncelenmesi	202
Isıl İşlem Görmüş Hindi Eti Sucuklarının Mineral Düzeyleri	209
Akdeniz Bölgesinde Çilek Yetiştirme Denemeleri 2016-2023.....	215
Farklı Sütler İlave Edilerek Hazırlanan Muhallebilerin Biyoaktif Özellikleri, Fenolik Bileşenleri ve Duyusal Özellikleri Üzerine Depolama Süresinin Etkisi.....	225

Keten Bitkisinin Dünya Çapında ve Türkiye' de Önemi.....	234
Sürdürülebilir Tarım İçin İklim Değişikliği Olumsuzluklarını Azaltmak İçin Organik Atık Yönetimi.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Environmental Pollution Caused by Animal Manure	242



Makale id= 38

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6361-4419, 0000-0002-0567-9919

| 9

Dirençli Nişastanın Enerji Kaynağı Olarak Bazı Patojen Mikroorganizmalar Tarafından Kullanım Durumlarının İncelenmesi**Dr. Öğretim Üyesi Emine Dinçer¹, Arş.Gör. Tuba Tekin¹**
¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

*Corresponding author: Emine Dinçer

Özet: Dirençli nişasta sağlıklı bireylerin ince bağırsağında sindirilmeyip, kolonda mikroorganizmalar tarafından fermente edilen nişasta türüdür. Fermente edilmesinden dolayı dirençli nişasta prebiyotik bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Dirençli nişasta prebiyotik bir bileşen olmasının yanı sıra posa kaynağı olarak da gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Dirençli nişastanın *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türleri tarafından kullanıldığı bilinmekle birlikte, literatürde patojen mikroorganizmaların dirençli nişasta kullanımına dair veriler sınırlıdır. Yürütülen bu çalışmada ülkemizde üretilen tip 4 dirençli nişastanın patojen mikroorganizmaların gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada, patojen mikroorganizma gelişiminde sıklıkla kullanılan Tryptic Soy Broth (TSB) ortamı tercih edilmiş ve patojen mikroorganizmalardan ise *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Enterococcus faecalis* indikatör mikroorganizma olarak kullanılmıştır. Çalışmada TSB ortamından enerji kaynağı olarak kullanılan glukoz çıkartılmış ve yerine eşit miktarda tip 4 dirençli nişasta ilave edilerek modifiye bir gelişim ortamı hazırlanmıştır. Ayrıca hiçbir enerji kaynağı eklenmeyen üçüncü bir gelişim ortamı daha oluşturulmuş ve bu üç ortamda patojen gelişimi karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda tip 4 dirençli nişastanın *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* ve *E. faecalis* kültürleri tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmadığı yalnızca *E. coli* tarafından kullanılabilirdiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda elde veriler ülkemizde üretilen dirençli tip 4 dirençli nişastanın patojen mikroorganizmalar üzerinde inhibisyon yarattığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda ülkemizde üretilen tip 4 dirençli nişasta gıda endüstrisinde kullanılabilir bir bileşen olarak potansiyel vaat etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dirençli Nişasta, Enerji Kaynağı, Patojen Mikroorganizma, Prebiyotik

The Investigation On the Utilization of Resistant Starch As a Source of Energy by Some Pathogenic Microorganisms

Abstract: Resistant starch, a kind of starch that healthy individuals are unable to digest, is fermented by microorganisms in the colon. Resistant starch is classified as a prebiotic component because of its fermentation process. Resistant starch has several uses in the food the industry, functioning not just as a prebiotic component but also as a fiber source. While it is widely acknowledged that *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* species utilize resistant starch, there is a limitation of data in the literature about the utilization of resistant starch by pathogenic microorganisms. This study investigated the impact of in our country manufactured type 4 resistant starch on the growth of pathogenic microorganisms. The research utilized Tryptic Soy Broth (TSB) medium, a commonly employed medium for cultivating pathogenic microorganisms. The indicator microorganisms used in the study were *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Enterococcus faecalis*. The investigation involved the removal of glucose, which serves as an energy source, from the TSB medium. To replace it, a modified growth medium was created by adding an equivalent quantity of type 4 resistant starch. Furthermore, a third experimental condition devoid of any additional energy source was established, and the proliferation of pathogens was evaluated across these three conditions. Upon concluding the investigation, it was noted that type 4 resistant starch was not metabolized as an energy source by cultures of *S.*

aureus, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, and *E. faecalis*. However, it was found to be metabolized by *E. coli*. The study's findings indicate that type 4 resistant starch manufactured in our country has the ability to inhibit pathogenic microorganisms. In this context, the type 4 resistant starch that is manufactured inside our country has great promise as a viable component within the food industry.

Keywords: Resistant Starch, Energy Source, Pathogenic Microorganism, Prebiotic

Giriş

Dirençli nişasta “sağlıklı bireylerin ince bağırsağında emilmeyen ve degradasyona uğramayan nişasta ve nişasta ürünlerinin toplamı” olarak tanımlanmıştır. Dirençli nişasta ince bağırsakta sindirilmeyip, kolonda fermente olmaktadır. Bu nedenle kolonik fermentasyon için önemli bir substrat olarak görev yapmaktadır (1). Dirençli nişasta yapısına göre beş alt gruba ayrılmaktadır. Tip I dirençli nişasta, hücresel bir yapıda fiziksel olarak tutulan ve enzimatik olarak sindirilemeyen nişastadır. Tip II dirençli nişasta, enzimatik aktiviteye direnç gösteren ve jelatinleşme sonrasında direnç kaybıyla karakterize edilen, kristal yapı içindeki nişastadır. Tip III dirençli nişasta retrograde nişasta olarak adlandırılmaktadır. Bu dirençli nişasta türü amilozun ısıyla jelatinleşmesi ve nişastanın soğumasıyla kristalleşmeye uğrayarak enzimlere karşı direnç kazanmaktadır. Tip IV dirençli nişasta kimyasal olarak modifiye edilerek sindirilemeyen nişastadır. Tip V dirençli nişasta ise amiloz-lipit kompleksinin işlenmesiyle üretilen nişastadır (2). Tip I dirençli nişasta kaba öğütülmüş tahıl veya tohumlar, baklagillerde; tip II dirençli nişasta yüksek amilozlu mısır nişastasası, çiğ patates, çiğ muz nişastasasında, tip III dirençli nişasta pişmiş, soğutulmuş gıdalar (patates, makarna, pirinç) ve mısır gevreği gibi gıdalarda bulunmaktadır. Tip IV dirençli nişasta çapraz bağlı nişasta ve oktenil süksinat nişasta olarak, tip V dirençli nişasta stearik asit kompleksli yüksek amilozlu nişasta olarak üretilmektedir (3, 4).

Dirençli nişasta gıda endüstrisinde çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde kaplamalı ürünlerin gevrekliğini arttırma, hamur reolojik özelliklerini olumsuz etkilememe, kahvaltılık tahıllarda gevrekliği arttırma, fonksiyonel bileşen olarak kullanılabilme, geleneksel lifli ürünlerden daha düşük su tutma kapasitesi sağlama gibi olumlu etkiler sağlamaktadır. Bu nedenle gıda endüstrisinde çölyak hastaları için üretilen ürünlerde, düşük karbonhidratlı ticari gıdalarda, fermente gıdalarda (sos vb.), ekmek, kek ve kahvaltılık gevrekler, fırınlanmış ürünler (ekmek, bisküvi, kek, kahvaltılık gevrekler), makarna ürünleri ve diyabet hastaları için üretilen ürünlerde kullanılmaktadır (5). Dirençli nişastanın sağlık üzerine etkileri incelendiğinde diyet lifi olarak bağırsak mikrobiyotasının modülasyonu, probiyotik bakterilerin gelişimini desteklemesi, glukoz ve lipit metabolizması, açlık-tokluk ve enerji metabolizması üzerinde olumlu etkilerinin olduğu gösterilmiştir (6, 7).

Dirençli nişastanın metabolizmadaki olumlu etkilerinin ortaya çıkabilmesi bağırsak mikrobiyotasında fermente olmasıyla başlamaktadır. Dirençli nişasta kolona ulaştığında, bağırsak mikrobiyotasında bulunan yararlı bakteriler tarafından fermentasyona uğramakta ve asetat, propiyonat ve bütirat olmak üzere kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA) üretimini sağlamaktadır (8). Yapılan çalışmalar dirençli nişasta tüketiminin, mikrobiyotada probiyotik mikroorganizmalar olarak ilk akla gelen *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türleri tarafından fermente edilerek; kısa zincirli yağ asitlerine dönüştürülebildiğini ve bu mikrobiyal grupların gelişimini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (9, 10). Dirençli nişasta kolonda fermentasyona uğrayarak bağırsak mikrobiyotasının modülasyonuna katkı sağlamakta ve bu işlevinden dolayı prebiyotik bir bileşen olarak potansiyel vaat etmektedir. Ancak dirençli nişastanın prebiyotik bir bileşen olarak kabul edilebilmesi için patojen mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmesi gerekmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde patojen mikroorganizmaların dirençli nişasta kullanımına dair veriler sınırlıdır. Ülkemizde üretilen tip IV dirençli nişastanın patojen mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirliğine dair herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada ülkemizde üretilen tip IV dirençli nişastanın patojen mikroorganizmaların gelişimi üzerine etkisi incelenmek amacıyla yürütülmüştür.

Gereç ve Yöntem

Tip IV dirençli nişastanın in vitro koşullarda patojen mikroorganizmaların gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla enerji kaynağı olarak glukoz yerine tip IV dirençli nişasta içeren modifiye Tryptic Soy Broth (TSB) ortamı hazırlanmıştır. Besiyeri hazırlığı sırasında Merck TSB (105459) içeriğinden glukoz çıkartılarak diğer tüm bileşenler tek tek ortama ilave edilmiş, ardından tip IV dirençli nişasta 2.5

g/L olacak şekilde ortama eklemiştir. Eş zamanlı olarak, aynı şekilde glukoz içeren TSB ve hiç enerji kaynağı içermeyen TSB ortamı da hazırlanmış ve sırasıyla pozitif ve negatif kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Çalışmada patojen mikroorganizma olarak *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Enterococcus faecalis* indikatör mikroorganizma olarak kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan tip IV dirençli nişasta, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiş olup, basit lisans ile Demirpolat Tarım Ürünleri Nakliyat Otomotiv İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketine lisanslanmıştır. Çalışma öncesi tip IV dirençli nişasta Demirpolat Tarım Ürünleri Nakliyat Otomotiv İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nden (Konya) temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan tip IV dirençli nişastanın %86,36 oranında dirençli nişasta, %13,14 oranında nem içermektedir.

Çalışmada saflık kontrolü yapılan patojen mikroorganizmalar standart TSB ortamında geliştirilmiştir. Analizler için test edilecek mikroorganizmaların 18 saatlik aktif kültürlerinden hazırlanan her üç ortama da eş zamanlı olarak %1 oranında aşılama yapılmış ve tüpler 24 saat süre ile 37 °C de inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon bitiminde, her bir tüpten tamponlanmış peptonlu su (BPW, Merck 107228) içerisinde 10⁻¹-10⁻¹⁴ aralığında 10 kat seri dilüsyonlar hazırlanmış ve her birinden 1 mL örnek alınarak daha önceden hazırlanmış Plate Count Agar (PCA, Merck, 105463) petrilere yayma ekim yapılmıştır. Petriler 24 saat 37 °C de inkübe edildikten sonra koloni sayımı yapılmış ve glikoz, tip IV dirençli nişasta ve enerji kaynağı içermeyen ortamdaki bakteri sayısı *log KOB/mL* olarak hesaplanmıştır. Çalışma çift paralel olarak gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar ortalama değerler alınarak verilmiştir. Bakteri sayısının hesaplanmasında 30-300 arası koloni sayımı yapılan petriler dikkate alınarak aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır (11).

$$N = C / [V \times (n1 + 0,1 \times n2) \times d]$$

N = 1 mL de bulunan mikroorganizma sayısı

C = Sayımı yapılan tüm petri kutularındaki koloni sayısı toplamı

V = Sayımı yapılan petri kutularına mL cinsinden aktarılan hacim

n1 = İlk seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

n2 = İkinci seyreltiden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi

d = Sayımın yapıldığı ardışık 2 seyreltiden daha konsantre olanın seyreltme oranı

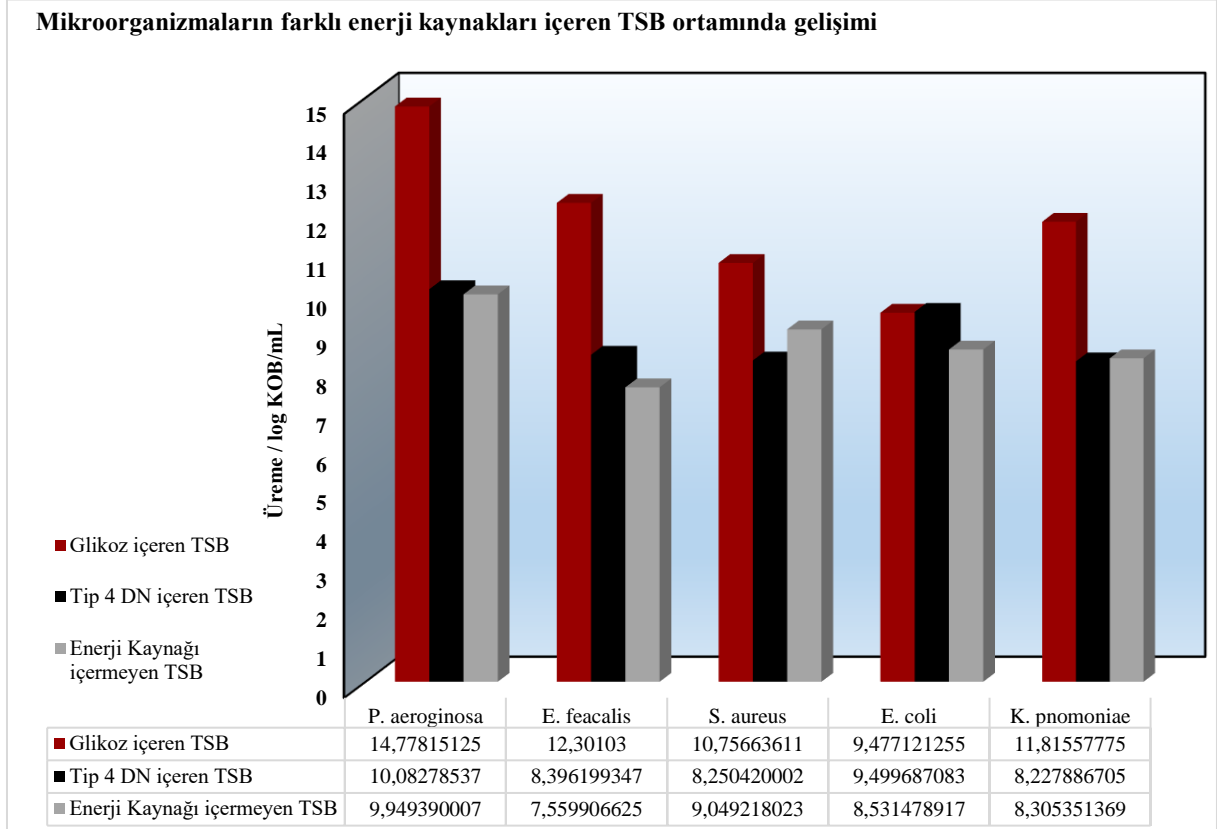
Bulgular

Yapılan çalışma sonucunda *E. coli* haricinde diğer tüm patojen bakterilerin tip IV dirençli nişasta içeren ve hiç enerji kaynağı içermeyen ortamda yaklaşık aynı oranda ürediği, buna karşın glukoz içeren ortamda ise çok daha yoğun bir üremenin gerçekleştiği belirlenmiştir. Çalışmada yalnızca *E. coli*'nin glukoz ve tip IV Dirençli nişasta içeren ortamda benzer üreme davranışı sergilediği gözlemlenmiştir. *E. coli* dışındaki mikroorganizmalar için glukoz ve tip IV dirençli nişasta içeren ortamlardaki gelişim miktarları birbirleri ile kıyaslandığında glukozla kıyasla tip IV dirençli nişasta içeren ortamda *P. aeruginosa*'nın % 97.2 ve *E. faecalis*'in %82.3, *S. aureus* ve *K. pneumoniae*'nin ise %100 oranında daha az ürediği belirlenmiştir. Tablo 1'de koloni sayımı sonucunda elde edilen veriler KOB/ml cinsinden verilmiştir. Şekil 1'de ise sonuçlar *log KOB/mL* çevrilerek grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 1. Patojen Mikroorganizmaların Farklı Enerji Kaynakları İçeren TSB Ortamında Gelişimi

	TSB-Glikoz	TSB-Tip IV DN	TSB-Enerji Kaynağı Yok
<i>P. aeruginosa</i>	6.10 ¹⁴	121.10 ⁸	89.10 ⁸
<i>E. faecalis</i>	2.10 ¹²	249.10 ⁶	36,3. 10 ⁶
<i>S. aureus</i>	57,1.10 ⁹	178.10 ⁶	112.10 ⁷
<i>E. coli</i>	3.10 ⁹	316.10 ⁷	34.10 ⁷
<i>K. pnomoniae</i>	6,54.10 ¹¹	169.10 ⁶	20,2.10 ⁷

Şekil 1. Patojen Mikroorganizmaların Farklı Enerji Kaynakları İçeren TSB Ortamında Gelişiminin Karşılaştırılması



Tartışma

Kompleks karbonhidratlar içerisinde sınıflandırılan dirençli nişasta tipleri potansiyel prebiyotik kapasitesine sahip yeni nesil fonksiyonel besinler olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde dirençli nişastanın çeşitli Bifidobacterium ve Lactobasillus türleri tarafından fermente edilerek enerji kaynağı olarak kullanıldığı gösterilmiştir (12-15). Yürütülen bu çalışmada ise dirençli nişastanın çeşitli patojen mikroorganizmalar tarafından enerji kaynağı olarak kullanım durumları incelenmiştir. Çok amaçlı kullanım alanı olan TSB ortamı kolay üreyen aerobik mikroorganizmaların gelişimi için sıklıkla tercih edilmektedir. Besiyerinin bileşiminde 17 g/L kazein pepton; 3 g/L soya pepton, 2,5 g/L glukoz, 5,0 g/L NaCl, 2,5g/L K₂HPO₄ bulunmaktadır. Oldukça besleyici bir ortam olan TSB içerisinde bulunan glukoz, enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada glukoz yerine dirençli nişasta ilavesi sonucunda üremenin devam etmekle birlikte yüksek oranda azalması bakterilerin dirençli nişastayı fermente ederek enerji üretmediklerini işaret etmektedir. Benzer şekilde enerji kaynağı içermeyen ortamda bakteri gelişimi ile tip IV dirençli nişasta içeren ortamda gelişiminin benzer olması bu sonucu destekler niteliktedir. Liu ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yüksek amilozlu mısır nişastanın in vitro fermentasyonunun incelendiği çalışmada dirençli nişastanın yer aldığı gruplarda *Faecalibacterium* yoğunluğunun azaldığı saptanmıştır (16). Yürütülen başka bir çalışmada tip III dirençli nişastayla birlikte *Lactobasillus plantarum*'un anti-patojenik aktivitesi incelenmiştir. Çalışmada yer alan *P. aeruginosa* ve *K. pneumoniae* mikroorganizmalarına karşı dirençli nişastanın antibakteriyel özellikleri desteklediğini ortaya koymuştur (17). Li ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada ise lotus çekirdeğinden elde edilen dirençli nişastanın in vitro ortamda fermentasyonu incelenmiştir. Çalışma sonucunda lotus çekirdeğinden elde edilen dirençli patojen büyümesini engelleyebilecek ve probiyotik türlerin büyümesini teşvik

edebilecek potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (18). Yürütülen çeşitli çalışmalarda ticari olarak mısır nişastasından üretilen Fibersol-2'nin dolaylı olarak potansiyel patojenik veya istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini baskılayıcı olarak görev yaptığı gösterilmiştir (19, 20). Yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatürde yer alan verilerle paralellik gösterdiği bulunmuştur.

Sonuç ve Öneriler

Dirençli nişasta potansiyel prebiyotik bir bileşen olarak dikkatleri üzerine çekmektedir. Ancak dirençli nişasta tiplerinin prebiyotik bileşen olarak kabul edilebilmesi için hangi bakteriler tarafından kullanıldığının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ülkemizde üretilen dirençli tip IV dirençli nişastanın çeşitli patojen mikroorganizmalar tarafından yüksek oranda fermente edilemediğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda ülkemizde üretilen tip IV dirençli nişasta gıda endüstrisinde kullanılabilir bir bileşen olarak potansiyel vaat etmektedir.

Kaynaklar

1. Soral-Oemietana, M., & Wronkowska, M. (2004). Resistant starch–nutritional and biological activity. *Pol. J. Food Nutr. Sci*, 13(54), 51-64.
2. Kang, M. S., Jang, K. A., Kim, H. R., & Song, S. (2024). Association of Dietary Resistant Starch Intake with Obesity and Metabolic Syndrome in Korean Adults. *Nutrients*, 16(1), 158.
3. Snelson M, Kellow NJ, Coughlan MT. Modulation of the GutMicrobiota by Resistant Starch as a Treatment of Chronic Kidney Diseases: Evidence of Efficacy andMechanistic Insights. *Adv Nutr* 2019;0:1–18.
4. Birt DF, Boylston T, Hendrich S, Jane JL, Hollis J, Li L, et al. Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. *Adv. Nutr.* 2013;4: 587–601.
5. Türker B, Yeyinli Savlak N. Dirençli Nişasta: Tipleri, Kaynakları, Fizyolojik Etkileri ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda* 2015;13(4):354-359.
6. Bede, D., & Zaixiang, L. (2021). Recent developments in resistant starch as a functional food. *Starch-Stärke*, 73(3-4), 2000139.
7. Raigond, P., Ezekiel, R., & Raigond, B. (2015). Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(10), 1968-1978.
8. Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *Nutrition bulletin*, 42(1), 10-41.
9. Shang, W., Si, X., Zhou, Z., Li, Y., Strappe, P., & Blanchard, C. (2017). Characterization of fecal fat composition and gut derived fecal microbiota in high-fat diet fed rats following intervention with chito-oligosaccharide and resistant starch complexes. *Food & function*, 8(12), 4374-4383.
10. Bird, A., Conlon, M., Christophersen, C., & Topping, D. (2010). Resistant starch, large bowel fermentation and a broader perspective of prebiotics and probiotics. *Beneficial microbes*, 1(4), 423-431.
11. Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti. 358
12. Jung, D. H., Seo, D. H., Kim, Y. J., Chung, W. H., Nam, Y. D., & Park, C. S. (2020). The presence of resistant starch-degrading amylases in *Bifidobacterium adolescentis* of the human gut. *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 389-397.
13. Crittenden, R. G., Morris, L. F., Harvey, M. L., Tran, L. T., Mitchell, H. L., & Playne, M. J. (2001). Selection of a *Bifidobacterium* strain to complement resistant starch in a synbiotic yoghurt. *Journal of Applied Microbiology*, 90(2), 268-278.

14. Zi-Ni, T., Rosma, A., Napisah, H., Karim, A. A., & Liong, M. T. (2015). Characteristics of Metroxylon sagu resistant starch type III as prebiotic substance. *Journal of food science*, 80(4), H875-H882.
15. Chakravarty, A., Tandon, M., Attri, S., Sharma, D., Raigond, P., & Goel, G. (2021). Structural characteristics and prebiotic activities of resistant starch from Solanum tuberosum: Kufri Bahar, a popular Indian tuber variety. *LWT*, 145, 111445.
16. Liu, Z., Deng, N., Luo, S., Liu, C., & Hu, X. (2023). Fermentation of resistant starch from the starch-ferulic acid inclusion complex compared with high-amylose corn starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125647.
17. Karadağ, H., Tunçer, S., Karaçam, S., & Gurbanov, R. (2022). Tapioca starch and skim milk support probiotic efficacy of *Lactiplantibacillus plantarum* post-fermentation medium against pathogens and cancer cells. *Archives of Microbiology*, 204(6), 331.
18. Li, X., Lei, S., Liu, L., Zhang, Y., Zheng, B., & Zeng, H. (2021). Synergistic effect of lotus seed resistant starch and short-chain fatty acids on mice fecal microbiota in vitro. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 2272-2281.
19. Hopkins, M.J.; Cummings, J.H.; Macfarlane, G.T. (2002). Inter-species differences in maximum specific growth rates and cell yields of bifidobacteria cultured on oligosaccharides and other simple carbohydrate sources. *J. Appl. Microbiol.*, 85, 381–386.
20. Matsuda, I.; Satouchi, M. (1997). Agent for Promoting the Proliferation of Bifidobacterium. U.S. Patent 5698437.

Makale id= 6

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9785-543X

| 15

Bir Pnömatik Yapay Kaslı Agonist Antagonist Sistemin Pıd İle Konum Kontrolü**Araştırmacı Filiz Atak¹**¹Sakarya Üniversitesi

Özet: Robotlar, günümüzde geniş bir yelpazede farklı türlerde ve amaçlarda tasarlanmıştır. İnsansı robotlar da bu robot türlerinden biridir ve insan hareketlerini taklit etmeyi amaçlayan robotlardır. Bu robotlar endüstriyel, sağlık, hizmet, askeri, eğitim ve rehabilitasyon gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Pnömatik yapay kaslar (PYK'lar) esnek yapıları, basınç altında şişip kısalmaları ve basınç azaltıldığında uzayıp daralmalarından dolayı insan kasına oldukça benzemektedir. Bu yüzden insan kasını taklit etmek için genellikle PYK'lar kullanılırlar. İnsanda eklem hareketinin oluşması agonist antagonist kasların çalışması sonucu oluşur. Bu kaslardan biri kasılır ve şişerken diğeri uzar ve daralır. Literatürde agonist antagonist hareket için iki PYK kullanılır. Bu çalışmada bir PYK ve bir yay ile agonist antagonist sistem kurulacak ve eklem konum kontrolü gerçek zamanlı olarak Simulink ortamında PID (Proportional, Integral, Derivative) kontrolcü ile yapılacaktır. Ayrıca agonist antagonist sistemde kullanılan Festonun DMSP- 20- 200N RM-RM PYK'sının statik karakteristik denklemi oluşturulan deney düzeneği sonucunda elde verilerden yararlanılarak eğri uydurma yöntemi ile Matlab ortamında bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Pnömatik Yapay Kas, Agonist- Antagonist Sistem, Pıd Kontrolcü, Matlab/ Simulink, Dmsp- 20-200n Rm-Rm

Position Control of a Pneumatic Artificial Muscle Agonist Antagonist System With Pıd

Abstract: Robots today are designed for a wide range of different types and purposes. Humanoid robots are one of these types of robots and are robots that aim to imitate human movements. These robots are used in many areas such as industrial, healthcare, service, military, education and rehabilitation. Pneumatic artificial muscles (PAMs) are very similar to human muscles due to their flexible structure, swelling and shortening under pressure, and lengthening and contracting when the pressure is reduced. Therefore, PAMs are often used to mimic human muscle. Joint movement in humans occurs as a result of the work of agonist-antagonist muscles. While one of these muscles contracts and swells, the other lengthens and narrows. In the literature, two PAMs are used for agonist-antagonist action. In this study, an agonist-antagonist system will be established with a PAM and a spring, and the position control of the joint will be made in real time with the PID controller in the Simulink environment. In addition, the static characteristic equation of Festo's DMSP-20-200N RM-RM PAM used in the agonist-antagonist system will be found in Matlab environment by curve fitting method, using the data obtained as a result of the experimental setup.

Keywords: Pneumatic Artificial Muscle, Agonist-Antagonist System, Pıd Controller, Matlab/ Simulink, Dmsp- 20-200n Rm-Rm

1. GİRİŞ

Yapay kas sistemleri, insan benzeri hareketleri gerçekleştirmek için giderek artan bir ilgi görmektedir. Bu sistemler, biomekanik benzerlik ve esneklik açısından insan kaslarına yakın bir yapıya sahiptirler. Özellikle PYK'lar, hafiflik, güvenlik ve enerji verimliliği gibi avantajlarıyla araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu çalışmada, PYK'ların statik karakteristiği ve agonist-antagonist sistemin PID ile kontrolü üzerine yapılan deneysel çalışmaların sonuçları sunulmuştur.

Pnömatik yapay kasların statik karakteristiği, basınca bağlı olarak değişen mekanik davranışını ifade etmektedir. Bu karakteristiğin doğru bir şekilde belirlenmesi, yapay kasların sistem performansının optimize edilmesi için önemlidir. Bu çalışmada, Festo PYK'sı olan DMSP 20-200N RM-RM üzerinde gerçekleştirilen deney yoluyla, bu kasın statik karakteristik denklemi bulunmaya çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yapay kasların farklı koşullarda nasıl davrandığını anlamak ve tasarım sürecinde doğru parametrelerin seçilmesine yardımcı olmaktadır.

Ayrıca, yapay kas sistemlerinin agonist ve antagonist kas gruplarının koordinasyonunu taklit edebilme yeteneği, biyolojik sistemlerdeki hareketin doğasını daha yakından taklit etme potansiyeli sunmaktadır. Literatürde agonist antagonist sistem için genellikle iki PYK kullanılmıştır. Bu çalışmada, bir PYK ve bir yay kullanılarak agonist ve antagonist kas gruplarının kontrolü üzerine deneysel çalışma yapılmıştır. Elde edilen bulgular, yapay kas teknolojisinin gelişimine katkıda bulunmakla birlikte, insan benzeri hareketleri gerçekleştirebilen robotik sistemlerin daha da geliştirilmesine yönelik yol haritasını sağlayacaktır.

2. PNÖMATİK YAPAY KASLAR

Pnömatik yapay kaslar, insan kaslarını taklit etmek ve insan benzeri hareketler gerçekleştirmek amacıyla tasarlanmış robotik aktüatörlerdir (Tarhan ve Basar, 2006). Pnömatik yapay kaslar, genellikle bir tüp şeklindeki elastik malzeme ile kaplanmış bir iç boşluktan oluşur. İç boşluğa hava basıldığında, elastik malzeme genişler ve kasılma benzeri bir hareket gerçekleştirir. Hava basıncı arttıkça kasın kasılma kuvveti de artar. Bu şekilde, hava basıncının kontrol edilmesiyle yapay kasın uzunluğu ve kasılma kuvveti ayarlanabilir.

PYK'ların piyasada örgülü, pileli, ağırlı, gömülü ve Festo PYK'ları gibi çeşitleri bulunmaktadır (Daerden ve Lefeber, 2002). Son zamanlarda Festo PYK'larının en çok kullanılan PYK'lar olduğu görülmektedir. Bu çalışmada da Festo PYK'larından DMSP 20-200N RM-RM kullanılmıştır.

2.1. DMSP-20-200N RM-RM'nin Özellikleri

Bu çalışmada Festo PYK'larından DMSP-20-200N RM-RM kullanılmıştır. Bu PYK'nın iç çapı 20mm, strokun mevcut boyu 200mm'dir. Kasa basınç bağlantısı iki uçtan da yapılabilir (RM-RM). Bu kas -5°C-60°C sıcaklıkları arasında çalışabilmektedir. Maksimum daralmada çap genişlemesi 40 mm kadar olmaktadır. Bu kasa mevcut uzunluğunun %4'ü oranında ön gerdirme yapılabilir ve kasılma sırasında maksimum kısılma miktarı kasın mevcut uzunluğunun %25'i kadardır. Bu yapay kas 0 ile 6 bar basınç arasında çalışabilmektedir ve maksimum 1500N çekme kuvveti uygulamaktadır (Festo, 2005).

2.2. PYK'nın Statik Karakteristiği

PYK'nın statik karakteristiği verilen basınca göre kısılma miktarını tanımlar. PYK'ların lineer olmaması ve histerezisinin olması bu kasların modellenmesini zorlaştırmıştır. Bu çalışmada kasın teorik denklemlerinden yola çıkarak bir model oluşturulmamıştır. Eğri uydurma yöntemi ile deney sonuçlarına en yakın ama karmaşık olmayan denklem bulunmuştur.

2.2.1. DMSP-20-200N RM-RM'nin statik karakteristik deneyi

Hazırlanan deney düzeneği ile 1 bar aralıklarla 0- 6 bar basınç arasında PYK'nın boy değişimi 3 turda ölçülmüştür. Hazırlanan deney düzeneği şekil 1'de gösterilmiştir. Deneyde DMSP-20-200N RM-RM PYK, ipli enkoder, basınç regülatörü, basınç göstergesi ve National Instrumentin data logger kartı kullanılmıştır. Deney düzeneğindeki PYK enkodere bağlanmıştır ve enkoderin analog çıkışı data logger kartına bağlanmıştır. Daisy Lab uygulamasından hazırlanan devre ile ayarlanan basınç değeri basınç regülatörüne gönderilmiştir. Her basınç değeri için PYK'nın kısılma miktarı hesaplanmıştır. PYK hem kasılırken (basınç arttırılırken) hem de gevşerken (basınç azaltılırken) ayrı ele alınmıştır. Üç turda elde edilen verilerin ortalaması alınmıştır. Tablo 1'de PYK kasılırken ve gevşerken boy değişiminin deney sonuçları gösterilmektedir.

Şekil 1. DMSP-20-200N RM-RM'nin Statik Karakteristik Deneysel Seti.



Tablo 1. DMSP-20-200N RM-RM'nin Kasılırken ve Gevşerken Boy Değişiminin Deneysel Sonuçları Gösterilmektedir.

Basınç(bar) / ortalama boy değişimi (mm)	PYK'nın ortalama boy değişimi (mm)	Kasılma durumunda ortalama boy değişimi (mm)	PYK'nın ortalama boy değişimi (mm)	Gevşeme durumunda ortalama boy değişimi (mm)	PYK'nın ortalama boy değişimi (mm)
0		0		0	
1		6.3333		12	
2		24		30	
3		35		39	
4		41		44	
5		45		46.3333	
6		48		48	

Tablodaki veriler kullanılarak Matlab programında Cftool ortamında ve fminsearch komutu kullanılarak eğri uydurma yöntemi ile en sade ve deneysel sonuçlarına en yakın denklem, ikinci dereceden polinom olarak bulunmuştur. Bu denklem kasılma ve gevşeme durumları için farklı katsayılar içermektedir. Denklem 1'de DMSP-20-200N RM-RM PYK'nın kasılma durumu için ve denklem 2'de de gevşeme durumu için bulunan denklemler verilmiştir. L, PYK'nın kısılma miktarını, p ise PYK'ya verilen basıncı temsil eder.

$$L(p) = -127.8055 * p^2 + 163.8994 * p - 4.4506 \quad (1)$$

$$L(p) = -177.9553 * p^2 + 188.8244 * p - 2.4542 \quad (2)$$

Gevşeme durumunun denklem sonucunun, deneysel veri sonucu ve katalog sonuçları ile kıyaslandığı tablo, tablo 2'de verilmiştir. Tablodan görüleceği üzere deneysel sonuçlar katalog ile birebir aynı çıkmamıştır. Bu durumun birçok nedeni olabilmektedir. Bunlardan bazıları deney düzeneğinde hava kaçağı olabilmesi, kauçuğun esneyebilen deformasyona uğrayabilen bir malzeme olması, katalogtaki verilerin gevşeme veya kasılma durumlarından hangisi için olduğunun belirtilmemesinden kaynaklı olabilir. Gevşeme durumu için deneysel veri ve denklem sonucu arasındaki ortalama hata oranı %6.09, katalog değeri ve gevşeme durumu için deneysel veri sonucu ortalama hata oranı da % 6.61 bulunmuştur.

Tablo 2. DMSP-20-200N RM-RM'nin Gevşeme Durumu İçin Katalog, Deneysel Ve Denklem Sonuçlarının Karşılaştırılması.

Basınç(bar) / PYK'nın boy değişimi (mm)	Katalog Sonucu	Deneysel Sonucu	Polinom Denklemi Sonucu
0	0	0	-2.4542
1	12	12	14.6487
2	32	30	28.1925
3	42	39	38.1771
4	48	44	44.6027
5	50	46.3333	47.4692
6	50	48	46.7765

3. AGONİST ANTAGONİST SİSTEMİN KONTROLÜ

Agonist antagonist kaslar birbirine zıt çalışır. Kaslardan biri kısılır ve şişerken diğeri uzar ve büzülür. Bu hareket sonucunda insanda kol ve bacaklardaki eklem hareketi oluşur. Örneğin kola ekstansiyon (Vücut kısımları arasındaki açının artırılması) hareketini yaptırmak için triceps kası (kolun arka yüzeyi) kasılırken tersini yapmak için antagonist olan biceps (kolun ön yüzeyi) kası kullanılır.

PYK ile agonist- antagonist sistemin kontrolü ile ilgili literatürdeki çalışmaların bazısında model tabanlı kontrol yaklaşımı benimsenirken bazısında modellenmenin karmaşıklığından ve zorluğundan kaçmak amacıyla modelden bağımsız kontrol yaklaşımının kullanıldığı görülmektedir. Model tabanlı yaklaşımın temel problemi, belirlenen modelin yalnızca o çalışma için geçerli olmasıdır. Model tabanlı kontrol kullanan bazı çalışmalar şunlardır:

Dinh ve arkadaşları kayan kip kontrolü kullanarak agonist- antagonist sistemin kontrolünü sağlamak için model bazlı çalışma yapmıştır. Model için önce tek bir PYK'nın çalışmasına göre gerçekte PYK'da var olmayan sanal benzetmeler ile üç elaman ile tanımladığı modeli kullanmıştır (Dinh vd., 2023).

Arrese ve arkadaşları hazırladıkları test düzeneği ile PYK'yı statik olarak tanımlamak istemişlerdir. Bu test düzeneğinde PYK'nın bir ucu sabit tutulup bir ucuna farklı ağırlıklar bağlanmıştır. Deneylerden ilki değişken hızlarda sabit bir yüke tabi tutulan PYK'nın kasılmanın ölçülmesinden oluşur. Diğer deney ise sabit hızlı PYK'ya farklı ağırlıklar bağlanarak kuvvet ölçülmesidir. Bulunana değerler ile denklem oluşturulmuş ve PID, Kayan kip kontrolü gibi kontrol çeşitleri kullanarak agonist- antagonist sistemin pozisyon kontrolünü yapmışlardır (Arrese vd., 2010).

3.1. PID Kontrolör

PID terimi İngilizce "Proportional" (oransal), "Integral" (integral), "Derivative" (türevsel) sözcüklerinin baş harflerinden oluşmuştur (Adıyan, 2012). Bu parametrelerin özellikleri şu şekildedir:

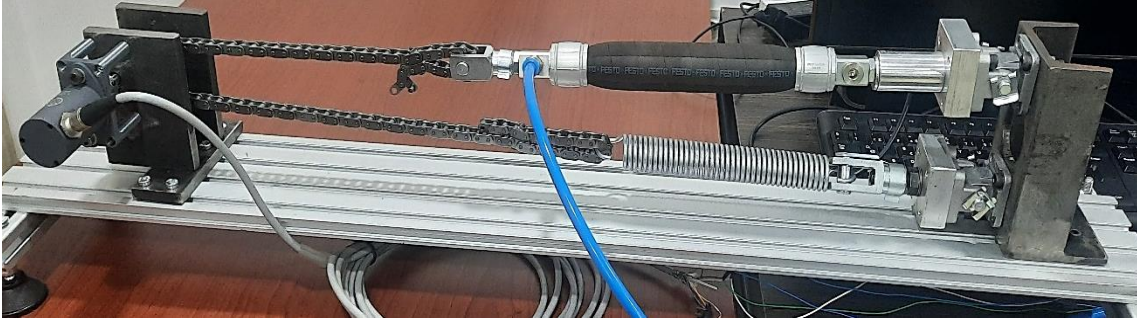
Oransal denetleyici, sistemin hızını artırır, ancak sürekli hal hatasını düzeltmede etkili değildir. İntegral denetleyici, sistemin sürekli hal hatasını düzeltir ancak geçici hal hatasını bozabilir. Türevsel denetleyici, sistemin kararlılığını artırır, aşımı azaltır ve geçici hal hatasını düzeltir (Adıyan, 2012).

PID parametrelerini ayarlamak için pek çok yöntem bulunur. Bunlardan bazıları manuel ayarlama, Ziegler-Nichols, Loop tuning yazılımları, Frekans yanıtı gibi yöntemlerdir. Agonist antagonist kas çiftini matematiksel olarak modellemek zor olduğundan modelden bağımsız manuel ayarlama yöntemi kullanılmıştır.

3.2. Tek PYK'lı Agonist-Antagonist Sistemin PID ile Konum Kontrolü Deneyi

Bu çalışmada amaçlanan agonist antagonist sistemi bir PYK ve bir yay ile modellemek ayrıca PID kontrolcü kullanarak manuel ayarlama yöntemiyle dirsek hareketinin konum kontrolünü gerçek zamanlı olarak yapmaktır. Şekil 2'de deney düzeneği verilmiştir. Deneyde DMSP-20-200N RM-RM PYK, yay, enkoder, basınç regülatörü, National Instrument Data Logger kartı ve Simulink uygulaması kullanılmıştır.

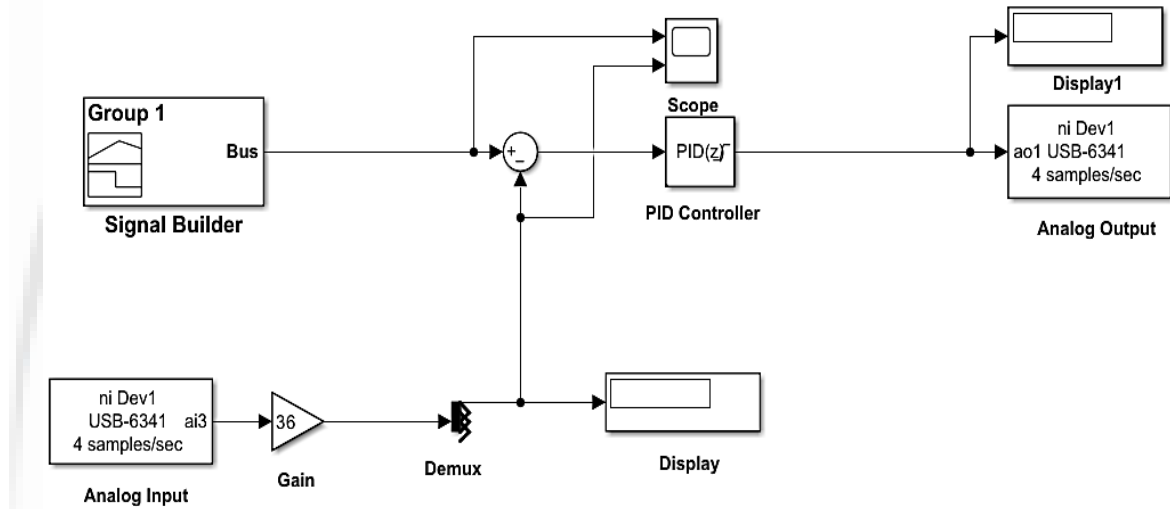
Şekil 2 Tek Pyk'lı Agonist-Antagonist Sistemin Kontrolü İçin Hazırlanan Deney Düzenegi.



| 19

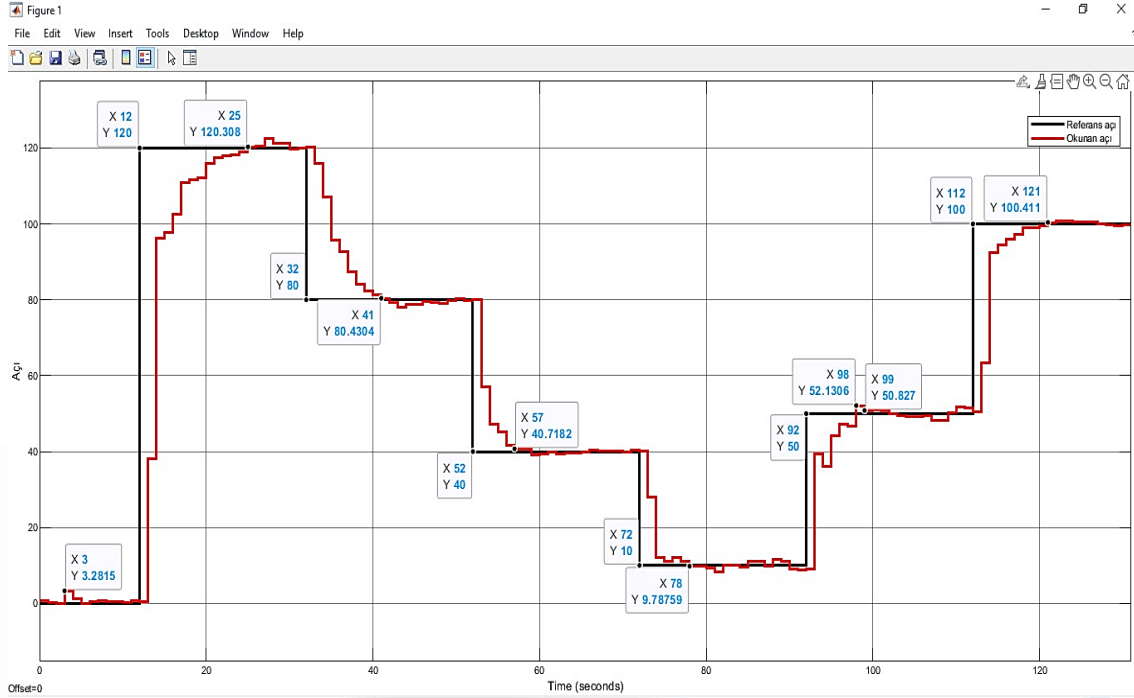
Simulink uygulamasında geri beslemeli PID kontrol devresi kurulmuştur. Tasarlanan devre Şekil 3'te verilmiştir. Devrede Analog input bloğu enkoderden gelen veriyi okumak için kullanılmıştır. Analog output bloğu ise basınç regülatörüne sinyal göndermek için kullanılmıştır. Signal Builder bloğu ile referans konum grafiği çizilmiştir. PID bloğu ile PID kontrol için katsayılar ayarlanmıştır. Sum bloğu ile referans konum ve analog input ile okunan veri birbirinden çıkarılmıştır. Gain bloğu ile enkoderden 0-10V arasında gelen veri açığa çevrilmek için çarpım olarak kullanılmıştır. Scope bloğu referans konum ve enkoderden okunan konum grafiğini karşılaştırmak için kullanılmıştır. Display bloğu ise anlık PID sinyalini ve konumu okumak için kullanılmıştır.

Şekil 3. Tek PYK'lı Agonist Antagonist Sistemin PID İle Konum Kontrolü İçin SIMULINK Programında Hazırlanan Deney Düzenegi.



PID parametreleri özellikleri dikkate alınarak deneysel olarak ($K_p=0.0275$, $K_i=0.02$ ve $K_d=0.005$) bulunmuştur. Ayırık zaman kontrol yapılmıştır. Örnekleme zamanı da sistemin hızı baz alınarak hesaplanmıştır. Basınç regülatörü saniyede bir değiştiğinden sistemin hızı 1 kabul edilmiştir. Nyquist-Shannon Örnekleme Teoremi'ne göre, örnekleme hızı, analog sinyaldeki en yüksek frekans bileşeninin en az iki katı olmalıdır, yani $2 \times f_{max}$ (Wright, 2024). Bu teoriye göre örnekleme zamanı en az 2 seçilmesi gerektiği görülmektedir. Yapılan deneyler ile optimum örnekleme zamanınının 4 olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'te enkoderden okunan değer referansa göre grafiği verilmiştir. Grafikteki veriler analiz edilerek yükselme zamanı, aşım ve sürekli zaman hatası hesaplanmıştır.

Şekil 4. Referans Konuma Göre Enkoderden Okunan Konumun Davranış Grafiği.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

PYK'nın statik karakteristik denklemi bulunmak istendi ve bunun için deney düzeneği hazırlandı. Deney ile amaçlanan PYK'ya verilen basınca göre kastaki kısalma miktarının denklemini bulmaktı. Matlab ortamında hem fminsearch komutu ile hem de cftool ortamında eğri uydurma yöntemi ile başarılı bir şekilde deney sonucuna uygun ikinci dereceden polinom denklemi bulundu. Deney sonucu katalog değerleri ile karşılaştırıldı ve aynı olmadığı görüldü. Bu durumun nedenleri ise; deney düzeneğinde hava kaçağı olabilmesi, kauçuğun esneyebilen deformasyona uğrayabilen bir malzeme olması ve PYK'nın sadece gevşeme durumu için karşılaştırma yapılmasıdır.

Tek PYK'lı agonist- antagonist sistemin kontrolü yapılmak istendi. Bunun için bir PYK ve bir yay kullanılarak PID kontrol ile MATLAB/SIMULINK ortamında gerçek zamanlı olarak konum kontrolü sağlanmak istendi. Deney düzeneği kuruldu ve modelden bağımsız deneysel olarak PID katsayıları bulundu. Farklı değerler üreten bir referans oluşturuldu ve enkoderin bu değerdeki değişime göre davranışı gözlemlendi. Katsayılar neticesinde enkoderin ortalama 9 saniyede referans değere ulaştığı görüldü. Aşımın sifıra çok yakın olduğu ve maksimum aşımın %11 olduğu tespit edildi. Sürekli zamanda sürekli zaman hatasının tamamen sıfır olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni ise PYK'daki kauçuk malzemesinin zamanla genişlemesinden kaynaklıdır.

Özetle, deney sonuçlarına göre, modelden bağımsız PID kontrolü, agonist- antagonist sistemin konum kontrolünde basit ve etkili bir çözüm olduğu görülmektedir. Modelden bağımsız kontrol etkili ve basit bir yöntemdir ancak PID katsayılarının deneysel yöntemle bulunması uzun süren bir işlemdir. Bu yüzden zamandan tasarruf ve sistem dinamiğine en uygun katsayıları bulmak için bulanık mantık ya da yapay zeka tabanlı sistemlerin kullanılması PYK'ların lineer olmayan davranışlarını göz ardı etmemizi sağlayabilir.

5. SİMGELER VE KISALTMALAR

MATLAB	: Matrix Laboratory
PAM	: Pneumatic artificial muscle
PID	: Proportional, Integral, Derivative
PYK	: Pnömatik yapay kas

Kd	: Türev katsayısı
K ₁	: İntegral katsayısı
K _p	: Oransal katsayısı
P	: Basınç [bar]
L	: PYK'nın kısalma miktarı [mm]

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. [Hibe numarası 122M619].

KAYNAKÇA

- ADİYAN, A. (2012). Sıvı seviye kontrolü için scada sistem tasarımı, Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi
- ARRESE, A. P., LANDALUZE, J., ARENAS, J. (2010). Modelling in Modelica and position control of a 1-DoF set-up powered by pneumatic muscles, ReserchGate. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2010.05.002>
- DAERDEN, F., & LEFEBER, D. (2002). "Pneumatic artificial muscles: actuators for robotics and automation", European journal of mechanical and environmental engineering, 47(1): 11-21.
- DİNH, V. V., MAİ, D. H., DUONG, M. D. AND DAO, Q. T. (2023). "Prescribed Performance Function Based Sliding Mode Control of Opposing Pneumatic Artificial Muscles to Enhance Safety", Journal of Applied Science and Engineering, Vol. 27, No 2, Page 2117-2126. [http://dx.doi.org/10.6180/jase.202402_27\(2\).0013](http://dx.doi.org/10.6180/jase.202402_27(2).0013)
- FESTO. (2005). Fluidic Muscle DMSP/MAS Catalog, pp 9. FESTO Inc., Germany.
- TARHAN, H., BASAR, H., B. (2006). Pnömatik Yapay Kaslı Konum Kontrolü, Bitirme Tasarım Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Wright, G. (2024). "Nyquist theorem" TechTarget. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/Nyquist-Theorem>

Makale id= 35

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4479-2030

| 22

4-Fenilbenzonitril Molekülünün Solvatokromik ve Elektronik Özelliklerinin İncelenmesi

Araştırmacı Gülşen Pirbudak Altıntaş¹, Prof.Dr. Yadigar Gülseven Sıdır¹
¹ Bitlis Eren Üniversitesi

*Corresponding author: Gülşen Pirbudak Altıntaş

Özet: Sıvı kristaller görüntüleme teknolojisi başta olmak üzere farklı alanlarda kullanılabilen bileşiklerdir. Bu çalışmada bifenil karbonitril yapısına sahip sıvı kristal bileşiğin elektronik, fotofiziksel ve solvatokromik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. 4F (4-fenilbenzonitril) molekülü UV-absorbans ve floresans spektrumları, farklı polaritelere sahip 24 farklı çözücü içerisinde oda sıcaklığında ölçülmüştür. Çalışılan bileşiğin elektronik absorbans ve floresans spektrumları yorumlanarak hem molekül içi hem de moleküller arası etkileşimler araştırıldı. 4F'nin absorpsiyon spektrumlarından, aromatik halkalardaki konjugasyondan kaynaklanan $\pi-\pi^*$ elektronik geçişleri, -N=N- köprüsü ve benzen halkaları arasındaki konjugasyondan kaynaklanan $\pi-\pi^*$ elektronik geçişler ve ek olarak elektronik absorbans spektrumundaki son band çözünen ve çözücü arasında gerçekleşen moleküller arası yük transferi olarak yorumlanabilir. Elektronik geçiş çözücü etkisi tartışılmıştır.

Bu çalışmada çözücü-çözünen etkileşimlerini analiz etmek için lineer çözünme enerji ilişkisi (LSER) yöntemi kullanılmıştır. 4F molekülünün LSER'in belirlenmesi için, dipolarite/polarizebilite, hidrojen bağ akseptör ve donör parametreleri kullanılarak, elektronik geçiş mekanizması için LSER denklemi oluşturularak incelendi.

4F sıvı kristal molekülün, dipol momentleri moleküler elektrostatik potansiyeli (MEP), atomik yükleri, çözücü kabul yüzeyi (SAS), yasak enerji aralığı ($E_{LUMO}-E_{HOMO} = \Delta E$), HOMO (En yüksek dolu orbital) ve LUMO (En düşük boş orbital) şekilleri Yoğunluk fonksiyon teorisi kullanarak bulundu.

Anahtar Sözcükler: LC, Solvatokromizm, LSER, HOMO, LUMO.

Investigation of Solvatochromic and Electronic Properties of 4-Phenylbenzonitrile Molecule¹

Abstract: Liquid crystals are compounds that can be used in different areas, especially display technology. In this study, the electronic, photophysical and solvatochromic properties of the liquid crystal compound with the biphenyl carbonitrile structure were investigated in detail. UV-absorbance and fluorescence spectra of 4F (4-phenyl benzonitrile) molecule is measured at room temperature in 24 different solvents with different polarities. Both intra- and inter-molecular interactions is investigated by interpreting the electronic absorbance and fluorescence spectra of 4F molecule. From the absorption spectra of 4F, $\pi-\pi^*$ electronic transitions resulting from conjugation in aromatic rings, $\pi-\pi^*$ electronic transitions resulting from conjugation between the -N=N-bridge and benzene rings, and additionally the last band in the electronic absorbance spectrum can be interpreted

* The authors would like to thank Bitlis Eren University for supporting the BEBAP 2021.06 project.

as intermolecular electron transfer occurring between solute and solvent molecules. The solvent effect on the electronic transition is discussed.

In this study, the linear solvation energy relationship (LSER) method was used to analyze solvent-solute interactions. To determine the LSERs of the 4F molecule, dipolarity/polarizability, hydrogen bond acceptor and donor parameters were examined by creating the LSER equation for the electronic transition mechanism.

The dipole moments, molecular electrostatic potential (MEP), atomic charges, solvent acceptance surface (SAS), forbidden energy gap ($E_{LUMO}-E_{HOMO} = \Delta E$), HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) and LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) shapes of the 4F liquid crystal molecule have been founded by using density functional theory.

Keywords: LC, solvatochromism, HOMO, LUMO.

1.Giriş

Sıvı kristaller; uzun çubuksu yapıdaki moleküller olup, doğada katı ve sıvı fazlar arasında bir ara faz olarak gözlemlenebilen kimyasal maddelerdir. Sıvı kristaller; genellikle çubuk şeklindeki moleküllerin belirli bir yöndeki dizilimiyle oluşurlar [1]. Sıvı kristallerin bu dizilişleri elektrik, manyetik veya mekanik güç kullanılarak değiştirilebilir. Moleküllerinin bu belirli yöndeki dizilişlerinin bir fonksiyonu olarak dışarıdan bir elektrik akımı ile uyarıldığında üzerinden geçen ışığın özelliğini değiştirme özelliğine sahiptir. Bu özelliklerine dayanılarak günümüzde ışık geçirgenliği ayarlanabilir pencerelerin yanı sıra televizyon, telefon, tablet bilgisayarlar, yazılabilir elektronik tablet ve elektronik kitap gibi dokunmatik ekranlı cihazlarda LCD ekran ismiyle önemli bir yer işgal eder.

Yüksek dipol momentli bileşikler, sıvı kristal fazında ortaya çıkan yüksek, kütleli dielektrik anizotropi, uygulanan bir elektrik alanına büyük bir yanıt sağladığı için elektro-optik ekranlar için kritik bileşenlerdir. Dolayısıyla deneysel olarak elektrik dipol moment değerlerinin bulunması elektronik yapıları farklı olan sıvı kristal moleküllerinin yapılarının aydınlatılmasında önem arz etmektedir. Bu nedenle bu çalışmada solvatokromizm çalışılması önem arz etmektedir. Kamlet-Taft ve Catalán parametreleri spesifik ve spesifik olmayan çözücü-çözünen etkileşimlerini tanımlamak için en popüler solvatokromik yöntemlerdendir [17-26]. Bu etkileşimler sonucunda meydana gelen solvatokromik kaymalar, özellikle farklı polaritelerdeki temel ve uyarılmış durumlar arasındaki enerji band aralığının değişmesinden kaynaklanır ve çözücü polaritesindeki bir değişiklik, bu elektronik durumların farklı stabilizasyonuna yol açar. Sonuç olarak, çözücü-çözünen etkileşimleri molekülleri arasındaki spesifik etkileşimler, dalga boyu, yoğunluk ve absorpsiyon şekli ve floresans spektrumunda değişikliklere neden olur. Değişiklikler optik uyarım altındaki moleküllerin elektronik yapısı, oluşturulan LSER kullanılarak analiz edilir [17-26]. Çözücü-çözünen etkileşimleri Kamlet-Abboud-Taft (KAT) ve Catalán parametreleri kullanılarak çoklu lineer regresyon analizi kullanılarak, Lineer çözünme enerji ilişkisi (LSER) ile belirlenebilir [17-26]. Çalışmamızın bu aşamasında moleküllerin çözücü-çözünen etkileşimlerini analiz etmek için LSER yöntemi kullanılmıştır.

Deneysel yöntemler genellikle molekülün toplam dipol momenti hakkında bilgi verirler. Fakat yük dağılımları hakkında bilgi vermezler. Sonuçta deneysel yöntemlerle lokal elektrostatik etkileri açıklamak asla mümkün değildir. Bu nedenle deneysel sonuçlara ek olarak kuantum kimyasal hesaplamalar kullanılarak incelenen molekülünün moleküler yapısı ve elektronik yapısı B3LYP/6-311G++(d,p) temel seti kullanılarak DFT/B3LYP teorisi ile taban durumunda hesaplanarak ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Floresans ve ışığın seçici absorbanası gibi organik boyalarda gözlenen optik fenomenler, farklı bilim ve teknoloji alanlarındaki araştırmaların dikkatini çekmektedir. Çeşitli sensörlerde kullanılan malzemelerin optik özellikleri optoelektronik uygulamalarda önemli bir role sahiptir. Optoelektronik özellikler sıvı kristal moleküllerinin ışık altındaki kırılma indisleri ve yasak bant parametreleri, optik olarak uyarılan molekülün üzerine gelen ışığın molekül içinde gelme açısı, geçiş açısı tayin edilmesinde önemli bir parametredir. Sıvı kristal moleküllerinin, elektronik yapıları özel olduğu için optoelektronik özellikler incelenmelidir. Ayrıca, malzemelerin atomik polarizabilitesi ve dielektrik sabiti gibi elektronik yapı özellikleri kırılma indisine bağlı olarak belirlenir ve enerji bant aralığı kullanılarak hesaplanabilir.

Böylece bu çalışmada 4F sıvı kristallinin elektronik absorbans ve floresans geçişleri deneysel yöntemlerle incelenerek, solvatokromik ve optoelektronik özellikleri, taban ve uyarılmış durum elektrik dipol momentleri yarı kuantum mekaniksel yöntemlerle bulunmuştur. Kuantum kimyasal hesaplamalar ile moleküler elektrostatik potansiyeli (MEP), atomik yükleri, çözücü kabul yüzeyi (SAS), yasak enerji aralığı ($E_{LUMO}-E_{HOMO} = \Delta E$), HOMO (En yüksek dolu orbital) ve LUMO (En düşük boş orbital) gibi elektronik yapı hesaplamaları ile DFT/6-311++G(d,p) metot ve temel seti ile bulunmuştur.

2. Metot

2.1. Deneysel Materyal ve Metot

İncelenen sıvı kristal molekülü yaklaşık olarak 6.9×10^{-5} M olarak hazırlandı. Kullanılan çözücüler %99,9 saflıkta ve spektroskopik grade olup, Sigma-Aldrich firmasında alındı. (n-Heptan n-Hekzan, Sikloheksan Dimetil Formamid (DMF), Dimetilsulfoksit (DMSO), Tetrahidrofuran (THF), Metanol, Aseton, Etil asetat, 1,4-Dioksan, n-Butil asetat, o-Ksilen, Dietyl eter, Diklorometan (DCM), Toluen, Benzen, Kloroform, Asedik asit, Asetonitril, Etanol, 1-Butanol, 1-Oktanol, Etilen glikol, Su). 1 cm kalınlığına sahip kuartz hücre içerisindeki örneklerin elektronik absorpsiyon spektrumları UV- Perkin Elmer Lambda-35 UV-Vis spektrofotometre’de (200-700 nm’de) oda sıcaklığında ölçüldü. Aynı çözeltilerin elektronik emisyon spektrumları Perkin Elmer LS-55 Floresans spektrometre’de oda sıcaklığında ölçülmüştür.

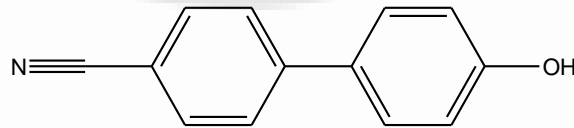
Ayrıca moleküllerin çözücü-çözünen etkileşimlerini analiz etmek için LSERs yöntemi kullanılmıştır. Çözücü-çözünen etkileşimleri Kamlet-Taft ve Catalán parametreleri ile niteliksel olarak incelenmiştir. Taban durumunda elektrik dipol momentleri Bilot-Kawski, uyarılmış elektrik dipol momentleri Bilot-Kawski, Lippert-Mataga, Bakhsiev ve Kawski-Chamma-Viallet metotları ile hesaplanmıştır.

2.2. Teorik Materyal ve Metot

Çalışmamızda incelenen moleküllerinin moleküler yapısı ve elektronik yapısı B3LYP/6-311G++(d,p) temel seti kullanılarak DFT/B3LYP teorisi ile taban durumunda hesaplanarak ve deneysel sonuçlarla karşılaştırıldı. Bu hesaplamalarda Gaussian09W ve GaussView5.0 paket programları kullanıldı.

2.3. İncelenen Molekül

Bu çalışmada polar grup olarak nitril içeren 4F molekülünün çekirdek yapısı, birbirine doğrudan bağlı iki benzen halkasıdır. Sıvı kristallerde genelde bir uç gruplar kullanılır. Çok sayıda değişik uç grup kullanılmasına karşın en önemli olanları, küçük ve polar bir sübstitüent gibi uzun ve düz bir hidrokarbon zinciridir. Yapılan literatür çalışmasında benzer moleküllerin solvatokromik geçişleri incelendiğinde güçlü absorbans ve floresans özellik gösterdiği görülmüştür [3].



Şekil 1. 4-fenilbenzonitril (4F)

3. BULGULAR

3.1.4-Fenilbenzonitril (4F) Molekülü Absorpsiyon ve Floresans Spektrumuna Çözücü Etkisi

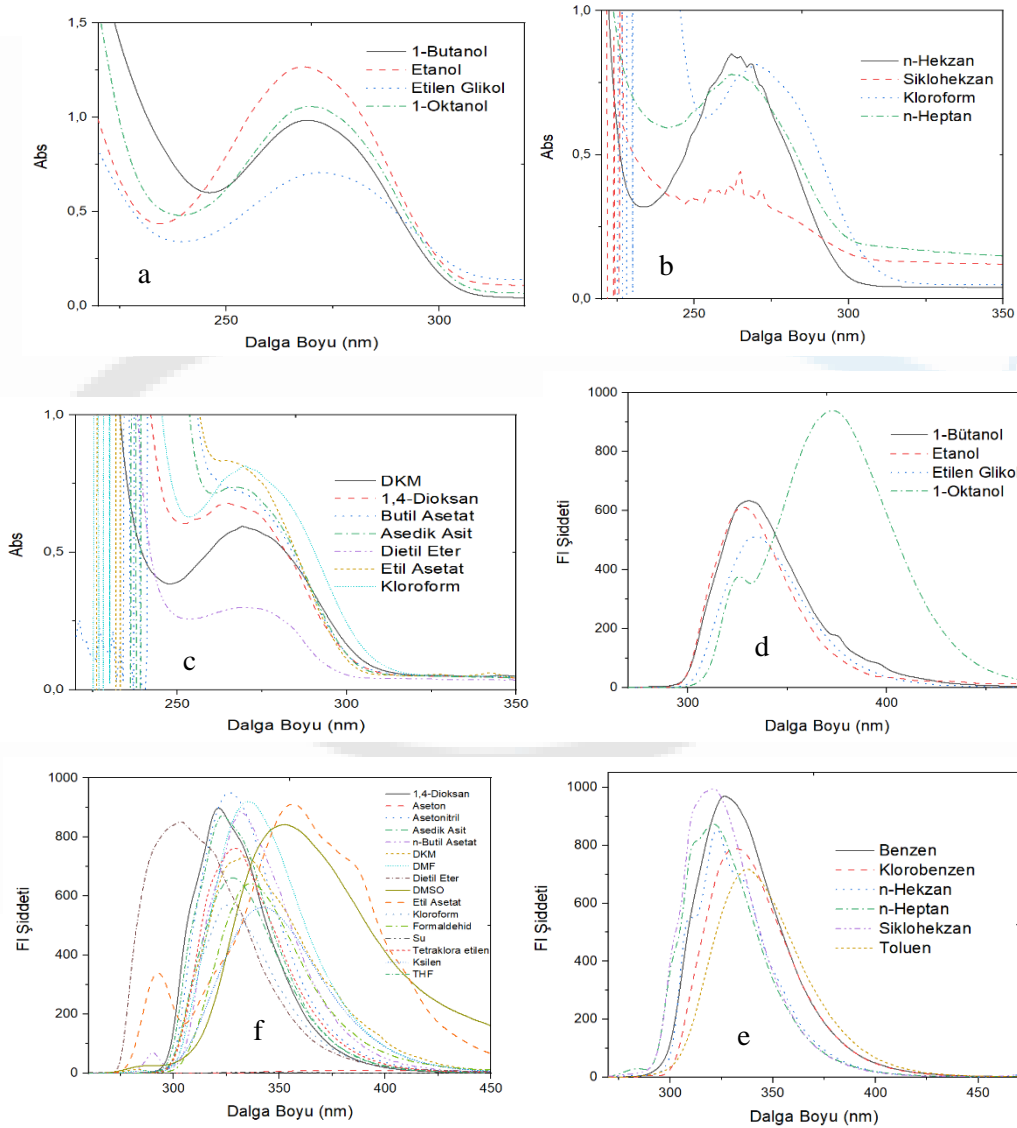
Şekil 2’de 4F molekülünün farklı çözücü ortamlarında yani polar protik, polar olmayan ve aprotik polar absorbans ve floresans spektrumları görülmektedir. Tablo 1’de 4F molekülünün absorbans ve floresans spektrumlarında gözlenen maksimum dalga boyları listelenmiştir.

Şekil 2’de polar protik çözücülerde 4F molekülü için absorpsiyonun maksimum değeri 273 nm olarak bulunmuştur. Şekil 2’den görüldüğü gibi, polar protik çözücülerde dikkat edildiğinde bu değerler 300 nm değerine doğru azalmaktadır. Polar olmayan çözücülerde 4F molekülü için absorpsiyonun maksimum değeri 280 nm olarak bulundu. Polar olmayan çözücülerde ölçülen bu değerler 300 nm

değerine doğru azalmaktadır. Polar aprotik çözücülerde 4F molekülü için absorpsiyonun maksimum değeri 307 nm olarak bulundu.

Bu çalışmada incelenen 4F sıvı kristallerin yapısına dikkat edilirse azot üzerinde ortaklanmamış elektron çiftinden dolayı $n-\pi^*$ geçişi ve oksijen üzerinde ortaklanmamış elektron çiftlerinden dolayı $\pi-\pi^*$, $n-\sigma^*$ geçişleri gözlenir. Ayrıca, aromatik halkadan dolayı da $\pi-\pi^*$ geçişleri gözlenebilir. 150-250 nm dalga boyu aralığında genellikle $n-\sigma^*$, 250-450 nm dalga boyu aralığında da $\pi-\pi^*$ geçişleri gözlenir [5].

Tablo 1'de görüldüğü üzere çözücülerde genel olarak tek band gözlenmiştir. Bu durum, aromatik halkalardaki delekolizasyon, sıvı kristal sistemindeki elektronik geçiş ve sıvı kristal ile aromatik halkaları arasındaki konjugasyondan doğan elektronik geçiş $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişine karşılık gelir. Başka bir ifadeyle, 4F molekülünde gözlenen band 224-297 nm (5.53-4.17eV) ortaklanmamış elektron çiftlerinden dolayı $n-\sigma^*$ geçişleri gözlenir. Ayrıca aromatik halka arasında güçlü molekül içi hidrojen bağına bağlı $n \rightarrow \pi^*$ geçişine karşılık gelir.



Şekil 2. 4F sıvı kristalinin farklı çözücü ortamındaki absorbans spektrumları a) Polar protik çözücüler, b) Polar olmayan çözücüler, c) Polar aprotik çözücüler, 4F sıvı kristalinin farklı çözücü ortamındaki floresans spektrumları d) Polar protik çözücüler, e) Polar olmayan çözücüler, f) Polar aprotik çözücüler.

Tablo 1. 4F'nin UV spektrumunda ve PL spektrumunda gözlenen dalga boyları (λ), molar absorptivite (ϵ) ve dalga boyları λ_{PL} (nm) ve frekansları ν (cm^{-1}) değerleri.

Çözücü	λ_{abs}	λ_{PL1}
n-Heptan	262	321
n-Hekzan	265	323
Sikloheksan	201	321
1,4-Dioksan	270	321
Benzen	290	327
Toluen	297	337
o-Ksilen	296	342
Dietileter	274	303
Kloroform	270	325
EtilAsetat	267	336
n- Butilasetat	270	332
Asedik asit	268	328
THF	280	323
DCM	269	334
1-Oktanol	270	300
1-Butanol	271	330
Etanol	269	328
Metanol	224	336
DMF	268	335
Asetonitril	238	326
Etilen glikol	270	334
DMSO	273	353
Su	270	338

4F'nin farklı çözücüler içerisinde floresans spektralleri Şekil 2'de verilmiştir. 4F'nin moleküllerinin emisyon özellikleri farklı polaritelerde ölçülmüştür. Çeşitli polaritelerin çözücülerini genellikle moleküllerin absorpsiyon ve emisyon davranışı üzerine etki gösterir. 4F'nin floresans spektrumunda artan çözücü polaritesinde batokromik kayma gözlenir. Polarite arttıkça absorpsiyon bandının dalga boyu daha yüksek bir değere doğru kayar. Batokromik kaymayı gösterir. Bu elektronik geçiş molekül içi uyarılmış durumun bir sonucu olabilir. Başka bir ifade ile elektronik geçiş, uyarılmış durumdaki molekül içi proton transferinin bir sonucu olabilir. Polarite arttıkça bu geçişin enerjisi de artar. Tablo 1'de 4F için floresans spektrumu λ_{PL} (nm) ve frekansları ν (cm^{-1}) verilmiştir. İncelenen çözücülerdeki floresans spektrumunda oluşan band azot (N) ile aromatik halkaları arasındaki konjugasyondan doğan elektronik geçiş $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişine karşılık geldiği gözlenmiştir. 4F DMSO çözücüsü ile elde edilen numune için 353 nm (3.51 eV) olarak ölçülmüştür.

3.2. 4F (4-fenilbenzonitril) Molekülünün Solvatokromik Yöntemlerle Hesaplanması

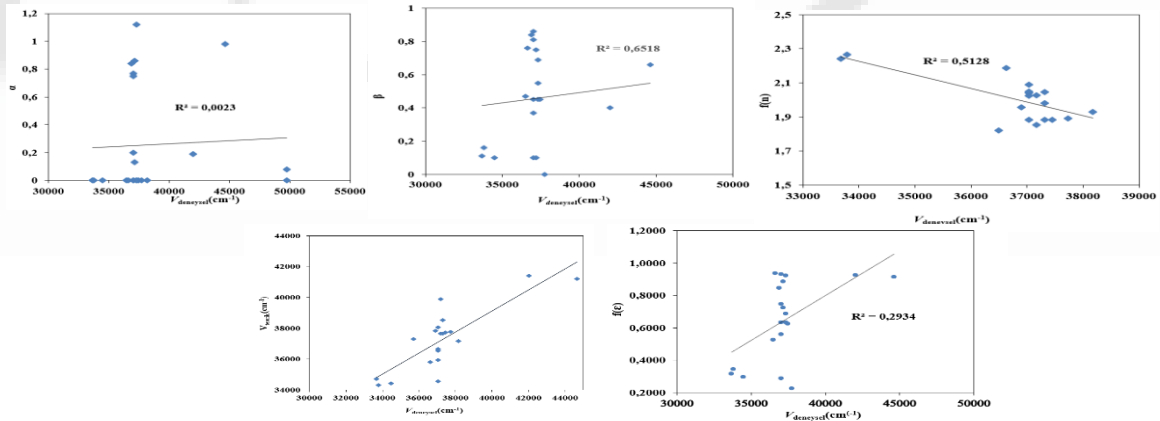
4F absorbans için KAT parametreleri kullanılarak çözücü-çözünen etkileşimleri incelenmiştir. 4F'nin KAT parametresi kullanılarak elde edilen korelasyon grafiklerinde genel etkileşimlerin olduğu görülmüştür. Şekil 3'de 4F için çoklu lineer regresyon analizinde bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir ($R^2=704$). 4F için, hidrojen bağ donör (α) ve elektronik polarizabilite ($f(n)$) ile ν_{deneysel} (cm^{-1}) uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Ancak aromatik halkalardan kaynaklanan $\pi-\pi^*$ geçişlerinde β (hidrojen bağ akseptör) ve dielektrik katsayısı $f(\epsilon)$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır. LSERs denklemi [17-24];

$$\nu_{\text{deneysel}} = C_0 + C_1 f(n) + C_2 f(\epsilon) + C_3 \beta + C_4 \alpha \quad (1)$$

4F'nin absorbans spektrumu için KAT parametresi kullanılarak elde edilen LSER modeli [2,4-11];

$$\begin{aligned} \nu_{\text{deneysel}} &= 45110.31 - 38901.0f(n) + 4399.24f(\epsilon) - 2444.54\beta - 380.60\alpha \\ R &= 0.839; R^2 = 0.704; F = 8.320; P = 0.001, n = 19 \end{aligned}$$

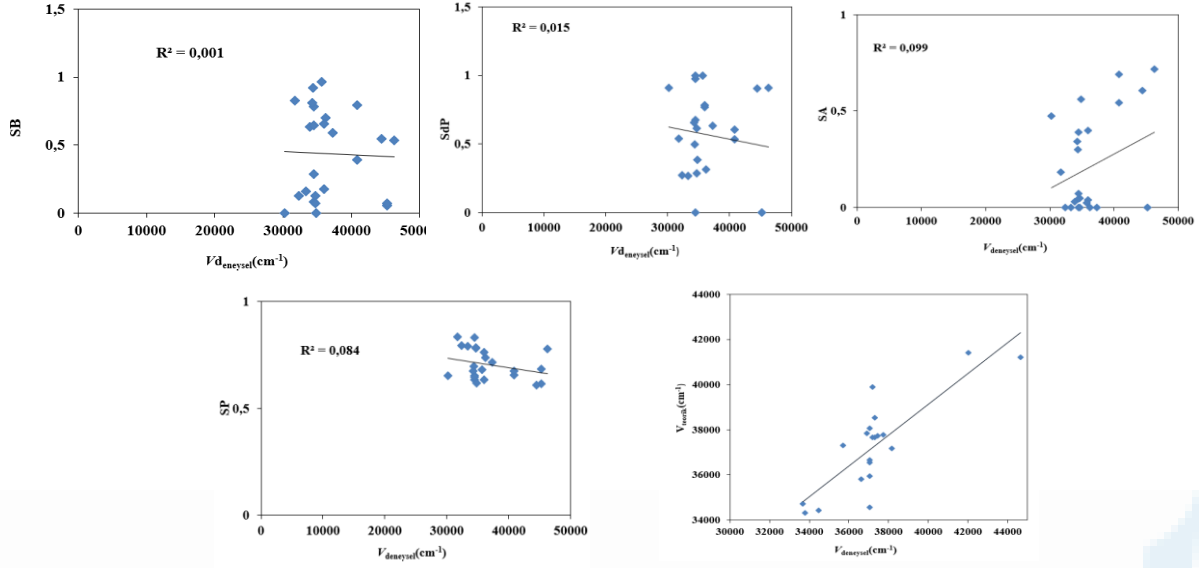
Burada C_0 molekülün gaz fazdaki soğurma maksimum değerini gösterir [2,4-11]. C_1 'in katsayısı negatif olduğu için maksimum absorbans bandında batokromik kayma meydana geldiği söyleyebiliriz. $|C_2|$ değerinin $|C_1|$ 'den büyük olması incelenen $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte yönelmiş indüksiyon etkileşiminin kuvvetlerinin $f(\epsilon)$, dispersiyon-polarizasyon katkısı olan $f(n)$ 'nin katkısından fazla olduğunu gösterir. $|C_4|$ 'ün $|C_3|$ 'den fazla olması demek ortamın H-bağı yapmama isteğinin, yapma isteğinden fazla olduğunu göstermiştir. Orbitaler arasındaki enerji farkı pozitif solvatokromizm (batokromik etki gerçekleşirken) azalırken, negatif solvatokromizm (hipsokromik etki) de bu fark artar. KAT parametresi absorbans spektrumunda 4F molekülünde batokromik kayma görüldüğünden orbitaler arasındaki enerji farkının azaldığı söylenebilir.



Şekil 3. 4F'nin maksimum absorbans geçiş frekansına karşı KAT parametrelerinin korelasyonu.

Diğer bir solvatokromik metot ise Catalán parametreleri kullanılır [25,26].

$$\nu_{\text{deneysel}} = C_5 + C_6 SP + C_7 SdP + C_8 SA + C_9 SB \quad (2)$$



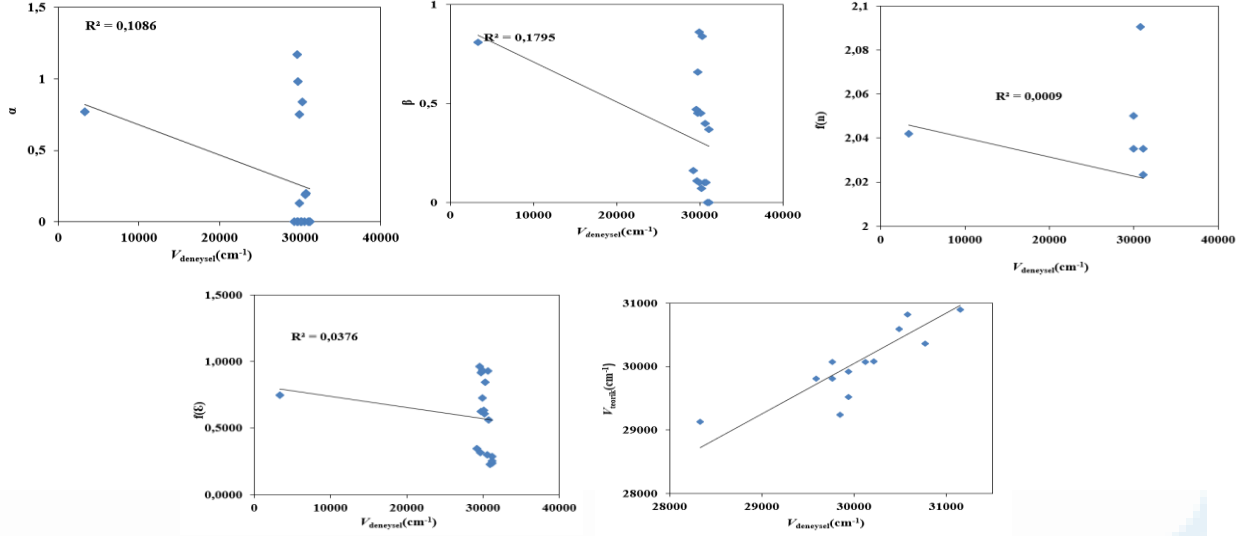
Şekil 4.4F'nin maksimum elektronik geçiş frekansına karşı Catalán parametrelerinin korelasyonu.

Şekil 4'de 4F için absorbands spektrumu Catalán parametresine göre bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon ($R^2=0.704$) grafiği verilmiştir. 4F için absorbands spektrumu, *SdP* ve *SP* çözücü dipolarite/polarizibilite fonksiyonu ile $\nu_{deneysel}$ (cm⁻¹) frekansı arasında, *SA* çözücü hidrojen bağı akseptör ya da asidikliği, *SB* ise hidrojen bağı donör veya baziklik ile $\nu_{deneysel}$ (cm⁻¹) arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır. 4F için absorbands için Catalán parametresi [25,26];

$$\nu_{deneysel} = 54721.42 - 27109.4SP + 5203.53SdP - 501.82SA - 2451.15SB$$

$$R=0.839; R^2=0.704; F=8.914; P=0.001; n=20$$

Catalán parametresine göre; $|C_5|$ gaz fazındaki maksimum soğurma değeri 54721,42 olarak görülmüştür. *SP* parametresinin katsayısı çözücü polarizibilite ve *SdP* çözücü dipolarite ile korele edilebilmektedir. C_6 katsayısı negatif (-) olduğu için batokromik etki meydana gelmektedir. $|C_7| > |C_6|$ olduğundan çözücünün dipolaritesinin, çözünen bileşiklerin elektronik yapı değişikliğine yol açtığını söyleyebiliriz. Catalán parametresinin elektronik geçişler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu göstermektedir. $|C_9|$ değerinin $|C_8|$ 'den büyük olması ise incelenen $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte hidrojen bağı donör yani bazikliğin daha fazla olduğunu göstermiştir. C_6 değerinin negatif değerde olması ise 4F molekülünde pozitif solvatokromizm olduğunu göstermektedir. Bu durumda moleküldeki kromofor'un kararsız olduğu söylenebilir. İncelenen çözücüler içerisinde Dietil eter ve su dahil edilmemiştir.



Şekil 5. 4F'nin maksimum floresans geçiş frekansına karşı KAT parametrelerinin korelasyonu.

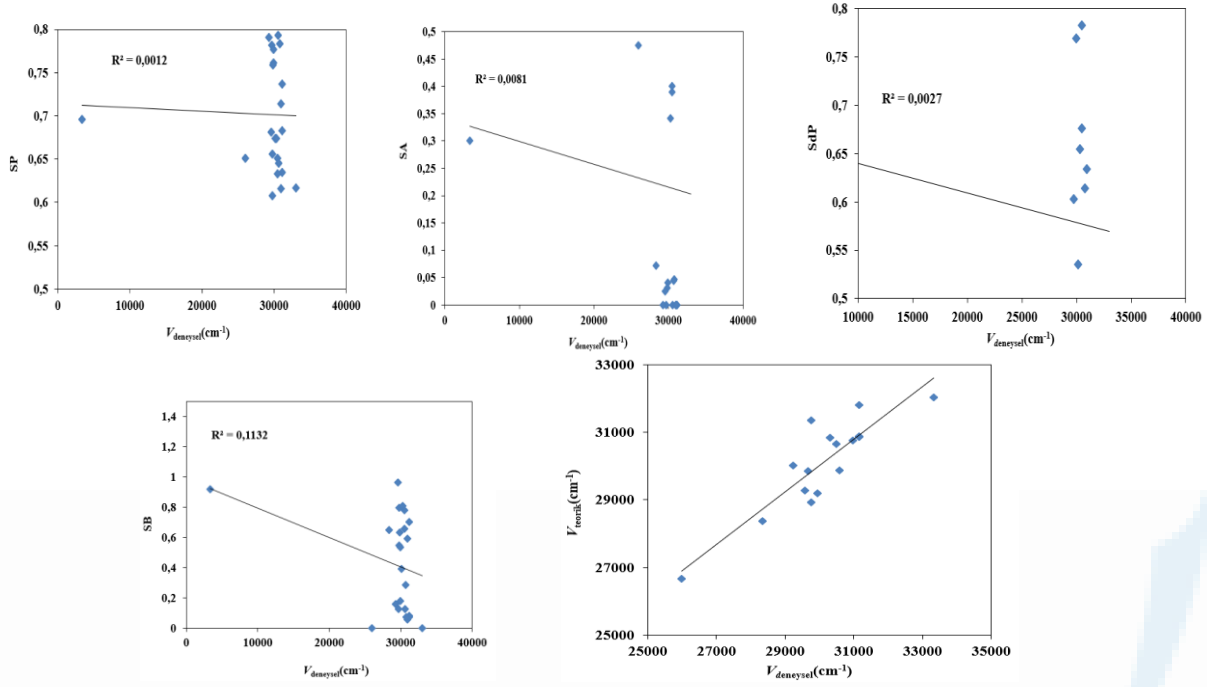
4F Floresans İçin Kamlet-TAFT parametreleri kullanılarak çözücü-çözünen etkileşimleri incelenmiştir. Şekil 5'de 4F için floresans spektrumunda, çoklu lineer regrasyon analizinde bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir ($R^2=0,793$). 4F için, $f(\epsilon)$ (dielektrik fonksiyonuna), hidrojen bağ donör (α), β (hidrojen bağ akseptör) ve elektronik polarizabilite $f(n)$ ile $V_{deneysel}(cm^{-1})$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır.

4F 'nin floresans spektrumu için Kamlet-Taft parametresi kullanılarak elde edilen LSERs modeli [17-24];

$$v_{exp}=32302.83-293.20f(n)-2490.35f(\epsilon)-245,17\beta+459,79\alpha$$

$$R=0.890; R^2=0.793; F=10.517; P=0.001 n=16$$

Ayrıca floresans spektrumunu hesaplayabilmek için, Kamlet-Taft solvatokromizm (Denklem 1) kullanılmıştır. 4F'nin çoklu lineer regrasyon analizi kullanılarak elde edilen floresans spektrumu solvatokromizm katsayıları hesaplanarak verilmiştir. Burada C_0 molekülün gaz fazdaki floresans maksimum değerini gösterir. C_1 katsayısı negatif olduğu için maksimum floresans bandında batokromik kayma meydana geldiğini söyleyebiliriz. $|C_2|$ değerinin $|C_1|$ 'den büyük olması incelenen $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte yönelmiş indüksiyon etkileşiminin katkısından ($f(\epsilon)$) dispersiyon-polarizasyon ($f(n)$), kuvvetlerinin katkısından fazla olduğunu gösterir. $|C_4|$ 'ün $|C_3|$ 'ten fazla olması demek ortamın H-bağı yapmama isteğinin yapma isteğinden fazla olduğunu göstermiştir. İncelenen çözücüler içerisinde (Toluen, Ksilen, Dietil eter, 1-oktanol, 1-butanol, aseton, metanol, asetonitril yok.) 4F'nin floresans spektrumu, $\pi-\pi^*$ geçişlerinin çözücü polaritesi arttıkça düzensiz olarak batokromik kayma meydana geldiği görülmüştür. 4F için floresans için Catalán parametresi; Şekil 6'da Catalán parametresine göre bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir ($R^2=0,779$). 4F için, SP çözücü polarizabilite fonksiyonun, SdP çözücü dipolarite, SA çözücü hidrojen bağı akseptör ya da asidikliği, SB ise hidrojen bağı donör veya baziklik ile $V_{deneysel}(cm^{-1})$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır.



Şekil 6.4F'nin floresans spektrumu Catalán parametrelerinin frekansına karşı, $V_{deneysel}(cm^{-1})$ frekans grafiği.

Şekil 6'da 4F için floresans spektrumunda, çoklu lineer regrasyon analizinde bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir. Catalán parametresine göre 4F molekülünün floresans spektrumu denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır. 4F'in Catalán parametresine göre analiz sonuçları bulunarak katsayılar yerleştirilmiştir. 4F'nin floresans spektrumu için Catalán parametresi kullanılarak elde edilen LSERs modeli [25-26];

$$v_{exp}=29632.74+1440.18SP-5017.70SdP+1385.75SA+3797SB$$

$$R=0.883; R^2=0.779; F=9.709; P=0.001 n=16$$

4F' nin Catalán parametresine göre C6 (-) ise negatif ise batokromik etkiye, (+) olduğunda ise hipsokromik etki meydana gelmektedir. Burada C6 değeri pozitif olduğundan hipsokromik etki meydana gelmiştir. |C9| değerinin |C8|'den büyük olması ise incelenen çözücülerde $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte hidrojen bağı donör yani bazikliğin daha fazla olduğunu göstermiştir (Dietil eter, kloroform, THF, asetonitril yok).

3.3. 4F Molekülü için Dipol Moment Tayini Hesapları

Denklemdaki V molar hacim ve DFT-B3LYP/6-311G++(d,p) temel seti baz alınarak hesaplanmıştır. 4F, molekül için Onsager kavite yarıçapı $a_o = 4,82$, olarak bulunmuştur. Tablo 2' de 4F molekülü için taban ve uyarılmış düzeyde hesaplanan Onsager kavite yarıçapı ve dipol momentleri (Debye) verilmiştir. Temel ve uyarılmış durum dipol momentleri, solvatokromik kayma yöntemleri kullanılarak hesaplandı. Temel durum dipol momentleri Bilot-Kawski yöntemi kullanılarak hesaplanırken, 4F'nin uyarılmış durum dipol momentleri Bilot-Kawski, Lippert-Mataga, Bakshiev, modifiye edilmiş Bilot-Kawski ve Reichardt yöntemleri kullanılarak hesaplandı [29-54]. Şekil 8'de, Bilot-Kawski, Lippert-Mataga, Bakshiev, modifiye edilmiş Bilot-Kawski ve Reichardt yöntemlerinden türetilen korelasyon grafiklerini göstermektedir [29-54]. Bu hesaplamalar Stokes kaymalarını ve floresans ve absorbans spektrumlarının dalga sayılarının toplamını elde etmek için kullanıldı [29-54]. Ayrıca bu hesaplamalar dielektrik ve kırılma indeksi fonksiyonlarını ve Onsager kavite yarıçapını bulmak için kullanıldı. Ayrıca deneysel dipol moment hesaplamalarında bulunan istatistiksel parametreler Tablo 2'de listelenmiştir. Bilot-

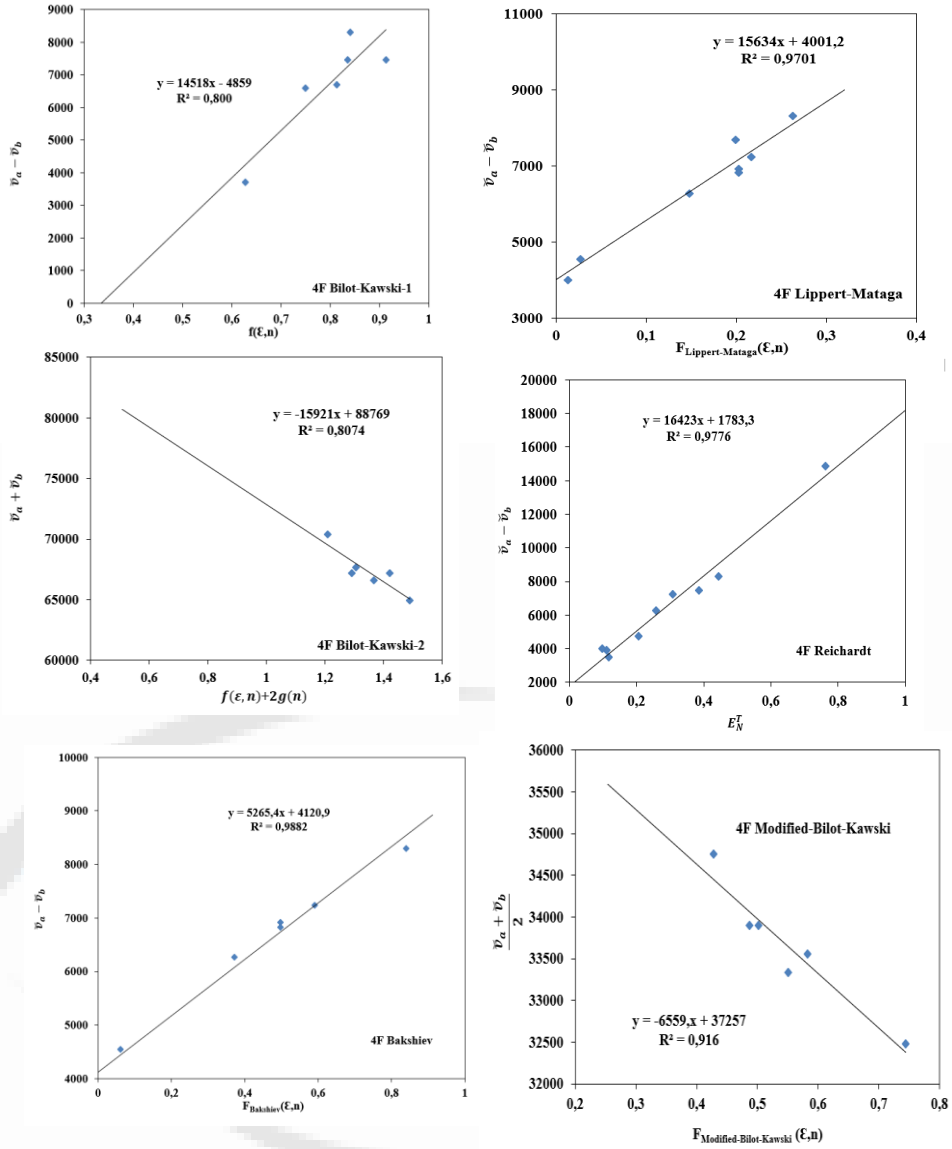
Kawski yöntemine göre temel durum dipol momenti 0,62 D, uyarılmış durum dipol momentini ise Bilot–Kawski, modifiye Bilot–Kawski, Lippert–Mataga, Bakhshiev, Kawski-Chamma-Viallet ve Reichardt yöntemleriyle sırasıyla 13,366 D, 19,33 D, 7,68D, 9,19 D ve 1,36 D. Ayrıca Onsager kavite yarıçapı ve elektrik dipol moment değerleri Tablo 2'de verilmiştir. 4F temel durum ve uyarılmış durum dipol momentleri sırasıyla 4,82 D ve 13,366D olarak rapor bulunmuştur. 4F'nin temel durum dipol momentini ile uyarılmış durum dipol momentini farkı, benzen halkası ile aromatik halka sübstituent arasındaki konjugasyonun bozulmasına bağlanmaktadır [29-56]. Uyarılmış durum yük dağılımında, temel durum yük dağılımına kıyasla bir artış olduğu gözlemlendi. Temel ve uyarılmış durum dipol momentleri arasında önemli bir fark vardır. Böylece uyarılmış durumda elektronik yapıda büyük değişiklikler meydana geldiği söylenebilir.

Tablo 2. 4F molekülü için temel ve uyarılmış düzeyde hesaplanan Onsager kavite yarıçapı ve dipol momentleri (Debye)

Molekül	$a_o (A^0)$	μ_g^a	μ_e^a	$\mu_{e(L-M)}^b$	$\mu_{e(B)}^c$	$\mu_{e(K-C-V)}^d$	$\mu_{e(R)}^e$	$(\frac{\mu_e}{\mu_g})^f$
4F	4,82	0,62	13,366	19,33	7,68	9,19	1,36	21,5 5

Tablo 3. 4F molekülü için Lipperte-Mattaga, Kawski-Chamma-Viallet ve Reichardt korelasyon spektral sonuçları

Denklem	Eğim(m)	Kor(R ²)	İncelenen çözücülerin korelasyon çözücüleri	N
4F				
Bilot-Kawski1	$m_{B-K(1)}=14518$	0,800	1-Octanol, 1-Butanol, Ethanol, DMF, DMSO, Su	6
Bilot-Kawski2	$m_{B-K(2)}=15921$	0,807	1-Octanol, 1-Butanol, Ethanol, DMF, DMSO, Su	6
Lippert-Mattaga	$m_{L-M}=15634$	0,970	Benzen, Toluen, o-Ksilen, Kloroform, Etil asetat, Butil asetat, Asedik asit, DCM, DMSO	9
Bakhshiev	$m_B=5265$	0,988	Benzen, Toluen, o-Ksilen, Kloroform, Butil asetat, Asedik asit, DCM, DMSO	8
Kawski-Chamma-Viallet	$m_{K-C-V}=6559$	0,916	Dietil eter, Kloroform, THF, Asedik asit, DCM, DMSO	6
Reichardt	$m_R=16423$	0,977	Benzen, Toluen, Kloroform, DCM, DMSO, THF, DMF, Metanol	8



Şekil 7. 4F'nin solvatokromik metotla korelasyon grafikleri

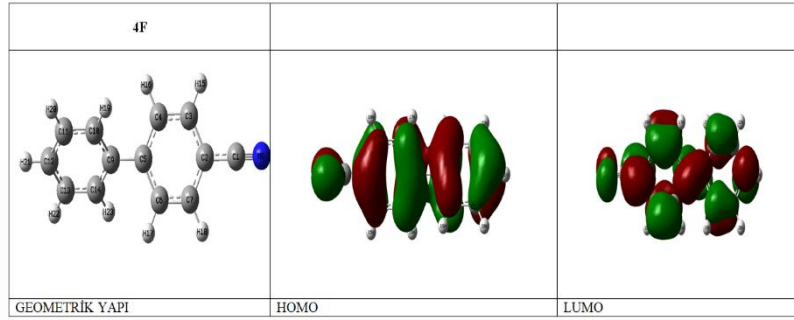
3.4. Teorik Hesaplamalar

Bu çalışmada incelenen molekülün moleküler yapısı ve elektronik yapısı, ilk olarak Chem Draw'da çizilerek, Chem Draw Ultra 8.0 3D ye aktarılarak, moleküler mekanik (MM2) kullanılarak enerji minimizasyonu yapıldı. Daha sonra Gauss View.5.0.paket programı ile hesaplanarak B3LYP/6-311G++(d,p) temel seti kullanılarak Gaussian 09W software ile moleküler parametreleri taban durumunda hesaplandı [55-56].

Temel titreşimleri, moleküler yapıların gerçek minimum olup olmadığı kontrol edildi. Gaussian 09 W out-put dosyaları doğrudan dipol moment, polarizabilite, HOMO–LUMO değerleri ve bazı moleküler parametreleri doğrudan hesaplandı. Diğer yapı aktivite özellikleri ise, İyonizasyon potansiyeli, elektro afinitesi, elektronegatiflik, moleküller softness, elektrofolik indeks ve moleküller hardness ise bu sonuçlardan elde edildi.

Moleküller arası yük transferini bulmanın ikinci bir yolu yörünge topolojilerine bakmaktır. Molekül içindeki yük transferi ile ilgili bilgileri aydınlatmak için vakum ve çözücü ortamda HOMO ve LUMO'ları hesaplanır. HOMO (highest Occupied Molecular orbital) enerjisi molekülün elektron verme

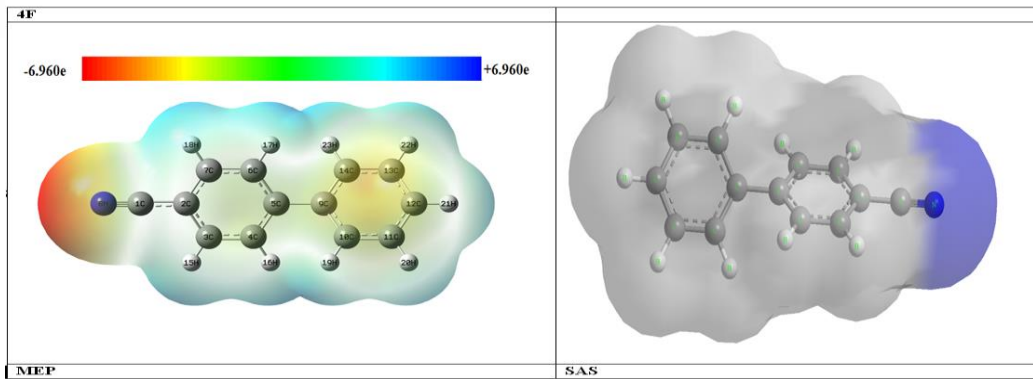
(π donör), LUMO (Lowest un Occupied Molecular orbital) enerjisi molekülün elektron alma (π akseptör) yeteneği olarak tanımlanır [55-56]. Genellikle molekülün kimyasal aktivitesi HOMO ve LUMO enerjileri farkı ile hesaplanır. Daha küçük enerji boşluğuna HOMO elektronları yerleşir. LUMO ve HOMO'nun özdeğerleri ve bant enerji aralığı molekülün kimyasal aktivitesi hakkında bilgi verir. Elektron akseptör olan LUMO elektron alma kapasitesini gösterirken elektron donör olan HOMO elektron verme kapasitesinin bir ölçüsüdür. HOMO ve LUMO enerji bant aralığının (E_g) küçük olması molekül içerisindeki yük transfer etkileşmelerini açıklar ve moleküllerde daha büyük toksikliğe sebep olur. Enerji bant aralığının büyük olması molekülün kinetik olarak kararlı olduğunu gösterir [55-56].



Şekil 8. Gaz fazında 4F (4-fenilbenzonitril)'nin 3D boyutta moleküler yapısı, HOMO ve LUMO yapısı

4F molekülü için gaz fazında, DFT/B3LYP teorisi ve 6-311++G (d, p) temel set ile hesaplanan HOMO-LUMO ve $\Delta E_{(ELUMO-EHOMO)}$ Tablo 4'de verilmiştir. 4F gaz faz için, $E_{HOMO}=-9,66$ eV ve $E_{LUMO}=-6,01$ eV ve $\Delta E_{(ELUMO-EHOMO)} = 3,65$ eV olarak hesaplanmıştır.

4F molekülü için gaz fazında, DFT/B3LYP teorisi ve 6-311++G (d, p) temel set ile 3D boyutta moleküler yapısı, HOMO ve LUMO yapısı Şekil 8'de verilmiştir. En yüksek enerjili molekül orbitali olan HOMO'daki elektronlar, iyonlaşma esnasında ilk olarak kopacak olan elektronlardır ve elektronun sonsuzdaki enerjisi sıfır ve molekülde iyonlaşmadan sonra orbital düzeyinde çok fazla bir geri düzenleme olmadığı da kabul edilirse; İyonlaşma enerjisi $= -HOMO$ ve elektron ilgisi $= -LUMO$ olduğu görülür. ΔE değerinin yüksek olması, yüksek enerji ile uyarılmayı göstermektedir. LUMO ve HOMO'nun özdeğerleri ve bant enerji aralığı molekülün kimyasal aktivitesi hakkında bilgi verir. Elektron akseptör olan LUMO elektron alma kapasitesini gösterirken elektron donör olan HOMO elektron verme kapasitesinin bir ölçüsüdür [55-56]. HOMO ve LUMO enerji bant aralığının (E_g) küçük olması molekül içerisindeki yük transfer etkileşmelerini açıklar ve moleküllerde daha büyük toksikliğe sebep olur.



Şekil 9. 4F'nin MEP ve SAS yapısı.

4F molekülü için moleküllerinin, vacuum ortamında (hiçbir etkileşimi olmayan) çözücü kabul yüzeyi hesaplanarak Şekil 9'daki gösterim elde edilmiştir. 4F molekülü için atomik yük ve elektron yoğunluğunun her bir atom için eşit olmayan yük dağılımları araştırılmıştır. Bağların kutuplaşmış karakterlerini tanımlarken ve elektron yoğunluğunun büyüklüğünü karakterize ederken elektron bulutu üç boyutlu olarak bakılır. Atomik yük ile elektron yoğunluğu arasındaki ilişki doğrudan bulunmaz. Ancak komşu atom tipleri ve yarıçapları çeşitli parametreler verir. Moleküller arası yük transferini bulmanın ikinci bir yolu yörünge topolojilerine bakmaktır. Molekül içindeki yük transferi ile ilgili bilgileri aydınlatmak için vakum ve çözücü ortamda HOMO ve LUMO'ları hesaplanır. HOMO (highest Occupied Molecular orbital) enerjisi molekülün elektron verme (π donor), LUMO (Lowest un Occupied Molecular orbital) enerjisi molekülün elektron alma (π akseptör) yeteneği olarak tanımlanır [55-56]. Genellikle molekülün kimyasal aktivitesi HOMO ve LUMO enerjileri farkı ile hesaplanır. Daha küçük enerji boşluğuna HOMO elektronları yerleşir [55-56].

İncelen moleküllerin çözücü kabul yüzeyi SAS Şekil 9' da verilmiştir. Çözücü ile etkileşim yapılarını gösteren SAS, belirgin çözücü-çözünen etkileşimlerini açıklamak için kullanılır. Şekil 9'da görüldüğü gibi, 4Fmolekülünde kırmızı alanlar oksijen atomu ile çözücü etkileşim alanlarını göstermektedir. Koyu kırmızı alanlar çözücü ile O atomu etkileşimlerini göstermektedir. Ayrıca Mavi alanlar çözücü yüzeyinin N atomları ile etkileşimini göstermektedir. 4F'nin çözücü arasındaki etkileşiminin oksijen (O) ve azot (N) atomları tarafından kontrol edildiği açıktır. Bu atomlar arasında elektron negativitesi sırayla O ve N olarak sıralanabilir [55-56].

Tablo 4. 4F Bileşiğinin elektronik yapı parametreleri.

Parametre/ Molekül adı	4F
$\langle \alpha \rangle$	164.3
$\mu(\text{Debye})$	5.43
E_{HOMO} (eV)	-9.6
E_{LUMO} (eV)	-5.2
$\Delta E_{(\text{LUMO-HOMO})}$	3.4
$\eta(\text{eV})$	1.7
IP(eV)	8.6
EA(eV)	5.2
$\chi(\text{eV})$	6.91
$\delta(\text{eV})$	0.58
$\omega(\text{eV})$	14.0

Polarlanabilirlik yük dağılımının bağlı bir ölçüsüdür. Yani bir atom ya da moleküldeki elektron bulutudur ve bu en dış elektrik alanla molekül ya da atomun biçiminin bozularak iyon ya da dipole yakın bir görünüme sahip olmasıyla gerçekleşir. Tablo 4'de 4F, molekülünün polarizabilite değerleri verilmiştir. 4F'nin polarizabilite değeri $\alpha=164,3$ olarak bulunmuştur. Hardness (η): Hardness moleküllerin dayanıklılığıdır ve LUMO ile HOMO enerjileri arasındaki farkın yarısına eşittir; 4F(η)=1,775eV olarak bulunmuştur. İyonizasyon potansiyeli (IP), Sistemden bir elektron çıkarıldığı zamanki enerji değişimini gösterir; 4F IP=9,66eV olarak bulunmuştur. Elektro afinite, bir ligandın donör bir atomdan tam olarak bir elektron alma yatkınlığıdır. İncelenen moleküller için elektro afinite, 4F EA=6,01eV olarak bulunmuştur. Elektrofolik indeks, donör ve akseptör arasındaki elektron alışverişi sırasında oluşan enerji azalmasının bir ölçüsüdür [55-56]. Elektrofolik indeks, 4F =14eV olarak bulunmuştur. Softness kimyasal reaktivitenin derecesini ölçen moleküller bir özelliğidir. İncelenen

moleküller için softness Tablo 4' de görüldüğü gibi 4F0,58eV olarak hesaplanmıştır. 4F için elektro negatiflik ise =6,91eV olarak hesaplanmıştır.

4.SONUÇ VE TARTIŞMA

4F için çoklu lineer regrasyon analizinde bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir. 4F için, hidrojen bağ donör (α) ve elektronik polarizabilite ($f(n)$) ile $V_{deneyse}(cm^{-1})$ uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Ancak aromatik halkalardan kaynaklanan $\pi-\pi^*$ geçişlerinde β (hidrojen bağ akseptör) ve dielektrik katsayısı $f(\epsilon)$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır. 4F için absorbands ve floresans spektrumunda, çoklu lineer regrasyon analizinde bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon bulunmuştur ($R^2=0,793$). 4F için, $f(\epsilon)$ (dielektrik fonksiyonuna), hidrojen bağ donör (α), β (hidrojen bağ akseptör) ve elektronik polarizabilite $f(n)$ ile $V_{deneyse}(cm^{-1})$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır.

Ayrıca 4F için absorbands ve floresans spektrumunu hesaplayabilmek için, Kamlet-Taft solvatokromizm kullanılmıştır. Bura da C_0 molekülün gaz fazdaki soğurma maksimum değerini gösterir. 4F için absorbands ve floresans spektrumunda, C_1 'in katsayısı negatif olduğu için maksimum absorbands bandında batokromik kayma meydana geldiğini söyleyebiliriz. Absorbans ve floresans spektrumunda, $|C_2|$ değerinin $|C_1|$ 'den büyük olması incelenen $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte yönelmiş indüksiyon etkileşiminin kuvvetlerinin ($f(n)$), dispersiyon-polarizasyon katkısının $f(\epsilon)$ 'nin katkısından fazla olduğunu gösterir. Absorbans ve floresans spektrumunda, $|C_4|$ 'ün $|C_3|$ 'den fazla olması demek ortamın H-bağı yapmama isteğinin, yapma isteğinden fazla olduğunu göstermiştir.

4F absorbands ve floresans spektrumu Catalán parametresine göre bulunan katsayılar yerine konularak elde edilen ve deneysel olarak bulunan frekansları arasındaki korelasyon sırasıyla ($R^2=0,779$ ve $R^2=0,733$) olarak bulunmuştur. 4F absorbands için, SP çözücü polarizabilite fonksiyonun, SdP çözücü dipolarite, SA çözücü hidrojen bağı akseptör ya da asidikliği, SB ise hidrojen bağı donör veya baziklik ile $V_{deneyse}(cm^{-1})$ arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır.

4F için absorbands ve floresans için Catalán parametresi ise; C_6 katsayısı negatif (-) olduğu için batokromik etki meydana gelmektedir. Catalan solvatokromizminde, C_6 (çözücünün polarize edilebilirliği) ve C_7 (çözünün dipolaritesi) solvatokromik katsayıları küresel etkileşimleri belirtirken, C_8 (çözücünün asidikliği) ve C_9 (çözücünün bazikliği), çözücüler arasındaki elektronik geçişler sırasında meydana gelen küresel olmayan etkileşimleri tanımlar. $|C_9|$ değerinin $|C_8|$ 'den büyük olması ise incelenen $\pi-\pi^*$ elektronik geçişte hidrojen bağı donör yani bazikliğin daha fazla olduğunu göstermiştir. C_8 değerinin pozitif değerde olması ise 4F molekülünde pozitif solvatokromizm olduğunu göstermektedir. Bu durumda moleküldeki kromofor'un kararsız olduğu söylenebilir.

Moleküller arası yük transferini bulmanın ikinci bir yolu yörünge topolojilerine bakmaktır. Molekül içindeki yük transferi ile ilgili bilgileri aydınlatmak için vakum ve çözücü ortamda HOMO ve LUMO'ları hesaplanır. En yüksek enerjili molekül orbitali olan HOMO'daki elektronlar, iyonlaşma esnasında ilk olarak kopacak olan elektronlardır ve elektronun sonsuzdaki enerjisi sıfır ve molekülde iyonlaşmadan sonra orbital düzeyinde çok fazla bir geri düzenleme olmadığı da kabul edilirse; İyonlaşma enerjisi =- HOMO ve elektron ilgisi =- LUMO olduğu görülür. ΔE değerinin yüksek olması, yüksek enerji ile uyarılmayı göstermektedir. Dipol moment molekül boyunca yük hareketini resimlemek için tanımlayıcı olarak kullanılmaktadır [29-54]. 4F gaz fazda, dipol momenti, 4F=5,43D olarak hesaplandı.

Dipol momentin yüksek olması, elektro-optik ekran malzeme için kritik öneme sahiptir. Diğer yapı aktivite özellikleri ise, İyonizasyon potansiyeli, elektro afinitesi, elektronegatiflik, moleküller softness, elektrofolik indeks ve moleküller hardness ise bu sonuçlardan elde edildi.

Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada 4F'nin elektronik yapısı, deneysel dipol momenti ve solvatokromizm özellikleri hem spektroskopik hem de hesaplamalı yöntemlerle incelenmiştir. 4F'nin solvatokromik bir malzeme olduğu bulundu. Küresel elektronik absorpsiyon ve emisyon geçişleri, batokromik bir etkiyi gösterdi. Polarite arttıkça absorbands bandının dalga boyu daha yüksek bir değere doğru kayar. Batokromik kaymayı gösterir. Bu elektronik geçiş molekül içi uyarılmış durumun bir sonucu olabilir. Başka bir ifade ile elektronik geçiş, uyarılmış durumdaki molekül içi proton transferinin

bir sonucu olabilir. Polarite arttıkça bu geçişin enerjisi de artar. Ayrıca solvatokromik kaymalar büyük dipol momentinin özelliğini gösterir. μ_e 'nin μ_g 'den 21,55 D kat daha büyük olması nedeniyle temel ve uyarılmış hallerdeki yük dağılımı farklı olduğunu gösterir. Yük dağılımı verilerini elde etmek için $\mu_e = (mB-K(2) + mB-K(1))/(mB-K(2) - mB-K(1))$ denklemi kullanıldı [29–56]. En düşük EHOMO-LUMO bandı gap 3,4 eV olarak elde edildi.

Teşekkür: Yazarlar, BEBAP 2021.06 projesini desteklediği için Bitlis Eren Üniversitesi'ne teşekkür eder.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] E. Kemikoğlu, E. Atik ve C. Çivi, “Mavi Faz Kolesterik Sıvı Kristalinin Termal Kararlılığı ve Mekanik Davranışları Üzerine Polimer Çeşitliliğinin Etkisi”, AKU J. Sci. Eng. (2012), doi: 18 (2018) 017205 (403-411)
- [2] İ. Sıdır, Y.G. Sıdır, H Berber ve F. Demirel, “Electronic structure of Schiif base hydrazane derivatives by solution technique for optoelectronic devices: synthesis, experiment and quantum chemical investigation”, Bitlis Eren Univ. J. Sci. Technol., vol. 1176, pp. 31-46. Jan. 2019 ,1176, p. 31-46, doi: "https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2019JMoSt1176...31S/doi:10.1016/j.molstruc.2018.08.067"10.1016/j.molstruc.2018.08.067.
- [3] P. Kaszynski, J. Huang, G.S. Jenkins, K.A. Bairamov, D. Lipiak, “Mesogenic properties of single ring compounds: dipentyl derivatives of p-carboranes and bicyclo[2.2.2]octane”, Mol. Cryst. Liq. Cryst. 260 (1995) 315. doi: 10.1039/A807596D.
- [4] M. Okutan, “Fulleren ve azo boya katkılı nematik sıvı kristal sistemlerde dielektrik ve optik spektroskopi yöntemleri ile moleküler durulma zamanlarının ve kırılma indisi değişimlerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Ens., Mühendislik ve Fen Bil., Ens., Gebze İleri teknoloji Üniv., Gebze, 2010.
- [5] A. Özalp, “Elektron konformasyonel genetik algoritma 4d qsar metodu ile benzodiazepin ve melanokortin-4 serilerinde farmakofor belirlenmesi ve biyo aktivite hesabı”, Doktora Tezi, Fen Bil. Ens., Erciyes Üniv., Kayseri, Türkiye, 2014.
[6] Y. Tian, H. Zeng, T. H. Anderson, B. Zhao, P. Mc Guiggan, J. Israelachvili., Phys. Rev. E, 75, 011409 d 2, Jan. 2007.
- [7] M. Kılıç, “Siyano Grubu İçeren Sıvı Kristal Moleküllerinin Elektronik Yapıları ve Mezomorfik Özelliklerinin Moleküler Mekanik ve Kuantum Mekaniksel Yöntemlerle İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil., Ens., Yıldız Teknik Üniv., İstanbul, 2004.
- [8] Z. Ekici, “Sıvı Kristaller, Genel Özellikleri, Sıvı Kristallerin Sentezi ve Uygulama Alanları.” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bil., Ens., Adıyaman Üniv., Adıyaman, 2014.
- [9] F. Yakuphanoglu, M. Durmuş, M. Okutan, O. Köysal, and V. Ahsen, “Synthesis, characterization and investigation of the spectroscopic properties of novel peripherally 2,3,5-trimethylphenoxy substituted Cu and Co phthalocyanines, the computational and experimental studies of the 4-(2,3,5-trimethylphenoxy) phthalonitrile”Jotcsa., no.3-3, pp. 683- 706, 2016.
- [10] D. Çoşkun, B. Gündüz, M F. Çoşkun, “Synthesis, characterization and significant optoelectronic parameters of 1-(7-methoxy-1-benzofuran-2-yl) substituted chalcone deriavatives,” journal of molecular structure, 1178-261-267, 2018,
- [11] B. Gündüz, “Controlling of spectral and optical parameters of the F8T2 liquid-crystalline polymer (LCP) by molarity for optoelectronic devices,” 2015.
- [12] D. Demus, Good by J.,Gray G.W, Spiess H.-W., Vill, V.; 1998. “Handbook of Liquid crystals”, Wiley-VCH
- [13] J. Shorter, “Correlation Analysis in Organic Chemistry- An Introduction toLinear Free Energy Relationships”, Clarendon Press, Oxford.
- [14] İ. Sıdır, Y.G. Sıdır, “Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy”, 135 (2015), 560-567.of solvent polarities, J. Am. Chem. Soc., 99(18),6027–6038.

- [15] K.N. Kumar ve R. Ramesh, "Synthesis, characterization, redox property and biological activity of Ru (II) carbonyl complexes containing O, N-donor ligands and heterocyclic bases", *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 60 (12), 2913-2918, 2004.
- [16] C. Reichardt, "Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry", VCH, p.629, New York, 2005.
- [17] M. J. Kamlet, R. W Taft, "Linear solvation energy relationships. 20. Intrav. Inter molecular hydrogen bonding by some 2-nitroaniline and 2-nitro phenol derivatives", *J. Org. Chem.*, 1982. 47(9), 1734-1738.
- [18] M.J. Kamlet, J.L.M. Abboud, M.H. Abraham, R.W. Taft, "Linear Solvation Energy Relationships. 23. A Comprehensive Collection of the Solvatochromic Parameters, π^* , α , and β , and some Methods for simplifying the Generalized Solvatochromic Equation", *J. Org. Chem.* 48 (1983) 2877-2887.
- [19] M.J. Kamlet, J.L.M. Abboud, M.H. Abraham, R.W. Taft, "Linear Solvation Energy Relationships . 23. A Comprehensive Collection of the Solvatochromic Parameters, π^* , α , and β , and some Methods for simplifying the Generalized Solvatochromic Equation", *J. Org. Chem.* 48 (1983) 2877-2887.
- [20] M.J. Kamlet, J.L. Abboud, R.W. Taft, "The π^* scale of solvent polarities". *J. of the Amer. Chem. Soc.*, 99(18) (1997) 6027-6038, doi: [https://doi.org/ 10.1021/ja00395a015](https://doi.org/10.1021/ja00395a015).
- [21] M.J. Kamlet, R.W. Taft, "The solvatochromic comparison method. 2. The α - scale of solvent hydrogen-bond donor (HBD) acidities", *J. Am. Chem.Soc*, 98(10) (1976) 377, 2886-2894.
- [22] M.J. Kamlet, Abboud J.L.M, Abraham M.H, Taft R.W, "Linear Solvation Energy Relationships", *J Org Chem*, 1983, 48, 2877-2888.
- [23] M.J. Kamlet, J.L. Abboud, R.W. Taft, "The Solvatochromic Comparison Method. 6. The π^* Scale
- [24] M.J. Kamlet, R.W. Taft, "The Solvatochromic Comparison Method. I. The β -Scale of Solvent Hydrogen-Bond Acceptor (HBA) Basicities", *J. Am. Chem. Soc.* 98 (1976) 377-383.
- [25] J. Catalán, "Toward a generalized treatment of the solvent effect based on four empirical scales: dipolarity (SdP, a New Scale), polarizability (SP), acidity (SA), and basicity (SB) of the medium", *J. Phy. Chem. B* 113 (17) (2009) 5951-5960.
- [26] J. Catalán, 1997. "On the ET (30), π^* , ρ , S^+ , and SPP Empirical Scales as Descriptors of Nonspecific Solvent Effects", *J. Org. Chem.* 62 (1997) 8231-8234
- [27] İ. Sıdır, Y. G. Sıdır, M. Kumalar, and E. Taşal, "Ab initio Hartree-Fock and density functional theory investigations on the conformational stability, molecular structure and vibrational spectra of 7-acetoxy-6-(2,3-dibromopropyl)-4,8- dimethylcoumarin molecule," *J. Mol. Struct.*, vol. 964, no. 1-3, pp. 134-151, 2010.
- [28] İ. Sıdır, Y. Gülseven. Sıdır, H. Berber, and R. Fausto, "Solvato-, thermo- and photochromism in a new diazo diaromatic dye: 2-(p-tolyldiazenyl) naphthalen-1-amine", *Journal of Molecular Structure*, vol.1267, no.5, Nov. 2022,
- [29] L. J. Bartolotti, "The hydrodynamic formulation of time-dependent Kohn Sham orbital density functional theory", *The Journal of Physical Chemistry*, 90, 5518-5523.
- [30] L. Bilot, A. Kawski, "Zur Theorie des Einflusses von Lösungsmitteln auf die Elektronenspektren der Moleküle". *Zeitschrift für Naturforschung A* 1962; 17: 621-627.
- [31] A. Kawski, "Zur Lösungsmittelabhängigkeit der Wellenzahl von Elektronenbanden Lumineszierender Moleküle und über die Bestimmung der Elektrischen Dipolmomente im Anregungszustand". *Acta Physica Polonica* 1966; 29: 507-518.
- [32] A. Kawski, "Progress in Photochemistry and Photophysics". Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1992.

- [33] A. Kawski, "On the estimation of excited-state dipole moments from solvatochromic shifts of absorption and fluorescence spectra", *Zeitschrift für Naturforschung A* 2002; 57: 255-262. 1519 GÜMÜŞ et al./Turk J Chem
- [34] A. Kawski "Über die Anomale Stokessche Rotverschiebung der Absorptions- und Fluoreszenzmaxima von 4- Aminophthalimid in Mischungen aus Dioxan und Wasser", *Acta Physica Polonica* 1964; 25: 285-290.
- [35] A. Kawski, Bojarski P, Kuklinski B, "Estimation of ground- and excited-state dipole moments of Nile Red dye from solvatochromic effect on absorption and fluorescence spectra". *Chemical Physics Letters* 2008; 463: 410-412.
- [36] A. Kawski, "Solvent-shift effect on electronic spectra and excited-state diople moments", In: Rabek JF (editor). *Progress in Photochemistry and Photophysics* vol. 5. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1992; pp. 1-48.
- [37] E. Lippert, "Dipolmoment und Elektronenstruktur von angeregten Molekülen", *Zeitschrift für Naturforschung A* 1955; 10: 541-545.
- [38] N. Mataga, Y. Kaifu and M. Koizumi, "Solvent effects upon fluorescence spectra and the dipole moments of excited molecules. *Bulletin of the Chemical Society Japan* 1956; 29: 465-470.
- [39] N. G. Bakhshiev, "Universal intermolecular interactions and their effect on the position of the electronic spectra of molecules in two component solutions", *Optical Spectroscopy* 1964; 16: 821-832.
- [40] A. Chamma, P. Viallet "Détermination du moment dipolaire d'une molécule dans un tat excit singule", *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 1970; 270: 1901-1904.
- [41] C. Reichardt, "Dyes as solvent polarity indicators", *Chemical Reviews* 1994; 94: 2319-2358.
- [42] C. Reichardt, "Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry" Third ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2005.
- [43] L. J. Bartolotti, "The hydrodynamic formulation of time-dependent Kohn Sham orbital density functional theory", *The Journal of Physical Chemistry*, 90, 5518-5523.
- [44] L. Bilot, A. Kawski, "Zur Theorie des Einflusses von Lösungsmitteln auf die Elektronenspektren der Moleküle". *Zeitschrift für Naturforschung A* 1962; 17: 621-627.
- [45] A. Kawski, "Zur Lösungsmittelabhängigkeit der Wellenzahl von Elektronenbanden Lumineszierender Moleküle und über die Bestimmung der Elektrischen Dipolmomente im Anregungszustand. *Acta Physica Polonica* 1966; 29: 507-518.
- [46] A. Kawski, "Progress in Photochemistry and Photophysics", Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1992.
- [47] Kawski A. "On the estimation of excited-state dipole moments from solvatochromic shifts of absorption and fluorescence spectra. *Zeitschrift für Naturforschung A* 2002; 57: 255-262. 1519 GÜMÜŞ et al./Turk J Chem
- [48] A. Kawski, "Über die Anomale Stokessche Rotverschiebung der Absorptions- und Fluoreszenzmaxima von 4- Aminophthalimid in Mischungen aus Dioxan und Wasser", *Acta Physica Polonica* 1964; 25: 285-290.
- [49] A. Kawski, P. Bojarski and B. Kuklinski, "Estimation of ground- and excited-state dipole moments of Nile Red dye from solvatochromic effect on absorption and fluorescence spectra", *Chemical Physics Letters* 2008; 463: 410-412.
- [50] A. Kawski, "Solvent-shift effect on electronic spectra and excited-state diople moments". In: Rabek JF (editor). *Progress in Photochemistry and Photophysics* vol. 5. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1992; pp. 1-48.

- [51] E. Lippert, "Dipolmoment und Elektronenstruktur von angeregten Molekülen". Zeitschrift für Naturforschung A 1955; 10: 541-545.
- [52] N. Mataga, Y. Kaifu and M. Koizumi, "Solvent effects upon fluorescence spectra and the dipole moments of excited molecules", Bulletin of the Chemical Society Japan 1956; 29: 465-470.
- [53] N.G. Bakhshiev, "Universal intermolecular interactions and their effect on the position of the electronic spectra of molecules in two component solutions", Optical Spectroscopy 1964; 16: 821-832.
- [54] A. Chamma, P. Viallet, "Determination du moment dipolaire d'une molécule dans un état excité singule", Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1970; 270: 1901-1904.
- [55] C. Reichardt, "Dyes as solvent polarity indicators", Chemical Reviews 1994; 94: 2319-2358.
- [56] C. Reichardt, "Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry", Third ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2005.
- [57] M.J. Frisch et al., Gaussian 09W.
- [58] Y. Gulseven Sıdır, I. Sıdır, E. Tasal, C. Oğretir, Int. J. Quan. Chem. 111 (2011) 3616.

Makale id= 41

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4912-199X

| 40

A Computational Study on the Sensing of Explosives**Mehmet Erdem Sözbir¹, Asst.Prof.Dr. Berkay Sütay¹**¹Istanbul Technical University

The corresponding author: Berkay Sütay

Özet: Bu çalışmada, kara mayınlarından temizlenemeyen tehlike bölgelerde mayınların tespitinin kolaylaştırılması bakımından insan aktivitesini en aza indirmek amacıyla bilgisayar destekli hesaplamalı kimya yöntemleri kullanılmıştır. Bu hesaplamalar yoluyla ulaşılması amaçlanan sonuç, patlayıcı maddelere ait deteksiyon sürecinin moleküler ölçekte işleyişini kuramsal olarak aydınlatmanın yanı sıra, özellikle RDX (Royal Demolition eXplosive; 1,3,5-Trinitro-1,3,5-triazinane), HMX (Her Majesty's eXplosive; 1,3,5,7-Tetranitro-1,3,5,7-tetrazocane) gibi nitramin grubundan deteksiyonu güç olan patlayıcıların yeni geliştirilen polimerik malzemelere karşı afinitesini deneysel sonuçlarla kıyaslamalı olarak kuramsal yoldan incelemektir. Bu çalışmada kuramsal açıdan oligomerik seviyedeki moleküllere uygun olan yoğunluk fonksiyoneli kuramı (DFT; Density Funtional Theory) kullanılmıştır. Tüm moleküllere ait geometri optimizasyonları ve enerji hesaplamaları kuramın B3LYP/6-31G(d,p) seviyesinde uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullanılan deteksiyon yöntemi, amaca uygun olarak modellenen kimyasallar ile farklı patlayıcıların etkileşim enerjileri verileri ve kuramsal floresans spektrumları bakımından irdelenmiştir. Kuramsal sonuçlar 2,4-DNT patlayıcı molekülü için rapor edilmiş deneysel verilerle uyum içinde olup deneysel verilerin bulunmadığı bazı patlayıcıların deteksiyonu üzerine de kuramsal öngörülerde bulunulmuştur. Bu kuramsal çalışmanın neticesinde deney öncesi (a priori) kuramsal çalışmalarla patlayıcı deteksiyonunun saha çalışmasına önemli oranda zaman ve mali kazanç sağlanmasının mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: patlayıcı, önyoğunlaştırma, floresans sönmülenme, yoğunluk fonksiyoneli yöntemi

Abstract: Detection of explosives has become a rising priority in recent years in homeland/border security, war zones and transportation hubs, internal security, etc around the world. There is a need for fast and reliable new generation (high power, low cost and portable) sensors in order to detect possible threats like monitoring the mentioned environments, mine clearance and detecting hidden explosive devices. In this study, computational chemistry methods were used to minimize human activity in terms of facilitating the detection of mines in danger zones that cannot be cleared from landmines. What is aimed to achieve through these calculations is to investigate the detection mechanism of explosives at the molecular scale, as well as to examine the affinity of explosives against newly developed polymeric materials in comparison with experimental results, especially the nitramines such as RDX (Royal Demolition eXplosive; 1,3,5-Trinitro-1,3,5-triazinane), HMX (Her Majesty's eXplosive; 1,3,5,7-Tetranitro-1,3,5,7-tetrazocane), etc which are difficult to detect due to their low vapor pressures. In the present study, superyellow polymeric system was used as the target system. All calculations including geometry optimizations were performed by using density functional theory (DFT) at B3LYP/6-31G(d,p) level. All calculations were carried out by using ITU National Center for High Performance Computing (ITU UHeM) sources. The detection mechanism was examined in terms of the intermolecular interaction energies, including basis set superposition error (BSSE), and theoretical fluorescence spectra of target/explosive molecular complexes. Theoretical results were found in agreement with the experimental data for 2,4-DNT explosive. Theoretical predictions have also been reported on the detection of some explosives for which the experimental data are not available. The results of this a priori study can provide a substantial amount of time saving and financial gain against the experimental fieldwork.

Keywords: DFT, Fluorescence Quenching, Explosive, Nitramines, Nitroaromatics

1. Introduction

Detection of explosive related chemicals has become a rising priority in recent years in homeland and border security. Chemical detection of nitroaromatic, nitramine or nitro explosive compounds can be highly challenging in the open air, especially if target analyte in trace amounts in the open environment. Explosives have oxidizing and reducing groups simultaneously in their chemical structures. These substances commonly have nitro, peroxy, azide, etc groups, which make them reactive, biologically active and hazardous to living species (Bener et.al. (2022), Jiao et.al. (2022), Santiwat et.al. (2023)). In the present study, two different processes encountered in explosive detection studies, each of which has its own characteristic difficulties, are discussed separately, taking into account the "sample collection" and "detection" mechanisms. In this direction, the noncovalent complexes of ten different explosive molecules with Aflas and Super yellow systems were modeled with Density Functional Theory (DFT) which reveal the relevant quenching via the intermolecular interactions such as hydrogen bond, π - π or CH/ π interaction, etc.

The sampling process is about to collect the air above a potential mine into a polymer, labeling the sample and sending off-site to specialist centres for trained sniffer dogs to determine explosive existence, prior to sending the operatives back to the field. However, it is a slow and costly procedure. Therefore, there is a powerful need in alternative methods both to collect samples across explosive-suspected field without wandering the field, and to detect sensitively any sampled explosive residues, as fast as possible (Gillanders et al., 2017, 2019; Glackin et al., 2020, Gillanders et al. (2021)). Luminescent organic semiconductor films have been attracting a high level of attention in recent years as explosive vapour sensing films. Super yellow polymeric system was used in the present study, Figure 1a. Certain polymers have properties that enable them to accumulate explosive vapours to the surface, based on the hydrogen bond acidity between polymer and target vapour. Aflas polymer used in this work for that purpose, Figure 1b.

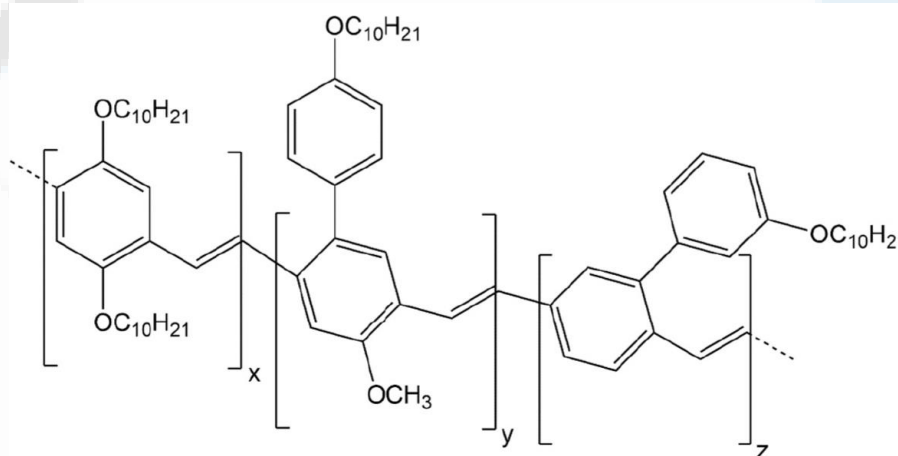


Figure 1a. Super Yellow.

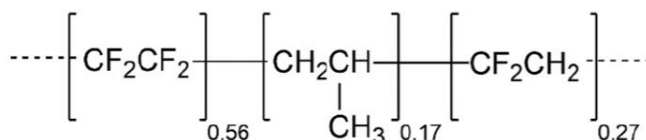


Figure 1b. Aflas Polymer.

2. Methodology

The gas phase geometry optimizations for the noncovalent complexes of explosive molecules with Aflas and Super Yellow systems were performed by using DFT method with M06-2X functional in 6-31G(d,p) basis. All computations were completed in Gaussian '16 suite. To provide a quantitative interpretation of the inter- and intramolecular hydrogen bonds, the interaction energies were calculated for all available optimized structures. The basis set superposition error was taken into account in all calculations. The

zero point energy correction was also added to the interaction energies. TD-DFT calculations were performed for the thermodynamically most stable explosive-Super Yellow complexes in order to further investigate the change in the emission and absorption spectra in terms of fluorescence quenching.

3. Results and Discussion

The interaction of 2,4-DNT and TNT molecules with Aflas system was shown in Figure 2 and 3.

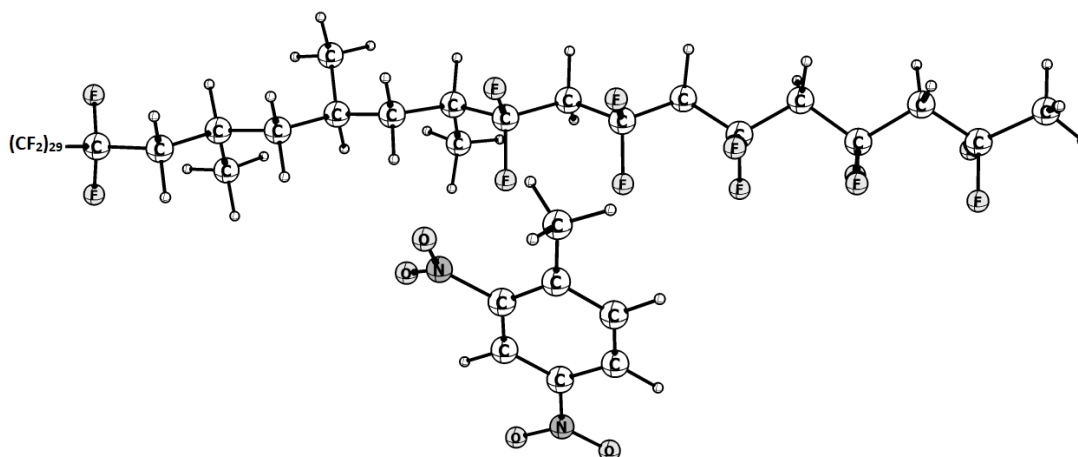


Figure 2. Aflas+2,4-DNT complex.

The interaction energy of Aflas+2,4-DNT complex corresponding to the lowest energy configuration was found in the order of -7 kcal/mol.

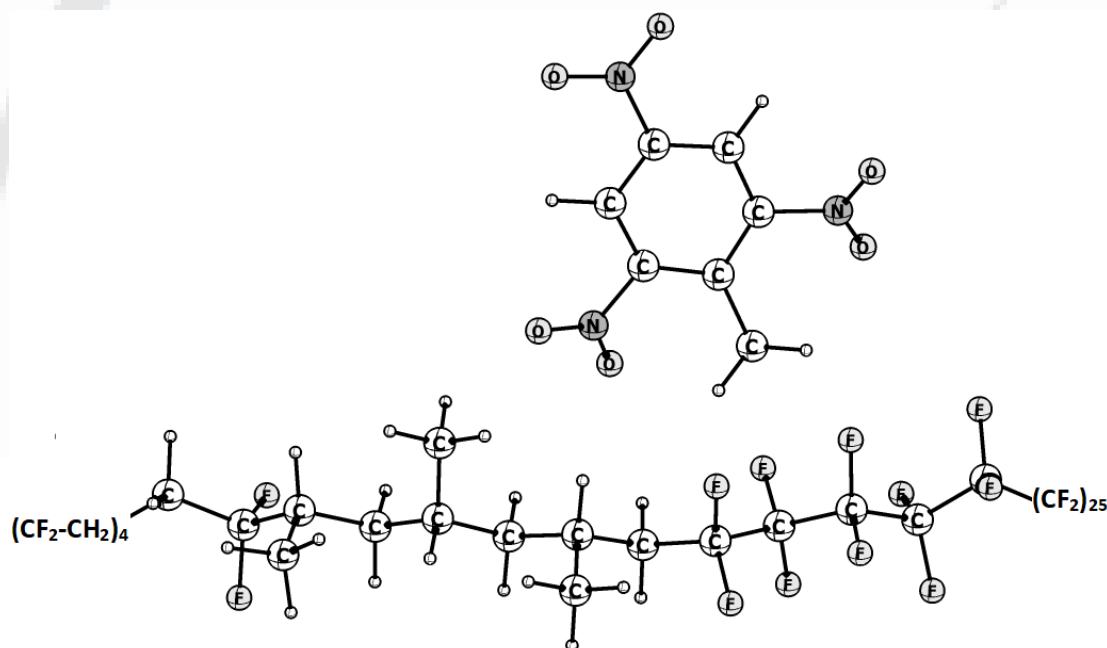


Figure 3. Aflas+TNT complex.

The interaction energy of Aflas+TNT complex corresponding to the lowest energy configuration was found to be -9 kcal/mol. The hydrogens of both Aflas and TNT molecules lie in a proper distance in the range to form typical classical hydrogen bonds. The methyl groups on Aflas are in attraction with nitro groups of the explosive and the fluorine atoms attract to the methyl hydrogens of TNT.

The most stable 2,4-DNT and TNT complex of super yellow were shown in Figure 4 and 5.

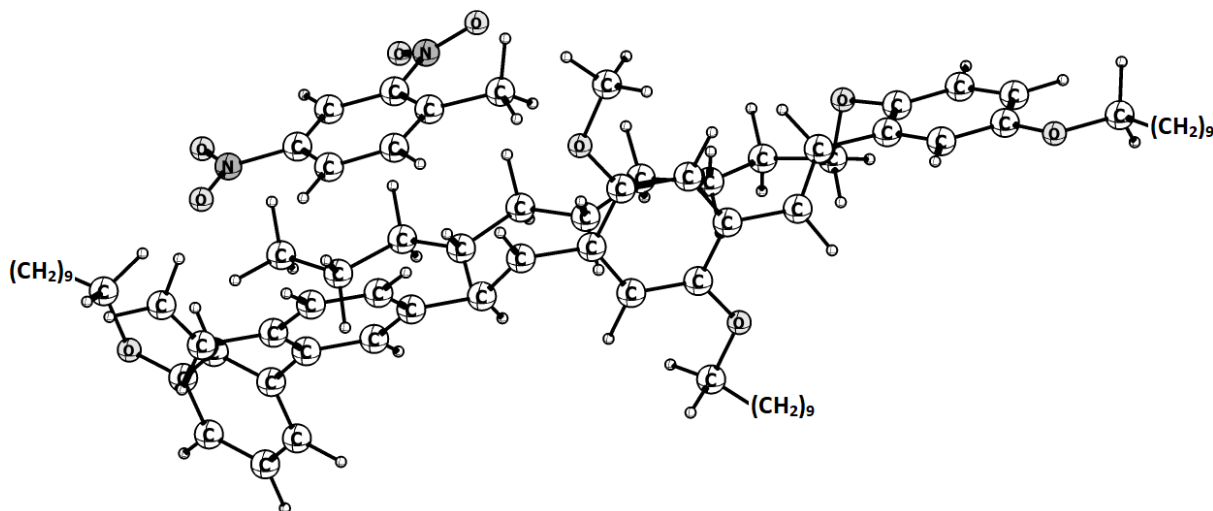


Figure 4. The lowest energy configuration of SY+2,4-DNT complex.

The SY+2,4-DNT complex has an interaction energy of -15 kcal/mol. The C-H bond lengths of SY molecule in the interaction site with the explosive molecule increased which indicates the presence of hydrogen bonds. In addition, the π electrons of the aromatic ring in 2,4-DNT interact with the hydrogens of the oligomeric chains of SY molecule and affects on the C-H bond length of the related hydrogen donor. That indicates the presence of CH/ π type aromatic hydrogen bond interaction which also contributes to the total interaction energy.

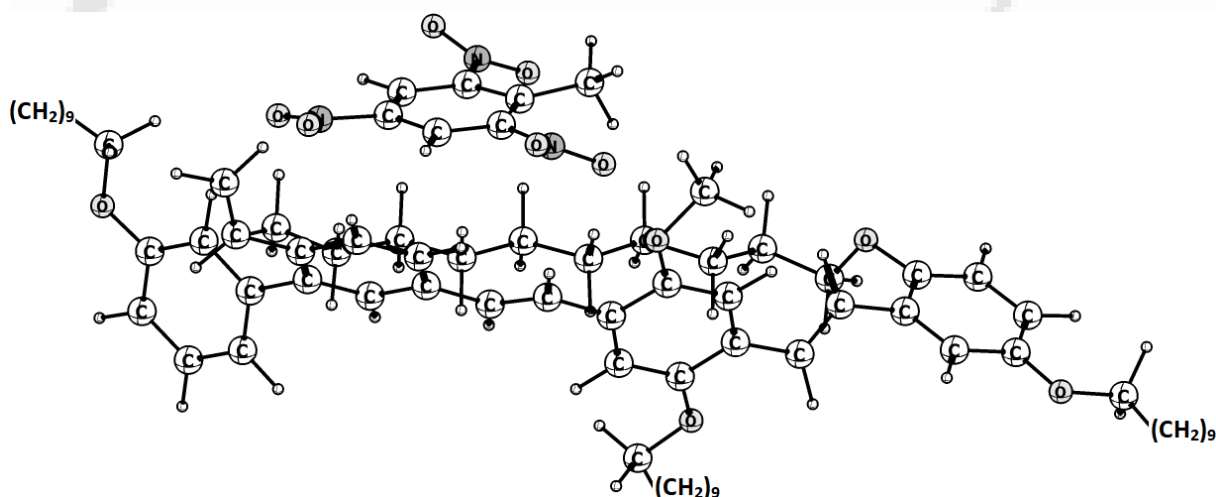


Figure 5. The lowest energy configuration of SY+TNT complex.

The SY+TNT complex has an interaction energy in the order of -15 kcal/mol.

In order to explain the quenching mechanism of the emission of super yellow in the presence of an explosive was also shown, Figure 6.

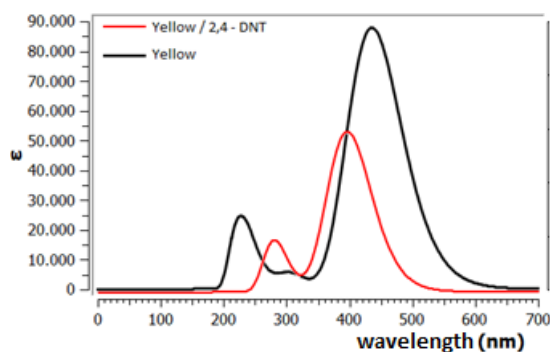


Figure 6. The fluorescence spectrum of superyellow system with and/or without 2,4-DNT.

The quenching of the fluorescence of super yellow in the presence of 2,4-DNT explosive was found in the order of 40 percent.

4. Conclusion

The noncovalent molecular complexes of different nitroaromatic, nitramine and nitro type explosive molecules with Aflas and Super yellow systems were studied. The strength of the interaction of super yellow complexes was predicted in decreasing order as follows (including BSSE and ZPE corrections): TNP ~ RDX > 2,6-DNT > TNT > 2,4-DNT. When we consider the quenching ratios in the emission spectra of the complexes, the following trend has been predicted upon increasing order of quenching: 2,6-DNT < RDX < TNP < TNT < 2,4-DNT. The results of this study constitutes a strong argument that Super yellow molecule can be used as a target system for a variety of explosive molecules as well. In particular, the fact that each explosive has a different quenching percentage and emission shift in the fluorescence spectrum which is very important in terms of its potential to offer a plausible approach to the segregation problems experienced in explosive detection.

In this study, the factors that directly affect the polymer-analyte interaction and the unique quenching process was examined as the structural parameters of the target system such as the pore size, molecular internal volume, and the collisional diameter and also the molecular interaction of target-analyte systems. The necessary information has been obtained to assist in the determination of standard features, for future studies and applications on this field.

Acknowledgements. Computing resources used in this work were provided by the National Center for High Performance Computing (UHem) under grant number 1010722021.

5. References

- Bener, M.; Burak Şen, F.; Apak, R. (2022) Protamine gold nanoclusters – based fluorescence turn-on sensor for rapid determination of trinitrotoluene (TNT). *Spectrochim. Acta, Part A*, 279, No. 121462.
- Jiao, X.; Marin, L.; Cheng, X. (2022) Fluorescent cellulose/testing paper for the sensitive and selective recognition of explosives 2,4,6-trinitrophenol and 2,4-dinitrophenylhydrazin. *J. Photochem. Photobiol. A*, 424, No. 113632.
- Santiwat, T.; Sornkaew, N.; Srikittiwanna, K.; Sukwattanasinitt, M.; Niamnont, N. (2023) Electrospin nanofiber sheets mixed with a novel triphenylamine-pyrenyl salicylic acid fluorophore for the selective detection of picric acid. *J. Photochem. Photobiol., A*, 434, No. 114258.
- Gillanders, R.N., Samuel, I. D. W., Turnbull, G. A. (2017) A low-cost, portable optical explosive-vapour sensor,” *Sens Actuators B Chem*, vol. 245, pp. 334–340.
- Gillanders, R. N., Glackin, J. M. E., Filipi, J., Kezic, N., Samuel, I. D. W., Turnbull, G. A. (2019) Preconcentration techniques for trace explosive sensing, *Science of the Total Environment*, vol. 658, pp. 650–658.

Glackin, J. M. E., Gillanders, R. N., Eriksson, F., Fjallgren, M., Engblom, J., Mohammed, S., Samuel, I. D. W., Turnbull, G. A. (2020) Explosives detection by swabbing for improvised explosive devices, *Analyst*, vol. 145, no. 24, pp. 7956–7963.

Gillanders, R. N., Glackin, J. M. E., Babic, Z., Mustra, M., Simic, M., Kezic, N., Turnbull, G. A., Filipi, J. (2021) Biomonitoring for wide area surveying in landmine detection using honeybees and optical sensing, *Chemosphere*, vol. 273.



Makale id= 40

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0002-0003-9370

| 46

Genelleştirilmiş Kudryashov Metodunun Basitleştirilmiş Modifiye Camassa Holm Denklemine (SMCH) Uygulanması**Araştırmacı Zeynep Aydın¹ , Prof.Dr. Filiz Taşcan¹**¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

*Corresponding author: Zeynep Aydın

Özet: Bu çalışmada (1+1) boyutlu basitleştirilmiş modifiye Camassa Holm (SMCH) denkleminin tam çözümlerini belirlemek için genelleştirilmiş Kudryashov metodu kullanılmıştır. Lineer olmayan bu fiziksel model, uygun dalga dönüşümü ile doğrusal olmayan bir adi diferansiyel denkleme indirgenmiştir. Homojen dengelenme prensibine göre yardımcı denklem kullanılarak çözüm formu cebirsel denklem sistemine dönüştürülmüştür. Sembolik bir hesaplama uygulaması olan Maple kullanılarak oluşturulan denklem sistemindeki parametreler belirlenmiş ve basitleştirilmiş modifiye Camassa Holm denkleminin üç farklı durumu için üstel ve trigonometrik formda tam çözümler elde edilmiştir. Bu çözümler uygun olan aralıklar ve değerler için iki ve üç boyutlu olarak grafiklendirilmiştir. Sonuç olarak birçok doğrusal olmayan diferansiyel denklemde kullanılabilen genelleştirilmiş Kudryashov yönteminin basitleştirilmiş modifiye Camassa Holm denklemine uygulanabilirliğinin mümkün olduğuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genelleştirilmiş Kudryashov Yöntemi, Basitleştirilmiş Değiştirilmiş Camassa Holm (Smch) Denklemi, İlerleyen Dalga Çözümleri, Tam Çözümler.

Application of Generalized Kudryashov Method to Simplified Modified Camassa Holm (SMCH) Equation

Abstract: Abstract The generalized Kudryashov approach was utilized in this investigation to identify exact solutions for the SMCH equation. With the right wave transformation, this nonlinear physical model is reduced once more to a nonlinear ordinary differential equation. In accordance with the homogeneous balancing principle, the auxiliary equation was used to convert the solution form into an algebraic equation system. The parameters in the equation system were determined and exact solutions in exponential and trigonometric form were achieved for three distinct cases of the simplified modified Camassa Holm equation using Maple, a symbolic computation application. These solutions have been graphed in two and three dimensions.

Keywords: Keywords Generalized Kudryashov Method, Simplified Modified Camassa Holm (Smch) Equation, Traveling Wave Solutions, Exact Solutions.

1.INTRODUCTION

The importance of partial differential equations (PDEs) has long been recognized, making them a crucial component of applied mathematics. Applied mathematicians interested in nonlinear phenomena have studied exact solutions of nonlinear partial differential equations in a variety of domains, including chemical physics, mechanical systems, chemical kinematics, and plasma. Parts of complete traveling wave solutions of nonlinear formation equations play an important role in the study of continuous physical phenomena.

In recent years, with the development of symbolic calculation packages such as Maple, Mathematica and Matlab, which enable us to perform complex calculations on computers, different methods have been proposed to find exact solutions to nonlinear formation equations. Jacobi elliptic function method [1], F-expansion method [2-3], The generalized tanh method [4], generalized hyperbolic function method [5], the modified simple equation method [6], symmetry method [7], first integral method [8], Backlund transformation method [9], the homogenous balance method [10-11] can be given as examples of such methods.

Camassa and Holm produced a new integrable wave equation for water waves by preserving two terms that are usually neglected in the small shallow water limit. Using Hamiltonian approaches, they obtained the Camassa Holm equation, which is presented in equation (1.1) [12].

$$u_t + 2ku_x - u_{xxt} + 3uu_x = 2u_x u_{xx} + uu_{xxx}. \quad (1.1)$$

In 2005, Wazwaz [13] investigated form of equation (1.2),

$$u_t - u_{xxt} + (b + 1)uu_x = bu_x u_{xx} + uu_{xxx}, \quad (1.2)$$

b is positive integer and Wazwaz used the modified Camassa Holm equation in (1.3) by taking b=2,

$$u_t - u_{xxt} + 3uu_x = 2u_x u_{xx} + uu_{xxx}. \quad (1.3)$$

Upon simplifying equation (1.3), the simplified modified Camassa Holm equation—which includes β and k parameters—was obtained

$$u_t + 2ku_x - u_{xxt} + \beta u^2 u_x = 0. \quad (1.4)$$

Traveling wave solutions of the simplified modified Camassa Holm equation were examined by Md. Asaduzzaman and et. al. used the modified simple equation method [13], by Syed Tauseef Mohyud-Din and et. al. used the exp-function method [14], Liu et al. used the (G'/G) -expansion method [16], by Thongchai Botmart and et. al used the First integral method [17] and Gundogdu et al. applied the elliptic function expansion method [18].

In this paper we will explain the generalized Kudryashov method. Then we will apply this method to the simplified modified Camassa Holm equation. The generalized Kudryashov method is introduced in section 2. The exact solutions to the simplified modified Camassa Holm equation are the found and illustrated in section 3. Also, we present some visual representation of the solutions. The final section provided the conclusion.

2.GENERALIZED KUDRYASHOV METHOD

In this section, we describe the generalized Kudryashov method.

Assume the next NLPDE

$$\mathcal{Q}(u, u_t, u_x, u_{tt}, u_{xy}, u_{xx}, \dots) = 0 \quad (2.1)$$

where \mathcal{Q} is a polynomial.

Step 1: Use the traveling wave transformation $\vartheta = cx - wt$ and with $u(x, t) = U(\vartheta)$, equation (2.1) can be reduced below ODE

$$G(U, U_{\vartheta}, U_{\vartheta\vartheta}, U_{\vartheta\vartheta\vartheta}, \dots) = 0. \tag{2.2}$$

Step 2: Suppose that the solution of the equation (2.2) can be represented by in the following rational form

$$U(\vartheta) = \frac{\sum_{i=0}^N a_i Q^i(\vartheta)}{\sum_{j=0}^M b_j Q^j(\vartheta)} \tag{2.3}$$

where $a_i (i=0, 1, \dots, N)$, $b_j (j=0, 1, \dots, M)$ are coefficients of $Q^i(\vartheta)$, $Q^j(\vartheta)$ with $a_N \neq 0, b_M \neq 0$ and

$$Q(\vartheta) = \frac{1}{1 + Ae^{\vartheta}}, \tag{2.4}$$

is the solution of the nonlinear ordinary differential equation (2.5)

$$Q'(\vartheta) = Q^2(\vartheta) - Q(\vartheta), \tag{2.5}$$

where A is integration constant and non-zero arbitrary real parameter to be determined later, with $A > 0$ and $A \neq 0$. Also the positive integer N and M can be determined by using homogenous balance between the highest order derivatives and the nonlinear terms appearing in ODE (2.2).

Step 3: Substituting equation (2.3) into equation (2.2) along with ordinary differential equation (2.5). The left-hand side of equation (2.2) can be converted into a polynomial in powers of $Q(\vartheta)$. Collecting the terms that include the same power of $Q(\vartheta)$ and equating each coefficient equal to zero, we acquire a system of algebraic equations for $a_i (i = 0, 1, \dots, N)$, $b_i (0, 1, \dots, M)$, A, c, w .

Step 4: If we solve the algebraic equations in the Step 3 with the help of Maple, we can find values of $a_i (i = 0, 1, \dots, N)$, $b_i (0, 1, \dots, M)$, A, c, w . We substitute this values into (2.3) by considering equation (2.4), the solutions of the NLPE in equation (2.1) can be obtained.

3. APPLICATION OF THE GENERALIZED KUDRYASHOV METHOD

3.1. Solution of the simplified modified Camassa Holm (SMCH) equation

In this section exact solutions of the simplified modified form of the Camassa Holm equation will be examined.

To find of the exact solutions of the SMCH equation given in equation (1.4), we apply the generalized Kudryashov method.

First, using the travelling wave transformation $u(x, t) = U(\vartheta) = cx - wt$, we can reduce equation (1.4) into an ODE,

$$-wU_{\vartheta} + 2ckU_{\vartheta} + c^2wU_{\vartheta\vartheta} + \beta cU^2U_{\vartheta} = 0. \tag{3.1}$$

Now integrate twice equation (3.1) with respect to ϑ , we obtain the following equation,

$$(2kc - w)U + c^2wU_{\vartheta\vartheta} + \frac{\beta c}{3}U^3 = 0, \quad (3.2)$$

where constant of integration is taken as zero.

Considering the homogenous balance between the highest order derivative term $U_{\vartheta\vartheta}$ with the highest order nonlinear term U^3 ,

$$3N - 3M = N - M + 2. \quad (3.3)$$

If we choose $M=1$, then $N=2$ and equation (2.3) takes the form

$$U(\vartheta) = \frac{a_0 + a_1Q(\vartheta) + a_2Q^2(\vartheta)}{b_0 + b_1Q(\vartheta)}, \quad (3.4)$$

where a_0, a_1, a_2, b_0 and b_1 are constants to be determined later.

Substituting solution (3.4) into the equation (3.2) yields a polinomial in $Q(\vartheta)$. A system of algebraic equations is obtained by setting each coefficient of the equation to zero.

$$Q^6 = 6a_2b_1^2c^2w + a_2^3\beta c.$$

$$Q^5 = 18a_2b_0b_1c^2w - 9a_2b_1^2c^2w + 3a_1a_2^2\beta c.$$

$$Q^4 = 18c^2wa_2b_0^2 - 27c^2wa_2b_0b_1 + 3c^2wa_2b_1^2 + 3\beta ca_0a_2^2 + 3\beta ca_1^2a_2 + 6cka_2b_1^2 - 3wa_2b_1^2.$$

$$Q^3 = -6c^2wa_0b_0b_1 - 3c^2wa_0b_1^2 + 6c^2wa_1b_0^2 + 3c^2wa_1b_0b_1 - 30c^2wa_2b_0^2 + 9c^2wa_2b_0 + 6\beta ca_0a_1a_2 + \beta ca_1^3 + 6cka_1b_1^2 + 12cka_2b_0b_1 - 3wa_1b_1^2 - 6wa_2b_0b_1.$$

$$Q^2 = 9c^2wa_0b_0b_1 + 3c^2wa_0b_1^2 - 9c^2wa_1b_0^2 - 3c^2wa_1b_0b_1 + 12c^2wa_2b_0^2 + 3\beta ca_0^2a_2 + 3\beta ca_0a_1^2 + 6cka_0b_1^2 + 12cka_1b_0b_1 + 6cka_2b_0^2 - 3wa_0b_1^2 - 6wa_1b_0b_1 - 3wa_2b_0^2.$$

$$Q^1 = -3c^2wa_0b_0b_1 + 3c^2wa_1b_0^2 + 3\beta ca_0^2a_1 + 12cka_0b_0b_1 + 6ckaa_1b_0^2 - 6wa_0b_0b_1 - 3wa_1b_0^2.$$

$$Q^0 = \beta ca_0^3 + 6cka_0b_0^2 - 3wa_0b_0^2.$$

Using Maple to solve the aforementioned system of algebraic equations yields the following cases.

Case 1

$$w = -2c \frac{k}{c^2 - 1},$$

$$a_0 = 0,$$

$$a_1 = -a_2,$$

$$b_0 = -\sqrt{\left(-\frac{-\beta c^2 + \beta}{12k}\right)} \frac{a_2}{2c},$$

$$b_1 = \sqrt{\left(-\frac{-\beta c^2 + \beta}{12k}\right)} \frac{a_2}{c}.$$

(3.5)

When we replace the found values w, a_0, a_1, b_0 and b_1 in (3.5) with the aid of solution (2.4), obtain the following solution of the simplified modified Camassa Holm equation;

$$U_1(\vartheta) = 4cAe^\vartheta \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\left(\frac{\beta c^2 - 1}{k}\right)(A^2(e^\vartheta)^2 - 1)}}, \tag{3.6}$$

where

$$\vartheta = cx + 2tc \frac{k}{c^2 - 1}. \tag{3.7}$$

Or we observe that $U_1(\vartheta)$ is equally the following hiperbolic equation;

$$u_1(x, t) = \frac{4cA \left(\cosh\left(\frac{c^2x + 2kt - x}{(c-1)(c+1)}\right) + \sinh\left(\frac{c^2x + 2kt - x}{(c-1)(c+1)}\right) \right) \sqrt{3}}{\sqrt{\left(\frac{\beta c^2 - 1}{k}\right) \left(A^2 \left(\cosh\left(\frac{c^2x + 2kt - x}{(c-1)(c+1)}\right) + \sinh\left(\frac{c^2x + 2kt - x}{(c-1)(c+1)}\right) \right)^2 - 1 \right)}}. \tag{3.8}$$

Privately; if we take $A=1, \beta=1, k=1$ for solution (3.8), obtain the following singular soliton solution

$$u_{1.2}(x, t) = 2\sqrt{3}c \frac{\operatorname{csch}\left(\frac{c^2x + 2t - x}{c^2 - 1}\right)}{\sqrt{(c^2 - 1)}}. \tag{3.9}$$

Figure 1 shows the 3D chart and contour plot graphics of $u_1(x, t)$, which is the solution of the simplified modified Camassa Holm equation solved by the generalized Kudryashov method.

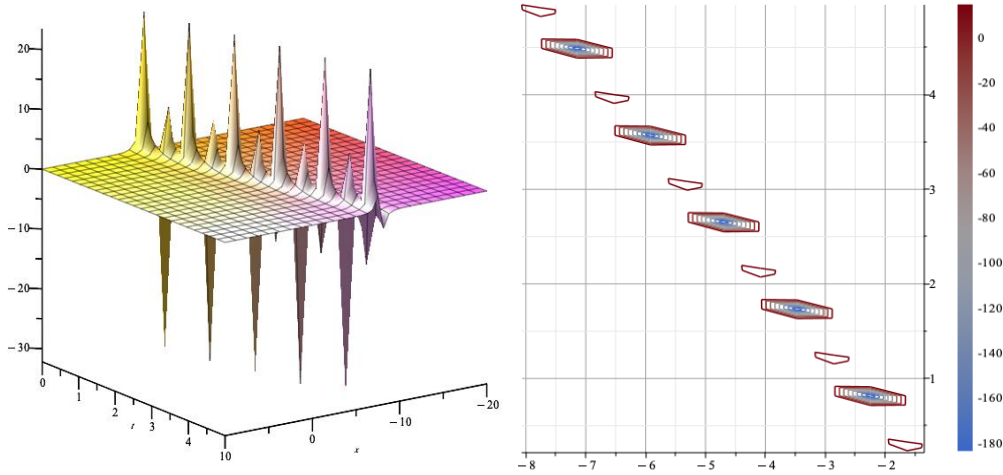


Fig. 1 Solution $u_1(x, t)$ when $A=10$, $c=2$, $k=2$ and $\beta=9$; in the range of $x=[-20,10]$, $t=[0,5]$.

Case 2

$$a_0 = -b_0 \frac{c}{2\sqrt{\left(-\frac{\beta c^2 + 2\beta}{24k}\right)}}$$

$$a_1 = -\frac{\sqrt{\left(-\frac{\beta c^2 + 2\beta}{24k}\right)} a_2 - 2b_0 c}{2\sqrt{\left(-\frac{\beta c^2 + 2\beta}{24k}\right)}}$$

$$b_0 = b_0,$$

$$b_1 = \sqrt{\left(-\frac{\beta c^2 + 2\beta}{24k}\right)} \frac{a_2}{c},$$

$$w = 4c \frac{k}{c^2 + 2}. \quad (3.10)$$

Substituting equations (3.10) into (3.4) with using (2.4), we acquire exact solution of the SMCH equation as follows;

$$U_2(\vartheta) = -(Ae^\vartheta - 1)c \frac{\sqrt{6}}{\sqrt{\left(-\frac{\beta c^2 + 2}{k}\right)}(1 + Ae^\vartheta)}, \quad (3.11)$$

where

$$\vartheta = cx - 4tc \frac{k}{c^2 + 2}. \quad (3.12)$$

Or we observe that $U_2(\vartheta)$ is equally the following hiperbolic equation;

$$u_2(x, t) = \frac{-\left(A * \left(\cosh\left(\frac{c^2 x - 4kt + 2x}{c^2 + 2}\right) + \sinh\left(\frac{c^2 x - 4kt + 2x}{c^2 + 2}\right)\right) - 1\right) c}{\sqrt{\left(-\beta \frac{c^2 + 2}{k}\right) \left(1 + A \left(\cosh\left(\frac{c^2 x - 4kt + 2x}{c^2 + 2}\right) + \sinh\left(\frac{c^2 x - 4kt + 2x}{c^2 + 2}\right)\right)\right)}} \sqrt{6}. \quad (3.13)$$

Figure 2 shows the 3D chart and contour plot graphics of $u_2(x, t)$, which is the exact wave solution of the simplified modified Camassa Holm equation solved by the generalized Kudryashov method. In addition, 2D chart and polar coordinate graphics are given for solution (3.13) of the SMCH equation in Figure 3.

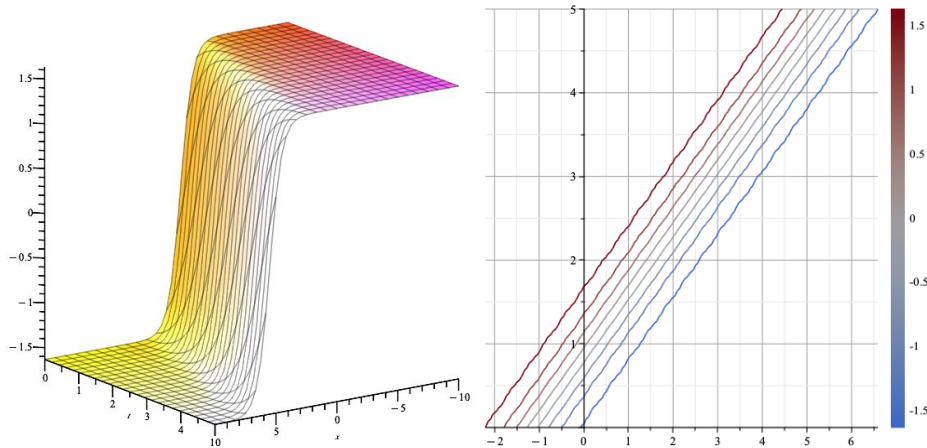


Fig. 2 Exact wave solution $u_2(x, t)$ when $A=10$, $c=2$, $k=2$ and $\beta = -3$; in the range of $x=[-10,10]$, $t=[0,5]$.

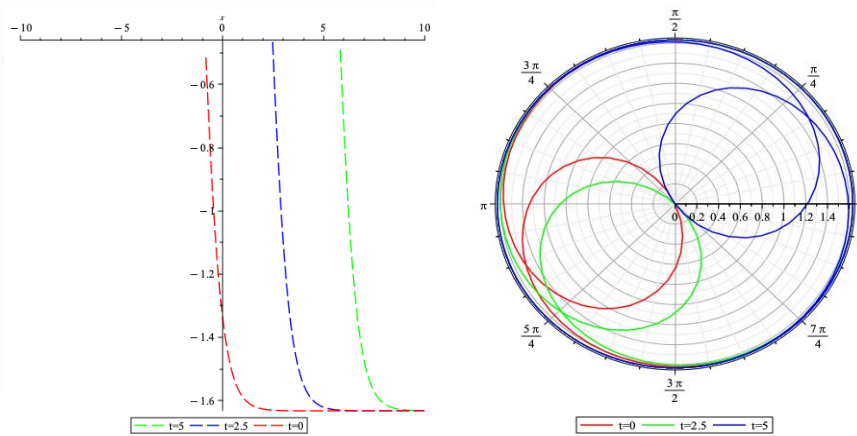


Fig. 3 Exact solution $u_2(x, t)$ when $A=10$, $c=2$, $k=2$ and $\beta = -3$; in the range of $x=[-10,10]$, $t=[0,5]$.

Case 3

$$a_0 = \frac{a2}{2},$$

$$a_1 = -a_2,$$

$$b_0 = -\sqrt{\left(-\frac{2\beta c^2 + \beta}{12k}\right)} \frac{a_2}{2c},$$

$$b_1 = \sqrt{\left(-\frac{2\beta c^2 + \beta}{12k}\right)} \frac{a_2}{c},$$

$$w = 2c \frac{k}{2c^2 + 1}. \tag{3.14}$$

When we replace the found values w, a_0, a_1, b_0 and b_1 in (3.14) with the aid of solution (2.4), obtain the following solution of the simplified modified Camassa Holm equation;

$$U_3(\vartheta) = -2c(A^2 e^{2\vartheta} + 1) \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{\left((-2c^2 - 1)\frac{\beta}{k}\right)(A^2 e^{2\vartheta} - 1)}}, \tag{3.15}$$

where

$$\vartheta = cx - 2tc \frac{k}{2c^2 + 1}. \tag{3.16}$$

Or we observe that $U_3(\vartheta)$ is equally the following hiperbolic equation;

$$u_3(x, t) = \frac{-2c\left(A^2\left(\cosh\left(2c\frac{2c^2x - 2kt + x}{2c^2 + 1}\right) + \sinh\left(2c\frac{2c^2x - 2kt + x}{2c^2 + 1}\right)\right) + 1\right)\sqrt{3}}{\sqrt{\left((-2c^2 - 1)\frac{\beta}{k}\right)\left(A^2\left(\cosh\left(2c\frac{2c^2x - 2kt + x}{2c^2 + 1}\right) + \sinh\left(2c\frac{2c^2x - 2kt + x}{2c^2 + 1}\right)\right) - 1\right)}}. \tag{3.17}$$

Figure 3 shows the 3D chart and contour plot graphics of $u_3(x, t)$, which is the exact wave solution of the simplified modified Camassa Holm equation solved by the generalized Kudryashov method.

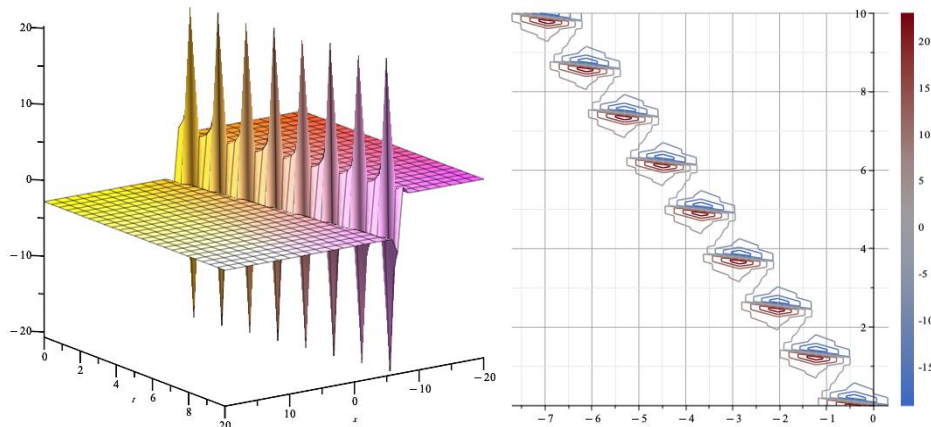


Fig. 4 Exact solution $u_3(x, t)$ when $A=2, c=2, k=-3$ and $\beta=2$; in the range of $x=[-20,20], t=[0,10]$.

CONCLUSION

In this study, the simplified modified Camassa Holm equation, which has various uses in mathematics and physics, was discussed. After examining the generalized Kudryashov method, it was applied to the SMCH equation using the traveling wave transform. Exact solutions and hyperbolic solutions of the equation were examined. Some special solutions were also presented. Two- and three-dimensional graphics of the obtained solutions in some x and t ranges were examined. The established results demonstrate the simplicity, generality and power of the generalized Kudryashov method, which may be used to many other nonlinear differential equations to achieve correct traveling wave solutions.

REFERENCES

1. Adem, A.R., Muatjetjeja, B.: Conservation laws and exact solutions for a 2D Zakharov–Kuznetsov equation. *Appl. Math. Lett.* 48, 109–117 (2015).
2. Ren, Y.J., Zhang, H.Q.: A generalized F-expansion method to find abundant families of Jacobi elliptic function solutions of the (2 +1)-dimensional Nizhnik–Novikov–Veselov equation. *Chaos Solitons Fractals* 27, 959–979 (2006).
3. Abdou, M.A.: Further improved F-expansion and new exact solutions for nonlinear evolution equations. *Nonlinear Dyn.* 52, 277–288 (2008).
4. Gao, Q., & Zhao, X. (2011). A generalized Tanh method and its application. *Applied Mathematical Sciences*, 5, 3789–3800.
5. Gao, T., & Tian, B. (2001). Generalized hyperbolic-function method with computerized symbolic computation to construct the solitonic solutions to nonlinear equations of mathematical physics. *Computer Physics Communications*, 133, 158–164.
6. Jawad, A.M., Petkovic, M.D., & Biswas, A. (2010). Modified simple equation method for nonlinear evolution equations. *Applied Mathematics and Computation*, 217, 869–877.
7. G.W. Bluman, S. Kumei, *Symmetries and Differential Equations*, Springer-Verlag, New York, 1989.
8. Z. S. Feng, The Örst integral method to study the Burgers-KdV equation, *J. Phys. A: Math. Gen.* 35(2002) 343349. January 2002.
9. R.M. Miura, *Backlund Transformation*, Springer-Verlag, New York, 1973.
10. M.L. Wang, Solitary wave solutions for variant Boussinesq equations, *Phys. Lett. A* 199 (1995) 169–172.
11. E. Fan, H. Zhang, A note on the homogeneous balance method, *Phys. Lett. A* 246 (1998) 403–406,
12. R. Camassa, D. Holm, An integrable shallow water equation with peaked solitons *Phys. Rev. Lett.* 71(11) (1993): 1661–1664.
13. M. Wazwaz. Solitary wave solutions for modified forms of Degasperis-Procesi and Camassa-Holm equations, *Phys. Lett. A*, 352 (2006), 500–504.
14. Islam, Md Nurul, Md Asaduzzaman, and Md Shajib Ali. "Exact wave solutions to the simplified modified Camassa-Holm equation in mathematical physics." *Aims Math* 5.1 (2019): 26-41.
15. Irshad, Amna, Muhammad Usman, and Syed Tauseef Mohyud-Din. "Exp-function method for simplified modified Camassa-Holm equation." *Int. J. Modern Math. Sci* 4.3 (2012): 146-155.
16. Liu X, Tian L, Wu Y. Application of G'/G -expansion method to two non-linear evolution equations. *Appl Math Comput* 2010;217(4):1376–84.
17. Javeed, Shumaila, et al. "New soliton solutions of Simplified Modified Camassa Holm equation, Klein–Gordon–Zakharov equation using First Integral Method and Exponential Function Method." *Results in Physics* 38 (2022): 105506.

18. Gündoğdu H, Gözükızıl ÖF. On different kinds of solutions to simplified modified form of a Camassa–Holm equation. J Appl Math Comput Mech 2019;18(2).



Makale id= 4

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6338-4553

| 56

Monotonik Yük Etkisi Altında Perlitli Betonarme Kirişlerin Yapısal Davranışlarının İncelenmesi

Araştırmacı Melih Şakir Polat¹, Doç.Dr. Atila Kumbasaroglu¹, Prof.Dr. Hakan Yalciner¹, Doç. Dr. Yaşar Ayaz², Arş.Gör. Ahmet İhsan Turan¹, Arş.Gör. Alper Çelik³

¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

²Malatya İnönü Üniversitesi

³Ankara Üniversitesi

*Corresponding author: Melih Şakir Polat

Özet: Mevcut yapı stoku incelendiğinde, betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapıların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu durum artan nüfusla birlikte kentleşme ve sanayileşmedeki artış ile birleşince betonarme yapı üretiminin hammaddesi konumunda bulunan betona olan ihtiyacı da gün geçtikçe artırmaktadır. Belirtilen ihtiyaç doğrultusunda, beton üretiminde betonun malzeme mekanik özelliklerinden (betonda basınç dayanımı, birim şekil değiştirme, süneklik vb.) ödün vermeden hem ekonomik hem de ekolojik olguları dikkate alarak beklenen ihtiyacın karşılanması gerekmektedir. Gerçekleştirilecek çalışma kapsamında hem geleneksel hem de doğal perlit agregası kullanılarak toplamda 4 adet betonarme kiriş numunesinin üretilmesi planlanmıştır. Gerçekleştirilecek yükleme deneyleri sonrasında, numunelerin yük-deplasman ilişkisi, enerji tüketme kapasitesi, hasar dağılımları incelenecektir. Tüm deney verileri ışığında, doğal perlit agregasının betonarme kirişlerde kullanılabilirlik durumu ortaya çıkarılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Betonarme Kiriş, Doğal Perlit Agregası, Hafif Beton

Investigation of the Structural Behavior of Reinforced Concrete Beam With Perlite Under the Effect of Monotonic Load

Abstract: When the existing structure stock is examined, it can be seen that the majority of buildings have reinforced concrete (RC) carrier systems. This case, combined with the increasing population and the increase in urbanization and industrialization, to be increased the need for concrete, which is the raw material of RC building production, day by day. In line with the stated need, the expected need must be met by taking into account both economic and ecological facts in concrete production without compromising the material mechanical properties of concrete (compressive strength, strain, ductility, etc. in concrete). Within the scope of the study, it is planned to fabricate a total of 4 RC beam specimens using both conventional and natural perlite aggregate. After the loading tests, the load-displacement relationship, energy consumption capacity and damage distributions of the specimens will be investigated. In the light of all test data, the usability of natural perlite aggregate in RC beams will be revealed.

Keywords: Reinforced Concrete Beam, Natural Perlite Aggregate, Lightweight Concrete

1. GİRİŞ

Betonarme yapılara olan ihtiyacın nüfus ve sanayileşmedeki büyüme ile birlikte artması beton malzeme özelliklerindeki gelişmelere ek olarak ekonomik ve ekolojik üretime yönelmeyi de zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda Tablo 1’de özetlenen çalışmalarda araştırmacılar tarafından betonun beton basınç dayanımı,

elastisite modülü, şekil değiştirme kapasitesi vb. betonun mekanik özelliklerini iyileştirme, doğaya verilen zararı en aza indirme ve üretim maliyetlerini azaltmak amacıyla birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde geleneksel beton üretiminde kullanılan agrega yerine kullanılan malzemeler doğal kaynak, alternatif ve atık malzemeler olarak üç ana başlıktan oluşmaktadır.

Tablo 1 Literatür özeti (Alternatif/Atık malzemeler ile üretilen betonun performansının incelenmesi)

Yazar	Kullanılan Agrega	Araştırma Konusu	Değişken Parametreler	Malzeme Tipi
Lydon (1982)	Doğal perlit agregası	Beton basınç dayanımı	Agrega kullanım oranı	
Gökçe vd. (2010)	Doğal perlit agregası	Beton basınç dayanımı, ultra ses geçiş hızları ve birim hacim ağırlıkları	S/Ç oranı, Granülometri dağılımı	
Topçu vd. (2015)	Genleştirilmiş perlit	Ultras ses geçiş hızı, eğilme deneyi, su emme ve ısı iletkenlik	Granülometri dağılımı, agrega yüzdesi (%0, %10, %20, %30 ve %40)	Doğal kaynak
Mansour (2020)	Doğal perlit agregası	Betonun işlenebilirliği ve mekanik özellikleri	Agrega kullanım oranı	
Chihaoui vd. (2022)	Doğal puzolan ve doğal perlit	Alkali silika reaksiyon direnci	Agrega kullanım oranı (%0, %10 ve %20)	
Ragul vd. (2022)	Doğal perlit agregası	Beton basınç dayanımı	Agrega kullanım oranı (%5, %10, %15 ve %20)	
Düzgün (2005)	Çelik tel	Beton basınç, çekme ve eğilme dayanımı	Çelik tel kullanım oranı (%2,%5,%7)	
Tayşi vd. (2017)	Cam elyaf	Betonun basınç, çekme dayanımı ve işlenebilirliği	Cam elyaf kullanım oranı (%0.5, %1 ve %1.5)	Alternatif malzemeler
Yalciner vd. (2018)	Geo-grid	Betonarme kiriş eğilme ve kesme dayanımı	Korozyon seviyesi (2, 3, 5, 6, ve 9%)	
Bicer vd. (2019)	Polipropilen lif	Betonarme kiriş eğilme dayanımı	Polipropilen lif kullanım oranı (%0.5, %1 ve %1.5)	
Akçaözoğlu (2008)	Pet şişe	Hafif beton üretimi	Pet şişe kullanım oranı	
Emiroğlu vd. (2009)	Atık lastik	Elastisite modülü	Atık lastik kullanım oranı	
Vadivel vd. (2011)	Atık kauçuk lastiği	Beton basınç dayanımı	Atık kauçuk lastiği (0%-6%)	
Rashid vd. (2012)	Kil tuğla atığı	Elastisite modülü ve beton basınç dayanımı	Kil tuğla atığı kullanım oranı %25, %50, %75 ve %100	
Gonzalez vd. (2014)	Atık seramik	Beton basınç ve çekme dayanımı	Atık seramik kullanım oranı (%5-10)	Atık malzemeler
Abraham vd. (2017)	Atık demir tozu	Beton basınç ve çekme dayanımı	Atık demir tozu kullanım oranı (0% ve %10)	
Shafiqh vd. (2017)	Palm yağı kazan klinkeri	Beton numunelerin yoğunluk, basınç ve yarmada çekme dayanımı	Palm yağı kazan klinkeri kullanım oranı (0%-50)	
Çakır vd. (2018)	İnşaat molozu, silis dumanı	Beton çekme dayanımı	Silis dumanı içeriği (%0-5-10), İnşaat molozu (0-40%)	
Abed vd. (2019)	Odun atığı	Beton basınç dayanımı	Odun atığı kullanım oranı (%25-30)	

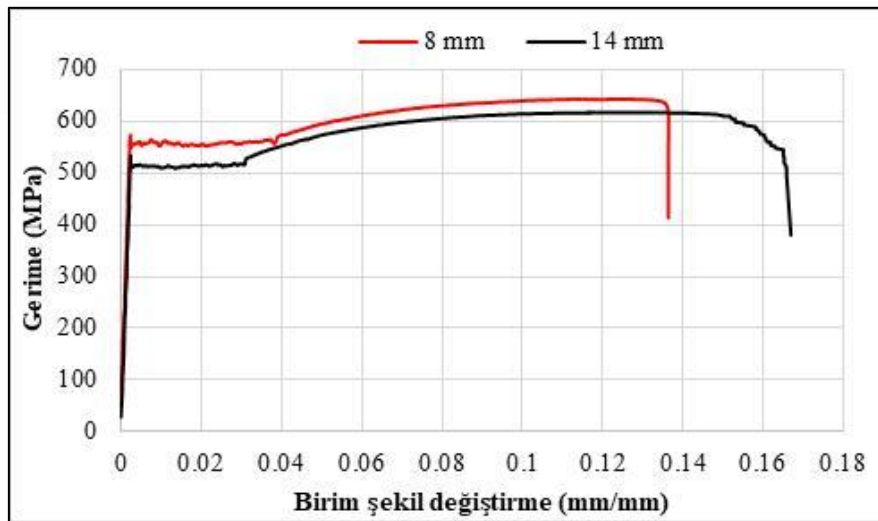
Yazar	Kullanılan Agregaya	Araştırma Konusu	Değişken Parametreler	Malzeme Tipi
Eren (2020)	Atık döküm kumları	İşlenebilirlik, su emme kapasitesi ve kılcak geçirimsizlik	Kum oranları	
Zhang vd. (2020)	Uçucu kül	Rötre çatlakları	Uçucu kül kullanım oranı (0% ve %20.80)	
Şahan vd. (2021)	Kazınmış asfalt	Beton basınç dayanımı	Kazınmış asfalt kullanım oranı (%5, %10, %20 ve %30)	
Durak vd. (2022)	Atık demir tozu	Betonun aşınma, eğilme ve basınç dayanımı	Atık demir tozu kullanım oranı (%10, %20 ve %30)	

Yapısal hafif beton (LWC) bir yapı bileşeni olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Hossain 1997). Yapısal hafif beton yoğunluğu tipik olarak 1400 ila 2000 kg/m³ arasında değişmektedir (ACI 211.2 1981). Tablo 1'den görüleceği üzere hafif beton üretiminde bir çok atık veya katkı malzeme kullanılmaktadır. Geleneksel agregaya göre daha hafif agregaların kullanılması, yapıya ses ve ısı yalıtım özelliği kazandırmasına ek olarak yapının ölü yükünün azalmasını sağlayarak taşıyıcı elemana etkiyen deprem yüklerini azaltmaktadır. Böylece betonarme elemanda donatı ihtiyacını azaltarak ekonomik anlamda da katkı sunacağı birçok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Hossain 2004; Topçu 1997; Mor 1993).

2. MATERYAL ve YÖNTEM

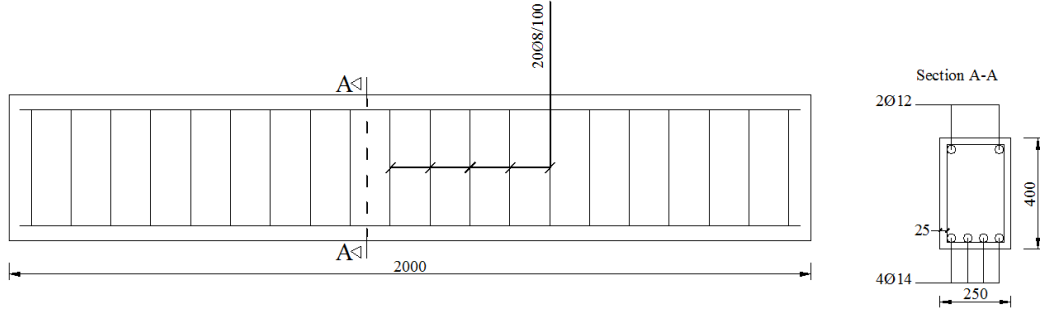
1.1. Malzeme ve Kesit Özellikleri

Betonarme kiriş numunelerinin aksel eğilme deneyleri, özdeş beton sınıfı (25-40 MPa), kesit özellikleri, donatı oranı ve detayına sahip olacak şekilde, geleneksel agregaya ve doğal perlit agregasından üretilmiş toplamda 4 adet betonarme kiriş numunesi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Donatı kafeslerinin üretiminden önce tasarımlarda dikkate alınacak donatıların mekanik özellikleri çekme deneyi ile belirlenmiştir. Donatıların mekanik özellikleri; 8 mm için akma dayanımı 572 MPa, kopma dayanımı 644 MPa, akma ve kopmadaki gerinim değeri 0.00245 ve 0.0137 olarak, 14 mm donatı için akma dayanımı 530 MPa, kopma dayanımı 616 MPa, akma ve kopmadaki gerinim değeri 0.00225 ve 0.0163 olarak hesaplanmıştır. Donatıların elastik modülü 2×10^5 MPa olarak hesaplanmıştır. Betonarme kirişler beton üretiminde kullanılan agregaya tipine P (doğal perlit agregası), C (geleneksel agregaya) ve hedef basınç dayanımına göre 20 ve 40 MPa olarak isimlendirilmiştir. (Örn. Doğal perlit agregası ile üretilen 25 MPa basınç dayanımına sahip numune P25)



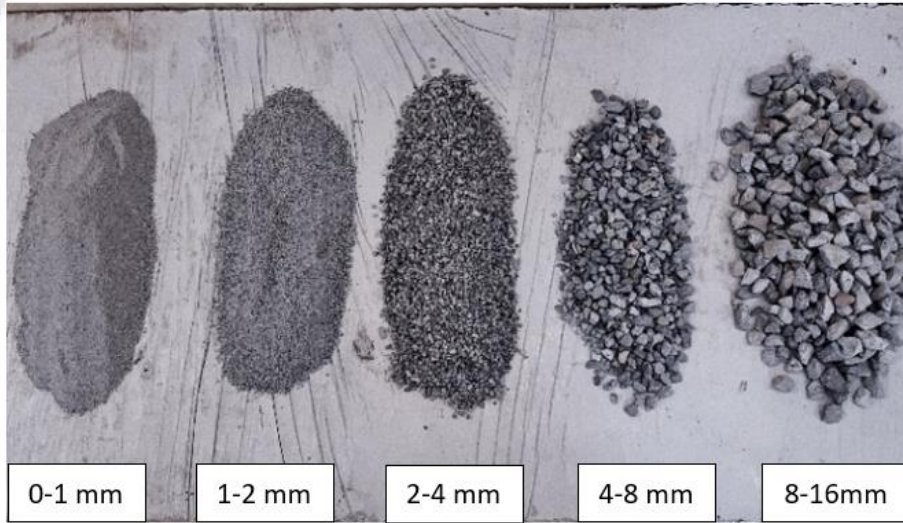
Şekil 1. Donatı mekanik özellikleri.

Şekil 2.de betonarme kiriş numunelerine ait kesit özellikleri ve donatı detaylar gösterilmektedir.



Şekil 2. Kesit ve donatı detayı.

Şekil 2’de gösterilen betonarme kiriş numunesi genişliği 250 mm, yüksekliği 400 mm ve net açıklığı ise 2000 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Betonarme kiriş numunelerinin pas-payı kalınlığı 25 mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Kesitin çekme bölgesinde nervürlü 14 mm çapında 4 adet çekme donatısı, basınç bölgesinde ise 2 adet nervürlü 12 mm çapında donatı kullanılmıştır. Kesme donatılarının hesabı için TS 500 (2000) göz önüne alınmış olup, beton tarafından karşılanan kesme dayanımının, betonun çatlamadaki kesme dayanımının 0.65’i kadar olması öngörülerek, her bir betonarme kiriş numunelerinin sargı donatıları için 8 mm çapında iki kollu nervürlü etriyeler kullanılmıştır. Beton üretiminde kullanılan 0-1 mm, 1-2 mm, 2-4mm, 4-8 mm ve 8-16 mm çaplarına sahip doğal perlit agregaları Şekil 3’te gösterilmektedir.

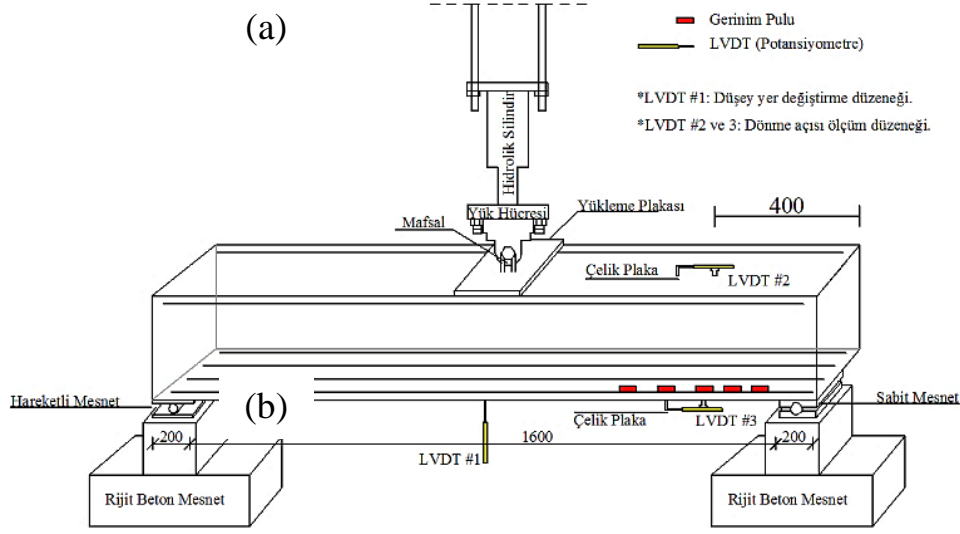


Şekil 3. Farklı çaptaki doğal perlit agregaları.

1.2. Yükleme ve Ölçüm Düzenegi

Şekil 4’te, geleneksel ve doğal perlit kullanılarak üretilen aynı beton basınç dayanıma sahip betonarme kiriş numunelerinin eğilme deneyleri üç noktadan yükleme ve ölçüm deney düzenegi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğilme deneyleri için aksel yüklemeye, çelik çerçeve sistemine monte edilmiş bir adet 600 kN kapasitesine sahip hidrolik piston kullanılmıştır. Deney sürecinde hidrolik piston tarafından uygulanan yük pistonun ucuna sabitlenen 1000 kN kapasiteye sahip yük hücresi ile kayıt altına alınmıştır. Yükleme düzeneginde, hidrolik silindir ile yükleme plakası arasında mafsal kullanılarak ayrıca dış merkezli yüklemenin önüne geçilmiştir. Hidrolik silindir altında tasarlanan yükleme plakası

sayesinde, hidrolik silindir vasıtasıyla aktarılan yükün, betonarme kiriş numunelerinin mesnet bölgelerine iletilmesi suretiyle, betonarme kiriş numunelerinde eğilme hâkim bir davranış elde edilmiştir.



Şekil 4. Deneysel Düzenek Şematik Gösterimi (a), Deneysel Düzenek (b).

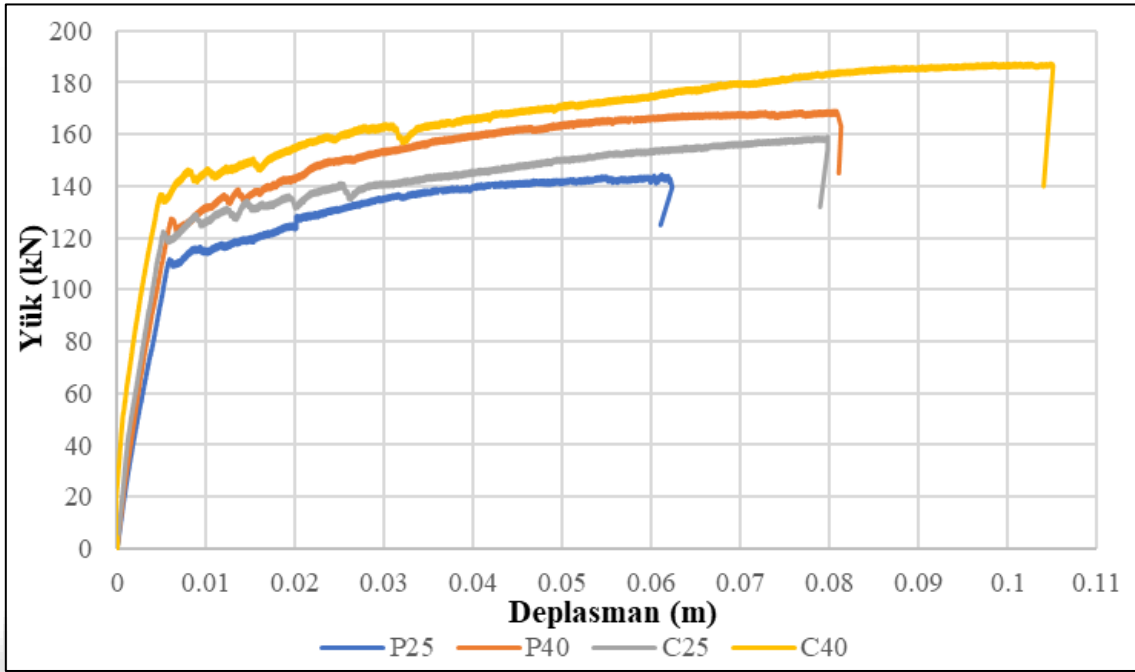
Betonarme kiriş numuneleri, iki adet rijit beton bloğunun üstüne yerleştirilerek deney düzenekinin sınır şartları sağlanmıştır. Sınır şartları, rijit beton bloklar ile betonarme kiriş numuneleri arasında yerleştirilen çelik levhalar ile yük deplasman ilişkisinin sağlıklı ölçülebilmesi açısından, sabit ve hareketli mesnet olacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4'te ki yük-deplasman ilişkisi, enerji yutma kapasitesi gibi yapısal parametrelerin ölçülebilmesi amacıyla, betonarme kiriş numunelerinin orta açıklık mesafesine yerleştirilen 150 mm kapasiteli potansiyometrik cetvel (LVDT#1) yardımı ile yüklemeye eş zamanlı olarak, betonarme kiriş numunelerinin aksel düşey yer değiştirmeleri kayıt altına alınmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Betonarme kiriş numunelerinin yükleme deneylerinden elde edilen ölçüm verileri ışığında yük deplasman eğrileri oluşturulmuştur. Ek olarak elde edilen yük-deplasman eğrilerinin altında kalan alanların hesaplanmasıyla betonarme kirişlerin göçme moduna ulaşmaya kadar tüketmiş oldukları enerji değerleri elde edilmiştir.

3.1. Yük-Deplasman Eğrileri

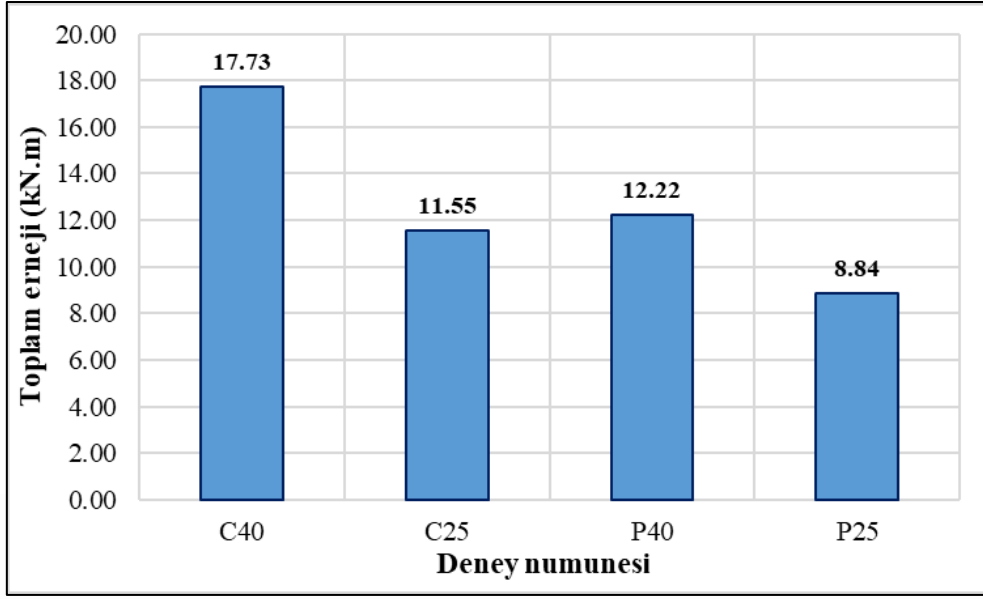
Şekil 5'te 4 farklı numune için elde edilen yük – deplasman eğrileri gösterilmektedir. Şekil 5 incelendiğinde C40 numunesi dikkate alındığında taşıma gücü kapasiteleri P40,C25 ve P25 numuneleri için sırasıyla % 9.8, % 15.1 ve % 22.9 oranında azaldığı görülmüştür.



Şekil 5. Yük-Deplasman eğrisi.

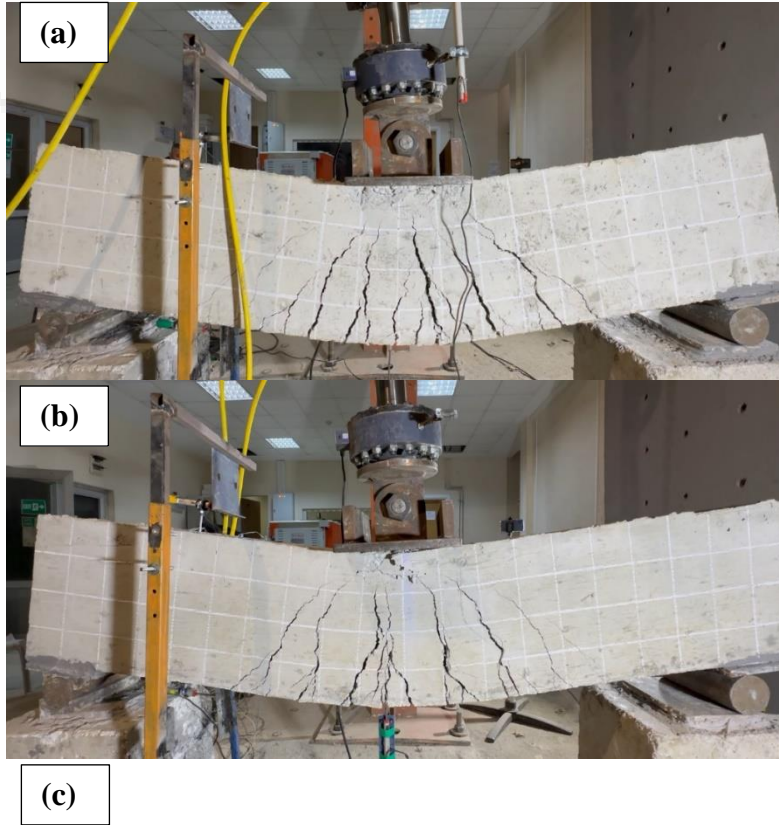
3.2. Enerji Kapasiteleri

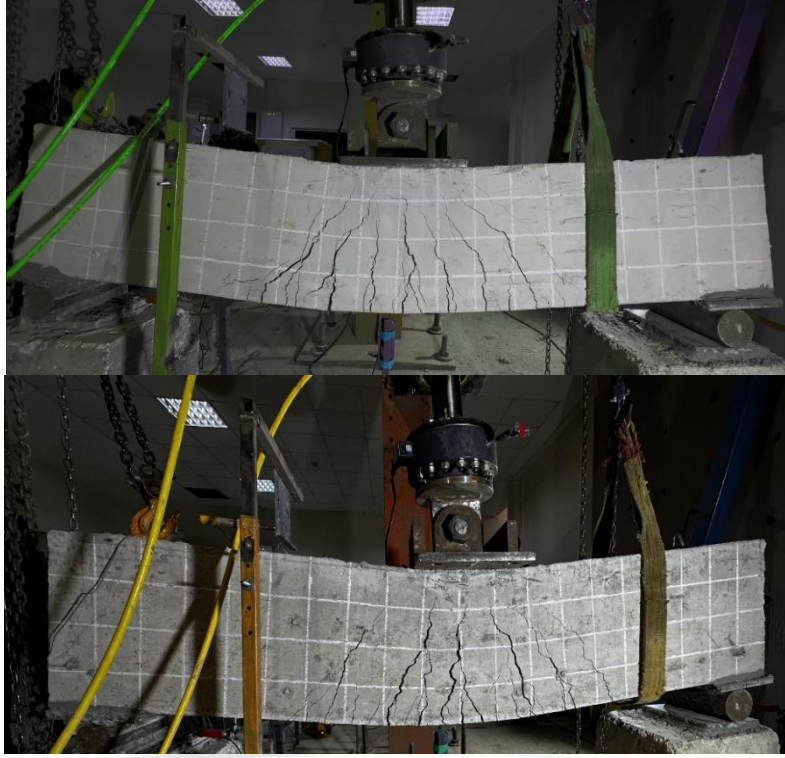
Dış yükler etkisi altında hasara uğrayan betonarme kirişlerin yük-deplasman eğrilerinin sınırladığı bölgelerin altında kalan alanların hesaplanmasıyla Şekil 6'da verilen enerji kapasiteleri hesaplanmıştır. Elde edilen enerji kapasiteleri dikkate alındığında C40 numunesine göre enerji kapasitelerinin P40, C25 ve P25 numuneleri için sırasıyla % 30.4, %34.2 ve % 49.6 oranında azaldığı görülmüştür.



Şekil 6. Numunelerin enerji kapasiteleri.

Toplam enerji yutma kapasiteleri incelendiğinde geleneksel betondan imal edilen kirişlerin, perlitli betondan imal edilen kirişlere göre enerji yutma kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Betonarme kirişlerin yükleme deneyi sonrası hasar durumları Şekil 7'de görülmektedir. Numunelerin çatlak dağılımları incelendiğinde tüm numuneler için özdeş bir şekilde kiriş orta açıklık bölgesinde çatlak genişliklerinin maksimum değere ulaştığı, açıklık bölgesinden mesnet bölgesine doğru çatlak genişliklerinin daraldığı ve en uç noktalarda ise çatlakların kılcal hale geldiği görülmektedir.





Şekil 7. Deney numuneleri: a) C25 b) C40, c) P25, d) P40

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Doğal perlit agregası kullanılarak ve geleneksel betondan üretilen iki farklı beton basınç dayanımına sahip özdeş kirişlerin monotonik yük etkisi altındaki yük-deplasman ilişkisi ve kümülatif enerji kapasiteleri deneysel çalışma kapsamında incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında aşağıda özetlenen sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Geleneksel agregası ile üretilen betonarme kiriş numunelerinin enerji kapasitelerinin doğal perlit agregası ile üretilen kirişlerden daha yüksek olduğu,
2. Yük-deplasman eğrileri dikkate alındığında perlit kullanılarak üretilen numunelerin yük ve deplasman değerlerinin geleneksel agregası ile üretilen numunelere göre daha sınırlı kaldığı,
3. Numunelerin akma konumuna kadar olan rijitlik değerleri incelendiği zaman C25 ve P40 numunelerinin başlangıç rijitlik değerlerinin benzer olduğu, C40 numunesinin ise daha rijit bir davranış sergilediği,
4. Deneylerin tamamlanmasının ardından hasarlar incelendiğinde eğilme çatlaklarının her iki tip numune içinde benzer formlarda olduğu gözlemlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın finansal desteği İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen FBA-2024-3343 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yazarları İnönü Üniversitesine desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

ACI Committee 211 (1981). Standard Practice for Selecting Proportions of Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-81). *American Concrete Institute*, Detroit, USA.

Akçaözöğlü, S., 2008. Atık pet şişe kırıklarının hafif beton agregası olarak kullanılabilirliği, Doktora tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 283.

- Bicer, K., Yalciner, H., Balkıs, A. P., & Kumbasaroglu, A. (2018). Effect of corrosion on flexural strength of reinforced concrete beams with polypropylene fibers. *Construction and building materials*, 185, 574-588.
- Building and Environment, Vol. 42, Issue. 12, pp. 4108–4116.
- Chihaoui, R., Siad, H., Senhadji, Y., Mouli, M., Nefoussi, A. M., & Lachemi, M. (2022). Efficiency of natural pozzolan and natural perlite in controlling the alkali-silica reaction of cementitious materials. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01246
- DURAK, U., & ŞİMŞEK, A. A. (2022). Uçucu kül ve yüksek fırın cürufu temelli geopolimer sistemlerde atık demir tozunun agrega yerine kullanımının araştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 812-828.
- García-González, J., Rodríguez-Robles, D., Juan-Valdés, A., Morán-del Pozo, J. M., & Guerra-Romero, M. I. (2015). Ceramic ware waste as coarse aggregate for structural concrete production. *Environmental technology*, 36(23), 3050-3059.
- Gökçe, H.S., Durmuş, G., Şimşek, O., 2010, Malzemeler, Politeknik Dergisi, Cilt 13, Sayı
- Hossain K.M.A. (2004). Properties of Volcanic Pumice Based Cement and Lightweight Concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 34, No. 2, pp. 283-291.
- Lydon, F.D., *Concrete Mix Design*, Applied Science Publishers, 2nd ed., London, 1982.
- Mansour, S. M. (2020). Physical-mechanical properties of steel fibre-reinforced self-compacting concrete containing natural perlite addition. *International Journal of Microstructure and Materials Properties*, 15(2), 122-140.
- Mor A. (1993). Steel-Concrete Bond in High-strength Lightweight Concrete, *ACI Materials Journal*, Vol. 89, No. 1, pp.76–82.
- Ragul, P., Hari, M. N. T., Arunachalam, N., & Chellapandian, M. (2022). An experimental study on the partial replacement of fine aggregate with perlite in cement concrete. *Materials Today: Proceedings*, 68, 1219-1224
- Tayşi, N. Cam Elyaf İçeren Betonarme Kirişin Eğilme Davranışı İçin Deneysel Çalışma, 20. Mekanik Kongresi, Bursa
- Topçu I.B. and Uygunoğlu T. (2007). Properties of Autoclaved Lightweight Aggregate Concrete,
- Topçu, İ. B., Gökbel, İ. M. S, B Işıkdag 2015, II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumu SBS 2015, 28-30 Mayıs 2015, Türkiye.
- Vadivel, T. S., & Thenmozhi, R. (2011). Experimental behaviour of concrete with waste tyre rubber as coarse aggregate. *Nature, Environment and Pollution Technology*, 10(2), 173-178.
- Yalciner, H., Kumbasaroglu, A., & Ergun, U. (2018). Effects of geo-grid and conventional stirrups on reinforced concrete beams with polypropylene fibers. In *Structures* (Vol. 13, pp. 230-242). Elsevier.

Makale id= 5

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6338-4553

| 65

Yüksek Sıcaklık Etkisinde Perlitli Betonun Basınç ve Eğilme Dayanımlarının Araştırılması**Araştırmacı Akif Berke Öztürk¹, Doç.Dr. Atila Kumbasaroglu¹, Prof.Dr. Hakan Yalciner¹, Doç. Dr. Yaşar Ayaz², Arş.Gör. Alper Çelik¹, Arş.Gör. Ahmet İhsan Turan³**¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi²Malatya İnönü Üniversitesi³Ankara Üniversitesi

*Corresponding author: Akif Berke Öztürk

Özet: Mevcut literatür incelendiği zaman beton üretiminde kullanılan geleneksel agrega yerine farklı mekanik ve fiziksel özelliklere sahip atık veya katkı malzemelerinin çeşitli oranlarda kullanılarak betonun mekanik özelliklerini iyileştirmeye yönelik bir çok çalışmanın gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında geleneksel agrega yerine doğal perlit agregası kullanılarak üretilen numuneler yüksek sıcaklık etkilerine maruz bırakılarak numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda perlitli ve geleneksel beton kullanılarak 25 ve 40 MPa beton basınç dayanımına sahip, 10x10x40 cm boyutlarında 48 adet dikdörtgen prizma kiriş ve 15x15x15 cm boyutlarına sahip 48 adet küp numune olmak üzere toplamda 96 adet beton numunesi üretilmektedir. Numunelerin oda sıcaklığında, 200°C, 400°C ve 600°C sıcaklık etkilerine maruz bırakılması planlanmıştır. Sonrasında numuneler kütle kaybı (KK), ultra ses geçiş hızı (USGH), basınç dayanımı (BD), elastisite modülü (EM) ve basit eğilme (BE) deneyi gibi tahribatlı/tahribatsız yöntemlerle incelenerek, tüm numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri karşılaştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yanma Dayanımı, Basınç Dayanımı, Eğilme, Durabilite.

Investigation of the Compressive and Flexural Strength of Concrete With Perlite Under the Effect of High Temperature

Abstract: When the existing literature is examined, it can be seen that many studies have been carried out to improve the mechanical properties of concrete by using waste or additive materials with different mechanical and physical properties in various proportions instead of the conventional aggregate used in concrete production. Within the scope of this study, it was aimed to examine the physical and mechanical properties of the samples fabricated using natural perlite aggregate instead of conventional aggregate by exposing them to high temperature effects. In this context, a total of 96 concrete samples will be fabricated, including 48 rectangular prism beams with dimensions of 10x10x40 cm and 48 cube samples with dimensions of 15x15x15 cm, with a concrete compressive strength of 25 and 40 MPa, using perlite and conventional concrete. The samples were planned to be exposed to temperature effects of 200°C, 400°C and 600°C at room temperature. Afterwards, the samples will be examined with destructive/non-destructive methods such as mass loss (ML), ultra sound transmission rate (USTR), compressive strength (CS), elasticity modulus (EM) and pure bending (PB) test, and the mechanical and physical properties of all samples will be compared.

Keywords: Fire Resistance, Compressive Strength, Bending, Durability.

1. GİRİŞ

Betonarme yapıların sismik yükler altında eleman ve sistem bazında sünek davranış sergilemesi taşıyıcı sistem elemanlarının kesit ve malzeme özelliklerine bağlıdır. Kesit boyutları ve malzeme yoğunluğunun yüksek olması taşıyıcı elemanlara etkiyen deprem yüklerini artırmaktadır. Bu bağlamda betonarme yapıların büyük bir bölümünü oluşturan betonun mekanik özelliklerinde kayıplar yaşanmadan daha düşük yoğunluk değerlerine sahip beton tasarlanması büyük öneme sahiptir.

İnşaat sektöründe yapılaşmanın artmasıyla betonun hacimce %60-80'ini oluşturan betonun ana hammadde konumunda olan agregaya olan ihtiyaç artmaktadır. Agregaya kaynakları dünyada yaygın olarak kullanılan doğal kaynaklardır. Yalnızca 2018 yılında'da, küresel inşaat sektörü 360 milyar dolar tutarında doğal agregaya kullanmıştır (Ostrowski vd. 2020). Ayrıca kum ve çakıl madenciliği, su kütlelerini ve doğal ekosistemleri tehlikeye attığı için felaket niteliğinde bir uygulama olarak nitelendirilmektedir (Castillo vd. 2020; Sikora et al. 2020). Bu nedenle, betondaki çimento ve işlenmemiş agregaya miktarını azaltmak, yalnızca ekonomik açıdan değil, beton bileşenlerin üretimiyle ilişkili çevresel tehditleri sınırlama konusunda da büyük öneme sahiptir (Zhai vd. 2020). İnşaat sektöründe doğal kaynakların tüketiminin artması ve alternatif olarak kullanılabilen petrol ve plastik türevi malzemelerin ekonomik olmaması, araştırmacıları daha çok atık veya alternatif malzemeleri araştırma konularına yöneltmiştir. Bu kapsamda araştırmacılar tarafından betonun malzeme mekanik özelliklerini geliştirmek için atık veya alternatif malzemelerin kullanılarak birçok deneysel çalışma yürütülmüştür (Rashid vd. 2012, Gonzalez vd. 2014, Yalçiner vd. 2018, Biçer vd. 2019, Abed vd. 2019).

Betonarme yapıların servis ömürleri süresince hasar almasına sebep olan etkilerden bir tanesi de yangın etkisidir. Yangının meydana gelebilmesi için yanıcı bir madde, oksijen ve bir ısı kaynağının bulunması gerekmektedir. Bu birlikteliğin oluşma ihtimali yani yangın çıkma ihtimali ahşap ve çelik yapılarda olduğu gibi betonarme yapılarda da mümkündür. Bu bağlamda betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapı sistemlerinin yangın başarımının hesabı ve yangına göre tasarımı için birçok standart ve yönetmelik halihazırda bulunmaktadır (BS476:Part10, 1983; BS476:Part20, 1987; BS8110:Part2, 1989; ACI 216R-89, 1994; ACI 216.1-97, 1997; TS EN 1992-1-2, 2006; ASTM E119, 2007). Belirtilen teknik şartnameler/raporlar olmasına rağmen betonarme yapıların tasarımında genel olarak yangın koşulları dikkate alınmamaktadır. Ayrıca yapısal parametreler açısından yangın tasarımında binanın asgari düzeyde yapısal bütünlük sağlama kabiliyeti önemlidir ve yangına dayanıklılık açısından değerlendirilmelidir. Ancak, yangın sırasında çok yüksek sıcaklıklara maruz kalan yapının bütünlüğünün değerlendirilmesi için bir standart bulunmamaktadır. Ek olarak yapının yangın durumundan sonra performans analizinin kesin bir şekilde yapılma şansı olmadığı için yapıların inşaa aşamasında olası yangın etkilerine uygun inşaa edilmesi büyük önem arz etmektedir. Betonarme yapıların yangın etkisi altında hasar alması veya göçmesinin başlıca nedeni donatının mekanik özelliklerinin azalması ve betonun sıcaklık etkisi altında kimyasal yapısının bozularak boşluklu bir yapıya dönüşmesiyle birlikte basınç dayanımının azalmasıdır. Betonarme yapıyı oluşturan beton ve donatının malzeme mekanik özelliklerinin yüksek sıcaklık etkisiyle azalmalar göstermesi kolon, kiriş ve döşeme gibi taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların taşıma gücünü azaltmakta ve genellikle gevrek bir kırılma göçmesine neden olmaktadır. Yangın performansı, betonarme yapı elemanının herhangi bir yangına karşı gösterdiği dayanım ve dayanıklılığının ölçüsü olarak kabul edilebilir. Yangın performansı genellikle, standart bir yangın performansı deneyi esnasında betonarme yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanlarının taşıma gücü sınır duruma ulaşması için geçen süre anlaşılmaktadır. Yangın performansının yapıyı oluşturan malzeme türüne bağlı olacağı da açıktır. Bu bağlamda yüksek sıcaklık etkisinin araştırılacağı deneylerde yanma ısısı geleneksel agregaya göre oldukça yüksek olan doğal perlit agregası kullanımının ortaya koyacağı yangın performansı inşaat sektörün açısından katma değer oluşturacaktır. Bir başka deyişle, betonarme yapı ya da yapı elemanlarının yangın koşullarındaki yapısal davranışlarının incelenmesiyle yangın başarımlarının belirlenmesi, taşıyıcı sistemin performans seviyesini belirlemede önem arz etmektedir. Betonun hasar derecesi, genellikle yangının özelliklerine (ulaşılacak maksimum sıcaklık, yangın süresi) ve ayrıca malzemenin mekanik özelliklerine bağlıdır. Yangına maruz kaldığında, fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerle ilgili olarak malzemelerin karakteristik özelliklerinin azaldığı Tablo 1'de özet halinde sunulan çeşitli çalışmalar ile ortaya konulmuştur.

Tablo 1.Yüksek sıcaklığın beton üzerindeki etkisinin araştırılması hakkındaki çalışmalar.

Yazar	Araştırma Konusu	Ana Parametreler	Eleman Tipi
(Xiao vd., 2004)	Betonun yüksek sıcaklık etkisi altındaki performansının incelenmesi	Yüksek sıcaklıklarda (60°C, 200°C, 400°C, 450°C, 600°C, 800°C) betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi.	Küp, prizmatik donatsız kiriş
(Sakr vd., 2005)	Yüksek sıcaklığın ağır betonun fiziksel, mekanik ve radyasyon özelliklerine etkisinin incelenmesi	Farklı sürelerde farklı yüksek sıcaklıklar (1, 2 ve 3 saat) - (250°C, 500°C, 750°C ve 950 °C)	Küp, Silindir, prizmatik donatsız kiriş
(Yan X, vd., 2007)	Yangın sonrası Yüksek basınçlı betonların yangın hasarının belirlenmesi ve onarımı	Sıcaklık değerleri (200°C , 400°C, 600°C)	Küp
(Haddad vd., 2008)	Yangın sonrası lif katkıli beton ile betonarme donatısı arasındaki aderansın incelenmesi	Farklı yüksek sıcaklıklar 350°C -700°C	Küp
(Cülfik vd., 2010)	Yüksek sıcaklığın normal ve yüksek dayanımlı betonlarda agrega çimento hamuru ara yüzeyine etkisinin incelenmesi	Agrega tane boyutu ve sıcaklık değerleri	Küp
(Hassanpour vd., 2012)	Yüksek sıcaklığın yüksek basınçlı betonun dayanım ve dayanıklılık özelliklerine etkisinin incelenmesi	Beton çeşidine göre; yüksek dayanımlı beton, silis dumanlı beton, uçucu kül kullanılan beton	Küp, Silindir
(Ma vd., 2015)	Yüksek sıcaklıklarda betonun mekanik özelliklerinin araştırılması	Basınç dayanımı, elastisite modülü, çekme dayanımı testleri hakkında araştırma	Küp, Silindir
(Xiao vd., 2018)	Çin'de yüksek sıcaklıklarda yüksek performanslı beton üzerine çalışma	Yüksek sıcaklıklarda(200°C, 400°C, 600°C, 800°C, 1000°C) yüksek dayanımlı betonun mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi (Termal iletkenlik, ısıtma kapasitesi vb.).	Küp, Silindir

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında, geleneksel agrega yerine doğal perlit agregası kullanımının betonun yüksek sıcaklık etkisi altında değişen malzeme mekanik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla Şekil 1'de gösterilen 48 adet 15x15x15cm boyutlarında küp ve 48 adet 10x10x40cm boyutlarında prizmatik kiriş numunesi üretilmiştir.



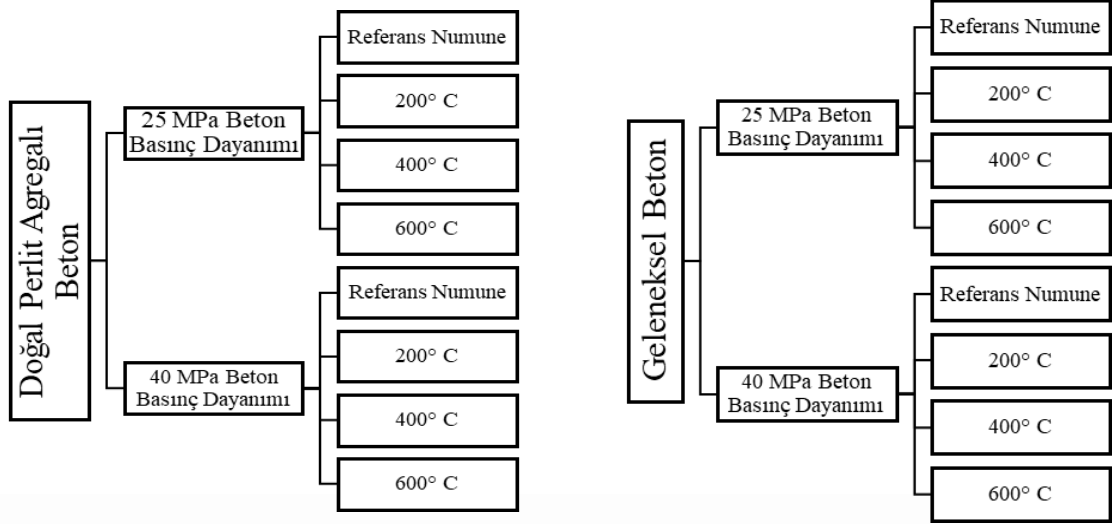
Şekil 1. Üretilen deney numuneleri.

Kullanılan beton karışımına ait malzeme detayları ve su/çimento oranları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Farklı tip betonlar için karışım oranları.

Malzemeler	Karışım 1	Karışım 2	Karışım 3	Karışım 4
	(C25) (S/Ç=0.55)	(C40) (S/Ç =0.45)	(P25) (S/Ç =0.64)	(P40) (S/Ç =0.56)
Çimento (kg/m ³)	11.76	11.76	11.55	11.55
Su (kg/m ³)	6.46	5.33	7.36	6.47
0/1 mm perlit (%30) (kg/m ³)	-	-	5.91	7.35
1/2 mm perlit (%18) (kg/m ³)	-	-	3.55	4.41
2/4 mm perlit (%20) (kg/m ³)	-	-	3.92	4.87
4/8 mm perlit (%10) (kg/m ³)	-	-	2.08	2.59
8/12,5 mm perlit (%22) (kg/m ³)	-	-	4.58	5.69
Geleneksel kum	11.76	11.76	-	-
Geleneksel agrega	23.52	23.52	-	-

Şekil 2’de deneysel programı sunulan geleneksel ve doğal perlit agregası ile 2 farklı beton sınıfında üretilen numuneler ISO-834 standartlarına uygun şekilde 200°C, 400°C ve 600°C olmak üzere 3 farklı sıcaklık etkisine maruz bırakılmıştır.



Şekil 2. Üretilen numunelere ait akış şeması.

3. YÖNTEM

3.1. Numunelerin Nem Yüzdesinin Ayarlanması

Prizmatik kiriş ve küp numunelerin üretiminin ardından yangın deneylerinde meydana gelecek olumsuz sonuçların önüne geçilmesi amacıyla her bir deneysel numune Şekil 3’de gösterilen etüvde 80 ± 5 °C sıcaklıkta 48 saat bekletilerek bünyesindeki suyun buharlaşması sağlanmıştır. Numuneler Şekil 4’te gösterilen fırında yüksek sıcaklık deneylerine tabi tutulmuştur.



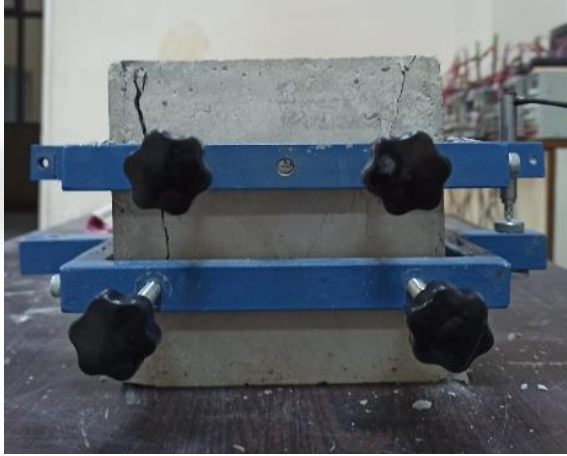
Şekil 3. Etüve yerleştirilen numuneler.



Şekil 4. Numunelere sıcaklık etkilerinin uygulandığı fırın.

3.2. Malzeme Deneyleri

Geleneksel agrega ve doğal perlit kullanılarak üretilen küp numuneleri 200°, 400° ve 600° sıcaklık etkilerine maruz bırakılması sonucu betonun kimyasal ve fiziksel yapısında bozulmalar meydana gelmektedir. Bu bozulmalar betonun tasarım aşamasında öngörülen malzeme – mekanik özelliklerinin meydana getireceği performans kayıplarını tespit etmek amacıyla tüm numunelerin basınç dayanımı, elastisite modülü ve birim kısalma değerleri Şekil 5’te gösterilen düzeneğe yardımıyla elde edilmiştir.



Şekil 5. Ölçüm düzeneği.

3.2.1. Ultrases Geçiş Hızının Belirlenmesi

Beton numunelerde, ASTM C 597 – BS 1881’e uygun 0,1 μ s duyarlıklı ultrases aleti ile t, μ s ses geçiş süreleri ölçülmüştür. Ses geçiş sürelerinin ölçülmesinde mala yüzeyindeki pürüzlerin oluşturduğu boşlukları doldurmak amacı ile numunelerin alt ve üst yüzeylerine vazelin sürülmüş 55 kHz’lik ses dalgaları gönderen ve alan iki transduser Şekil 6’da görüldüğü gibi numunenin düzgün yüzeylerine yerleştirilmiş, direkt iletim yöntemi uygulanarak ses geçiş süresi (t, μ s) okunmuştur. Proplar yer değiştirilerek ikinci okuma alınmış, her numune için bu iki okumanın ortalaması alınarak ses geçiş hızı (V, km/saat) hesaplanmıştır.

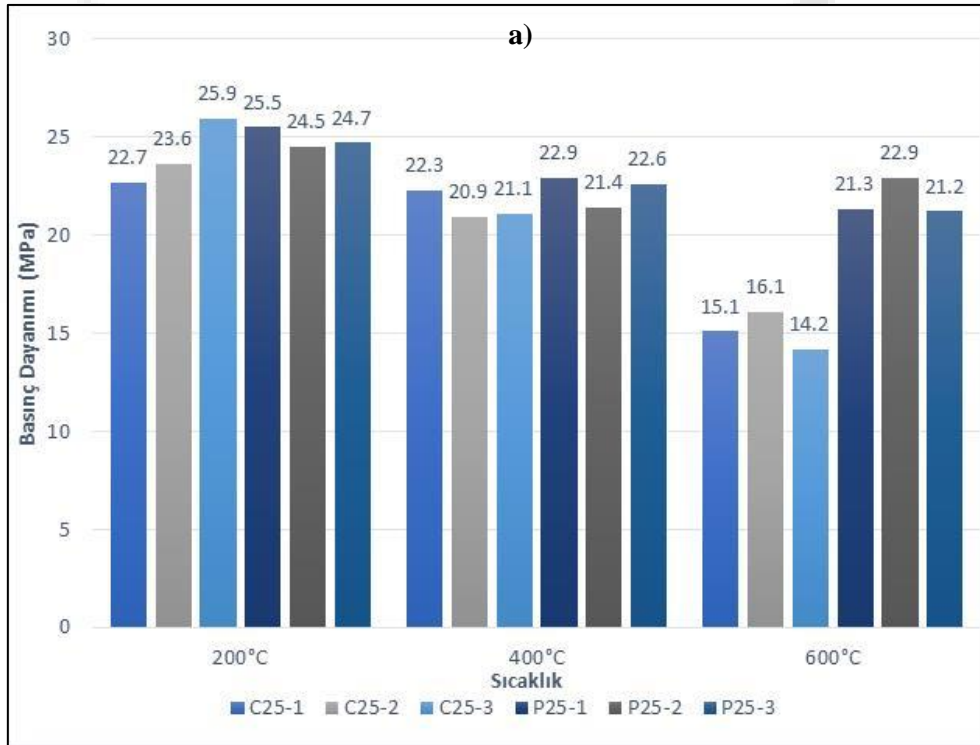


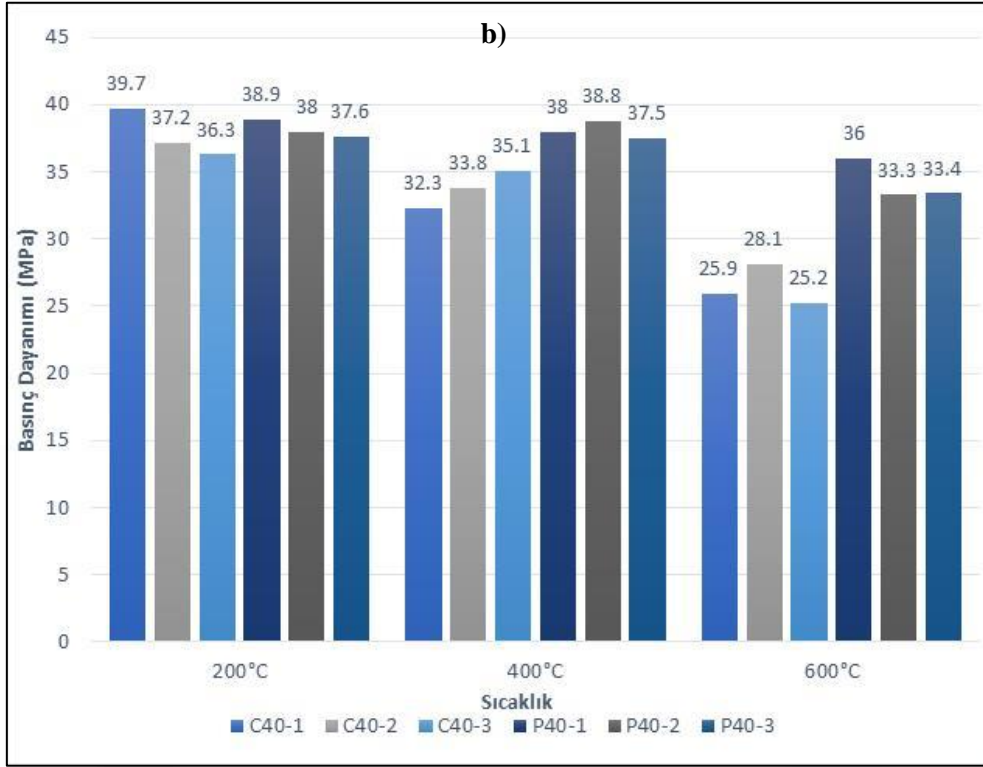
Şekil 6. Upv cihazıyla örnek bir ölçüm deneyi.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

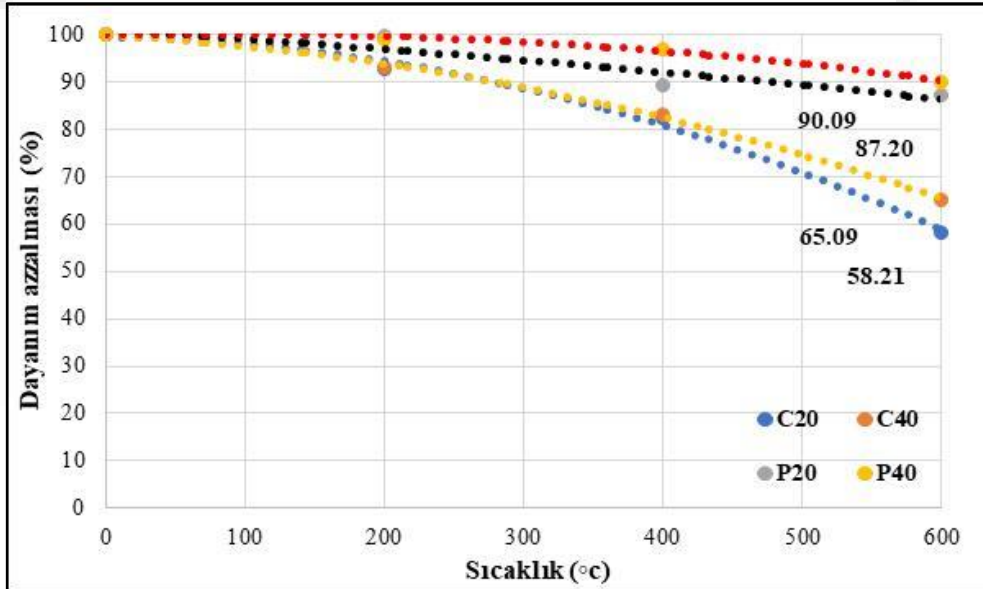
4.1. Basınç Dayanımı

Beton presinde gerçekleştirilen deneylerde C25, C40, P25 ve P40 numunelerinin referans numuneleri için ortalama basınç dayanımları sırasıyla 26, 40.56, 25 ve 38 MPa tespit edilmiştir. Her grup için 3'er adet gerçekleştirilen yüksek sıcaklık deneyleri sonrası numunelerin basınç dayanımlarındaki değişimler Şekil 7'de gösterilmektedir. 600°C dikkate alındığında C25, C40, P25 ve P40 numuneleri için basınç dayanımları ilgili referans numunenin basınç dayanımına göre sırasıyla %41.79, %34.91, %12.80 ve %9.91 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 8).





Şekil 7. Yüksek sıcaklık sonrası numunelerin basınç dayanımları : a) C25-P25 numuneleri, b) C40-P40 numuneleri.



Şekil 8. Sıcaklık etkisiyle numunelerin basınç dayanımlarının yüzdeler azalmaları.

4.2. UPV Deney Sonuçları

Deney numuneleri için oda sıcaklığında, 200°C, 400°C, ve 600°C sıcaklık etkisi altında gerçekleştirilen deneyler sonrası elde edilen UPV (ultrasonik ses dalgası yayılma hızı) değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir. Tablodan da görüleceği üzere oda sıcaklığı, 200°C ve 400°C durumları için UPV değerlerinde kayda değer bir değişim olmamıştır. Fakat 600°C etkisi sonrası elde edilen değerler dikkate

alındığında özellikle geleneksel agregalar kullanılarak üretilen numuneler için büyük farklılıklar görülmüştür. Örneğin C25 ve C40 numuneleri dikkate alındığında 600°C için elde edilen UPV değeri 400°C için elde edilen UPV değerinden sırasıyla %118.68 ve %87.11 oranlarında artış göstermiştir. Bu karşılaştırma perlit agregası kullanılarak yapıldığında ise P25 ve P40 numuneleri için elde edilen değerler sırasıyla %10.50 ve %19.50 oranında değişmektedir.

Tablo 3. Yüksek sıcaklığın beton üzerindeki etkisinin araştırılması hakkındaki çalışmalar.

	Oda Sıcaklığı (μs)	200°C (μs)	400°C (μs)	600°C (μs)
C25-1	41.2	41.1	45.9	103.4
C25-2	41.2	41.1	46	98.6
C25-3	41.2	41.2	48.3	104.6
C40-1	38.2	37.8	40.7	74.8
C40-2	38.3	37.8	41.1	69.2
C40-3	37.8	37.8	39.8	83.6
P25-1	47.4	47.4	49.3	54.7
P25-2	47.4	46.4	49.3	53.7
P25-3	46.4	46.9	49.3	55.1
P40-1	44.9	43.9	45.9	54.3
P40-2	44.4	44.4	45.9	53.7
P40-3	44.4	44.4	45.9	56.6

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Betonun yüksek sıcaklık etkisine maruz kalması bünyesindeki suyun buharlaşması, hidrasyon ürünlerinin bozulması ve mikro boşluk yapısının artmasına sebep olarak fiziksel-kimyasal anlamda bozulmalara sebep olmaktadır. Meydana gelen bu değişimler betonun malzeme mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Beton numuneler dikkate alındığında sıcaklık etkisinin geleneksel agregalar ile üretilen numunelerde daha fazla tahribata yol açtığı gözlenmiştir. Geleneksel agregalar ile üretilen numuneler dikkate alındığında 400°C'ye kadar sıcaklığa maruz bırakılan numunelerde kılcal çatlak oluşumu gözlenmiştir. Bu durum 600°C'ye kadar sıcaklığa maruz bırakılan numunelerdeki yüksek hasar durumunun temelini oluşturmaktadır. Perlit agregası ile oluşturulan numunelerde ise perlitin mikro boşluk yapısı ve ısı iletkenlik düzeyinin sağladığı avantajlardan dolayı 400°C ve 600°C sıcaklık etkilerindeki performans düzeylerinde büyük farklılıklar oluşmamıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın finansal desteği İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen FBA-2024-3343 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yazarları İnönü Üniversitesine desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

Guide for Determining the Fire Endurance of Concrete Elements (ACI 216R-89),” *American Concrete Institute*, 1989. https://standards.globalspec.com/std/400960/ACI_216R (accessed Jan. 28, 2021).

Abdur Rashid, M., Salam, M. A., Kumar Shill, S., & Hasan, M. K. (2012). Effect of replacing natural coarse aggregate by brick aggregate on the properties of concrete.

Abed, M., Nemes, R., & Lublóy, É. (2020). Performance of self-compacting high-performance concrete produced with waste materials after exposure to elevated temperature. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(1), 05019004.

- ACI/TMS Committee 216. ACI 216.1- 97 / TMS 0216.1-97: Standard Method for Determining Fire Resistance of Concrete and Masonry Construction Assemblies. 1997. *Man Concr Pract*; 1– 26.
- Biçer, K., Yalciner, H., Balkıs, A. P., & Kumbasaroglu, A. (2018). Effect of corrosion on flexural strength of reinforced concrete beams with polypropylene fibers. *Construction and building materials*, 185, 574-588.
- BS 476: Part 20. Methods of determination of the fire resistance of elements of construction (general principle). British Standard Institution, London, 1978.
- Durmuş, G., & Çelik, M. (2019). The Investigation on The Effects of Different Temperature Types on Concrete Containing Expanded Perlite Aggregate. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 302-313.
- Fire Tests on Building Materials and Structures, BS 476 Part 6, 1997.
- Haddad, R. H., Al-Saleh, R. J., & Al-Akhras, N. M. (2008). Effect of elevated temperature on bond between steel reinforcement and fiber reinforced concrete. *Fire Safety Journal*, 43(5), 334-343.
- Hassanpour, M., Shafigh, P., & Mahmud, H. B. (2012). Lightweight aggregate concrete fiber reinforcement—A review. *Construction and Building Materials*, 37, 452-461.
- ISO-834 Fire resistance tests-elements—elements of building construction. International Standard ISO 834, Geneva, 1975.
- Jimenez-Relinque, E., Grande, M., Duran, T., Castillo, Á., & Castellote, M. (2020). Environmental impact of nano-functionalized construction materials: leaching of titanium and nitrates from photocatalytic pavements under outdoor conditions. *Science of The Total Environment*, 744, 140817.
- Li, L., Zhang, H., Dong, J. F., Zhang, H. E., Jia, P., Wang, Q. Y., & Liu, Y. J. (2019). Recovery of mortar-aggregate interface of fire-damaged concrete after post-fire curing. *Comput. Concr*, 24, 249-258.
- Liu, T. Q., Li, S. H., Guo, L. G., Cao, C. G., Li, C. F., Zhai, Z. B., ... & Ke, H. J. (2020). Advantages of nitrogen fertilizer deep placement in greenhouse gas emissions and net ecosystem economic benefits from no-tillage paddy fields. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121322.
- Ma, Q., Guo, R., Zhao, Z., Lin, Z., & He, K. (2015). Mechanical properties of concrete at high temperature—A review. *Construction and Building Materials*, 93, 371-383.
- Rosenbaum, S., Toledo, M., & González, V. (2014). Improving environmental and production performance in construction projects using value-stream mapping: Case study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(2), 04013045.
- Sakr, K., & El-Hakim, E. (2005). Effect of high temperature or fire on heavy weight concrete properties. *Cement and concrete research*, 35(3), 590-596.
- Stempkowska, A., Gawenda, T., Naziemiec, Z., Adam Ostrowski, K., Saramak, D., & Surowiak, A. (2020). Impact of the geometrical parameters of dolomite coarse aggregate on the thermal and mechanic properties of preplaced aggregate concrete. *Materials*, 13(19), 4358.
- Tian, L., Liang, F., Guo, Q., Chen, S., Xiao, S., Wu, Z., ... & Pan, X. (2018). The effects of interaction between particulate matter and temperature on mortality in Beijing, China. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(2), 395-405.
- Yan, X., Li, H., & Wong, Y. L. (2007). Assessment and repair of fire-damaged high-strength concrete: Strength and durability. *Journal of materials in civil engineering*, 19(6), 462-469.

Makale id= 14

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0009-1125-7411

| 75

Entegre Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Stratejik Ürün İçin Tedarikçi Seçimi**Araştırmacı Merve Dağlı¹, Dr. Öğretim Üyesi Murat Arıkan¹**¹Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Merve Dağlı

Özet: Günümüzdeki hızlı teknolojik gelişmeler ve küreselleşme ortamında rekabet gittikçe artmaktadır. Bu durum da firmaları daha kaliteli, düşük maliyetli, tek seferde ve tam zamanında ürün/hizmet üretmeye zorlamaktadır. Bu kapsamda tedarikçilerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, en uygun alternatifin seçilmesi ve sürece dahil edilmesi önemli bir sorun haline gelmiştir. Artan rekabet ve gelişen teknoloji ile beraber tedarikçi alternatiflerinin fazlalığı ve bu doğrultuda değerlendirme kriterlerinin çeşitlenmesi nedeniyle firmalar, tedarikçi seçimi için geleneksel yöntemler yerine daha farklı metotlara yönelmişlerdir. Bu noktada karşımıza çok kriterli karar verme teknikleri çıkmakta ve bu yöntemler kolay uygulanabilir ve hızlı sonuç alınması bakımından firmalar tarafından tercih edilmektedir. Bu çalışmada savunma sanayii alanında faaliyet gösteren bir firmada, stratejik ürün için tedarikçi seçim problemi ele alınmış ve problemin çözümü için çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS metotları entegre olarak kullanılmıştır. Çalışmayı literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı kılan özellik, değerlendirme kriterleri içerisinde risk yönetimi ve yerlilik gereksinimi faktörlerini ele alarak, üst yönetimin karar vermesini kolaylaştıracak bir karar destek mekanizması sunulmasıdır. Çalışmada işletme için mevcut olan tedarikçi seçim problemine yönelik yukarıda verilen entegre ÇKKV yöntemleri kullanılarak öncelikle modelleme işlemi yapılmıştır. Akabinde sistemin sürekliliğini sağlamak amacı ile VBA programlama dili kullanılarak bir tedarikçi seçim programı geliştirilmiş ve bu uygulama ile değişen şartlar altında yöneticiler için hızlı ve etkin bir karar verme süreci oluşturulması hedeflenmiştir. Oluşturulan karar destek sistemi ile anlık değişimlerin sonuca etkisi hızlı şekilde gözlemlenebilecek ve mevcut uygulanan yöntemdeki zaman kayıpları elimine edilmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tedarikçi Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme, Ahp, Topsis, Risk Yönetimi

Supplier Selection for Strategic Product by Integrated Multi-Criteria Decision-Making

Abstract: Competition is increasing in today's rapid technological developments and globalization environment. This situation forces companies to produce better quality, lower cost and just-in-time product/service at the same time. In this context, evaluating suppliers, selecting the most suitable candidate and involving them in the process has become an important problem. With the increasing competition and the development of technology, companies have turned to other methods instead of traditional methods for supplier selection due to the abundance of supplier alternatives and the diversification of evaluation criteria in this direction. At this point, multi-criteria decision making techniques (MCDM) arise and these methods are preferred by companies in terms of easy applicability and fast results. In this study, a supplier selection problem for a strategic product in a company operating in the defense industry is addressed and AHP and TOPSIS methods, which are multi-criteria decision making methods, are used in an integrated manner to solve the problem. What makes the study different from other studies in the literature is that it creates a decision support mechanism that will facilitate the decision making of senior management by addressing risk management and localisation requirement factors within the evaluation criteria. In the study, firstly, modelling process was performed for the supplier selection problem existing for the company by using the afore-mentioned integrated MCDM methods. Subsequently, a supplier selection system has been developed using VBA programming language in order to ensure the continuity of the system and with this application, it is aimed to create a fast and effective decision-making process for managers under changing

conditions. With the newly created decision support system, the effect of instantaneous changes on the result can be observed promptly and time losses in the current method will be eliminated.

Keywords: Supplier Selection, Multi Criteria Decision Making, Ahp, Topsis, Risk Management

1. GİRİŞ

Günümüz rekabet ortamında, işletmeler varlıklarını sürdürebilmek ve kar elde etmek için müşterilerini memnun etmenin kritik olduğunun bilincindedir. İşletmeler, müşterilerinin taleplerini doğru olarak anlamak ve bu talepleri en kısa sürede ve sorunsuz bir biçimde yerine getirmek zorundadır. Bu doğrultuda organizasyonlar için verilmesi gereken en önemli kararlardan biri, tedarikçi seçimi kararıdır. Tedarik fonksiyonunun yükümlülüğü, çoğu zaman yeterli kalite ve miktarda, uygun fiyata, uygun bir teslimatla hammaddenin, teçhizatın ve malzemenin tedariki olarak tanımlanmaktadır [1].

Tedarik zinciri yönetimi kapsamında en önemli fonksiyonlardan biri olan tedarikçi seçimi konusu, işletmelerin büyümesi, gelecekte varoluşlarını sürdürmesi ve bu fonksiyonun bünyesinde barındırdığı çeşitli riskleri fırsata dönüştürmesi açısından son yıllarda daha da kritik hale gelmiştir. Gerçek bir ticari büyümenin anahtarı, bir yandan tüketiciye/müşteriye odaklanmayı sürdürürken diğer yandan da ticari ortaklarla/alt yüklenicilerle/tedarikçilerle etkili bir tedarik zinciri oluşturabilmektir. Günümüzde sadece maliyeti düşürmeye ve operasyonel verimliliği artırmaya odaklanmak yerine, müşteri memnuniyetine ve tedarik zinciri ortakları arasındaki ilişkilerin geliştirilmesine daha fazla çaba gösterilmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, ortakların, teknolojilerin ve organizasyonel yapıların eş zamanlı olarak edinilmesini ve sürekli olarak yeniden değerlendirilmesini içeren dinamik bir süreç haline gelmiştir [2].

Bir zamanlar şirketler içinde yalnızca operasyonel bir işlev olarak görülen satın alma/tedarik işlevinin, artık birçok şirket tarafından stratejik bir yönelimle incelenmekte olduğunu görmekteyiz [3]. Her bir tedarik faaliyeti öncesinde tedarik edilecek ürüne yönelik doğru kriterlerin öncelikle belirlenmesi kritik olup, akabinde birbiri ile çelişen, hem nicel & hem de nitel kriterlerin eş zamanlı doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve stratejik olarak firma için en doğru kararın alınması süreci işletmelerin varlığının devamı açısından önem arz etmektedir. Tedarikçi seçiminde doğru tedarikçiyi seçmek için şirketler, her bir tedarikçinin kabiliyetini süreklilik, fiyat etkinliği vb. ihtiyaçlarını karşılamasına göre çeşitli kriterler vasıtasıyla değerlendirmektedir. Bununla birlikte ölçütler, nicel olarak değerlendirilebilecekken, ihtiyaçların çoğunlukla genel nitel kavramlarla ifade edilmesinden dolayı, ihtiyaçları kullanışlı ölçütlere dönüştürmek zor olabilmektedir. Bunun sonucu olarak nitel faktörlerin değerlendirilmesi uzman yargısını içermekte ve hiyerarşik yapıda bu faktörlerin doğru sentezini gerektirmektedir.

Geçmişten günümüze kullanılan geleneksel yöntemler yerine, günümüz rekabet ortamında tedarikçi seçim problemi için çok kriterli karar verme yöntemleri karşımıza çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde ise bu problem için değerlendirme kriterlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi ve yine probleme özel olarak doğru yöntemlerin uygulanması önemlidir.

2. AMAÇ VE KAPSAM

Çalışma, savunma sanayii alanında faaliyet gösteren ve ülkemizin bu alanda ileri gelen firmalarından birinde gerçekleştirilmiştir. Savunma sanayii alanı ülkemizde gelişmekte olan bir sektör konumunda yer almakta olup, mevcut yapısı gereği bünyesinde fazlasıyla belirsizlikler içermektedir. Bu alanda yapılacak olan alt yüklenici/tedarikçi/paydaş seçiminin de dikkatli bir şekilde yapılması ve şirketin amaç ve hedeflerine uygun şekilde tüm kısıtların göz önüne alınması sonucu en uygun seçimin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmadaki ana amaç; belirsizlik ortamında gerçekleştirilecek olan bu seçimin şirket stratejisini koruyacak şekilde karar vericilerin en doğru kararı almasına olanak tanıyan bir alt yapının oluşturulması ve bu doğrultuda ilgili sistemin parçası olacak yöntemlerin kolay ve doğru uygulanmasının sağlanmasıdır.

Uygulamanın gerçekleştirildiği firma, ileri teknolojiye sahip ürünleri için ulusal ve uluslararası müşteri ve tedarikçi portföyüne sahiptir[3]. Firmanın, uluslararası alanda dünyanın önde gelen şirketleri ile yer almış olduğu birçok projenin yanında kendisi tarafından geliştirilen özgün ürünleri de bulunmaktadır. Özgün ürünlerin tasarım ve üretim kabiliyetleri ile birlikte Türkiye için stratejik bir öneme sahip olan işletmenin kuruluş amaçlarından birisi de kendi özgün ürünlerini yerli ve milli olarak geliştirmektir. Bu

doğrultuda geliştirilen ürünler için mümkünse ilk seferde yüzde yüz yerlilik oranı; eğer mümkün değil ise kademeli olarak yerleştirme politikasının uygulanması ve tedarikçi seçimi yapılırken bu kriterin ana kriterlerden biri olması gerekliliği mevcuttur. Ayrıca her bir özgün ürün projelere ayrılarak bireysel olarak yönetilmektedir.

Çalışmanın uygulama aşamasında, bahse konu işletmenin ileri teknoloji özgün bir ürün geliştirilen projesinde, stratejik bir ürünü için tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Problem kapsamında projeye özel değerlendirme kriterleri belirlenmiş ve bu kriterler ile aday firmalar değerlendirilerek en uygun tedarikçinin seçilmesi hedeflenmiştir. İşletmeye ait tedarikçi seçim süreci yap/yaptır kararının verilmesi akabinde bir dizi sıralı adımlar ile ilerlemektedir. Proje için mevcutta seçimi yapılan tedarikçiler maliyet odaklı olarak değerlendirilmekte olup, projeye özgü olan kriterler nicel olarak değerlendirilmeye alınmamaktadır. Süreçte olası verilen herhangi yanlış karar, sözleşme gereği ciddi ceza yükümlülüğü getirmekte ve bu durum şirketin mali açıdan çok büyük zarara uğramasına neden olmaktadır.

3. YÖNTEM

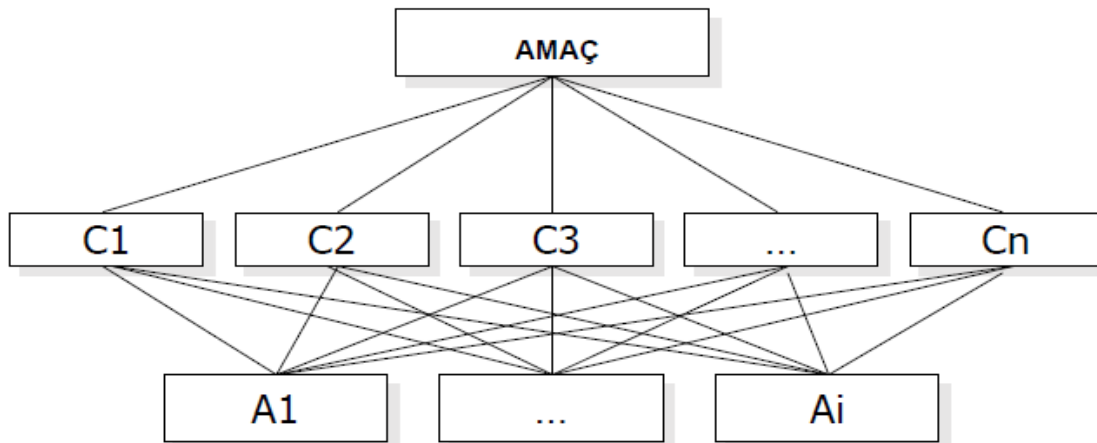
Çalışma kapsamında stratejik ürün için tedarikçi seçim problemi kapsamında yapılan literatür taraması ve benzer probleme sahip olan işletmeler incelenerek Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodlarından AHP (Analytic Hierarchy Process) ve TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemleri entegre olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem üç aşamalı olarak aşağıda özetlendiği şekilde uygulanmıştır:

- Tedarikçi firmalar için seçim kriterlerinin birbirine göre önem derecelerinin belirlenmesinde AHP'nin ikili karşılaştırma yaklaşımı kullanılmıştır. Söz konusu yöntem ile nicel ve nitel kriterler ile değerler sağlanabilecek 7 kriter belirlenmiştir.
- AHP yöntemi ile ağırlıkları bulunan kriterlere göre pazar analizi sonucu kısa listede yer alan aday tedarikçilerin analiz edilmesinde ve seçim işleminin gerçekleştirilmesinde ise literatür araştırmalarında sıkça kullanılan TOPSIS yöntemi uygulanmıştır.
- Değişen şartlar (puanlama, risk statüsü vb.) altında hızlı ve etkin bir karar verme süreci oluşturulması adına, VBA programlama dili ile bir program yazılmış ve yöneticilerin karar vermelerini kolaylaştırmak için kullanıma sunulmuştur.

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi

AHP, karar almada nicel ve nitel kriterleri değerlendirebilen, grup veya bireyin tercihlerini, deneyimlerini, bilgilerini, sezgilerini, yargılarını ve düşüncelerini de karar sürecine dahil edebilen doğrusal ağırlıklı bir yöntemdir [4].

Saaty tarafından ilk olarak ortaya atılan ve geliştirilen AHP en çok kullanılan ÇKKV metodlarından biri olma özelliğini taşımaktadır. Son yıllarda diğer ÇKKV yöntemleri ile hibrit olarak da kullanımı da yaygınlaşmıştır. AHP yönetimi hiyerarşik bir yapı olup [5], bu yapı Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. AHP yönetiminin hiyerarşik yapısı

AHP'nin uygulama adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması: AHP metodunda belirlenen problemin çözümü için hiyerarşik yapının oluşturulması, problemin çözümü için katmanlara ayrılması demektir. Hiyerarşik yapının meydana getirilmesi işlemine “modelleme” adı verilmektedir. Modelleme ile karar verici farklı kriterlerin birbiri ile kıyaslamasını yapabilmektedir. Hiyerarşik yapı oluşturulurken ilk olarak planladığımız yapının temel amacı belirlenmelidir. Amaçtan sonra, amaca giden yolda problemimizi etkileyecek kriterler oluşturulmalıdır. Kriterler oluşturulduktan sonra hiyerarşik yapının en alt kademesinde ise karar verilecek alternatifler yer almalıdır [6].

Adım 2: Kriterlerin ve kriterlere göre alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesi: Hiyerarşik modelleme yapısının oluşturulmasından sonra, yapı içerisinde yer alan kriterler ve alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Kriterlerin önem dereceleri ikili karşılaştırmalar ile hesaplanmaktadır. Birbirlerine göre önem derecelerinin hesaplanması istenen kriterin diğer bir kriterle ikili olarak karşılaştırılmasında kullanılacak yapı “matris” olarak adlandırılmıştır. AHP yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma matrisleri ilk kez 1860 yılında Fechner tarafından ortaya atılmıştır. Psikoloji alanında ortaya çıkartılan bu yöntemi Saaty, AHP yöntemine adapte etmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinde karar vericilere iki temel soru sorularak önem dereceleri belirlenmesi hedeflenir [3]:

- Kriterler arasında hangisi daha önemlidir?
- Kriterler arasında önemli olan, diğerine göre ne kadar daha önemlidir?

Kriterler arası ağırlıkların bilinmiyor olmasından kaynaklı Saaty'nin önerdiği ikili karşılaştırma matrisi değer yöntemi kullanılarak ağırlıkların hesaplanması sağlanır. Bu yöntem Saaty'nin ikili karşılaştırma skalası Çizelge 1'de verilmiştir [6].

Çizelge 1. Saaty'nin ikili karşılaştırma skalası

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	1. ve 2. kriterin eşit öneme sahip olması
3	Biraz daha önemli	1. kriter, 2. kriterden biraz daha fazla önemli
5	Çok daha önemli	1. kriter, 2. kriterden çok daha önemli
7	Aşırı önemli	1. kriter, 2. kriterden aşırı önemli
9	Kesinlikle daha önemli	1. kriter, 2. kriterden kesinlikle daha önemli
2,4,6,8	Ara değerler	Gereksinim duyulması durumunda kullanılan değerler

Değerlendirilen her bir kriterin eşit değerlendirilmesi için normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Normalizasyon işlemi gerçekleştirilmesi sonrasında her bir kriterin ağırlığı hesaplanarak öncelik vektörü bulunur.

Adım 3: Tutarsızlık oranının hesaplanması: AHP sonuçlarının geçerli olabilmesi için A matrisinin tutarlı bir matris olması gerekmekte olup bu doğrultuda tutarsızlık indeksi hesaplanmaktadır. Tutarsızlık oranı eğer 0,1'in altında bir değer ise AHP için kurulan matematiksel çözüm başarılı sonuç veriyor anlamına gelmektedir. Bu aşamadan sonra her bir kriter için öncelik sıralaması belirlenmiş olup, alternatifler arasında sıralama işlemi gerçekleştirilebilecektir. Sıralama yapılması için ÇKKV metodlarından TOPSIS (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılacaktır.

3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi ilk olarak Hwang ve Yoon [8] tarafından önerilmiş, Lai ve arkadaşları [9] ile Yoon ve Hwang [10] tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS yönteminin temel amacı, belirlenen her bir alternatifin artan veya azalan fayda değerlerine sahip olduğu varsayımı altında alternatifler arasından istenilen

çözüme en uygun alternatifin seçilmesidir. Mesafelerin hesaplanması ile alternatifler birbiri ile karşılaştırılabilmekte, bu sayede öncelik sıralaması ortaya çıkmaktadır [11]. TOPSIS yöntemiyle elde edilen en iyi çözüm, ideal çözüme en yakın, aynı zamanda anti ideal çözüme de en uzak olan alternatiftir.

TOPSIS yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması (A): TOPSIS yönteminin birinci aşaması karar matrisinin oluşturulmasıdır. Karar matrisi A harfi ile tanımlanan satırlarda tercih edilmek istenen alternatifler, sütunlarda ise karar vermede kullanılacak temel kriterler olarak yer almaktadır.

Adım 2: Karar matrisinin normalizasyonu (R): Karar matrisinin normalizasyonu için A matrisinde bulunan değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünerek hesaplama işlemi gerçekleştirilir.

Adım 3: Ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması (V): Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi oluşturulması için ölçütlerin göreceli önemleri Hwang ve Yoon'un geliştirdiği 10-puan ölçeğine göre belirlenerek normalize edilir ve W_i (normalize edilmiş özellik ağırlık puanları) değerleri tespit edilir [12]. Daha sonra hesaplanan normalize edilmiş karar matrisinin (R) her bir sütunundaki elemanlar ilgili W_i değeri ile çarpılarak "V" matrisi oluşturulur.

Adım 4: İdeal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözümlerin oluşturulması: TOPSIS yöntemi, her bir kriter değerinin sürekli olarak artan veya azalan bir eğilime sahip olduğu varsayımı üzerine hareket etmektedir. Bu kapsamda pozitif ve negatif ideal çözüm seti oluşturulmaktadır.

Adım 5: Ayrım ölçütlerinin hesaplanması: Her bir karar noktasının kriter değerinin, ideal ve negatif ideal çözüm noktalarına olan uzaklığının hesaplanabilmesi için Öklid Uzaklık Yaklaşımı'ndan faydalanılır. Buna göre her bir alternatifin ideal çözümden uzaklığı ideal ayırım (S_i^*) ve negatif ideal çözümden uzaklığı negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçütleri hesaplanır.

Adım 6: İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması: Alternatif kaynakların ideal çözüme yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçütleri kullanılır.

3.3. Tedarikçi Seçim Problemine Özel Geliştirilen Uygulama

Uygulama stratejik ürün için tedarikçi seçim problemine özel geliştirilmiş olup, VBA programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Program iki aşamalı bir algorithmaya dayalı çalışmakta ve bir önceki yöntemin çıktısı bir sonraki yöntem adımına girdi oluşturmaktadır. 4. bölümde geliştirilen programa ait detay bilgiler verilecektir.

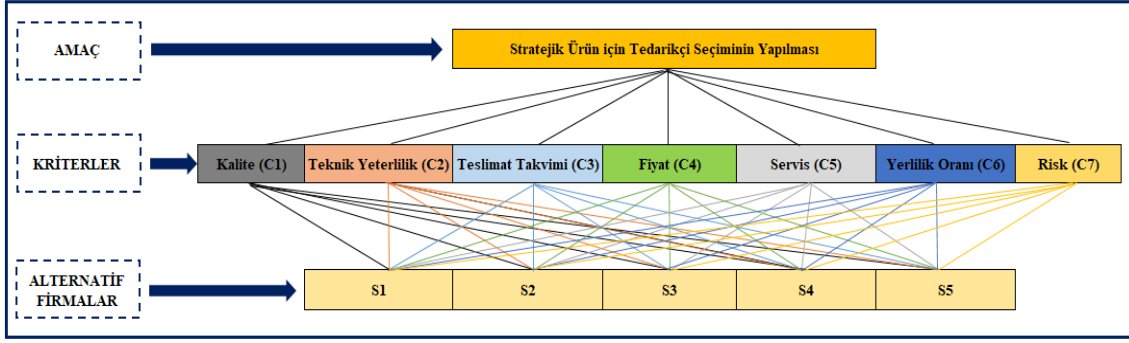
4. UYGULAMA

4.1. Probleme Ait Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Yapılan analizler ve görüşmeler neticesinde problem kapsamında 7 kriter; kalite, teknik yeterlilik, teslimat takvimi, fiyat, servis, yerlilik oranı, risk ve 5 aday alt yüklenici/tedarikçi firma belirlenmiştir. Belirlenen kriterler yukarıda açıklamaları verildiği şekilde sırasıyla C1, C2, C3, C4, C5, C6 ve C7 olarak; mevcut projenin gizlilik derecesinden dolayı aday firmalar ise S1, S2, S3, S4 ve S5 olarak kodlanmış ve isimleri verilmemiştir.

4.2. AHP Yöntemi ile Değerlendirme Kriterlerine Ait Önem Derecelerinin Analizi

AHP metoduna ait ilk adım incelenen probleme özgü hiyerarşi yapısının düzgün bir biçimde oluşturulmasıdır. Böylelikle amaç, kriterler ve adaylar ana hatları ile görülebilecek ve problem çözümü için kolaylık sağlayacaktır. İşletmedeki mevcut problem için oluşturulan bu yapı Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Problem için oluşturulan hiyerarşik yapı

Hiyerarşi ağacının oluşturulması sonrasında ikili karşılaştırma matrisi değerlendirme kriterleri için oluşturulmuştur. Matristeki girdiler alt komisyon kurulu içerisinde yer alan üyelerce ortak olarak belirlenmiş ve matrisin tutarlılık durumu probleme özel geliştirilen VBA programı ile kontrol edilmiştir. Problem için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Problem kapsamında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi

A	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,33	5	5	3	3	1
C2	3	1	5	5	3	3	3
C3	0,2	0,2	1	3	3	1	0,33
C4	0,2	0,2	0,33	1	3	1	0,2
C5	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,33	0,2
C6	0,33	0,33	1	1	3	1	0,2
C7	1	0,33	3	5	5	5	1

Burada söz konusu matrisine girilen verilerin tutarlılık analizinin sonuçları öncelikle incelenmekte ve sonrasında sonuç değeri 0,10’un altında bir değer veriyor ise tutarlı olarak değerlendirilmektedir. Geliştirilen karar destek sistemi ile bu değer 0,9 olarak sonuç vermiş ve tutarlı olarak değerlendirilmiştir. Sistemin tutarlılık analizi akabinde ortaya çıkan ve TOPSIS metoduna referans olarak kullanılacak olan ağırlıklar Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. AHP yöntemi ile bulunan kriter ağırlıkları

KRİTERLER	KALİTE	TEKNİK YETERLİLİK	TESLİMAT TAKVİMİ	FİYAT	SERVİS	YERLİLİK ORANI	RİSK
ÖNEM YÜZDESİ	0,2	0,33	0,08	0,06	0,05	0,08	0,21

4.3. TOPSIS Yönteminin Uygulanması ile En İyi Tedarikçinin Belirlenmesi

TOPSIS metodunda alternatifler arasından ideal çözüme olan yakınlık ve uzaklık ilişkisi kurularak bir sıralama işlemi uygulanmaktadır. Bu bölümde yer alan puanlandırma verileri alt komisyon kurulu tarafından her bir teklif bazında yapılmış olan değerlendirme formlarından elde edilerek matrisine işlenmiştir. TOPSIS metodunun uygulaması daha önceki bölümde anlatıldığı gibi altı adımda ele

alınacaktır. Öncelikle karar matrisi oluşturulacak ve akabinde sıralı olarak algoritma adımları işletilecektir. Oluşturulan karar matrisi Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. TOPSIS yöntemi kapsamında oluşturulan karar matrisi

ADAY FİRMALAR	Kalite	Teknik Yeterlilik	Teslimat Takvimi	Fiyat	Servis	Yerlilik Oranı	Risk
S1	8,2	4,1	7	6	5,6	10,5	Riskli
S2	7	10	6	3	4	4	Çok Riskli
S3	20	11,6	7,5	2	15,6	11,4	Az Riskli
S4	18	12	6	2	16	8	Az Riskli
S5	11,9	4,2	7,9	4	17,6	9,6	Riskli

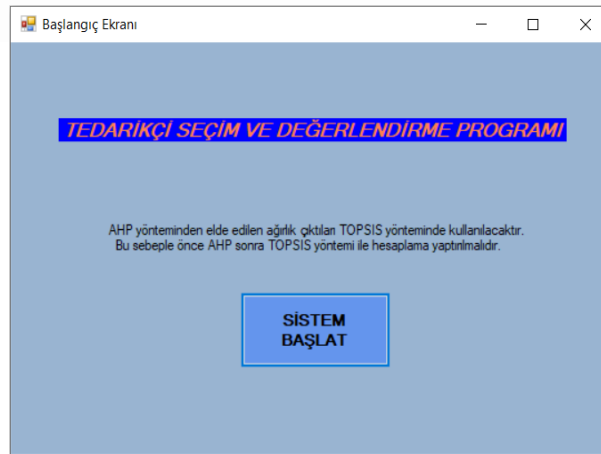
Yapılan hesaplamalar sonucunda TOPSIS yönteminin çıktısı olan sonuçlar Çizelge 7’de gösterilmiştir. Sonuçların anlamlandırılması için büyükten küçüğe doğru sıralanmalı ve bu doğrultuda ideal çözüme en yakın olan aday firmanın S3 olduğu görülmektedir. S3’ü takiben adaylar S4, S2, S5 ve S1 olarak sıralanmaktadır.

Çizelge 7. TOPSIS yönteminin uygulanması ile ideal tedarikçiye olan göreceli yakınlık değerleri

ADAY FİRMALAR	S1	S2	S3	S4	S5
C*	0,235	0,572	0,614	0,605	0,273

4.4. Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Programı (TSDP) Adımları

Uygulama işletmede incelenen probleme özel geliştirilmiş olup, VBA programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Program iki aşamalı bir algoritmaya dayalı çalışmakta ve bir önceki yöntemin çıktısı bir sonraki yöntem adımına girdi oluşturmaktadır. Problem için asıl amaç üst yönetime doğru bir rapor sunmak ve seçim faaliyetinin doğru zamanda, doğru aday üzerinden ve herhangi bir risk faktörünün gözden kaçmayacağı şekilde planlanmış olmasını sağlamaktır. Uygulama kullanımı son derece kolay ve tutarsız bir veri girildiğinde kullanıcıya geri bildirim verecek ve dataların düzeltilmesini sağlayacak şekilde kurgulanmıştır. Uygulamanın ismi “Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Sistemi (TSDP)” olarak belirlenmiş ve uygulamaya ait görseller Resim 1, 2, 3 ve 4’de verilmiştir.



Resim 1. TSDP uygulama giriş ekranı

The screenshot shows the 'Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Programı' window. It has two main sections: AHP and TOPSIS. The AHP section is currently selected and shows a 7x7 comparison matrix with empty input fields for criteria C1 through C7. The TOPSIS section is unselected and shows a table with 5 rows (S1-S5) and 6 columns (Kalite, T. Yeterlilik, T. Takvimi, Fiyat, Servis, Y. Oranı, Risk). There are three buttons on the right: 'AHP HESAPLA' (red), 'TOPSIS HESAPLA' (yellow), and 'ÇIKIŞ' (red).

Resim 2. TSDP veri giriş ekranı

The screenshot shows the 'Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Programı' window with the AHP section selected. The 7x7 comparison matrix is now filled with numerical values. A small dialog box titled 'WindowsApplication1' is open, displaying the result: 'Sonuç Tutarlı >> CR = 0,0912850998315393'. The 'AHP HESAPLA' button is highlighted in red, and the 'ÇIKIŞ' button is also red.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	0,33	5	5	3	3	1
C2	3	1	5	5	3	3	3
C3	0,2	0,2	1	3	3	1	0,33
C4	0,2	0,2	0,33	1	3	1	0,2
C5	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,33	0,2
C6	0,33	0,33	1	1	3	1	0,2
C7	1	0,33	3	5	5	5	1

Resim 3. TSDP AHP veri girişi ve sonuç ekranı

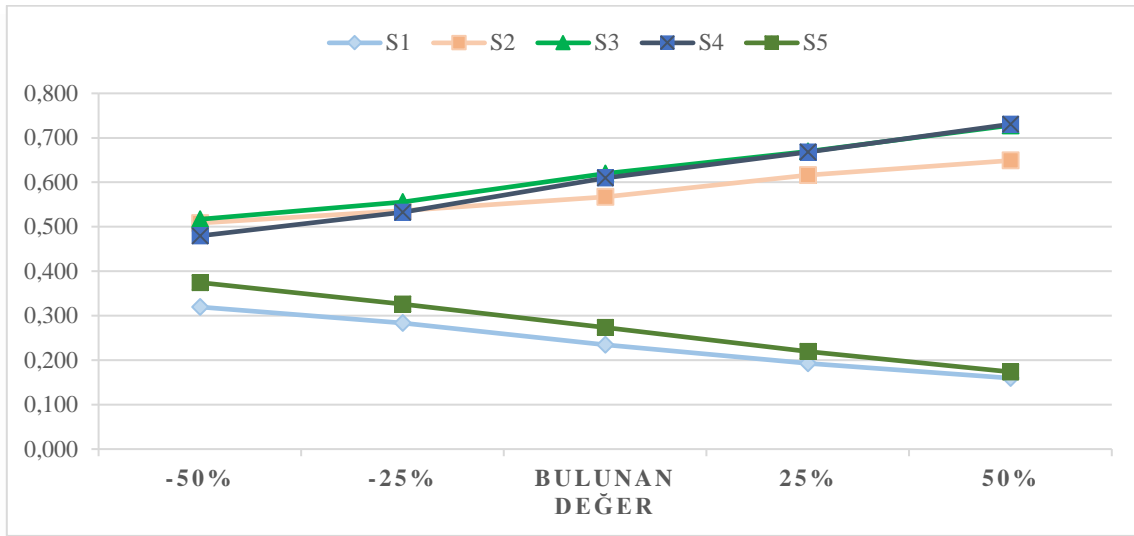
The screenshot shows the 'Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Programı' window with the TOPSIS section selected. The table is filled with numerical values for criteria S1-S5. A small dialog box titled 'WindowsApplication1' is open, displaying the results: 'EN İYİ ADAY FIRMA = 0,614 // TÛM SONUÇLAR >> S1 = 0,235 S2 = 0,572 S3 = 0,614 S4 = 0,605 S5 = 0,27'. The 'TOPSIS HESAPLA' button is highlighted in yellow, and the 'ÇIKIŞ' button is red.

	Kalite	T. Yeterlilik	T. Takvimi	Fiyat	Servis	Y. Oranı	Risk
S1	8,2	4,1	7	6	5,6	10,5	Ris
S2	7	10	6	3	4	4	Çok
S3	20	11,6	7,5	2	15,6	11,4	Az
S4	18	12	6	2	16	8	Az
S5	11,9	4,2	7,9	4	17,6	9,6	Ris

Resim 4. TSDP TOPSIS veri girişi ve sonuç ekranı

4.5. Duyarlılık Analizi

İşletmede incelenen problemin geliştirilen karar destek sisteminde çözülmesi sonrasında ideal tedarikçi seçimi işlemi tamamlanmıştır. Ancak yapılan bu seçimin gözden geçirilmesi, alınan sonucun doğruluğunun değerlendirilmesi için mevcut sisteme duyarlılık analizi uygulaması ihtiyacı oluşmuştur. Uygulama için yapılan duyarlılık analizi iki adımda icra edilmiş ve kriter ağırlıklarında gerçekleştirilen değişimlerin çıktı değerini ne oranda değiştireceği ve bununla beraber oluşturulan yapının değişikliklere karşı ne denli duyarlı olduğu elde edilmiştir. Duyarlılık analizinde ilk adım olarak AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları üzerinde inceleme yapılmıştır. Yapılan inceleme sonucunda en yüksek ağırlığa sahip olan “teknik yeterlilik” kriteri ele alınmış ve bu kriterin mevcut ağırlığı yüzde 25 ve 50 oranında azaltılıp – artırılarak diğer kriterlerin değerleri elde edilmiştir. Devam eden adımda ise ele alınan 5 durum (-%50, -%25, bulunan (mevcut) değer, %25, %50) için TOPSIS yöntemine duyarlılık analizi uygulanmış ve aşağıda verilen grafik elde edilmiştir.



Şekil 3. Geliştirilen sisteme uygulanan duyarlılık analizi sonuçları

Grafik verilerinden S4 tedarikçisine ait değer teknik yeterlilik kriterinin %50 olarak artırılmasıyla S3 tedarikçisine tercih edildiği ve bu noktada sistemin duyarlı olduğu bilgisini vermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçleştirilen çalışmada öncelikle pazar araştırması yürütülmüş ve sonrasında kıdemli kişilerden oluşan alt komisyon heyeti üyeleri ile görüşülerek probleme ve projeye özgü değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen 7 ölçüt; kalite, teknik yeterlilik, teslimat takvimi, fiyat, servis, yerlilik oranı ve risk olarak ele alınmış ve çözümün ilk adımı olan AHP yöntemi sürecine uygun olarak problemin hiyerarşik yapısı belirlenmiştir. Belirlenen yapı doğrultusunda çözüm basamakları uygulanarak her bir kriterin ağırlık hesabı ortaya çıkmış ve sisteme girdi veren kullanıcılara verilerin tutarlılık analizi ile sonuç desteklenmiştir. AHP yöntemi ile bulunan ağırlık değerleri, ideal çözüme göreli yakınlık değerlerin hesaplanması ile alternatifler arasından en iyi adayın seçilmesini sağlayan yöntem olan TOPSIS'e girdi olarak kullanılmıştır. Böylelikle süreç entegre bir şekilde yürütülmüş ve problem doğrultusunda ideal düzeye en yakın sonuca ulaşılmıştır. Problem kapsamında ÇKKV yöntemlerinin arka planda çalıştığı ve kullanıcının verileri girmesi ile sonucu saniyeler içerisinde veren probleme özgü bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Söz konusu uygulamaya “Tedarikçi Seçim ve Değerlendirme Programı (TSDP)” ismi verilmiş ve işletmede yer alan yöneticilerin kullanımına sunulmuş ve etkin olarak kullanılmıştır.

Çalışmayı literatürde yer alan diğer çalışmalardan farklı kılan özellik, değerlendirme kriterleri içerisinde risk yönetimi ve yerlilik oranı gereksinimi kısıtlarını ele alması, üst yönetimin karar vermesini kolaylaştıracak bir uygulama alt yapısı oluşturmasıdır.

Daha önce de ifade edildiği üzere geliştirilen uygulama yalnızca ele alınan probleme özgü olarak geliştirilmiş olup, kolaylıkla güncellenebilir yapısı sayesinde işletmedeki farklı ürün geliştirme projelerine de uyarlanabilmektedir. Öte yandan yine bu tip bir yaklaşım ile farklı sektörlerde ait tedarikçi seçim problemi için benzer yaklaşımlar kullanılabilir; kriterlerin ve alternatiflerin çeşitlenmesi ile kurgu üzerinde değişiklikler yapılarak sonuç alınabilmektedir. Gelecek çalışmalarda çözüm için farklı ÇKKV metodları bulanık yaklaşımlar olarak ele alınabilir ve bu doğrultuda geliştirilen uygulama işletmedeki diğer projeleri de kapsayacak şekilde güncellenebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Tam, M. C., & Tummala, V. R. (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *Omega*, 29(2), 171-182.
2. Jain, V., Wadhwa, S., & Deshmukh, S. G. (2009). Select supplier-related issues in modelling a dynamic supply chain: potential, challenges and direction for future research. *International Journal of Production Research*, 47(11), 3013-3039.
3. Evcioglu, H. E. (2019). Tedarik zinciri ağlarında ÇKKV yöntemleriyle tedarikçi seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
4. Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, New York: Mc Graw-Hill.
5. Wang, Y. M., Liu, J., & Elhag, T. M. (2008). An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment. *Computers & industrial engineering*, 54(3), 513-525.
6. Saaty, T. L. (2001). Fundamentals of the analytic hierarchy process. *The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making*, 15-35.
7. Çiftçioglu, B. (2013). İnşaat sektöründe AHP yöntemi ile alt yüklenici seçimi: bir konut projesinde uygulama (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
8. Hwang, C. L., Yoon, K., Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. *Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey*, 58-191.
9. Lai, Y. J., Liu, T. Y., & Hwang, C. L. (1994). Topsis for MODM. *European journal of operational research*, 76(3), 486-500.
10. Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). *Multiple attribute decision making: an introduction*. Sage publications.
11. Triantaphyllou, E., & Triantaphyllou, E. (2000). *Multi-criteria decision making methods* (pp. 5-21). Springer US.
12. Kabak, M., & Çınar, Y. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel® Çözümlü Uygulamalar, 126-130.

Makale id= 17

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-1865-7815

| 85

Bir Turboşarjlı Traktör İçin Farklı Boyutlu Termoelektrik Jeneratör Modülleri**Araştırmacı Ali Gürçan¹, Doç.Dr. Gülay Yakar²**¹İstanbul Gelişim Üniversitesi²Pamukkale Üniversitesi

*Corresponding author: Gülay Yakar

Özet: Bu çalışma, turboşarjlı bir traktörün kompresörü ile ara soğutucusu (intercooler) arasına yerleştirilen termoelektrik jeneratör sisteminin voltaj değerlerinin sayısal analizini içermektedir. Mevcut literatürde otomobillerin termoelektrik jeneratörlerinde egzoz gazlarının ısı enerjisi kullanılırken, bu çalışmada alternatif olarak, termoelektrik jeneratörde, kompresörde sıkıştırılan havanın ısı enerjisi kullanılmıştır. Bu durum mevcut çalışmanın özgünlüğünü oluşturmuştur. Ayrıca p ve n tipi termoelementlerin kesit alanlarının, ısı enerjiden elektrik enerjisine olan enerji dönüşümü üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla aynı sayıda termokuplardan oluşan ancak farklı kesit alanlara sahip olan TGM-199-1.4-2.0 (ticari modül), TGM-199-1.5-2.0 (tasarlanan modül) ve TGM-199-1.6-2.0 (tasarlanan modül) olmak üzere üç farklı modülün sayısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Sayısal analizlere göre TGM-199-1.4-2.0 modülünün voltaj değerlerinin TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca TGM-199-1.6-2.0'ın voltaj değerleri TGM-199-1.5-2.0'a göre daha düşüktür. Ancak dış ortam sıcaklığı arttığında, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerinin voltaj değerleri birbirine yaklaşmıştır.

Anahtar Kelimeler: Termoelektrik, Jeneratör, Voltaj, Ara Soğutucu

Different Sized Thermoelectric Generator Modules for a Turbocharged Tractor

Abstract: The present study includes a numerical analysis on the voltage values of a thermoelectric generator system placed between the compressor and intercooler of a turbocharged tractor. While thermal energy of exhaust gases is used in thermoelectric generators of automobiles in the current literature, alternately in this study, the thermal energy of the compressed air in the compressor was used in the thermoelectric generator. This constituted the authenticity of the present study. In addition, the effect of cross-sectional areas of p- and n-type thermoelements on the energy conversion from thermal to electrical was investigated. To that end, numerical analyses of three different modules of the TGM-199-1.4-2.0 (commercial module), the TGM-199-1.5-2.0 (designed module) and the TGM-199-1.6-2.0 (designed module) were conducted while they were comprised of the identical number of thermocouples. According to numerical analyses, it was determined that the voltage values of the TGM-199-1.4-2.0 module were higher than those of the TGM-199-1.5-2.0 and TGM-199-1.6-2.0 modules. Moreover, the voltage values of TGM-199-1.6-2.0 were less than those of TGM-199-1.5-2.0. However, the voltage values of TGM-199-1.5-2.0 and TGM-199-1.6-2.0 approximated each other when the outdoor temperature increased.

Keywords: Thermoelectric, Generator, Voltage, Intercooler

1. GİRİŞ

Günümüzde termoelektrik modüller ve bu modülleri kullanan sistemler yaygınlaşmıştır. Basit yapıları ve bakım gerektirmemeleri onları çekici kılmaktadır. Bu termoelektrik modüller ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi amacıyla kullanılabilir. Bu modüller elektrik üretiminde kullanıldığına

termoelektrik jeneratörler olarak adlandırılmaktadır. Termoelektrik jeneratörler birçok farklı çalışma alanında kullanılmaktadır. Bunlardan biri otomobillerin ve diğer içten yanmalı motorların egzoz gazlarını kullanan termoelektrik jeneratörlerdir: Wang vd., (2020) çok kademeli termoelektrik jeneratör şemasını kullanan LNG-dizel çift yakıtlı gemiler için bir atık enerji geri kazanım sistemi geliştirdiler. Farklı sıcaklık bölgelerinde uygun termoelektrik malzemeler ve uygun çok kademeli seri-paralel şemalar ile maksimum dönüşüm verimliliğinin %18,54'e kadar çıkabildiğini bulmuşlardır. He vd., (2020) ağır hizmet tipi bir dizel motorun egzoz ısısının geri kazanımı için çok katmanlı bir termoelektrik jeneratörün performans özelliklerini araştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar, çıkış gücünün motor yüküyle birlikte arttığını, ancak motor hızındaki değişime duyarsız olduğunu göstermiştir. Luo vd., (2020) ısı değiştiricinin ısı transferini ve sıcak taraf sıcaklığını arttırmayı amaçlayan yakınsak bir ısı değiştirici tasarımı geliştirmişlerdir. Çalışmaları, termoelektrik jeneratör sistemlerinin sayısal analizleri için yeni bilgiler sağladı ve bir ısı değiştiricisinin egzoz gazı kanalını optimize etmek için yeni bir konsept ortaya koydu. Ezzitouni vd., (2020) termoelektrik jeneratörlü bir dizel motorda genel enerji dengesini incelediler. Mevcut termoelektrik malzemelerin düşük verimliliğine rağmen termoelektrik jeneratörlerin içten yanmalı motorların genel verimliliğini arttırdığını belirlediler. Ravi vd., (2020) düşük dereceli atık ısı enerjisinin elde edilmesi amacıyla içten yanmalı motorlarda egzoz gazlarının enerji geri kazanım yeteneğini incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, uzun kanatlı ters akışlı ısı değiştiricinin, kanatçıkları olmayan geleneksel ısı değiştiricilerle karşılaştırıldığında çalışma sıvısı çıkış sıcaklığını, etkinliğini, ısı transfer hızını ve ayrıca genel fren termal verimliliğini arttırdığını göstermiştir. Pacheco vd., (2020) hafif hizmet tipi bir araçta yeni bir sıcaklık kontrollü termoelektrik jeneratör konseptinin performansını ve bunun gerçekçi sürüş koşulları altında yakıt ekonomisi ve sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Grubun önceki konseptleriyle karşılaştırıldığında, yerçekimi desteğine ihtiyaç duymadığını ve geleneksel jeneratörlere benzer bir form faktörüne sahip olduğunu bulmuşlardır. Karana ve Sahoo (2020) alüminyum bazlı bir ısı değiştirici kullanarak bir otomobilin termoelektrik atık ısı geri kazanım sisteminin enerji ve ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir. Egzoz yoluyla önemli miktarda enerji kaybedildiğini ve sabit motor devrinde daha yüksek yük kullanılmasının atık ısı geri kazanımının kapsamını arttırdığını elde etmişlerdir. Kim vd., (2019) gerçek araç çalışma koşullarında çalışan hibrit elektrikli araç motoruna kompakt termoelektrik jeneratörün uygulanmasını incelemişlerdir. Subramaniam vd., (2019) bir otomotiv egzoz termoelektrik jeneratörünün çeşitli özelliklerinin değerlendirilmesine yönelik bir test donanımının tasarımını ve geliştirilmesini gerçekleştirmişlerdir. Otomotiv egzoz termoelektrik jeneratörünün genel verimliliğinin, sıcak taraf ısı eşanjörünün zayıf verimliliği nedeniyle yalnızca %0,4 olduğunu tespit etmişlerdir. Kim vd., (2018) altıgen bir termoelektrik jeneratörün atık ısı geri kazanım performansını deneysel olarak incelemişlerdir. Altıgen termoelektrik jeneratörün çıkış gücünün, motor hızı ve yükün artmasıyla artma eğiliminde olduğunu ve %1,3-2,6 dönüşüm verimliliğine karşılık gelen 21,2 ile 98,8 W arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Mevcut literatüre bakıldığında, turboşarjlı sistemlerin kompresöründen çıkan havanın ısı enerjisinden yararlanarak bir termoelektrik jeneratöre ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

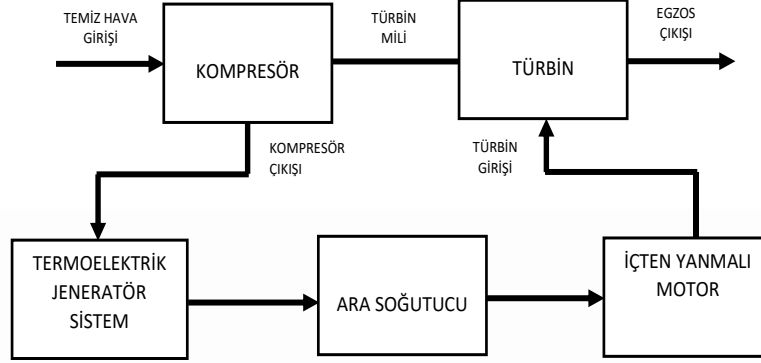
Bu çalışmanın amacı, turboşarjlı sistemlerin kompresöründen çıkan havanın ısı enerjisinden yararlanarak termoelektrik jeneratör yardımıyla elektrik güç çıkışı elde etmektir. Sayısal çalışmada, turboşarjlı traktörün kompresörü ile ara soğutucusu arasına termoelektrik jeneratör sistemi yerleştirilmiştir. Bu termoelektrik jeneratör sistemi, hem ek elektriksel güç çıkışına olanak tanımakta hem de ara soğutucuya giren havanın sıcaklığını düşürerek, turboşarjlı traktörün motor verimliliğine gözle görülür katkı sağlamaktadır.

Ayrıca p ve n tipi termokuplların kesit alanları termal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünde önemli bir etkiye sahip olduğundan, bu çalışma kapsamında p ve n tipi termokuplların farklı kesit alanlarında kullanımının araştırılması önemlidir.

2. TURBOŞARJLI BİR TRAKTÖRÜN TERMOELEKTRİK JENERATÖR SİSTEMİ

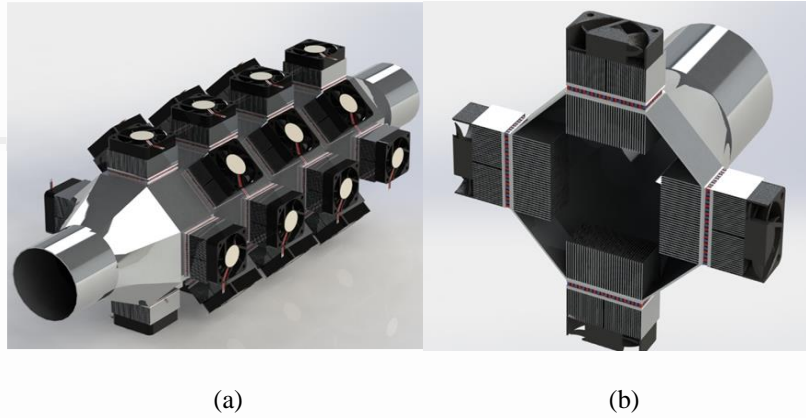
Turboşarjlı sistemlerde, turboşarj sisteminin kompresöründen çıkan hava, ara soğutucu içerisinde soğutularak motora gönderilmekte ve böylece motor veriminin artırılması sağlanmaktadır. Bu çalışmada, turboşarjlı bir traktörün kompresörü ile ara soğutucusu arasına Şekil 1'de görüldüğü gibi bir termoelektrik jeneratör sistemi yerleştirilmiştir. Bu sistem sayesinde, kompresörden çıkan havanın ısı

enerjisinden elektrik güç çıkışı elde edilmektedir. Bu nedenle kompresörden çıkan hava ara soğutucuya daha soğuk bir şekilde girmektedir. Bu durum, ara soğutucu etkinliğini ve motor verimini olumlu yönde etkileyecektir. Ayrıca termoelektrik jeneratör sisteminde üretilen elektriksel güç çıkışı, bu traktörün elektrik gücüne ihtiyaç duyan diğer cihazları tarafından da kullanılabilir. Örnek olarak, bu traktörde kullanılan termoelektrik soğutuculu bir traktör mini buzdolabının elektrik enerjisi ihtiyacı, bu termoelektrik jeneratör sisteminin güç çıkışından rahatlıkla karşılanabilir.



Şekil 1. Turboşarjlı Sistemdeki Sıkıştırılmış Havanın Isıl Enerjisini Kullanan Termoelektrik Jeneratör Sisteminin Konumunu Gösteren Blok Diyagramı.

Çalışmada kullanılan termoelektrik jeneratör sisteminin CAD modellenmesinde Şekil 2’de görüldüğü gibi SolidWorks programından yararlanılmıştır (Gürcan, 2019).



Şekil 2. Turboşarjlı Traktörde Kullanılan Termoelektrik Jeneratör Sisteminin CAD Modeli (a) Montaj Görünümü (b) Kesit Görünümü (Gürcan, 2019).

Bu çalışmada, turboşarjlı bir traktörün kompresörü ile ara soğutucusu arasına yerleştirilen termoelektrik jeneratör sisteminin farklı boyuttaki modüllerinden elde edilen elektriksel güç değerleri, Ansys-Fluent ve Ansys-Thermal-Electric programı kullanılarak sayısal olarak karşılaştırılmıştır. Bu farklı büyüklükteki modüller TGM-199-1.4-2.0 (ticari modül), TGM-199-1.5-2.0 (tasarlanan modül) ve TGM-199-1.6-2.0 (tasarlanan modül) şeklindedir. Bu üç modülde de termokupl sayısının aynı olduğuna dikkat etmek önemlidir. TGM-199-1.4-2.0 ticari modülde; 199 – modüldeki termokupl sayısı, 1.4 – termoelementin genişliği ve 2.0 – termoelementin bacak uzunluğudur. Ayrıca TGM, termoelektrik jeneratör modülü anlamına gelmektedir.

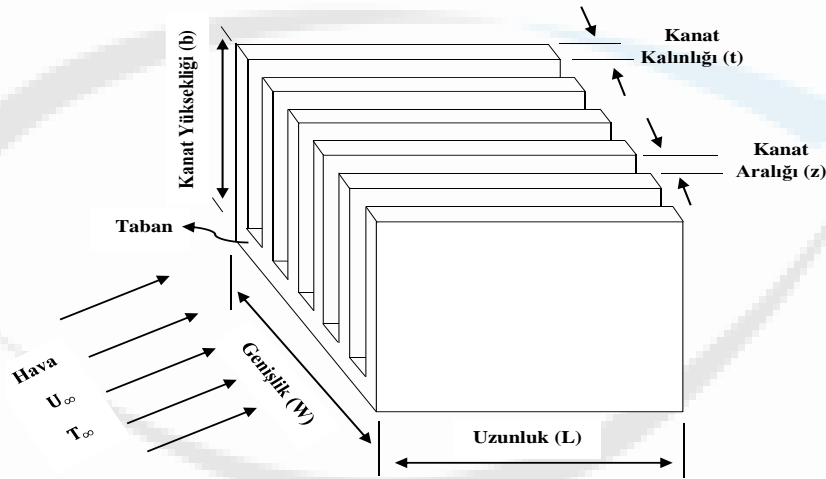
Şekil 2’de CAD modeli gösterilen termoelektrik jeneratör sistemindeki termoelektrik jeneratör modül sayısı 28 olup, bu sayı her üç modülde de aynıdır. Termoelektrik modüllerin sıcak tarafları

kompresörden gelen sıcak havaya maruz bırakılmıştır. Soğuk tarafları ise dış havayla temas ettirilmiştir. Termoelektrik jeneratör modüllerinin soğuk ve sıcak tarafları arasındaki bu sıcaklık farkı, termoelektrik jeneratör modüllerinde elektrik akımı üretmektedir.

Termoelektrik jeneratör sistemine giren havanın sıcaklığı ve kütlesi sırasıyla 135 °C ve 0,162 kg/s'dir (Potur, 2009). Kompresör için basınç artış oranı 2,2 ve kompresörün çıkışındaki borunun çapı ise 63 mm'dir (Potur, 2009). Yaz ve kış sıcaklık koşullarının, bu çalışmanın sonuçlarına etkisini belirlemek amacıyla yedi farklı dış ortam sıcaklığına (268, 278, 283, 288, 293, 298 ve 303 K) göre sayısal analizler yapılmıştır. Termoelektrik jeneratör sisteminin sekizgen tasarlanmasının nedeni hem dairesel şekle benzemesi hem de üzerine daha fazla termoelektrik jeneratör modülünün yerleştirilebilmesidir. Kenar uzunluğu 45 mm olan düzgün sekizgen termoelektrik jeneratör sisteminin kesit alanı 0,0098 m²'dir.

Termoelementin kesit alanı; TGM-199-1.4-2.0 için $A_p = A_n = 1.96 \text{ mm}^2$, TGM-199-1.5-2.0 için $A_p = A_n = 2.25 \text{ mm}^2$ ve TGM-199-1.6-2.0 için $A_p = A_n = 2.56 \text{ mm}^2$ 'dir. Her üç modülde de termoelementin bacak uzunluğu $l = 2 \text{ mm}$ 'dir. Ayrıca her üç modülde de, p-tipi ve n-tipi termoelementlerden oluşan termokupl sayısı 199'dur.

Kanatçıklar gibi genişletilmiş yüzeyler kullanılarak havanın ısı enerjisinin etkili bir şekilde emilmesi veya dağıtılması önemlidir. Bu nedenle düz plaka tipi kanatlı yapılar (ısı kuyuları) termoelektrik jeneratör modüllerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 3, bu çalışmanın termoelektrik jeneratör modüllerinde kullanılan düz plaka tipi kanatlı yapıyı göstermektedir.



Şekil 3. Düz Plaka Tipi Kanatlı Bir Yapı (Isı Kuyusu).

Tablo 1, termoelektrik jeneratör modüllerinin malzeme özelliklerini göstermektedir.

Tablo 1. Termoelektrik Jeneratör Modüllerinde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri.

Malzemelerin Özellikleri	$d \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$c_p \text{ (J/kgK)}$	$k \text{ (W/mK)}$
Seramik (Alümina)	3720	880	25
Bizmut Telleryum	7700	544	1.5
Alüminyum	2719	871	202.4
Bakır	8978	381	387.6

Termoelektrik jeneratör sisteminin iki akış alanı vardır: Birinci akış alanı kompresörden gelen 408 K sıcaklıktaki hava ve İkinci akış alanı ise dış ortam havasıdır.

3. MATEMATİKSEL MODELLEME

Termoelektrik jeneratör modüllerinde kullanılan kanatlı yapıların hacimleri sabit olduğundan, kanatlı yapıya sahip modüller için bu kanatlı yapıların optimum kanat kalınlığının ve dolayısıyla optimum kanat aralığının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Lee, 2010):

Kanatlı yapının kanat sayısı:

$$n_f = \frac{W}{z_{opt} + t} \quad (1)$$

Kanat verimi:

$$\eta_f = \frac{\tanh(\beta)}{\beta} \quad (2)$$

burada,

$$\beta = b \left(\frac{2h}{k_{alt}} \right) \quad (3)$$

Kanat alanı:

$$A_f = 2(L + t)b \quad (4)$$

Toplam ısı transfer alanı:

$$A_t = n_f (A_f + LZ_{opt}) \quad (5)$$

Kanatlı yüzey verimi:

$$\eta = 1 - n_f \frac{A_f}{A_t} (1 - \eta_f) \quad (6)$$

Toplam taşınım ile ısı transfer hızı:

$$\dot{Q}_t = \eta A_t h (T_{Taban} - T_{\infty}) \quad (7)$$

Zorlanmış taşınım için düz plaka kanatçıkların optimize edilmiş tasarımı gerçekleştirildi. Bu nedenle optimum kanat aralığı (z_{opt}) aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Lee, 2010):

$$z_{opt} = L_c 3.24 Re^{-1/2} Pr^{-1/4} \quad (8)$$

burada, $Re = \frac{U_\infty L_c}{\nu}$ Reynolds sayısıdır.

Isı taşınım katsayısı:

$$h = \frac{k_{hava}}{L_c} 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (9)$$

Sıcak yüzeyde emilen ısı:

$$\dot{Q}_h = n \left[\alpha T_h I - \frac{1}{2} I^2 R + K(T_h - T_c) \right] \quad (10)$$

$$\dot{Q}_h = \eta_1 h_1 A_{t1} (T_{\infty 1} - T_h) \quad (11)$$

burada,

$$\alpha = \alpha_p - \alpha_n \quad (12)$$

$$R = \frac{\rho_p l_p}{A_p} + \frac{\rho_n l_n}{A_n} \quad (13)$$

$$K = \frac{k_p A_p}{l_p} + \frac{k_n A_n}{l_n} \quad (14)$$

p-tipi ve n-tipi termoelementler benzer olduğu için, $R = \rho l/A$ ve $K = kA/l$ olmaktadır, burada $\rho = \rho_p + \rho_n$ ve $k = k_p + k_n$ (Lee, 2017).

Soğuk yüzeyden verilen ısı:

$$\dot{Q}_c = n \left[\alpha T_c I + \frac{1}{2} I^2 R + K(T_h - T_c) \right] \quad (15)$$

$$\dot{Q}_c = \eta_2 h_2 A_{t2} (T_c - T_{\infty 2}) \quad (16)$$

Termoelektrik jeneratör modülü için elektrik akımı:

$$I = \frac{\alpha(T_h - T_c)}{R_L + R} \quad (17)$$

Toplam voltaj:

$$V = n I R_L = n [\alpha(T_h - T_c) - I R] = \frac{n \alpha (T_h - T_c)}{\frac{R_L}{R} + 1} \left(\frac{R_L}{R} \right) \quad (18)$$

Toplam elektriksel güç çıkışı:

$$\dot{W} = n I^2 R_L = IV \quad (19)$$

ve

$$\dot{W} = n[\alpha I(T_h - T_c) - I^2 R] = \frac{n\alpha^2(T_h - T_c)^2}{R} \frac{\frac{R_L}{R}}{\left(1 + \frac{R_L}{R}\right)^2} \quad (20)$$

Isıl verim:

$$\eta_{th} = \frac{\dot{W}}{\dot{Q}_h} \quad (21)$$

Denklem (10)'dan (20)'ye kadar olan ifadeler kullanılarak, Denklem (21) yeniden düzenlendiğinde aşağıdaki ifade elde edilir (Lee, 2017):

$$\eta_{th} = \frac{\left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right)\left(\frac{R_L}{R}\right)}{\left(1 - \frac{R_L}{R}\right) - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right) + \frac{1}{2Z\bar{T}}\left(1 - \frac{R_L}{R}\right)^2\left(1 + \frac{T_c}{T_h}\right)} \quad (22)$$

burada, $\bar{T} = \frac{T_h + T_c}{2}$ ve Z değerlik katsayısıdır ($Z = \alpha^2 / \rho k$) (Lee, 2017).

Boyutsuz elektrik direnci:

$$R_r = \frac{R_L}{R} \quad (23)$$

Etkin elektriksel direnç aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\rho^* = \frac{4(A/l)\dot{W}_{max}}{n(I_{max})^2} \quad (24)$$

Etkin Seebeck katsayısı:

$$\alpha^* = \frac{4\dot{W}_{max}}{nI_{max}(T_h - T_c)} \quad (25)$$

Etkin değerlik katsayısı:

$$Z^* = \frac{1}{\bar{T}} \left[\left(\frac{1 + \frac{\eta_{max}(T_c)}{\eta_c}}{1 - \frac{\eta_{max}}{\eta_c}} \right)^2 - 1 \right] \quad (26)$$

burada, $\eta_c = (1 - T_c/T_h)$ Carnot çevrimi verimidir.

Z^* ile birlikte etkin ısı iletkenliği şu şekilde tanımlanır:

$$k^* = \frac{(\alpha^*)^2}{\rho^* Z^*} \quad (27)$$

4. SINIR KOŞULLARI

Sıcaklık, taşınım, ışınım veya ısı akısı gibi en az bir termal sınır koşulu ve voltaj veya akım gibi en az bir elektriksel sınır koşulu, ANSYS-Thermal-Electric simülasyonu için gereken sınır koşullarıydı. Termal sınır koşulu için termoelektrik jeneratör modülünün sıcak ve soğuk yüzey sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu nedenle Ansys-Fluent program analizi ile elde edilen çıktı parametreleri kullanılarak sonlu elemanlar yöntemine dayalı Ansys-Thermal-Electric program analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca elektriksel sınır koşulu için yarı iletken N'nin bulunduğu taraftaki bakır iletkenin ön yüzüne 0 V'luk bir elektrik voltajı uygulanmıştır. Ansys-Fluent analizi için akış alanlarında giriş sınır koşulu olarak hız ve sıcaklık koşulları, çıkış sınır koşulu olarak ise basınç koşulu kullanılmıştır. Tablo 2 sınır koşullarını göstermektedir.

Tablo 2. Giriş ve Çıkış Sınır Koşulları.

	Giriş Sınır Koşulu		Çıkış Sınır Koşulu
Kompresör Havası	27.31 m/s	408 K	120350 Pa
Soğuk Hava	5.162 m/s	268 K*	0 Pa

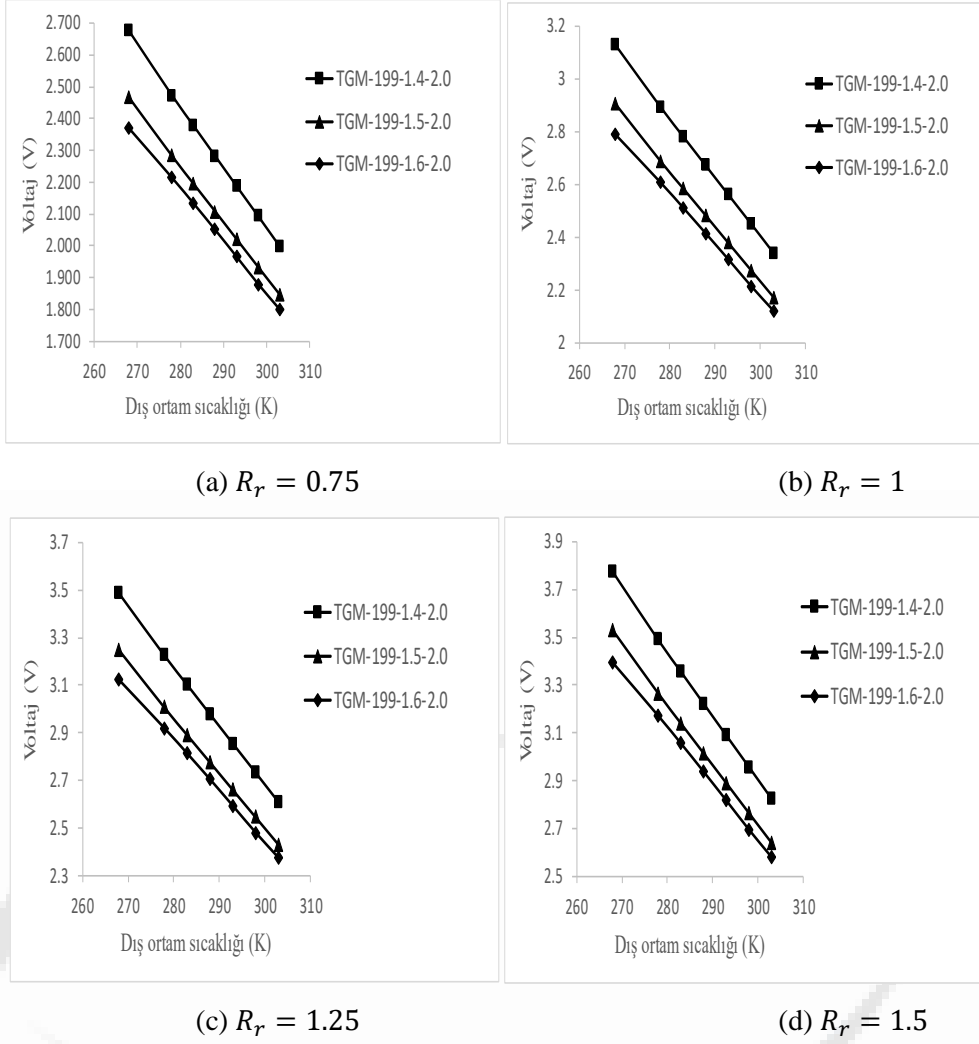
*Dış ortam sıcaklık değerleri (268 K, 278 K, 283 K, 288 K, 293 K, 298 K ve 303 K)

Termoelektrik jeneratör sistemi iki akış alanına sahiptir. Birinci akış alanı kompresörden gelen 408 K sıcaklıktaki sıcak hava iken, ikinci akış alanı ise dış ortam sıcaklığındaki hava olarak adlandırılan soğuk havadır. Çıkış parametresi olarak, sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıkları Ansys-Fluent program analizinden elde edilmiştir. Daha sonra bu parametreler, termoelektrik jeneratör sisteminin Ansys-Thermal-Electric analizinde kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

TGM-199-1.4-2.0 (ticari modül), TGM-199-1.5-2.0 (tasarlanan modül) ve TGM-199-1.6-2.0 (tasarlanan modül), Ansys-Fluent ve Ansys-Thermal-Electric yazılımları tarafından yapılan sayısal analizlerle karşılaştırılmışlardır. Giriş parametresi olarak farklı dış ortam sıcaklıkları alınarak farklı boyutlardaki termoelektrik jeneratör modüllerinin Thermal-Electric simülasyonu yapılmış, çıkış parametresi olarak da Ansys-Fluent analizinden elde edilen ortalama sıcak ve soğuk yüzey sıcaklıkları alınmıştır. Voltaj değerlerinin boyutsuz elektrik direnci ile değişimi incelenmiştir. Boyutsuz elektrik direnci (R_r) 0,75 ile 1,5 arasında olduğunda, elde edilen elektriksel güç ve ısıl verim değerlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu dört farklı boyutsuz elektrik direnci için (0,75; 1; 1,25 ve 1,5) farklı dış ortam sıcaklıklarına göre voltaj değerlerinin değişimi grafiklerle elde edilmiştir. *ANSYS-Thermal-Electric yazılımının analiz sonuçları tek bir termoelektrik jeneratör modülünden elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan termoelektrik jeneratör sisteminde toplam 28 adet termoelektrik modül bulunmaktadır.*

Şekil 4, farklı dış ortam sıcaklıklarında çalışan farklı boyutlardaki termoelektrik modüllerin voltaj üzerindeki etkisini, dört farklı boyutsuz elektrik direnci için göstermektedir.



Şekil 4. Farklı Boyutlardaki Termoelektrik Jeneratör Modüllerinin Voltaj Üzerindeki Etkisi.

TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerinde artan dış ortam sıcaklığına karşılık voltaj değerlerinin düştüğü belirlenmiştir. Diğer bir deyişle voltaj değeri ile dış ortam sıcaklığı arasında ters bir ilişki tespit edilmiştir (Şekil 4a, 4b, 4c ve 4d). Bu ise termoelektrik jeneratörlerden beklenen bir davranıştır. Çünkü elektriksel güç çıkışındaki artış, voltajın artması, yani bu koşulların getirdiği elektromotor kuvvetlerin artması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, en yüksek voltaj en düşük dış sıcaklıkta elde edilmiştir ve bunun tersi de geçerlidir. Şekil 4a, 4b, 4c ve 4d'de de görüldüğü gibi, TGM-199-1.4-2.0'in voltaj değerleri, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0'in voltaj değerlerinden daha büyüktür. Ayrıca TGM-199-1.6-2.0'in voltaj değerleri TGM-199-1.5-2.0'a göre daha düşüktür. Ancak dış ortam sıcaklığı arttıkça TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0'in voltaj değerleri birbirine yaklaşmıştır (Şekil 4a, 4b, 4c ve 4d). Ayrıca boyutsuz elektrik direnci arttıkça, TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerinin hepsinin voltaj değerlerinin de arttığı belirlenmiştir (yedi farklı dış ortam sıcaklığı için) (Şekil 4a, 4b, 4c ve 4d).

Sonuç olarak, genişlik ne kadar büyük olursa, termokupllardan aktarılan ısı miktarı da o kadar fazla olmaktadır. Bu durumda TGM-199-1.6-2.0 modülünde, sıcak ortam havasından diğerlerine göre daha fazla ısı aktarılmıştır. Böylece bu modülden diğerlerine göre daha yüksek elektriksel güç çıkışı elde edilmiştir. Yani en yüksek elektriksel güç çıkış değerleri, TGM-199-1.6-2.0'da elde edilirken, en yüksek voltaj değerleri TGM-199-1.4-2.0'da elde edilmiştir. Bunun nedeni TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerinin sıcak yüzey sıcaklıklarının, aynı çalışma koşullarında, birbirinden farklı olmasıdır. Yani aynı çalışma koşulları altında, sıcak havadan birim zamanda aktarılan

ısı miktarı (\dot{Q}_h), üç farklı boyuttaki modül (TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6) için aynı değildir.

6. SONUÇLAR

Bu sayısal çalışma, üç farklı boyuttaki termoelektrik jeneratör modülü (TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0) için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir:

- 1) TGM-199-1.4-2.0'in voltaj değerleri, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0'a göre daha yüksek bulunmuştur.
- 2) TGM-199-1.6-2.0'in voltaj değerleri TGM-199-1.5-2.0'a göre daha düşüktür. Ancak dış ortam sıcaklığı arttığında, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0 modüllerinin voltaj değerleri birbirine yaklaşmaktadır.
- 3) Boyutsuz elektrik direnci arttıkça, TGM-199-1.4-2.0, TGM-199-1.5-2.0 ve TGM-199-1.6-2.0'in voltaj değerleri de artmıştır (yedi farklı dış ortam sıcaklığı için).

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı 2018FEBE035 numaralı proje kapsamında finansal olarak desteklediği için Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürlerini sunmaktadırlar.

KAYNAKLAR

- Ezzitouni, S., Fernández-Yáñez, P., Sánchez, L. and Armas, O. (2020). "Global energy balance in a diesel engine with a thermoelectric generator", *Applied Energy*, (269): 115139. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115139>
- Gürcan, A. (2019). Farklı boyutlarda termoelektrik jeneratör kullanılarak egzoz ısı enerjisinin geri kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- He, M., Wang, E., Zhang, Y., Zhang, W., Zhang, F. and Zhao, C. (2020). "Performance analysis of a multilayer thermoelectric generator for exhaust heat recovery of a heavy-duty diesel engine", *Applied Energy*, (274):115298. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115298>
- Karana, D.R. and Sahoo, R.R. (2020). "An experimental study on the thermal behavior of aluminum thermoelectric system integrated with engine exhaust", *Experimental Heat Transfer*, (34): 201-2016. <https://doi.org/10.1080/08916152.2020.1730525>
- Kim, T.Y., Kwak, J. and Kim, B. (2019). "Application of compact thermoelectric generator to hybrid electric vehicle engine operating under real vehicle operating conditions", *Energy Conversion and Management*, (201): 112150. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112150>
- Kim, T.Y., Kwak, J., Kim, B. (2018). "Energy harvesting performance of hexagonal shaped thermoelectric generator for passenger vehicle applications: An experimental approach", *Energy Conversion and Management*, (160): 14-21. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.01.032>
- Luo, D., Wang, R., Yu, W. and Zhou, W. (2020). "A numerical study on the performance of a converging thermoelectric generator system used for waste heat recovery", *Applied Energy*, (270): 115181. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115181>
- Lee, H.S. (2010). *Thermal Design: Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchangers, and Solar Cells*, Wiley, Hoboken.
- Lee, H.S. (2017). *Thermoelectrics: Design and Materials*, Wiley, Chichester.
- Pacheco, N., Brito, F.P., Vieira, R., Martins, J., Barbosa, H. and Goncalves, L.M. (2020). "Compact automotive thermoelectric generator with embedded heat pipes for thermal control" *Energy*, (197): 117154. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117154>

- Potur, R.A. (2009). Faz IIIB emisyon standardına cevap veren dizel traktör motorunun tasarımı için gerçek çevrimin matematik modellenmesi ve optimum yanma kanununun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ravi, R., Pachamuthu, S. and Kasinathan, P. (2020). “Computational and experimental investigation on effective utilization of waste heat from diesel engine exhaust using a fin protracted heat exchanger”, *Energy*, (200):117489. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117489>
- Subramaniam, H., Duraisamy, S., Raghavan, G. and Govindan, S. (2019). “Design and development of a test rig for the performance evaluation of automotive exhaust thermoelectric generator”, *AIP Advances*. <https://doi.org/10.1063/1.5093587>
- Wang, Z., Han, F., Ji, Y. and Li, W. (2020). “Redundant energy combination and recovery scheme for dual fuel carriers based on thermoelectric harvesting with a large temperature range”, *International Journal of Energy Research*. <https://doi.org/10.1002/er.6324>



Makale id= 20

Sözlü SunumORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5492-6018>

| 96

Örme Denim Kumaşların Mukavemet Özelliklerine Elyaf Türü ve Kaplama İşleminin Etkisinin İncelenmesi**Doç.Dr. Emel Çinçik¹**¹Erciyes Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü

Özet: Denim kumaşlar; genellikle pamuklu ipliklerden dokuma yoluyla üretilen, sıkı bir dokuya sahip, dayanıklı ve sağlam bir kumaş türüdür. Denim kumaşın dayanıklılığı, rahatlığı ve şık görünümü, onu popüler bir giyim malzemesi yapmakta, bu nedenle denim giyim parçaları pantolondan eteğe, ceketten gömleğe, elbiseye daha bir çok farklı üründe geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Örme denim terimi ise; geleneksel dokuma denim kumaşı yerine örme teknolojisi kullanılarak üretilen bir kumaş türünü ifade etmektedir. Bu tür kumaşlar, ipliklerin ilmek haline getirilmesi sayesinde; dokuma denim üretimine göre genellikle daha hızlı, daha ekonomik şekilde oluşturulmaktadır. Örme denim kumaşlar genellikle daha hafif olma eğilimindedirler ve bu özellikleriyle yaz aylarında giyildiğinde daha serin, rahat ve konforlu bir deneyim sunabilmektedir. Bu tür kumaşlar; dokuma denimden daha esnek, yumuşak ve dökümlü olduklarından, vücuda daha iyi uyum sağlamakta, kullanıcıya hareketli aktivitelerde konfor sunabilen bir alternatif olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle, özellikle günlük giyimde, spor giyimde ve rahat tarzları benimseyen kişiler arasında ve bebek-çocuk giyiminde popülerdir. Bir çok avantajları yönü yanı sıra; örme denim kumaşlar; hem ilmeklerden oluşan yapıları gereği hem de daha az bükümlü ipliklerden oluşturulmaları sebebiyle dokuma denim kumaşlara kıyasla daha mukavemetsizdirler. Söz konusu negatif özelliği değiştirebilmek amacıyla bu çalışmada örme denim kumaşların mukavemetine katkı sağlayacak ve estetik görünüm özelliklerini geliştirecek kaplama işlemleri uygulanmıştır. İki iplikli örme sistemleriyle Pamuk, Viskon, Bambu, Tencel, Modal, Modal/Pamuk, Polyester olmak üzere 7 farklı hammadde ile aynı iplik numaralarında ve örme koşullarında üretilmiş örme kumaşlara poliüretan, akrilik, poliüretan/akrilik bazlı 3 farklı hammaddeyle kaplama işlemleri benzer koşullarda uygulanmıştır. Elde edilen kumaşların; gramaj, kalınlık, patlama mukavemeti ve yüksekliği özellikleri standart test yöntemleri ile belirlenmiş, elde edilen sonuçlar istatistiksel paket program yardımı ile değerlendirilmiştir. Ayrıca; kumaşların kaplama işlemine maruz bırakılmadan önceki halleri ile kaplanmış haldeki özellikleri kıyaslanmış, en yüksek mukavemeti sağlayan üretim koşulları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Örme Denim Kumaş, Kaplama, Akrilik, Poliüretan, Modal, bambu, Viskon

Investigation of the Effects of Fiber Type and Coating Process On the Strength Properties of Knitted Denim Fabrics

Abstract: Denim fabrics are generally a type of fabric produced through weaving cotton threads, characterized by a tight texture, durability, and strength. The durability, comfort, and stylish appearance of denim fabric make it a popular clothing material, hence denim clothing pieces have a wide range of uses including pants, skirts, jackets, shirts, dresses, and many other different products. The term knitted denim refers to a type of fabric produced using knitting technology instead of traditional woven denim fabric. These types of fabrics are usually created faster and more economically compared to woven denim production, thanks to the looping of threads. Knitted denim fabrics tend to be lighter and can offer a cooler, more comfortable experience when worn in the summer months. Due to being more flexible, soft, and draping than woven denim, these fabrics provide better conformity to the body, offering a comfortable alternative for active movements, hence they are popular especially among those who prefer casual wear, sportswear, and comfortable styles, as well as in baby and children's clothing. In addition to many advantages, knitted denim fabrics are generally less resistant compared to woven denim fabrics due to their loop-based structures and being made from less twisted yarns. In order to improve this negative characteristic and enhance the aesthetic appearance properties, coating processes have been applied in

this study to contribute to the strength of knitted denim fabrics. Knitted fabrics were produced under the same yarn numbers and knitting conditions with 7 different raw materials including Cotton, Viscose, Bamboo, Tencel, Modal, Modal/Cotton, Polyester with two-ply knitting systems, and coating processes with three different raw materials namely polyurethane, acrylic, polyurethane/acrylic-based were applied under similar conditions. The properties of the obtained fabrics such as weight, thickness, bursting strength, and height were determined using standard test methods, and the results obtained were evaluated using statistical package program. Moreover, the properties of the fabrics before and after the coating process were compared, and the production conditions providing the highest strength were determined.

Keywords: Knitted Denim Fabrics, Coating, Acrylic, Polyurethane, Modal, Bamboo, Viscose

1. GİRİŞ

Denim ya da kot kumaş olarak tabir edilen kumaş türü; genellikle çözgü ipliği indigo (lacivert-mavi tonlarında) boyalı, atkı ipliği boyasız, pamuklu ipliklerden, genellikle dimi desende, dokuma yoluyla üretilen, sıkı bir dokuya sahip, dayanıklı ve sağlam bir kumaş olarak bilinmektedir. Denim kumaşın dayanıklılığı, rahatlığı ve şık görünümü, onu popüler bir giyim malzemesi yapmakta, bu nedenle denim giyim parçaları pantolondan eteğe, ceketten gömleğe, elbiseye daha birçok farklı üründe geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Buna karşın, bu tür kumaşlar dokuma yöntemiyle üretildiği için yumuşaklık ve vücuda uyum sağlama bakımından dezavantajlara sahiptirler (Paul, 2015; Çerçi, 2016).

Örme denim terimi ise; geleneksel dokuma denim kumaşı yerine örme teknolojisi kullanılarak üretilen bir kumaş türünü ifade etmektedir. Kumaşın böyle anılmasının nedeni, bu kumaşların denimden kendine has rengi olan indigo rengindeki ipliklerle örülmüş ve ilmeklerle verilen desenin dokuma dimi desenine sahip olmasıdır. Genellikle iki ve üç iplikli örme sisteminde; bir sıra renkli ipliklerden oluşan ilmek ve bir sıra renksiz iplikle oluşturulan askı ve atlamalar kullanılarak üretilmektedir. Verilecek dimi desenin özelliğine göre, ikinci sıradaki atlama uzunluğu değiştirilebilmekte, en basit şekilde bir atlama bir askı olacak biçimde olabilmektedir. Böylece askı ile ön yüze çıkan renksiz ipliklerin yüzeyde oluşturduğu diyagonal çizgiler dokuma kumaştaki dimi deseni etkisini sağlayabilmektedir (Shin, 2004; Gokerneshan, 2010; Marmaralı et al., 2017; Değirmenci, 2013).

Bu tür kumaşların dokuma denim kumaşlarla kıyaslanması üzerine çalışmalar yapılmış ve dokuma kumaşlara kıyasla avantajlı ve dezavantajlı yönlerinin olduğu ortaya konmuştur (Didar et al., 2015; Jamshaid et al., 2020; Sheikh et al., 2019). Bu tür kumaşlar, ipliklerin ilmek haline getirilmesi sayesinde; dokuma denim üretimine göre genellikle daha hızlı, daha ekonomik şekilde oluşturulmaktadır. Örme denim kumaşlar genellikle daha hafif olma eğilimindedirler ve bu özellikleriyle yaz aylarında giyildiğinde daha serin, rahat ve konforlu bir deneyim sunabilmektedir. Dokuma denimden daha esnek, yumuşak ve dökümlü olduklarından, vücuda daha iyi uyum sağlamakta, kullanıcıya hareketli aktivitelerde konfor sunabilen bir alternatif olarak tercih edilmektedir. Bu nedenle, özellikle günlük giyimde, spor giyimde ve rahat tarzları benimseyen kişiler arasında ve bebek-çocuk giyiminde popülerdir.

Bu tür kumaşların performans ve konfor özelliklerini değiştirmek için farklı hammaddeler kullanılabilen ve farklı üretim parametreleriyle üretim gerçekleştirilebilmektedir. Farklı parametrelerin örme denim kumaşların fiziksel, mekanik ve konfor özelliklerine etkisini inceleyen birçok çalışma da literatürde yer almaktadır (Değirmenci, 2013; Değirmenci&Çelik, 2013; Hannan et al., 2014; Değirmenci&Çelik, 2014; Değirmenci&Çelik, 2016; Değirmenci&Çelik, 2017; Akbar et al., 2018; Kumar et al., 2022; Hoque1 et al., 2022;). Bütün bu çalışmaların sonucunda, optimum kumaş özellikleri için gerekli olan hammadde ve üretim parametreleri tavsiye edilmiştir.

Birçok avantajlı yönü yanı sıra; örme denim kumaşlar, hem ilmeklerden oluşan yapıları gereği kuvvetlere karşı boyutlarını koruyamamakta hem de daha az bükümlü ipliklerden oluşturulmaları sebebiyle dokuma denim kumaşlara kıyasla aşınmaya karşı daha dirençsiz olmaktadır. Ayrıca; maruz kaldıkları kuvvetlere de dokuma denim kumaşlara göre daha mukavemetsizdirler. Bu özelliklerini değiştirebilme ve geliştirebilme için örme denim kumaşlara, bazı dokuma denim kumaşlara da uygulanan kaplama işleminin uygulanması uygun olduğu düşünülmektedir.

Kaplama işleminde; polimer karışımlarından hazırlanan viskoz yapıdaki kimyasal madde, çeşitli yöntemlerle kumaş yüzeyine sürülmekte, daha sonra kurutma ve fikse işlemiyle işlem tamamlanmaktadır. Fikse işlemiyle kimyasal maddenin ince film tabakası halinde yüzeyde kalması ve kumaşla bağlanması sağlanmaktadır (Bulut&Sular, 2009). Çeşitli dokuma kumaşlar (Cho et al., 2004; Kut& Güneşoğlu, 2005, Bulut, 2010; Matkovic & Skenderi, 2013) ve dokuma denim kumaşlar (Kadem & Tölek, 2016; Kılınçkaya, 2017; Üstütağ, 2018) üzerine kaplama işlemi yapılmasıyla ilgili, kaplama ve kumaş parametrelerinin değerlendirildiği çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Fakat; örme denim kumaşların kaplanması ve kumaş-kaplama parametrelerinin ele alındığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Hem literatürdeki bu boşluğu doldurmak hem de örme denim kumaş özelliklerinin geliştirilmesi için; bu tür kumaşların kaplama işlemine maruz bırakıldığı bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu doğrultuda bu çalışmada; aynı iplik numaralarında Pamuk, Viskon, Bambu, Tencel, Modal, Modal/Pamuk, Polyester olmak üzere 7 farklı hammadde ile üretilmiş vortex iplikleriyle, iki iplikli örme sistemiyle örme koşulları sabit tutulacak biçimde örme denim kumaşlar üretilmiştir. Söz konusu kumaşlara poliüretan, akrilik, poliüretan/akrilik bazlı 3 farklı hammaddeyle kaplama işlemleri benzer koşullarda uygulanmıştır. Elde edilen kumaşların gramaj, kalınlık, patlama mukavemeti ve yüksekliği özelliklerini belirlemek amacıyla kumaşlara standart test yöntemleri ile testler uygulanmıştır. Testler sonucunda ortaya çıkan veriler SPSS istatistiksel paket programı yardımı ile değerlendirilmiş, farklı hammadde ve kaplama türlerinin kumaş özellikleri üzerinde anlamlı etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca; kumaşların kaplama işlemine maruz bırakılmadan önceki halleri ile kaplanmış haldeki özellikleri kıyaslanmış, en yüksek mukavemeti sağlayan üretim koşulları tespit edilmiştir.

2. MATERYAL METOD

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında örme denim kumaş üretmek amacıyla iki iplikli örme sistemi kullanılmıştır. Söz konusu örme sisteminde dimi deseni sağlayabilmek için ön yüzde lacivert %100 Pamuk Ne 30/1 triko ring ipliği, arka yüzde ise açık renkte aynı iplik numarasında Bambu, Viskon, Tencel, Pamuk, Modal, Modal/Pamuk, Polyester vortex triko iplikler kullanılmıştır. Kullanılan ipliklerin kalite özellikleri Tablo 1'de görülmektedir.

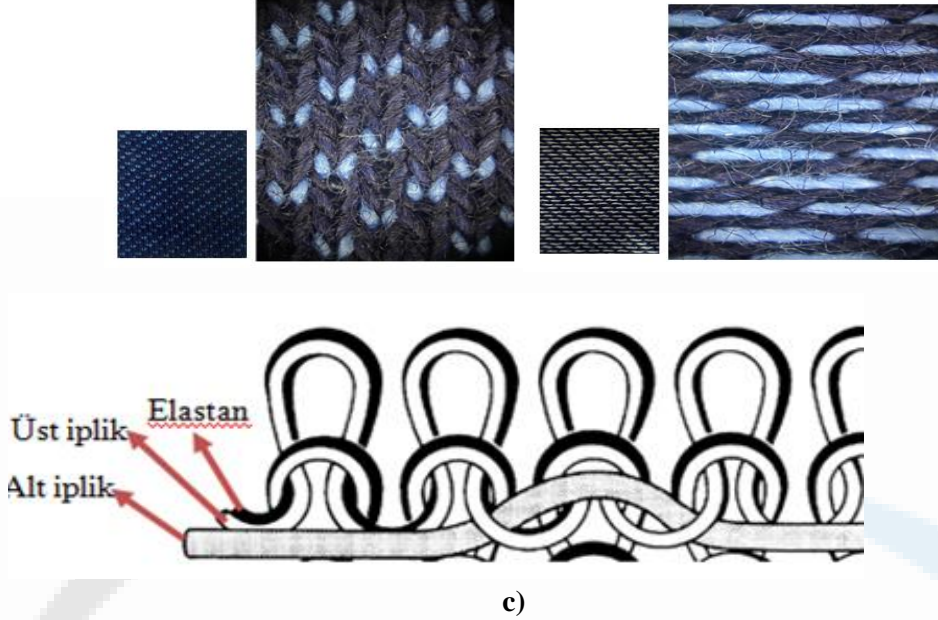
Tablo 1. Kumaşı oluşturan iplik özellikleri

Kalite Özellikleri	Üst İplik	Vortex Alt İplikler						
	%100 Pamuk Ring ipliği	Bambu	Tencel	Modal	Pamuk	PES	Viskon	(65/35) Pamuk/Modal
U %	9,26	11,09	9,07	11,22	10,5	8,68	10,37	10,23
CVm %	11,5	13,98	11,43	14,14	13,27	10,92	13,21	12,9
H Tüylülük	3,84	4,08	4,63	4,54	4,16	3,73	4,82	4,06
Uzama (%)	5,51	10,46	5,62	6,82	5,12	10,01	8,47	6,62
RKM Mukavemet	22,63	14,6	18,53	17,75	13,45	28,82	13,54	16,02
Kopma Kuvveti gf	445,5	287,5	364,8	394,4	264,7	564,4	266,6	315,4
İnce yer -50 % km	1,27	21,7	0	26,7	0,8	0,8	3,3	8,3
Kalın yer +50 % km	0	15,8	6,7	18,3	28,3	2,5	81,7	15,8
Neps+200 % km	7	7,5	10,8	8,3	35	1,7	50	30

Söz konusu iplikler; iki iplik örme sisteminde Şekil 1a'da görülen iplik hareket raporuna uygun biçimde ilmek yapılan tek sıralara üst iplik, askı-atlama yapan çift sıralara alt iplik beslenerek örme kumaş haline getirilmiştir. Üst ipliklerle birlikte yapıya esneklik kandırmak için 40 denye elastan beslenerek (Şekil

1b) denim deseni (Şekil 1c) oluşturulmuştur. Üretim sırasında ön ilmeklerin ilmek iplik uzunluğu 0.32cm, alt ipliklerin ilmek uzunluğu 0.16cm olarak ayarlanmıştır. Oluşturulan kumaşın örülmesi sırasında kolaylık sağlanması bakımından iplikler parafinle kaplanmıştır. Örme makinesinden çıkan kumaşlar kullanım amacına uygun olarak sırasıyla ön fikse, soğuk yıkama ve sanfor bitim işlemlerinden geçirilmiştir. Bütün bu işlemler sonrasında kumaşlara ait yapısal parametreler Tablo 2’de verilmektedir.

Şekil 1. Örme Denim Kumaşın Oluşturulması ve Görünümü



Tablo 2. Mamul Kumaşların İşlem Öncesi Yapısal ve Patlama Mukavemeti Özellikleri

Numune	İlmeç Sıklıkları		İlmeç yoğunluğu (ilmeç/cm ²)	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m ²)	Patlama Muk. (kPa)	Patlama Yüks. (mm)
	Sıra/cm	Çubuk/cm					
Viskon	22	12	252	0,66	165	159	41
Bambu	21	13	273	0,66	169	164	43
PES	22	11,5	252	0,66	171	220	44
Modal	20	13	260	0,64	170	176	43
Pamuk	22	12	252	0,69	167	185	41
Modal/Pamuk	21	11,8	247	0,67	167	184	42
Tencel	21	12	252	0,70	179	204	45

Elde edilen kumaşların üzerindeki parafin maddesinin giderilmesi için numuneler yağ sökücü madde ile yıkama işlemine tabi tutulmuş, daha sonra serbest olarak kurutulmuştur. Daha sonra poliüretan, akrilik, poliüretan/akrilik kaplama maddelerini içerecek 3 farklı kaplama karışımı (Tablo 3) oluşturulmuştur. Kaplama karışımlarında; binder olarak poliüretan, akrilik ve %50 akrilik/%50 poliüretan değiştirilmiş, diğer maddeler sabit tutulmuştur. Karışımlara en son su ve kıvamlaştırıcı ve mavi renk boyarmadde eklenerek kaplama karışımının viskozitesinin tüm maddeler için 50 dpas olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3. Kaplama Maddelerini Oluşturan Kimyasallar

Kimyasal Türü	Poliüretan		Akrilik		Poliüretan/Akrilik	
	Adı	Miktarı (g/kg)	Adı	Miktarı (g/kg)	Adı	Miktarı (g/kg)
Binder	Ruco-Coat PU 326	200	Ruco-Coat AC 282	200	RucoCoat PU 326	100
					RucoCoat AC 282	100
Çapraz Bağlayıcı	Ruco-Coat FX 8011					5-10
Köpük Kesici	Ruco-Coat DA 3000					5
pH Ayarlayıcı	Amonyak					pH:8-8,5
Kıvamlaştırıcı	Ruco-Coat TH 5020					Viskozite ye göre

2.2. Metot

Kaplama işlemi uygulanırken bıçakla kaplama yöntemi tercih edilmiş, laboratuvar tipi kaplama cihazında kaplama gerçekleştirilirken bıçak kumaş mesafesi, kumaş gerginliği sabit tutulmuştur. Kaplama işlemi sonrasında numuneler laboratuvar tipi ramözde 140°C de 2 dakika kurutmaya, 170°C de 1 dakika fikse işlemine tabi tutularak, kaplama maddelerinin kumaşlara sabitlenmesi sağlanmıştır. Kaplama işlemi uygulanmamış kumaşlar da yalnızca fikse işlemine maruz bırakılmış, kaplanmış kumaşların kaplanmamış fikseli olanlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.

İşlem görmüş ve fikseli numuneler Standart atmosfer koşullarında kondüsyonlandıktan sonra; numunelerin ilmek satır ve çubuk sıklıkları TS EN 14971:2006 standardı, gramajı TS EN 12127 test standardı, kalınlığı TS 71128 EN ISO 5084 test standardı, patlama mukavemeti ve yüksekliği ISO 13938-2:1999 test standardı esas alınarak tespit edilmiştir. Patlama mukavemeti örme kumaşların mukavemet özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir test olup, bu çalışmada testler Titan Truburst cihazında 7,3cm² test alanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm testlerin sonuçları SPSS istatistiksel paket programında iki yönlü ANOVA analizi yapılarak değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Yapısal Özellikler

Tablo 4'te fikse işlemi ve 3 farklı binderle kaplama işlemi uygulanmış kumaşların ilmek sıra ile çubuk sıklıkları, ilmek yoğunluğu, gramaj ve kalınlık değerleri görülmektedir.

Tablo 4. Numunelerin Yapısal Özellikleri

	Numune	İlmeğin Sıklıkları		İlmeğin Yoğunluğu (ilmek/cm ²)	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m ²)
		Sıra/cm	Çubuk/cm			
Fikse	Viskon	29	14	406	0,768	190,9
	Bambu	29	16	464	0,790	217,4
	PES	31	14	434	0,790	234,4
	Modal	27	15	405	0,771	242,8
	Pamuk	29	14	406	0,859	191,8
	Modal+Pamuk	28	15	420	0,795	223,9
	Tencel	29	16	464	0,808	198,8
Poliüretan	Viskon	25	15	375	0,780	190,3
	Bambu	25	15	375	0,789	203,1
	PES	27	15	405	0,777	202,1

	Numune	İlmeK Sıklıkları	Çubuk/cm	İlmeK Yoğ. (ilmeK/cm ²)	Kalınlık (mm)	Gramaj (g/m ²)
		Sıra/cm				
	Modal	25	15	375	0,796	203,6
	Pamuk	23	14,5	333,5	0,806	206,7
	Modal+Pamuk	25	15	375	0,796	198,7
	Tencel	25	14,5	362,5	0,806	202,2
Akrilik	Viskon	26	14	364	0,782	202,3
	Bambu	27	15	405	0,770	191,8
	PES	27	14	378	0,776	210,5
	Modal	27	15	405	0,785	203,4
	Pamuk	27	14	378	0,858	204,8
	Modal+Pamuk	25	15	375	0,813	202,9
	Tencel	27	14	378	0,822	211,1
Poliüretan/Akrilik	Viskon	24	15	360	0,762	178,9
	Bambu	25	15	375	0,766	200,9
	PES	27	15	405	0,755	209,3
	Modal	25	14	350	0,770	208,4
	Pamuk	24	14	336	0,834	197,4
	Modal+Pamuk	25	15	375	0,814	199,6
	Tencel	26	14	364	0,810	207,7

3.1.1.Gramaj

Numunelerin gramaj özelliği için iki yönlü varyans analizi tablosu Tablo 5'te verilmektedir. Numunelerin gramajındaki değişimin %82,4'ü seçilen parametreler ile anlatılabildiği, iplik hammaddesi ile kaplama türünün ikili etkileşimi gramajda en etkili parametre olarak belirlenmiştir.

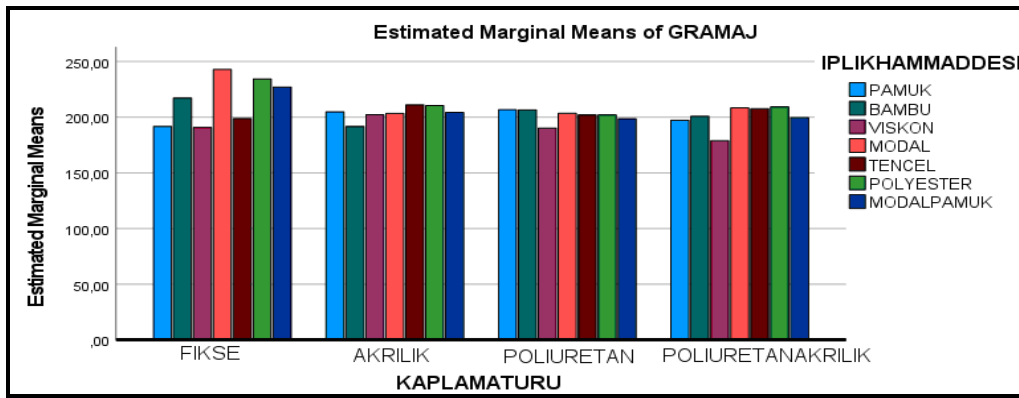
Tablo 5. Gramaj için Çift Yönlü Varyans Analizi

Dependent Variable: GRAMAJ						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	23506,934 ^a	27	870,627	19,421	,000	,824
Intercept	5892170,592	1	5892170,59	131433,47	,000	,999
IPLIKHAMMADESI	8222,765	6	1370,461	30,570	,000	,621
KAPLAMATURU	4569,428	3	1523,143	33,976	,000	,476
IPLIKHAMMADESI * KAPLAMATURU	10714,742	18	595,263	13,278	,000	,681
Error	5020,967	112	44,830			
Total	5920698,494	140				
Corrected Total	28527,902	139				

a. R Squared = ,824 (Adjusted R Squared = ,782)

Farklı iplik hammaddesi ve kaplama türüyle numunelerin gramajının değişimi incelendiğinde (Şekil 2); bazı istisnalar haricinde, kaplanmış kumaşların gramajının fikselenmiş kumaş gramajından daha düşük olduğu görülmektedir. Kaplama ve fikse işleminin aynı koşullarda kumaşın gerilerek yapıldığı için, fikseli kumaşların likranın etkisiyle kendisini topladığı, fakat kaplanmış kumaşların üzerinde kaplama maddesi olduğundan toplanma olmadığı için daha gevsek olduğu düşünülmekte, Tablo 3'teki ilmek yoğunluğu değerlerinden bu görülmektedir. Bu durumun, kaplama işlemi ile yüzeye madde eklenmesine rağmen daha düşük gramajlara neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca; mamul haldeki işlem görmemiş numunelere (Tablo 2) göre kaplanmış kumaşların gramajının artmış olduğu da belirlenmiştir. Çalışmada ele alınan lif özellikleri birbirine yakın olmasına ve benzer koşullarda örme kumaş haline getirilmesine rağmen, fikse ve kaplamada uygulanan gerilime verdikleri tepki, ipliklerin bölgesel farklılıklarından kaynaklı değişen kaplama maddesi alımı sonucu farklı lif türlerinin gramaja etkisi tam olarak açıklanamamıştır.

Şekil 2. Numunelerin Gramaj Değişimi



3.1.2. Kalınlık

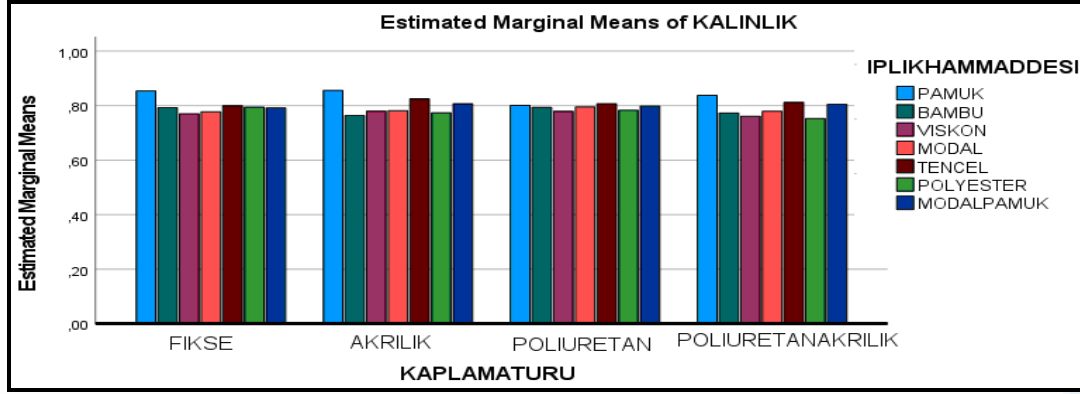
Numunelerin kalınlık özelliği için istatistik analiz sonucu elde edilen iki yönlü varyans analizi tablosu Tablo 6'da verilmektedir. Görüldüğü gibi; seçilen iki değişken ile kumaşların kalınlık özelliğinin %61'i açıklanabilmiş, iplik hammadde türünün kalınlık değişiminde, kaplama türünden daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumun, kaplama işlemi uygulanırken aynı rakle-kumaş aralığında ve kumaş geriliminde çalışılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Başka bir deyimle; tüm kumaşlara başarı ile homojen ve eş biçimde kaplama işlemi uygulanabilmiştir.

Tablo 6. Kalınlık için İki Yönlü Varyans Analizi

Dependent Variable: KALINLIK						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	,087 ^a	27	,003	6,508	,000	,611
Intercept	88,366	1	88,366	177456,8	,000	,999
IPLIKHAMMADESI	,065	6	,011	21,814	,000	,539
KAPLAMATURU	,002	3	,001	1,289	,282	,033
IPLIKHAMMADESI * KAPLAMATURU	,020	18	,001	2,276	,005	,268
Error	,056	112	,000			
Total	88,509	140				
Corrected Total	,143	139				

R Squared = ,611 (Adjusted R Squared = ,517)

Şekil 3'te çalışmadaki numunelerin kalınlıklarının farklı iplik hammaddesi ve kaplama türü ile değişimi gösterilmektedir. Tüm numunelerin kalınlığı; uygulanan parafin sökme-fikse ve kaplama işlemleri sonrasında işlemler öncesi hallerine göre (Tablo 2) artmıştır. Gerek parafin sökme işleminde uygulana yıkama işlemi sırasında kumaşlarda meydana gelen çekme, gerekse kaplama ile uygulana gerilim ve yapıya eklenen kaplama maddesinin buna neden olduğu düşünülmektedir. Buna karşın, kaplama ve fikse işlemlerinin tüm kumaşlarda benzer sonuçlar oluşturduğu görülmüştür. İstisnalar hariç genel olarak Pamuk, Tencel ve Modal/Pamuk liflerinden üretilen örme denim kumaşların nispeten daha kalın olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 3. Numunelerin Kalınlık Değişimi

3.2. Patlama Mukavemeti

Numunelerin patlama mukavemeti verilerinin istatistik analizi sonucu oluşan çift yönlü varyans analizi Tablo 7'de sunulmuştur. Kumaşların patlama mukavemetinin %29,7 oranında hammaddeden etkilendiği, diğer faktörün ve etkileşimin etkisinin daha düşük olduğu görülmektedir.

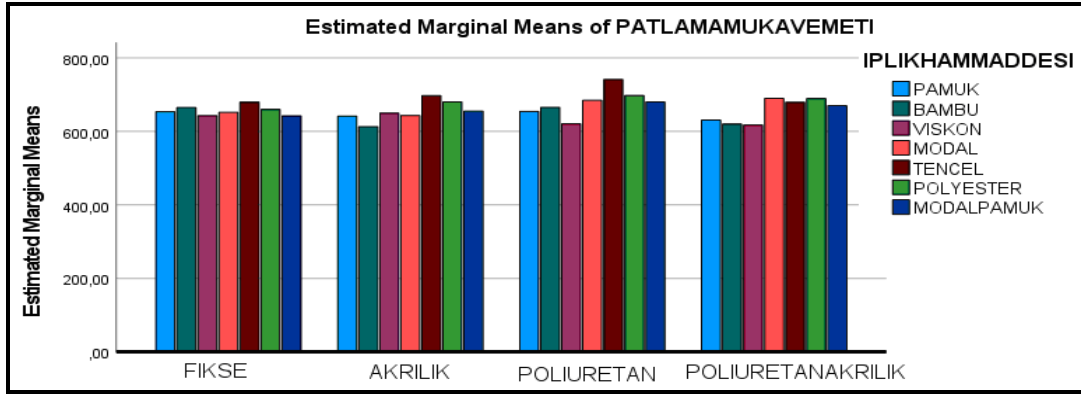
Şekil 4 esas alındığında; fikseli ve kaplamalı halde kumaşların patlama mukavemetinin benzer olduğu, buna karşın işlem görmemiş numunelerin patlama mukavemetinin söz konusu işlemlerle neredeyse 3 katından fazla değere yükseltildiği görülmektedir. Farklı kaplama işlemleri ile farklı mukavemet değerleri elde edilmediği; ama poliüretan kaplı kumaşların bir nebze daha yüksek mukavemete sahip olduğu tespit edilmiştir. Farklı hammaddeli kumaşlar kaplama ile farklı etkileşime girdiği için farklı sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Fikseli haldeki gibi, en yüksek patlama mukavemetinin kaplamalı kumaşlarda da Tencel lifi ile sağlandığı, bunu polyester ve Modalın takip ettiği belirlenmiştir.

Tablo 7. Patlama Mukavemeti için İki Yönlü Varyans Analizi

Dependent Variable: PATLAMAMUKAVEMETI						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	114989,823 ^a	27	4258,882	2,944	,000	,415
Intercept	61238761,513	1	61238761,513	42338,2	,000	,997
IPLIKHAMMADESI	68305,502	6	11384,250	7,871	,000	,297
KAPLAMATURU	12837,973	3	4279,324	2,959	,035	,073
IPLIKHAMMADESI * KAPLAMATURU	33846,348	18	1880,353	1,300	,201	,173
Error	161998,984	112	1446,420			
Total	61515750,320	140				
Corrected Total	276988,807	139				

a. R Squared = ,415 (Adjusted R Squared = ,274)

Şekil 4. Numunelerin Patlama Mukavemeti Değişimi



3.3. Patlama Yüksekliği

Patlama yüksekliği özelliği için yapılan iki yönlü varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde (Tablo 8); patlama yüksekliğinde en etkili parametrenin kaplama türü (%74,7) olduğu, bunu hammadde (%62,4) ve bu faktörlerin etkileşiminin izlediği tespit edilmiştir. Seçilen faktörlerle de patlama yüksekliğindeki değişimin %83,7'sinin açıklanabildiği de belirlenmiştir.

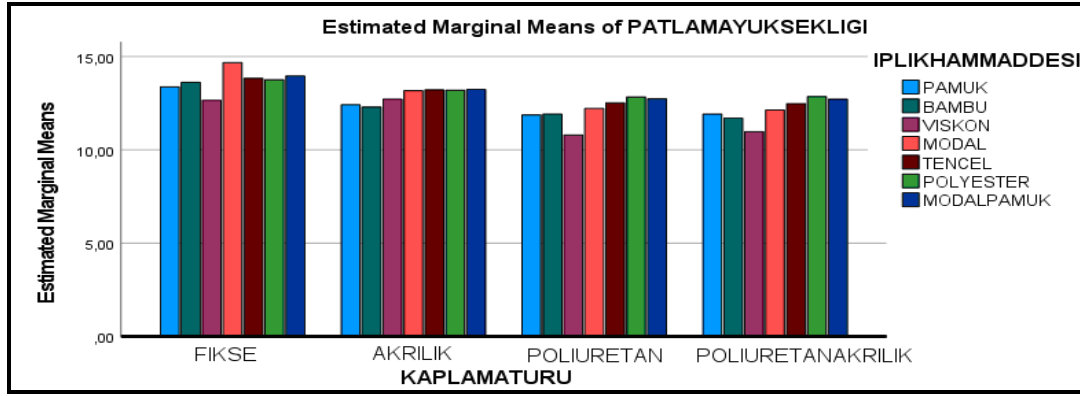
Tablo 8. Patlama Yüksekliği için İki Yönlü Varyans Analizi

Dependent Variable: PATLAMAYUKSEKLIĞI						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	103,246 ^a	27	3,824	21,236	,000	,837
Intercept	22618,716	1	22618,716	125609,7	,000	,999
IPLIKHAMMADESİ	33,484	6	5,581	30,992	,000	,624
KAPLAMATURU	59,666	3	19,889	110,449	,000	,747
IPLIKHAMMADESİ * KAPLAMATURU	10,096	18	,561	3,115	,000	,334
Error	20,168	112	,180			
Total	22742,130	140				
Corrected Total	123,414	139				

a. R Squared = ,837 (Adjusted R Squared = ,797)

Patlama yüksekliği aynı zamanda kuvvet etkisi altında numunelerde meydana gelecek uzama hakkında bilgi verdiği için, kaplama ile torbalanma eğilimi olan örme denim kumaşların bu sorununun çözülüp çözülmediği konusunda da açıklayıcı olacaktır. Şekil 5 ele alındığında; 40-45 mm arasında değişen (Tablo 2) işlemsiz kumaş patlama yüksekliğinin, fikse veya kaplama işlemleriyle 10,9-14,7mm seviyelerine düşürüldüğü, işlemlerle kumaşların kalıcı uzama, torbalanma gibi problemlerinin azaltıldığı belirlenmiştir. Kaplamalı numunelerin patlama yüksekliğinin fikselerle nispeten az olduğu, poliüretan ve poliüretan/akrilik karışımlarla akrilik karışımı kaplama işlemine göre daha düşük patlama yüksekliği elde edildiği tespit edilmiştir. İplik hammadde bakımından düzenli bir seyir elde edilememiş, en düşük patlama yüksekliğinin kaplamalı kumaşlarda genel olarak viskon ve bambu elyafı ile sağlandığı görülmüştür.

Şekil 5. Numunelerin Hammadde ve Kaplama Türüne Göre Patlama Yüksekliği Değişimi



4. SONUÇ

Örme denim kumaşların fiziksel özelliklerinin ve patlama mukavemeti/yüksekliği özelliğinin değerlendirildiği deneysel çalışma sonucunda; fikse, kaplama işlemleriyle örme denim kumaşların gramajının, kalınlığının ve patlama mukavemetinin artırıldığı, patlama yüksekliğinin azaltıldığı tespit edilmiştir. Farklı kaplama işlemleriyle benzer kalınlık ve gramaj sonuçları elde edilmişken, poliüretan bazlı kaplamalarla nispeten daha yüksek patlama mukavemeti sağlandığı belirlenmiştir. Kuvvet karşısında uzama gösteren ve kalıcı uzama ile torbalanma gibi kumaş hatalarına meyilli olan örme denim kumaşların patlama yüksekliğinin kaplama işlemleri ile üçte bir oranında azaltıldığı ve Poliüretan ile Poliüretan/Akrilik karışımı kaplama maddeleriyle daha düşük patlama yüksekliğine sahip kumaşlar elde edildiği görülmüştür.

En yüksek patlama mukavemetinin Poliüretan kaplanan Tencel lifi içeren kumaşla sağlandığı, en düşük patlama yüksekliğinin ise Poliüretan/Akrilik kaplı Viskon lifi içeren kumaşta oluştuğu tespit edilmiştir. Her iki özellik birlikte düşünüldüğünde; Poliüretan kaplı Bambu ya da Pamuk liflerinden üretilmiş kumaşların tercih edilebildiği belirlenmiştir.

5. KAYNAKÇA

1. PAUL, R. (2015). Denim Manufacture, Finishing and Applications, Woodhead Publishing Series in Textiles: No.164, Elsevier, USA.
2. ÇERÇİ E. (2016). Improvement of Comfort Properties of Denim Fabric after Coating Process, M.Sc. Thesis in Textile Engineering University Of Gaziantep Graduate School Of Natural & Applied Sciences, Gaziantep.
3. SHİN, J.C. (2004). Knitted Fabric for Producing Indigo-dyed Cotton Denim Jeans, United States Patent, no:0172982.
4. GOKERNESHAN, N., KUMAR, M.K., DEVAN, P., et al. (2010). "Denim-like effect in knitted fabrics", Indian Text J, 120(5): 36-42.
5. MARMARALI, A., ERTEKİN, G., OĞLAKCIOĞLU, N., KERTMEN, M., AYDIN, İ. S., (2017) New Knitted Fabric Concepts for Denim Products, 17th World Textile Conference Autex 2017- Textiles - Shaping the Future, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 254, 1-7.
6. Değirmenci, Z. (2013). İndigo Boyalı Pamuk İpliğinden Yazlık Kullanıma Uygun Örme Denim Kumaş Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
7. DİDAR, S.A., PATWARY, S.U., KADER, S., AKTER, M.K., AHMED, T. (2015). "Development of Different Denim Effect on Knitted Fabric and Comparative Analysis with Conventional Woven Denim on the Basis of Physical and Dimensional Properties", In: Res. J. Engg. Sci., 4(4): 9-15.

8. JAMSHAİD, H., ASFAND N., RAJPUT, A. W., BASRA, S. A., ZAHİD, B., ALİ, A., (2020). “Comparison of Functional Properties of Woven and Knitted Denim Fabrics”, *Industria Textila*, 7(1): 3-7.
9. SHEİKH S, HANNAN A, ALİ A, et al. (2009). “Justification of enhanced comfort properties of woven knit loop denim over woven denim, twill knit denim and rib knit denim”, <https://www.duet.ac.bd/wp-content/uploads/2020/02/14.-Justification-of-Enhanced-Comfort-Properties-of-Woven-KnitLoop-Denim-Over-Woven-Denim-Twill-Knit-Denim-andRib-Knit-Denim.pdf>, 10.03.2024.
10. DEĞİRMENCİ, Z. and ÇELİK, N. (2013). “An investigation about knitted denim fabrics preferences”, *Electron J Text Technol*, 7(2): 18–13.
11. DEĞİRMENCİ, Z., ÇELİK, N. (2014). “An investigation on the influence of laundering on the dimensional stability of the denim-like knitted fabrics”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 24(4): 363–370.
12. HANNAN A, SHEİKH S, KABİR SMF, et al. (2014).” Scope of knit denim products using reactive dye and convenient washing effects” *Int J Recent Develop Eng Technol.*, 3(5): 1–9.
13. DEĞİRMENCİ Z and ÇELİK N. (2016). “Relation between extension and bursting strength properties of the denim viewed knitted fabrics produced by cellulosic fibers”, *Fibre Text Eastern Europe*, 24(1): 101–106.
14. DEĞİRMENCİ Z. (2017). “Study on the Loss of Strength of Denim-like Knitted Fabrics after Different Washing Treatments”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 25, 3(123): 98-105.
15. AKBAR, A.R, SU, S., KHALİD, J, et al. (2018). “Investigation of comfort properties of knitted denim”. *IOP Conf Series*, 275(1):012029
16. KUMAR, T. S., KUMAR, M. R., PRAKASH, C., (2022). “Study on Moisture Management Properties of Eri Silk Knitted Denim Fabrics”, *Journal of Natural Fibers*, 19(15), 11907-11921.
17. HOQUE1, S., SHAHİD, I., AL PARVEZ, A., HOSSAİN, J., SHEEN, S. M., (2022). “Knitted Denim Fabrics: Fabrication Process and Fibrous Influence on Several Properties of the Fabric”, *AATCC Journal of Research*, 9(6): 286–300.
18. BULUT, Y., SÜLAR, V., (2009). “Kaplama veya Laminasyon Teknikleri İle Üretilen Kumaşların Genel Özellikleri Ve Performans Testleri”, *Tekstil ve Mühendis*, 15(70-71): 5-16
19. CHO, W. J., JUNG, C. Y., CHUN, C. B., CHUNG, C. Y. (2004). “Water Vapor Permeability and Mechanical Properties of Fabrics Coated With Shape-Memory Polyurethane”, *Journal of Applied Polymer Science*, 92: 2812–2816.
20. KUT, D., GÜNEŞOĞLU, C. (2005). “Poliüretan ve Poliakrilat Kaplanmış Kumaşların Özelliklerinin Karşılaştırılması”, *Tekstil&Maraton*, 5: 62-65.
21. BULUT, Y., (2010). *Kaplamalı Giysilik Kumaşların Mekanik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
22. MATKOVİC, P. M. V., SKENDERİ, Z. (2013). “Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics”, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 21, 4 (100): 86-91.
23. KADEM, F. D., TÖLEK, Ş., (2016). “Kaplamalı Denim Kumaşlarda Performans Özellikleri Üzerine Deneysel Bir Çalışma”, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31 (2): 307-315.
24. KILINÇKAYA Ş., (2017). *Denim Kumaşlara Uygulanan Döner Şablon Kaplama İşleminin Kumaş Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Kayseri.
25. ÜSTÜNTAĞ, S., (2018). *Denim Kumaşlara Uygulanan Kaplama Proseslerinin Taguchi Metodu ile İncelenmesi*, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Kayseri.

Makale id= 21

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6338-4553

| 107

Geleneksel ve Doğal Perlitli Beton ile Donatı Arasındaki Aderans-Donatı Sıyrılması İlişkisinin Araştırılması**Araştırmacı Ronahi Ertaş¹, Prof.Dr. Hakan Yalciner¹, Doç.Dr. Atila Kumbasaroglu¹, Doç.Dr. Yaşar Ayaz², Arş.Gör. Ahmet İhsan Turan¹, Arş.Gör. Alper Çelik³**¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi²İnönü Üniversitesi³Ankara Üniversitesi

*Corresponding author: Ronahi Ertaş

Özet: Geleneksel beton üretiminde maliyetlerin yüksek olması ve çevreye verilen zararlar araştırmacıları alternatif malzeme arayışlarına yönlendirmiştir. Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmalarda betonun hem malzeme mekanik özelliklerini iyileştirmek, hem de ekonomik ürünü ortaya koymak amaç edinilmiştir. Mevcut literatür incelendiğinde betona farklı hacimsel oranlarda uçucu kül, yüksek fırın cürufu, atık lastik, çelik tel ve plastik fiber gibi malzemeler eklenerek veya beton bileşeninde yer alan geleneksel agrega yerine doğal perlit gibi hafif, sürdürülebilir, ekonomik malzemeler kullanılarak betonun değişen malzeme mekanik özellikleri incelenmiştir. Donatı ile beton arasındaki aderans-donatı sıyrılması ilişkisi beton basınç sınıfı, donatı çapı, gömülme derinliği, beton boşluk yapısı gibi birçok faktöre bağlıdır. Bu çalışmada, 20 MPa ve 40 MPa basınç dayanımına ve 2.0 mm ve 4.0 mm pas payına sahip toplam 24 adet küp numunesinin geleneksel agrega ve doğal perlit agregası ile üretilerek, beton sınıfı, pas payı ve perlit kullanımı parametrelerinin donatı ile beton arasındaki aderans-donatı sıyrılması ilişkisine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Yürütülecek araştırmadan, geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması ile aderans dayanımının iyileştirilmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aderans-Donatı Sıyrılması İlişkisi, Çekme Deneyi, Doğal Perlit Agregası.

Investigation of the Bond-Reinforcement Slip Relationship Between Conventional and Natural Perlite Concrete and Reinforcement Bar

Abstract: The high costs and environmental damage in conventional concrete production have led researchers to search for alternative materials. The aim of the studies carried out in this context is to improve the material mechanical properties of concrete and to progressive economical products. When the existing literature is examined; the changing material mechanical properties of concrete have been examined by adding materials such as fly ash, blast furnace slag, waste rubber, steel wire and plastic fiber in different volumetric ratios to concrete or by using light, sustainable and economical materials such as natural perlite instead of conventional aggregate in the concrete ingredient. The bond-reinforcement slip relationship between reinforcement bar and concrete depends on many factors such as concrete compression level, bar diameter, embedment depth, and concrete void structure. In this study; it was aimed to investigate the effect of concrete compression level, concrete cover and perlite usage parameters on the bond-reinforcement slip relationship between reinforcement bar and concrete by producing a total of 24 cube samples with 20 MPa and 40 MPa compressive strength and 2.0 mm and 4.0 mm concrete cover using conventional aggregate and natural perlite aggregate. From the research to be conducted; it is expected that the bond strength of conventional concrete and natural perlite concrete will be improved by increasing the concrete compressive strength and concrete cover parameters.

Keywords: Bond-Reinforcement Slip Relationship, Pull-Out Test, Natural Perlite Aggregate.

1. GİRİŞ

Geleneksel beton yapıları oluşturan dere ve/veya kırma taş agreganın yerine doğal perlit agregasının kullanımı, yeni nesil yapılar için olası bir alternatif oluşturabilecektir. Ancak betonarme yapılarda doğal perlit agregası kullanımına yönelik henüz bir standart geliştirilmemiştir ve donatısız doğal perlitli betonların gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi de derinlemesine araştırılmamıştır. Donatı ile beton arasındaki yük aktarımı mekanizmasını etkilediği gerekçesiyle, doğal perlit agregalı betonların aderans dayanımı-donatı sıyrılması ilişkisinin belirlenmesi, bunların uygulamada kullanımı için temel bir gerekliliktir (Yalciner ve Kumbasaroglu, 2022).

Donatı ile beton arasındaki aderans kaybı nedeniyle, yapının nihai yük taşıma kapasitesindeki azalım yaklaşık %45 oranında etkilidir (Sezen ve Moehle 2003; Jin vd., 2019). Dolayısıyla, aderans performansı dikkate alınmadan tasarlanan yapısal güvenlik daha sorunlu olabilir.

Aderans performansı, betonun çekme ve basınç dayanımı, donatı çubuklarının mekanik özellikleri ve beton içerisindeki gömülü uzunluk gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Deng ve diğerleri (2019), Tasarım Çimentolu Kompozitler ile donatı çubukları arasındaki aderans performansını ortam sıcaklığında araştırmak için değişen gömülü uzunluklarla dinamik çekme testleri gerçekleştirmiştir. Aderans mukavemeti ve rijitliğin sırasıyla %60 ve %90 oranlarında iyileşebildiği bulunmuştur. Feng ve diğerleri (2022) çeşitli kısıtlamalarla eksantrik çekme testleri yapmışlar ve sonuçlar etriyelerin aderans mukavemetini arttırdığını ve beton pas-payının donatı sıyrılma hasarını geciktirdiğini göstermiştir.

Bu konudaki araştırmalar ağırlıklı olarak çeşitli materyallerle oluşturulan betonun içerisine değişen gömme boyuna sahip donatı çubuğu yerleştirilerek çekme testi yapılması üzerine yoğunlaştırılmıştır (Hamad vd., 2017; Li vd., 2023; Sharma vd., 2019; Liu vd., 2022). Bununla birlikte, farklı donatı pas-payları açısından, eksantrik çekme şeklinde yürütülen araştırmalar da sınırlıdır ve belirli bir düzene göre planlanan kuvvet ve/veya deplasman bazlı karmaşık yükleme protokolleri, aderans performans testinde sıklıkla gözden kaçırılmaktadır (Liu vd., 2024).

Bu çalışmada, geleneksel betona alternatif olabileceği düşünülen doğal perlit agregalı betonun aderans performansı, beton içerisindeki gömülü uzunluk sabit olmak üzere, beton basınç dayanımı ve pas-payı seviyelerine bağlı olarak, eksantrik çekme testleri ile ölçülmüştür.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

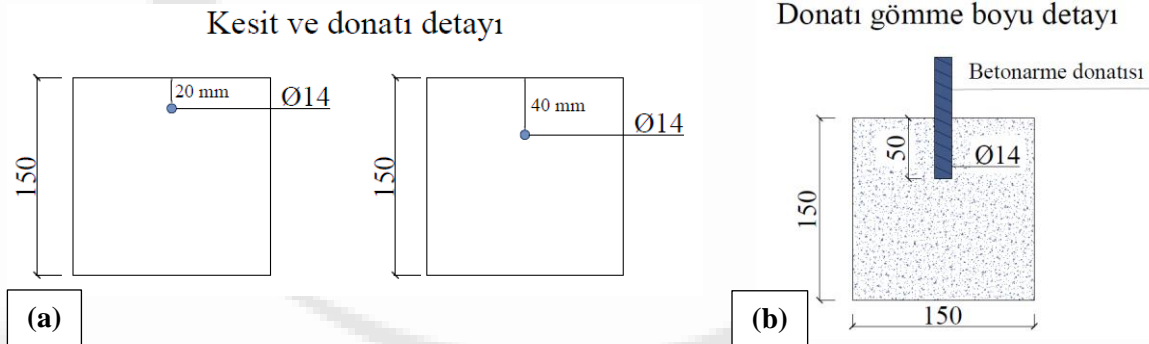
2.1.1. Numune tasarımı

Numune boyutu, numunenin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi çok önemli bir faktördür ve uygun numune boyutunun seçilmesi veri analizi için önemlidir (Lin vd., 2019). Şekil 2’de, numunelerin tasarımında kullanılmak üzere, aderans performansının araştırılmasında 20 MPa ve 40 MPa basınç dayanımına sahip toplam 24 adet numune 3’er adet olmak üzere hazırlanmıştır.



Şekil 1. Tasarlanan numuneler

Şekil 2’de gösterildiği gibi, beton küp numuneleri, sabit gömme boyu 50.00 mm olarak, değişen 20 mm ve 40 mm pas-payına göre eksantrik donatı çubuğu yerleşimine sahip 150 mm x 150 mm x 150 mm boyutunda tasarlanmıştır.

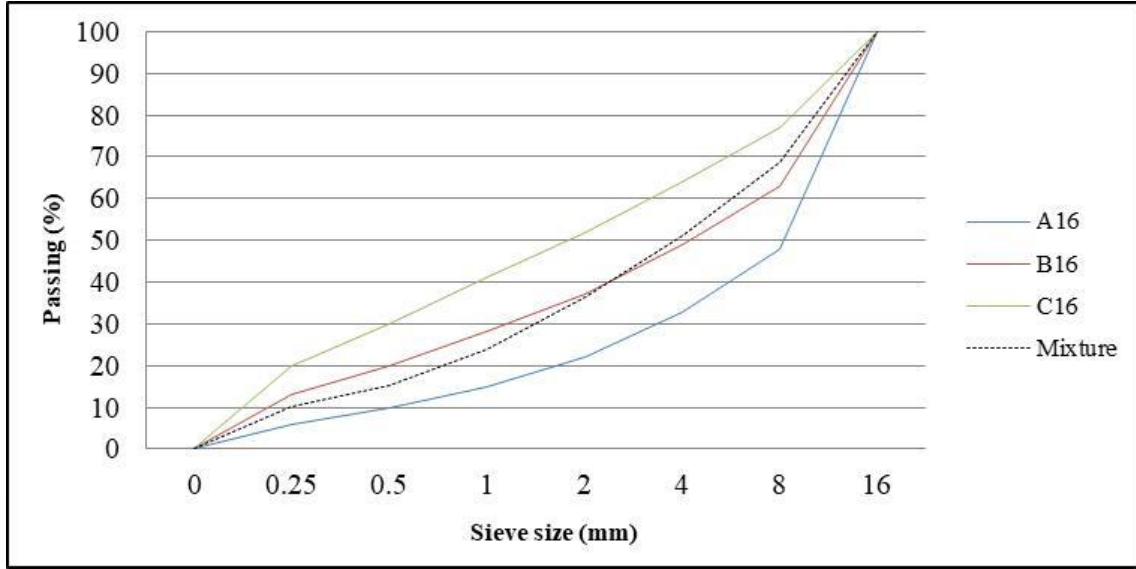


Şekil 2. Tasarlanan numunenin görünüşü; (a) kesit ve donatı detayı, (b) donatı gömme boyu detayı

2.1.2. Malzeme özellikleri

Çalışmada CEM I 42.5 R tipi portland çimentosu kullanılmıştır.

DeneySEL numune betonlarının üretiminde kaba agrega olarak iki dereceli (4/8 mm ve 8/16 mm) kireçtaşı kökenli kırma taş (özgül ağırlık; 2,66 g/cm³), ince agrega olarak üç dereceli (0/1 mm, 1/2 mm ve 2/4 mm) doğal dere kumu (özgül ağırlığı; 2,64 g/cm³) kullanılmıştır. Perlitli betonlar da aynı gradasyona sahip doğal perlit agregası ile üretilmiştir. Elek analizi ve granülometri belirleme aşaması ile kaba ve ince agregaların sınıflandırılması sonrasında hacimce %49 iri agrega ve %51 ince agregadan oluşan karışım agregası TS 802 (2016) standardına göre ideal granülometri sınırları içerisinde kalmıştır. Şekil 3, agregaların granülometri eğrisini ve sınır eğrilerini göstermektedir.

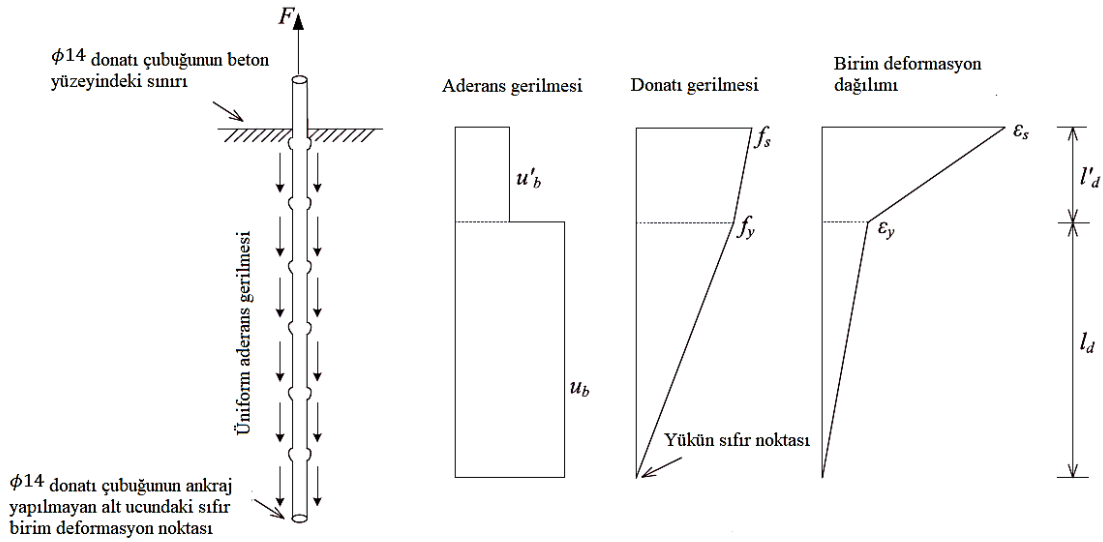


Şekil 3. Karışımın granülometri eğrisi

2.2. Yöntem

2.2.1. Deneysel Numunelerin Aderans Boyu

Genel aderans-donatı sıyrılması modeli için; Sezen ve Setzler (2008) tarafından önerilen model, ilk olarak çubuk sıyrılması nedeniyle betonarme elemanın yanal yer değiştirmesinin oldukça doğru tahmini ve hesaplama verimliliği nedeniyle benimsenmiştir. Şekil 4, çekme yükü altında betona gömülü bir donatı çubuğunu ve bu çubuğun ankraj bölgesindeki aderans uzunluğu boyunca aderans gerilme dağılımını göstermektedir. Buna göre, beton yüzeyindeki F eksenel kuvvetinin dengesi Denklem (1) olarak yazılabilir:



Şekil 4 Çekip-çıkarma testi şematik modeli (Zhang et al., 2020)

$$F = f_s A_s = \pi d_b \int_0^{l_d+l'_d} u_b(x) dx \quad (1)$$

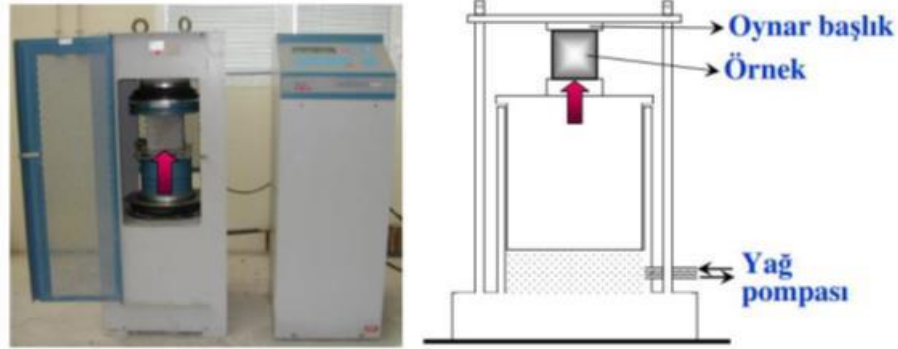
Burada f_s donatıdaki gerilme değeri, A_s donatı çubuğunun alanı, d_b $\phi 14$ donatı çubuğunun çapı ve $u_b(x)$ elastik (l_d) ve elastik olmayan (l'_d) aderans boyunca F çekme kuvvetini dengeleyen aderans gerilmesidir.

DeneySEL numunelerin toplam aderans boyu her bir deney numunesi için çekme-çıkarma deneylerinin tasarımında sabit 50,00 mm gömme boyu olarak öngörülmüştür. Sabit 50,00 mm olarak öngörülen aderans boyu, elastik aderans boyu (l_d) ile elastik olmayan aderans boyunun (l'_d) toplamı olarak kabul edilmiştir. Çekme-çıkarma deneylerinin devam ettirilmesi ile birlikte, ölçülen birim deformasyonlara bağlı olarak artarak değişen elastik olmayan aderans boyu (l'_d), deneysel numuneye gömülen $\phi 14$ donatı çubuğunun çekme deneyinden yararlanılarak hesap edilmiştir.

2.2.2. Eksantrik Çekme-Çıkarma Testleri

Farklı pas-paylarına sahip numuneler için uygulanan eksantrik çekme-çıkarma testlerinde rijit çelik plakalar ile alttan ve üstten birbirlerine bağlanabilen bir aparat tasarlanmış ve üretilmiştir. Bu aparat sayesinde, numunenin çelik plakanın birbirine sıkı sıkıya bağlı kalması sağlanarak, çekme-çıkarma testleri sırasında numunelerin düzlem-dışı kayması önlenmiştir.

Yüklemeye için maksimum yük kapasitesi 300 kN olan MTS.E45.305 üniversal çekme test cihazı kullanıldı. Test cihazı Şekil 5'de gösterilmektedir. Dışarı çekilen numunenin yer değiştirme kazanımının aşırı hızlı yüklemeye oranından etkilenmesini önlemek için, 0,005 mm/s'lik düşük bir yer değiştirme yüklemeye hızı kullanıldı (Nikolaou vd., 2004).

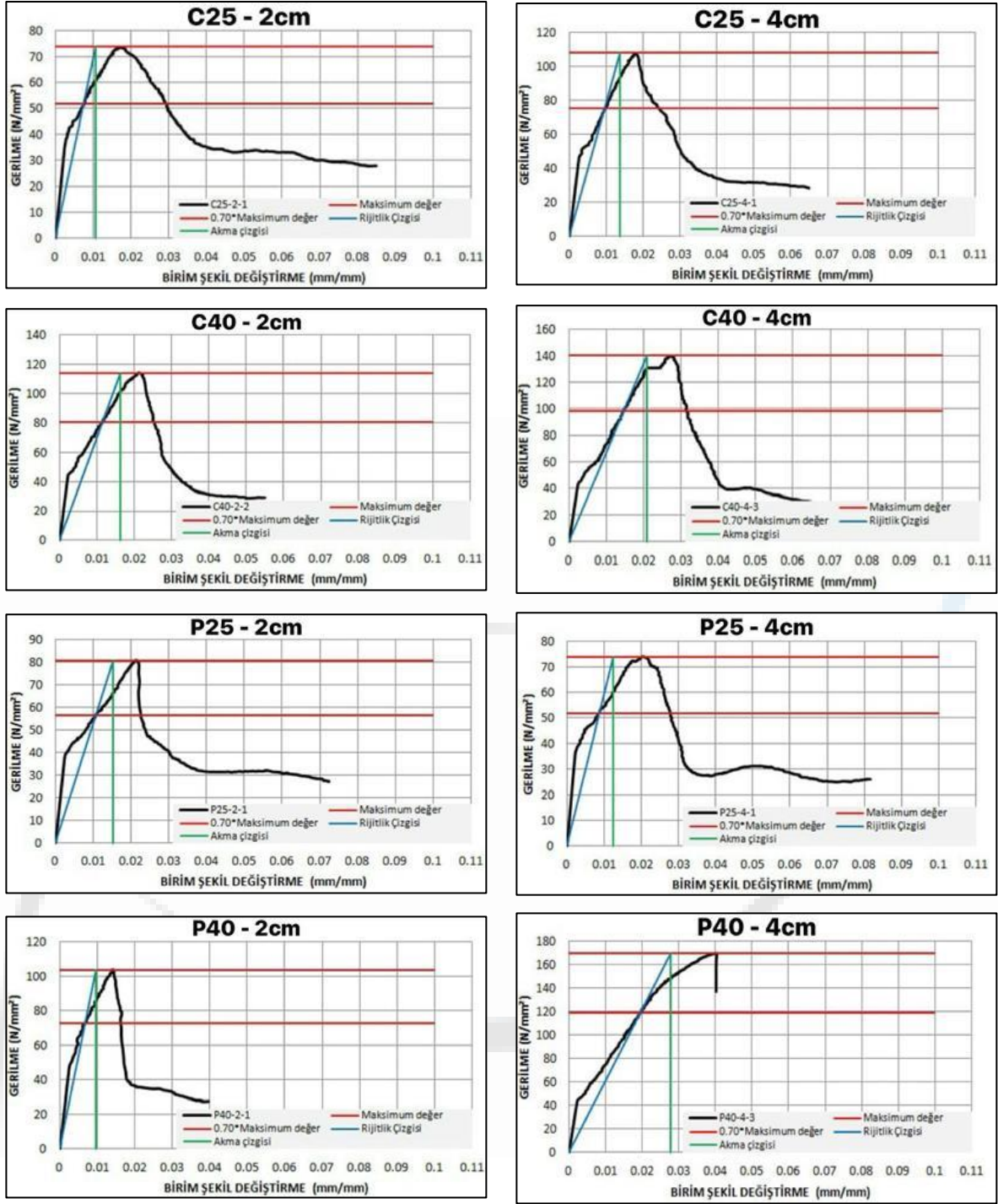


Şekil 5 Çekme-çıkarma test kurulumu

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

2.3. Çekme-Çıkarma (Pull-out) Test Sonuçları

Mevcut çalışmada, 20 MPa ve 40 MPa basınç dayanımına ve 20 mm ve 40 mm pas payına sahip toplam 8 adet küp numunesi, Şekil 5'teki düzenekte çekme-çıkarma testine tabi tutulmuştur ve elde edilen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 Gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisi

Şekil 6’da görüldüğü üzere, deneysel ölçülen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri Sezen ve Setzler (2008) tarafından önerilen yaklaşım ile idealize edilmiştir. İdealize sonucunda elde edilen araştırma bulguları Tablo 1’de özetlenmiştir.

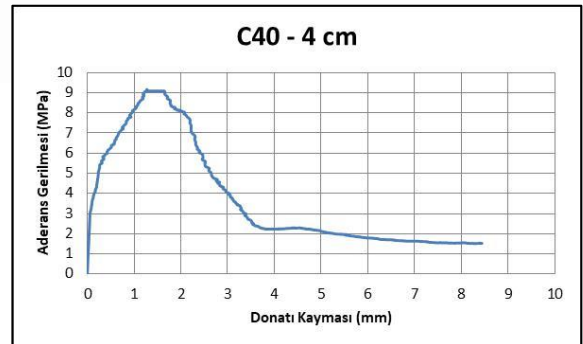
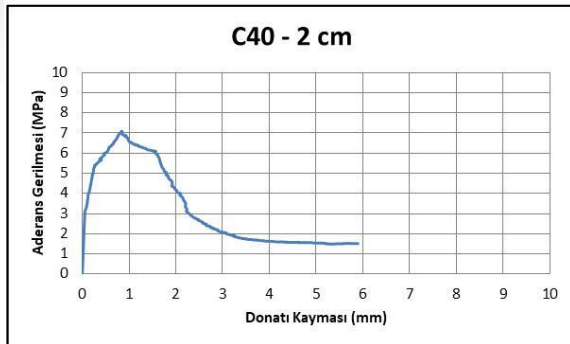
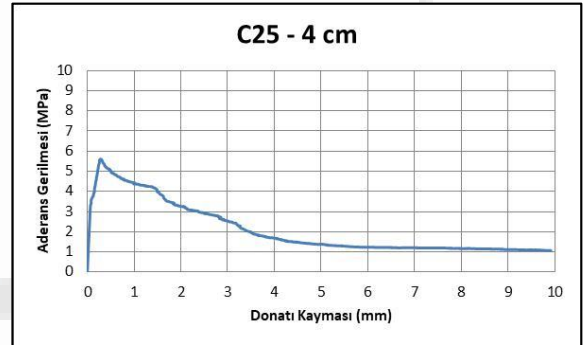
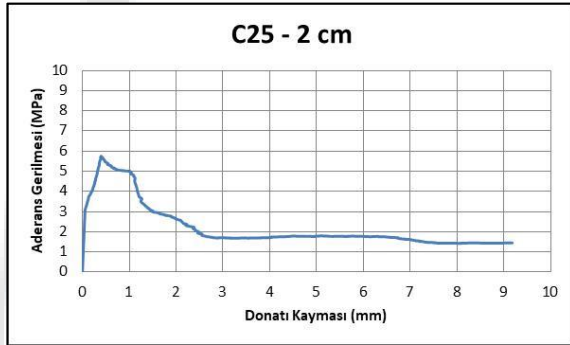
Tablo 1 Çekme-çıkarma testi ile aderans-donatı kayması ilişkisine ait araştırma bulguları

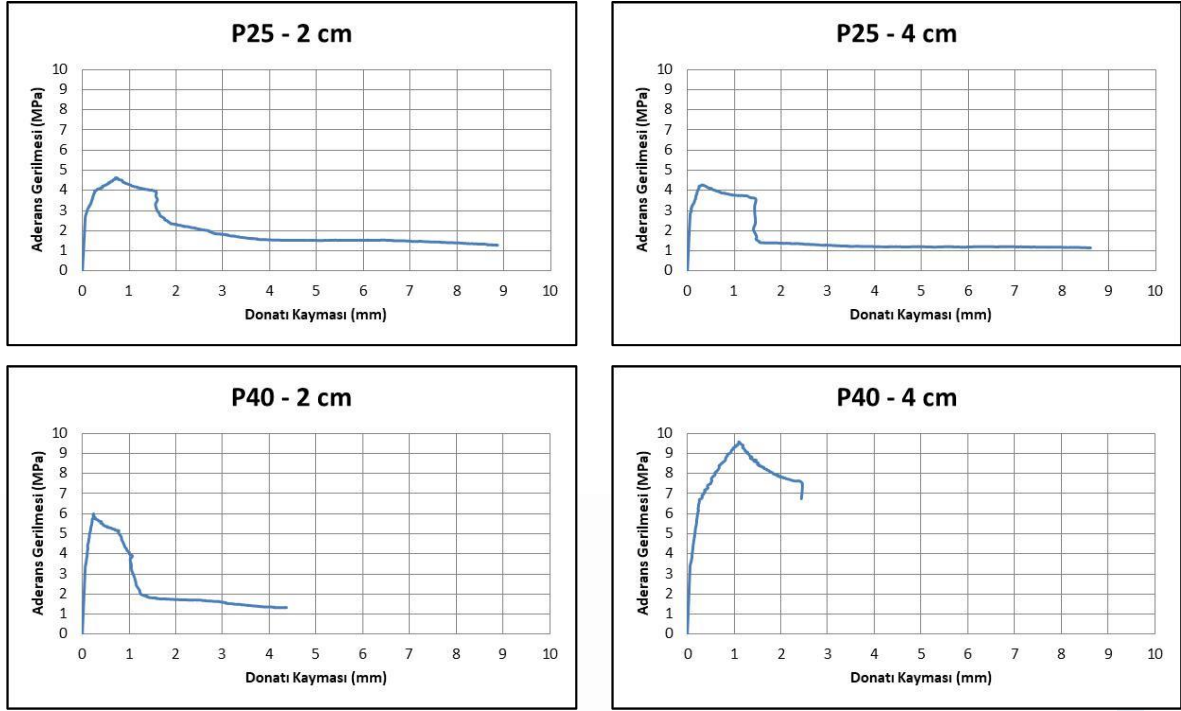
DENEYSEL SONUÇ ORTALAMALARI		ÇEKME DENEYİ			BOND - SLİP İLİŞKİSİ		
Gömme Boyu (mm)	Beton sınıfı	σ_t (max Stress) (MPa)	σ_y (akma dayanımı) (MPa)	Strain (mm/mm)	Bond (MPa)	ΣS (donatı kayması)	E (N/mm)
50	C25-2	83.160	71.490	0.0133	5.005	9.901	5433,059
50	C25-4	114.043	96.931	0.0168	6.785	6.497	6043,120
50	C40-2	111.813	98.355	0.0168	6.876	4.608	5858,487
50	C40-4	146.532	137.705	0.0237	9.639	4.267	5876,222
50	P25-2	69.008	54.378	0.0093	3.806	6.406	6654,441
50	P25-4	76.720	61.694	0.0125	4.319	7.931	4998,333
50	P40-2	107.289	91.907	0.0117	6.633	2.781	7950,999
50	P40-2	149.554	131.861	0.0226	9.230	2.779	5937,936

Şekil 6'da ve Tablo 1'deki verilere göre geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması ile maksimum ve akma dayanımının da arttığı sonucuna varılmıştır. Benzer sonuç ölçülen birim şekil değiştirme miktarı için de geçerli olmuştur.

2.4. Aderans-Donatı Sıyrılması İlişkileri

Çekme-çıkarma testi ile ölçülen ve idealize edilen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkisine bağlı olarak geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen beton numunelerin aderans-donatı kayma ilişkileri elde edilmiştir. Elde edilen aderans-donatı kayma ilişkileri Şekil 7'de verilmiştir.





Şekil 7 Aderans-donatı sıyrılması ilişkisi

Şekil 7’de ve Tablo 1’deki verilere göre geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması ile aderans dayanımının daha etkili olarak arttığı sonucuna varılmıştır. Ancak benzer sonuçlar donatı sıyrılması için geçerli değildir. Hem geleneksel beton ve hem de doğal perlit ile üretilen betonların beton basınç dayanımının artırılması donatı kayma miktarını azaltmıştır. Buna karşılık donatı pas payının artırılması geleneksel betonlarda donatı sıyrılması miktarını artırırken, doğal perlit ile üretilen betonların donatı sıyrılması miktarını azaltmıştır.

Numunelerin enerji yutma kapasitesi veya tokluğu açısından geleneksel betonlarda beton basınç dayanımının artırılması ile tutarlı bir sonuç elde edilemese de pas payının artırılması etkili olmuştur. Buna karşılık doğal perlit ile üretilen betonların enerji yutma kapasitesi veya tokluğu, beton basınç dayanımının artırılması ile çarpıcı bir şekilde etkili olurken, donatı pas payının artırılması bu özelliğin azalmasına neden olmuştur.

2.5. Numunelerin Hasar Seviyeleri

Geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen beton numunelerin hasar seviyeleri, çekme-çıkarma testi sırasında, artırılan aksenal basınç yükünün etkili bir şekilde düşmesine ile gerçekleşen göçme moduna göre gözlemlenmiştir. Çekme-çıkarma testi sonunda numunelere ait hasar seviyeleri Şekil 8’de özetlenmiştir.



Şekil 8 numunelerin gözlemlenen hasar seviyeleri

Şekil 8’de çekme-çıkarma testi sonucunda, geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması ile hasarın daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum numunelerin etkili aderans dayanımına bağlı olarak, enerji yutma kapasitesi veya tokluk özelliklerine atfedilebilir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Betonarme yapı elemanlarında, doğal perlit agregasının geleneksel agreganın yerine kullanılmasının, çekme-çıkarma testi uygulanarak, mekanik performans parametreleri bakımından etkinliğinin araştırıldığı çalışmada, deneysel bulgular ve gözlemler neticesinde elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması, her iki geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların maksimum dayanımını, akma dayanımını ve birim şekil değiştirme miktarını artırmaktadır.
2. Beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması, her iki geleneksel beton ve doğal perlit ile üretilen betonların aderans dayanımının etkili olarak artırmaktadır. Donatı kayması açısından ise beton basınç dayanımının artırılması, hem geleneksel beton ve hem de doğal perlit ile üretilen betonların donatı kayma miktarını azaltmıştır. Buna karşılık donatı pas payının artırılması geleneksel betonlarda donatı sıyrılması miktarını artırırken, doğal perlit ile üretilen betonların donatı sıyrılması miktarını azaltmıştır.
3. Beton basınç dayanımı ve pas payı parametrelerinin artırılması, geleneksel beton numunelerinin enerji yutma kapasitesi veya tokluğu açısından sırasıyla belirsiz ve etkili olmuştur. Buna karşılık doğal perlit ile üretilen beton numunelerinin enerji yutma kapasitesi veya tokluğu, beton basınç

dayanımının artırılması ile çarpıcı bir şekilde etkili olurken, donatı pas payının artırılması bu özelliğin azalmasına neden olmuştur.

4. Etkili olan aderans dayanımı sayesinde, doğal perlit ile üretilen betonların, mekanik özelliklerinin iyileştirilebilmesi ile geleneksel betonların yerini alabileceği sonucu ileri araştırmalara ışık tutabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın finansal desteği İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen FBA-2024-3343 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yazarları İnönü Üniversitesine desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

- Yalciner, H., ve Kumbasaroglu, A. (2022). Experimental Study to Predict Bond-Slip Behavior of Corroded Reinforced Concrete Columns. *ACI Structural Journal*, 119(5).
- Jin, L., Lan, Y., Zhang, R., ve Du, X. (2019). Impact performances of RC beams at/after elevated temperature: A meso-scale study. *Engineering Failure Analysis*, 105, 196-214.
- Sezen, H., ve Moehle, J. P. (2003, May). Bond-slip behavior of reinforced concrete members. In *Proceedings of fib symposium on concrete structures in seismic regions*.
- Deng, M., Pan, J., ve Sun, H. (2019). Bond behavior of deformed bar embedded in Engineered Cementitious Composites under cyclic loading. *Construction and Building Materials*, 197, 164-174.
- Feng, Q., Wei, P., Zhao, K., ve Xu, R. (2022). Experimental investigation of stirrup confinement effects on bond-slip responses for corner and middle bars. *Construction and Building Materials*, 314, 125629.
- Hamad, R. J., Johari, M. M., ve Haddad, R. H. (2017). Mechanical properties and bond characteristics of different fiber reinforced polymer rebars at elevated temperatures. *Construction and building materials*, 142, 521-535.
- Li, Y., Li, S., Qiao, J., ve Pan, J. (2023, April). Experimental research on bond behaviour between high-strength steel bars and ultra-high-performance fibre-reinforced concrete. In *Structures (Vol. 50, pp. 859-869)*. Elsevier.
- Sharma, A., Bošnjak, J., ve Bessert, S. (2019). Experimental investigations on residual bond performance in concrete subjected to elevated temperature. *Engineering Structures*, 187, 384-395.
- Liu, T., Bai, H., Cui, S., Wang, Z., Ma, Q., Li, Q., ve Zhao, J. (2022, October). Experimental study on the bonding behavior of post-embedded steel bar and brick masonry. In *Structures (Vol. 44, pp. 1036-1045)*. Elsevier.
- Liu, C., Qiu, Z., Wu, Q., Yan, L., Han, Y., Miao, J., & Ba, P. (2024, March). Study on bond-slip between reinforcing bar and concrete during transient pull-out test under fire. In *Structures (Vol. 61, p. 105992)*. Elsevier.
- Lin, H., Zhao, Y., Ozbolt, J., Feng, P., Jiang, C., ve Eligehausen, R. (2019). Analytical model for the bond stress-slip relationship of deformed bars in normal strength concrete. *Construction and Building Materials*, 198, 570-586.
- TS 802, Beton karışımlarının tasarımı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye (Türk Kanunları), 2016.
- Sezen, H., ve Setzler, E. J. (2008). Reinforcement slip in reinforced concrete columns. *ACI Structural Journal*, 105(3), 280.
- Zhang, Y., Bicici, E., Sezen, H., & Zheng, S. (2020). Reinforcement slip model considering corrosion effects. *Construction and Building Materials*, 235, 117348.

Nikolaou, J., & Papadimitriou, G. D. (2004). Microstructures and mechanical properties after heating of reinforcing 500 MPa class weldable steels produced by various processes (Tempcore, microalloyed with vanadium and work-hardened). *Construction and Building Materials*, 18(4), 243-254.



Makale id= 22

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6338-4553

| 118

Korozyona Maruz Bırakılmış Donatıların Mekanik Özelliklerinin Tahmin Edilmesine Yönelik Deneysel Modellerin İncelenmesi**Araştırmacı Elif Karakelle¹, Prof.Dr. Hakan Yalciner¹, Doç.Dr. Atila Kumbasaroglu¹, Doç.Dr. Yaşar Ayaz², Arş.Gör. Ahmet İhsan Turan¹, Arş.Gör. Alper Çelik³**¹Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi²İnönü Üniversitesi³Ankara Üniversitesi

*Corresponding author: Elif Karakelle

Özet: Betonarme yapılarda çeşitli çevresel etkiler sonucu meydana gelen karbonatlaşma ve klorür penetrasyonu, donatının korozyona uğramasına sebep olmaktadır. Korozyon ile meydana gelen fiziksel ve kimyasal bozulma süreçleri donatının çukur veya homojen formlarında kesit kayıplarına yol açmaktadır. Kesit kayıpları ile donatının akma dayanımı, nihai/kopma dayanımı ve birim şekil değiştirme özelliği gibi malzeme karakteristik özelliklerinde azalmalar görülmektedir. Çalışma kapsamında mevcut literatürde yer alan korozyon oranının bir fonksiyonu olarak paslanmaya maruz kalmış donatıların akma dayanımı, nihai dayanım ve elastisite modülü gibi mekanik özelliklerini tahmin etmeye yönelik modellerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı donatı çapı, korozyon oranı ve korozyon tipine sahip donatı çubukları üzerinde analitik bir çalışma gerçekleştirilecektir. Yürütülecek araştırmadan, önceki modellerin geliştirildiği çalışmalarda dikkate alınan korozyon oranlarının göstermiş olduğu tahmin performanslarının, farklı korozyon oranlarıyla birlikte özgün bir uyum göstermesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Donatı Korozyonu, Mekanik Özellikler, Hızlandırılmış Korozyon Yöntemi.

Investigation of Experimental Models for Predicting Mechanical Properties of Corroded Reinforcement Bars

Abstract: Carbonation and chloride penetration, which occur as a result of various environmental effects in reinforced concrete structures, cause reinforcement bar corrosion. Physical and chemical deterioration processes caused by corrosion lead to section losses in pitting or homogeneous forms of reinforcement bar. With section losses, decreases are observed in the material characteristic properties of the reinforcement bar such as yielding strength, ultimate/failure strength and strain property. Within the scope of the current study, it was aimed to examine the models used in the existing literature to predict the mechanical properties of corroded reinforcement bars such as yielding strength, ultimate/failure strength and elasticity modulus, as a function of the corrosion ratio. For this purpose, an analytical study will be carried out on reinforcement bars with different reinforcement diameters, corrosion ratios and corrosion types. From the research to be conducted, it is expected that the prediction performances of the corrosion ratios taken into account in the studies in which previous models were developed will show an appropriate harmony with different corrosion ratios.

Keywords: Reinforcement Corrosion, Mechanical Properties, Accelerated Corrosion Method.

1. GİRİŞ

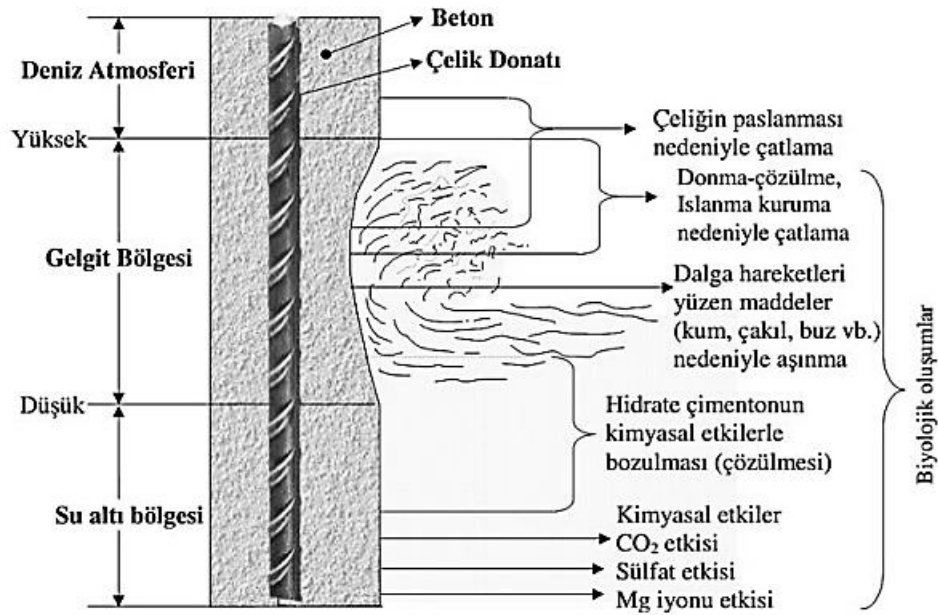
Kullanım ömürleri süresince birçok çevresel etkiye maruz kalan betonarme yapılarda donatı korozyon mekanizmasının meydana gelmesi O₂ konsantrasyonu, nem yüzdesi ve beton direnci gibi temel

unsurlara ek olarak ortam sıcaklığı, su/çimento oranı, pas payı derinliği ve klor konsantrasyonuna göre değişkenlik göstermektedir. Betonarme yapılarda, betonun bazik karakteristik özelliği ve pas payı tabakasının TS 500 (2000) yönetmeliğindeki sınır değerlere (Tablo 1.) sahip olması donatıyı korozyona karşı dirençli duruma getirmektedir.

Tablo 1 TS 500 (2000) standardında önerilen en az beton örtüsü kalınlıkları

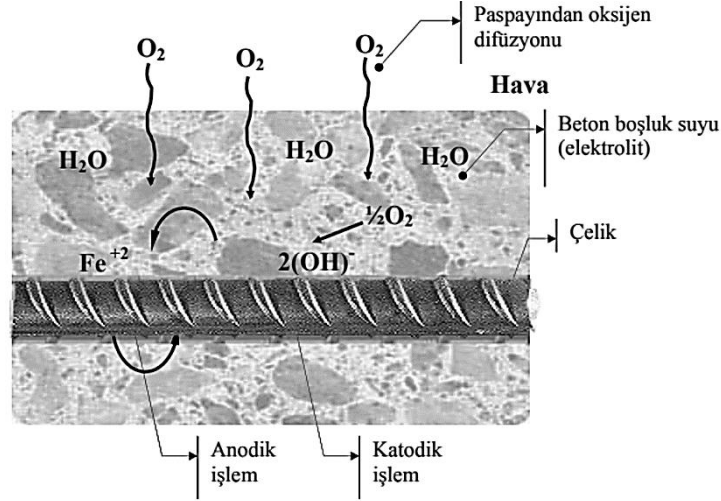
Yapı Elemanı	Pas payı (mm)
Zeminle doğrudan ilişkide olan	> 50
Hava koşullarına açık kolon ve kirişlerde	> 25
Yapı içinde hava koşullarına açık olmayan kolon ve kirişlerde	> 20
Perde duvar ve döşemelerde	> 15
Kabuk ve katlanmış plaklarda	> 15

Fakat yetersiz beton basınç dayanımının meydana getirdiği geçirimsizlik sorunları olumsuz çevre koşulları altında beton pas payı tabakasını çatlatmaktadır. Bu durum betonarme elemanların fiziksel ve kimyasal bozulmalarının (Şekil 1.) yoğun olarak yaşandığı kıyı yapılarında yoğun olarak gözlenen klorür korozyonuna zemin hazırlamaktadır.



Şekil 1 Deniz ortamındaki betonarme elemanın maruz kaldığı kimyasal ve fiziksel bozulmalar (Baradan vd. 2010)

Korozyon oluşumu yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarının eşzamanlı olarak meydana gelmesiyle görülmektedir. Yükseltgenme reaksiyonu donatının elektron kaybetmesi, indirgenme reaksiyonu ise elektronun harcanması olarak tanımlanabilir. Elektron akışı genel olarak anottan katoda doğru olmasından dolayı anottan ayrılarak katoda bağlanan elektronlar zamanla donatının hasar almasına sebep olmaktadır. Şekil 2’de gösterilen anot ve katot reaksiyonları denklem 1.1-1.7’de tanımlanmıştır.



Şekil 2 Betonarme donatısının elektro-kimyasal korozyonu (Baradan vd. 2002)

Anodik reaksiyonlar :



Katodik reaksiyonlar :



Toplam Reaksiyon :



Betonarme yapılarda meydana gelen korozyon ile donatı ve betonun malzeme özelliklerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Özellikle korozyon ile donatı kesit alanında meydana gelen kayıplar donatının akma dayanımı, nihai dayanımı, elastisite modülü ve birim şekil değiştirme değerlerinde azalmalara sebep olmaktadır. Bu amaçla mevcut literatürde azalan bu parametrelerin tespit edilmesine yönelik birçok ampirik model geliştirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma kapsamında eleman tipi (betonarme kolon, kiriş ve salt donatı) ve korozyon yöntemi (hızlandırılmış korozyon ve doğal paslandırma) bakımından farklılıklara sahip deney elemanlarının korozyon sonrası mekanik özelliklerinde meydana gelen bozulmaları incelenmiştir.

3.1. Malzeme ve Kesit Özellikleri

Korozyonun donatı malzeme-mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla Francois vd. (2013), Perez vd. (2015), Fernandes ve Berraco (2019) ve Yalçiner ve Kumbasaroğlu (2020) tarafından

yürütülen çalışmalarda korozyona maruz kalmış donatıların verileri kullanılmıştır. İlgili çalışmalara ait özet bilgiler Tablo 2’de tanımlanmıştır.

Tablo 2 Deneysel çalışmalara ait özet bilgiler

Çalışma	Korozyon Oranı (%)	Korozyon Yöntemi	Numune tipi
Francois vd. (2013)	10.8-26.6	Doğal Paslandırma	Betonarme Kiriş Donatısı
Perez vd. (2015)	9.1-21.5	Hızlandırılmış Korozyon Yöntemi	Salt Donatı
Fernandes ve Berraco (2019)	1.33-19.21	Doğal Paslandırma	Salt Donatı
Yalçınar ve Kumbasaroğlu (2020)	1.44-8.76	Hızlandırılmış Korozyon Yöntemi	Betonarme Kolon Donatısı

Tablo 2 incelendiğinde betona gömülü veya salt donatı kullanılarak numunelerin korozyona maruz bırakıldığı görülmektedir. Donatıların doğal paslandırma sürecinde uzun yıllar sürecek süreçler hızlandırılmış korozyon yöntemi ile daha kısa zaman aralığında gerçekleştirilebilmektedir. Hızlandırılmış korozyon yönteminin Perez vd. (2015) ve Yalçınar ve Kumbasaroğlu (2020) tarafından yürütülen çalışmalarda da numunelerin korozyon süreçlerinde hızlandırılmış korozyon yönteminin kullanıldığı görülmektedir.

3.2. Donatı Mekanik Özelliklerini Tahmin Etmeye Yönelik Geliştirilen Modeller

Donatı korozyonunu sadece kesit alanında azalma olarak dikkate almak elemanın performans durumunu belirlemede yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. Bu bağlamda donatıda meydana gelecek korozyon sonucu değişen malzeme-mekanik özelliklerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında dikkate alınan modeller (Tablo 3.) donatı korozyon oranına bağlı olarak korozyona maruz kalmış donatının akma dayanımı, nihai dayanımı ve elastisite modülünü tahmin etmeye yönelik geliştirilmiştir.

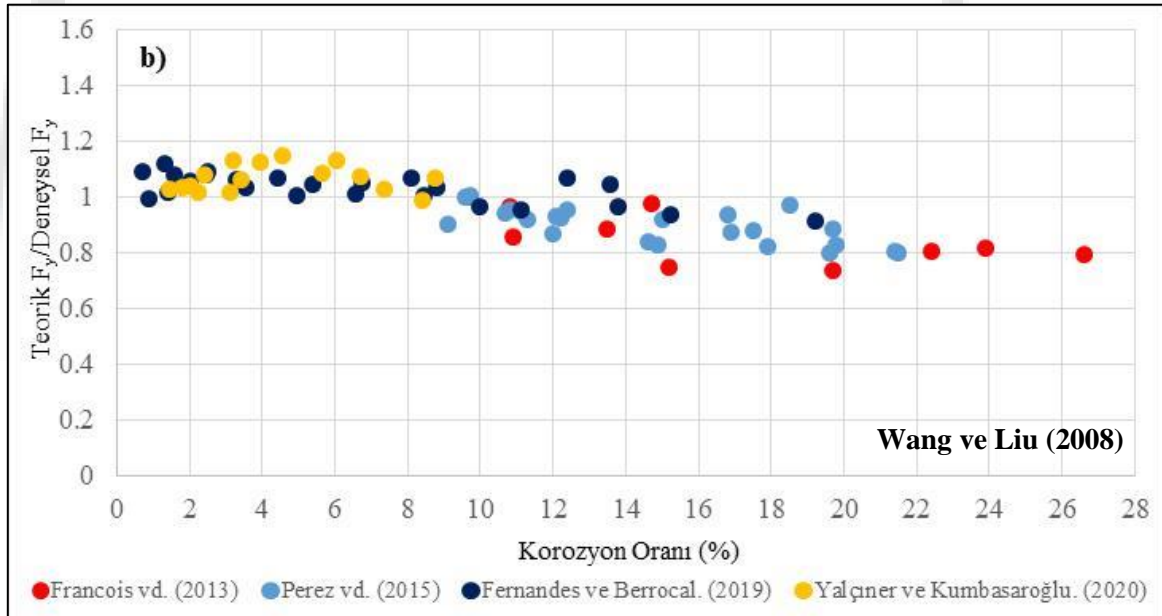
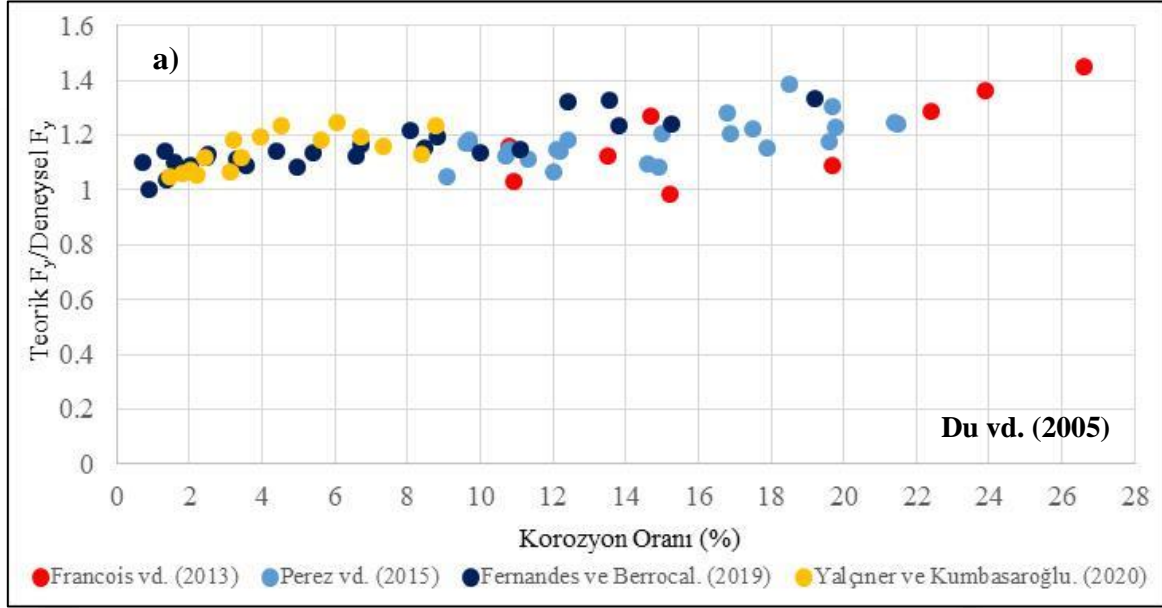
Tablo 3 Dikkate alınan modeller

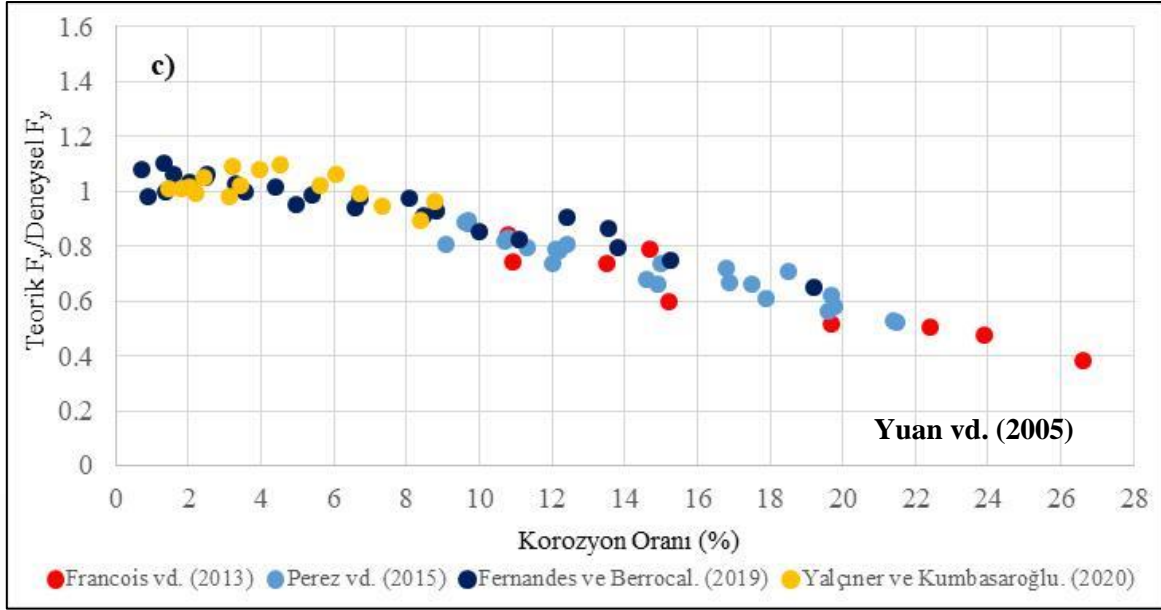
Çalışma	Geliştirilen Model	Dikkate Alınan Korozyon Tipi
Yuan vd. (2005)	F_y, F_u, E	Homojen korozyon
Du vd. (2005)	F_y, F_u	Homojen – Çukur korozyon
Wang ve Liu (2008)	E	Homojen korozyon

F_y : Akma Dayanımı, F_u : Nihai Dayanım, E : Elastisite modülü

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

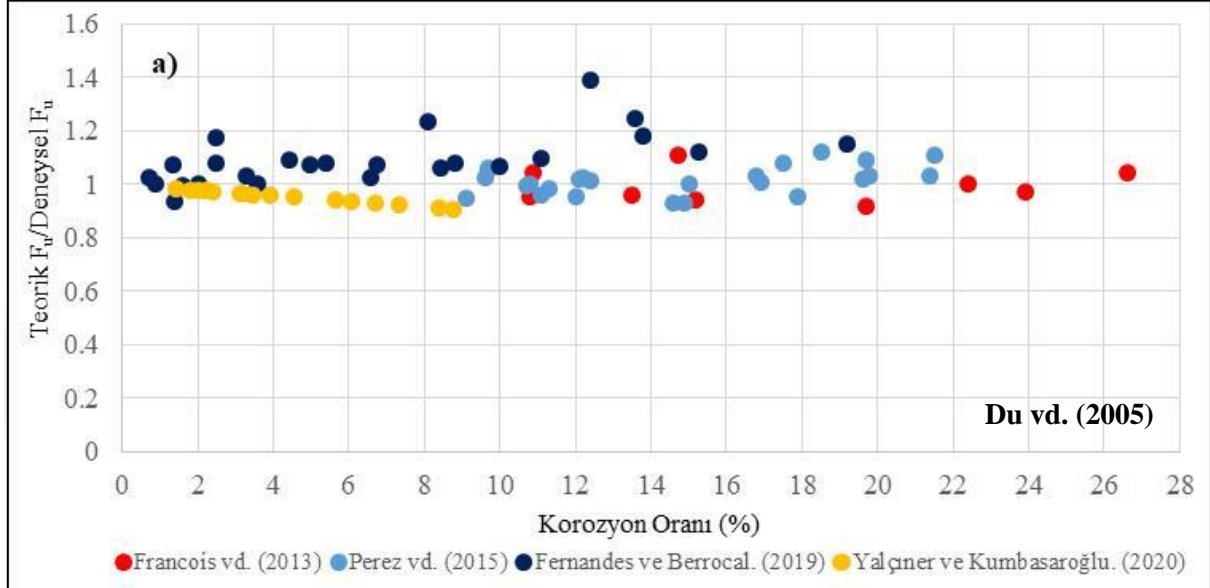
Çalışma kapsamında Francois vd. (2013), Perez vd. (2015), Fernandes ve Berraco (2019), Yalçiner ve Kumbasaroğlu (2020) tarafından yürütülen çalışmalarda korozyona maruz kalmış donatıların deneysel donatı mekanik özellikleri, Yuan vd. (2005), Du vd. (2005) ve Wang ve Liu (2008) tarafından geliştirilen modeller yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen ilişkiler Şekil 3-5’de gösterilmektedir. Akma dayanımını tahmin etmeye yönelik modeller dikkate alındığında Wang ve Liu (2008) tarafından geliştirilen modelin deneysel verileri tahmin oranının 0.84-1.06 arasında, Yuan vd. (2005) tarafından geliştirilen modelin 0.62-1.01 arasında ve Du vd. (2005) tarafından geliştirilen modelin 1.14-1.19 arasında değişen oranlara sahip olduğu elde edilmiştir.

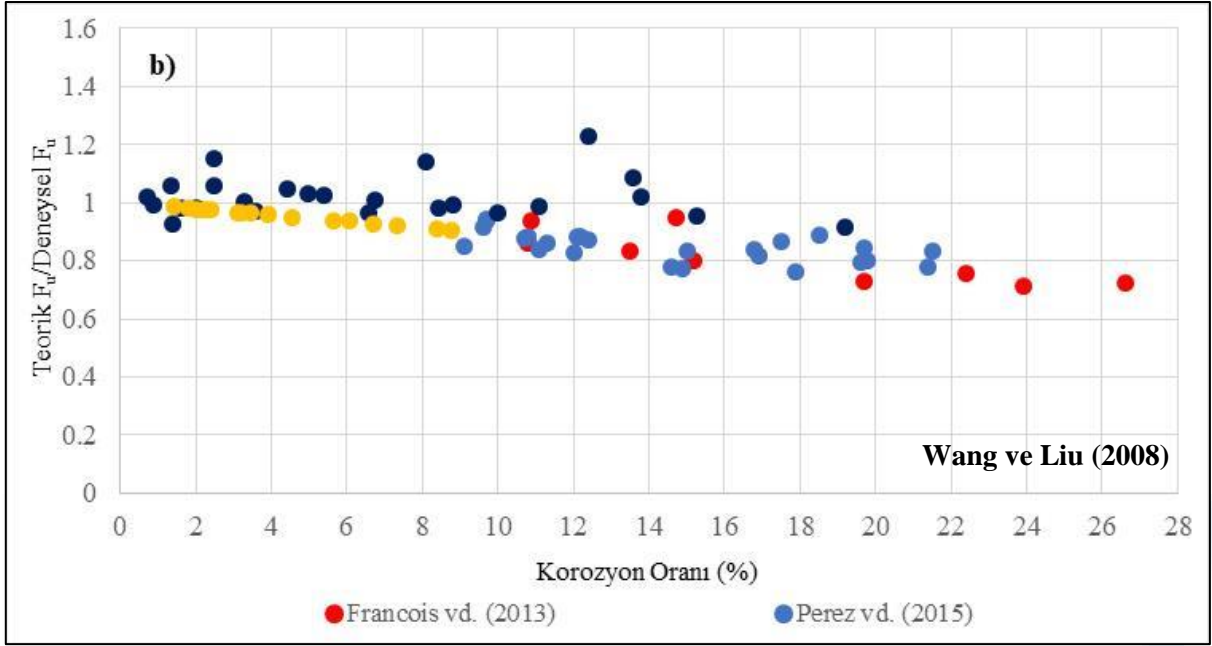




Şekil 3 Teorik akma dayanımlarının deneysel akma dayanımlarına oranı: a) Du vd. (2005), b) Wang ve Liu (2008), c) Yuan vd. (2005).

Nihai dayanımı tahmin etmeye yönelik modeller dikkate alındığında Wang ve Liu (2008) tarafından geliştirilen modelin deneysel verileri tahmin oranının 0.81-1.02 arasında ve Du vd. (2005) tarafından geliştirilen modelin 0.92-1.09 arasında değişen oranlara sahip olduğu elde edilmiştir.





Şekil 4 Teorik nihai dayanım değerlerinin deneysel nihai dayanım değerlerine oranı: a) Du vd. (2005), b) Wang ve Liu (2008)

Çalışma kapsamında dikkate alınan modellerden bir diğeri de Du vd. (2005) tarafından korozyona maruz kalmış donatının elastisite modülünü tahmin etmeyen yönelik geliştirilen modeldir. İlgili çalışmada homojen (Denklem 1.8-1.9) ve çukur korozyon (Denklem 1.10-1.11) durumları için farklı modeller önerilmiştir.

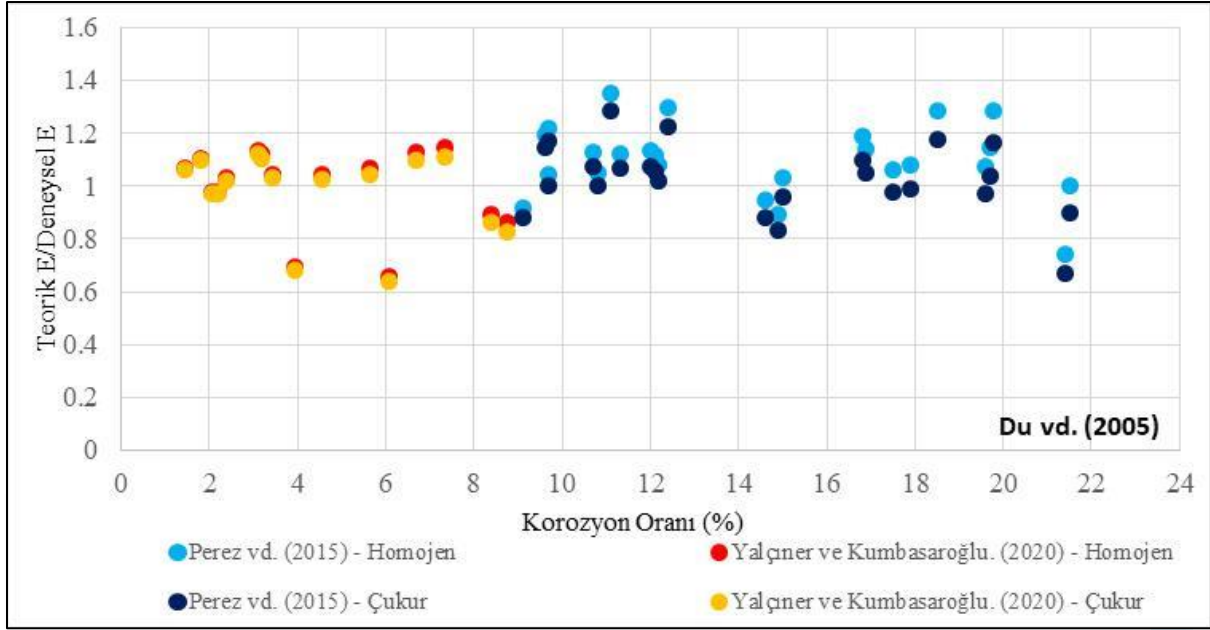
$$f_{ukor} = f_{uo}(1 - 0.0107C_L) \quad (8)$$

$$E_{kor} = E_o(1 - 0.0075C_L) \quad (9)$$

$$f_{ukor} = f_{uo}(1 - 0.0157C_L) \quad (10)$$

$$E_{kor} = E_o(1 - 0.0115C_L) \quad (11)$$

Homojen korozyonu dikkate alan denklem 1.8-1.9 kullanılarak Perez vd. (2015) ve Yalçiner ve Kumbasaroğlu (2020) tarafından korozyona maruz kalmış donatıların elastisite modüllerini tahmin oranı sırasıyla 0.74-1.28 ve 0.69-1.14 oranlarındadır. Çukur korozyonu dikkate alan denklem 1.10-1.11 kullanılarak Perez vd. (2015) ve Yalçiner ve Kumbasaroğlu (2020) tarafından korozyona maruz kalmış donatıların elastisite modüllerini tahmin oranı sırasıyla 0.66-1.22 ve 0.68-1.12 oranlarında başarı sağlamıştır.



Şekil 4 Teorik elastisite modüllerinin deneysel elastisite modüllerine oranı

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Korozyon oranlarının artmasıyla birlikte modellerin deneysel verileri tahmin oranı azalmaktadır. Amprik modeller dikkate alınan çalışmaların deneysel akma ve nihai dayanım değerlerini tahmin oranı, elastisite modüllerini tahmin oranına göre daha yüksek seviyededir. İncelenen çalışmalarda donatıların homojen korozyon tipine sahip olması elastisite modülü için dikkate alınan modellerden homojen korozyon tipi için elde edilen sonuçların daha yüksek tahmin değerlerine sahip olmasını sağlamıştır. Modellerin deneysel verileri tahmin oranında numunelerin hızlandırılmış korozyon yöntemi veya doğal paslandırma süreçlerine maruz kalmasının etkisinin düşük düzeyde olduğu en baskın parametrenin ise donatı korozyon oranı olduğu sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın finansal desteği İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen FBA-2024-3343 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmannın yazarları İnönü Üniversitesine desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilir.

KAYNAKLAR

- Fernandez, I., & Berrocal, C. G. (2019). Mechanical properties of 30 year-old naturally corroded steel reinforcing bars. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 13(1), 9.
- Yalciner, H., & Kumbasaroglu, A. (2020). Experimental Evaluation and Modeling of Corroded Reinforced Concrete Columns. *ACI Structural Journal*, (4).
- François, R., Khan, I., & Dang, V. H. (2013). Impact of corrosion on mechanical properties of steel embedded in 27-year-old corroded reinforced concrete beams. *Materials and structures*, 46, 899-910.
- Fernández Pérez, I., Bairán García, J. M., & Marí Bernat, A. R. (2015). Corrosion effects on the mechanical properties of reinforcing steel bars: fatigue and s-e behavior. *Construction & building materials*, 101, 722-783.
- Wang, X. H., & Liu, X. L. (2008). Modeling the flexural carrying capacity of corroded RC beam. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Science)*, 13, 129-135.
- Wu, Q., & Yuan, Y. S. (2008). Experimental study on the deterioration of mechanical properties of corroded steel bars. *China civil engineering journal*, 41(12), 42-47.

- Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H. (2002). Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite) (1. Baskı), İzmir: D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Baradan, B., Yazıcı, H., & Ün, H. (2010). Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite), Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları, İstanbul.
- TS500., (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, TSE, Ankara, Şubat 2000.



Makale id= 24

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-8433-7599

| 127

Doğal Dil İşleme Teknikleri Kullanılarak Metin Özetleme Teknikleri ve Karşılaştırılması**Öğr. Gör. Serap Beğdaş¹, Doç.Dr. Hidayet Takçı²**¹Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu²Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

*Corresponding author: Serap Beğdaş

Özet: Günümüzde birçok birey farklı alanlarda sunum, e-posta, ders materyali gibi çevrim içi belgeler üretmektedir. Üretilen bu belgelerin faydalı hale gelebilmesi için de onların okunması ve anlaşılması ihtiyacı bulunmaktadır. Bununla birlikte farklı alanlarda ve farklı kişiler tarafından üretilen bu belgelerin bazıları çok uzun, karmaşık, anlaşılması ve okunması zor olabilmektedir. Doğal dil işleme alanı bu noktada insanları rahatlatacak yöntem ve teknikleri içeren imkânlar sunmaktadır. Sunulan bu imkânlardan özellikle metin sınıflandırma ve metin özetleme ön plana çıkmaktadır. Doğal dil işleme teknikleri, uzun ve karmaşık metinlerden akıcı ve tutarlı bir özet çıkarmayı kolaylaştırmıştır. Metin özetleme teknikleri, bilgi araştırmayı hızlandıran, kısa sürede uzun ve karmaşık metinleri okumamızı sağlayan ve aynı şekilde kısa zamanda bilgi miktarımızı artıran tekniklerdir. Bu çalışmada doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak yapılan metin özetleme teknikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metin Özetleme, Doğal Dil İşleme, Metin Sınıflandırma, Metin Bulma. Rouge Metriği

Text Summary Techniques Using Natural Language Processing Techniques and Their Comparison

Abstract: Nowadays, many individuals produce online documents such as presentations, e-mails, and course materials in different fields. In order for these documents to be useful, they need to be read and understood. However, some of these documents, produced in different fields and by different people, can be very long, complex and difficult to understand and read. At this point, the field of natural language processing offers opportunities that include methods and techniques that will put people at ease. Among these opportunities, text classification and text summarization especially come to the fore. Natural language processing techniques have made it easier to extract a fluent and coherent summary from long and complex texts. Text summarization techniques are techniques that speed up information search, enable us to read long and complex texts in a short time, and increase our amount of knowledge in a short time. In this study, text summarization techniques using natural language processing methods were examined and compared.

Keywords: Text Summarization, Natural Language Processing, text Classification, Text Finding.

1. GİRİŞ

Günümüzde tüm meslek alanlarında en çok karşılaşılan sorunlardan birisi büyük boyutlu dokümanların kısa sürede okunması ve anlaşılmasıydı. Bu kapsamda doğal dil işleme tekniklerinin metin özetleme teknikleriyle birlikte kullanımı sağlanarak bu kısıtlamaların önüne geçilmesi, kısa zamanda uzun ve karmaşık metinlerin okunarak, yine kısa zamanda bilgi artırılması sağlanmıştır.

Literatürde konu ile ilgili daha önce bazı çalışmalar yapılmış olup mevcut çalışmalar burada özetlenmiştir. Gündoğdu ve Duru tarafından yapılmış olan çalışmada; (Gündoğdu Ö. E., 2016) doğal dil işleme teknikleri araştırılmış, otomatik metin özetleme yöntemleri başlıklar halinde örneklendirilmiş ve Türkçe yazılan metinlerin özetlenmesinde karşılaşılan zorluklar araştırılarak ve sonraki doğal dil işleme çalışmalarına katkı sunması amaçlanmıştır.

Bir başka çalışmada, (Aysun Güran, 2011) AHP ve ABC algoritmaları kullanılarak cümle puanından metin özetleme yapılmıştır. Cümlelerin yapısal ve anlamsal özelliklerine göre puanlanması sağlanmış, ayrıca bu çalışmada LSA algoritması ile kelimelerin frekanslarından yararlanarak istatistiksel analiz elde edilmiştir.

Yine benzer bir çalışmada (G. Vijay Kumar 1, 2021) metin özetleme teknikleri anlatılarak, metin özetleme için NLP tekniklerinden TextRank algoritması kullanılmış. Ayrıca NLP kütüphanelerinden GENSiM kullanılarak metin özetleme uygulaması hazırlanmıştır.

Başka bir çalışmada (Pallavi Kohakade, 2020) çıkarım tabanlı metin özetleme yapılmış ve TF/IDF kullanılarak kelime frekansı hesaplanmış ve genel metinden cümleler indirgenerek özet metin çıkarılmıştır.

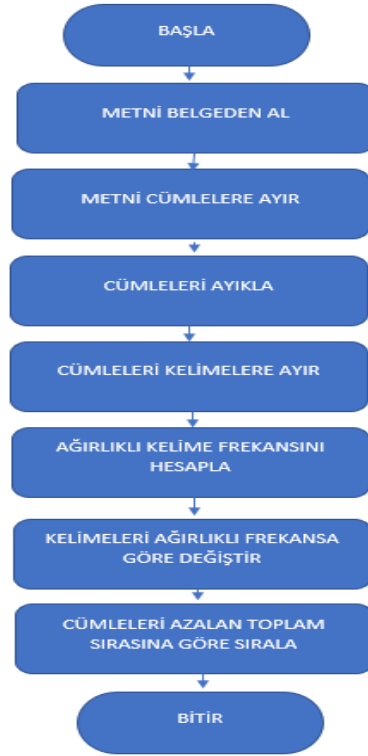
Bu çalışmada daha önceki çalışmalara ek olarak hem text formatı hem de URL üzerinden, sitelerden alınan veriler üzerinde, iki farklı özetleme tekniği olan çıkarıma dayalı özetleme ve soyutlamaya dayalı özetleme teknikleri uygulanmıştır. Bu bağlamda yapılan çalışmalarda farklı kütüphaneler kullanılarak karşılaştırma yapılmış ve en iyi metin özetleme algoritması çıkarılmaya ve uygulama yapılmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma COLAB ortamında Python dili kullanılarak tamamlanmıştır. Çalışmada genel metin özetleme algoritma adımları uygulanmış, bu kapsamda öncelikle kullanılan yöntemlere göre gerekli kütüphaneler eklenmiş, kullanılan metinlerden paragraflar ilk olarak cümlelere ayrılmış, ayrılan cümlelere veri işleme yapılarak cümleler özel karakterler, durak kelimeleri ve sayılardan arındırılmıştır. Daha sonra tüm cümleler tokenize edilerek cümleleri oluşturan kelime tablosu elde edilmiştir. Kelime tablosundan her kelimenin meydana gelme sıklığı, frekans değerleri elde edilmiştir. Elde edilen frekans değerlerinden ağırlıklı frekans değerleri bulunarak, orijinal cümlelerde kelimeler ağırlıklı frekansa göre değiştirilmiştir ve cümlelerin toplam frekansı elde edilmiştir. Son olarak cümleler azalan toplam a göre sıralanmıştır ve en sonunda özet metin elde edilmiştir.

İkinci bölümde çalışmaya ait kullanılan materyal ve metot ele alınmıştır. Üçüncü bölümde deneysel çalışmalar işlenmiştir. Dördüncü bölümde sonuç ve tartışma kısmında önemli sonuçlarla birlikte devam eden çalışmalar belirtilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yapay zekâ, derin öğrenme gibi projeler üzerinde çalışanlar için, tamamen bulut tabanlı, kullanımı kolay, etkileşimli, hızlı ve ortak çalışmaya uygun bir programlama ortamı olan Google Colab (Google Colaboratory) da Python dili kullanılmıştır ve hem program içerisinden hem dışarıdan eklenen metinler üzerinde çalışılmıştır. Girdi olarak verilen metinden paragraflar elde edilerek bu paragraflar cümlelere ayrılmıştır. Daha sonra bu cümlelerden özel karakterler, sayılar, boşluklar, parantezler gibi semboller kaldırılmıştır. Sonraki adımda “ve, bir, ya, hiç, bir şey” gibi cümle anlamına değer katmayan durak kelimeleri kaldırılmıştır. Sonra cümlelerden tüm kelimeleri elde etmek için cümleler tokenize edilmiştir. Daha sonraki adıma tüm kelimelerin ağırlıklı oluşum sıklığı kelime frekansı ile elde edilmiştir. Bu noktada her kelimenin ağırlıklı frekansı, frekansı en çok tekrar eden kelime frekansına yani mod değerine bölünerek bulunmuştur. Bu işlemden sonra orijinal cümlelerde karşılık gelen kelimelerin yerine hesaplanan ağırlıklı frekans konularak toplam cümle frekansı elde edilmiştir. Son aşamada cümleler azalan toplam frekansa göre sıralanarak özet oluşturulmuştur. Çalışmaya ait bir akış şeması Şekil 1’de görülmektedir.

Şekil 1 Çalışma Akış Diyagramı



Çalışmanın akış şemasından da görüleceği üzere özet yapılacak metin alındıktan hemen sonra özet için veriler uygun hale getirilmeye başlanmış, ardından metindeki simgeler ve anlamsız kelimeler ayıklanmış, kelimelerin histogram değerleri elde edilerek özet metin oluşturulmuştur.

2.1. Metin Özetleme

Metin özetleme, uzun ve karmaşık metin paragraflarının kısaltılarak özetinin çıkarılması yöntemini ifade eder. Amaç, yazının önemli fikirlerini, ana noktalarını belirten kısımlarının özet haline getirilmesidir.

Metin özetlemede üç temel yaklaşım vardır:

2.1.1.Çıkarıma Dayalı Özetleme (Extractive): Bu özetleme tekniğinde, kaynak dosya bozulmadan anahtar sözcükler çekilir ve çekilen bu sözcükler birleştirilerek özet yapılmış olur. Bu özetleme tekniklerinden bazıları;

2.1.1.1.TF-IDF tekniği (Term Frequency-Inverse Document Frequency): Kelimelerin belirli bir belgedeki önemini ölçen bir istatistiksel yöntemdir. Metin özetlemesinde, en önemli kelimeleri ve cümleleri belirlemek için kullanılabilir.

TF-IDF ağırlık terimleridir;

TF: Normalleştirilmiş Terim Frekansıdır (TF),

IDF: Ters Belge Frekans

$$TF(t) = (t \text{ kelimenin bir belgede görünme sayısı}) / (\text{Belgedeki toplam kelime sayısı})$$

$$IDF(t) = \log_e(\text{toplam belge sayısı}) / (\text{İçinde } t \text{ eklimesi bulunan belge sayısı})$$

2.1.1.2. Grafik Tabanlı Sıralama Algoritmaları (Graph-Based Ranking Algorithms): Metni bir graf olarak temsil ederek önemli düğümleri belirler. PageRank gibi algoritmalar bu yaklaşımı kullanır. Örneğin; **TextRank**, Google'ın PageRank algoritmasına dayanan grafik tabanlı bir algoritmadır. Bu yöntem, metin içeriğindeki önemli kavramları belirleyerek özet oluşturur.

2.1.2. Soyutlayıcı Metin Özetleme (Abstractive): Bu teknikte, orijinal metinden yeni cümleler oluşturulur. Metindeki en yararlı bilgileri alarak özetleyen yeni ifadeler ve cümleler oluşturulur ama bu cümleler orijinal metinde bulunmayabilir. Bu özetleme tekniklerinden bazıları;

2.1.2.1. Seq2Seq (Sequence-to-Sequence): Kodlayıcı ve çözücü olarak bilinen iki ağ kullanarak giriş metni ile hedef özet arasında ilişki kurar. Özgün cümleler üretebilir.

2.1.2.2. Transformer: Özellikle BERT, GPT ve T5 gibi modeller, büyük miktarda metni anlamak ve özetlemek için kullanılır. Daha doğal ve anlamlı özetler üretebilirler.

2.1.2.3. Reinforcement Learning based Approaches: Belirli bir hedefe ulaşmak için ödül tabanlı öğrenme kullanarak özetleme yapar. Özetteki kaliteyi artırmak için geri bildirim alır.

2.1.3. Hibrit Metin Özetleme (Hybrid): Bu teknikte hem çıkarıma dayalı hem soyutlayıcı teknik birlikte kullanılır.

2.1.3.1. Ekstraktif-Soyutlayıcı Hibrit (Extractive-Abstractive Hybrid): Önce ekstraktif yöntemlerle metnin önemli kısımları belirlenir, ardından soyutlayıcı yöntemlerle daha doğal bir özet oluşturulur.

2.1.3.2. Alan Özel Yaklaşımlar (Domain Specific Approaches): Belirli bir konu alanında daha etkili özetleme yapmak için özel olarak tasarlanmış algoritmalar kullanılır.

2.2 Metin Özetlemede Kullanılan Kütüphaneler

Metin özetlemenin tamamında ya da bir kısmında aşağıdaki Python kütüphanelerinden yararlanılmaktadır.

2.2.1 NLTK

Doğal Dil Araç Seti (NLTK) doğal dil işleme tekniklerinden en çok bilinen, açık kaynak modül, pratik kütüphanelerdendir. NLTK ile birlikte cümle tespiti, kelime ayırma (tokenleştirme), cümle ayırma, kök bulma gibi doğal dil işlemlerinin temel işlevleri yapılabilir. En çok metin analizi, dil analizi, duygu analizi gibi doğal dil işleme alanlarında kullanılır.

2.2.2 GENSİM

Bu Python kütüphanesi vektör uzayı modelleme ve açık kaynaklı bir konu modellemede kullanılan bir kütüphanedir. Metin madenciliği, bilgi çıkarım, veri bilimi alanlarında çokça kullanılır. Metin kümelerini verimli şekilde işlemek için bir çok algoritmayı ve modeli içerir.

2.2.3 SPACY

Doğal dil işlemede en sık kullanılan açık kaynaklı kütüphanelerden biridir. Python dili ile sıklıkla kullanılmakla birlikte C programlama diline benzerlikler içerir. Cython dili ile yazılmıştır bu yüzden Python dilinden hızlıdır. Bu sayede büyük hacimli metinlerde çalışılmasına olanak sağlayan yöntemlerdendir. Metin analizi, dil analizi, kelime bulutu oluşturma gibi doğal dil işleme alanlarında kullanılır.

2.2.4 SUMY

SUMY metin özetleme için çeşitli algoritmalar sunan kütüphanelerden biridir. Python dili ile yazılmıştır. Açık kaynaklıdır. Bu kütüphane metinlerin belirli bir uzunluğa indirgenmiş özetlerini oluşturabilir. Yani metin uzunluğunu, cümle sayısını, oranını özelleştirmemize imkan tanır. Bu kütüphane genelde Luhn, LexRank, TextRank, LSA gibi algoritmaları kullanır.

2.2.5 SUMMA

Bu kütüphane metinleri analiz ederek önemli kelime ve cümleleri belirleyerek özetleme yapan bir Python kütüphanesidir. Google tarafından geliştirilen bu kütüphane çok sayıda dili destekliyor. Bu

kütüphane metin özetleme için API kullanır. Çok uzun karmaşık metinleri bu API lerin özetleme isteği almasıyla kısa zamanda akıcı şekilde özetler.

2.2.6 BERTSUM

BertSum, BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modeli üzerine inşa edilmiş bir metin özetleme kütüphanesidir. Bert modeli Google tarafından geliştirilen ve dil desteği geniş bir modeldir. Bu model metni anlayarak analiz eder. Kütüphane ile derin öğrenme tekniklerini kullanarak yüksek doğrulukla çalışılabilir.

2.3 Metin Özetlemede Kullanılan Algoritmalar

Metin özetlemenin tamamında ya da bir kısmında aşağıdaki algoritmalarından yararlanılmaktadır.

2.3.1 LEXRANK

Metin özetleme işlemlerinde kullanılan grafik tabanlı bir özetleyici algoritmasıdır. Bu algoritma metindeki cümleleri graf düğümü gibi algılayarak önemli cümleleri belirler. Bu algoritma çıkarıma dayalı algoritma da etkili yöntemlerden biridir. Önemli cümleleri belirleyerek, bu cümleler arasında benzerlik ölçümleriyle çalışan bir algoritmadır.

2.3.2 LUHN

En eski metin özetleme algoritmalarından biridir. Sözcüklerin sıklık kriterine göre cümleleri sıralayarak, cümlelere ağırlık puanı atar. Daha sonra bu puan sıralamasıyla en yüksek puandan başlayarak cümleleri sıralar ve özetler. Basit ve verimli bir algoritmadır. Metin özetleme dışında, metin sınıflandırma, metin benzerliği, filtreleme ve veri bilimi gibi doğal dil işleme alanlarında da etkilidir.

2.3.3 LSA

Doğal dil işleme alanında en çok kullanılan özetleyici algoritmalarından biri olan LSA(Latent Sematic Analysis) gizli semantik analiz anlamına gelir. Bu algoritma kelimeler arasındaki ilişkiyi analiz ederek metnin anlamsal yapısını çıkarır. Konu başlıkları ,içeriği , paragraf dizilimi gibi kavramları yakalayabildiği için daha doğru ve kararlı çalışır. Bu algoritma tekil değer ayrışımı ile terim sıklığını kullanarak , metin uzunluğundan bağımsız özet oluşturabilir. Metin özetleme ile birlikte metin sınıflandırma, makine çevirisi, duygu analizi, bilgi çekme gibi doğal dil işleme alanlarında da kullanılır.

2.3.4 TEXTRANK

Bu algoritma grafik tabanlı bir algoritmadır. Metni bir graf gibi algılayarak cümleleri düğüm gibi algılar. Bu algoritma önemli cümleleri belirleyerek özet çıkarır. Metin anlamını koruyarak çalışan verimli bir algoritmadır.

2.3.5 T5

Bu algoritma Google tarafından geliştirilmiştir. T5 kod çözücü – kodlayıcı mimari işe çalışan ve metindeki cümleleri girdi olarak kullanan bir algoritmadır. Algoritma metin verisi üzerinde eğitilerek kullanılır. Sadece metin özetleme değil aynı zamanda makine çevirisi, metin oluşturma, bilgi çıkarma, soru cevaplama gibi doğal dil işleme alanlarında da etkili bir yöntemdir.

2.3.6 GPT- 3.5 turbo – ve GPT-4

GPT uzun metinleri hızlı ve doğru bir şekilde özetlemek için kullanılan yetenekli ve işlevsel bir algoritmadır. OpenAI tarafından geliştirilen bu modeller kısa zamanda milyarlarca parametre ile karmaşık görevleri yerine getirirler. GPT 4 GPT 3.5 dan daha güçlü ve hızlı bir algoritmadır. İki modelde metnin anlamını yakalayıp hızlı bir şekilde metin özetleyebilir. Bu modeller metin özetleme ile beraber farklı bir çok doğal dil işleminde de kullanılırlar.

3.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada bu bildiriye ait özet metni girdi metni olarak kullanılmış ve metin üzerinde çeşitli kütüphane ve algoritmalar uygulanarak yeni özet çıktı elde edilmiştir. Deneysel sonuçların sunumunda metin özetleme uygulamalarının performans değerlendirilmesinin yapılması amacıyla Rouge metriği kullanılarak; doğruluk, kesinlik ve F1-Score değerleri kullanılmıştır.

3.1. Kelime ve Cümle Frekansının Bulunması İşlemi

Frekans, kısaca görülme sıklığı olarak ifade edilebilir. Bir değer kaç kez tekrar ettiği o değer frekansı olarak adlandırılır. Kelime frekansı ise; bir belgenin ya da metin topluluğunun içerisinde olan kelimelerin görülme sıklığı, olarak belirlenir. Bir metinde bulunan kelime frekansı hesaplanarak metin içerisinde puanlama sistemi ile cümlelerin önem sıralaması sağlanmış olur. Kelime frekans hesabı tüm belgeye uygulanabileceği gibi farklı algoritmalarla belgenin yüzdelik kısmına veya uzunluk olarak belirlenen kısmında da uygulanabilir. Bu şekilde tam özet metin veya kısmi özet metin elde edilebilir. Kelime frekansı adımları;

1. Özet yapılacak metin paragraflar halinde elde edilir.
2. Paragraflar cümle haline çevrilir.
3. Cümleler bazı özel karakterler, simgeler, boşluklar, durak kelimelerinden arındırılır.
4. Cümleler tokenize edilerek kelimelere ayrılır.
5. Kelimelerin kaç kez tekrar ettiği yani frekansı bulunur.
6. Elde edilen frekans tablosundan en yüksek olan frekans değeri indeks alınarak diğer kelimelerin ağırlıklı frekans değeri bulunur.

3.2 Farklı Kütüphanelerle Metin Özetleme İşlemleri

Özetlenmesini istediğimiz metin bu bildiriye verilen 126 sözcüklü özet kısmıdır.

3.2.1 NLTK Kütüphanesi

NLTK kütüphanesinin kullanılmasıyla elde edilen özetin özet çıktısı 58 sözcükten oluşuyor;

“Bununla birlikte farklı alanlarda ve farklı kişiler tarafından üretilen bu belgelerin bazıları çok uzun, karmaşık, anlaşılması ve okunması zor olabilmektedir. Doğal dil işleme teknikleri, uzun ve karmaşık metinlerden akıcı ve tutarlı bir özet çıkarmayı kolaylaştırmıştır. Metin özetleme teknikleri, bilgi araştırmayı hızlandıran, kısa sürede uzun ve karmaşık metinleri okumamızı sağlayan ve aynı şekilde kısa zamanda bilgi miktarımızı artıran tekniklerdir.”

3.2.2 GENSİM uygulama

Gensim kütüphanesinin kullanılmasıyla elde edilen özetin özet çıktısı 63 sözcükten oluşuyor; “Bununla birlikte farklı alanlarda ve farklı kişiler tarafından üretilen bu belgelerin bazıları çok uzun, karmaşık, anlaşılması ve okunması zor olabilmektedir. Doğal dil işleme alanı bu noktada insanları rahatlatılacak yöntem ve teknikleri içeren imkânlar sunmaktadır. Doğal dil işleme teknikleri, uzun ve karmaşık metinlerden akıcı ve tutarlı bir özet çıkarmayı kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak yapılan metin özetleme teknikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.”

3.2.3 SPACY Kütüphanesinin Uygulanması

Spacy algoritmasının kullanılmasıyla elde edilen özetin özet çıktısı 23 sözcükten oluşuyor;

“Metin özetleme teknikleri, bilgi araştırmayı hızlandıran, kısa sürede uzun ve karmaşık metinleri okumamızı sağlayan ve aynı şekilde kısa zamanda bilgi miktarımızı artıran tekniklerdir.”

3.2.4 NLTK kütüphanesi ve TF/IDF Algoritmasının Uygulanması

TF/IDF algoritmasının kullanılmasıyla elde edilen özet çıktısı ise handicap = 0,98 iken 83 sözcükten oluşuyor. Ayrıca handicap oranı arttıkça özetin kısaldığı görülmüştür.

“Günümüzde birçok birey farklı alanlarda sunum, e-posta, ders materyali gibi çevrim içi belgeler üretmektedir. Üretilen bu belgelerin faydalı hale gelebilmesi için de onların okunması ve anlaşılması ihtiyacı bulunmaktadır. Doğal dil işleme alanı bu noktada insanları rahatlatılacak yöntem ve teknikleri içeren imkânlar sunmaktadır. Sunulan bu imkânlardan özellikle metin sınıflandırma ve metin özetleme ön plana çıkmaktadır. Doğal dil işleme teknikleri, uzun ve karmaşık metinlerden akıcı ve tutarlı bir özet çıkarmayı kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak yapılan metin özetleme teknikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.”

3.2.5 SUMY KÜTÜPHANESİ VE LSA ALGORİTMASI

Sumy kütüphanesi ile LSA algoritmasının kullanılmasıyla elde edilen özetin özet çıktısı 65 sözcükten oluşuyor;

“Günümüzde birçok birey farklı alanlarda sunum, e-posta, ders materyali gibi çevrim içi belgeler üretmektedir. Üretilen bu belgelerin faydalı hale gelebilmesi için de onların okunması ve anlaşılması ihtiyacı bulunmaktadır. Doğal dil işleme alanı bu noktada insanları rahatlatacak yöntem ve teknikleri içeren imkânlar sunmaktadır. Metin özetleme teknikleri, bilgi araştırmayı hızlandıran, kısa sürede uzun ve karmaşık metinleri okumamızı sağlayan ve aynı şekilde kısa zamanda bilgi miktarımızı artıran tekniklerdir.”

3.2.6 SUMMA KÜTÜPHANESİ VE TEXTRANK ALGORİTMASI

Summa kütüphanesi ve Textrank algoritmasının kullanılmasıyla elde edilen özetin özet çıktısı

Özetleme oranı 0.3 (%30) seçildiğinde 33 kelimedendir;

“Bununla birlikte farklı alanlarda ve farklı kişiler tarafından üretilen bu belgelerin bazıları çok uzun, karmaşık, anlaşılması ve okunması zor olabilmektedir. Bu çalışmada doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak yapılan metin özetleme teknikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.”

Özet oranı, 0.4 (%40) seçildiğinde 48 kelimedenden oluşuyor;

“Bununla birlikte farklı alanlarda ve farklı kişiler tarafından üretilen bu belgelerin bazıları çok uzun, karmaşık, anlaşılması ve okunması zor olabilmektedir. Doğal dil işleme alanı bu noktada insanları rahatlatacak yöntem ve teknikleri içeren imkânlar sunmaktadır. Bu çalışmada doğal dil işleme yöntemleri kullanılarak yapılan metin özetleme teknikleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.”

3.3. PERFORMANS DEĞERLENDİRME

Rouge (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation) metriği metin özetleme işlemlerinde performans değerlendirmesi yapmak için kullanılan yaygın metriklerdir. (Cengiz HARK1*, 2019)

Bu metrikler, referans alınan metin ile uygulama tarafından üretilen özet metin arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılır. ROUGE metrikleri genellikle üç farklı değeri içerir:

- Duyarlılık (Recall) (r): Referans alınan metinde bulunan ve uygulama tarafından üretilen özet metninde de bulunan kelimelerin oranını ifade eder. Yani, gerçek metindeki kelimelerin ne kadarının uygulama tarafından doğru bir şekilde özetlendiğini gösterir.
- Kesinlik (Precision) (p): Uygulama tarafından üretilen özet metninde bulunan ve gerçek metninde de bulunan kelimelerin oranını ifade eder. Yani, uygulama tarafından üretilen özet metnindeki kelimelerin ne kadarının gerçek metinde de yer aldığını gösterir.
- F1 Score (f): Duyarlılık ve Kesinlik değerlerinin harmonik ortalamasıdır. F1 skoru, hem Duyarlılık hem de Kesinlik değerlerini dikkate alarak bir metriğe dönüştürür ve hem gerçek metindeki kelimelerin hem de uygulama ile üretilen özet çıktı metnindeki kelimelerin doğruluğunu değerlendirir.

Bu değerler, ROUGE metriklerinin performansı değerlendirmek için kullanılan önemli ölçütleridir. Bu değerler 0 ve 1 arasında değer alır. 1 e yakın yüksek değerler iyi bir özetleme performansını gösterir.

ROUGE metriği, farklı seviyelerde çalışabilir. ROUGE-N, n-gram benzerliğini ölçerken, ROUGE-L, en uzun ortak alt dizi benzerliğini ölçer. ROUGE-W ise kelimeler arasındaki sıralı benzerliği ölçer. ROUGE-S, özetleme algoritmasının gerçek özet metnindeki skip-bigramları (belirli aralıklarla atlanan iki kelime) ne kadar doğru bir şekilde yakaladığını ölçerken; ROUGE-SU, skip-bigramların yanı sıra unigramları da (tekil kelimeleri) değerlendirir. Yani, özetleme algoritmasının hem skip-bigramları hem de tekil kelimeleri doğru bir şekilde yakalayıp yakalamadığını ölçer.

Bu çalışmada, metin özetleme uygulama performans karşılaştırması yapmak için ROUGE-N (N-1, N-2) ve ROUGE L ölçüleri kullanılmıştır.

$$Rouge N = \frac{(\text{Örtüşen } n - \text{gramların sayısı})}{(\text{Referans metinlerdeki toplam } n - \text{gramların sayısı})}$$

Tablo 1 ROUGE METRİKLERİ

KULLANILAN KÜTÜPHANE VE ALGORİTMA	ROUGE-1			ROUGE-2			ROUGE-L		
	DUYARLILIK	KESİNLİK	F1-SKOR	DUYARLILIK	KESİNLİK	F1-SKOR	DUYARLILIK	KESİNLİK	F1-SKOR
NLTK	0.5053763440860215	1.0	0.6714285669683674	0.4700854700854701	1.0	0.6395348793706057	0.5053763440860215	1.0	0.6714285669683674
GENSİM	0.5376344086021505	1.0	0.6993006947527997	0.48717948717948717	0.9661016949152542	0.6477272682702738	0.5376344086021505	1.0	0.6993006947527997
SPACY	0.21505376344086022	1.0	0.35398229797165015	0.18803418803418803	1.0	0.3165467599254697	0.21505376344086022	1.0	0.35398229797165015
TF/IDF handicap = 0,98	0.7204301075268817	1.0	0.8374999951320313	0.6495726495726496	0.9743589743589743	0.7794871746871795	0.7204301075268817	1.0	0.8374999951320313
SUMY -LSA	0.6344086021505376	1.0	0.7763157847238574	0.5299145299145299	0.96875	0.6850828683568878	0.6344086021505376	1.0	0.7763157847238574
SUMMA – TEXTRANK Özetleme oranı 0.3 (%30)	0.3333333333333333	1.0	0.499999996250001	0.2735042735042735	0.9696969696969697	0.4266666632346668	0.3333333333333333	1.0	0.499999996250001
SUMMA – TEXTRANK Özetleme oranı 0.4 (%40)	0.43010752688172044	1.0	0.6015037551924926	0.38461538461538464	0.9782608695652174	0.5521472352124657	0.43010752688172044	1.0	0.6015037551924926

4.SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yerel bilgisayar üzerinden, program içerisinden, uzak sürücüden veya URL üzerinden alınan metin belgeleri üzerinde farklı metin özetleme kütüphaneleri uygulanarak çalışılmış, karşılaştırma için girdi metni olarak bu bildirinin özet kısmı kullanılmıştır. Özet metin üzerinde farklı metin özetleme yaklaşımlarına yer verilmiştir. Yapılan çalışmalarda sonuca dayalı özetlemelerde metin içerisinden alınan önemli cümleler yer aldığı, soyutlama özetlemede ise önemli cümlelere en yakın tahmini cümlelerin yer aldığı görülmüştür. Dolayısıyla soyutlamaya dayalı algoritmaların daha zor olduğu belirlenmiştir. Çıkarıma dayalı özetlemede ise genel algoritma adımlarının, bu bağlamda en çok kelime sıklığına göre özetleme yapıldığı ve bunun tüm tekniklere uygulanabilirliği ve başarılı sonuçlar aldığı ön görülmüştür. Bu güne kadar bu alanda yapılan çalışmalarda, literatür taramasında elde edilen bilgilere göre NLTK kütüphanesinin en çok tercih edilen kütüphane olduğu görülmüştür.

Çalışmalarda belirlenen kelime frekansına dayalı algoritma adımlarının, tüm belgeden veriler alındıktan sonra paragraflara ayrıldığı, ayrılan paragrafların gereksiz karakter ve stopwordslerden temizlendikten sonra kelimelere (token) ayrıldığı, kelime frekanslarının bulunarak ağırlıklı kelime frekanslarının hesaplandığı ve bu elde edilen frekans değerlerine göre cümlelerin toplam frekansının hesaplanarak cümleler üzerinde puanlama yapıldığı ve sonuç olarak bu puanlara göre önemli cümlelerin yüksek puanlı cümleler olarak sıralandığı özet metinler elde edilmiştir. Elde edilen özet metinlerin performans değerlendirmesi için en yaygın kullanılan Rouge metriği kullanılmıştır. Rouge metriğinin bir çok seviyesi bulunduğundan performans karşılaştırılması için, kullanılan algoritma ve kütüphanelerin özellikleri göz önünde bulundurularak, kelime dizilerinin sıralanmasına odaklanıldığı için bu çalışmada Rouge-2 ve Rouge- L metriklerine odaklanılmıştır. Elde edilen verilere göre; bu çalışmada TF/IDF algoritmasının diğerlerine göre daha kararlı ve hızlı çalıştığı öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

- McDonald, R. (2007). A Study of Global Inference Algorithms in Multi-Document Summarization.
- Uzundere E., D. E. (2008). Türkçe Haber Metinleri İçin Otomatik Özetleme.
- Aysun Güran, N. G. (2011). Automatic Summarization of Turkish Documents Using Non-negative Matrix.
- Akif HATİPOĞLU1, S. İ. (2015). TÜRKÇE METİN ÖZETLEMEDE MELEZ MODELLEME. *DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK DERGİSİ*.
- GÜNDOĞDU Ö. E., D. N. (2016). Türkçe Metin Özetlemede Kullanılan Yöntemler., (s. ss.69-76).

Oflazer, K. (2016). Türkçe ve Doğal Dil İşleme. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri Ve Mühendisliği Dergisi*, 5(2).

Yeşim AKTAŞ, E. Y. (2017). Doğal Dil İşleme Kullanarak Bilgisayar Ağ Terimlerinin Wordnet Ontolojisinde Uyarlanması.

Cengiz HARKI*, T. U. (2019). Metin Özetlemesi için Düğüm Merkezliklerine Dayalı Denetimsiz Bir Yaklaşım.

Pallavi Kohakade, S. J. (2020). Text Summarization Framework Using Machine Learning.

ERHANDI, B. (2020). DERİN ÖĞRENME İLE METİN ÖZETLEME.

FIRAT, M. (2020). ÖĞRENCİ DESTEK SERVİSLERİNDE DOĞAL DİL İŞLEME: GPT-3 ÖRNEĞİ.

G. Vijay Kumar 1, A. Y. (2021). Text Summarizing Using NLP.

ERDAĞI, E. (2023). TÜRKÇE METİNLERDE ÇIKARIM TABANLI OTOMATİK METİN ÖZETLEME.

URL1: <https://www.turing.com/kb/5-powerful-text-summarization-techniques-in-python>

URL2: <https://www.datacamp.com/tutorial/absolute-weighted-word-frequency>

URL3: <https://towardsdatascience.com/text-summarization-using-tf-idf-e64a0644ace3>

URL4: <https://teknofesor.com/dogal-dil-isleme-nlp/>

URL5: <https://www.pantchelearning.com/product/text-summarization-using-nlp-i-machine-learning/>

URL6: <https://medium.com/kaveai/t%C3%BCrk%C3%A7e-metinlerde-%C3%B6zetleme-f6daf4f570f9>

Makale id= 36

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-4208-8779

| 136

Tel Elektro Erozyon Tezgâhında Inconel 718'in İşlenmesinde Elde Edilen Yüzey Pürüzlülüğünün Taguchi Metoduyla Analizi**Araştırmacı Mesut Durman¹, Doç.Dr. Şehmus Baday², Doç.Dr. Hüseyin Gürbüz²**¹MKE²Batman Üniversitesi

*Corresponding author: Şehmus Baday

Özet: Bu deneysel çalışmada, Inconel 718 iş parçasının tel elektro erozyon tezgâhında slotlar şeklinde kesilerek işlenmiş yüzeyler üzerinden ölçülen ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra), kuadratik ortalama pürüzlülük (Rq) ve maksimum pürüzlülük (Rz) değerleri üzerinde kriyojenik işlemin etkisi incelenmiştir. Tel elektro erozyon tezgâhında kullanılan işleme parametreleri olarak üç farklı tel ilerleme hızı, gerilim ve dielektrik sıvı basıncı seçilmiştir. İşleme deneylerinde, dielektrik sıvı olarak saf su ve tel elektrot olarak ise 0,25 mm pirinç tel kullanılmıştır. Kesme deneyleri ve kullanılan işleme parametrelerinin seviyeleri Taguchi L9(3³) ortogonal dizilimine göre yapılmıştır. Kesme deneylerinden elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri (Ra, Rq ve Rz) hem kriyojenikli hem de krojeniksiz iş parçalarının işlenmiş yüzeyinden elde edilmiştir. Kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçası için yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerinde en etkili işleme parametresi gerilim iken kriyojenikli iş parçası için ise tel hızı olduğu tespit edilmiştir. Optimum Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerleri kriyojeniksiz iş parçası için gerilim 45 V, sıvı basıncı 15 kg/cm² ve tel hızı 9 m/dak olarak elde edilirken kriyojenikli iş parçası için ise gerilim 65 V, sıvı basıncı 11 kg/cm² tel hızı 6 m/dak olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Inconel 718, Yüzey Pürüzlülüğü, Taguchi Tasarımı, Tel Elektro Erozyon ile İşleme

Analysis of the Surface Roughness Obtained in the Machining of Inconel 718 On the Wire Electrical Discharge Machine by Taguchi Method

Abstract: In this experimental study, the effects of the cryogenic treatment on the average surface roughness (Ra), quadratic average roughness (Rq) and maximum roughness (Rz) values of Inconel 718 workpiece measured on surfaces machined in the form of slots in wire electrical discharge were examined. Three different wire speeds, voltages and dielectric fluid pressures were selected as the machining parameters used in the wire electrical discharge machining. In the machining experiments, pure water and 0.25 mm brass wire were used as the dielectric fluid and the wire electrode, respectively. The levels of machining parameters used in the cutting experiments were carried out according to Taguchi L9 (3³) orthogonal array. Surface roughness values (Ra, Rq and Rz) emerging from cutting experiments were obtained from the machined surfaces of both cryogenic and non-cryogenic workpieces. It was determined that while voltage turned out to be the most effective machining parameter for the surface roughness values obtained from the non-cryogenic Inconel 718 workpiece, it was the wire speed for cryogenic workpiece. It was observed the machining parameters that optimized Ra, Rq and Rz surface roughness values for non-cryogenic workpiece were voltage 45 V, liquid pressure 15 kg/cm² and wire speed 9 m/min, while for cryogenic workpiece these parameters were revealed to be voltage 65 V, liquid pressure 11 kg/cm² and wire speed 6 m/min.

Keywords: Inconel 718, Surface Roughness, Taguchi Design, Wire Electrical Discharge Machining

1.GİRİŞ

Nikel alaşımlı çeliklerden biri olan Inconel 718, iş parçası malzemesi olarak alaşımlı malzemeler arasında en yaygın kullanılan malzemelerden biridir. Inconel 718 malzemesi yaşlandırılarak sertleştirilebilir, çok yüksek sıcaklıklarda bile mekanik özelliklerini koruyabilmektedir [1-6]. Bu özelliklerinden dolayı, çok özel yerlerde kullanılmak üzere üretilmiş ve çok özel spesifikasyonlara sahip olan Inconel 718 havacılıkta ve uzay sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır [7-15]. Kimyasal açılımı NiCr19Fe19Nb5Mo3 olan bu nikel alaşım malzeme, korozyona karşı aşırı derecede yüksek dayanıma sahiptir. Tel elektro erozyon ile yapılan kesme işleminde, bir tel elektrotun üzerinden geçirilen yüksek yoğunluktaki akım yardımı ile elektrik iletkenliğine sahip herhangi bir malzemenin elektriksel aşındırma yani küçük parçacıklar şeklinde erozyona tabii tutma yöntemidir [16]. Alışılmamış imalat yöntemleri arasında yer alan bu geleneksel olmayan yöntem, elektriksel iletkenliğe sahip sert ve karmaşık geometriye sahip iş parçalarının mikron düzeyde işlenebilmesine olanak vermektedir. Ayrıca Inconel 718 nikel alaşımlar gibi işlenmesi güç olan malzemelerin işlenmesinde de sıklıkla kullanılmaktadır [17, 18]. Yüzey bütünlüğü işlenmiş olan malzemelerin yüzey sertliği, morfolojisi ve pürüzlülüğü gibi değişkenlerden oluşmaktadır. İşlenmiş parçanın işlenmiş yüzeydeki kalitesi, yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde önemli bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü, aşınma, sürtünme ve görsellik gibi farklı parametreleri etkilemektedir. Parçaların birbiri ile temas halinde çalıştığı sistemlerde pürüzlülük parçalar arasındaki sürtünmeyi ve parçanın kullanım ömrünü doğrudan etkilediği için önemlidir. Bundan dolayı işlenerek elde edilen parçaların yüzey pürüzlülük değerleri önem kazanmaktadır ve bir iş parçasının yüzey kalitesini belirlemede kullanılan önemli kriterlerden biri olduğu için ölçülmesi önemlidir. Taguchi metodu, maliyet ve zaman azaltmak için deney sayılarının azaltılması ve optimum şartların belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir deney tasarım yöntemidir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri deney düzeneğindeki deney sayılarını mümkün olan en az sayıda ve sonuçları yüksek doğruluk oranlarında optimum şartları sağlamasıdır [19-22].

Bu çalışmada, işlenmesi güç olan Inconel 718 süper alaşımlı iş parçalarını WEDM tezgâhında slot şeklinde keserek elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde işleme parametrelerine bağlı olarak kriyojenik ısıtma işleminin etkisi araştırılmıştır. Bu doğrultuda hem kriyojenik işlem uygulanmış hem de uygulanmamış Inconel 718 süper alaşımı tel elektro erozyon tezgâhında üç farklı gerilim (G), tel ilerleme hızı (TH) ve sıvı basıncı (SB) gibi işleme parametrelerinde kesilmiştir. İşlenmiş yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü değerleri bir biri ile kıyaslanmış ve optimum işleme parametreleri Taguchi ortogonal dizayn kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Kumar ve ark (2018) kaplamalı ve kaplamasız pirinç tel kullanılarak Inconel 718 süper alaşımının tel elektro erozyon ile işlenmesinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde çinko kaplı pirinç telin kaplamasız pirinç tele göre daha iyi performans gösterdiğini gözlemlemişlerdir [23]. Dhanunjaya ve ark (2018) benzer bir şekilde Inconel 718 süper alaşımının pirinç tel ve çinko kaplı pirinç tel kullanılarak tel erozyon ile kesilmesinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu deneysel çalışmanın sonucunda; minimum yüzey pürüzlülüğü için çinko kaplı pirinç telin, pirinç tele göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit etmişlerdir [24]. Abhilash ve Chakradhar (2020) Inconel 718 süper alaşımının tel erozyon ile işlenmesinde iş parçasının işlenmiş yüzeyinden elde edilen yüzey bütünlüğünü araştırmışlardır. Elde etmiş oldukları yüzey bütünlüklerini stabilite işlenmelerine göre kıyaslamışlardır. Yüksek stabilitede işlenmiş iş parçalarının daha az stabil şartlarında işlenmiş iş parçalarından daha iyi yüzey bütünlüğüne sahip olduğunu ifade etmişlerdir [25]. Divya ve ark (2020) farklı malzemelerin; inconel, titanyum ve alüminyum alaşımlarının tel elektro erozyon kullanılarak kesilmesini araştırmışlardır. Kesme deneyleri sonucunda belirlenen optimum işleme parametreleriyle ortalama yüzey pürüzlülüğü 1,626 µm değerinde elde etmişlerdir [26]. Marelli ve ark. (2020) çalışmalarında süper alaşımların tel erozyon ile işlenmesinde optimum yüzey pürüzlülüğü değerini vurum süresinin %66,70 katkı oranıyla 0,16 µm olarak tespit etmişlerdir [27]. Thejasree ve ark. Taguchi metodunu kullanarak Inconel 718 süper alaşımının tel elektro erozyon ile işlenmesiyle elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir. İşleme deneylerinde vurum süresi, vurum bekleme süresi, akım gibi işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde en önemli işleme parametresinin vurum süresi olduğunu tespit etmişlerdir [28]. Kumar ve Singh (2021) Inconel 718 süper alaşımının tel erozyon ile işlenmesinde pirinç tel kullanarak

tel ilerleme hızı, açık devre gerilimi, vurum süresi ve tel gerilimi gibi işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda, yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili parametrenin vurum süresi olduğunu belirtmişlerdir [29]. Vani ve ark. 0,25 mm pirinç tel ve çinko kaplı pirinç tel kullanarak Inconel 718 süper alaşımının tel erozyon ile kesilmesinde işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde etmiş oldukları deneysel sonuçlardan, akım ve vurum süresinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttırdığını gözlemlemişlerdir [30].

Bu çalışmadaki amaç; işlenmesi zor malzemelerden biri olan Inconel 718 süper alaşımının tel elektro erozyonla işlenmesinde optimum işleme parametrelerini belirleyerek en düşük yüzey pürüzlülük değerlerini elde etmektir. Aynı zamanda, düşük yüzey pürüzlülüğü elde ederek iş parçasının deformasyonunu en aza indirmek ve işleme sonrası ek bir bitirme işlemine ihtiyaç duyulmadan iş parçasının hassas bir şekilde kesebilmektir. Literatürdeki araştırmacıların çoğunluğu, genel olarak tel elektro erozyon ile işlemede optimizasyon çalışmalarında işleme parametreleri olarak vurum süresi ve vurum bekleme süresini kullanarak yapmışlardır [28, 31]. Fakat tel ilerleme hızı, gerilim ve dielektrik sıvı basıncının işleme parametresi olarak belirleyen çalışmalar ise kısıtlıdır [32]. Bu sebeple; yapılan bu çalışmada hem kriyojenikli hem de kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçaları tel elektro erozyon tezgahında kesilerek işlenmiş yüzeylerinden elde edilen yüzey pürüzlülük (Ra, Rq ve Rz) değerlerinin optimum işleme parametrelerinin belirleyebilmek için Taguchi ortogonal tasarımı gerçekleştirilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. İş Parçası Malzemesi

Bu çalışmada, iş parçası malzemesi olarak 100x100x11 mm boyutlarında Inconel 718 süper alaşımı tedarik edilmiştir. İş parçaları tel elektro erozyon tezgahında slot şeklinde kesilmiştir. Bu süper alaşıma ait kimyasal bileşim Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Inconel 718 süper alaşımının kimyasal bileşimi

Element	Ni	Cr	Fe	Nb + Ta	Nb	Mo	Ti	Al	Co	Cu
Ağırlıkça %	53,45	18,55	17,64	5,18	5,17	2,92	0,98	0,56	0,23	0,22
Element	Mn	Si	C	P	Ta	B	S	Pb	Bi	Se
Ağırlıkça %	0,09	0,065	0,03	0,008	0,004	0,002	0,001	0,00002	<.000001	<.000001

2.2. Kriyojenik İşlem Uygulanması

Kriyojenik ısı işlem, sıfır altı sıcaklıklarda malzemelerin özelliklerini değiştirmek veya optimize etmek için kullanılan bir termal işlemdir. Bu ısı işlem, genellikle metallerin mekanik özelliklerini iyileştirmek, dayanıklılığını artırmak veya özel uygulamalar için malzemelerin yapısal özelliklerini değiştirmek amacıyla sıklık ile yapılmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada 1 adet Inconel 718 iş parçasına kriyojenik işlem uygulanmıştır. Fırın içerisine yerleştirilen iş parçası bilgisayar kontrollü sistemde 2 saat içerisinde oda sıcaklığından -146 °C sıcaklığa kademeli bir şekilde soğutulmuştur. Inconel 718 iş parçası malzemesi -146 °C kriyojenik işlem sıcaklığına getirilmiş fırında 24 saat bekletildikten sonra kademeli bir şekilde oda sıcaklığına tekrar geri getirilmiştir. Son işlem olarak iş parçasında meydana gelen gerilmeleri gidermek için 200°C’de 2 saat süreyle temperleme işlemi yapılmış ve bu işlem 2 döngü şeklinde yapılmıştır.

2.3. Tel Elektro Erozyon Tezgâhı, Tel Elektrot Özellikleri ve İşleme Şartları

Hem Kriyojenikli hem de kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçaları, CNC tel elektro erozyon tezgahında slotlar şeklinde kesilerek işlenmiştir. İşlenmiş iş parçasına ait görüntü Şekil 1’de verilmiştir. Tel kalınlığı olarak 0,25 mm pirinç AgieCharmilles Cut 300 tel markası ve dielektrik sıvı olarak 5-15 iletkenliğe sahip saf su kullanılmıştır.



Şekil 1. İşlenmiş iş parçası

2.4. Taguchi Deney Tasarımı ve İşleme Parametreleri

Tel elektro erozyon tezgâhında birden fazla işleme parametresi bulunmaktadır. Bu işleme parametrelerinin tümünü tek seferde tezgâh girdi parametreleri olarak kabul etmek güçtür ve girdinin sayısının artması gerçekleştirilecek olan deneylerin sayısını da artırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı gerçekleştirilen işleme deneylerin sayısını, zamanı ve maliyeti azaltmak için Taguchi ortogonal tasarımı oluşturmuştur. Taguchi tasarım yöntemi, mümkün olan en az sayıda deney ile işleme parametrelerinin tümünü kapsayacak ve daha iyi yanıt (çıktı) elde edebilmek için sinyal gürültü oranlarına bağlı olarak optimum koşulları bulmak için kullanılmaktadır [33-34]. Kesme deneylerinde; gerilim, tel ilerleme hızı ve dielektrik sıvı basıncı tel erozyon ile işlemede giriş parametreleri olarak seçilmiştir (Tablo 2). Geriye kalan işleme parametreleri ise üretici firmanın tavsiyesine göre parça kalınlığı dikkate alınarak otomatik olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. İşleme parametreleri ve bunların seviyeleri

İşleme Parametreleri	Seviyeler
Gerilim (V)	45, 55, 65
Dielektrik sıvı basıncı (kg/cm ²)	7, 11, 15
Tel ilerleme hızı (m/dak.)	6, 9, 12

Tel elektro erozyon ile işlemede dielektrik sıvı hem soğutma hem de iş parçasında talaşın kaldırılması için kullanılan elektriği iletmeyen saf bir sudur. Bu sıvı özellikle ısı iletkenlik kat sayısı düşük olan iş parçalarının yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca dielektrik sıvı, verimli bir şekilde soğutma, elektrik deşarjını stabilize etme ve talaş kaldırma gerçekleştirmek için önem arz etmektedir [35]. Tel elektro erozyon tezgâhının önemli değişkenlerinden biri olan “Gerilim”, tel elektrot ile iş parçası arasındaki işleme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek değerlerdeki gerilim deşarj enerjisinin artmasına yol açmakta ve bu da tepe akımını da artırmaktadır. Uygun seçilemeyen tel ilerleme hızı, tel aşınma oranını ve tel tüketimini önemli ölçülerde etkilemektedir. Artan tel hızı, tel tüketimini artırmakta ve bunun sonucunda işleme maliyetleri de buna paralel olarak artmaktadır. Ayrıca, düşük tel hızları, tel aşınma oranını artırmakta ve özellik ile kaba işlemede tel kırılmasına neden olmaktadır [35]. Bu çalışmada, tel elektro erozyon ile işlemede kesme performansını değerlendirmek için Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerleri alınmıştır. Yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerine etki eden işleme parametrelerinin optimum seviyelerini belirlemek ve belirlenen bu işleme parametrelerinin etkilerini analiz etmek için Taguchi L9 ortogonal dizayn kullanılmıştır. Tel elektro erozyon ile kesilecek iş parçaları Tablo 3’deki deney düzeneğine göre sırası ile gerçekleştirilmiştir. Taguchi tasarımda çıkış karakteristiği için istenen değere Sinyal (S) çıkış karakteristiği için istenmeyen değere ise Gürültü (G) denmektedir. Bu çalışmada, Taguchi L9(3³) ortogonal dizilimde “en küçük en iyidir” yaklaşımına göre S/N oranı denklemi kullanılmıştır. Çünkü daha iyi bir ürün kalitesi için Ra, Rq ve Rz pürüzlülüğü değerlerinin minimum değer alınması istenmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada en küçük en iyidir yaklaşımına göre deneysel sonuçlar değerlendirilmiştir. Deneysel değerlerin analizinde, Taguchi tasarımda en küçük en iyidir S/N oranı formülü Eşitlik 1’de verilmiştir. Bu formül;

$$S/N = -10 \log \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

Eşitlik 1'deki \bar{y} ; deneysel sonuçların ortalaması, y_i yüzey pürüzlülüğü için ölçülen değerleri, n ise gerçekleştirilen deneylerin sayısını temsil etmektedir. Bu analizlerin yapılması için kullanılan paket program Minitab 21'dir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu deneysel çalışmada, hem kriyojenikli hem de kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçasının yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerinde gerilim, dielektrik su basıncı ve tel hızının optimum parametrelerini belirlemek için Taguchi L9(3³) ortogonal tasarım yöntemi kullanılmıştır.

3.1. Kriyojeniksiz Inconel 718 Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

İşleme parametrelerinin Taguchi ortogonal dizilime göre gerçekleştirilen Inconel 718 iş parçasının kesme deneyi sonuçlarından elde edilen Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü değerlerinin “en düşük en iyidir” sinyal gürültü oranları değerleri de Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Inconel 718 yüzey pürüzlülüğü ve S/N oranı değerleri

Deney No	Gerilim (V)	Su Basıncı (kg/cm ²)	Tel Hızı (m/dak)	Ra (µm)	S/N Ra (dB)	Rq (µm)	S/N Rq (dB)	Rz (µm)	S/N Rz (dB)
1	45	7	6	3,952	-11,9363	5,022	-14,0175	24,803	-27,8901
2	45	11	9	3,996	-12,0325	4,840	-13,6969	22,192	-26,9239
3	45	15	12	3,819	-11,6390	4,679	-13,4031	22,670	-27,1090
4	55	7	9	4,167	-12,3965	5,105	-14,1599	25,511	-28,1345
5	55	11	12	4,696	-13,4346	5,964	-15,5108	29,522	-29,4029
6	55	15	6	4,261	-12,5902	5,252	-14,4065	25,250	-28,0452
7	65	7	12	4,775	-13,5795	6,132	-15,7520	30,162	-29,5892
8	65	11	6	4,259	-12,5862	5,299	-14,4839	25,754	-28,2169
9	65	15	9	4,421	-12,9104	5,466	-14,7534	26,053	-28,3172

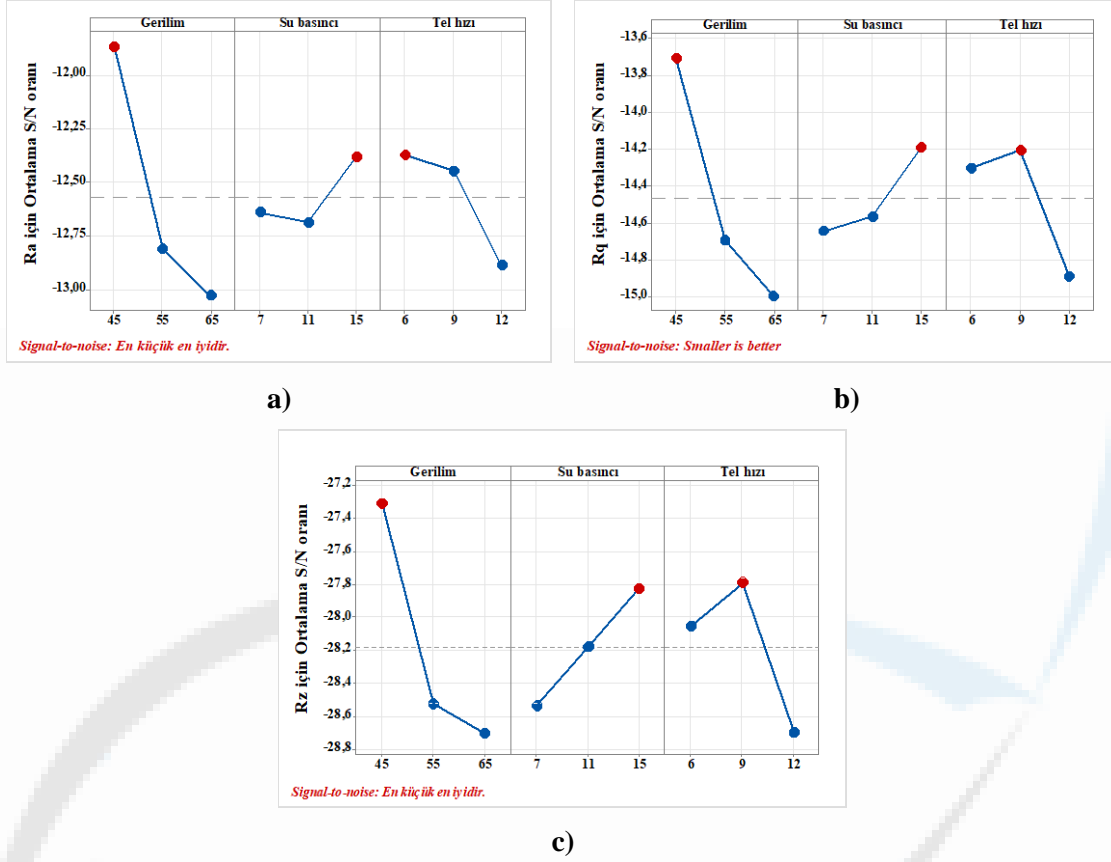
Tablo 3'deki yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakıldığında, en düşük Ra değeri 3,819 µm gerilim 45V, sıvı basıncı 15 kg/cm² ve tel hızı 12 m/dak işleme şartlarında elde edilmiştir. Benzer şekilde aynı işleme şartlarında en düşük Rq değeri 4,679 µm'dur. Fakat en düşük Rz değeri gerilim 45V, sıvı basıncı 11 kg/cm² ve tel hızı 9 m/dak işleme şartlarında 22,192 µm olarak ölçülmüştür. “En düşük en iyidir” sinyal gürültü oranı yaklaşımına göre elde edilen Ra, Rq ve Rz değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. S/N oranlarına göre Ra, Rq ve Rz değerleri

Seviyeler	Ra			Rq			Rz		
	G	SB	TH	G	SB	TH	G	SB	TH
	S/N oranı (dB)			S/N oranı (dB)			S/N oranı (dB)		
1	-11,87	-12,64	-12,37	-13,71	-14,64	-14,30	-27,31	-28,54	-28,05
2	-12,81	-12,68	-12,45	-14,69	-14,56	-14,20	-28,53	-28,18	-27,79
3	-13,03	-12,38	-12,88	-15,00	-14,19	-14,89	-28,71	-27,82	-28,70
Fark	1,16	0,30	0,51	1,29	0,46	0,69	1,40	0,71	0,91
Sıralama	1	3	2	1	3	2	1	3	2

Tablo 4'teki sinyal gürültü oranlarını veren değerler incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğü üzerinde işleme parametrelerinin etkisinin “Sıralama” satırında verildiği görülmektedir. Her üç yüzey pürüzlülüğü (Ra, Rq ve Rz) üzerinde de önem sırası G1SB3TH2 şeklinde dizildiği görülmektedir. Bir diğer ifade ile yüzey pürüzlülüğünü optimum yapan işleme şartları gerilim 45 V, su basıncı 15 kg/cm² ve tel hızı 9 m/dak değerlerinde elde edildiği tespit edilmiştir. Tablo 4'teki S/N oranlarına göre ve her üç yüzey pürüzlülüğü değeri üzerinde en etkili parametrenin “gerilim” olduğu görülmektedir. Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülüğü üzerinde işleme parametrelerinin etkinliği sırasıyla gerilim, su basıncı ve tel hızı şeklinde olduğu

görülmüştür. Kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçası için elde edilen S/N oranları Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’deki S/N oranlarını gösteren grafikler incelendiğinde, optimum yüzey pürüzlülüğü değerleri için işleme parametrelerini gösteren değerler kırmızı yuvarlak olarak işaretlenmiştir.



Şekil 2. Kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçası için elde edilen S/N oranları a) Ra, b)Rq ve c) Rz

Optimum Ra değeri için G1(45V)SB3(15 kg/cm²)TH1(6 m/dak) olarak elde edilmiştir. Rq için G1(45V)SB3(15 kg/cm²)TH2(9 m/dak) olduğu görülmektedir. Rz değerini optimum yapan parametreler ise G1(45V)SB3(15 kg/cm²)TH2(9 m/dak) şeklinde sıralanmıştır. Her üç yüzey pürüzlülüğünün optimum şartları için düşük gerilme, yüksek su basıncı ve düşük veya orta tel ilerleme hızları tercih edilmelidir.

3.2. Kriyojenik İşlem Uygulanmış Inconel 718 Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçları

Gerilim, sıvı basıncı ve tel hızı gibi işleme parametrelerinin Taguchi L9 (3³) ortogonal dizilime göre gerçekleştirilen kriyojenikli Inconel 718 iş parçasının kesme deneyi sonuçlarından elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri (Ra, Rq ve Rz) Tablo 5’te gösterilmiştir. Buna ilaveten, Ra, Rq ve Rz yüzey pürüzlülüğü değerlerinin “en düşük en iyidir” sinyal gürültü oranları değerleri de Tablo 5’de verilmiştir. Tablo 5’teki değerlere incelendiğinde, Ra ve Rq için en düşük yüzey pürüzlülüğü gerilim 65 V, sıvı basıncı 11 kg/cm² ve tel hızı 6 m/dak işleme parametrelerinde sırasıyla 3,849 µm ve 4,775 µm olarak elde edilmiştir. En düşük Rz değeri ise gerilim 55 V, sıvı basıncı 15 kg/cm² ve tel hızı 6 m/dak işleme parametrelerinde 23,491 µm olarak ölçülmüştür.

Tablo 5. Kriyojenikli Inconel 718 yüzey pürüzlülüğü ve S/N oranı değerleri

Deney No	Gerilim (V)	Su Basıncı (kg/cm ²)	Tel Hızı (m/dak)	Ra (μm)	S/N Ra (dB)	Rq (μm)	S/N Rq (dB)	Rz (μm)	S/N Rz (dB)
1	45	7	6	3,925	-11,8768	4,859	-13,7309	24,172	-27,6663
2	45	11	9	5,097	-14,1463	6,400	-16,1236	31,222	-29,8892
3	45	15	12	3,939	-11,9077	4,954	-13,8991	26,060	-28,3195
4	55	7	9	4,497	-13,0585	5,637	-15,0210	28,567	-29,1173
5	55	11	12	4,324	-12,7177	5,383	-14,6205	28,144	-28,9877
6	55	15	6	3,880	-11,7766	4,803	-13,6303	23,491	-27,4180
7	65	7	12	4,047	-12,1427	5,048	-14,0624	24,614	-27,8236
8	65	11	6	3,849	-11,7070	4,775	-13,5795	24,512	-27,7876
9	65	15	9	4,371	-12,8116	5,599	-14,9622	29,311	-29,3406

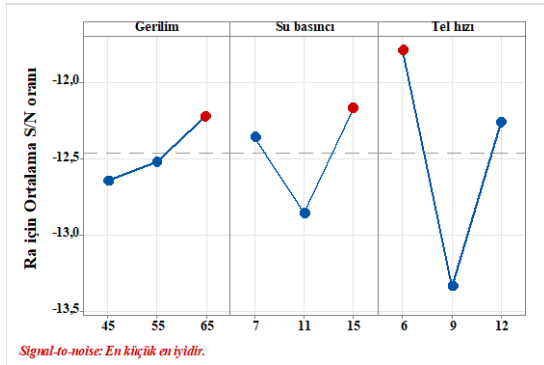
Kriyojenikli iş parçasına ait elde edilen S/N oranlarını Tablo 6’da verilmiştir. Tablo 6’daki S/N oranlarına göre optimum yüzey pürüzlülüğü için işleme parametrelerinin etki sıralaması tel hızı, sıvı basıncı ve gerilim şeklinde verildiği görülmektedir.

Tablo 6. S/N oranlarına göre Kriyojenikli Inconel 718 Ra, Rq ve Rz değerleri

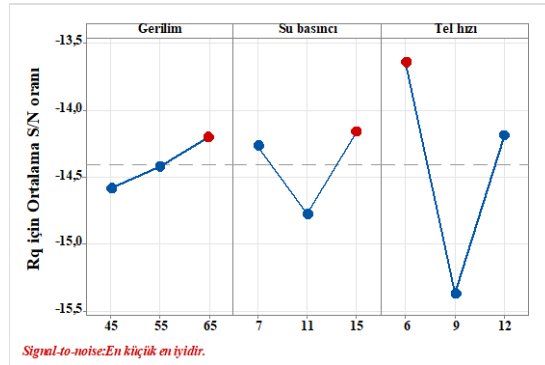
Seviyeler	Ra			Rq			Rz		
	G	SB	TH	G	SB	TH	G	SB	TH
	S/N oranı (dB)			S/N oranı (dB)			S/N oranı (dB)		
1	-12,64	-12,36	-11,79	-14,58	-14,27	-13,65	-28,62	-28,20	-27,62
2	-12,52	-12,86	-13,34	-14,42	-14,77	-15,37	-28,51	-28,89	-29,45
3	-12,22	-12,17	-12,26	-14,20	-14,16	-14,19	-28,32	-28,36	-28,38
Fark	0,42	0,69	1,55	0,38	0,61	1,72	0,31	0,69	1,83
Sıralama	3	2	1	3	2	1	3	2	1

Yüzey pürüzlülüğünü optimum yapan işleme şartları gerilim 65 V, su basıncı 11 kg/cm² ve tel hızı 6 m/dak değerlerinde elde edildiği tespit edilmiştir. Tablo 6’teki S/N oranlarına göre ve her üç yüzey pürüzlülüğü değeri üzerinde en etkili parametrenin “tel hızı” olduğu görülmektedir.

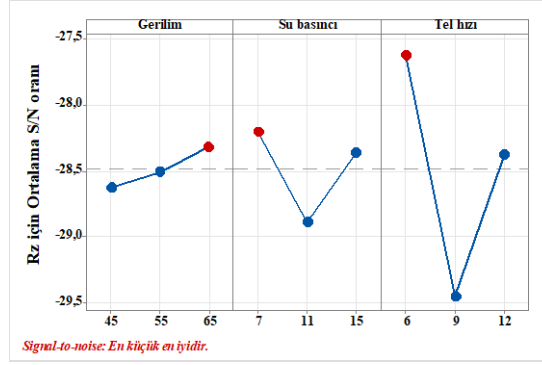
Kriyojenikli Inconel 718 iş parçası için elde edilen S/N oranları Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’teki S/N oranlarını gösteren grafiklere bakıldığında, optimum yüzey pürüzlülüğü değerleri için işleme parametrelerini gösteren değerler kırmızı yuvarlak olarak işaretlenmiştir. Optimum Ra değeri için G3(65V)SB3(15 kg/cm²)TH1(6 m/dak) olarak elde edilmiştir. Rq için G3(45V)SB3(15 kg/cm²)TH1(6 m/dak) olduğu görülmektedir. Rz değerini optimum yapan parametreler ise G3(65V)SB1(7 kg/cm²)TH1(6 m/dak) şeklinde sıralanmıştır. Kriyojenikli Inconel 718 iş parçasının yüzeylerinden elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerini optimum yapan işlem parametreleri yüksek gerilme, yüksek su basıncı ve düşük tel ilerleme hızları tercih edilmelidir.



a)



b)



c)

Şekil 3. Kriyojenikli Inconel 718 iş parçası için elde edilen S/N oranları a) Ra, b)Rq ve c) Rz

4. SONUÇLAR

Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada, kriyojenikli ve kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçasının tel elektro erozyon tezgâhında işlenmesi sonucunda iş parçasının yüzeyinde oluşan Ra, Rq ve Rz değerleri üzerinde tezgâh girdi parametrelerinin etkisi araştırılmış. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü değerlerini optimum yapan işleme parametrelerinin seviyeleri elde edilmeye çalışılmıştır. Gerçekleştirilen işleme deneyleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır:

- Kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçası için en düşük Ra, Rq ve Rz değerleri sırasıyla 3,819 μm , 4,679 ve 22,192 μm olarak elde edilmiştir. Kriyojenikli Inconel 718 iş parçası için ise en düşük Ra, Rq ve Rz değerleri sırasıyla 3,849 μm ve 4,775 μm ve 23,491 μm olarak ölçülmüştür.
- İşleme parametrelerinin kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçasının optimum Ra, Rq ve Rz değeri üzerinde en fazla etkiye sahip parametre gerilim olur iken kriyojenikli Inconel 718 iş parçası üzerinde ise tel hızı olduğu görülmüştür.
- Kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçasından elde edilen Ra, Rq ve Rz değeri üzerinde işleme şartlarının etki sıralaması gerilim, tel hızı ve sıvı basıncı iken kriyojenikli iş parçasının yüzey pürüzlülüğü değerlerine etkisi ise sırasıyla tel hızı, sıvı basıncı ve gerilim olduğu tespit edilmiştir.
- Düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri, kriyojenikli Inconel 718 iş parçasının işleme parametreleri yüksek gerilim ve sıvı basıncı, düşük tel hızı kullanılırken kriyojeniksiz Inconel 718 için ise düşük gerilim, yüksek sıvı basıncı ve düşük veya orta tel hızları kullanıldığı görülmüştür.
- Taguchi ortogonal tasarım yöntemine göre yapılan optimizasyona göre; kriyojeniksiz Inconel 718 iş parçasının tel erozyon ile işlenmesinde Ra için optimum şartlar G1SB3TH1 (G=45 V, SB= 15 kg/cm² ve TH=6 m/dak), Rq ve Rz için optimum şartlar G1SB3TH2 (G=45 V, SB= 15 kg/cm² ve TH=9 m/dak) olarak belirlenmiştir. Kriyojenikli Inconel 718 iş parçası için Ra ve Rq için optimum şartlar G3SB3TH1 (G=65 V, SB= 15 kg/cm² ve TH=6 m/dak), Rz için optimum şartlar G3SB1TH1 (G=65 V, SB= 7 kg/cm² ve TH=6 m/dak) olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ma JW, Wang FJ, Jia ZY, Xu Q, Yang YY (2014) Study of machining parameter optimization in high-speed milling of Inconel 718 curved surface based on cutting force. Int J Adv Manuf Technol 75(1-4):269–277.
2. Kasim MS, Hafiz MSA, Ghani JA, Haron CHC, Izamshah R, Sundi SA, Othman IS (2019) Investigation of surface topology in ball nose end milling process of Inconel 718. Wear 426:1318–1326.
3. Nath C, Brooks Z, Kurfess TR (2015) Machinability study and process optimization in face milling of some super alloys with indexable copy face mill inserts. J Manuf Process 20:88–97.

4. Yılmaz B, Karabulut Ş, Güllü A (2018) Performance analysis of new external chip breaker for efficient machining of Inconel 718 and optimization of the cutting parameters. *J Manuf Process* 32: 553–563.
5. Çelik A, Alağaç MS, Turan S, Kara A, Kara F (2017) Wear behavior of solid SiAlON milling tools during high speed milling of Inconel 718. *Wear* 378:58–67.
6. Uçun İ, Aslantas K, Bedir F (2013) An experimental investigation of the effect of coating material on tool wear in micro milling of Inconel 718 super alloy. *Wear* 300(1-2):8–19.
7. Zhao, M., Zhao, Z., Liu, L., Luo, G., & Chen, W. (2020). Influence of heat treatment on cyclic response of nickel-based superalloy Inconel 718 up to very-high cycle regime. *Materials*, 13(23), 5358.
8. Ni, T., & Dong, J. (2017). Creep behaviors and mechanisms of Inconel718 and Allvac718plus. *Materials Science and Engineering: A*, 700, 406-415.
9. Malmelöv, A., Fisk, M., Lundbäck, A., & Lindgren, L. E. (2020). Mechanism based flow stress model for alloy 625 and alloy 718. *Materials*, 13(24), 5620.
10. Kannan S, Kui L (2019) Experimental investigation of surface integrity during abrasive edge profiling of nickel-based alloy. *J Manuf Process* 39:40–51.
11. Musfirah AH, Ghani JA, Haron CC (2017) Tool wear and surface integrity of inconel 718 in dry and cryogenic coolant at high cutting speed. *Wear* 376:125–133.
12. Luo M, Luo H, Zhang D, Tang K (2018) Improving tool life in multi-axis milling of Ni-based superalloy with ball-end cutter based on the active cutting edge shift strategy. *J Mater Process Technol* 252:105–115.
13. Halim NHA, Haron CHC, Ghani JA, Azhar MF (2019) Tool wear and chip morphology in high-speed milling of hardened Inconel 718 under dry and cryogenic CO2 conditions. *Wear* 426:1683–1690.
14. Ezugwu EO, Fadare DA, Bonney J, Da Silva RB, Sales WF (2005) Modelling the correlation between cutting and process parameters in high-speed machining of Inconel 718 alloy using an artificial neural network. *Int J Mach Tool Manu* 45(12-13):1375–1385.
15. Li HZ, Zeng H, Chen XQ (2006) An experimental study of tool wear and cutting force variation in the end milling of Inconel 718 with coated carbide inserts. *J Mater Process Technol* 180(1-3):296–304.
16. Han, F., Jiang, J., & Yu, D. (2007). Influence of machining parameters on surface roughness in finish cut of WEDM. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 34, 538-546.
17. Devillez, A., Le Coz, G., Dominiak, S., & Dudzinski, D. (2011). Dry machining of Inconel 718, workpiece surface integrity. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(10), 1590-1598.
18. Tondy, H. R., & Tigga, A. M. (2019). An empirical evaluation and optimization of performance parameters of wire electrical discharge machining in cutting of Inconel 718. *Measurement*, 140, 185-196.
19. Baday, Ş., Gürbüz, H., & Ersöz, O. (2023) Prediction of Cutting Forces Obtained through Cryo-Treated and Untreated Cutting Tools Using Optimum ANN Determined by Taguchi Design. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 13(2), 13-27.
20. Baday, Ş., & Ersöz, O. (2022). Comparative investigations of cryo-treated and untreated inserts on machinability of AISI 1050 by using response surface methodology, ANOVA and Taguchi design. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 236(3), 1751-1765.

21. Baday, Ş., Başak, H., & Sönmez, F. (2017). The assessment of cutting force with taguchi design in medium carbon steel–applied spheroidization heat treatment. *Measurement and Control*, 50(4), 89-96.
22. Gürbüz, H., & Baday, Ş. (2019). CNC torna tezgâhlarında ayna ve punta basıncının yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerine etkisinin Taguchi metodu ile optimizasyonu. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 119-134.
23. Kumar, A., Abhishek, K., Vivekananda, K., & Maity, K. P. (2018). Effect of wire electrode materials on die-corner accuracy for Wire Electrical Discharge Machining (WEDM) of Inconel 718. *Materials Today: Proceedings*, 5(5), 12641-12648.
24. Dhanunjaya, M., Madduleti, M., & Boosa, G. C. (2018). The process of EDM cutting parameters optimizing by using Taguchi Method and Anova on Inconel 718. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(12), 1305-1311.
25. Abhilash, P. M., & Chakradhar, D. (2020). Surface integrity comparison of wire electric discharge machined Inconel 718 surfaces at different machining stabilities. *Procedia CIRP*, 87, 228-233.
26. Divya, M., Sateesh, N., & Subbiah, R. (2020). Review on multi objective optimization of wire cut EDM process parameters using grey relational analysis. *Materials Today: Proceedings*, 26, 3124-3130.
27. Marelli, D., Singh, S. K., Nagari, S., & Subbiah, R. (2020). Optimisation of machining parameters of wire-cut EDM on super alloy materials–A review. *Materials Today: Proceedings*, 26, 1021-1027.
28. Thejasree, P., Binoj, J. S., Manikandan, N., Krishnamachary, P. C., Raju, R., & Palanisamy, D. (2021). Multi objective optimization of wire electrical discharge machining on Inconel 718 using Taguchi grey relational analysis. *Materials Today: Proceedings*, 39, 230-235.
29. Kumar, A., & Singh, S. (2021). Parametric optimization of wire electro discharge machining of Inconel 718 using Taguchi's methodology. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2025-2031.
30. Vani, P. N., Arun, K., Reddy, M. C. S., & Madduleti, M. (2018). Optimizing the process parameters of EDM using Taguchi Method and Anova on Inconel 718. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 5(12), 487-494.
31. Abdil, K. U. Ş., & Motorcu, A. R. Nikel esaslı Waspaloy alaşımının tel erozyon yöntemiyle işlenmesinde Taguchi metodu ile yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme parametrelerinin tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(1), 195-204.
32. Karataş, M.A. (2022). Inconel 718'in tel erozyon ile işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün Taguchi tabanlı gri ilişkisel analiz yöntemi ile çok kriterli optimizasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(4), 516-532.
33. Durairaj, M., Sudharsun, D., & Swamynathan, N. (2013). Analysis of process parameters in wire EDM with stainless steel using single objective Taguchi method and multi objective grey relational grade. *procedia Engineering*, 64, 868-877.
34. Parashar, V., Rehman, A., Bhagoria, J. L., & Puri, Y. M. (2009). Investigation and optimization of surface roughness for wire cut electro discharge machining of SS 304L using Taguchi dynamic experiments. *International Journal of Engineering Studies*, 1(4), 257-267.
35. Jahan MP. *Electrical Discharge Machining (EDM): Types, Technologies and Applications*, Nova Science Publishers, Incorporated; 2014.

Makale id= 48

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-8524-1473

| 146

Tekstil Yüzeylerde Süperhidrofobik Polimer Kaplamaların Alev Geciktirici Performansın İncelenmesi: Uygulama Tekniklerinin Etkisi**Araştırmacı Yağmur Sevde Tutkaç¹, Prof. Dr. Alime Çıtak¹**¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

*Corresponding author: Yağmur Sevde Tutkaç

Özet: Tekstil endüstrisinde yangın güvenliği için önemli bir alan olan alev geciktirici kaplamaların geliştirilmesi, günlük yaşamdaki potansiyel yangın tehditlerinin önlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Organik polimerik malzemeler; düşük maliyetleri, iyi nefes alabilmeleri ve konforları, onları giyim ve ev dekorasyonunun yanı sıra çadırlar, havacılık ve acil tıp gibi yeni gelişen alanlarda da popüler kılmaktadır. Ancak bu malzemelerin çoğu yüksek alev alma özelliğine sahiptir. Bu malzemelerin yanmaları sırasında ortaya çıkan büyük miktarlardaki duman, zehirli gazlar her yıl insan hayatına ve mallarına ölçülemez zararlar vermektedir. Bu nedenle, yüksek performanslı alev geciktirici teknolojilerin geliştirilmesi önemlidir. Bunun yanı sıra, ortaya çıkan çevre kirliliği nedeniyle biyo-bazlı alev geciktirici kaplamalara olan ilgi de giderek artmaktadır. Kirliliği önlemeye yönelik artan talebi karşılamak için süperhidrofobik ve alev geciktirici özelliklere sahip yüzey kaplamalarının geliştirilmesi zorunludur. Süperhidrofobik polimer kaplamalar, su iticilik özellikleri ve alev geciktirici performansları ile dikkat çekmektedir. Ancak, bu kaplamaların uygulama tekniklerinin alev geciktirici performansı üzerindeki etkisi hala belirsizdir. Bu çalışmada, en sık kullanılan geleneksel alev geciktirici yöntemlerin gelişimi ve uygulanması kısaca özetlenmiştir. Ayrıca sprey kaplama, daldırma yöntemi, elektrostatik kaplama gibi farklı uygulama teknikleri gözden geçirilerek alev geciktirici performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süperhidrofobik, Alev Geciktirici Malzemeler, Polimer, Yüzey Kaplama, Tekstil

Investigation of Flame Retardant Performance of Superhydrophobic Polymer Coatings On Textile Surfaces: Effect of Application Techniques

Abstract: The development of flame retardant coatings, an important area for fire safety in the textile industry, is of great importance to prevent potential fire threats in daily life. Organic polymeric materials are popular in clothing, home decoration, and emerging fields like tents, aviation, and emergency medicine due to their affordability, breathability, and comfort. Due to their high flammability, the majority of these materials produce substantial amounts of smoke and toxic gases when they burn, resulting in considerable damage to human life and property each year. Therefore, it is important to develop high-performance flame retardant technologies. In addition, the interest in bio-based flame retardant coatings is increasing due to the resulting environmental pollution. Developing surface coatings with superhydrophobic and flame retardant properties is essential to meet the rising demand for pollution prevention. Superhydrophobic polymer coatings attract attention with their water repellency properties and flame retardant performance. However, the impact of application techniques of these coatings on the flame retardant performance is still unclear. In this study, the development and application of the most commonly used traditional flame retardant methods are briefly summarized. In addition, different application techniques such as spray coating, dipping method, electrostatic coating were reviewed and their effects on flame retardant performance were examined.

Keywords: Superhydrophobic, Flame Retardant Materials, Polymer, Surface Coating, Textile

1.GİRİŞ ve AMAÇ

Düşük maliyetleri, iyi nefes alabilirlikleri, konforları ve mükemmel tekstil özellikleri, kumaşlar için geniş bir uygulama alanı sağlamaktadır (Deng et al., 2023), (Fang et al., 2024). Buna rağmen kumaşların tutuşması kolaydır ve yüksek düzeydeki hidrokarbon segmentleri nedeniyle yangın tehlikelerine neden olabilir (Qi et al., 2023). Yanıcı kumaşların varlığı, dünya çapında yalnızca insan mallarına ve yaşamlarına büyük zarar vermekle kalmayıp, aynı zamanda çevreye de ciddi zararlar vermektedir (Guo et al., 2020). Bu nedenle, daha sıkı yangın güvenliği düzenlemelerine yönelik artan eğilimle birlikte, yangın tehlikesinin azaltılmasına yönelik talepler son yıllarda önem kazanmıştır.

Bu kapsamda, yapılan çalışmalardan en bilineni alev geciktirici katkı maddelerinin kullanımınıdır. Alev geciktirici özellik kazandırmak için kullanılan yöntemler şunlardır (Yiğit, 2022):

Fosfor içeren alev geciktiriciler: Yanma sırasında koruyucu bir kömür tabakası oluşturarak alev geciktirme sağlarlar.

Azot içeren alev geciktirici katkıları: Azotun sinerjik etkisiyle fosforla birlikte kullanıldığında alev geciktirme özelliğini artırabilirler.

Hidroksit içeren inorganik katkı maddeleri: Alev geciktirme yeteneğine sahip olabilirler ve sıklıkla yapı malzemelerinde kullanılırlar.

Bununla birlikte, fosfor içeren kimyasalların kullanımı çevresel riskler taşıyabilir. Fosfor esaslı bileşiklerin üretimi ve kullanımı su kaynaklarına, topraklara ve ekosistemlere zarar verebilir (Van der Veen and De Boer, 2012),7]. Azot içeren alev geciktirici katkıların kullanımı ise suyun aşırı besin maddeleri ile zenginleştirilebilir ve sucul bitkilerin aşırı büyümesine sebebiyet vererek suyun altındaki oksijen miktarını azaltabilir. Bu da su altı yaşamı olumsuz etkileyebilir (Van der Veen and De Boer, 2012),7]. Hidroksitler genellikle çevre dostu olarak kabul edilir, çünkü çoğunlukla doğal kaynaklardan elde edilirler ve çevre üzerinde doğrudan zararlı etkilere sahip olma eğiliminde değildirler. Ancak, hidroksitlerin üretimi ve işlenmesi bazı çevresel etkilere yol açabilir.

Alev geciktirici özellik kazandırmada polimerlerin kullanımı da oldukça yaygındır. Polimerler, alev geciktirici katkı maddeleri ile birleştirilerek veya kendiliğinden alev geciktirici özelliklere sahip olarak tasarlanabilirler (Yiğit, 2022). Bu polimerler, yangın sırasında alevin yayılmasını önlemek veya geciktirmek için kullanılırlar.

Daha umut verici bir yöntem ise alev geciktirici kaplamalara hidrofobiklik kazandırmaktır. Süperhidrofobik kaplamalar, tekstillerin alev geciktirici özelliklerinin artırılması için umut verici bir yol olarak ortaya çıkmıştır. Süperhidrofobik kaplamalar, yüksek temas açıları (>150 derece) ve düşük kayma açıları (<10 derece) ile dikkat çeken bir özellik gösterirler. Su iticiliği kazandıran ve alevlere karşı bariyer oluşturan bu kaplamalar, yangından korunmada ikili fayda sağlar (Lin et al., 2019). Süperhidrofobik polimer kaplamaların tekstillerin yangına dayanıklılığını artırma konusundaki etkileri Tablo 1’de özetlenmiştir:

Tablo 1. Süperhidrofobik polimer kaplamaların alev geciktirici uygulamalardaki etkisi

Bariyer Etkisi	<ul style="list-style-type: none">Tekstil yüzeyinde fiziksel bir bariyer oluşturarak alevlerin nüfuzunu engeller ve tutuşma olasılığını azaltır,Suyu ve diğer sıvıları iterek, tekstilin yangının yayılmasını artıracak doymuş hale gelmesini önler.
Azaltılmış Isı Transferi	<ul style="list-style-type: none">Tekstil alt katmanına ısı transferini de azaltabilir,Kaplama ile kumaş arasında bir hava tabakası oluşturarak ısı yalıtkanları görevi görürler ve ısının alevlerden alttaki malzemeye transferini yavaşlatırlar,Bu özellik tutuşmayı geciktirmeye ve yangının yayılmasını sınırlamaya yardımcı olur.

Geliştirilmiş Kendiliğinden Sönme Özellikleri	<ul style="list-style-type: none"> Bazı süperhidrofobik kaplamalar alev geciktirici katkı maddeleri içerir veya kendi kendine sönme davranışını teşvik edecek şekilde formüle edilir. Alevlerin varlığında bu kaplamalar, yanmayı baskılayan, yangını etkili bir şekilde söndüren veya ilerlemesini yavaşlatan gazlar veya kömür oluşturan bileşikler açığa çıkarır.
Dayanıklılık	<ul style="list-style-type: none"> Süperhidrofobik polimer kaplamalar, tekstillerin yangına maruz kalma durumunda dayanıklılığını artırabilir. Bozulmaya karşı dirençli koruyucu bir tabaka oluşturarak kumaş yapısının bütünlüğünün korunmasına ve tutuşma ve alev yayılmasına karşı direncinin uzatılmasına yardımcı olurlar.
Çok yönlülük	<ul style="list-style-type: none"> Bu kaplamalar, doğal elyaflar (ör. Pamuk, yün) ve sentetik elyaflar (ör. Polyester, naylon) dâhil olmak üzere çok çeşitli tekstil yüzeylerine uygulanabilir. Bu çok yönlülük, onları koruyucu giysiler, döşemeler ve yangına dayanıklılığın kritik olduğu otomotiv iç mekânları gibi çeşitli uygulamalar için uygun hale getirir.

Polimerlerin kullanımı, çevreye olan etkilerin azaltılması ve sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Liu et al., 2022). Araştırmacılar, çevre dostu alev geciktirici malzemelerin geliştirilmesi ve kullanılması için sürekli olarak yeni yöntemler araştırmaktadırlar. Uygulama tekniğinin seçimi, süperhidrofobik polimer kaplamaların tekstillere alev geciktiricilik kazandırmadaki etkinliğinin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu araştırma, tekstil yüzeylerinde süperhidrofobik polimer kaplamaların alev geciktirici performansını belirlemeyi ve bu performansı etkileyen uygulama tekniklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

1.1.Süperhidrofobik Polimer Kaplamalarda Kullanılan Geleneksel Yöntemler

Süperhidrofobik performans elde etmek için iki belirleyici faktör, düşük yüzey enerjisi ve uygun mikro-nano dokuya sahip pürüzlü yüzeylerdir (Lin et al., 2019). Bu yüzeylerin oluşturulması için dağlama, sol-jel, elektrospinleme, hidrotermal sentez, katman katman biriktirme gibi birçok yöntem geliştirilmiştir (Lin et al., 2019).

Süperhidrofobik polimer kaplamaların tekstil üzerindeki alev geciktirici performansını en üst düzeye çıkarmak için uygulama tekniğini optimize etmek önemlidir. Kaplama kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü ve tekstil alt katmanına yapışma gibi faktörler dikkatle dikkate alınmalıdır. Uygulama tekniğinin seçimi, süperhidrofobik polimer kaplamaların tekstillere alev geciktiricilik kazandırmadaki etkinliğinin belirlenmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Yaygın uygulama yöntemleri arasında püskürtme, daldırma ve döndürerek kaplama yer alır. Her teknik, kaplanmış tekstilin nihai özelliklerini etkileyen benzersiz avantajlar ve zorluklar sunmaktadır. Tablo 2’de süperhidrofobik polimer kaplamalarda kullanılan geleneksel yöntemler özetlenmiştir (Wen and Guo., 2016), (Xie et al., 2019), (Yang et al., 2023), (He et al., 2023):

Tablo 2. Tekstillere alev geciktiricilik kazandırmada süperhidrofobik polimer kaplama yöntemleri

Püskürtme (Spraying):	<ul style="list-style-type: none"> Sprey kaplama, süperhidrofobik kaplamaların tekstil yüzeylerine uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Püskürtme yönteminde, polimer çözeltisi püskürtme cihazı kullanılarak tekstil yüzeyine uygulanır.
-----------------------	---

	<ul style="list-style-type: none">• Geniş alanların kaplanmasında ve eşit kaplama elde edilmesinde çok yönlülük sunar.• Ancak kaplamanın kalınlığı ve homojenliği alev geciktirici performansını etkileyerek kontrol edilmesi zor olabilir.
Daldırma (Dipping):	<ul style="list-style-type: none">• Bu yöntemde, tekstil yüzeyi bir polimer çözeltisine batırılır ve ardından çözeltiden çıkarılır.• Çıkarma işleminden sonra, fazla çözelti yüzeyden akar ve kuruma işlemine bırakılır.• Daldırma yöntemi, tekstil yüzeyinin tamamen kaplanmasını sağlar ve genellikle homojen bir kaplama kalınlığı elde edilir.• Bununla birlikte, kurutma işleminin kontrol edilmesi ve daldırma sırasında polimer parçacıklarının topaklaşmasının önlenmesi, alev geciktiriciliğin optimize edilmesi için çok önemli faktörlerdir.
Döndürerek Kaplama (Spin Coating):	<ul style="list-style-type: none">• Döndürerek kaplama, polimer çözeltisini tekstil yüzeyi boyunca eşit şekilde yaymak için merkezkaç kuvvetinden yararlanır.• Bu teknik, kaplama kalınlığı ve morfolojisi üzerinde hassas kontrol sağlayarak alev geciktirici özelliklerin artmasını sağlar.• Ancak büyük veya düzensiz şekilli tekstillerin kaplanması için uygun olmayabilir.

2. UYGULAMA ile İLGİLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Lin ve arkadaşları, pamuklu kumaş için aynı anda hem alev geciktirici hem de süperhidrofobiklik sağlayan çift işlevli bir kaplama oluşturmaya yönelik yenilikçi bir yöntemi açıklamaktadır. Yaklaşım, pamuklu kumaşın tetraetoksisilan (TEOS), hidroksil-sonlu polidimetilsiloksan (HPDMS) ve amonyum polifosfat (APP) içeren bir etanol süspansiyonuna daldırılmadan önce O₂ plazması ile muamele edildiği tek kaptaki bir sol-jel reaksiyonunu içerir. Bu çalışmanın sonucunda alev geciktirici katkı maddeleri ile işlenen pamuklu kumaşların suyla temas açısı 160°'nin üzerindedir. Kazandıkları bu özellik sayesinde olağanüstü dayanıklılık ve kendi kendini temizleme yeteneği göstermişlerdir. Alev geciktirici özellikleri ölçmek için mikro ölçekli yanma kalorimetrisi (MCC) ve dikey alev testi yapılmıştır. Bu testlere maruz kaldığında, hızla koruyucu bir bariyer görevi görerek kalın bir tabaka oluşturmuştur ve ayrıca yanıcı olmayan gazlar salarak yangını söndürmek için katkıda bulunmuştur. Yöntem, basitliği, maliyet etkinliği ve düşük toksisitesiyle çok işlevli alev geciktirici kaplamaların üretiminde umut verici bir yaklaşım sunmaktadır (Lin et al., 2019).

Yang ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, yeşil ve çevre dostu bir yöntem geliştirmişler ve pamuklu kumaş yüzeyini alev geciktirici modifikasyon için biyokütle tanen (TA) ve fitik asit (PA) ile kaplamak için LBL yöntemini kullanmışlardır. Ardından hidrofobik özellikler için tek katmanlı polidimetilsiloksan (PDMS) ile birleştirmişlerdir. Modifiye edilmiş kumaşlar, kendi kendine söndürme özellikleri ve karbon katmanları göstererek önemli bir gelişme sergilemişlerdir. Ayrıca, modifiye edilmiş kumaşlar, toplam ısı ve duman salınımında önemli azalmalar sağlamıştır. PDMS, kumaşlara belirli bir hidrofobik özellik (106°) kazandırmıştır (Yang et al., 2023).

He ve arkadaşları, florlu PDMS, silikon kauçuk ve amonyum polifosfatın (APP) birleşimiyle elde edilen bir kaplama yöntemi kullanmışlardır. PET kumaşların yüzeyine püskürtme yöntemiyle uygulanan bu kaplamalar, yüksek süperhidrofobiklik, kendi kendini temizleme yeteneği ve mükemmel alev geciktirici performans sağlamıştır. Dikey yanma testleri, kaplanmış kumaşların alev geciktirici özelliklerinin belirgin bir şekilde geliştiğini göstermiştir (He et al., 2023).

Guo ve arkadaşları, iki aşamalı bir püskürtme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen alev geciktirici ve süperhidrofobik bir kaplama geliştirmişlerdir. Bu kaplama işlemi, ilk aşamada alkilamonyum

fonksiyonel silseskioksan (A-POSS)/fitik asit (PA) kompleksinden oluşan alev geciktirici bir katman ve ikinci aşamada hiyerarşik yapıdaki titanyum oksit@polidimetilsiloksan ($TiO_2@PDMS$) bileşenlerinden oluşan süperhidrofobik bir katman içerir. Kaplama bileşenlerinin kumaşın alev geciktirme, termal ve ıslatma özellikleri üzerindeki etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Bunun sonucunda, yanıcılık testlerinde yapılan ölçümlerde saf pamuklu kumaşlara göre önemli ölçüde iyileşme gösterdiği görülmüştür. Kaplanan kumaşlar, dikey yanma testlerinde kendi kendine sönmeye davranışı sergilemişlerdir. Süperhidrofobik yüzeyi sayesinde kendi kendini temizleme yeteneği gösteren kaplanmış kumaşlar, su-yağ ayrımı testlerinde de etkili bir performans sergilemiştir. Ayrıca, kaplanmış kumaşlar süper aşınma direnci ve yıkama dayanıklılığı açısından da başarılı sonuçlar vermiştir (Guo et al., 2020).

Zheng ve arkadaşları, yaptıkları bir çalışmada, çevre dostu ve sürdürülebilir fonksiyonel tekstillerin geliştirilmesi amacıyla doğal kahverengi deniz yosunundan elde edilen aljinat liflerini kullanmışlardır. Bu lifler, tipik olarak kalsiyum aljinat gibi, mükemmel içsel alev geciktiriciliğe, biyo uyumluluğa ve hidrofiliğe sahiptir. Ancak, su emiliminin neden olduğu deformasyon sorununu çözmek için, süperhidrofobik aljinat kumaşları, heksadesiltrimetoksisilan (HDTMS) alkol içinde tek adımlı bir daldırma kaplama işlemiyle hazırlanmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen kumaşlar, mükemmel su iticiliği göstererek suya karşı yüksek direnç kazanmıştır. Ayrıca, kalsiyum aljinatın doğal alev geciktirici özellikleri sayesinde, işlenmiş aljinat kumaşlar olağanüstü bir yangına dayanıklılık sergilemiştir. Özellikle, işlenmiş kumaşlardan yapılan dekoratif bir çiçek, su direnci ve alev geciktiricilik özellikleriyle dikkat çekmiş ve aljinat tekstilin çevre dostu alev geciktirici fonksiyonel tekstiller alanındaki uygulama potansiyelini artırmıştır (Zheng et al., 2021).

3. SONUÇ

Günlük yaşamda tekstil ve polimer malzemelerin ev eşyaları olarak yaygın olarak kullanılması, daha güvenli ürünlerin geliştirilmesini gerektirir. Bu nedenle, araştırmacılar farklı yöntemler kullanarak alev geciktirici kaplamaların pratikliğini artırmak için çaba göstermektedir. Son araştırmalar, yüksek toksisiteye sahip halojen bazlı veya düşük performanslı geleneksel alev geciktirici maddelerin yerine yeni ve biyo bazlı malzemelerin kullanılmasını önermektedir. Enerji tasarrufu ve çevre güvenliği açısından çevre dostu ve yenilenebilir biyolojik malzemeler, geleneksel alev geciktiricilere iyi bir alternatiftir. Tekstil ve polimerlerin sıkça aşınma ve yıpranmaya maruz kaldığı düşünüldüğünde, kaplamanın dayanıklılığının çalışma koşulları altında değerlendirilmesi gereken önemli bir araştırma alanıdır.

Yangın riskinin yüksek olduğu endüstrilerde kullanılan tekstil ürünlerine süperhidrofobik kaplamaların uygulanması, sayısız avantaj sunarak güvenlik ve işlevselliğin artırılmasında onları vazgeçilmez kılmaktadır. Petrol rafinerileri ve petrokimya tesisleri gibi yanıcı sıvı ve gazların bulunduğu ortamlarda, koruyucu giysi ve ekipmanlarda süperhidrofobik polimer kaplamaların kullanılması yangınla ilgili kaza riskini azaltabilir. Askeri personel, itfaiyeciler ve acil müdahale ekipleri tarafından giyilen koruyucu giysiler, kritik operasyonlar sırasında alev direncini ve genel güvenliği artırmak için süperhidrofobik kaplamalardan yararlanabilir.

Bu araştırma, tekstil yüzeylerinde süperhidrofobik polimer kaplamaların alev geciktirici performansını belirlemeyi ve bu performansı etkileyen uygulama tekniklerini değerlendirmeyi incelemiştir. Süperhidrofobik polimer kaplamaların tekstil yüzeyleri üzerindeki alev geciktirici performansının incelenmesinde uygulama tekniklerinin etkisi, yangın güvenliği açısından önemli etkilere sahip olabilir. Püskürtme ve daldırma gibi uygulama teknikleri, kaplamanın alevlere karşı koruyucu bir bariyer oluşturma ve tutuşmayı ve yayılmayı önleme yeteneğini etkileyebilecek farklı kaplama kalınlıklarına neden olabilir. Fırçalama ve döndürerek kaplama gibi teknikler, püskürtme ve daldırmaya kıyasla kaplamanın düzgünlüğü üzerinde daha iyi kontrol sağlar. Eşit olmayan kaplama kalınlığı, olası yangına karşı hassas alanlara neden olabilir. Farklı uygulama tekniklerinin alev geciktirici performansı üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek ve doğru değerlendirme için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

Deng, S., Wang, F., Wang, M., Wu, N., Cui, H., & Wu, Y. (2023). Integrating multifunctional highly efficient flame-retardant coatings with superhydrophobicity, antibacterial property on cotton

- fabric. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253(P4), 127022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127022>
- Fang, Y., Chen, L., Liu, J., & Wu, L. (2024). Multi-functionalization of cotton fabrics with excellent flame retardant, antibacterial and superhydrophobic properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254(P2), 127889. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127889>
- Qi, P., Chen, F., Li, Y., Li, H., Gu, X., Sun, J., & Zhang, S. (2023). A Review of Durable Flame-Retardant Fabrics by Finishing: Fabrication Strategies and Challenges. In *Advanced Fiber Materials* (Vol. 5, Issue 3). Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/s42765-023-00255-x>
- Guo, W., Wang, X., Huang, J., Zhou, Y., Cai, W., Wang, J., Song, L., & Hu, Y. (2020). Construction of durable flame-retardant and robust superhydrophobic coatings on cotton fabrics for water-oil separation application. *Chemical Engineering Journal*, 398(February), 125661. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125661>
- Yiğit, N. Ç. (2022). Alev geciktirici polimerlerin sentezine yönelik güncel yaklaşımlar. *Journal of Innovative Engineering and Natural Science*, 2(2), 95–113. <https://doi.org/10.29228/jiens.63353>
- Van der Veen, I., & de Boer, J. (2012). Phosphorus flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis. *Chemosphere*, 88(10), 1119–1153. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.067>
- Nitrogen , Phosphorus , and Eutrophication in the Coastal Marine Environment Author (s): John H . Ryther and William M . Dunstan Published by : American Association for the Advancement of Science Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1731314> (2016). 171(3975), 1008–1013.
- Lin, D., Zeng, X., Li, H., Lai, X., & Wu, T. (2019). One-pot fabrication of superhydrophobic and flame-retardant coatings on cotton fabrics via sol-gel reaction. *Journal of Colloid and Interface Science*, 533, 198–206. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.08.060>
- Li, D. W., Wang, H. Y., Liu, Y., Wei, D. S., and Zhao, Z. X. (2019). Large-scale fabrication of durable and robust super-hydrophobic spray coatings with excellent repairable and anti-corrosion performance. *Chemical Engineering Journal*, 367, 169–179
- Wen, Q., and Guo, Z. (2016). Recent Advances in the Fabrication of Superhydrophobic Surfaces. *Chemistry Letters*, 45(10), 1134–1149.
- Xie, J., Yang, Y., Gao, B., Wan, Y., Li, Y. C., Cheng, D., Xiao, T., Li, K., Fu, Y., Xu, J., Zhao, Q., Zhang, Y., Tang, Y., Yao, Y., Wang, Z., and Liu, L. (2019). Magnetic-Sensitive Nanoparticle Self-Assembled Superhydrophobic Biopolymer-Coated Slow-Release Fertilizer: Fabrication, Enhanced Performance, and Mechanism. *ACS Nano*, 13(3), 3320–3333.
- Yang, M., Yang, Y., Shi, J., & Rao, W. (2023). Fabrication of eco-friendly flame-retardant and hydrophobic coating for cotton fabric. *Cellulose*, 30(5), 3267–3280. <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05051-9>
- He, Q., Wang, J., Wang, G., Hao, X., & Li, A. (2023). Construction of a durable superhydrophobic flame-retardant coating on the PET fabrics. *Materials and Design*, 233(June), 112258. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112258>
- Chen, S., Li, X., Li, Y., & Sun, J. (2015). Intumescent flame-retardant and self-Healing superhydrophobic coatings on cotton fabric. *ACS Nano*, 9(4), 4070–4076. <https://doi.org/10.1021/acs.nano.5b00121>
- Liu, B. W., Zhao, H. B., & Wang, Y. Z. (2022). Advanced Flame-Retardant Methods for Polymeric Materials. *Advanced Materials*, 34(46), 1–36. <https://doi.org/10.1002/adma.202107905>
- Zheng, C., Sun, Y., Cui, Y., Yang, W., Lu, Z., Shen, S., Xia, Y., & Xiong, Z. (2021). Superhydrophobic and flame-retardant alginate fabrics prepared through a one-step dip-coating surface-treatment. *Cellulose*, 28(9), 5973–5984. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03890-y>

Makale id= 49

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6933-9657

| 152

Karayolu Tehlikeli Madde Taşımacılığı Kazaları İçin Kantitatif Risk Analizi Metodolojisinin GeliştirilmesiAraştırmacı Ahmet Durmuş¹, Prof.Dr. Saliha Çetinyokuş¹¹ Gazi Üniversitesi

*Corresponding author: Ahmet Durmuş

Özet: Tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınması, trafik yoğunluğu, teknik unsurlar, insan hataları, yasal düzenlemelere uyulmama vb. nedenlerle riskleri artırmaktadır. Bu kazalar, insan sağlığına ve çevreye zarar veren tehlikeli gazların veya sıvıların kontrolsüz bir şekilde salımına neden olmakta; ciddi can, mal ve çevre kayıpları meydana getirmektedir. Karayolu tehlikeli madde taşımacılığı kazalarına yönelik risk analizi çalışmaları önemlidir. Bu çalışmada, ilgili kazalar için kaza senaryolarının sonuçlarını belirlemede matematiksel modellerin uygulanmasına ve belirli bir alanda ortaya çıkan riski tahmin etmede karşılık gelen frekansların kullanımına dayanan QRA (Kantitatif Risk Analizi) amaçlanmıştır. Bu amaçla, veri analizi, kaza senaryosu belirleme ve frekans tahmini, kaza etki modellemesi ve risk haritalarına dayanan bir metodoloji önerisi getirilmiştir. Önce, 2020-2021 yılları arasında ülkemizde meydana gelen tehlikeli madde taşımacılığı kazaları analiz edilmiş; lokasyon, atmosferik koşullar, bütünlük kaybı türü ve kazalara dahil olan tehlikeli madde türleri ile araçları değerlendirilmiştir. Ardından, tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının en sık yaşandığı il ve güzergâh belirlenmiştir. Olay ağacı analizleri ile muhtemel kaza senaryoları oluşturulmuş, kaza frekansları hesaplanmıştır. Senaryo edilen kazaların etki modellemesi ise ALOHA Yazılımı ve ilgili korelasyonlar kullanılarak yapılmıştır. Her bir kaza senaryosu için önce bireysel riskler hesaplanmış, ardından sosyal risk elde edilmiştir. Her kaza senaryosunda ölümlü sayısı(N), ölüm sayısı ile ilişkili frekans(f) tahmin edilmiştir. f-N eğrileri esas alınarak çevre unsurlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kantitatif Risk Analizi (Qra), Tehlikeli Madde Taşımacılığı, Endüstriyel Kaza.

Development of Quantitative Risk Analysis Methodology for Road Dangerous Goods Transportation Accidents

Abstract: Transportation of dangerous goods by road increases risks due to reasons such as traffic intensity, technical factors, human errors, non-compliance with legal regulations, etc. These accidents cause the uncontrolled release of hazardous gases or liquids that harm human health and the environment; It causes serious loss of life, property and environment. Risk analysis for road dangerous goods transportation accidents are important. In this study, QRA (Quantitative Risk Analysis) is aimed, which is based on the application of mathematical models in determining the consequences of accident scenarios for relevant accidents and the use of corresponding frequencies in estimating the risk arising in a particular area. For this purpose, a methodology proposal based on data analysis, accident scenario determination and frequency estimation, accident impact modeling and risk maps has been proposed. First, the dangerous goods transportation accidents that occurred in our country between 2020-2021 were analyzed; Location, atmospheric conditions, loss of containment, and types of hazardous materials and vehicles involved in the accidents were evaluated. Then, the province and route where dangerous goods transportation accidents occur most frequently were determined. Possible accident scenarios were created with Event Tree Analysis(ETA) and accident frequencies were calculated. Impact modeling of the scenario accidents was done using ALOHA Software and related correlations. For each accident scenario, individual risks were first calculated and then social risks were obtained. In each accident scenario, the number

of deaths (N) and the frequency associated with the number of deaths (f) were estimated. Environmental elements were evaluated based on f - N curves.

Keywords: Quantitative Risk Analysis (Qra), Dangerous Goods Transportation, Industrial Accident.

GİRİŞ

Ülkemizde yük taşımacılığında en fazla tercih edilen ulaşım türü karayolu olup, 2020 yılı itibarıyla yurtiçi yük taşımacılığının 93,6'sı karayolu ile yapılmış ve karayolları ile 2020 yılında yapılan yük taşımacılığı 273 milyar ton-km'ye ulaşmıştır [1, 2]. Bu hesaplamanın içerisinde tehlikeli madde olarak tabir edilen ürünler de bulunmakta olup miktarı bilinmemektedir. Ülkemizde her yıl 1 Milyon civarında trafik kazası olmaktadır ve 2020 yılında 150000 civarında kaza ölümle veya yaralanmaya sonuçlanmıştır [3]. Ancak, tehlike madde taşıyan araçların kaza sayılarına etkileri bilinmemektedir. Benzer şekilde, trafik kaza istatistiklerine [1-3] bakıldığında kazaya dahil taşınan tehlikeli maddelerin neden olduğu patlama, yangın ve toksik yayılım fiziksel veya kimyasal olayların envanterinin oluşturulmadığı görülmüştür. Tehlikeli maddelerin karayolu ile taşınması esnasında nüfusun yoğun olduğu bölgelerden geçişlerde, trafik yoğunluğunun, araçların teknik durumunun, sürücülerin hataları ya da bilgisizliğinin ve yasal düzenlemelere uyulmamasının ulaşım sektöründe olası aksaklıklara yol açabilecek etkenler olduğu ve tehlike seviyesini artırdığı belirlenmiştir [5,6]. Tehlikeli madde taşımacılığı kazaları, insan sağlığına ve çevreye zarar veren tehlikeli gazların veya sıvıların kontrolsüz bir şekilde salınmasına neden olabilmektedir [5,7-8].

Tehlikeli madde taşımacılığında risk değerlendirmesi için kullanılan farklı risk tanımlamaları mevcuttur. Bu tanımlamalardan bazıları olay olasılıklarını ya da olayların sonuçlarını dikkate alırken, bazıları etki alanı içindeki insanların sayısını dikkate almaktadır. Tehlikeli madde taşımacılığı sırasında meydana gelebilecek potansiyel otuz beş risk faktörü, insan faktörü, şirket faktörü, malzeme ve ambalajlama, aracın durumu, çevre ve trafik faktörü olmak üzere beş ana faktör altında sınıflandırılmıştır [9]. Yarı kantitatif risk analizi yönteminin uygulanması ile tehlikeli maddelerin karayolunda taşınması sırasında operasyonel risklerin seviyelerine göre kabul edilebilir, tolere edilebilir ve kabul edilemez ayrımı yapılabilmektedir [10]. Gerçek zamanlı veriler (trafik akışları, meteorolojik koşullar, vb.) kullanılarak yapılan bir risk analizi çalışmasında, topluma ve taşımacılıkta görev alan personele daha yüksek düzeyde güvenlik sağlayabilecek ilgili bir ön araç geliştirilmesi amaçlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemi (GPS) ile bağlantılı bir çevrimiçi platform aracılığıyla, gerçek zamanlı veri toplama ve gerçek zamanlı risk değerlendirmesi ile bir risk yönetimi sürecinin tamamen dijitalleştirilmesi sağlanmıştır. Seçilen iki güzergah için tüm kritik parametreler dikkate alınarak risk analizi yapılmıştır. Yıllık istatistiksel veriler ve "simüle edilmiş" gerçek zamanlı veriler üzerinden QRA gerçekleştirilmiştir [11]. Şanghay'daki tehlikeli madde taşımacılığı ile ilgili verilerle, olası kaza senaryoları, kaza süresi, rüzgâr hızı, kazaya karışan araç sayısı, sızıntı deliği boyutu, tehlikeli madde kamyon sürücüsünün etkisiz hale getirdiği yaralanma/ölüm ve zehirli gaza maruz kalma süresi dahil olmak üzere altı ara olaydan oluşan bir olay ağacı tanımlanarak Kantitatif Risk Değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca, kaza etkilerinin modellenmesinde ALOHA yazılımı kullanılmıştır [12].

Bu çalışmada, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2020 ve 2021 yıllarındaki tehlike madde taşımacılığı faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişilerce bildirilen faaliyet raporları, U-ETDS verileri ile 2015-2021 yılları arasındaki kaza veya olay bilgileri analiz edilmiş, QRA'e girdiler sağlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

2.1 Karayolu Tehlikeli Madde Taşımacılığı Kazalarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Karayolu ile tehlikeli madde taşınmasına ilişkin faaliyet gösteren gerçek veya tüzel kişiler ile bu kişilere ait araçlar ve tehlikeli madde taşınması esnasında yaşanan kaza ve olaylara ait bilgiler sadece Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında bulunmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında temin edilen 2020 ve 2021 yıllarındaki U-ETDS ve 2015-2021 yılları arasındaki kaza veya olay bilgileri analiz edilmiştir.

2.2 Pilot Uygulama Alanı Seçimi ve Kaza Senaryo Girdilerinin Belirlenmesi

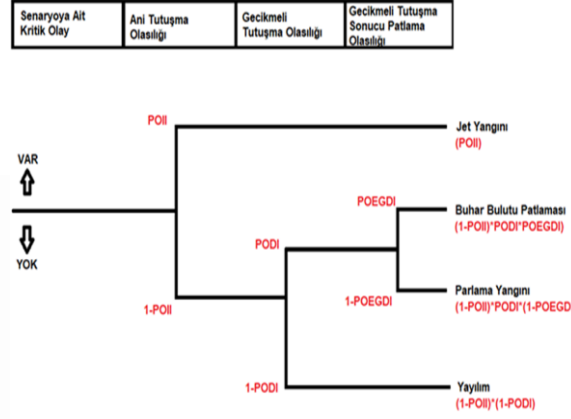
İstatistiksel değerlendirme sonucunda, tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının en sık yaşandığı il ve güzergâh belirlenmiştir. Geçmiş kaza verilerinden yararlanılarak ilgili tehlikeli kimyasal türleri, atmosferik koşullar ve bütünlük kayıpları üzerinden kaza senaryoları oluşturulmuştur.

2.3 Kantitatif Risk Analizi

Kaza Senaryosu Belirleme, Frekans Tahmini ve Olay Ağaçları

Çalışmada temel alınan örnek olay ağacı Şekil 1’de verilmiştir.

| 154



Şekil 1. Örnek olay ağacı [15]

Olay ağacı analizinde değerlendirilen parlayıcı veya patlayıcı gazların / sıvıların kontrolsüz bir şekilde açığa çıktıklarında tutuşma olasılıklarını bulmak üzere bazı hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Hesaplamalar için CCPS tarafından oluşturulan Tutuşma Olasılığı Hesaplama Modülü kullanılmıştır. Örnek Olay Ağacı Analizi’nde kullanılacak olan olasılıklar aşağıdaki şekilde tanımlanır [16]:

- Ani Tutuşma Olasılığı (Probability of Immediate Ignition – POII),
- Gecikmeli Tutuşma Olasılığı (Probability of Delayed Ignition – PODI),
- Gecikmeli Tutuşma Sonucu Patlama Olasılığı (Probability of Explosion Delayed Ignition – POEGDI)

Kaza senaryosunu başlatan başlatıcı olay frekansı aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Başlatıcı olay frekansı}(f_t) = \frac{\text{kaza sayısı}}{\text{yıl} \times \text{toplam hat uzunluğu}} \times \text{segment uzunluğu} \times \text{operasyon süresi ve sayısı} \quad (1)$$

$$\text{operasyon süresi ve sayısı} = \frac{\text{sefer sayısı} \times \text{sefer süresi}}{365\text{gün} \times 24\text{saat}} \quad (2)$$

Kaza frekansı ise Eş. 3 ‘ e göre hesaplanmıştır.

$$f = f_t \times P \times P_b \quad (3)$$

f: Kaza senaryosu frekansı (yıl⁻¹)

f_t: Başlatıcı olay frekansı (yıl⁻¹)

P: Kaza Olasılığı

P_b : Operatör müdahalesine dayalı bariyer olasılığı

Etki alanları içerisinde %100($P=1,0$) ölümcül etkiler dikkate alınmıştır.

Kaza Etkilerinin Belirlenmesi

Senaryo edilen kazaların etki modellenmesi, ALOHA Yazılımı ve ilgili korelasyonlar kullanılarak belirlenmiştir. İlgili konum seçildikten sonra, kimyasal, atmosferik seçimler ve kaynak seçimine bağlı parametre girişleri yazılıma sağlanarak tehlike alanları elde edilmiştir. ALOHA veri tabanında yer almayan kimyasallar için etki alanları ise korelasyonlar üzerinden belirlenmiştir.

Bireysel ve Sosyal Risk Haritaları

Her bir kaza senaryosu için bireysel riskler hesaplanmıştır. Belirli bir konumdaki bireysel risk Eş. 4 ile ifade edilmektedir.

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^{i=n} IR_{x,y,i} \quad (4)$$

$IR_{x,y,i}$: kaza senaryosu i kapsamında x, y coğrafi konumunda bireysel ölüm riskidir (yıl^{-1} başına ölüm olasılığı), n : analizde dikkate alınan toplam kaza senaryosu sayısıdır.)

$$IR_{x,y,i} = f_i \times P_{Fi} \quad (5)$$

f_i : kaza senaryosu i 'nin (yıl^{-1}) sıklığıdır. P_{Fi} : kaza senaryosu i 'nin x, y konumunda bir ölümlerle sonuçlanma olasılığıdır. P_{Fi} değeri, kaza etki ve zarar görümlülük modelleri uygulanarak elde edilir.

$$f_i = f_{\text{olay } i} \times P_{\text{sonuç } i} \quad (6)$$

$f_{\text{olay } i}$, olayın veya başlatan olayın meydana gelme sıklığıdır (yıl^{-1}) ve $P_{\text{sonuç } i}$, i kaza senaryosuna yol açan olaylar dizisinin genel olasılığıdır.

Büyük kazalar, çok sayıda insanın yoğunlaştığı alanları etkileyebilir. Bu durumlarda sosyal risk, bir grup insana yönelik riski ölçmek için kullanılır. Sosyal risk, yıl^{-1} olarak ölçülen, her yıl beklenen kazazedeler sayısıdır. Belirli bir alan için demografik veriler kullanılarak hesaplanır (Eş. 7).

$$\text{Sosyal Risk} = \int \text{Bireysel Risk} \times [\text{Nüfus yoğunluğu}(x, y)] dx. dy \quad (7)$$

Sosyal risk, f - N eğrileri ile gösterilir. Her kaza senaryosunda ölümlü N_i sayısı, ölüm sayısı ile ilişkili frekans tahmin edilir. f - N eğrileri esas alınarak çevre unsurlar değerlendirilir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Karayolu Tehlikeli Madde Taşımacılığı Kazalarının İstatistiksel Değerlendirmesi

2020 ve 2021 yıllarındaki Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığında temin edilen U-ETDS'nde yer alan verilere göre toplam 1.181.136 adet tehlikeli madde taşıması yapılmıştır. Çizelge 1'de tehlikeli madde taşımacılığının en çok yapıldığı güzergâhlar, bu güzergâhların başlangıç noktaları olan iller ve ilçeler Çizelge 2'de, taşımacılıkta kullanılan araç türleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. Tehlikeli Madde Taşımacılığının En Çok Yapıldığı Güzergâhlar

Sıra	Yükleme il	Yükleme ilçe	Boşaltma il	Boşaltma ilçe	Taşıma adedi
1	İZMİR	ALİAĞA	ÇANAKKALE	BİGA	19968
2	İZMİR	ALİAĞA	ANKARA	ÇANKAYA	18092
3	HATAY	DÖRTYOL	ANKARA	ÇANKAYA	16444
4	ANKARA	ÇANKAYA	ANKARA	MAMAK	16206
5	İZMİR	ALİAĞA	İZMİR	ALİAĞA	14568
6	KOCAELİ	KÖRFEZ	ANKARA	ÇANKAYA	14000
7	İSTANBUL	KARTAL	İSTANBUL	KARTAL	13231
8	İZMİR	BORNOVA	İZMİR	BORNOVA	12416
9	İZMİR	ALİAĞA	İZMİR	BORNOVA	11485
10	TEKİRDAĞ	MARMARAEREĞLİSİ	ANKARA	ÇANKAYA	10507

Çizelge 2. Bazı İllerden ve İlçelerden Yapılan Taşıma Adetleri

İL	PLAKA	ADET	İLÇE	ADET
İZMİR	35	254813	ALİAĞA	190923
KOCAELİ	41	180454	KÖRFEZ	122461
İSTANBUL	34	106192	MARMARAEREĞLİSİ	74361
ANKARA	6	87180	MERKEZ	64303
TEKİRDAĞ	59	83348	DÖRTYOL	53755
HATAY	31	60990	AKDENİZ	49289
ANTALYA	7	55839	KONYAALTI	35363
MERSİN	33	51225	KAHRAMANKAZAN	35287
KIRIKKALE	71	41090	KARTAL	32847
BURSA	16	21170	BORNOVA	29406

Çizelge 3. Tehlikeli Madde Taşımacılığında Kullanılan Araç Türleri

Araç türü	Adet
Çekici	352273
Kamyon	528626
Kamyonet	103507
Otobüs	6
Özel Amaçlı Taşıt	507
Römork	36
Tanker	183745
Yarı Römork	12436

2918 sayılı Karayolları Trafik Kanununda[4];

- Kamyonet: Azami yüklü ağırlığı 3.500 kilogramı geçmeyen ve yük taşımak için imal edilmiş motorlu taşıttır.
- Kamyon: İzin verilebilen azami yüklü ağırlığı 3 500 Kg'dan fazla olan ve yük taşımak için imal edilmiş motorlu taşıttır.
- Otobüs: Yolcu taşımacılığında kullanılan, sürücüsü dahil dokuzdan fazla oturma yeri olan motorlu taşıttır.
- Çekici: Römork ve yarı römorkları çekmek için imal edilmiş olan ve yük taşımayan motorlu taşıttır.
- Özel amaçlı taşıt: Özel amaçla insan veya eşya taşımak için imal edilmiş olan ve itfaiye, Cankurtaran, cenaze, radyo, sinema, televizyon, kütüphane, araştırma araçları ile bozuk veya hasara uğramış taşıt ve araçları çekmek veya taşımak, kaldırmak gibi özel işlerde kullanılan motorlu araçtır.
- Römork: Motorlu araçla çekilen insan veya yük taşımak için imal edilmiş motorsuz taşıttır.
- Yarı römork: Bir kısmı motorlu taşıt veya araç üzerine oturan, taşıdığı yükün ve kendi ağırlığının bir kısmı motorlu araç tarafından taşınan römorktur.

Tanımları yer almaktadır.

İlgili yıllar arasında toplam 158 adet kaza veya olay olduğu tespit edilmiştir. ADR' nin 1.8.5.3 numaralı maddesinde tehlikeli mal sızıntısında veya ani ürün kaybı riski olduğunda, kişisel yaralanma, mal veya çevre zararı olduğunda veya kurumların olaya dâhil olduğu durumlarda ve bu maddenin devamında yer alan kıstaslardan bir ya da birkaçı olduğunda 1.8.5.1 numaralı madde uyarınca rapora tabi bir vaka oluşmuş sayılacağı belirtilmektedir. Kaza veya olayların yıllara ve aylara göre dağılımı Çizelge 4' te verilmiştir.

Çizelge 4. Kaza Veya Olayların Yıllara Ve Aylara Göre Dağılımı

AY	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Genel Toplam	Yüzde
Ocak		5	5	2	4	5	2	23	14.56%
Şubat			1	1	2	4	1	9	5.70%
Mart		1			2	2	1	6	3.80%
Nisan		2	2		1	3	1	9	5.70%
Mayıs			1		5	3		9	5.70%
Haziran		2	1		5	2		10	6.33%
Temmuz			4		4	4		12	7.59%
Ağustos	1	2			6	4		13	8.23%
Eylül		1	3	2	8			14	8.86%
Ekim	1	2	5	4	3	3		18	11.39%
Kasım	2		1	4	5	1		13	8.23%
Aralık	2	1	2	5	4	8		22	13.92%
Genel Toplam	6	16	25	18	49	39	5	158	100.00%

Bu kaza ve olaylarda 15 kişinin hayatını kaybettiği ve 79 kişinin yaralandığı tespit edilmiştir. En çok Aralık (22 adet) ve Ocak(23 adet) aylarında tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının meydana geldiği görülmüştür.

Muhafaza türlerine bakıldığında tankerlerin (Çizelge 5) kaza veya olaylara(106 adet) sıklıkla dahil olduğu belirlenmiştir. Taşıt cinslerine göre ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına karışan taşıtlar incelendiğinde 2020 yılında toplam 176 tanker kazaya karıştığı görülmüştür[4]. Trafik kazaları ile tehlikeli maddelerin taşınması esnasında yaşanan kaza veya olaylarda tanker taşıt türü ön plana çıkmaktadır. ADR’de Tanker/Sabit tank, bir araca kalıcı olarak eklenmiş veya bir aracın şasisinin gerekli bir parçası olup, 1000 litreden fazla kapasiteye sahip tank olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, "Tanker" sıvı, gaz, toz veya granül maddeleri taşımak için yapılan ve bir veya birden çok tank içeren bir araç olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 5. Muhafaza Yöntemine Göre Kaza veya Olayların Dağılımı

MUHAFAZA YÖNTEMİ	ADET	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
Ambalaj	19	5	21
Araç	5	0	1
Büyük Ambalaj	2	0	0
Büyük Konteyner	1	1	0
IBC	5	0	0
Küçük Konteyner	1	0	1
Portatif Tank	2	0	3
Sökülebilir Tank	5	0	3
Tanker	106	8	46
Tank-Konteyner	6	1	1
Tank-vagonu	1	0	0
Tüplü gaz tankeri	5	0	3
Genel Toplam	158	15	79

ADR’nin 1.8.5.4 numaralı maddesinde tehlikeli malların taşınması sırasında meydana gelecek olaylarda hazırlanacak rapor modeli yer almaktadır. Bu raporda muhafaza yöntemi arıza türleri “Kayıp”, “Yangın”, “Patlama” ve “Yapısal arıza” olarak belirtilmektedir. Muhafaza yöntemi arıza türlerine göre kaza veya olayların dağılımı Çizelge 6’da sunulmuştur.

Çizelge 6. Muhafaza Yöntemi Arıza Türlerine Göre Kaza veya Olayların Dağılımı

MUHAFAZA BOZULMA TÜRÜ	ADET	ÖLÜ SAYISI	YARALI SAYISI
Kayıp	75	5	30
Patlama	4	1	14
Yangın	19	8	7
Yapısal Hata	60	1	28
Genel Toplam	158	15	79

Çizelge 6’ dan en fazla kayıp ve yapısal hata kaynaklı kazaların yaşandığı; en ciddi etkilerin yangın sonucu oluştuğu tespit edilmiştir.

Tehlikeli madde taşımacılığı kazalarının yaşandığı saat aralıkları 7’de, taşınan yüklerin UN No.’larına ve Sınıflarına göre ilk 10 tehlikeli madde türü Çizelge 8’de ve kaza ve olayların yaşandığı ilk 10 il Çizelge 9’da sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 7. Saat Aralığına Göre Kaza Ve Olayların Dağılımı

SAAT ARALIĞI	ADET	YARALI SAYISI	ÖLÜ SAYISI	KAZA YÜZDESİ
0	3	0	0	1.90%
1	7	4	2	4.43%
2	5	3	0	3.16%
3	1	0	0	0.63%
4	4	2	0	2.53%
5	5	2	1	3.16%
6	1	1	0	0.63%
7	9	3	2	5.70%
8	7	3	0	4.43%
9	12	6	0	7.59%
10	14	7	2	8.86%
11	12	8	1	7.59%
12	11	3	1	6.96%
13	8	2	2	5.06%
14	3	1	0	1.90%
15	11	4	0	6.96%
16	7	1	0	4.43%
17	11	2	0	6.96%
18	7	5	1	4.43%
19	1	0	0	0.63%
20	2	0	0	1.27%
21	8	6	1	5.06%
22	3	11	2	1.90%
23	6	5	0	3.80%
Genel Toplam	158	79	15	100.00%

Kaza veya olayların en çok sabah saat 07.00 ile öğlen 12.00 saatleri arasında meydana geldiği görülmüştür. 2020 yılında meydana gelen trafik kazalarından 150 bin 275 ölümlü yaralanmalı kazanın %66,9'u gündüz, %30,4'ü gece ve %2,7'si alacakaranlıkta gerçekleşmiştir [3]. 2021 yılında meydana gelen 187 bin 963 ölümlü yaralanmalı kazanın ise %68,9'u gündüz, %28,4'ü gece ve %2,7'si alacakaranlıkta meydana gelmiştir[13]. Çizelge 7'den 08.00 ile 17:00 zaman aralığında oluşan kazaların oranın %60,76 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç literatür ile uyumludur.

Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelikte “UN numarası” Madde veya parçaların Birleşmiş Milletler örnek düzenlemelerinden alınmış dört basamaklı tanımlama numarası olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 8. Kaza veya Olaylarda Taşınan Yüklerin UN No. Ve Sınıflarına Göre Dağılımı

UN_NO	SINIF	ADET	AÇIKLAMA
1202	3	38	Gaz Yağı veya Dizel Yakıt Veya Isıtma Yağı, Hafif (patlama noktası 60 dereceden daha düşük olan)
1965	2	15	Hidrokarbon gaz karışımı (LPG)
1203	3	10	Benzin
1824	8	10	Sodyum hidroksit çözeltisi
1830	8	10	Sülfürik asit %51 den fazla asit içeren
1972	2	9	Metan, Soğutulmuş Sıvı veya Doğal Gaz, Soğutulmuş Sıvı (LNG)
3082	9	7	Çevre için tehlikeli madde
3257	9	7	Yüksek Sıcaklıkta Sıvı, B.B.B., 100 °C’ de veya üstünde ve parlama noktasının altında (erimiş metaller ve erimiş metal tuzları vb. Dahil), 190°C’ de veya altında sıcaklıkta doldurulmuş
2211	9	5	Polimerik boncuklar,genleşebilir
1005	2	4	Amonyak, susuz

Tankerler ile taşınan tehlikeli maddelerin Akaryakıt, Asit, Amonyak, LPG, CNG, Oksijen, Yağ vb. olduğu görülmüştür.

Çizelge 9. Kaza veya Olayların Olduğu İlk 10 İl

İL	ADET
İZMİR	7
KOCAELİ	5
İSTANBUL	5
BURSA	5
SAKARYA	5
KONYA	4
MANİSA	4
AFYON	3
DÜZCE	3
BİLECİK	3

Hem tehlikeli madde taşımacılığı hem de tehlikeli madde taşımacılığı esnasında yaşanan kaza ve olayların lokasyonlarının İzmir ili sınırları içerisinde yoğunlaştığı ortaya konulmuştur.

3.2 Pilot Uygulama Alanı Seçimi ve Kaza Senaryo Girdilerinin Belirlenmesi

İstatistiksel değerlendirme sonucunda tehlikeli madde taşımacılığının başlangıç noktasının sıklıkla İzmir ili Aliağa ilçesi olduğu görülmüştür. İzmir ili Aliağa ilçesi sınırları içerisinde TÜPRAŞ İzmir Rafinerisi, PETKİM, Demir-Çelik Fabrikaları, Gemi Söküm Tesisleri, Akaryakıt Dolum Tesisleri, Gübre ve Kâğıt Fabrikası gibi tesislerin bulunması, hem tehlikeli maddelerin taşınmasında hem de yaşanan kaza veya olaylarda İzmir ilini ön plana çıkarmıştır. Tehlikeli madde taşıyan araçların karıştığı kaza veya olaylarda da İzmir ili ön plana çıkmıştır.

İzmir ili özelinde yaşanan kaza ve olaylara ait bilgiler Çizelge 10'da sunulmuştur.



Çizelge 10. İzmir İlindeki Kaza Veya Olaylara Ait Bilgiler

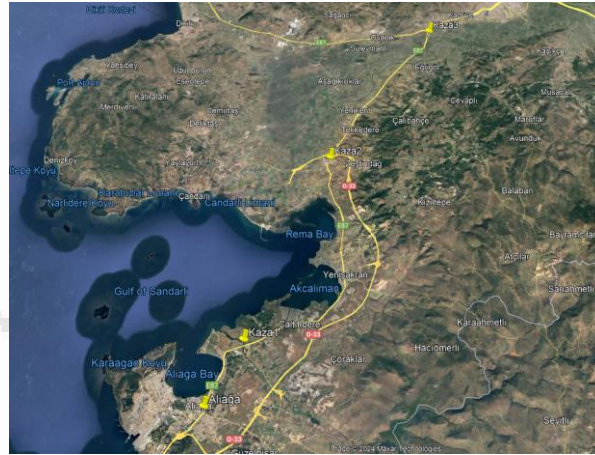
AY	YIL	SAATİ	OLAY_YERİ	HAVA DURUMU	KAZA YERİ AÇIKLAMA	UN_NO	SINIF	MUHAFAZA YÖNTEMİ	MUHAFAZA BOZULMA TÜRÜ
Ocak	2019	10:45	Açık Yol	Yağmurlu Sıcaklık:10°C	İZMİR-GÜMÜLDÜR YOLU	1202	3	Tanker	Kayıp
Mart	2019	11:20	Açık Yol		İzmir Selçuk Torbalı ilçesi	1202	3	Tanker	Kayıp
Eylül	2019	16:00	Açık Yol	Sıcaklık:28°C	BERGAMA DİKİLİ İZMİR	1202	3	Tanker	Kayıp
Kasım	2019	08:00	Açık Yol	Sıcaklık:23°C	İZMİR-ÇANAKKALE YOLU ÇANDARLI KAVŞAĞI ATEŞ ÇELİK FABRİKASI MEVKİİ	1202	3	Tanker	Yapısal Hata
Şubat	2020	11:00	Açık Yol	Sıcaklık:10°C	İZMİR ANKARA OTOYOLU KEMALPAŞA KAVŞAĞI KEMALPAŞA KATILIŞ KISMI	1971	2	Tüplü tankeri	gaz Yapısal Hata
Ekim	2020	15:20	Açık Yol		ALİĞA İZMİR İSTİKAMETİ YALI MAHALLESİ GÜZELHİSAR KÖPRÜSÜNE 20 METRE KALA	2211	9	IBC	Patlama
Aralık	2020	09:02	Açık Yol	Sıcaklık:10°C	GÜZELBAHÇE-İZMİR	1971	2	Tüplü tankeri	gaz Yapısal Hata

Tehlikeli madde taşımalarının İzmir ili Aliğa ilçesi ile başladığı ve Çanakkale ili Biga İlçesi ile (Şekil 2) tamamlandığı ele alınmış; bu güzergâh üzerinde 3 adet kaza veya olayın olduğu görülmüştür. Şekil 3’de bu kazaların lokasyonlarının gösterimi verilmiştir.



Şekil 2. Aliğa ve Biga Arasındaki Güzergâh [14]

Şekil 2’de ise İzmir ili Aliğa ilçesi ve Çanakkale ili Biga İlçesi arasındaki bulunan 3 farklı kaza noktasının görüntüsü birlikte sunulmuştur.



Şekil 3. Kaza Veya Olayların Oluştığı 3 Farklı Noktanın Gösterimi

Tehlikeli madde taşımacılığı kazalarında ön çıkan ve QRA’de temel alınacak tehlikeli kimyasallar Çizelge 11’de verilmiştir.

Çizelge 11. QRA’de Dikkate Alınacak Tehlikeli Maddeler

UN NO	AÇIKLAMA
1202	GAZ YAĞI veya <u>DİZEL YAKIT</u> veya ISITMA YAĞI, HAFİF (patlama noktası 60 dereceden daha düşük olan)
1965	HİDROKARBON GAZ KARIŞIMI (LPG)
1203	BENZİN
1972	Metan, Soğutulmuş Sıvı veya Doğal Gaz, Soğutulmuş Sıvı (LNG)

İlgili kimyasalları taşıyan tankerlerde, trafik kazası ile bir bütünlük kaybının yaşanması sonucu olası yangın, patlama ve toksik yayılım etkileri belirlenecektir. Bu etkilerin belirlenmesinde, İzmir ilinin meteorolojik verileri ile tehlikeli madde taşımacılığı tanker spesifikasyonları kullanılacaktır. Belirlenen 3 noktada kaza ve olay frekansları hesaplanacak, bireysel ve sosyal riskler ortaya konularak QRA çalışması tamamlanacaktır.

SONUÇLAR

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2020 ve 2021 yıllarındaki tehlike madde taşımacılığı faaliyetinde bulunan gerçek veya tüzel kişilerce bildirilen faaliyet raporları, U-ETDS verileri ile 2015-2021 yılları arasındaki kaza veya olay bilgileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Ülkemizde söz konusu yıllar arasında 158 adet kaza veya olay yaşandığı (15 ölüm, 79 yaralanma) tespit edilmiştir. En çok kış aylarında (Aralık ve Ocak) kazalar meydana gelmiş; tanker araç türü ise kazalarda öne çıkmıştır. Kaza ve olayların İzmir ili sınırları içerisinde yoğunlaştığı güzergâh tespit edilmiş, bu kaza ve olaylara dahil olan tehlikeli kimyasallar belirlenmiştir. Çalışma ile ileride yürütülecek QRA çalışmasına önemli girdiler sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). Ulaşan ve Erişen Türkiye 2021. Ankara: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, (25-26).
- [2] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı. (2021). 12. Ulaştırma ve Haberleşme Şurası Sektörler Raporları. Ankara: Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, (460-622)
- [3] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=KarayoluTrafik-Kaza-Istatistikleri-2020>. Erişim Tarihi: 09/03/2022
- [4] 2918 Sayılı Karayolları Trafik Kanunu.
- [5] Stolecka, K. (2020). Hazards of the road transportation of hazardous materials. *System Safety: Human-Technical Facility-Environment*, 2 (1), 237-246.
- [6] Janno, J. (2019). *Risk management model: human factor related risks and their impacts in road transportation of dangerous goods*. Doktora Tezi, Tallinn University Of Technology School of Engineering Department of Mechanical and Industrial Engineering, Tallinn
- [7] Bęczkowska, S., Choromański, W., Grabarek, I. (2020). Risk and human factor in carriage of dangerous goods by road. *Transport Problems*, 15(4), 19-28.
- [8] Gromek, P., (2017). ADR safety system in efficiency conditioning. *Procedia Engineering* 192, 271-276.
- [9] Dumlupınar, M. T., Öztürkoğlu, Y. (Haziran 2019). Analyzing the risks of transportation of dangerous goods based on the ADR. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21 (1), 1-13.
- [10] Janno, J., Koppel, O. (2018). Operational risks in dangerous goods transportation chain on roads. *Journal of Logistics*, 14 (1), 33-41.
- [11] Vagiokas, N., Zacharias, C. (2021). Tool for analyzing the risks in dangerous goods transportation. *Open Access Library Journal*, 8, 1-22.
- [12] Weng, J., Gan, X., Zhang, Z. (2021). A quantitative risk assessment model for evaluating hazmat transportation accident risk. *Safety Science*, 137, 1-11.
- [13] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2021-45658> Erişim Tarihi: 09/03/2022
- [14] <https://yol.kgm.gov.tr/guzergahanalizi> Erişim Tarihi: 09/03/2022
- [15] Casal, J., (2008) Evaluation of the Effects and Consequences of Major Accidents in Industrial Plants. İspanya.
- [16] Center for Chemical Process Safety (CCPS). (2014),

Makale id= 53

Sözlü SunumORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-9093-2884>

| 165

Kısa Metinlerde Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Yüksek Performanslı Dil Tanıma**Araştırmacı Berfin Aydın¹, Doç. Dr. Hidayet Takçı¹**¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Özet: Dil tanıma doğal dil işlemede öne çıkan çalışma başlıklarından birisidir. Bugüne kadar manuel, otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle yerine getirilmiştir. Son dönemde artan metin boyutları ve miktarı nedeniyle makine öğrenmesi tabanlı çalışmalarda bir artış meydana gelmiştir. Özellikle kısa boyutlu metinlerde dil tanıma her geçen gün daha fazla önem kazanan bir konudur. Bu çalışmada yedi farklı makine öğrenmesi algoritması Python programlama dili imkanlarıyla kullanılarak unigramlar yardımıyla dil tanıma yapılmıştır. Dil tanıma verisi olarak ECI derleminden elden edilen 100 karakter uzunluğundaki metinler kullanılmıştır. Metinler unigram seviyesinde vektörlere dönüştürülmüş ve vektörler üzerinde işlem yapılmıştır. 100 karakter gibi kısa boyutlu metinlerde bile %97,77 tanıma doğruluğu elde edilmiştir. Dil tanımadaki en yüksek doğruluğu Lojistik Regresyon algoritması vermiştir. Onu Multilayer Perceptron ve Support Vector Machines algoritmaları takip etmiştir. Elde edilen en düşük sınıflandırma doğruluğunu %82,96 ile karar ağaçları vermiştir. Ayrıca sınıflandırma doğruluğuna verilerin ölçeklenmesi olumlu yönde etki etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Doğal Dil İşleme, Dil Tanıma, Metin Madenciliği

1. GİRİŞ

Dil insanlar arasında anlaşmayı sağlayan bir araç olup dilin temel işlevi iletişimdir. Son araştırmalara göre dünyada binlerce dilin var olduğu tahmin edilmektedir [1]. Diller üzerinde çalışma yapabilmek için öncelikle dillerin tespit edilmesi bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyacı yerine getirmek üzere otomatik ya da yarı otomatik yöntemlerle dillerinin belirlenmesi sürecine dil tanıma adı verilir.

Dil tanımadaki manuel yöntem kullanılması dile ait özelliklerin bilinmesi ile yerine getirilebilir. Örneğin İtalyanca bilen birisi bir metni gördüğünde o metnin italyanca olduğunu kolayca tespit edebilecektir. Konuyla ilgili olarak araştırma yapan kişiler de dilde kullanılan kelime ve yapılar üzerinden dili tanıyabilirler.

Dil tanımadaki kullanılacak yöntemler ise temel olarak iki alt kategoriye ayrılır: (1) dilbilimsel yöntemler (2) istatistiksel yöntemler [2]. Dilbilimsel çalışmalarda dili bilmeye ihtiyaç olduğu için işlemler daha zor ve zaman alıcıdır. Zorluğunun ötesinde çalışma için dilbilim konusunda uzman olmaya ihtiyaç vardır. İstatistiksel yöntemlerin kullanımında ise dili bilmeden de diller üzerinde işlem yapma imkanı vardır. Dilbilimsel çalışmalar daha çok dildeki özel kelimeler gibi yapılarla ilgiliyken istatistiksel çalışmalar dildeki örüntülerin bulunması ile ilgilidir. İstatistiksel yöntemlerin kullanımında dil modellerinin eğitimi önemli konulardan biridir.

Dil tanımadaki otomatik ya da yarı otomatik yöntemlerin kullanımıysa daha çok dildeki yapıların istatistiksel olarak elde edilmesi ve bu yapılar üzerinde algoritma çalıştırılması şeklinde yürütülür. Bu minvalde otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle dil tanımadaki dilin ayırt edici özelliklerine algoritmalar uygulanarak diller birbirinden ayırt edilir. Diller bazı benzerlikler içerirse de birbirinden ayırt edilebilecek kadar fazla özelliğe sahiptir. Bu özelliği de onları yüksek doğruluklarla ayırt etmeyi mümkün hale getirmektedir.

Dillerin ayırt edici özellikleri kelimeler, kelime öbekleri, harfler, harf dizileri ve n-gramlar olarak bilinir. Kelimeler dillerin en önemli zenginlikleri olduğu için sadece dil tanıma da değil diğer doğal dil işleme

uygulamalarında da sıklıkla kullanılırlar. Kelime öbekleri kelimelerin birlikteliği ile elde edilmiş ve anlam bütünlüğü olan parçalardır. Kelime öbekleri de yine dil işleme kapsamında tercih edilen bir başka yöntemdir [3]. Kelime tabanlı çalışmalara ek olarak harf veya karakter seviyesinde çalışmalar da bu alanda yapılmıştır. Daha detaylı analize imkan sağlayan karakter seviyeli çalışmalar veride gürlüğü olma durumunda daha yüksek sonuçlar da vermektedir. Takcı ve Soğukpınar tarafından yapılan dil tanıma çalışmasında [4] dil tanıma probleminin çözümünde düşük boyutlu bir özellik seti kullanılmış olup özellik seti harflerden oluştuğu için letter features (LF) olarak isimlendirilmiştir. Özellik seti sadece 22 adet harfin sıklığından meydana gelmiş olup o güne kadar ortaya konan özellik setlerine nispetle oldukça düşük bir özellik seti kullanılmıştır. Dört dil üzerinde yapılan dil tanıma çalışmasında düşük bir özellik seti kullanılmasına rağmen yüksek doğruluklar elde edilmiştir. Takcı ve Soğukpınar tarafından 2004 yılında yapılan bu alandaki başka bir çalışmada [5] sınıflandırma işleminde karar verme kuralı olarak metin skorlama yapılmış olup harf tabanlı yöntemle elde edilen başarı daha ileri noktalara taşınmıştır. Yapılan çalışma ile dört dil için 100 karakterden daha uzun boyutlu metinlerde %100 doğru tanıma oranlarına ulaşılmıştır.

Ayırt edici özellikler bağlamında n-gram dizileri de bu alanda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır [6]. N-gramlar da kendi içinde karakter seviyeli kelime seviyeli olarak alt gruplara ayrılmaktadır. Dil tanıma için en iyi sonucu veren kategori karakter seviyeli n-gramlar olup özellikle de 3-gramlar bu alanda daha yüksek sınıflandırma doğrulukları vermiştir. Bayrak ve Takcı [7] dil tanıma bugüne kadar dil tanıma problemi için n-gram özellik seti kullanılarak makine öğrenme yaklaşımına dayanan birçok sınıflandırma yöntemlerini karşılaştırılması ve böylece en uygun yöntemlerin açığa çıkarılmasını amaçlamışlardır. Çalışmalarında klasik n-gram yönteminde İngiliz alfabesinde yer alan temel 26 harf kullanmak yerine önerdikleri özellik setinde aksan karakteri adı verilen özel karakterler de yer almaktadır. 15 dile ait özel karakterlerin de eklenmesiyle elde edilen bu alfabede 58 karakter bulunmaktadır. K-ortalama algoritması dışında tüm sınıflandırma yöntemleriyle yapılan eğitim verileri üzerindeki deneylerde; dosya boyutunun artmasıyla sınıflandırma algoritmalarının daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Dil tanıma kullanılan özellik setleri kadar alanda kullanılacak algoritmalar da önem kazanmaktadır. Baştürk ve Şahin [8] doğal dil işleme çalışmaları yapmak isteyen araştırmacılara doğru dil tanıma işlemi yaptıktan sonra çalışmalarına başlaması öngörüsü sunularak katkıda bulunması amaçlamışlardır. Bunun için Kaggle web sitesi üzerinde bulunan veri seti kullanmışlardır ve bu veri seti içerisinde 22 dil üzerinde çalışmışlardır. Dil tanıma işlemi için yaptığı çalışmada yapılan eğitim ve test işlemleri sonucunda göre en iyi sonucu %95.151 başarı oranı ile Multinomial Naive Bayes, en kötü sonucu %21.477 başarı oranı ile K - Nearest Neighbors algoritması sağlamıştır. Algoritmalar arasında en hızlı tahmin eden 0.14sn ile Multinomial Naive Bayes, en yavaş tahmini eden 109.46sn ile Random Forest algoritması olmuştur. Belirlenen ağırlık katsayısı ile değerlendirildiğine en iyi sonucu Multinomial Naive Bayes, en kötü sonucu K - Nearest Neighbors algoritması sağlamıştır.

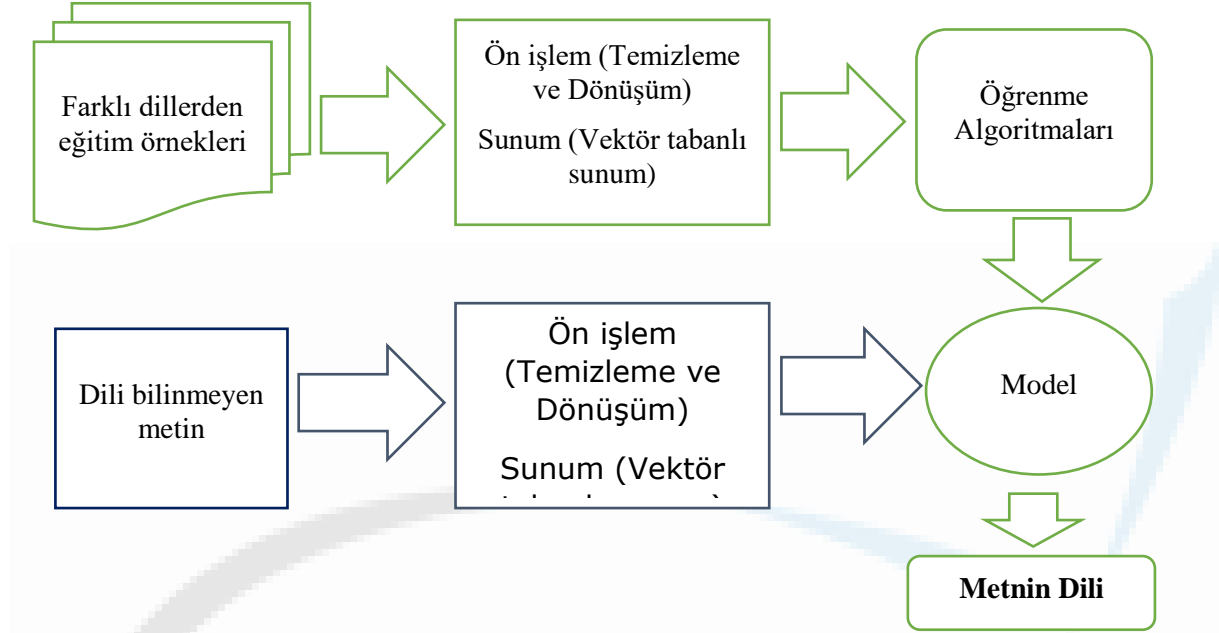
Dil tanıma çok farklı alanlarda ihtiyaç olmakla birlikte en sık ihtiyaç duyulan alanlardan birisi web ortamıdır. Web ortamında dil tanıma için geliştirilmiş ilk örneklerden birisi Linguni'dir [9]. Linguni, vektör uzayı tabanlı bir dil tanıma sistemi olup web üzerindeki belgelerin yüzde 5 veya 10'u gibi uzunluklarda Linguni yaklaşık %100 doğru tanıma oranına sahiptir. Linguni'den bu yana bu alanda çok sayıda başarılı çalışma yapılmıştır [10]. Bu çalışmalardan belki en bilineni ve kullanılanı [11] ürünüdür. Ürün bir çeviri yapmadan önce dili otomatik tanıma yeteneğine sahiptir. Google Translate ürünü makine öğrenmesinin en yoğun kullanıldığı örneklerden biridir. Dilin yapısından çok eğitilmiş örnekler üzerinden çeviri ve dil tanıma işlemi yapan başarılı bir üründür.

Genel olarak kelimelere dayalı dil tanıma yapılsa da harflere dayalı çalışmalar özellik boyutu ve performans bakımından daha avantajlıdır. Harflere dayalı çalışmaların bir alt alanı unigram çalışmalarıdır. Bu çalışmada da hem harf tabanlı olmasının hem de n-gram avantajı barındırması nedeniyle unigram tabanlı dil tanıma yapılmıştır.

2. ÖNERİLEN YÖNTEM

Son dönem yapılan çalışmalarda olduğu gibi çalışmamızda da dil tanıma istatistiksel yöntemler yardımıyla ve makine öğrenmesi algoritmalarıyla yerine getirilecektir. Makine öğrenmesi algoritmaları da istatistiksel yöntemler kategorisinde yer almakta olup kavramsal olarak çalışmamız istatistiksel dil

tanıma olarak sınıflandırılacaktır. Dil tanıma problemi bu çalışmada bir metin sınıflandırma problemi olarak ele alınmıştır. Her metin sınıflandırma çalışmasında olduğu gibi öncelikle metinlerin seçimi ve dönüşümü yerine getirilmiştir. Seçim aşamasında 9 dil için örnekler alınmış ve bu örnekler eşit boyutlu parçalara ayrılarak üzerinde standart metin işleme ve dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Dönüşüm sonrası algoritma çalıştırmaya uygun hale gelen veriler üzerinde seçilen yedi farklı makine öğrenme algoritması kullanılmıştır.



Şekil 1. Önerilen model

Dil tanıma problemi bu çalışmada bir makine öğrenmesi uygulaması olarak ele alınacak ve denetimli öğrenme algoritmaları yardımıyla yerine getirilecektir. denetimli öğrenme algoritmalarının temel iki adımı eğitim ve test olup Şekil 1’de detayları görülmektedir. Buna göre eğitim aşamasında öncelikle farklı kategorilerden eğitim örnekleri ile işleme başlanacaktır. Metin işleme alanına özel ön işlem adımlarının ardından her bir eğitim dokümanı sayısal olarak vektör halinde sunularak eğitim verisinin hazırlık aşaması bitirilecektir. Daha sonra eğitim verisi ile makine öğrenmesi algoritmaları bir araya gelerek modelleri oluşturacaklardır.

Modelin test aşamasında dili bilinmeyen bir metin girdi olarak alınarak işleme başlanacaktır. Dili bilinmeyen test metni de eğitim metin örnekleri gibi ön işlem ve sunum adımlarından geçtikten sonra modele girdi olarak verilecek ve model çıktısı olarak metnin dili tespit edilmiş olacaktır.

2.1. Öğrenme algoritmaları

Dil tanıma kapsamında; Karar Ağaçları, Lojistik Regresyon, Random Forest, K en yakın komşu (K-NN), Multilayer Perceptron (MLP), Naive Bayes (NB) ve Support Vector Machines (SVM) algoritmaları kullanılacaktır. Algoritmaların seçim sebebi metin sınıflandırma alanında sıklıkla tercih edilen algoritmalar olmasıdır.

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde sınıfı bilinmeyen metinler sınıflandırma algoritmaları yardımıyla dile dayalı olarak sınıflandırılmış ve sonuçlar raporlanmıştır.

3.1. Veri seti

Deneylerde, dil tanımlama çalışmalarında en yaygın kullanılan derlemlerden biri olan European Corpus Initiative Multilingual Corpus I (ECI/MC1) kullanılmıştır. ECI/MC1 derlemi 27 (çoğunlukla Avrupa)

dilde yaklaşık 100 milyon kelime içermektedir. Derlemede yer alan 9 dil bu çalışma kapsamında seçilmiştir [12].

3.2. Değerlendirme metrikleri

DeneySEL sonuçların analizinde doğruluk ve precision/recall/f1 metrikleri kullanılmıştır. Ayrıca model değerlendirmesinde 10-fold çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Böylece sonuçlardaki tesadüflüğün ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

3.3. Orijinal veri için doğruluklar

Bir sınıflandırma probleminde doğruluk doğru sınıflandırılan örneklerin bütün örneklere oranıdır. Dil tanıma deneylerinin başında 100 karakter boyutunda verilerden elde edilen unigram sıklıkları kullanılarak dil tanıma yapılmıştır. Orijinal verilerde her bir özellik sıklık türünden sunulmuştur. Sonuçlar aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

Tablo 1. Ölçekleme öncesi dil tanıma doğrulukları

Algoritma	Doğruluk (%)
Karar ağacı	81,11
Lojistik Regresyon	95,15
Random Forest	87,77
K-NN	91,85
MLP	95,92
Naive Bayes	88,88
SVM	94,81

Tablo değerlerinden görüleceği üzere MLP algoritması %95,92 doğruluk değeriyle en başarılı sınıflandırma algoritması olmuştur. Onu %95,15 ile Lojistik Regresyon algoritması ve %94,81 değeriyle doğrusal kernel kullanan SVM algoritması takip etmiştir. En düşük doğruluğu veren sınıflandırma algoritması %81,11 ile Karar ağacı algoritması olmuştur. Elde edilen sonuçlar %80 doğruluk üzerindedir.

3.4. Ölçeklenmiş veri için doğruluklar

Verinin ölçeklenmesi özellikle uzaklık/benzerlik tabanlı sınıflayıcılar için sıklıkla etki eden bir yöntemdir. Bu çalışmada da sınıflandırma doğruluğuna ölçekleme etkisi test edilmiş olup elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Ölçekleme yöntemi olarak StandardScaler yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 2. Ölçekleme öncesi dil tanıma doğrulukları

Algoritma	Doğruluk (%)
Karar ağacı	82,22
Lojistik Regresyon	97,77
Random Forest	87,77
K-NN	91,48
MLP	97,77
Naive Bayes	84,44
SVM	97,40

Ölçeklemenin sınıflandırma doğruluklarına etkisi genel olarak pozitif olmuştur. Ölçekleme sonrası en yüksek sınıflandırma doğruluğu %97,77 olmuştur. Bu değer Lojistik regresyon algoritması ile elde edilmiştir. Deneysel sonuçlara göre üç algoritma için sonuç iyileşmemiştir. Ölçekleme random forest algoritmasının sınıflandırma doğruluğuna etki etmemiştir. K-NN ve Naive Bayes algoritmalarında ise negatif yönlü bir etkiye neden olmuştur.

3.5. Precision/recall analizi sonuçları

Özellikle metin sınıflandırma problemlerinde model değerlendirme metriklerinden birisi de precision/recall analizidir. Precision değeri gerçek pozitif tahminlerin toplam pozitif tahminlere oranını verir. Recall değeri ise gerçek pozitiflerin toplam gerçek pozitiflere oranını verir.

Tablo 3. Sınıflayıcıların precision – recall ve f1 değerleri

	precision	recall	f metriği
Karar ağaçları	0,83	0,78	0,81
Lojistik regresyon	0,97	1,00	0,98
random forest	0,86	0,94	0,90
K-NN	0,94	0,97	0,95
MLP	1,00	1,00	1,00
Naive Bayes	0,94	0,94	0,94
SVM	0,97	0,97	0,97

Precision / recall ve f1 değerlerine göre en başarılı sınıflandırma algoritması MLP algoritması olmuştur. MLP algoritması için elde edilen f1 değeri 1'dir. onu 0,98 ile Lojistik regresyon algoritması takip etmiştir. Daha sonra sırayla SVM ve K-NN algoritması başarılı sonuçlar vermiştir. En düşük değer ise yine Karar ağacı algoritmasından elde edilmiştir.

4. ANALİZ VE TARTIŞMA

Dil tanıma uzun yıllardır araştırmacıların dikkatini çekmiş çalışma alanlarından birisidir. Kullanılabilir verilerin miktarı ve çeşitliliği arttıkça dil tanımaya olan ihtiyaç devam edecektir. Çalışmamız kapsamında dil tanıma için kısa boyutlu veriler seçilmiş ve metin sınıflandırma ile görev yerine getirilmiştir.

Dil tanıma problemi uzun zamandır makine öğrenme algoritmaları ile yerine getirilmekte olup bu çalışmada da metin sınıflandırma alanında başarılı yedi farklı algoritma ile deneyler yapılmıştır. Deneyler kapsamında dokuz farklı dil ele alınmış ve deneyler sonucunda dillerdeki sınıflandırma başarısı oldukça yüksek olarak elde edilmiştir.

Metin sınıflandırma problemlerinde ve dil tanıma özelinde metin boyutları sınıflandırma başarısına etki eden en önemli faktördür. Bununla birlikte kullanılan kısa boyutlu özellik seti ve seçilen algoritmalar yardımıyla kısa boyutlu metinlerde bile yüksek doğruluklar görülebilmektedir. 100 karakter gibi kısa boyutlu metinlerde bile %98 civarında doğruluk değerleri elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ethnologue. (n.d.). Wikipedia. Retrieved March 14, 2024, from <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ethnologue>.
2. Jauhainen, T., Lui, M., Zampieri, M., Baldwin, T., & Lindén, K. (2019). Automatic Language Identification in Texts: A survey. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 65. <https://doi.org/10.1613/jair.1.11675>

3. Huang, Y., Lowe, H. J., Klein, D., & Cucina, R. J. (2005). Improved Identification of Noun Phrases in Clinical Radiology Reports Using a High-Performance Statistical Natural Language Parser Augmented with the UMLS Specialist Lexicon. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 12(3), 275–285. <https://doi.org/10.1197/jamia.m1695>
4. Takçı, H., & Soğukpınar, İ. (2004). Letter based text scoring method for language identification. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 283–290). https://doi.org/10.1007/978-3-540-30198-1_29
5. Takçı, H., & Soğukpınar, İ. (2004a). Centroid-Based Language Identification using Letter feature set. In *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 640–648). https://doi.org/10.1007/978-3-540-24630-5_79
6. Botha G.R., Zimu V.Z., Barnard E. (2007). Text- based language identification for the South Africanlanguages, *SAIEE Africa Research Journal*, Cape Town, 141-146
7. Hayta, Ş., Hayta, Ş., Takçı, H., & Eminli, M. (2013). LANGUAGE IDENTIFICATION BASED ON N-GRAM FEATURE EXTRACTION METHOD BY USING CLASSIFIERS. *Istanbul University - Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 13(2), 1629–1639. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/99278>
8. BAŞTÜRK, F. ve ŞAHİN, H. (2022) Comparison of Machine Learning Classification Algorithms: Example of Language Identification from Text. *Electronic Letters on Science & Engineering* 18(2)
9. John M. Prager (1999) Linguini: Language Identification for Multilingual Documents, *Journal of Management Information Systems*, 16:3, 71-101, DOI: 10.1080/07421222.1999.11518257
10. Yavanoğlu, U., & Sağıroğlu, Ş. (2010). WEB TABANLI OTOMATİK DİL TANIMA VE ÇEVİRME SİSTEMİ. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(3), 483–494. <https://doi.org/10.17341/gummfd.16289>
11. Google Translate. (n.d.). Google Translate. Retrieved March 14, 2024, from <https://translate.google.com/>
12. European Corpus Initiative/Multilingual Corpus I (ECI/MCI). (n.d.). LT Observe. Retrieved March 14, 2024, from <https://www.lt-innovate.org/lt-observe/resources/european-corpus-initiativemultilingual-corpus-i-ecimci>

Makale id= 54

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1731-536X

| 171

Atıksulardan Kadmiyum Gideriminin Elektrodializ Yöntemi Kullanılarak Araştırılması**Dr. Öğretim Üyesi Betül Tuba Gemici¹, Prof.Dr. Süreyya Altın²**¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

*Corresponding author: Betül Tuba Gemici

Özet: Endüstride sıklıkla kullanılan kadmiyum elementinin atıksulardan giderilmesi konusu son yıllarda üzerinde önemle durulan araştırma konularından biridir. Özellikle seyreltik çözeltilerden ağır metallerin giderilmesinde elektrodializ sistemlerinin kullanılması diğer yöntemlere göre daha fazla ilgi görmektedir. Bu çalışmada seyreltik çözeltilerde elektrodializ sistemi kullanılarak kadmiyum giderimi araştırılmıştır. Elektrodializ sisteminde elektrolit çözelti derişiminin kadmiyum giderimine etkisini incelemek amacıyla sırasıyla 0.01 M, 0.05 M ve 0.1 M NaCl çözeltileri kullanılmıştır. Deneysel çalışma şartları olarak 5 mg/L başlangıç kadmiyum derişimi, 45 Volt uygulanan voltaj, 200 mL/dk. akış hızı ve pH=6 olarak belirlenmiştir. Deneysel çalışmada elektrolit derişimi arttıkça kadmiyum gideriminde artış elde edilmiş ve 0.1 M NaCl derişiminde %86.58 kadmiyum giderim verimi bulunmuştur. Ayrıca elektrolit çözelti derişimi arttıkça akı değerlerinde ve mol başına enerji tüketimi değerlerinde artış elde edilmiş, akım verimi değerlerinde ise düşüş elde edilmiştir. Sonuç olarak seyreltik çözeltilerde elektrodializ sistemi ile kadmiyum giderimi etkin bir şekilde gerçekleşmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrodializ, Elektrolit çözeltisi, Kadmiyum

Investigation of Cadmium Removal from Wastewater Using Electrodialysis Method

Abstract: The removal of the cadmium element frequently used in industry from wastewater is one of the important research topics in recent years. Particularly in the removal of heavy metals from dilute solutions the use of electrodialysis systems has drawn more attention than the other removal methods. In this study, cadmium removal was investigated utilizing an electrodialysis system in dilute solution. In order to examine the effect of electrolyte solution concentration on cadmium removal in the electrodialysis system, 0.01 M, 0.05 M and 0.1 M NaCl solutions were used, respectively. 5 mg/L initial cadmium concentration, 45 Volt applied voltage, 200 mL/min. flow rate, and pH=6 value were specified as experimental conditions. In the experimental study, increasing the electrolyte concentration increased the cadmium removal, and 86.58% cadmium removal efficiency was found at 0.1 M NaCl concentration. In addition, as the electrolyte solution concentration increased, an increase was observed in the flux values and energy consumption values per mole, on the other hand, a decrease was observed in the current efficiency values. As a result of the study, cadmium removal was achieved effectively by the electrodialysis system in dilute solutions.

Keywords: Electrodialysis, Electrolyte solution, Cadmium

1. GİRİŞ

Endüstriyel faaliyetler, madencilik, tarım ve şehirleşme gibi insan faaliyetleri, su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Su kirliliği, ciddi bir çevresel sorun olup, insan sağlığı, ekosistemler ve ekonomik faaliyetler üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Cerrillo-Gonzalez ve ark., 2024). Su kirliliğinin birçok kaynağı bulunmaktadır. Özellikle ağır metallerin su kirliliği üzerindeki etkisi

önemlidir. Ağır metaller arasında kurşun (Pb), cıva (Hg), kadmiyum (Cd), arsenik (As), krom (Cr) ve nikel (Ni) gibi elementler bulunur. Ağır metallerin uzun vadeli maruziyeti, kanser, nörolojik bozukluklar ve diğer sağlık sorunlarına neden olabilir. Ayrıca, sucul ekosistemlerdeki ağır metal birikimi, su yaşamını olumsuz etkileyebilir ve biyolojik çeşitliliği azaltabilir.

Kadmiyum, periyodik tabloda Cd simgesi ile gösterilen, doğada genellikle çinko, kurşun ve bakır mineralleri ile birlikte bulunan bir ağır metaldir. Endüstriyel kullanımı oldukça yaygın olan kadmiyum özellikle pil üretimi, metal kaplama, plastik ve pigment üretiminde kullanılır (Juve ve ark., 2022). En toksik çevresel kirleticilerden olan kadmiyumun insan sağlığı üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Uzun süreli maruz kalma, böbrek hasarı, kemik erimesi, akciğer hastalıkları ve kanser gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. Özellikle böbreklerde birikimi, böbrek yetmezliği riskini artırabilir (Han ve ark., 2022).

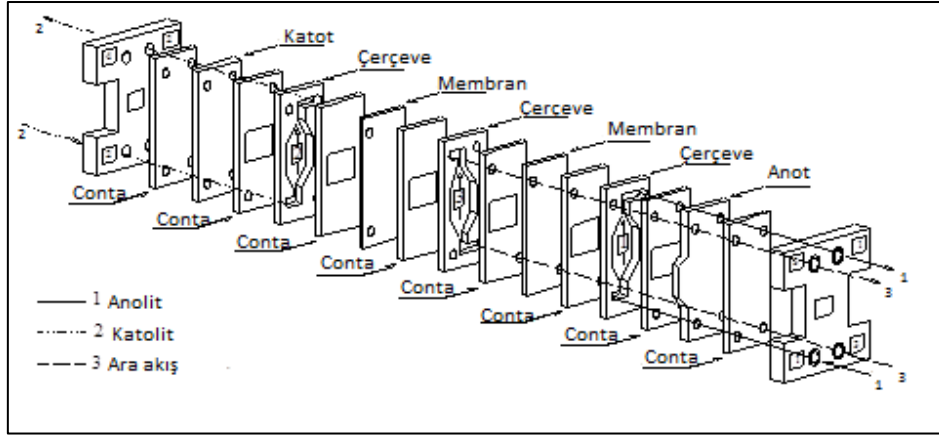
Ağır metal giderimi, su kaynaklarının kirlenmesini önlemek ve çevre sağlığını korumak adına hayati önem taşıyan bir süreçtir. Günümüzde çevre kirliliğine ve özellikle su kirliliğine yol açan ve endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan ağır metallerin uzaklaştırılması için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler fiziksel, kimyasal ve biyolojik olabilir ve her biri farklı prensiplere dayanır. Elektrokimyasal yöntemler özellikle seyreltik çözeltilerden ağır metalleri giderme konusunda, diğer yöntemlere kıyasla daha yoğun bir ilgi çekmektedir. Bu yöntemlerden biri olan elektrodializ (ED) yarı geçirgen membranlar kullanılarak iyonların bir çözülden başka bir çözüme elektrik akımı yardımıyla aktarılması işlemidir. Elektrodializin diğer membran filtrasyon yöntemlerinden (ultrafiltrasyon, ters osmoz ve nanofiltrasyon) farkı, partikülleri boyutlarına göre değil, elektriksel yüklerine göre ayırmasıdır. Elektrodializ yönteminde iyon değişim membranları kullanılmaktadır. Bunlar; anyon değişim ve katyon değişim membranları olmak üzere iki tiptedir (Fu and Wang 2011). Anyon değişim membranları katyonik grupları içererek katyonları geri çevirirler ve sadece anyonların geçişine izin verirler. Aynı şekilde katyon değişim membranları, anyonik grupları içerirler ve sadece katyonların geçişine izin verirler. Elektrodializ prosesinin, seçici iyon taşıma kabiliyeti sayesinde, su ve atık su arıtma, gıda saflaştırma ve deniz suyunun ve tuzlu yeraltı sularının tuzdan arındırılması gibi geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Bu yöntem, çevre dostu ve enerji verimliliği açısından avantajlar sunarak, sürdürülebilir çözümler arayan sektörler için cazip bir seçenek haline gelmiştir.

Literatür incelendiğinde ED kullanılarak gerçekleştirilen ağır metal giderimi çalışmalarının etkin bir şekilde yürütüldüğü görülmektedir. (Juve ve ark., 2022). Bu ağır metaller arasında Cu (Caprarescu ve ark., 2012), Pb (Mohammadi ve ark., 2004, Gherasim et al. 2014), Ni (Benvenuti ve ark., 2014), Ag (Güvenç ve Karabacaloğlu, 2005), As (Pham ve ark., 2021, Mendoza ve ark., 2014) bulunmaktadır.

Bu çalışmada, seyreltik bir çözeltide kadmiyumun elektrodializ sistemi kullanılarak uzaklaştırılması incelenmiştir. Elektrodializ sisteminde, kadmiyum (Cd(II)) giderimi üzerine elektrolit çözelti konsantrasyonunun etkisini değerlendirmek amacıyla, 0.01 M, 0.05 M ve 0.1 M konsantrasyonlarında NaCl çözeltileri tercih edilmiştir. Deney koşulları, 5 mg/L başlangıç kadmiyum konsantrasyonu, 45 Volt'luk uygulanan voltaj, 200 mL/dakika akış hızı ve pH değeri 6 olarak ayarlanmıştır. Ayrıca deneysel çalışmalar sonucunda akım verimi, enerji tüketimi ve akı değerleri hesaplanarak incelenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

Deneylerde kullanılan ED hücresi 3 bölmeden oluşmakta ve ED hücresini oluşturan parçalar Şekil 1'de gösterilmektedir. Elektrodializ sisteminde anyon değişim membranı (Neosapta® ACM) ile katyon değişim membranı (Nafion® 117) bulunmaktadır. Anyon ve katyon değişim membranlarının özellikleri Tablo 1'de belirtilmektedir. Elektrodializ deney düzeneği ise Şekil 2 a-b' de gösterilmektedir. Elektrodializ düzeneğinde çözelti akışları 3 başlıklı peristaltik pompa (Longer Pump WT600-2J) vasıtasıyla sağlanmıştır. Sulu çözeltileri karıştırmak için dijital manyetik karıştırıcılar (IKA RCT Basic) kullanılmıştır. Sistem için gerekli elektrik akımı güç kaynağından (TT-Technic RXN605D) sağlanmış ve ED hücresinde akım-voltaj değişikliklerini belirlemek amacıyla bir multimetre cihazı (Mastech MS8268) kullanılmıştır. ED hücresinde seyreltik çözelti olarak CdCl₂, elektrolit çözeltisi olarak NaCl çözeltisi kullanılmıştır. Çözelti reaktör hacmi 250 mL'dir. 0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300 ve 360 dakikalarda seyreltik ve derişik çözeltilerden örnekler alınarak Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresinde (Thermo Scientific Ice 3000 series) Cd(II) analizi gerçekleştirilmiştir.



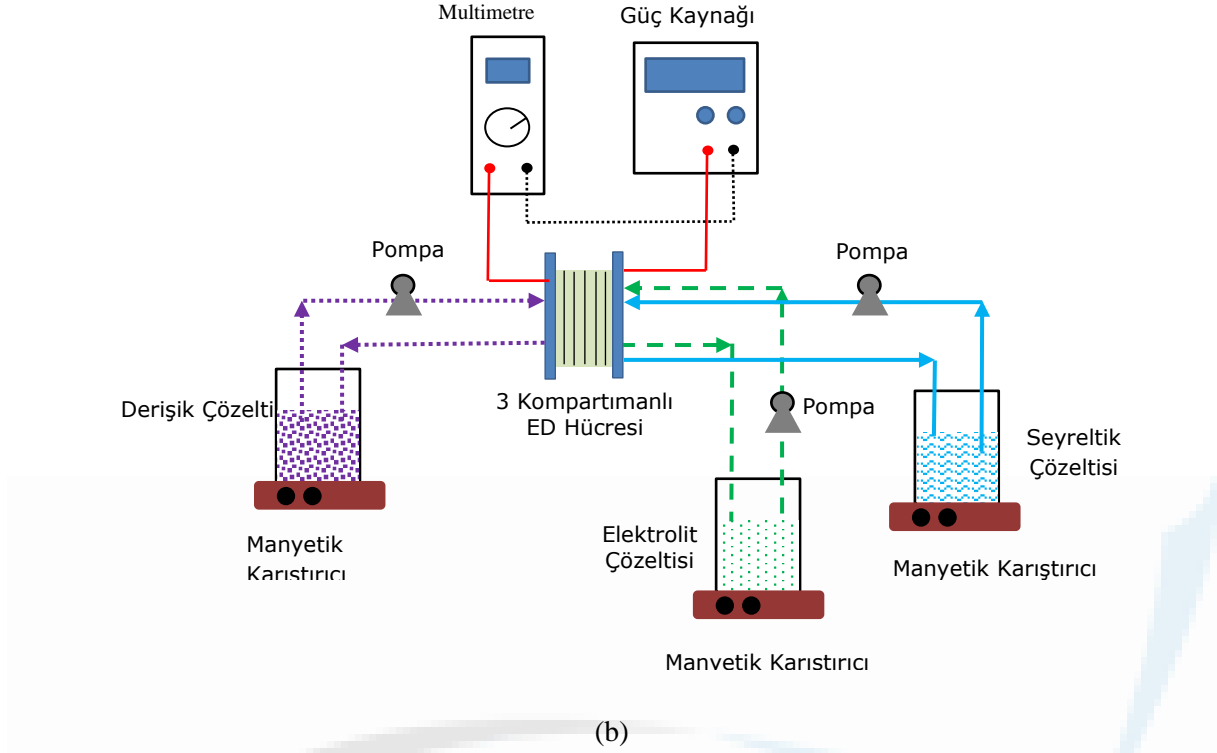
Şekil 1. Elektrodializ Sistemini Oluşturan Parçalar

Tablo 1. Anyon Değişim ve Katyon Değişim Membranının Özellikleri

Özellikler	Nafion 117	Neosepta ACM
Membran Türü	Katyonik	Anyonik
İyon Değişim Kapasitesi (meq/g)	0.9	1.4- 1.7
Kalınlık (mm)	0.183	0.120
Elektriksel Direnç (ohm/cm ² , 25 °C)	1.5	3.5- 5.5 (0.5 N NaCl)
Su İçeriği	-	0.13- 0.18 (0.5 N NaCl Çözeltisi)
Mullen Burst Dayanıklılığı (kg/cm ²)	-	2.0
İletkenlik (S/cm)	0.083	-
Ağırlık (g/m ²)	360	-



(a)



Şekil 2. a) Elektrodializ deney düzeneği b) Elektrodializ deney düzeneğinin şematik gösterimi

2.1. Eşitlikler

Giderim verimi (%SP) Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SP(\%) = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100 \quad (1)$$

Burada C_0 başlangıç Cd(II) derişimi, C ise sürecin sonunda seyreltik çözeltide kalan Cd(II) derişimini ifade etmektedir.

Akım verimi CE(%), transfer edilen iyonların toplam elektriksel yük miktarının uygulanan toplam elektriksel yüke oranı ile tanımlanır ve seyreltik çözeltide transfer edilmesi istenen iyonun derişim değişiminden hesaplanabilir (Gherasim et al. 2014).

$$CE(\%) = \frac{zF\Delta n}{NQ} \times 100 \quad (2)$$

$$Q = \int_0^t Idt \quad (3)$$

F Faraday sabiti (96485 As/mol), z taşınan iyonun yükü, Δn seyreltik çözeltide kadmiyumun mol miktarındaki değişim (mol), N elektrodializde bulunan hücre çifti sayısı, Q elektrodializ prosesinde t anında geçen elektrik miktarı (A.s), I ise Akım (A) değerini ifade etmektedir.

Elektrodializ süreçlerinde toplam verimin tanımlanmasındaki kilit faktör, ayırma işlemi için harcanan enerjidir. Spesifik enerji tüketimi (kWh/m^3) aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Gherasim et al. 2014).

$$EC = \frac{E \int_0^t Idt}{V_d} \quad (4)$$

Burada E, ED hücresine uygulanan güç (V) değerini, V_d ise seyreltik çözeltinin hacmini (L) ifade etmektedir. ED hücresinde taşınan iyonlar için enerji talebi, çözelti ve membranlara doğru iyonların taşınımı için kullanılan enerji ve elektrotlarda tüketilen enerjiden oluşmaktadır.

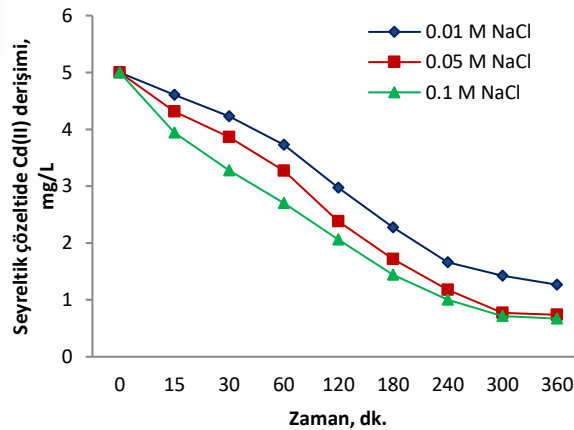
Akı eşitliği ($\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{dk}$) için Eşitlik 5 kullanılmaktadır (Gherasim et al. 2014).

$$J = \frac{V_d(C-C_0)}{At} \quad (5)$$

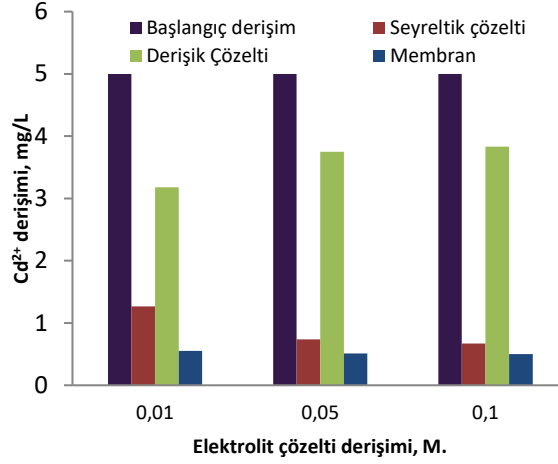
Burada A membran alanını ifade etmektedir.

3. BULGULAR

Elektrodiyaliz sisteminin Cd(II) taşınımı üzerindeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla, farklı elektrolit çözelti derişimlerinde (0.01 M, 0.05 M, 0.1 M) NaCl çözeltileri kullanılmıştır. Bu deneysel çalışma, başlangıçta 5 mg/L Cd(II) konsantrasyonu, 45 Volt uygulanan voltaj, 200 mL/dakika akış hızı ve pH değeri 6 olarak belirlenen koşullar altında yürütülmüştür. Araştırma sürecinde, besleme çözeltisinden periyodik olarak alınan örnekler üzerinden yapılan Cd(II) analizleri, kadmiyum iyonlarının zaman içindeki konsantrasyon değişikliklerini ortaya koymuştur ve bu değişiklikler Şekil 3 a' da grafiksel olarak sunulmuştur. ED prosesi uygulanan Cd(II) içerikli besleme çözeltisinden iyonların taşınımı ve derişik bölme ile membranlarda birikimi, Şekil 3 b'de gösterilmiştir. Bu çalışmalarda, elektrolit konsantrasyonunun artmasıyla Cd(II) uzaklaştırma oranlarında artış gözlemlenmiştir. Elektrolit çözelti derişiminin artışı elektrik akımının iletimini artırarak iyon transfer hızını dolayısıyla Cd(II) iyonlarının taşınımı kolaylaştırdığı söylenebilir. 0.01 M, 0.05 M ve 0.1 M NaCl çözeltileri için seyreltik çözeltide sırasıyla 1.27, 0.74, 0.67 mg/L Cd(II) değerleri ölçülmüştür. Derişim değeri arttıkça derişik çözelti bölmesine taşınan Cd(II) derişiminde ise artış tespit edilmiş (3.18, 3.75, 3.83 mg/L), membranda kalan Cd(II) derişim değerlerinde ise birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. ED prosesinde elektrolit çözeltisi derişimi için hesaplanan proses performans değerleri ise Tablo 2'de belirtilmiştir. Elektrolit çözeltisi derişimi arttıkça akı değerlerinde ve mol başına enerji tüketimi değerlerinde artış, akım verimi değerlerinde de düşüş elde edilmiştir. Taşınan iyon miktarı elektrolit çözelti derişimi artışına göre oldukça az olduğundan akım verimi değerlerinde azalma görülmüştür. Benzer bulgulara ulaşan Lee (2011) de, iki farklı elektrolit çözelti derişiminde yüksek konsantrasyonun daha iyi uzaklaştırma verimi sağladığını belirtmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3. a) Elektrolit çözeltisi derişimine göre Cd(II) iyonlarının zamanla değişimi b) Elektrolit çözelti derişimine göre seyreltik çözelti, derişik çözelti ve membranda kalan Cd(II) derişimleri

Tablo 2. ED Prosesinde Elektrolit Çözeltisi Derişimi için Hesaplanan Proses Performans Değerleri

Elektrolit Çözeltisi Derişimi (mg/L)	$J \times 10^{10}$ (mol/cm ² .s)	%CE	%SP	$\Delta n \times 10^5$ (mol)	$EC \times 10^{-2}$ (kwatt.h/mol)	EC (kwatt.sa/m ³)
0.01 M NaCl	1.53	84.76	74.65	3.32	28.81	95.70
0.02						
0.05 M NaCl	1.73	75.29	85.25	3.79	31.72	120.30
0.1 M NaCl	1.78	60.35	86.58	3.85	39.72	153.00

4. SONUÇLAR

DeneySEL çalışmalar, farklı elektrolit çözelti derişiminin Cd(II) uzaklaştırılma verimine olan etkisini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. 0.01 M, 0.05 M ve 0.1 M NaCl çözeltileri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda derişim değerinin artması ile Cd(II) gideriminin arttığı gözlemlenmiştir. 0.01 M NaCl derişiminde %74.65 giderim verimi elde edilirken 0.1 M NaCl derişiminde %86.58 giderim verimine ulaşılmıştır. Elektrolit derişiminin artışı ile birlikte, derişik çözelti bölümüne taşınan Cd(II) miktarında artış gözlemlenmiştir, ancak membranda kalan Cd(II) konsantrasyonlarında benzer değerler elde edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, elektrolit çözeltisinin molar konsantrasyonunun artmasıyla, akı oranları ve mol başına enerji tüketimi artmıştır; buna karşın, akım verimliliği oranlarında bir düşüş gözlemlenmiştir. Özetle elektrodializ yönteminin atıksulardan Cd(II) giderimi için verimli bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Benvenuti, T., Krapf, R.S., Rodrigues, M.A.S., Bernardes, A.M., Zoppas-Ferreira, J. (2014). Recovery of nickel and water from nickel electroplating wastewater by electro dialysis, Separation and Purification Technology, 129: 106–112.
- Caprarescu, S., Purcar V., Vaireanu, D.I. (2012). Separation of copper ions from synthetically prepared electroplating wastewater at different operating conditions using electro dialysis, Separation Science and Technology, 47: 2273–2280.
- Cerrillo-Gonzalez, M.M., Villen-Guzman, M., Rodriguez-Maroto, J.M., Paz-Garcia, J.M. (2024). Metal recovery from wastewater using electro dialysis separation, Metals, 14(38): 1-18.

- Fu, F., Wang, Q. (2011). Removal of heavy ions from wastewaters: A Review, *Journal and Environmental Management*, 92: 407-418.
- Gherasim, CV., Krivcik, J., Mikulasek, P. (2014). Investigation of batch electro dialysis process for removal of lead ions from aqueous solutions, *Chemical Engineering Journal*, 256: 324-334.
- Güvenç, A., Karabacakolu, B. (2005). Use of electro dialysis to remove silver ions from model solutions and wastewater, *Desalination*, 172(1) : 7-17.
- Han, G., Wang J., Sun H., Liu B., Huang Y. (2022). A critical review on the removal and recovery of hazardous Cd from Cd-containing secondary resources in Cu-Pb-Zn smelting processes, *Metals*, 12(1846): 1-29.
- Juve, J.-M.A., Christensen, F.M.S., Wang, Y., Wei, Z. (2022). Electro dialysis for metal removal and recovery: A review, *Chemical Engineering Journal*, 435(134857).
- Lee, G. (2011). Effects of operating parameters on the removal performance of electro dialysis for treating wastewater containing cadmium, *Desalination and Water Treatment*, 35: 150-157.
- Mendoza, R.M.O., Kan, C.-C., Chuang, S.-S., Pingul-Ong, S.M.B., Dalida, M.L.P., Wan, M.- W. (2014). Feasibility studies on arsenic removal from aqueous solutions by electro dialysis, *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst, Environ. Eng.* 49(5): 545-554.
- Mohammadi, T., Razmi, A., Sadrzadeh, M. (2004). Effect of operating parameters on Pb²⁺ separation from wastewater using electro dialysis, *Desalination*, 167: 379-385.
- Pham, M.T., Nishihama, S., Yoshizuka, K. (2021). Effect of operational conditions on arsenic removal from aqueous solution using electro dialysis, *Solvent Extraction and Ion Exchange*, 39(5-6): 655-667.

Makale id= 27

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-3136-3341

| 178

RNA Dizileme Veri Analizi Yoluyla Elde Edilen Kanserli Gen İfadelerinin LSTM Derin Öğrenme Modeliyle Sınıflandırması**Dr. Öğretim Üyesi Talha Burak Alakuş¹**¹Kırklareli Üniversitesi

Özet: RNA dizileme analizi, diferansiyel ekspresyon sergileyen genler hakkında bilgi çıkarmak için özellikle değerli olmaktadır. Gen ekspresyonu, farklı hastalıkların tahminini, ilaç geliştirmeyi, evrimsel araştırmaları ve biyobelirteçlerin tanımlanmasını kapsayan çeşitli çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda kanser hastalıklarının gen ekspresyonu ile tahmin edilmesi popülerlik kazanmıştır. Ancak gen ekspresyonunun geleneksel yöntemlerle analizi yüksek boyutlu verilerden dolayı zor olmaktadır. Bu nedenle yapay zeka yaklaşımlarının önemi artmış, gen ifade verileri yapay zeka modelleriyle analiz edilmeye başlanmıştır. Bu araştırmada, farklı kanser türlerine ait gen ekspresyonu verilerinden yararlanılarak derin öğrenmeye dayalı bir tahmin modeli kullanılmıştır. Araştırma dört aşamadan meydana gelmiştir. İlk aşamada kanserle ilişkili genlere ilişkin veriler elde edilmiştir. İkinci aşamada veriler normalizasyona tabi tutularak sınıflandırma sürecine hazır hale getirilmiştir. Üçüncü aşamada, verilerin sınıflandırılması için UKSB (Uzun/Kısa Süreli Bellek) modeli tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Son aşamada ise, doğruluk, hata matrisi ve EAA (Eğri Altındaki Alan) gibi ölçümler kullanılarak modelin performansı değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda sınıflandırma modelinin doğruluğu %98,32 olmuştur. Bu çalışma ile yapay zeka destekli sistemlerin gen ekspresyon analizinde etkili olduğu gözlemlenmiş ve kanser gibi önemli hastalıkların tanısında gen ekspresyonu ve derin öğrenmenin önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rna-Dizileme, Derin Öğrenme, Kanser, Gen İfadesi

Classification of Cancer Gene Expressions Obtained by RNA Sequencing Data Analysis With LSTM Deep Learning Model

Abstract: The analysis of RNA-Sequencing is especially valuable for extracting information about genes that exhibit differential expression. Gene expression is commonly employed in diverse studies, encompassing the prediction of different diseases, drug development, evolutionary research, and the identification of biomarkers. Recently, predicting cancer diseases by gene expression has gained popularity. Yet, analysis of gene expression with traditional methods is difficult due to high-dimensional data. For this reason, the importance of artificial intelligence approaches has increased, and gene expression data has begun to be analyzed with artificial intelligence models. In this research, a predictive model based on deep learning was employed, utilizing the gene expression data from different types of cancers. The research comprised four stages. Initially, data on genes associated with cancer was acquired in the first stage. During the second stage, the data underwent normalization, rendering it prepared for the classification process. In the third stage, the study incorporated the application of LSTM (Long/Short Term Memory) for the classification of the data. In the final stage, the model's performance was assessed, employing metrics such as accuracy, ROC (Receiver Operating Characteristics) curve analysis, and confusion matrix. The conclusion of the research revealed a classification model accuracy of 98.32%. With this study, it was observed that artificial intelligence-supported systems are effective in gene expression analysis and the importance of gene expression and deep learning in the diagnosis of important diseases such as cancer is emphasized.

Keywords: Rna-Sequencing, Deep Learning, Cancer, Gene Expression

1. INTRODUCTION

Cancer originates from the abnormal growth and division of certain cells, which harm surrounding tissues and can form tumors. In some instances, these tumors can be fatal. Detecting cancer early and administering the right treatment can lower the risk of harm to surrounding cells (Zhu, Xie, Han, & Guo, 2020). The elevated mortality rates associated with cancer serve as a driving force for researchers to innovate and devise novel approaches for the early detection and classification of this disease. The most important element in cancer treatments is early diagnosis of cancer. In this case, life expectancy and quality of life increase. There are various methods for early diagnosis of cancer such as blood tests, x-ray, magnetic resonance imaging, endoscopy, genetic imaging, and histological examination. Yet, these approaches entail human resources, specialized laboratory equipment, necessitate expert interpretation, and contribute to a time-consuming and expensive diagnostic process (Cruz & Wishart, 2006; Maghayreh, Mahmood, Elkilani, & Nagi, 2019). Although early diagnosis is important, detecting cancer early is particularly challenging due to the disorderly nature of cancer cells. Because of these drawbacks, researchers are developing new strategies for early detection of cancer diagnosis. With the emergence of new technologies in the field of medicine, large amounts of cancer data can be collected and used effectively in medical research (Kourou, Exarchos, Exarchos, Karamouzis, & Fotiadis, 2015). RNA-Sequencing analysis stands out as one of the most valuable approaches in this regard. RNA-Sequencing represents a modern and widely adopted technique for identifying new isoforms and transcripts. It furnishes more normalized and less noisy data, proving advantageous for prediction and classification purposes (Wang, Xi, Sung, & Qiao, 2018; Gupta, Kleinjans, & Caiment, 2021). Nevertheless, the examination of RNA gene expression data poses significant complexity due to its high dimensions, intricate nature, and the presence of duplications in feature values (Danaee, Ghaeini, & Hendrix, 2017). Hence, there is a requirement for deep learning-supported systems to facilitate automatic feature extraction in gene expression.

Deep learning is a method of machine learning, a subfield of AI (Artificial Intelligence) research. Basically, algorithms were developed with inspiration from ANN (Artificial Neural Network) that try to imitate the functioning of the human brain. Deep learning models are designed to learn complex patterns and relationships from large amounts of data. The foundational element of deep learning is the artificial neural network, characterized by several hidden layers arranged sequentially. Data flows through these layers from the input to the output layer. As it progresses, each layer refines the information inherited from its predecessor into a more sophisticated form before passing it on. This sequential refinement allows the model to progressively identify and learn from simple to increasingly intricate features. Deep learning techniques have found widespread application across various domains, including image and audio recognition (Feng, Lu, Chen, Cai, & Li, 2020; Prashanth, Jayalakshmi, & Vedhapriyavadhana, 2024), NLP (Natural Language Processing) (Lavanya & Sasikala, 2021), bioinformatics (Alakuş, 2023), etc. Furthermore, deep learning contributes significantly to addressing intricate medical issues like identifying cancer-based genes (Alakuş & Türkoğlu, 2021). Differential analysis stands out as the crucial aspect of RNA-Sequencing studies. Traditional approaches to differential analysis typically compare tumor samples directly with their normal counterparts from the same type of tumor. This technique might not be effective in distinguishing between different tumor types due to its limited exposure to the variety of other tumor types. For a deeper insight into the origins of various tumors, comprehensive analysis with RNA-Sequencing data is indispensable (Lyu & Haque, 2018). To pinpoint the most pertinent features, many analyses focus on identifying genes that show differential expression. Therefore, it's essential to develop an approach that incorporates understanding of several tumor types into the analysis (de Guia, Devaraj, & Leung, 2019). Numerous research findings indicate the efficacy of deep learning models in conjunction with RNA-Sequencing studies. In the study (Tranchevent, Azuaje, & Rajapakse, 2019), researchers introduced a novel method for feature selection that integrates graph-based techniques with DNN (Deep Neural Network) to predict the clinical outcomes for patients with neuroblastoma. This method processed patient data using a graph-based technique to identify the key features. The effectiveness of this model was evaluated, with its accuracy being benchmarked against other classification methods, specifically SVM (Support Vector Machine) and RF (Random Forest), using the same dataset. The approach they developed demonstrated superior performance in predicting the clinical outcomes of patients compared to the other classifiers. Researchers in the study (Ryvkin, Leung, Ungar, Gregory, & Wang, 2014) developed a novel strategy

for the classification of RNA sequences by length. The researchers calculated a mismatch rate for the reads. Subsequently, genes that matched the alignment were transcribed into a BAM (Binary Alignment Map) file, which was then processed by the developed model. This approach goes beyond merely classifying small RNA sequences; it also enhances guidance for users. In another study, authors introduced a novel pipeline methodology aimed at predicting cancer patients' survival probabilities (Hassanzadeh, Phan, & Wang, 2016). Utilizing graph-based semi-supervised learning through Laplacian support vector machines, this technique was applied to assess the survival prospects for patients with kidney cancer and neuroblastoma. The method unfolds in four phases: initial preprocessing, where data is analyzed and organized into feature matrices; feature extraction, aimed at mitigating overfitting issues; model training with various algorithms; and finally, implementing a generalization approach that evaluates and assigns weights to each model based on its predictive accuracy. When compared with traditional supervised SVM techniques, this pipeline method demonstrated enhanced precision in its predictions. In another study, researchers used a deep learning model to classify cancers (Rukhsar, et al., 2022). Within the scope of the study, CNN (Convolutional Neural Network) deep learning model was used, and five different cancerous RNA sequences were analyzed. At the end of the study, it was emphasized that the deep learning model was effective in analyzing RNA sequences and cancers were successfully predicted.

Despite the advantages of RNA-Seq data in identifying gene-level variations, their utilization poses challenges due to their spatial features. For this reason, it is necessary to employ deep learning algorithms. In this study, LSTM was considered for the classification of cancer based on gene expression data. The study involved RNA-Seq data from five different tumors. The numeric RNA-Seq values of these tumors were normalized. Subsequently, relevant features were obtained, and the data were classified using LSTM model. The primary objectives of this work are outlined as follows:

- To examine the efficacy of the LSTM algorithm in classifying various types of tumors.
- To reveal the difference of artificial intelligence-supported systems from traditional approaches for detecting cancers.
- To demonstrate that artificial intelligence-supported expert systems can be developed.

The remainder of the article is organized as follows. In the second section, details about the dataset were provided. Additionally, the deep learning model and the criteria for evaluating the model's performance were also outlined. In the third section, the application results of the study were given, and the performance of the model was compared with the studies in the literature and the results were discussed. In the last section, the study was summarized, the contributions of the study were highlighted, and its future impact was referred.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data Set

The dataset was acquired from (Ferles, Papanikolaou, & Naidoo, 2018). It comprises the gene expression values associated with five distinct types of cancer: LUAD (Lung Adenocarcinoma), BRCA (Breast invasive Carcinoma), KIRC (Kidney Renal Clear Cell Carcinoma), LUSC (Lung Squamous Cell Carcinoma), and UCEC (Uterine Corpus Endometrial Carcinoma). LUAD represents a prevalent cancer type, accounting for approximately 40% of all lung cancer diagnoses. Typically, LUAD is discovered incidentally, and its growth tends to be slower compared to other forms of lung cancer. LUSC stands as the second most prevalent type of lung cancer, frequently observed in individuals who smoke tobacco. The presence of smoke particles in the air contributes to the development of LUSC cancer, with its typical location being in the central area of the lung (Anusewicz, Orzechowska, & Bednarek, 2020). BRCA is the most aggressive form of breast cancer in women. This type of cancer describes a type of breast cancer that invades into the breast tissue and spreads to surrounding tissues. Invasive carcinoma refers to a condition in which cancer cells spread beyond the boundaries of the breast tissue and into surrounding tissues (Feng, et al., 2020). KIRC stands as the most prevalent type of renal cancer, constituting 70–80% of all renal cancer cases and exhibiting a high mortality rate globally (Zhan, et al., 2015). UCEC is a term referring to cancer of the lining of the uterus (endometrium). This type of cancer occurs because of abnormal growth and proliferation of cells in the inner lining of the uterus. At first,

this type of cancer is often asymptomatic or presents with mild symptoms, so it can be difficult to detect in the early stages (Lee, Lheureux, & Oza, 2017).

The dataset contains RNA-seq data for these cancers. The number of features of each cancer sequence was determined as 971. Furthermore, the minimal amount of data pertains to LUAD cancer, with a dataset size of 162. The amount of data for LUSC and UCEC cancers are below 300, specifically 240 and 269, respectively. In contrast, the dataset for KIRC cancer comprises 537 data points, while the dataset for BRCA cancer is more extensive, totaling 878 data points.

2.2. LSTM Deep Learning Model

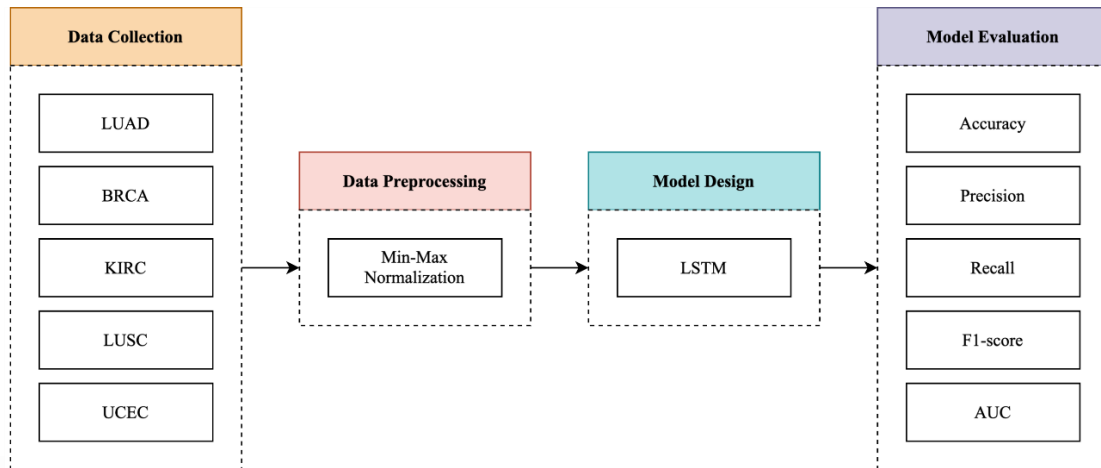
LSTM is a form of RNN (Recurrent Neural Network) model extensively applied in the domain of deep learning. The primary objective of LSTM is to efficiently grasp long-term dependencies, rendering it particularly suitable for tasks involving time series data or contexts of substantial length. LSTM addresses the challenges of "long-term dependency problems" encountered by conventional RNNs (Zhang, Zeng, & Starly, 2021). Standard RNNs frequently struggle with tasks involving long-term dependencies. The distinctive structure of LSTM, known as memory cells, is instrumental in overcoming this issue. LSTM comprises four essential components including memory cells, input gate, forget gate, and output gate. Memory cells serve as the storage for long-term information. The input gate regulates the addition of new information to the memory cell, while the forget gate governs whether existing information will be removed from the memory cells. The output gate, as the final component, controls the information that will be output from the memory cell. Thanks to this structure, LSTM can learn long-term dependencies more effectively. LSTM has been used successfully in many areas such as language processing (Deshmukh & Kiwelekar, 2020), speech recognition (Jo, Kung, & Lee, 2004), time series analysis (Dubey, Kumar, García-Díaz, Sharma, & Kanhaiya, 2021) and so on.

2.3. Evaluation Criteria

The classifiers' performance was assessed using various metrics, including accuracy, precision, recall, F1-score, confusion matrix, and ROC curve. Accuracy gauges the ratio of correctly predicted samples to the total samples, usually expressed as a percentage. It is particularly relevant in balanced classification problems, where the number of samples in each class is similar. However, in unbalanced datasets, accuracy alone may not provide a sufficient evaluation. Precision, recall, and F1-score become crucial in such cases. Precision reveals how many samples predicted as positive by the model are actually positive. It is crucial in scenarios where false positives are significant, indicating that the model's positive predictions are more likely to be accurate. Recall represents the ratio of true positives to the total number of positive samples. It is essential, especially in imbalanced datasets, as it measures the model's success in detecting the "positive" class. Recall is balanced with precision to achieve a comprehensive evaluation. F1-score is the harmonic mean of precision and recall, offering a balanced measure that rewards the model for reducing false positives and increasing true positives. The confusion matrix is a tool for evaluating classifier performance, illustrating the relationship between actual and predicted classes. It consists of four components: True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), and False Negative (FN). Rows represent actual classes, and columns represent predicted classes. The ROC curve is employed in machine learning and deep learning to analyze classification performance, visualizing the model's sensitivity and specificity. AUC (Area Under Curve) score, representing the area beneath the ROC curve, is used as an overall performance metric. AUC scores range from 0 to 1, with higher values indicating better model performance.

The study consisted of four stages. In the first stage, RNA-seq sequences of five different cancers were obtained in the data set. Then, the obtained data were normalized, and min-max normalization was employed. In the third stage, LSTM was designed, and classification was carried out by applying it to the data. In the last stage, the performance of the classifier was evaluated and accuracy, precision, recall, F1-score, and AUC score. A visual summary showing all these processes is given in Figure 1.

Figure 1. Flowchart of the Study



3. APPLICATION RESULTS AND DISCUSSION

In the research, the classification task involved the utilization of RNA-seq data from five distinct types of cancers. The predictive modeling process was carried out individually for each cancer type. To validate the model, a 10-fold cross-validation approach was employed, where the model was trained and evaluated across 10 different subsets of the dataset. For each fold, the model underwent training for 50 epochs, contributing to a comprehensive evaluation of its performance. The optimization algorithm was Adam. Additionally, the model's loss function was defined as sparse categorical cross entropy. Only 50 units of LSTM were used in the design of the model. All these parameters were determined using Keras Tuner. The classification results obtained for each fold are given in Table 1.

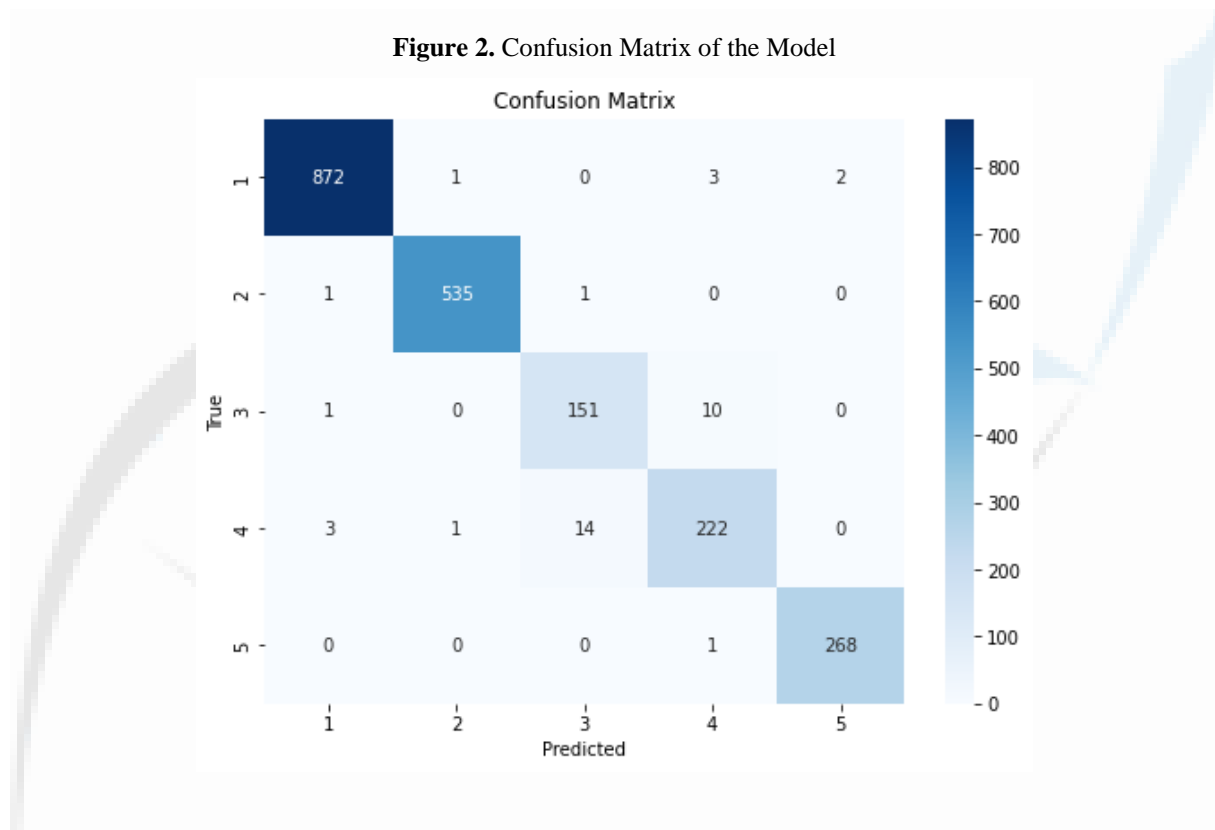
Table 1. Classification Results of the LSTM Model

Folds	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	AUC
Fold 1	99.04%	97.78%	98.33%	97.94%	0.99
Fold 2	98.08%	96.06%	96.86%	96.43%	0.99
Fold 3	98.56%	97.15%	97.69%	97.41%	0.99
Fold 4	97.61%	97.33%	94.63%	95.55%	1.00
Fold 5	98.09%	96.86%	96.34%	96.60%	0.99
Fold 6	98.56%	97.78%	97.42%	97.46%	0.99
Fold 7	98.08%	96.83%	97.04%	96.89%	0.99
Fold 8	99.04%	97.92%	97.92%	97.92%	0.99
Fold 9	99.04%	98.46%	98.33%	98.34%	0.99
Fold 10	97.12%	93.98%	94.77%	94.35%	0.99
Average	98.32%	97.01%	96.93%	96.89%	0.99

As seen in Table 1, although there are different accuracy scores between folds, the accuracy score in each fold exceeded 97%. The 10-fold cross-validation results indicated variations in accuracy scores across different folds. The lowest accuracy score was observed in the 10th fold, reaching 97.12%. On the contrary, the 1st, 8th, and 9th folds exhibited the highest accuracy scores, each achieving 99.04%. Analogous discrepancies were noted in precision, recall, F1-score, and AUC scores across the cross-

validation process. Similar to the accuracy score, the 10th fold yielded the lowest precision score at 93.98%. Conversely, the highest precision score was recorded in the 9th fold, reaching an impressive 98.46%. Contrary to the precision scores, the 4th fold exhibited the lowest recall score at 94.64%, while both the 9th and 1st folds achieved the highest recall scores at 98.33%. The F1-score echoed the trends observed in precision and recall. The 9th fold exhibited the highest F1-score at 98.34%, underscoring its overall balance between precision and recall. Conversely, the 10th fold displayed the lowest F1-score, registering at 94.35%. The AUC scores demonstrated high performance across most folds, with a perfect score of 1.00 achieved in the 4th fold. In the remaining folds, the AUC score was consistently impressive at 0.99. These variations highlight the model's performance across different subsets of the data, emphasizing the impact of data distribution on the predictive capabilities of the model.

To delve deeper into the interpretation of the results and gain insights into the performance across individual classes, a confusion matrix was computed. This matrix is depicted in Figure 2, providing a visual representation of how well the model performed in distinguishing between different classes.



The confusion matrix depicted in Figure 2 reveals the presence of five distinct classes, each labeled with the identifiers 1, 2, 3, 4, and 5. While class number 1 shows the data of BRCA cancer, class number 2 refers to the RNA-seq sequences of KIRC cancer. Specifically, class 3 corresponds to data related to LUAD cancer, whereas class number 4 encompasses data pertaining to LUSC cancer. Lastly, class labeled 5 is associated with RNA-seq sequencing data for UCEC cancer. According to the results in the complexity matrix, the proposed model correctly classified 872 of 878 BRCA (class 1) data and reached an accuracy score of 99.32% in this class. It appears that the model misclassified one data as KIRC, three data as LUSC, and the remaining two data as UCEC cancer data. In the KIRC cancer type (class 2), the LSTM model correctly classified 575 out of 577 data and reached an accuracy value of 99.63%. While one of the two misclassified data was considered to belong to the BRCA class, the other was predicted to belong to the LUAD cancer. In the dataset of class 3, representing LUAD cancer, the model accurately classified 151 out of 162 data points, achieving an accuracy score of 93.21%. Among the 11 misclassified data points, one was predicted to belong to the class representing BRCA, while the remaining 10 were erroneously categorized as LUSC. The lowest accuracy score was observed in the class 4 representing LUSC, where only 222 out of 240 data points were correctly classified, resulting in an accuracy score of 92.50%. Within this class, 3 instances were misclassified as BRCA, 1 as KIRC,

and the remaining 14 as LUAD. In the last class, UCEC (class 5), 268 out of 269 data were classified correctly and the accuracy score was 99.63%. Only 1 of the data belonging to this class was misclassified and the class of this data was evaluated as LUSC. These performances show that the developed model is successful in classifying the data in this data set.

Comparing the proposed model's performance with existing studies in the literature provides valuable insights into its significance and standing. Table 2 presents the results of other studies conducted using the same dataset for reference and comparison.

Table 2. The results of this study and other studies conducted with the same data set in the literature

Reference	Classification Model	Accuracy Result
(Rukhsar, et al., 2022)	CNN	92.72%
(Khalifa, Taha, Ali, Slowik, & Hassanien, 2020)	CNN	96.90%
<u>This work</u>	<u>LSTM</u>	<u>98.32%</u>

As can be seen from the results in Table 2, the proposed LSTM model was more effective than the remaining studies. Both studies used CNN and the results did not reach 97%. CNNs use local receptive fields to capture patterns, and while this is effective for spatial data, it may not fully capture the long-term dependencies found in time series (Vaddi & Manoharan, 2020). In addition, CNNs have no inherent memory, which means that a model in which information must be remembered from previous time steps is important for understanding time dependencies. Finally, CNNs often require large amounts of labeled data for effective training. Obtaining labeled data for time series analysis can be difficult, especially for certain areas or rare events. Due to these disadvantages, the CNN model may not have been as effective as LSTM. The LSTM model is designed to better understand and model long-term dependencies. This feature is ideal for capturing complex, long-term patterns in time series data. Moreover, the primary element of LSTM is its memory cells, specialized units capable of retaining historical information and retrieving it as necessary. This functionality empowers the model to leverage insights from preceding time steps, proving particularly valuable in the context of time series analysis. Finally, LSTM can train more complex and deep data. This ensures that it has sufficient capacity to learn the broad and diverse patterns contained in time series data. These benefits might contribute to the enhanced effectiveness of the LSTM model.

4. CONCLUSION

In this study, a classification model has been proposed to address the challenges posed by high-dimensional RNA-Seq data. The dataset encompasses information on five cancer types including kidney renal clear cell carcinoma, breast invasive carcinoma, uterine corpus endometrial carcinoma, lung adenocarcinoma and lung squamous cell carcinoma. The preprocessing involves normalizing the RNA-seq data, followed by selection using deep learning model. The final step involves a classification task employing LSTM model. The LSTM model demonstrated promising results, with the highest accuracy reaching 98.32%. Comparative analysis with existing work showed superior results, suggesting potential applications for identifying cancer-related biomarkers and conducting functional pathway analysis for each cancer type in future research. Furthermore, converting RNA-seq sequences into images and integrating deep learning architectures for feature extraction from 2D images can enhance the detection of cancer-specific biomarkers.

REFERENCES

- Alakuş, T. B. (2023). A Novel Repetition Frequency-Based DNA Encoding Scheme to Predict Human and Mouse DNA Enhancers with Deep Learning. *Biomimetics*, 8(2), 1-22.
- Alakuş, T. B., & Türkoğlu, İ. (2021). Comparing the Performance of Protein Mapping Techniques in Cancer Diagnosis Using Deep Learning. *Firat University Journal of Engineering Science*, 33(2), 547-565.

- Anusewicz, D., Orzechowska, M., & Bednarek, A. K. (2020). Lung Squamous Cell Carcinoma and Lung Adenocarcinoma Differential Gene Expression Regulation Through Pathways of Notch, Hedgehog, Wnt, and ErbB Signalling. *Scientific Reports*, 10(1-15).
- Cruz, J. A., & Wishart, D. S. (2006). Applications of Machine Learning in Cancer Prediction and Prognosis. *Cancer Informatics*, 2, 59-78.
- Danaee, P., Ghaeini, R., & Hendrix, D. A. (2017). A Deep Learning Approach for Cancer Detection and Relevant Gene Identification. *Pacific Symposium on Biocomputing*, 219-229.
- de Guia, J. M., Devaraj, M., & Leung, C. K. (2019). DeepGx: Deep Learning Using Gene Expression for Cancer Classification. *International Conference on Advances in Social Network Analysis and Mining* (pp. 913-920). Vancouver: IEEE.
- Deshmukh, R. D., & Kiwelekar, A. (2020). Deep Learning Techniques for Part of Speech Tagging by Natural Language Processing. *2nd International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications* (pp. 76-81). Bangalore: IEEE.
- Dubey, A. K., Kumar, A., García-Díaz, V., Sharma, A. K., & Kanhaiya, K. (2021). Study and Analysis of SARIMA and LSTM in Forecasting Time Series Data. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47, 1-14.
- Feng, J., Lu, Y., Chen, Y., Cai, D., & Li, G. (2020). Image Recognition of Four Rice Leaf Diseases Based on Deep Learning and Support Vector Machine. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 1-9.
- Feng, T., Zhang, P., Sun, Y., Han, X., Tong, J., & Hua, Z. (2020). Evaluation of the Role of hsa-mir-124 in Predicting Clinical Outcome in Breast Invasive Carcinoma Based on Bioinformatics Analysis. *BioMed Research International*, 2020, 1-7.
- Ferles, C., Papanikolaou, Y., & Naidoo, K. (2018, May 19). *Cancer Types: RNA Sequencing Values from Tumor Samples/Tissues*. Retrieved 2024, from Mendeley Data: <https://data.mendeley.com/datasets/sf5n64hydt/1>
- Gupta, R., Kleinjans, J., & Caiment, F. (2021). Identifying Novel Transcript Biomarkers for Hepatocellular Carcinoma (HCC) using RNA-Seq Datasets and Machine Learning. *21*, 1-15.
- Hassanzadeh, H. R., Phan, J. H., & Wang, M. D. (2016). A Multi-modal Graph-based Semi-supervised Pipeline for Predicting Cancer Survival. *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine* (pp. 184-189). Shenzhen: IEEE.
- Jo, J., Kung, J., & Lee, Y. (2004). Approximate LSTM Computing for Energy-Efficient Speech Recognition. *Electronics*, 9(12), 1-13.
- Khalifa, N. E., Taha, M. H., Ali, D. E., Slowik, A., & Hassanien, A. E. (2020). Artificial Intelligence Technique for Gene Expression by Tumor RNA-Seq Data: A Novel Optimized Deep Learning Approach. *IEEE Access*, 8, 22874-22883.
- Kourou, K., Exarchos, T. P., Exarchos, K. P., Karamouzis, M. V., & Fotiadis, D. I. (2015). Machine Learning Applications in Cancer Prognosis and Prediction. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 13, 8-17.
- Lavanya, P. M., & Sasikala, E. (2021). Deep Learning Techniques on Text Classification Using Natural Language Processing (NLP) In Social Healthcare Network: A Comprehensive Survey. *3rd International Conference on Signal Processing and Communication* (pp. 603-609). Coimbatore: IEEE.
- Lee, Y. C., Lheureux, S., & Oza, A. M. (2017). Treatment Strategies for Endometrial Cancer: Current Practice and Perspective. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology*, 29(1), 47-58.
- Lyu, B., & Haque, A. (2018). Deep Learning Based Tumor Type Classification Using Gene Expression Data. *ACM Conference on Bioinformatics, Computational Biology and Biomedicine* (pp. 89-96). New York: ACM.

- Maghayreh, E. A., Mahmood, A., Elkilani, W., & Nagi, M. F. (2019). Automated Breast Cancer Diagnosis Based on Machine Learning Algorithms. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019(1-12).
- Prashanth, A., Jayalakshmi, S. L., & Vedhapriyavadhana, R. (2024). A Review of Deep Learning Techniques in Audio Event Recognition (AER) Applications. 83, 8129-8143.
- Rukhsar, L., Bangyal, W. H., Khan, M. S., Ibrahim, A. A., Nisar, K., & Rawat, D. B. (2022). Analyzing RNA-Seq Gene Expression Data Using Deep Learning Approaches for Cancer Classification. *Applied Sciences*, 12(4), 1-17.
- Ryvkin, P., Leung, Y. Y., Ungar, L. H., Gregory, B. D., & Wang, L.-S. (2014). Using Machine Learning and High-throughput RNA Sequencing to Classify the Precursors of Small Non-coding RNAs. *Methods*, 67(1), 28-35.
- Tranchevent, L.-C., Azuaje, F., & Rajapakse, J. C. (2019). A Deep Neural Network Approach to Predicting Clinical Outcomes of Neuroblastoma Patients. *BMC Medical Genomics*, 12, 1-11.
- Vaddi, R., & Manoharan, P. (2020). Hyperspectral Image Classification Using CNN With Spectral and Spatial Features Integration. *Infrared Physics & Technology*, 107, 1-11.
- Wang, L., Xi, Y., Sung, S., & Qiao, H. (2018). RNA-seq Assistant: Machine Learning based Methods to Identify more Transcriptional Regulated Genes. *BMC Genomics*, 19, 1-13.
- Zhan, Y., Guo, W., Zhang, Y., Wang, Q., Xu, X.-j., & Zhu, L. (2015). A Five-Gene Signature Predicts Prognosis in Patients with Kidney Renal Clear Cell Carcinoma. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2015, 1-8.
- Zhang, J., Zeng, Y., & Starly, B. (2021). Recurrent Neural Networks With Long Term Temporal Dependencies in Machine Tool Wear Diagnosis and Prognosis. *Discover Applied Sciences*, 3, 1-13.
- Zhu, W., Xie, L., Han, J., & Guo, X. (2020). The Application of Deep Learning in Cancer Prognosis Prediction. *Cancers*, 12(3), 1-19.

Makale id= 37

Sözlü Sunum

ORCID ID: 44971403248

| 187

Türkiye Mimarlık Ortamında Çağdaş Cami Tasarımları: Biçimsel Anlatım ve Simgesel Değerler**Araştırmacı Mehmet Osmanlıoğlu¹**¹Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü Kocaeli, Türkiye

Özet: Türkiye Mimarlık Ortamında Çağdaş Cami Tasarımları: Biçimsel Anlatım ve Simgesel Değerler
Contemporary Mosque Designs in Turkish Architectural Environment: Formal Expression and Symbolic Values
Mehmet Osmanlıoğlu*, İbrahim Türkeri ** mosmanlioglu@gtu.edu.tr, ORCID: 1 Fen Bilimleri Enstitüsü/Mimarlık Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye 2 Mimarlık Fakültesi/Mimarlık Bölümü, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
Özet: İslam dininin tebliğ edilmesi ile başlayan tarihsel süreç içerisinde sürekli değişim gösteren cami mimarisi, bu değişim devamlılığını 20. Yüzyıla ilişkin çağdaş mimarlık çabaları ile de sürdürmektedir. İslam dininin felsefesinde camiler için biçimsel bir sınırlama olmamasına karşın, geleneksel ve kültürel simge özelliği yerleşmiş olan biçimsel ve yapısal öğeler, yenilikçi mimarlar tarafından çağdaş ve özgün yaklaşımla ele alınmaya başlamıştır. İslam ülkelerinin büyük çoğunluğunda çağdaş cami tasarımına ilişkin denemeler özellikle 20.yüzyıldan başlayarak tartışılmaya başlamıştır. Mimarlık tarihi ve eleştirisinde "özelliği ve önemli" bir alan olarak kategorize edilen cami mimarisinde inanç ve kültür sürekliliğini yalın biçimselcilik yerine, biçimsel anlatım ve simgesel değerler ile birlikte değerlendirmek mümkündür. Bununla birlikte İslam inancı camilerin ölçeğini, yapısal özelliklerini ve estetiğini bir övünme konusu yapmayı reddeder. Bu bağlamda çalışma kapsamında, cami mimarisindeki tasarımsal yaklaşımlar ele alınarak, cami mimarisinde süregelen biçimsel zorunluluklar irdelenmiştir. Türkiye mimarlık ortamında çağdaş cami mimarisine ilişkin güncel durumu, geleneksel plan özellikleri ve avlu, kubbe, minare, mihrap, minber, vaaz kürsüsü gibi yapı öğelerinin işlevsel ve simgesel değerler ele alınarak biçimsel, tasarımsal ve üslup açısından çağdaş çözüm önerileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında geleneksel camilerdeki özelliklerin çağdaş camilere yansımaları ve biçimsel benzeme ya da yenilikler, iç ve dış mekândaki süslleme ve bezeme öğeleri, kullanılan yapı malzemesi ve yapı teknolojileri açısından değerlendirilmektedir. **Anahtar Kelimeler:** Cami, çağdaş cami, biçim, simgesellik. **Abstract:** Mosque architecture, which has constantly changed throughout the historical process that started with the propagation of the religion of Islam, continues this continuity of change with contemporary architectural efforts in the 20th century. Although there is no formal limitation for mosques in the philosophy of Islamic religion, formal and structural elements that have become traditional and cultural symbols have begun to be handled with a contemporary and original approach by innovative architects. In the majority of Islamic countries, experiments on contemporary mosque design began to be discussed, especially starting from the 20th century

Anahtar Kelimeler: Cami, Çağdaş Cami, Biçim, Simgesellik.**Contemporary Mosque Designs in Turkish Architectural Environment: Formal Expression and Symbolic Values**

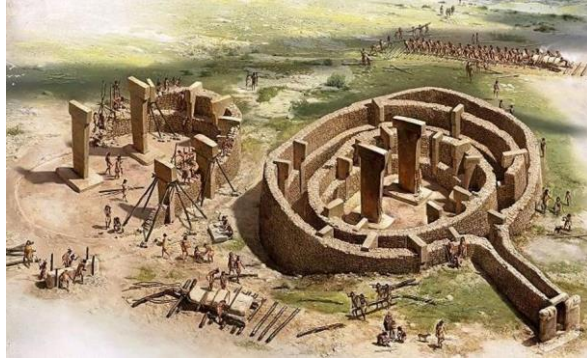
Abstract: Mosque architecture, which has constantly changed throughout the historical process that started with the propagation of the religion of Islam, continues this continuity of change with contemporary architectural efforts in the 20th century. Although there is no formal limitation for mosques in the philosophy of Islamic religion, formal and structural elements that have become traditional and cultural symbols have begun to be handled with a contemporary and original approach by innovative architects. In the majority of Islamic countries, experiments on contemporary mosque design began to be discussed, especially starting from the 20th century It is possible to evaluate the continuity of belief and culture in mosque architecture, which is categorized as a "special and important" field in architectural history and criticism, with formal expression and symbolic

values instead of plain formalism. However, the Islamic faith refuses to make the scale, structural features and aesthetics of mosques a matter of boasting. In this context, within the scope of the study, the design approaches in mosque architecture are discussed and the ongoing formal obligations in mosque architecture are examined. By discussing the current situation of contemporary mosque architecture in the Turkish architectural environment, traditional plan features and the functional and symbolic values of building elements such as courtyard, dome, minaret, mihrab, pulpit, sermon platform, contemporary solution suggestions in terms of formal, design and style have been tried to be put forward. Within the scope of the study, the reflections of the features of traditional mosques on contemporary mosques and their formal similarities or innovations are evaluated in terms of interior and exterior decoration and decoration elements, used building materials and construction Technologies. Key Words: Mosque, contemporary mosque, form, symbolism.

Keywords: Mosque, Contemporary Mosque, Form, Symbolism.

Giriş

İnsanoğlu kadim zamanlardan itibaren ibadet etmek için kendi gelenek ve kültürlerini taşıyan farklı mimari üsluplarda dini yapılar inşa etmiştir. Görünen boyutlarının ötesinde metafiziksel anlamlar yüklenen bu yapılar zaman içinde toplumsal yapı ve inanç sistemindeki değişiklikler, kültürel farklılıklar ve teknolojik gelişmelere paralel olarak biçimsel değişikliğe uğrayarak günümüze ulaşmışlardır [1].



Şekil 1. Göbekli tepe Tapınağı, Şanlıurfa, MÖ 9600-9500

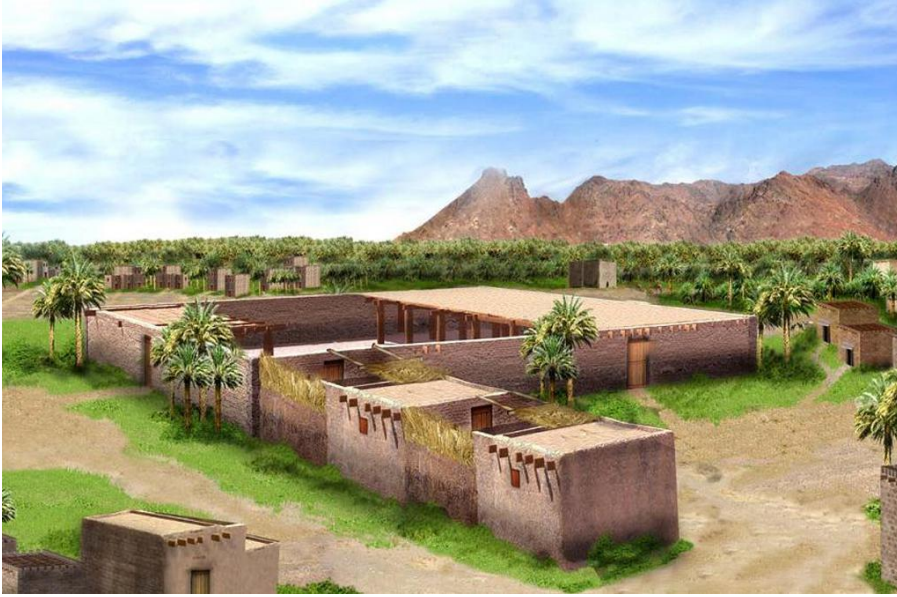


Şekil 2. Hephaistos Tapınağı, Atina'daki bir antik Yunan tapınağı, MÖ 449



Şekil 3. Kamboçya'daki Hindu tapınağı Angkor Wat

Cami mimarisi, başlangıçtan günümüze geçen yüzyıllar içinde bazı biçimsel ve simgesel yeniliklere rağmen genel olarak geleneksel karakterini korumuştur. Camiler İslam mimarisinin ibadet, politik ve simgesel niteliğinden dolayı en önemli yapısı olmasının yanı sıra, şehir merkezini oluşturma ve buluşma yeri olması açısından kamu binası özelliği de taşır. 20. Yüzyıl başlarından itibaren yapı malzemelerinin çeşitlenmesi, teknolojinin gelişmesiyle modern mimarinin de etkisiyle biçimsel, mekânsal ve simgesel değerler açısından yeni örnekler ortaya konulmaya başlanmıştır [2].



Şekil 4. Mescid-i Nebevi, tasvir



Şekil 5. Mescid-i Nebevi, Günümüzdeki hali

İslam öğretisi camiler için biçimsel bir sınırlama öngörmemesine karşın, son yüzyıla kadar geleneksel ve kültürel simge özelliği yerleşmiş olan biçimsel ve yapısal öğelerden avlu, kubbe, minare, mihrap, minber, vaaz kürsüsü cami mimarisinin değişmez arketipleri olarak kabul görmeye devam edegelmiştir. Mimarlık tarihi ve eleştirisi açısından ortaya çıkışından beri temel işlevini koruyan camiler, etkili temsil gücü, tarihi, yerel, kültür ve mimari ilişkilerini ve bölgesinin yapı kültürünü, ekonomik ve teknolojik gelişmişlik düzeylerini yansıtan özellikleriyle önemli bir kategorik alan olarak ele alınmaktadır [3].

Cami mimarisinde inançsal ve kültürel süreklilik önemli olmakla birlikte, yalın biçimselcilik yerine, biçimsel anlatım ve simgesel değerler birlikte değerlendirmek mümkündür. Çağdaş cami tasarımcılarının İslam inancı ve kültürel kökleriyle olan düşünsel mesafesi, toplumun geleneklerine bağlılığını biçimsel ısrarlar üzerinden dışa vurma ile ilintili çatışma ve cami sorunsalı, mimarlık ortamına taşınmış ve gündemden düşmeyen bir konu olarak tartışılmaktadır. Kentler – fiziki çevre çoğunlukla 15.-16.yüzyıl geleneksel cami biçim ve plan tipolojisine benzeyen, kopyalayan veya öykünen bir biçimde yapılmaya devam edegelmektedir.



Şekil 6. Kağıthane, Harmantepe Camii Görşeli,

Anıtsal mimaride ölçek algısı ve ölçeğin topluma mesajı ve bu mesajın yapı konseptine etkisinin uyumlu olması önemlidir. İslam öğretisi bir yapının biçimine ya da iç mekânına insanı doğrudan etkileyici bir anlam yüklemekten nötr bırakmakta, insanın duygusal ve metafiziksel dünyasını yönlendirmeden kendi haline bırakmaktadır. Çünkü İslam yapıya ilişkin boyut, ölçek, biçim ve malzemeye kutsiyet atfetmeyi

insana saygısızlık olarak görmektedir. İslam inancı yeryüzünün temiz olan her yerini ibadet edilebilir mekân olarak kabul eder ve biçimselliği kutsiyet alanına dahil etmeden insanı tasarımsal olarak özgür bırakmaktadır. Mekânın kutsallığı, onun fiziki yapısında değil, orada Allah'a ibadet, peygambere ve onun öğretilerine saygıda anlamını bulur. Camiler aynı zamanda İslam öğretilerinin yerel mimari kültürle kaynaşmasıyla biçimlenen mütevazı ibadet mekânları olarak ta tanımlandığından, İslam inancına göre camilerin ölçeği, yapısal özellikleri ve estetiği bir övünme konusu yapılmaması, dinin öğretileri aracılığıyla da vurgulanmaktadır.

Çalışma kapsamında Türkiye'de çağdaş cami mimarisinin mevcut durumu, geleneksel plan özellikleri ve avlu, kubbe, minare, mihrap, minber, vaaz kürsüsü gibi yapı öğelerinin işlevsel, biçimsel ve simgesel değerler ele alınarak tasarımsal ve üslup açısından çağdaş çözüm önerileri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Geleneksel camilerdeki özelliklerin çağdaş camilere yansımaları ve biçimsel benzeme ya da yenilikler, iç ve dış mekândaki süsleme ve bezeme öğeleri, kullanılan yapı malzemesi ve yapım teknolojileri açısından değerlendirilmektedir.

Türkiye'de Cami Mimarisinde Biçim ve Simgesel Değerlerin Tarihsel Bağlamı

Türkiye'de Cami Mimarisinin gelişimi açısından ele alırken, Osmanlı Mimarisinin özellikle Mimar Sinan döneminden günümüze yaşanan süreç önemlidir. Sinan, yapı tiplerini denerken tasarımlarını dönemin teknik imkân ve ihtiyaçlarını gözetererek farklı kurgu, tipoloji ve ölçeklerde ele almıştır. Usta mimar, araştırmacı yaklaşımıyla geçmişte mimarlık ve mühendislik alanındaki tarihsel tecrübe ve kültürel değerleri gözden geçirerek, elde edilen ipuçlarından faydalanarak onu çağı içinde yeniden okumaya çalışmıştır. Osmanlı Döneminde birbirini tekrar eden camiler yapılmamış, Müslümanlar yüzyıllarca farklı üsluplarla geleneklerini yorumlayarak geliştirmiş ve yeni üsluplar oluşturmuşlardır.

Doğan Kuban'a göre bir dönemin üslubunu tabulaştırıp, onu değiştirmeden tasarım kaygısı genel olarak başarısız sonuçlar doğurur. Geçmiş dönem üslubunu taklit etmek geleneğe ters düştüğü gibi, sürekli kendini tekrar etmek te mimariyi geliştirmez [4]. Cami mimarisini ilk dönemden bu yana cami içindeki değişmeden süregelen ritüellerin geçmiş yapı biçimleriyle var olan zorunlu ilişkisi nedeniyle tarihsel bağlamından bağımsız düşünmek mümkün değildir. Bu konuda en doğru yaklaşım, geçmişten kopmadan buna karşın geçmiş kalıplara da tamamen bağlı kalmadan, yapının simgesel değerleriyle geleneksel olanı, evrensel ve küresel olanla bağdaştırmak olacaktır [5].

C. Abdi Güzer, camilerin kendi işlevini aşan yapı türü olarak, şehrin anıtsal ve simgesel değeri, toplumsal toplanma ve kamusal yapı şehir merkezi olduğunu, kimliksel ve toplumsal belleği oluşturduğunu belirtir. Güzer, İslam öğretisinin ibadet mekânına yönelik esnek yaklaşım içinde olduğunu, katı bir cami tipolojisi dayatmamakla birlikte zaman içinde kubbe ve minarenin simgesel değer olarak cami tipolojisini oluşturulduğuna değinir [6].

Mimar Necip Dinç, Klasik Osmanlı Mimarisinde Cami mimari tasarımının yeterli görülmesi için yirmi farklı şartın arandığını ve bunlardan bazılarını; fonksiyon(işlevsellik), mücessemiyet (plastik etki), tali mücessemiyet (mekânlar ve elemanlar arasındaki geçiş), tenasüp (proporsiyon, oran), ritim (gözü yormayacak biçimsellik) şeklinde belirtir [7].

İslam mimarisinde ibadet mekânı olmasının yanında simgesel niteliğinden dolayı en önemli yapısı olarak nitelendirilen camiler, aynı zamanda kent içinde nirengi noktası ve buluşma mekânı olma özelliği taşır. Camiler yakın çevre ve fiziksel ortamı temsil eden, tarih, yer, kültür ve mimarlık ilişkilerinin tartışılabilirliği, toplumsal ve kentsel bir yapı türüdür. Dini mimaride farklı yerel ihtiyaçlar, inanç ve kültürün etkileri sonucunda farklı tipoloji ve simgesel öğeler, dönemin teknik imkanları ve ekonomik yapısıyla şekillenerek farklılıklar göstermiştir. İlk dönemde ihtiyaçtan doğan mihrap, minber, minare gibi bazı öğeler zamanla caminin simgesel öğesine dönüşmüş, ülkelerin yapı kültürüne göre farklı biçimsel nitelikler kazanmıştır [8].

Uğur Tanyeli caminin işlevselliğinden bahsederek, bu işlevselliğin kendine özgü akla yatkın bir dünya görüşü geliştirememiş olan modern topluma ödünç bir bakış açısı sağladığını belirtir. Dünya insanının kendi gerçeklerini başkasının gözlükleriyle batıdan görüldüğü gibi görmek istediğini, bunun boş bir çaba olduğunu ve insanın kendi durduğu noktadan bakmamak ve kendisiyle yüzleşmemeyi, özetle unutma ve cahil kalmayı yeğlediğinden bahseder. Ona göre böyle bir toplum kendinde var olanı kavramaktan uzak, varlığını unutturan bir cehaletle kültürel yabancılaşmasını sürdürerek pekiştirir. Artık o ülkede batıda

yazılan tarih ciddiye alınır, onların dergilerinde yayınlanan mimarlık çalışmaları önemsenir ve en sonunda da batıdaki bir yayın organında yayınlanan bilim adamının makalesi ona akademik unvan kazandıracak düzeyde ödünç bakış açısı hâkim olur [9].

Çağdaş Cami Tasarımlarının Önündeki Engeller: Biçimsel Anlatım ve Simgesel Değerler

Bu bölümde günümüzde çağdaş cami yapılmamasının nedenleri; “kalıplaşmış tipoloji algısı, geçmişteki belli bir dönem, üslup ve yapı öğelerinin yüceltilmesi, yapım teknolojisi ve yapı malzemelerindeki gelişme ve değişiklikler, zihinsel ve fiziksel dünyada alışılmış olanın tekrarı” şeklinde dört başlıkla ele alınacaktır.

Kalıplaşmış Bir Cami Tipolojisi Algısı

Kubbe, minare, avlu ve geleneksel plan özellikleri gibi yapı öğelerinin camiye tanımlayan tipolojiye ait örneklerin tekrarı Osmanlı Mimarisinden gelen biçimsel algının kalıplaşmasından kaynaklanır. Buna karşılık son derece mütevazı mekânlar olan ilk camilerde bu öğeler bulunmamakta, ahşap taşıyıcı dikmeleri dikdörtgen bir ana mekân ve onu örten hurma dalları veya toprak teras damları olduğu belirtilmektedir [10].



Şekil 7. Mescid-i Nebevi, maket

İlk dönemde kibleye geniş yüzüyle bakan dikdörtgen formlu plan tipi yaygındır. Bu dönemde cami mimarisinin biçimsel gelişiminde işlevsel ihtiyaçların belirleyici olmasının yanında, ilerleyen dönemlerde simgesel özellikler etkili olmaya başlamıştır [11].



Şekil 8. Samarra Ulu Camisi, Irak, 848-852

Abbasiler Döneminde camilere minare mihrap, müezzin mahfili, son cemaat mahalli ve şadırvan eklenmiş, ardından Selçuklu Camilerinde buna eyvanlı ve kubbeli mekanlar eklenmeye başlanmıştır.



Şekil 9. Ebu Dülef Camisi, Caferiye, Irak 847-861

Anadolu'da Selçuklu'nun ilk dönemindeki camiler kubbeli değildir. Erken dönem Osmanlı mimarisinde içteki taşıyıcı sistem kurgusu dışarıdan algılanmamaktadır. 14.yüzyılda cami mimarisinde strüktürel kurgunun dışardan algılanmadığı kitle denemeleri yapılmıştır.



Şekil 10. Ballıbaşa Camisi, Sivas, 1121



Şekil 11. Konya Alaaddin Camisi, 1237

Kubbe İslam ülkelerinde mekânı örtmenin yanı sıra dikkat çekmek için de kullanılıyordu. Osmanlı mimarisi kubbe mimarlığı olarak ta tanımlanır. Örtü sistemindeki ilk değişikliklerden biri 14. yüzyılın sonlarında yapılan Bursa Ulu Camisindeki 20 kubbeli modüler sistemdir. Erken Osmanlı Döneminde camiler payeli ve çok kubbeli yapılırken, 16. yüzyıl ve sonrasında Mimar Sinan'ın etkisi ve gelişen teknolojik imkanlarla, plan tipi ve taşıyıcı sistem açısından farklılıklarla kubbeli cami mimarisi olgunluğa kavuşmuştur [12]

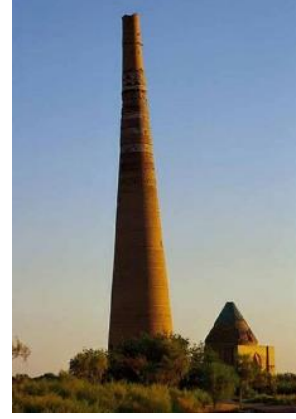


Şekil 12. Bursa Ulu Camisi, 1399

İslam mimarisinde simgesel değerlerden kabul edilen minare için kalıplaşmış bir biçim olmayıp, farklı coğrafyalarda biçimsel değişiklikler göstermiştir. Köşeli biçimdeki minarelerin kaynağı olarak çan kuleleri, Zigguratlar, Suriye'deki mezar anıtları ve kilise kuleleri gösterilmektedir. Doğu'da Türklerin etkili olduğu bölgelerde minarelerin yukarı doğru incelen silindir biçiminde, Anadolu'da batı ve doğu tarzında minareler görülmekle birlikte, çoğunlukla kare ve çokgen, kaide üzerine çokgen, kare ve silindirik gövdelidirler. Samarra Ulu camisinde Zigguratlardan esinlenerek biçimlenirken, Selçuklu minareleri ise kalın, güdük, kısa petekli tuğladan yapılmıştır [13]. Yuvarlak veya kare gövdeli sade veya bezemeli yapılan minareler İslam dünyasının doğu ve batısında farklı biçim ve malzeme kullanılarak yapılmıştır. İlk dönemde belirlenmiş özel bir formu olmayan minareler, değişik bölge ve kültürlerde taş, tuğla veya ahşaptan inşa edilmiştir. Kuzey Afrika, Endülüs ve Suriye'de birkaç katlı, korniş ve pencereci kare kule biçiminde yapılan minareler, doğuda yuvarlak ve ince gövdelidir. Zamanla cami mimarisinin simgelerinden biri haline gelen minare Osmanlı Klasik döneminde ideal forma ulaşmıştır [14].



Şekil 13. Abbasi, Samarra, 852



Şekil 14. Timurlular Minaresi,



Şekil 15. Kutup Minar, Delhi, Hindistan, 14yy, 1199



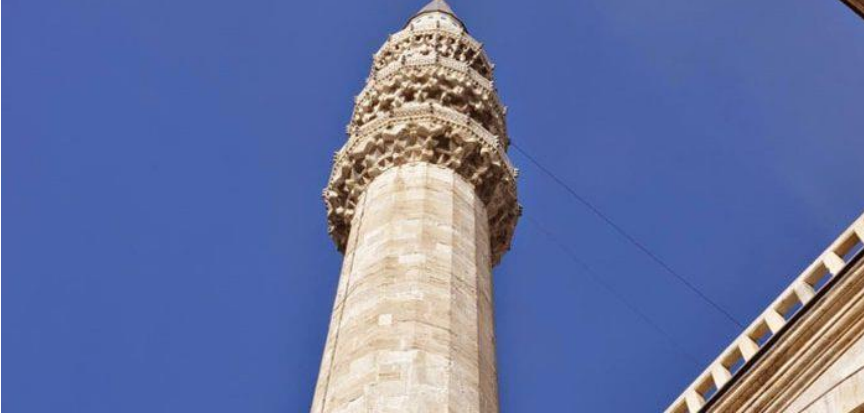
Şekil 16. İznik Yeşil Cami, Bursa, 1391



Şekil 17. Nusretiye Camisi, 1826



Şekil 18. Selçuklu, Şadırvanlı Cami, İzmir



Şekil 20. Süleymaniye Camisi, İstanbul, 1558



Şekil 21. Selimiye, Edirne, 1574

Şerefeler, camilerde minareler üzerinde bulunan ve minarenin gövdesini çepeçevre dolaşan, bir insanın dolaşabileceği genişlikte, kenarları korkuluklu, ezan okumaya yarayan yerlerdir. Minare üzerinde birden fazla bulunabilen şerefelerin, yapıldıkları dönemin mimari özelliklerini yansıtmaları açısından ayrı bir önemi vardır [15].



Şekil 22. Şerefe

İslam şehirlerinin cami merkezli kurgusunda cami ve avluları toplanma alanı olarak kullanılmaktaydı. İslam mimarisinde ilk toplu ibadet alanı olarak kabul edilen Mescid-i Nebevi; bir avlu ve onun kuzey ve güneybatı duvarlarındaki kapalı ve yarı açık mekanlardan oluşmuştu. Bu cami yönetim ve toplum ile alakalı meselelerinin görüşüldüğü, eğitim ve öğretimin yapıldığı, çeşitli toplumsal olayların gerçekleştiği mekân işlevi görmüş ve değişik işlevli mekanlar arasındaki bağlantı büyük avlularla sağlanmıştır. İslamın yayılmaya başladığından itibaren sürekli gelişen camilerin ilk örneği Araplar tarafından oluşturulmuş ve bu dönemde kare veya dikdörtgen biçimindeki plan şemasıyla avlulu camilere rastlanmıştır. Avlular bu kapalı mekanlara sonradan eklenmiş, merkezi planlı ve kubbeli camileri revaklı avlular izlemiştir. İç mekânı genişletmek için zamanla kubbeler büyütülmüş, avlu köşelerine minareler yerleştirilmiştir [16].



Şekil 23. Revaklı avlu

Çağımızda benzer tipolojideki camilerin tekrarındaki en önemli nedenleri olarak toplumsal taleplerin geleneksel tipolojide yoğunlaşması, geçmişten referansla yeni bir mimari üslup geliştirilememesi ve İslam mimarlık tarihinin yeterince bilinmemesi sayılabilir. Cami tasarımında mimari geçmişi derinlemesine araştırıp incelemeyen, çağdaş malzeme ve teknolojiyle 16.yüzyıl camilerini yapma çabası, geçmişte ideal tip olarak kabul edilenlerin tekrarı olmaktan kurtulamamakta, bunlar estetik ve anlamsal değerini yitirerek tekrar edilmektedir [17].

Geçmişteki Belli Bir Dönem, Üslup ve Yapı Öğelerinin Yüceltilmesi

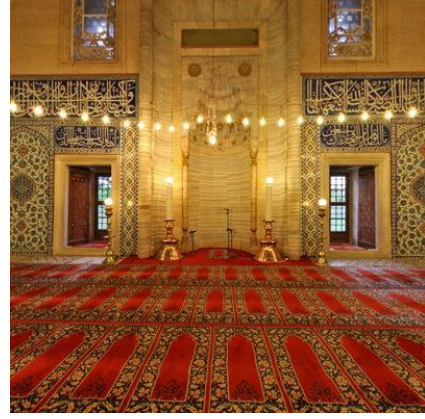
Cami mimarisi İslamın ortaya çıkışıyla birlikte topluca ibadet edilecek bir mekâna olan ihtiyaçtan oluşturulmuştur. İbadetin getirdiği kurallar, cami içinde işlevsel öğeleri doğurmuştur. Ezan okumak için minare, kible yönünü göstermek için mihrap, hutbe için minber ve vaaz vermek için de kürsüler hep ihtiyaçtan ortaya çıkmıştır. Ancak İslami bakış açısı yalın olarak yararlılık ilkesiyle sınırlı kalmadan, yapılan her işi en güzel yapma kuralı İslam estetiğini oluşturmuş ve sonunda ihtiyaçtan ortaya çıkan her nesne bir sanat eserine dönüşmüştür.

Türkiye’de yapılmakta olan camilerde çoğunlukla 16.yüzyıl Klasik Osmanlı Dönemi Mimar Sinan eserlerinin benzer ya da taklitleri örnek alınmıştır. Bu dönemin seçilmesinde Mimar Sinan’ın cami mimarisine getirdiği yenilikler, kubbeyi biçimsel ve işlevsel olarak en ileri düzeyde ele alması ve kemerler, duvarlar, ayaklar ve sütunları ile ağırlık kuleleri gibi yapı öğelerini kullanmanın önemli payı vardır. Mimar Sinan en önemli özelliklerinden biri olan tasarımlarında geçmiş tecrübelerden faydalanarak yerine göre en uygun çözümleri önermesi ve benzer karakter ve nitelikteki iki boyutlu plan şemasından farklı taşıyıcı sistem ve mekânsal düzenlemeler oluşturmasıyla öne çıkmasıdır. Yaptığını bir daha tekrarlamamış, her defasında kendini ve mimarisini yenileyerek geliştirmiştir. Geçmişte inşa edilen biçimsel ve sembolik değerler, yerel ve geleneksel değerler çağdaş anlamını yenilikçi tasarımlarda bulacaktır. Sürekli kendini yenileyip geliştiren Mimar Sinan’ın 16.yüzyıl biçim ve plan şemasını ideal kabul edip cami tipolojisini donduran ve geleneksel tasarımları değişmez ve sorgulanamaz varsayan anlayış, Mimar Sinan’ın yaklaşımına da uygun değildir [18].

Kible İslamın ilk döneminde renkli bir çizgi, bir kaya parçası veya alçı bir levha ile belirtilmekteydi. Kible duvarı üzerinde yer alan mihraplar özenli bezemesiyle harime girildiğinde ilk dikkatini çeken öğeler arasındadır [20]. Mihrap, savaşmak anlamındaki harp kökünden türemiş, cami, mescit ve namazgâhlarda kibleyi ve imamın namazda duracağı yeri belirleyen mimari yapı öğesidir. Mihrap, kible yönünü göstermenin yanında, imamın namaz kılacağı yer bir nişle sınırlandırılarak camiye bir saf daha fazla alınmasını sağlar [19].

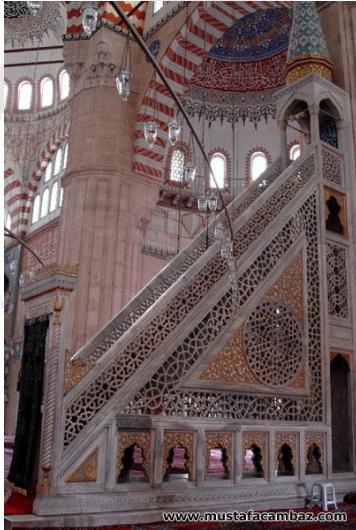


Şekil 24. Kible duvarı

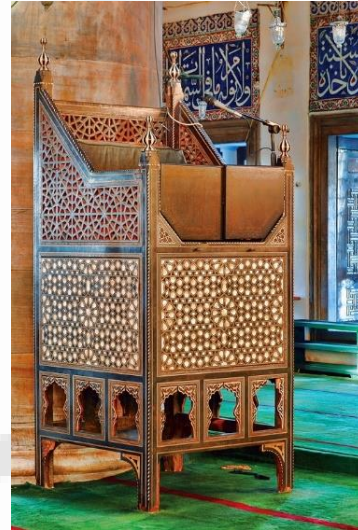


Şekil 25. Mihrap

Minber yükselerek çıkılan yer anlamına gelen, camilerde hatibin hutbe okumak için çıktığı basamaklı mimari yapı ögesidir. Hz. Muhammet mescitte ilk dönemde hurma kütüğüne yaslanarak hutbelerini ayakta okumuş, daha sonra ashap, biri oturma yeri olan üç basamaklı sade bir minber yaptırmıştır. Minberler, mihrap ve minare gibi camiye ait litürjik öge olarak ihtiyaç duyulan ve ibadeti kolaylaştırıp devamlılığı sağlayan önemli mimari öğelerdendir [20].



Şekil 26. Minber



Şekil 27. Vaaz Kürsüsü

Vaaz Kürsüsü, genellikle mihrabın sol tarafına, çoğunlukla kible duvarına yerleştirilen, vaizin konuşma yaptığı, merdivenle çıkılan bir mimari öğedir. İslam ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de diğer vaaz kürsüleri camilerin vazgeçilmez yapı öğelerindendir [21]. Günümüzde sadece Cuma ve bayram hutbeleri için kullanılan minber, başlangıçta vaaz kürsülerinin de görevini üstlenmekteydi [22].

Yapım Teknolojisi ve Yapı Malzemelerindeki Gelişme ve Değişiklikler

Yapım teknolojisindeki gelişmişlik düzeyi ve yeni malzeme kullanım imkanları mimarının gelişimiyle yakından ilişkilidir. Osmanlı Dönemindeki camilerdeki kubbe büyüklüğü ve geçmiş olduğu açıklık Doğu Roma’ya göre daha fazladır. Osmanlı dini yapılarındaki kubbe kullanımı zaman içinde gelişerek Mimar Sinan’ın Selimiye Camisinde dönemin yapım teknolojisi açısından en üst çözümüne ulaşılmıştır.

Bilim ve teknolojiye hızlı gelişmeler mimari tasarım süreci, malzeme ve yapım sistemlerini etkileyerek mimaride yeni farklı biçimlerin uygulanmasına imkân sağlamıştır. Bilişim teknolojisindeki gelişmeler tasarım sürecinin bütünsel ölçüde ele alınmasına vermiştir.

Mimarlığın bileşenleri olan; taşıyıcı sistem, malzeme, üretim tekniği ve biçim birlikte değerlendirildiğinde biçimsel ve mekânsal tasarım alanı genişler. Geçmişte malzeme taşıyıcıyı belirlediğinden tasarımı doğrudan etkilerken, günümüzde yeni malzeme ve teknolojik imkânlarla eskiden ütöpik ve karmaşık gelen tasarımlar gerçekleştirilebilir. Malzeme kullanımı, günümüzdeki yapım imkanlarıyla taşıyıcı sistemden bağımsız, tasarımcının belirleyeceği biçim ve estetiğe değer katan bir araç haline gelmiştir [23].

Zihinsel ve Fiziksel Dünyada Alışılmış Olanın Tekrarı

Türkiye’de Osmanlı’dan gelen değer ve geleneklere bağlılık alışkanlığı, tasarım ve düşünce alanındaki tekrarlar ve küresel karar vericilere tepkinin yansıması olarak değerlendirilebilir. Günümüzdeki cami mimarisindeki geçmiş kalıplara bağlı biçimsel benzerlik ve taklit alışkanlığının geleneklere bağlılıkla ilişkisinin izleri görülür.

Medeniyetler toplumlarından güç alarak bütün alanlarda yeni ve özgün açılım ve yorumlar geliştirirler. Mimarlıkta da aynı durum geçerli olup, ortaya çıkan üslup ya da uygulamalar toplumsal gelişmelere bağlıdır. Gelenekçi tutumla, geçmişe ilişkin uygulamalar, değişik koşullara sahip yeni dönemde de tekrar edilmeye devam etmektedir. Eski döneme ait özgün uygulama, değişik koşullara sahip yeni dönemde tekrarlanmaktadır. Burada yapılması gereken toplumun kendine ait özgün ve yeni yorumlar geliştirmesidir. Bununla özgün bir medeniyet tasavvuru geliştiren toplumlar, özgün sanat ve mimariyi de geliştirecektir.

Yerel farklılık ve zenginlikleri en aza indiren küreselleşme karşılığı da milli ve yerel değerlerle daha fazla bağ kurmayı gerektirir. Bu da geçmişte alışılan mimari üsluba, cami tipolojisine yöneltilir. Bu alışkanlığın devam etmesinde cami yaptıran kişi, kurum ve kuruluşların tercihlerinin de önemli rolü vardır. Geleneğin devamı yönündeki çabalar, yeni olanın tepki ile karşılanması sonucunu getirmekte ve klasik dönem cami tipolojisi hakimiyetini sürdürmektedir [24].

Sonuç ve Değerlendirme

İslam öğretileri ibadetin yalın bir biçimsellikten öte, ruhla beden bütünlüğüyle anlamını bulduğunu ve bu eylemlerin temsil etmiş olduğu değer ve simgelerin Allah’a yönelişi sağlamakta olduğunu bildirir.

21.yy Türkiye’inde “çağdaş cami” çabaları sosyal kültürel ve ideolojik tartışmaların arasında eriyen bir algı bulutunun içerisinde yer almakta ve toplumun büyük bir kesimi tarafından 16.yüzyıl klasik cami tipolojisini tekrar etme alışkanlığı devam etmektedir. Osmanlı Dönemi’nde kendinden önceki dönem yapılarını incelemek ve sürekli yeni modeller deneme yaklaşımı söz konusuysen, günümüzde Osmanlı Dönemi’ne öykünmekle birlikte belli bir prototipi sürekli üretme yaklaşımı söz konusudur. Farklı uygulamalar, son derece sınırlı ve noktasal örnekler şeklindedir. Genel ve yaygın uygulanan tip, ana kubbenin yarım kubbelerle desteklendiği, minare sayısı değişim gösteren yapıdır. Geç Osmanlı ve Erken Cumhuriyet Dönemlerinde, Klasik Osmanlı Dönemi’ni taklit etmek yerine yeni yapılar denenmişken günümüzde söz konusu şablonun dışına çıkan uygulamalar sınırlıdır. Klasik Dönem Cami tipolojisinin tekrar edilmesine karşılık eleştiriler olmakla birlikte söz konusu yapılar toplumun geneli tarafından hâlâ kabul görmektedir. İçinde bulunulan bu durum, toplumsal algıda değişmez bir cami tipolojisinin var olduğunun düşünülmesi, tarihte mimari üslubuyla oldukça başarılı olan belli bir dönem üslubunun idealize edilmesi, teknolojiye gelişmelerin ve malzeme olanaklarının değerlendirilmemesi ve alışılanın devamının istenmesi” olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir yönüyle Türkiye mimarlık ortamı için “çağdaş cami tasarımı”, geleneksel olanın kopyalanmasına karşı duruş ve camiyi cami yapan öğelerin tarihten çağırılıp tekrar yorumlanması üzerine kurulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Özçakı, M., (2018). “Çağdaş Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme”, s.134
<http://tplondon.com/bordercrossing>, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- [2] Akbulut, N. Erarslan, A. (2017). “Türkiye’de Çağdaş Cami Mimarisi Tasarımında Yenilikçi Yaklaşımlar”, İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi 35, (33-59)
- [3] Güzer, C. A., (2009). “Modernizmin Gelenekle Uzlaşma Çabası Olarak Cami Mimarlığı”,
<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik &DergiSayi= 362&RecID=2110>

- [4] Özçakı, M., (2018). "Yorumlanan Cami Mimarisi", ulakbilge, 6(23), s.459-483.
www.ulakbilge.com
- [5] Özçakı, M., (2018). "Çağdaş Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme", s.153
http://tplondon.com/bordercrossing, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- [6] C. Abdi Güzer, (2009), "Modernizmin Gelenekle Uzlaşma Çabası Olarak Cami Mimarlığı",
http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik &DergiSayi= 362&RecID=2110
- [7] Dinç, N., (2006). "D.İ.B. Cami Projeleri İstişare Toplantısı-10-11 2006", Ankara 2007, s.33,
- [8] Sıramkaya, S.B., vd., (2018). "21. yy Cami Mimarisinde Estetik Arayışın Mekansal ve Biçimsel Analizi", s.540 ve 546
- [9] Tanyeli, U., "D.İ.B. Cami Projeleri İstişare Toplantısı-10-11 2006", Ankara 2007, s.38,
- [10] Özçakı, M., (2018). "Çağdaş Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme",s.136
http://tplondon.com/bordercrossing, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- (Antel, A. 2013: 250). ("Geçmişten Günümüze Cami Mimarisinin Gelişimi". Tokay, H., Kaptı, M., Büken Cantimur, B., Çoşkun, S. (ed.)1. Ulusal Cami Mimarisi Sempozyumu: Gelenekten Geleceğe Cami Mimarisinde Çağdaş Tasarım ve Teknolojileri. Diyanet İşleri Başkanlığı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (düzenleyen), 2-5 Ekim 2012, İstanbul. Ankara: Diyanet İşleri Başkanlığı Yayınları, 250-255.
- [11] Sıramkaya, S.B., vd., (2018). "21. yy Cami Mimarisinde Estetik Arayışın Mekansal ve Biçimsel Analizi", s.543,544
- [12] Özçakı, M., (2018). " Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme",s.136,137
http://tplondon.com/bordercrossing, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- (Karaman, Onat Güzel, 2017, 15) "Acoustical Properties of Contemporary Mosques Case Study of 'Bedirye Tiryaki Mencik Mosque', Manisa", YBL Journal of Built Environment, 5 (1): 14-30
- [13] Yurttaş, H., Gökler,B.M., (2020). "Bir Minare İki Usta", s,121,
https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1269953
- [14] ÇETİN, A. S., (2020). "Cami Mimarisi ve Detaylandırması", International Journal of Social, Political and Economic Research, Volume 7, Issue 4, 2020, s.874,
https://dergi.diyaret.gov.tr/makaledetay.php?ID=7305
- [15] Türkeri,İ.,(2016). "Türkiye'deki İslam Tapınma Mekânı Tasarımları ve Mimari Tasarım Paradigmalarının Mimari Proje Yarışmaları Üzerinden Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, 2016, s.43
- [16] Demirel, B.N.G., Nuran Kara Pilehvarian, (2018). "Osmanlı Sultan Camilerinde 'Avlu'" Yakın Mimarlık Dergisi – Nisan 2018 Cilt: 1 Sayı: 2, s.16
- [17] Gündüz,F.(2020) "TDV ansiklopedisi" 2020, Ankara, 30. cilt, 98-101
- [18] Özçakı, M., (2018). "Çağdaş Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme",s.138
http://tplondon.com/bordercrossing, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- [19] Özçakı, M., (2018). "Çağdaş Cami Mimarisi Üzerine Bir Değerlendirme",s.138-140
http://tplondon.com/bordercrossing, Submitted: 06 March 2018; Accepted: 11 April 2018
- [20] Yağmur,K., Topraklı,A.Y., (2019). "Cami Mimarisinde Kullanılan Formların Anlamsal Bağları", Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi Cilt: 12 Sayı: 65 Ağustos 2019,s.504 , Özafşar, M., Ünal, İ., Ünal, Y., Erul, B., Martı, H., Demir, M. (2013). Hadislerle İslam. (c.2, s.157-342), Ankara: DİYK (Oral, 2014, 20). Oral, Bülent (2014). Mimar Koca Sinan'ın İstanbul'daki Camilerinde Minber. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat Tarihi Anabilim Dalı, Ankara, s.20,
- [21] Yağmur,K., Topraklı,A.Y., (2019)."Cami Mimarisinde Kullanılan Formların Anlamsal Bağları", Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi Cilt: 12 Sayı: 65 Ağustos 2019,s.502 ,Yetkin, Suut

Kemal (1959). t Ankara: Ankara Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Türk ve İslam Sanatları Tarihi Enstitüsü Yayınlar

[22] Çoruhlu, Y., (2002).“TDV İslâm Ansiklopedisi”, 2002, Ankara, 26. cilt, s.573-574

[23] Kurtişoğlu, G.A., (2013). ”VI. Dini Yayınlar Kongresi , İslam, Sanat Ve Estetik, 29-30 Kasım-Ol Aralık 2013” İstanbul, s.398,

[24] Kurtişoğlu, G.A., (2013). VI. Dini Yayınlar Kongresi , İslam, Sanat Ve Estetik, (29-30 Kasım-Ol Aralık 2013” İstanbul, s.408,

| 201

KAYNAKLAR (ŞEKİLLER)

Şekil 1. <https://kayiprihtim.com/haberler/arkeoloji/gobeklitepe-gercekten-de-tapinak-miydi/>

Şekil 2. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Tap%C4%B1nak>

Şekil 3. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Tap%C4%B1nak>

Şekil 4. <https://www.islamveihsan.com/mescid-i-nebinin-ilk-hali-nasildi.html>

Şekil 5. <https://okuryazarim.com/mescid-i-nebevi/>

Şekil 6. Mehmet Osmanlıoğlu Arşivi

Şekil 7. <https://twitter.com/bahattinakyon71/status/1248324049404669952>

Şekil8. <https://www.fikriyat.com/galeri/kultur-sanat/tarihin-en-buyuk-camisi-samerra/2>

Şekil 9. <https://www.sanatin Yolculugu.com/ebu-dulef-camii/>

[9] <https://www.sanatin Yolculugu.com/ebu-dulef-camii/>

Şekil 10 <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/kirikkale/gezilecekyer/balli-camii-ve-turbesi>

Şekil 11. <https://okuryazarim.com/konya-alaeddin-cami/>

Şekil 12. <https://somuncubabaturbesi.com/bursa-ulu-camii-bursanin-kalbi/>

Şekil 13-17. <https://www.memurlar.net/album/7825/dunyanin-en-ilginc-minareleri.html>

Şekil 18. [25] <https://www.erolsasmaz.com/?oku=514>

Şekil 20. <https://www.islamveihsan.com/cevahir-minaresi.html>

Şekil 21. https://www.tripadvisor.com.tr/LocationPhotoDirectLink-g652369-d2701429-i184017601-Selimiye_Mosque-Edirne_Edirne_Province.html

Şekil 22. https://www.sabah.com.tr/kultur_sanat/2016/02/01/serefe-nedir

Şekil 23. https://twitter.com/simurg_42/status/959032808617467905

Şekil24. https://twitter.com/Seda_Ozen/status/1183292789641170944

Şekil 25. https://www.360tr.com/selimiye-cami-mihrab-panorama-sanal_Tur_236e0ddf0_tr.html

Şekil 26. https://www.mustafacambaz.com/details.php?image_id=10121

Şekil 27. <https://okuryazarim.com/caminin-bolumleri/>

Makale id= 39

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7179-1634

| 202

Melanoma Kanseri Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Residual Network Mimarilerinin Performansının İncelenmesi**Dr. Öğretim Üyesi Fatih Bal¹**
¹ Kırklareli Üniversitesi

Özet: Melanoma, melanositik hücrelerden kaynaklanan ve malign kutanöz tümörlerin gelişmesine yol açan bir cilt kanseri türüdür. Yüksek metastatik potansiyeli ve tedaviye direnci olan bu kanser türü, cilt kanserine bağlı ölümlerin çoğundan sorumludur. Bu çalışma, derin öğrenme yöntemlerinin melanoma kanseri tespiti ve sınıflandırmasında performansını incelemektedir. Melanoma kanseri görüntülerinin sınıflandırılmasında Residual Network (ResNet) mimarilerinin performansı incelenmiştir. ResNet50, ResNet101 ve ResNet152 mimarileri kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçlarına dayanarak, her üç modelin de benzer düzeyde performans sergilediği belirlenmiştir. Doğruluk, kesinlik, hassasiyet, özgüllük ve F skoru değerleri açısından incelenen modeller arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır. ROC skorları da yüksek değerlere sahiptir, ancak ResNet50 ve ResNet101'in ROC skorları biraz daha yüksek görünmektedir. Bu çalışma, Melanoma kanseri görüntülerinin sınıflandırılmasında ResNet mimarilerinin etkin bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Melanoma Kanseri, Resnet, Görüntü Sınıflandırma, Transfer Öğrenme

Investigating the Performance of Residual Network Architectures in Classification of Melanoma Cancer Images

Abstract: Melanoma is a type of skin cancer that originates from melanocytic cells and leads to the development of malignant cutaneous tumors. It has a high metastatic potential and resistance to treatment and is responsible for most deaths due to skin cancer. This study investigates the performance of deep learning methods in melanoma cancer detection and classification. The performance of Residual Network (ResNet) architectures in the classification of melanoma cancer images is examined. Based on the classification results using ResNet50, ResNet101 and ResNet152 architectures, it was determined that all three models performed at similar levels. There is no significant difference between the models in terms of accuracy, precision, sensitivity, specificity, and F-score values. The ROC scores also have high values, but the ROC scores of ResNet50 and ResNet101 seem to be slightly higher. This study shows that ResNet architectures can be used effectively in the classification of melanoma cancer images.

Keywords: Melanoma Cancer, Resnet, Image Classification, Transfer Learning

1. GİRİŞ

Melanoma, melanositik hücrelerden kaynaklanan ve malign kutanöz tümörlerin gelişmesine yol açan bir cilt kanseri türüdür (Montaudié, 2020). Yüksek metastatik potansiyeli ve tedaviye direnci olan oldukça agresif bir kanserdir (Girard et al., 2020). Melanoma, cilt kanseri vakalarının küçük bir yüzdesini oluşturmaktadır ancak cilt kanserine bağlı ölümlerin çoğundan sorumludur (J. He et al., 2016). Melanoma insidansı küresel olarak artmaktadır ve her yıl yaklaşık 132.000 vaka bildirilmektedir (Montuori et al., 2022). Melanoma kanseri, melanoma ve melanoma dışı deri kanseri olmak üzere iki ana tip olarak sınıflandırılabilir (Dultra et al., 2023). cdkn2a gibi bazı genetik mutasyonlar bireyleri bu kanser türüne yatkın hale getirebildiğinden, melanomada rol oynayan genetik faktörleri anlamak çok

önemlidir (Leachman et al., 2017). Melanoma hücreleri, tümör ilerlemesi sırasında fenotiplerini değiştirme, daha invaziv ve dediferansiye olma yeteneğine sahiptir (Granados et al., 2020).

Melanoma çeşitli yöntem ve teknolojiler aracılığıyla tespit edilebilmektedir. Deri lezyonlarının büyütme altında incelenmesini içeren dermoskopi, şu anda melanomanın klinik tespiti için en iyi yöntem olarak kabul edilmektedir (J. He et al., 2016). Dermatologlar sıklıkla tüm vücut deri muayenesi yaparak benleri ve deri lezyonlarını melanom belirtileri açısından görsel olarak incelemekte ve böylece erken teşhis ve müdahaleye olanak sağlamaktadır (Kantor & Kantor, 2009). Ayrıca, Melanoma kanserinin tespiti ve sınıflandırılması için derin öğrenme ve makine öğrenimi tekniklerinin uygulanmasını araştıran çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Dermoskopi görüntülerinden melanomanın tespitine ve sınıflandırılmasına yardımcı olmak için konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler) gibi ileri teknolojileri kullanan bilgisayar destekli tanı sistemleri geliştirilmiştir (Raza et al., 2021), (Abdullah Al Noman Majumder et al., 2021). Cilt lezyonlarını segmentlere ayırmak ve melanoma tespiti için (Codella et al., 2017), çevre dokuyu analiz etmek için derin öğrenmeyi yerleşik makine öğrenimi yaklaşımlarıyla birleştiren bir sistem önermişlerdir. (Zormpas-Petridis et al., 2019), histopatolojik görüntülerinde gelişmiş melanoma sınıflandırması için derin öğrenmeyi koşullu rastgele alanlarla entegre eden bir yöntem olan SuperCRF'yi geliştirmişlerdir. (A. Li et al., 2022), tam tarama patoloji görüntülerine dayalı kutanöz melanomanın prognozu için derin öğrenmeyi kullanmaya odaklanmışlardır. (Y. Li & Shen, 2018), melanoma tespitine yardımcı olmak amacıyla deri lezyonu analizi için derin öğrenme yaklaşımları uygulamışlardır. Bu gelişmiş teknolojiler, melanoma tespitinin doğruluğunu ve verimliliğini artırarak bu agresif cilt kanseri türünün zamanında teşhis ve tedavisine yardımcı olmaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, Melanoma kanserinin tespiti için ResNet (Residual Network) mimarilerinin, melanoma kanserinin tespitindeki sınıflandırma performansını ölçmektir. ResNet mimari ailesinin üyeleri olan ResNet50, ResNet101 ve ResNet152 mimarilerinin performansları doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), hassasiyet (sensitivity), özgüllük (specificity), F skoru, ROC skoru ve grafiği üzerinden incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

2. VERİ SETİ

Çalışma kapsamında Melanoma Kanseri görüntüleri açık kaynak bir platform olan Kaggle web sitesinden alınmıştır (Kaggle, 2024). Veri seti toplamda 13879 görüntü içermektedir. Bu görüntülerin 7289 adedi İyi Huylu (*Benign*), 6590 adedi ise Kötü Huylu (*Malignant*) görüntülerden oluşmaktadır. Modellerin eğitimi için görüntülerin %80'i eğitim (train) verisi, %20'si test verisi şeklinde ayrılmıştır. Eğitim verisinde kullanılan görüntünün %10'u ise doğrulama (validation) verisi için ayrılmıştır. Görüntü dağılımları Tablo-1'de verilmektedir.

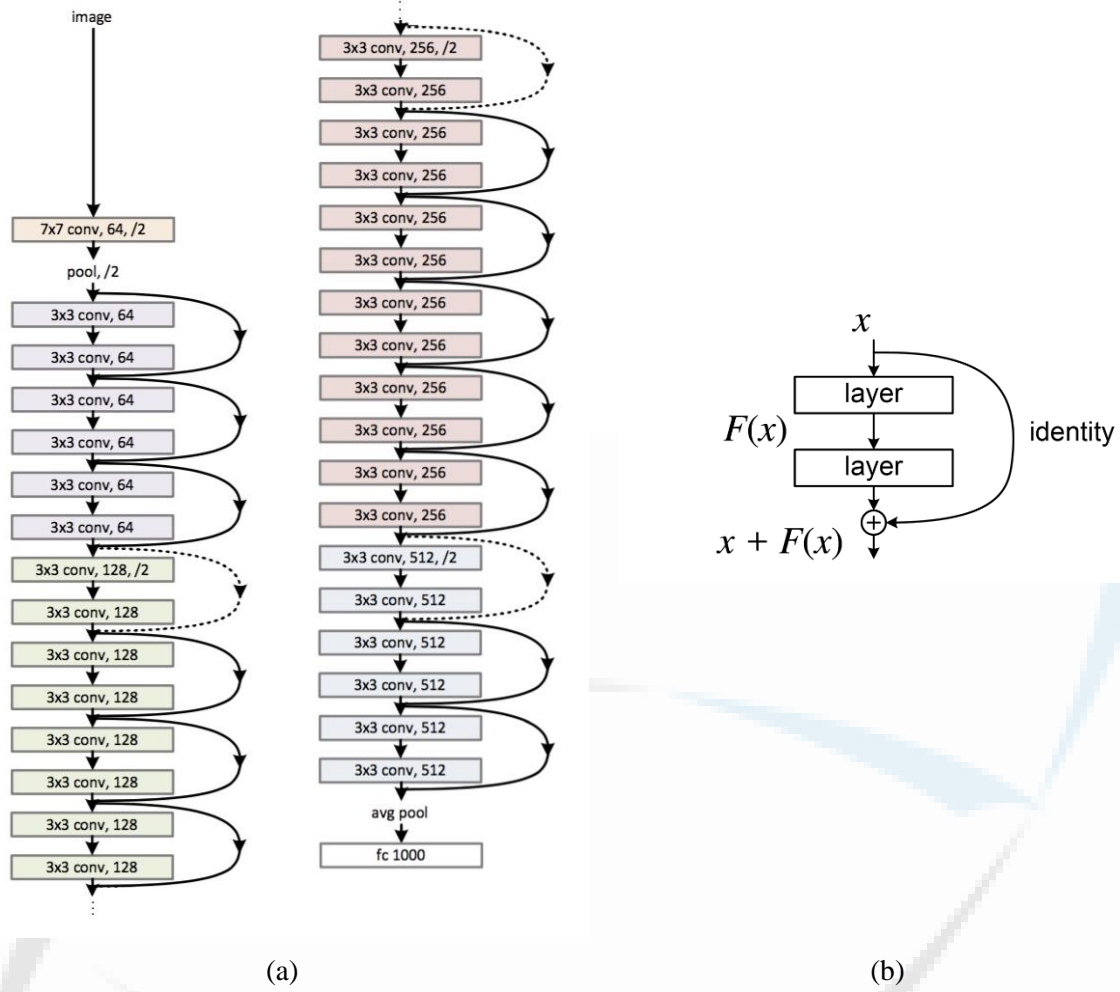
Tablo 1. Melanoma Veri Seti Görüntü Dağılımı

Sınıf	Eğitim	Test	Doğrulama	Toplam
Benign	5248	1458	583	7289
Malignant	4744	1319	527	6590
Toplam	9992	2777	1110	13879

3. KULLANILAN YÖNTEM

Çalışma kapsamında, ResNet ailesinin üyeleri olan ResNet50, ResNet101, ResNet152 mimarileri kullanılmıştır. Tüm ResNet (Artık Ağ) mimarileri He vd., tarafından Microsoft Research Asia'da tasarlanmıştır (Çınar et al., 2021). ResNet modelleri, kaybolan gradyan sorununu etkili bir şekilde ele alma yeteneği ile ünlüdür ve çok derin sinir ağlarının eğitimine olanak tanır. Bu mimari, ağı katman girdilerini referans olarak artık fonksiyonları öğrendiği ve son derece derin ağların kolaylıkla eğitilmesine olanak tanıyan artık öğrenme kavramını ortaya koymaktadır. Şekil 1'de (a) ResNet mimarisindeki artık blokların tamamını ve (b) artık blokların basit mimarisini göstermektedir.

34-layer residual



Şekil 1. ResNet Mimarisi (K. He vd., 2015)

ResNet'in en belirgin özelliği, "residual learning" veya "artıklı öğrenme" olarak adlandırılan bir tekniktir. Geleneksel olarak, derin sinir ağları daha fazla katman ekledikçe performansı artar gibi görünse de bu ekstra katmanlar modelin eğitimini daha zor hale getirir. Bunun nedeni, derin ağların "degradasyon problemi" olarak bilinen bir sorunla karşılaşmasıdır: Daha fazla katman ekledikçe, ağır eğitimi sırasında performansı düşmektedir. ResNet, bu sorunu aşmak için artıklı bloklar adı verilen özel bir yapı kullanmaktadır. Artıklı bloklar, bir giriş katmanından çıkış katmanına doğrudan bağlantılar ekler. Bu bağlantılar, katmanların bir çeşit atlam bağlantısıdır (*skip connection*) ve giriş katmanının çıkışını, çıkış katmanının çıkışıyla birleştirir. Bu sayede, ağır öğrenmesi gereken temel işlevler giriş katmanından çıkış katmanına daha rahat bir şekilde iletilebilmektedir. ResNet'in başka bir önemli özelliği ise blokların içindeki konvolüsyon tabanlı katmanların yanı sıra "identity shortcut connections" olarak adlandırılan atlam bağlantılarıdır. Bu bağlantılar, bir önceki katmanın çıktısını bir sonraki katmanın çıktısına ekler, böylece ağır öğrenmesi gereken dönüşümleri öğrenmesi daha kolay hale gelir.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kullanılan yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için ResNet mimarilerinin karmaşıklık matrisleri (*confusion matrix*) ile birlikte doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), hassasiyet (sensitivity), özgüllük (specificity), F skoru, ROC skoru ve grafiği çıkarılmış ve incelenmiştir. Mimarilerin test verilerine ait sınıflandırma performans sonuçları yüzde değerleri olarak Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. ResNet mimarilerinin sınıflandırma performans sonuçları

Model	Doğruluk	Kesinlik	Hassasiyet	Özgüllük	F Skoru	ROC Skoru
ResNet50	%74,36	%76,31	%74,36	%72,75	%73,58	%86
ResNet101	%74,54	%77,44	%74,14	%72,18	%72,98	%85
ResNet152	%72,48	%74,54	%72,48	%70,77	%71,55	%83

ResNet50, ResNet101 ve ResNet152 mimarilerine ait karmaşıklık matrisleri sırasıyla Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 3. ResNet50 mimarisi karmaşıklık matrisi

		Benign	Malignant
Gerçek Değerler	Benign	1306	152
	Malignant	560	759
		Tahmin Değerleri	

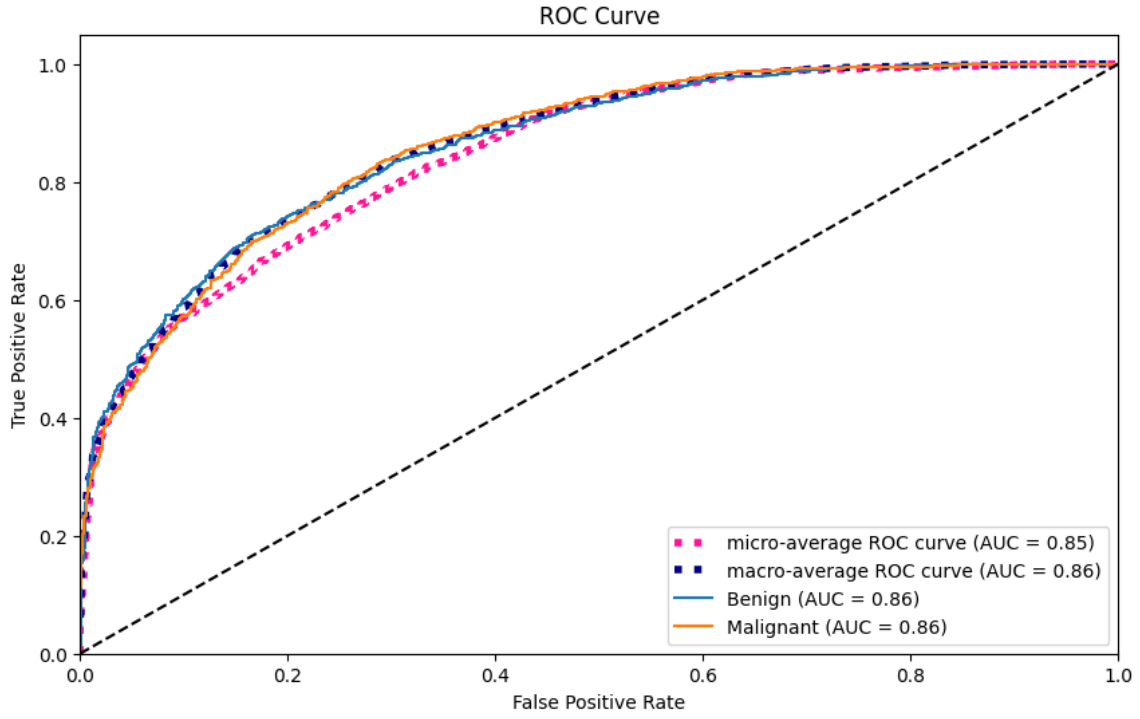
Tablo 4. ResNet101 mimarisi karmaşıklık matrisi

		Benign	Malignant
Gerçek Değerler	Benign	1352	106
	Malignant	612	707
		Tahmin Değerleri	

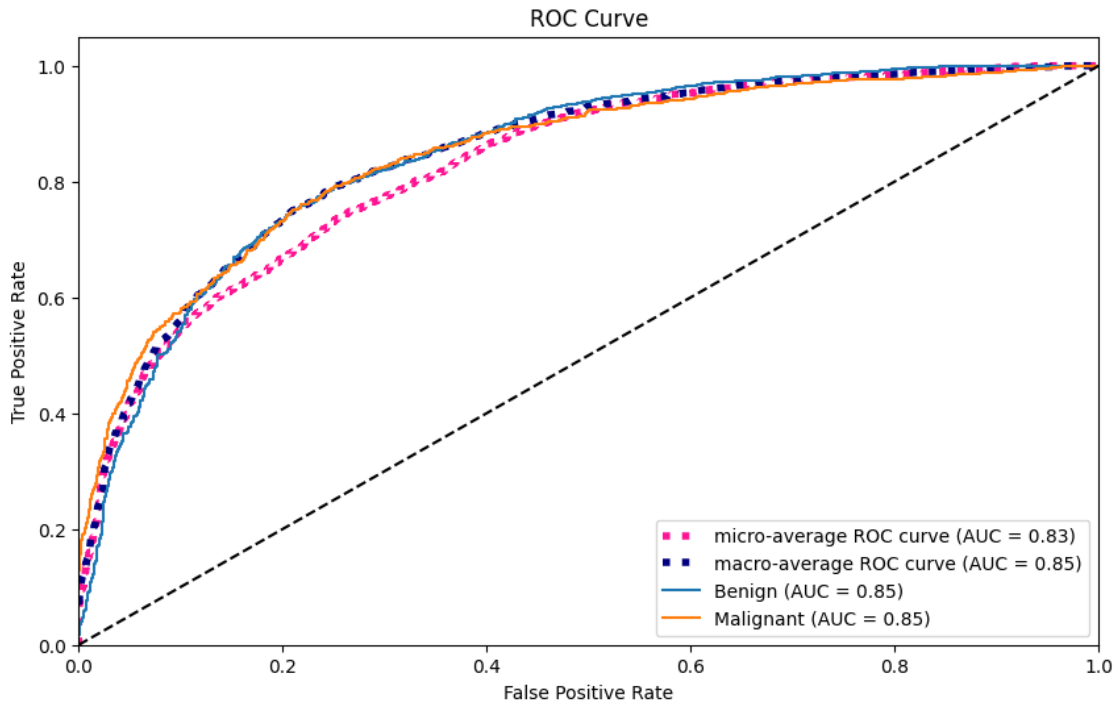
Tablo 5. ResNet50 mimarisi karmaşıklık matrisi

		Benign	Malignant
Gerçek Değerler	Benign	1294	164
	Malignant	600	719
		Tahmin Değerleri	

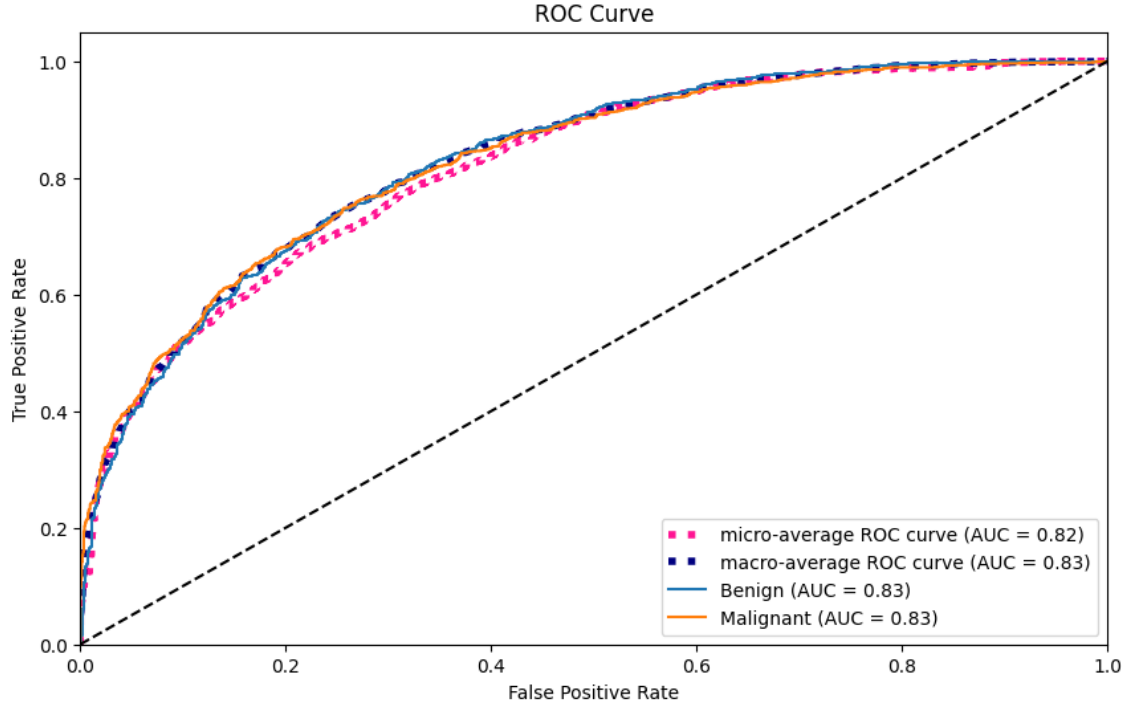
ResNet50, ResNet101 ve ResNet152 mimarilerine ait karmaşıklık ROC grafikleri sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 2. ResNet50 ROC grafiği



Şekil 3. ResNet101 ROC grafiği



Şekil 4. ResNet101 ROC grafiği

Melanoma kanseri görüntülerinin sınıflandırılmasında ResNet mimarilerinin performansını incelediğimizde, ResNet50, ResNet101 ve ResNet152 mimarilerinin benzer düzeyde performans sergilediği görülmektedir. Doğruluk, kesinlik, hassasiyet, özgüllük ve F skoru değerleri incelendiğinde, üç modelin de benzer performans gösterdiği görülmektedir. ROC skorları da benzer bir şekilde yüksek değerlere sahiptir, ancak ResNet50 ve ResNet101'in ROC skorları biraz daha yüksek görünmektedir. Karmaşıklık matrislerine bakıldığında, her üç modelin de benign ve malign sınıfları doğru bir şekilde sınıflandırdığı, ancak bazı yanlış sınıflandırmaların olduğu görülmektedir. Bu yanlış sınıflandırmalar, modelin hala iyileştirilebilecek alanlar olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, Melanoma kanseri görüntülerinin sınıflandırılmasında ResNet mimarilerinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ancak, daha fazla araştırma ve model iyileştirmesi yapılması, sınıflandırma performansının daha da artırılmasına yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- Abdullah Al Noman Majumder, M., Hossain Taief, E., Nurul Amin Bhuiyan, M., F. Mridha, M., & Kumar Saha, A. (2021). Eliminating racial bias at the time of detection Melanoma using Convolution Neural Network (CNN). In *SCRS CONFERENCE PROCEEDINGS ON INTELLIGENT SYSTEMS* (pp. 271–285). Soft Computing Research Society. <https://doi.org/10.52458/978-93-91842-08-6-27>
- Çınar, A., Yıldırım, M., & Eroğlu, Y. (2021). Classification of Pneumonia Cell Images Using Improved ResNet50 Model. *Traitement Du Signal*, 38(1), 165–173. <https://doi.org/10.18280/ts.380117>
- Codella, N. C. F., Nguyen, Q.-B., Pankanti, S., Gutman, D. A., Helba, B., Halpern, A. C., & Smith, J. R. (2017). Deep learning ensembles for melanoma recognition in dermoscopy images. *IBM Journal of Research and Development*, 61(4/5), 5:1-5:15. <https://doi.org/10.1147/JRD.2017.2708299>
- Dultra, M., Gallotti, S., & Pegas, J. R. (2023). Epidemiological analysis of skin cancer in Brazil. *Portuguese Journal of Dermatology and Venereology*, 80(2). <https://doi.org/10.24875/PJD.M22000017>

- Girard, C. A., Lecacheur, M., Ben Jouira, R., Berestjuk, I., Diazzi, S., Prod'homme, V., Mallavialle, A., Larbret, F., Gesson, M., Schaub, S., Pisano, S., Audebert, S., Mari, B., Gaggioli, C., Leucci, E., Marine, J.-C., Deckert, M., & Tartare-Deckert, S. (2020). A Feed-Forward Mechanosignaling Loop Confers Resistance to Therapies Targeting the MAPK Pathway in BRAF-Mutant Melanoma. *Cancer Research*, 80(10), 1927–1941. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-19-2914>
- Granados, K., Poelchen, J., Novak, D., & Utikal, J. (2020). Cellular Reprogramming—A Model for Melanoma Cellular Plasticity. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(21), 8274. <https://doi.org/10.3390/ijms21218274>
- He, J., Wang, N., Tsurui, H., Kato, M., Iida, M., & Kobayashi, T. (2016). Noninvasive, label-free, three-dimensional imaging of melanoma with confocal photothermal microscopy: Differentiate malignant melanoma from benign tumor tissue. *Scientific Reports*, 6(1), 30209. <https://doi.org/10.1038/srep30209>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2015). *Deep Residual Learning for Image Recognition*. <http://arxiv.org/abs/1512.03385>
- Kaggle. (2024). *Melanoma Cancer Image Dataset*. Kaggle. <https://www.kaggle.com/datasets/bhaveshmittal/melanoma-cancer-dataset/>
- Kantor, J., & Kantor, D. E. (2009). Routine Dermatologist-Performed Full-Body Skin Examination and Early Melanoma Detection. *Archives of Dermatology*, 145(8). <https://doi.org/10.1001/archdermatol.2009.137>
- Leachman, S. A., Lucero, O. M., Sampson, J. E., Cassidy, P., Bruno, W., Queirolo, P., & Ghiorzo, P. (2017). Identification, genetic testing, and management of hereditary melanoma. *Cancer and Metastasis Reviews*, 36(1), 77–90. <https://doi.org/10.1007/s10555-017-9661-5>
- Li, A., Li, X., Li, W., Yu, X., Qi, M., & Li, D. (2022). Application of Deep Learning on the Prognosis of Cutaneous Melanoma Based on Full Scan Pathology Images. *BioMed Research International*, 2022, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2022/4864485>
- Li, Y., & Shen, L. (2018). Skin Lesion Analysis towards Melanoma Detection Using Deep Learning Network. *Sensors*, 18(2), 556. <https://doi.org/10.3390/s18020556>
- Montaudié, H. (2020). Tumors: Melanoma. In *Encyclopedia of Gerontology and Population Aging* (pp. 1–11). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69892-2_781-1
- Montuori, E., Capalbo, A., & Lauritano, C. (2022). Marine Compounds for Melanoma Treatment and Prevention. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10284. <https://doi.org/10.3390/ijms231810284>
- Raza, R., Zulfiqar, F., Tariq, S., Anwar, G. B., Sargano, A. B., & Habib, Z. (2021). Melanoma Classification from Dermoscopy Images Using Ensemble of Convolutional Neural Networks. *Mathematics*, 10(1), 26. <https://doi.org/10.3390/math10010026>
- Zormpas-Petridis, K., Failmezger, H., Raza, S. E. A., Roxanis, I., Jamin, Y., & Yuan, Y. (2019). Superpixel-Based Conditional Random Fields (SuperCRF): Incorporating Global and Local Context for Enhanced Deep Learning in Melanoma Histopathology. *Frontiers in Oncology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fonc.2019.01045>

Makale id= 10

Sözlü SunumORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-3084>

| 209

Isıl İşlem Görmüş Hindi Eti Sucuklarının Mineral Düzeyleri**Doç.Dr. Ahmet Ozkaya¹, Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Güçlü Sucak²**¹Adıyaman Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü²Adıyaman Üniversitesi, Kahta Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Adıyaman

*Corresponding author: Ahmet Ozkaya

Özet: Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen ısıtılmış hindi eti sucuklarının mineral düzeyleri tespit edildi. Ulusal marketlerden temin edilen hindi eti sucuklarındaki mineral düzeyleri İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi (ICP-MS) cihazıyla ölçümleri yapıldı. Analiz sonuçlarımıza göre; Kadmiyum (Cd) tespit edilemezken, kurşun (Pb) 0.10 ppm, nikel (Ni) 0.34 ppm, demir (Fe) 45.33 ppm, çinko (Zn) 8.71 ppm, bakır (Cu) 1.86 ppm, mangan (Mn) 2.09 ppm, kalsiyum (Ca) 475.22 ppm, krom (Cr) 0.20 ppm ve alüminyum (Al) 65.50 ppm olarak tespit edildi. Sonuç olarak, ısıtılmış hindi eti sucuklarında bulunan mineral düzeylerinin sağlık açısından zararlı konsantrasyonlarda olmadığını düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: Hindi Eti Sucuğu, Mineral

Mineral Levels of Heat-Treated Turkey Meat Sausages

Abstract: In this study, mineral levels of heat-treated turkey meat sausages produced in Turkey were determined. Mineral levels in turkey meat sausages obtained from national markets were measured with an Induced Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS) device. According to our analysis results; While cadmium (Cd) could not be detected, lead (Pb) 0.10 ppm, nickel (Ni) 0.34 ppm, iron (Fe) 45.33 ppm, zinc (Zn) 8.71 ppm, copper (Cu) 1.86 ppm, manganese (Mn) 2.09 ppm, calcium (Ca) 475.22 ppm, chromium (Cr) 0.20 ppm and aluminum (Al) 65.50 ppm as was detected. As a result, we think that the mineral levels in heat-treated turkey meat sausages are not at concentrations harmful to health.

Keywords: Turkey Meat Sausage, Mineral

1.GİRİŞ

Et ürünleri insanların beslenmesinde çok önemlidir. Et içeriğindeki proteinler, lipit bileşenleri, mineraller ve vitaminler beslenmede çok önemli bir yere sahiptir. Hızla gelişen et endüstrisinde sığır ve tavuk ürünleri ön plana çıktığı görülmektedir. Ancak son yıllarda et endüstrisinde hindi eti üretimlerinde artışlar görülmektedir. Hindi etinin en önemli özellikleri arasında protein içeriğinin yüksek olması, düşük yağ içeriğine sahip olması, B grubu vitaminleri düzeyinin yüksek olması ve düşük kolesterol içeriğine sahip olmasıdır. Bu yönüyle hindi eti diğer kümes hayvanlarından daha çok diyetel ve besleyicidir (Okuskhanova, 2017; Lisitsyn, 2018; Gasilina, 2010). Hindi etinin insan metabolizmasına birçok faydaları vardır. Bunlar arasında kansızlığın önlenmesi, kalp-damar sisteminin uygun çalışmasına ve düşük hipertansiyona sahip olması en önemlilerindedir. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitlerine sahip olmasından dolayı hücrel bileşenlere desteği ve enerji kullanımında ham madde olarak kullanımı da mevcuttur (Amirkhanov, 2017; Gargaeva, 2017, De Almeida, 2006; Staykov, 2015). Et

ürünlerinden olan sucuk, et ve et yağının baharatlarla karıştırılarak doğal ve yapay kılıflara doldurulmasıyla yapılır. Elde edilen bu ürün uygun sıcaklıkta olgunlaşması sağlanır. Bu süreç uzun sürdüğü için işletmelerde yapılan sucuklara ısıtma işlemi uygulanır ve sucuğun olgunlaşma süresi birkaç güne iner. Isıtma işlemine tabi tutulan sucuklarda fiziksel ve kimyasal değişimler söz konusu olmaktadır. Bu değişimler içerisinde sucuğun tat ve renginin değişmesi, PH düzeyinin düşmesi ve oksidasyon hızının artması en önemli olan değişimlerdir (Ertaş, 1985; Gökalp 1995; Filiz, 2002; Gökalp, 2004; Ünal, 2017; Gökalp, 2002; Lawrie, 1998; Kanner, 1994). Hindi etinden sucuk yapılması için etin birçok baharatla karıştırılarak doğal ve yapay kılıflara doldurulması ile gerçekleşir. Daha sonra fermentasyona ve kurumaya bırakılır. Ayrıca, fermentasyonun hızlı gerçekleştirilmesi için ısıtma işlemine bırakılarak bu ürün elde edilir. Hindi etindeki sucuklarda taze durumunda yağ oranı % 10-20 düzeyindedir ve bu oran kurduğunda %30-40'a kadar çıkar (Yaman, 1998, Kayaardi, 2003). Et ve et ürünlerindeki mineraller düzeylerin yüksek olması nedeniyle insan beslenmesinde önemlidir. Çevresel kirlilikler nedeniyle hayvanlar etkilenmekte ve toksik maddeleri metabolizmalarına almaktadır. Hayvan metabolizmasına geçen bu toksisite gıda zinciri ile insan metabolizmasına geçmektedir. Bu alandaki tespitler son yıllarda arttığı literatürlerde gözlenmektedir. Ayrıca, çevresel koşulların etkileri yanında et ürünleri eldesinde teknolojik işlemlerde etkilemektedir (Eisler, 1988; Farkas, 2003; Mansour, 2002; Tamate, 1987; Demirezen, 2004).

Araştırmamızda, Türkiye/Adıyaman ilinde ulusal marketlerde satılan ısıtma işlemi görmüş hindi eti sucuklarda mineral düzeyleri araştırıldı.

2. YÖNTEM

Isıtma işlemi görmüş hindi eti sucuklar (2adet), Türkiye'nin Adıyaman ilindeki ulusal marketlerden temin edildi. Hindi eti sucuklar 4°C'de 1 gün buzdolabında muhafaza edildikten sonra deney aşamasında kullanıldı. Hindi etlerinden 0.250 gr alınarak Berghof-MSW-4 marka mikrodalga cihazında yakma işlemi gerçekleştirildi. ICP-MS Perkin Elmer-NexION 350X Markalı cihazında kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), nikel (Ni), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu), mangan (Mn), kalsiyum (Ca), krom (Cr) ve alüminyum (Al) mineral konsantrasyonları ölçümü yapıldı. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. Deney amaçlı alınan hindi eti örneklerin üzerine 5 ml % 65'lik HNO₃ ilave edilerek mikrodalga cihazında çözündürme işlemi gerçekleştirildi. Cd, Pb, Ni, Fe, Zn, Cu, Mn, Ca, Cr ve Al minerallerin uygun konsantrasyonlarda standart çözeltileri hazırlandı. Daha sonra tüm örneklerin ICP-MS cihazında minerallerin ölçüm analizi gerçekleştirildi (Özkaya, 2020). Ölçümler üç tekrarlı yapıldı. Hindi Eti mineral analizleri Adıyaman Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarlarında ICP-MS Perkin Elmer-NexION 350X Markalı cihazında yapılmıştır. Aşağıda mikrodalga ve ICP-MS cihazı çalışma şartları verilmiştir.

Tablo 1: Mikrodalga Cihazı Çalışma Şartları

Step	1	2	3
T (°C) (Sıcaklık)	160°C	190°C	50°C
P (bar) (Basınç)	40	40	0
Güç (%)	80	80	0
Çıkış zamanı (Dakika)	5	1	0
Zaman (Dakika)	5	15	0

Özkaya, 2020.

Tablo 2. ICP-MS Cihazı Çalışma Şartları

Bileşen / Parametre	Tür / Değer / Mod
Nebulizer	Mainhard(eşmerkezli)

Bileşen / Parametre	Tür / Değer / Mod
Üçlü Koni Arayüz Malzemesi	Nickel
Plazma Gaz Akışı	18.0 L/min
RF gücü	1500 W
Nebulizatör Gaz Akışı	0.90 L/min
Sprey Odası	Cam Siklonik
Yardımcı Gaz Akışı	1.2 L/min
Örnek Alım Oranı	1 mL/min
Örnek başına kopya sayısı	3
Kullanma usulü, çalışma şekli	STD/KED Modu Çarpışma (He gazı kullanıldı)

Ozkaya, 2020.

Tablo 3: Isıl İşlem Görmüş Hindi Sucukların Mineral Düzeyleri (ppm)

Elementler	Minimum	Maksimum	Ortalama	SE
Cd	-	-	-	-
Pb	0.071	0.12	0.10	0.02
Ni	0.228	0.46	0.34	0.11
Fe	33.98	5.66	45.33	11.34
Zn	8.69	8.73	8.71	0.02
Cu	1.865	1.87	1.86	0.003
Mn	1.63	2.55	2.09	0.45
Ca	400.35	550.09	475.22	74.87
Cr	0.18	0.23	0.20	0.02
Al	44.01	86.98	65.50	21.48

Tablo 3’de ısıl işlemi görmüş hindi eti sucukların mineral düzeyleri belirtilmiştir. Isıl işlem görmüş hindi eti sucukların içeriğinde ortalama Pb 0.10, Ni 0.34, Fe 45.33, Zn 8.71, Cu 1.86, Mn 2.09, Ca 475.22, Cr 0.20 ve Al 65.50 ppm olarak tespit edildi. Ayrıca, ICP-MS cihazı okuma şartları altında kaldığı için Cd düzeyi tespit edilemedi.

2.1. İstatistiksel Analiz

Hindi eti sucukların mineralleri düzeyleri tanımlayıcı istatistiksel değerleri SPSS 20.0 yazılım programında hesaplandı. Sonuçlar aritmetik ortalama±standart error (SE) olarak verildi.

3. TARTIŞMA

Bu çalışmada, Türkiye’de ticari amaçla üretilen ısıl işlem görmüş hindi et sucukların mineral düzeyleri tespiti araştırıldı. Et ürünleri içeriğindeki mineraller beslenme yönünden oldukça zengindir. Çevresel kirlilikler sonucunda ağır metaller su ve toprağa karışır. Çevre kirliliği olan yerlerde beslenen hayvanlar ağır metalleri metabolizmasına alır. İnsanlar ise bu hayvanların etleri ile beslenirse bu ağır metaller kendi metabolizmasına geçer ve hücresel anlamda metabolizmasında ciddi hasarlar olabilir. Araştırmalarda et ürünlerindeki minerallerin düzeylerinin önemli olduğu ve ağır metal düzeylerinin tespiti

önem arz edildiği belirtilmiştir (Eisler, 1988; Mansour, 2002; Moiseenko, 2001; Demirezen, 2004). Araştırmamızda, ısıtılmış hindi eti sucuk örneklerinde Cd tespiti ICP-MS cihazı okuma şartları altında kaldığı için tespiti yapılamamıştır. Fakat, Pb 0.10, Ni 0.34, Fe 45.33, Zn 8.71, Cu 1.86, Mn 2.09, Ca 475.22, Cr 0.20 ve Al 65.50 ppm olarak ölçümleri tespit edildi. Pb düzeyinin gıdalarda maksimum 0.4-0.5 ppm aralığında olması gerekliliği bildirilmiştir. Hindi eti sucuklarında Pb düzeyin bu değerler altında olduğu gözlemlendi (EC, 2001; FAO, 1983). Pb ağır mineraller içerisinde en tehlikesi maddeler biri olup, kan basıncını azaltmakta ve kardiyovasküler hastalıklara yol açmaktadır (Commission of the European Communities, 2001). Araştırmamızda Cu düzeyi 1.86 ppm olarak tespiti yapıldı. İnsanlarda Cu alım düzeyi sırasıyla 1-10 mg d⁻¹ aralığındadır. Fe miktarı ise bu oran 40-45 mg d⁻¹ aralığındadır. Araştırmamızda Cu ve Fe sırasıyla 1.86 ve 45.33 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçların gıdalarda bulunması gerekli konsantrasyonlarda olduğunu gözlemledik (Institute of Medicine, 2003). İnsanlar için Cr üst tolere edilebilir alım seviyesi 20-30 mg d⁻¹ olarak bildirilmiştir (Institute of Medicine, 2002). Araştırmamızda hindi eti sucuklarında Ni düzeyinin 0.34 ppm olarak düşük bir seviyede olduğu tespit edildi. Hindi eti sucuklardaki Mn düzeyi ise 2.09 ppm olarak ölçüldü. Mn alımının tolere edilebilir aralığı 2-11 mg d⁻¹ olarak rapor edilmiştir (Institute of Medicine, 2003). Araştırmamızda hindi eti sucuklarındaki Mn düzeyinin limitler arasında olduğu görülmektedir. Mn ve Zn metabolizmamızda birçok enzimin aktivasyonu için gerekli olan minerallerdir. İnsanların Zn alımının 0.2-1mg d⁻¹ aralığında olması gereklidir (Institute of Medicine, 2003). Araştırmamızda hindi eti sucuklarında Zn düzeyini 8.71 ppm olarak tespiti yapıldı. Bu düzeyin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Zn mineralinin azlığı insan metabolizmasında ciddi hasarlara neden olabileceği gibi fazlası da toksik etkiye neden olmaktadır (Agency for Toxic Substances & Disease Registry, 2004; Institute of Medicine, 2003). Araştırmamızda Ca düzeyini 475.22 ppm olarak tespit edildi. Karakök ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, hindi etlerinde Mg 47.52, Ca 16.11, Zn 4.025, Fe 4.526, Mn 0.245, Cd 0.017, Pb 0.152, Ar 0.017 ve Ni 0.327 ppm olarak tespit etmişlerdir. Ferreira ve arkadaşların hindi eti ürünleri ile yaptıkları çalışmada, Ca 11.1, Mg 20.3, Fe 1.1, P 284.5, Na 883.0, K 246.2 ve Zn 1.8 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Prylipko ve arkadaşlarının hindi etlerindeki toksik mineral tespit çalışmalarında Pb 0.08, arsenik (Ar) 0.02, Cd --, civa (Hg) – ppm olarak bulmuşlardır. Çalışmada Al düzeyi 54.17 ppm olarak tespit edilmiştir. Yapılan literatür araştırmalarında hindi eti sucuk içeriğindeki Al düzeylerine rastlanmamıştır. Sonuçlarımızdan, Türkiye’de üretilen ısıtılmış hindi eti sucuklarında minerallerin genel olarak referans aralıklarında olduğu tespit edilmiştir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından Münferit Araştırma Projesi (MAP) FEFYL/2015-0006 numaralı proje ile desteklenmiştir.

5. KAYNAKÇA

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2004). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Division of Toxicology, Clifton Road, NE, Atlanta, GA. Retrieved from <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>

Amirkhanov K, Igenbayev A, Nurgazezova A, Okuskhanova E, Kassymov S, Muslimova N and Yessimbekov Z (2017). Comparative analysis of red and white turkey meat quality. *Pakistan Journal of Nutrition*, 16(6): 412-416. DOI: 10.3923/pjn.2017.412.416.

Commission of the European Communities (2001). Commission Regulation (EC) No. 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) No. 466/2002 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Communities*, Brussels, 6 February 2002

De Almeida JC, Perassolo MS, Camargo JL, Bragagnolo N, Gross JL (2006). Fatty acid composition and cholesterol content of beef and chicken meat in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42 (1): 109-117. DOI: 10.1590/S1516-93322006000100012.

Demirezen D, Aksoy A (2004). Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). *Chemosphere*, 56(7), 685–696. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.04.011

- EC, (2001). Commission Regulation No. 466/2001 of 8 March 2001. Official Journal of European Communities 1.77/1
- Eisler R (1988). Zink Hazards to fish, Wildlife and Invertebrates: a synoptic review. US Fish Wildlife Service Biology of Reproduction, 85
- Ertaş AH (1985). Et ürünlerinin üretim teknikleri ve mikroorganizmalar. *Kükem Dergisi*, 8(2), 131-133.
- Farkas A, Salanki J, Specziar A (2003). Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water Research*, 37(5), 959–964. doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00447-5
- FAO (1983). Compilation of Legal Limits for Hazardous Substance in Fish and Fishery Products (Food and Agricultural Organization). FAO Fishery circular, 464, 5–100
- Ferreira MMC, Morgano MA, Claua dia do Nascimento de Queiroz S, Maria Bassi Mantovani D (2000). Relationships of the minerals and fatty acid contents in processed turkey meat products. *Food Chemistry* 69 259-265.
- Filiz N (2002). Yüksek Isı uygulaması ile üretilen "türk sucuklarında" starter kültür kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(1), 17-29.
- Gargaeva AG, Gurinovich GV (2017). Developing the recipes of protein-fat emulsions for poultry meat pastes. *Food processing: Techniques and Technology*, 47(4): 33- 39. DOI:10.21603/2074-9414-2017-4-33-39.
- Gasilina VA, Tatarina LI (2010). Indices of turkey white and red meat chemical composition in the industrial conditions of Krasnoyarsk region. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, no. 9, pp. 143–147. (In Russian).
- Gökalp HY (1995). Fermente et ürünleri-Sucuk üretim teknolojisi. *Standart Ekonomik ve Teknik Dergi, Özel Sayısı 34*, 48-55.
- Gökalp HY, Kaya M, Zorba Ö (2002). Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 786. Erzurum, Türkiye, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 561 pp.
- Gökalp HY, Kaya M, Zorba Ö (2004). Et ürünleri işleme mühendisliği. Erzurum, Türkiye, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 468 pp.
- Institute of Medicine (2003). Dietary Reference intakes: applications in dietary planning. subcommittee on interpretation and uses of dietary reference intakes and the standing committee on the scientific evaluation of dietary reference intakes. Washington, DC, USA, Institute of Medicine of the National Academies, The National Academies Press., 248 pp.
- Institute of Medicine (2002). Dietary Reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Washington, DC, USA, Institute of Medicine of the National Academies, The National Academy Press., 773 pp.
- Kanner J (1994). Oxidative processes in meat and meat products. *Meat Science*, 36, 169-189.
- Karakök SG, Ozogul Y, Saler M, Ozogul F. Proximate Analysis (2010). Fatty Acid Profiles And Mineral Contents Of Meats: A Comparative Study. *Journal of Muscle Foods* 21 210–223.
- Kayaardi S, Gok V (2003). Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science* 66: 249–257.
- Lawrie RA (1998). Lawrie's meat science. Abington, Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited, 442 pp.
- Lisitsyn AB, Semenova AA, Kuznetsova TG, Dydykin AS, Nasonova VV (2018). Study of the effect of sex and type of muscles on the development of quality defects in Turkey meat after the slaughter. *Foods and Raw Materials*, 6 (1):63-70. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-1-63-70.

- Mansour SA, Sidky MM (2002). Ecotoxicological Studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78, 15–22. doi: 10.1016/S0308-8146(01)00197-2.
- Moiseenko TI, Kudryavtseva LP (2001). Trace metal accumulation and fish pathologies in areas affected by mining and metallurgical enterprises in the Kola Region. *Russian Environmental Pollution*, 114(2), 285–297. doi.org/10.1016/S0269-7491(00)00197-4
- Okuskhanova E, Assenova B, Rebezov M, Amirkhanov K, Yessimbekov Z, Smolnikova F, Nurgazezova A, Nurymkhan G, Stuart M (2017). Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Veterinary world*, 10(6): 623-629. DOI: 10.14202/vetworld.2017.623-629.
- Özkaya A (2020). Determination of Fatty Acid and Mineral Levels of Heat-Processed Sausages Produced in Turkey. *Comm. J. Biol.* 4(1): 5-8. DOI: 10.31594/commagene.692019
- Prylipko T, Koval T, Kostash V, Tocarchuk T, Tsvihun A (2020). Optimization Of Recipe Turkey Meat Pate. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*. 12(4), 98-112.
- Staykov A, Vassilev K, Dragoev S, Balev D, Vlahova-Vangelova D, Valeva A and Rustemova F (2015). Inhibition of lipid oxidation in different types packaged beef by a composition of natural antioxidants. *Oxidation Communications*, 38 (2): 666-676.
- Tamate R (1987). Distribution, content and variation of minerals in meat and meat products. *Japanese Journal of Dairy and Food Science*, 36, A1
- Ünal K, Karakaya M (2017). The Effect of Clove and Cinnamon on Some Physicochemical Properties of Sucuk Produced by Different Animal Fat Types. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14 (03), 55-65.
- Yaman A, Gokalp HY, Hilmi A (1998). Some characteristics of Lactic acid bacteria present in commercial sucuk samples. *J of Meat Science* 49 (4): 387-397.

Makale id= 12

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6131-4458

| 215

Akdeniz Bölgesinde Çilek Yetiştirme Denemeleri 2016-2023**Doç.Dr. Burçak Kapur¹ , Doç.Dr. Eser Çeliktöpez¹ , Doç.Dr. Mehmet Ali Sarıdaş¹ , Prof.Dr. Sevgi Paydaş Kargı¹**¹Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi

*Corresponding author: Burçak Kapur

Özet: Çilek yetiştiriciliği tarım sektörünün kayda değer bir bölümünü oluşturmakta olup, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde önemli istihdama ve üretici gelirine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle çilek veriminin artırılması önemli ölçüde sulamanın mümkün olduğu kadar verimli yapılmasına ve etkili yetiştirme tekniklerinin kullanılmasına bağlıdır. Bu çerçevede, bu makale ekibimizin Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme tarlalarında 2016-2023 yılları arasında çilek verimini en üst düzeye çıkarmaya yönelik çalışmalarına genel bir bakış sunmaktadır. Bu bağlamda, Sulama rejimleri ve biyo-aktivatör uygulamasının çileğin verimi ve morfo-fizyolojik tepkileri üzerine etkilerini; Çeşitli sulama rejimleri ve biyo-aktivatör uygulaması altında çileklerde bulunan sağlık ve tat ile ilgili bileşikler; Sulama rejimlerine ve proline uygulamasına tepki olarak çileğin verim, kalite ve fizyolojik değişimi ile maliyet fayda analizi; Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde çileğin çeşitli plastik malç renkleri ve sulama rejimleri altında arazi verimliliği, Sulama suyu kullanım verimliliği ve meyve kalitesi; Çilek yetiştiriciliğinde internet bağlantılı elektronik sulama sisteminin değerlendirilmesi; Optimize edilmiş sulama ve sulama seviyeleri yoluyla çilek meyvesindeki ikincil bileşiklerin artırılması ve absisik asitin çileğin verimi ve meyve kalitesi üzerindeki etkileri adlı tarafımızdan yapılan çalışmalar derlenerek sunulmuştur. Böylece üreticiler için optimum sulama planlaması ve uygun yetiştirme tekniklerini öneren bu çalışmaların bulguları çilek üretiminde önemli bir kaynak olarak sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çilek, Sulama, Akdeniz, Yüksek Tünel, Biyo-Aktivatör

A Team Effort: Strawberry Cultivation Trials 2016-2023 in the Mediterranean Environment

Abstract: Strawberry cultivation is a significant part of the agricultural sector, contributing to considerable employment and farm income in Turkey's Mediterranean region. Thus, enhancing strawberry yield significantly depends on using water application as efficiently as possible and using efficient cultivation techniques. Within this framework, this paper provides an overview of our team's studies to maximize strawberry yield from 2016 to 2023 in the Çukurova University, Agricultural Faculty experimental fields. In this context we present, Irrigation regimes and bio-stimulant application effects on yield and morpho-physiological responses of strawberry; Health and taste related compounds in strawberries under various irrigation regimes and bio-stimulant application; Yield, quality and physiological variation of strawberry in response to irrigation regimes and exogenous proline with a cost benefit analysis; Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey; Evaluation of an electronic irrigation system with internet connection in strawberry cultivation; Enhancing secondary compounds in strawberry fruit through optimized irrigation and Irrigation levels and abscisic acid effects on the yield and fruit quality of strawberry in this article. So that the findings of these studies that suggests optimum irrigation scheduling and proper cultivation techniques for the producers.

Keywords: Strawberry, Irrigation, Mediterranean, High Tunnel, Bio-Stimulant

Introduction

Climate change is expected to cause droughts in various parts of the world, particularly the Mediterranean region, to occur more frequently and to persist longer. Significant issues with this scope are anticipated to develop from potential food safety risks in agricultural production. In order to mitigate water stress and its serious ramifications for the future of agriculture, it is imperative to comprehend the impacts of water stress on crops. In order to control fruit ripening in plants, regulate photosynthetic enzymes and root growth, encourage more water uptake and plant growth, and increase yield and fruit quality is therefore helpful to evaluate various irrigation regimes and increasingly popular practices for sustainable agriculture, such as the application of exogenous stimulants and various mulching types. In light of this, these ecological and sustainable methods may improve resistance to biotic and abiotic challenges like water stress, decrease transpiration to minimize water loss, and improve in stomatal closure.

The most popular and extensively grown berry fruit is the strawberry due to its great adaptability most consumed type of berry fruit (Ağaoğlu and Gerçekçiöğlü, 2013). The vital role of strawberries for human nutrition and health is a further significant aspect regarding their cultivation (Maas et. al., 1996). Strawberries are an antioxidant-rich and high-fiber fruit. Because of their high ellagic acid and phenolic component content, strawberries are also known to have anti-cancer potential (Yılmaz, 2009). One of the main objectives of sustainable agriculture is to reduce the amount of fertilizer and conserve water required in the production of several products, such as strawberries, in order to save the environment and lower input costs for farmers. The yield and fruit quality responses of strawberry species, in particular the changes in pomological features as water supply decreases or increases, are not well understood, despite studies on strawberry cultivation at various irrigation levels. Therefore, it's critical to determine how different irrigation levels and agricultural applications impact strawberry productivity and quality.

Numerous studies indicate that irrigation significantly affects the growth and fruit yield of strawberry plants (Serrano et al., 1992; Kruger et al., 1999; Yuan et al., 2004; Kapur et al., 2018; Kapur et al., 2022). Fruit size and weight were frequently reported to positively correlate with irrigation water use. Regarding this, most studies indicate that the method of irrigation used and the water used for it significantly affect strawberry productivity. Determining the frequency and intervals of irrigation can be rendered much easier by the plant's developmental stages. But in these kinds of studies, it's crucial to determine the quantity and method of irrigation at specific times, along with the link between irrigation and fruit quality and productivity. Thus, it will be feasible to develop the most appropriate irrigation program with a suitable irrigation strategy in addition to water consumption. Moreover, there is a scarcity of studies examining the relation between different irrigation schedules and treatments such as exogenous or mulching, which is why study on this topic is essential.

Consequently, the purpose of this study is to provide an overview of all the research we have conducted on strawberries between 2018-2023, which play a significant role in Turkish agriculture, in order to empower producers and researchers.

Studies Conducted Over Time (2016-2023)

2018: *Irrigation Regimes and Bio-stimulant Application Effects on Yield and Morpho-Physiological Responses of Strawberry*

Due to the significance of strawberries for Turkish farmers in the Mediterranean region, research on irrigation and methods of cultivation that impact their quality and productivity is required. This study examines the combined effects of applying bio-stimulants and implementing irrigation regimes, despite the fact that there are other separate investigations on irrigation and bio-stimulants.

The objectives of this work were, (1) to determine the response in strawberry growth and productivity to various drip irrigation regimes under high tunnels in the Mediterranean environment of Turkey, (2) to test the effectiveness of bio-stimulants on strawberry yield and water stress and (3) to provide guidance and recommendations to regional growers on irrigation water and bio-stimulant application for a specific strawberry cultivar.

The experiment was executed inside the high tunnel at the Çukurova University experimental farm (latitude: 36° 59'N, longitude 35° 27'E, 20 m above sea level). A typical Mediterranean climate prevails in the experimental area, with cool, rainy winters and hot, dry summers. The strawberry (*Fragaria-ananassa* Duch.) 'Rubygem', of short day type, earliness, good taste and aroma, was planted on November 10 [referred to as 0 d after planting (DAP)] 2015 and cropping continued until June 8, 2016. The frigo plant material was used. The high tunnel was made of a steel frame covered by 0.1 mm thick transparent polyethylene (PE) film, with a center height at 2.50 m and 0.8 m at the open sides (40 m long and 6.5 m wide).

The four irrigation treatments were designated Ir50, Ir75, Ir100, and Ir125, where the water quantities applied were 0.5, 0.75, 1.00 and 1.25 times the pan evaporation (Epan). Epan value was determined using the US Weather Service Class A pan, with a standard 120.7 cm diameter and 25 cm depth, as placed over the crop canopy in the center of the high tunnel.

The economic benefits of the agricultural sector are estimated using crop yield. The purpose of planting any crop is to achieve optimum yield and optimum quality (Yuan et al., 2004). In the current trial, the strawberry harvest ran for 105 d (February 26 to June 10). There was a significant increase in total berry yield and number of berries between the Ir50 treatment and the other irrigation regimes (Table 1).

Table 1. Effects of different irrigation regimes and bio-stimulant on fruit yield, number of fruit and fruit weight.

Fruit yield (g plant ⁻¹)					
	<i>Ir</i> ₅₀	<i>Ir</i> ₇₅	<i>Ir</i> ₁₀₀	<i>Ir</i> ₁₂₅	Mean of Application
Biost.	477.1	585.7	545.9	541.8	537.6 A
Control	318.9	521.9	505.5	493.9	460.1 B
Mean of Irr. regime	397.9 B	553.8 A	525.7 A	517.9 A	
LSDapp**= 44.8		LSDirr***= 63.3		LSDappxirr= N. S	
Number of fruits (berries plant ⁻¹)					
Biost.	29.6 c	34.1 a	33.8 ab	31.5 abc	32.2 A
Control	20.6 d	34.1 a	31.1 abc	30.2 bc	28.9 B
Mean of Irr. regime	25.1 C	34.1 A	32.4 AB	30.9 B	
LSDapp**= 1.9		LSDirr***= 2.7		LSDappxirr*= 3.8	
Fruit weight (g)					
Biost.	16.1	17.2	16.1	17.2	16.6
Control	15.5	15.3	16.3	16.3	15.9
Mean of Irr. regime	15.8	16.3	16.2	16.8	
LSDapp= N.S		LSDirr= N.S		LSDappxirr= N.S	

In spite of the trend towards increasing yield with increased irrigation water quantity (Rennquist et al., 1982; Save et al., 1993), the highest yield obtained here was in the Ir75 treatment, while yields of Ir75, Ir100 and Ir125 did not reveal any statistically significant increase. The fruit weight did not show significant change under the various irrigation regimes, although it was lower in the Ir50 treatment,

showing a 28% reduction from the Ir75 treatment. In an irrigation study of ten strawberry to cultivars, while limited water substantially reduced yield in some cultivars (40%), most still maintained yield (60%), possibly due to a reduced response to irrigation water (Grant et al., 2010).

Optimum yield was obtained in the, Ir75 irrigation regime, coupled with bio-stimulant application. Considering the large area under strawberry production in Mediterranean countries, adoption of these practices could lead to appreciable water savings (-25%). Furthermore, application of bio-stimulant positively influenced fruit dry matter by increasing nitrogen content, and enhancing the photosynthetic process, increasing stomatal conductance and leaf water potential.

2021: *Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey*

There are currently not enough studies available to examine the interactions between irrigation regimes and various colored plastic mulches and their effects on the morphological responses, fruit yield, land productivity, quality, and irrigation water use efficiency (IWUE) of strawberries grown in Turkey's Mediterranean region. Additionally, performing local trials is crucial to improving the productivity of strawberry plants through optimal water management and agricultural techniques, whether under conditions of regular excessive irrigation or water scarcity. In this context, the present research was undertaken to evaluate the effects of irrigation regimes and various colored plastic mulches on the morphological responses, yield, quality and IWUE of strawberries grown in a Spanish-type high tunnel system in order to provide an economical way to improve production.

The main plot of this study was intended to be covered by irrigation, while the sub plots were covered by various mulches, including 0.05 mm thick silver on black (S), black (B), transparent (T), and no mulch (N). The water amounts applied to the two irrigation treatments, identified as Ir50 and Ir100, were 0.5 and 1.00 times the pan evaporation (Epan).

The findings indicate that the color of the mulching material has significant effects on the land productivity and IWUE as well as fruit numbers, weights, and yields of strawberry plants (Table 2). The land productivity, IWUE and fruit yield were superior when S mulch was used, and when N mulch was used, the lowest yield parameters were obtained, which aligns with the results obtained by Angrej and Gaur (2007), Parmar et al. (2013) and Sun et al. (2015) when investigating strawberries, watermelons and peanuts. Moreover, the utilization of S mulch yielded superior land productivity at 8.6, 13.7, and 23.1 t ha⁻¹, in comparison to B, T, and N mulch, which is a noteworthy aspect for farmers (Lozano et al., 2016). According to Saeid and Mohammed (2015), a longer period of moisture retention and soil water content availability results in an improved uptake of nutrients for an ideal yield at suitable soil temperatures, which can be linked to a better yield.

Table 2. Mulch and Irrigation performance indicators: Number of fruits (berries plant⁻¹), Fruit weight (gr), Fruit yield (g plant⁻¹), Fruit yield (g plant⁻¹), Land productivity (t ha⁻¹), IWUE (kg m⁻³)

		No mulch	Transparent	Black	Silver	Mean of Irr.
Number of fruits (berries plant ⁻¹)	Ir50	23.9	31.4	33.6	42.9	32.9 B ^z
	Ir100	35.2	39.2	42.3	52.0	42.2 A
		29.6 C	35.3 BC	37.9 B	47.5 A	
		LSD _i ***= 3.85	LSD _m ***= 5.45	LSD _{ixm} = NS		
Fruit weight (gr)	Ir50	13.4c	19.2 a	18.6 ab	16.2 b	16.9 B
	Ir100	21.1 a	19.5 a	20.4 a	19.7 a	20.2 A
		17.2 B	19.4 A	19.5 A	17.9 AB	
		LSD _i *= 1.26	LSD _m ***= 1.79	LSD _{ixm} **= 2.52		

		No mulch	Transparent	Black	Silver	Mean of Irr.
Fruit yield (g plant ⁻¹)	Ir50	322.1 e	603.9 d	624.6 cd	693.4 cd	560.9 B
	Ir100	735.8 bc	744.0 bc	849.2 b	1028.3 a	839.3 A
		528.9 C	673.9 B	736.9 B	860.8 A	
		LSD _i ***= 65.3	LSD _m ***= 92.4	LSD _{ixm} **= 130.6		
Land productivity (t ha ⁻¹)	Ir50	22.6 e	42.3 d	43.7 cd	48.5 cd	39.3 B
	Ir100	51.5 bc	52.1 bc	59.4 b	71.9 a	58.7 A
		37.1C	47.2B	51.6 B	60.2A	
		LSD _i **= 8.28	LSD _m ***= 5.93	LSD _{ixm} **= 8.38		
IWUE (kg m ⁻³)	Ir50	7.8 e	14.7 bcd	15.2 bc	16.9 ab	13.7
	Ir100	13.0 cd	13.1 d	15.0 bcd	18.1 a	14.8
		10.4C	13.9B	15.1B	17.5A	
		LSD _i = N. S.	LSD _m ***= 1.63	LSD _{ixm} **= 2.30		

²Differences between the means were showed with different letters.

NS, *, **, ***Nonsignificant or significant at p < 0.05, 0.01, or < 0.001, respectively.

2021: *Evaluation of an electronic irrigation system with internet connection in strawberry cultivation*

To the best of the our knowledge, automated irrigation systems that incorporate evaporation pans along with internet connectivity and a smartphone application have not previously been discussed, despite recent increases in the number of automated and smart system applications in agriculture. However, some computer-based automatic irrigation systems process data from multiple sensors, including temperature, wind speed, relative humidity, sun radiation, and soil moisture. By analyzing these data, irrigation scheduling solutions with automatic irrigation capabilities have been created. However, in most of these studies (González et al., 2017; Gutiérrez et al., 2014; Migliaccio et al., 2015; Nawandar and Satpute, 2019; Poyen et al., 2021) the total quantity of water savings is given as the performance metric. So that, an automated drip irrigation system with a smartphone app and an internet connection is created in this experimental project.

The traditional manual method involves a person periodically checking the water level in the Class A pan, figuring out how long irrigation will take based on the amount of decrement found in the most recent measurement, and leaving the valves open during that time. However, the technology created for this study uses a sensor to measure the water level and automatically decides the appropriate irrigation time. As a result, valves are automatically closed when the allotted time is up and opened with the user's permission.

As a result, an internet-connected automatic irrigation system using a smartphone app is created in this study via Class a pan. Strawberry farming has been used to test the system's performance. In conclusion, it is evident that water stress negatively affects physiological parameters when plants are subjected to varying degrees of irrigation. Compared to Rubygem, the Fortuna type is less susceptible to water stress.

Finally, as a consequence of this, the human-related mistakes as well as the labor time required for an irrigation are reduced. Furthermore, the sensors in issue enable the gathering of data from the field, which may be applied to the creation of sophisticated algorithms for an irrigation system that adapts.

2023: *Yield, quality and physiological variation of strawberry in response to irrigation regimes and exogenous proline with a cost benefit analysis*

The interaction between irrigation and fruit yield in strawberry were well-established (Kapur et al., 2018; Sarıdas et al., 2021). To improve irrigation management in particular regions and cultural systems, locally made trials are necessary, according to variances in irrigation water consumption (Evans and King, 2010). Furthermore, there hasn't been much research done on the consequences of using limited

water alongside with exogenous proline treatment on fruit quality, yield, physiology, and cost-benefit analysis. Using proline as an antioxidant is an effective, novel, and reasonably priced way to lessen the detrimental effects of drought on some crop yields under different irrigation regimes (Ibrahim et al., 2022). Thereby, a field experiment was conducted to evaluate the impacts on Fortuna strawberry yield, quality, and physiological features as well as the correlations between proline treatment and four irrigation regimes.

As indicated by earlier research (Yuan et al., 2004; Grant et al., 2010; Grijalba et al., 2015), the experiment's outcome showed that water stress dramatically decreased strawberry yield and yield components (Table 3). The detrimental effects of drought stress were lessened when proline was injected directly to leaves. Due to the range in the data, there was no significant impact of the interaction between foliar proline treatment and water stress on strawberry yield, fruit number, or fruit weight.

The IR125 treatment with proline (PIR125) achieved the highest yield (1494.3 g/plant), which is exceptionally high. The proline foliar treatment increased the yield, fruit number and fruit weight as approximately 19%, 13% and 8%, respectively. The level of water stress was associated with notable reductions in yield. Compared to IR125, significant reductions of 18% in IR100, 31% in IR75, and 59% in IR50 were found, respectively. The highest yield improvement between the proline treatment and control group was through IR50, suggesting that proline may be able to lessen the negative effects of drought stress. Similar to this, Ibrahim et. al., (2022), reported that exogenously used proline increased the crop yield from maize plants under inadequate irrigation.

Table 3. Effects of different irrigation regimes and proline application on yield (g/plant), Fruit number FN (number/plant), fruit weight FW (piece/fruit) of strawberry

Yield (g/plant)	Application	Irrigation levels				Application average
		IR50	IR75	IR100	IR125	
	Control	438.5	868.2	1005.3	1172.1	871.0 B
	Proline	645.0	963.4	1181.5	1494.3	1071.0 A
	Irrigation average	541.7 D	915.8 C	1093.4 B	1333.2 A	
FN	Control	37.2	60.5	58.0	75.1	57.7 B
	Proline	46.0	55.9	68.6	95.0	66.4 A
	Irrigation average	41.6 C	58.2 B	63.3 B	85.0 A	
AFW	Control	11.8	14.3	17.3	15.7	14.8 B
	Proline	14.2	17.2	17.3	15.8	16.1 A
	Irrigation average	13.0 C	15.8 B	17.3 A	15.7 B	

Yield; LSD_{irr}***=141.3 LSD_{app}***= 99.9 LSD_{irr x app}= N.S.

FN; LSD_{irr}***= 10.5 LSD_{app}*= 7.42 LSD_{irr x app}= N.S.

FW; LSD_{irr}***= 1.42 LSD_{app}*=1.01 LSD_{irr x app}= N.S.

Differences between the means were showed with different letters.

N.S.: Non significant, ***: P<0,001; **: P<0,01; *: P<0,05

2023: Evaluation of the yield of strawberry genotypes by morpho-physiological parameters under deficit irrigation in the Mediterranean environment

It is clear that different strawberry species and even variations within the species respond differently to different water levels in terms of physiological, yield, and fruit quality traits. For every fruit species, we must create genotypes with high efficiency in water use because the need for irrigation water is increasing every day. In this context, it would be critical to compare specially bred strawberry genotypes with commercial varieties and reveal how they respond to less irrigation and, consequently, their effect on strawberry cultivation.

Thus, the objectives of this study were to: (1) compare the yield of commercially grown strawberry cultivars with the advanced selected genotypes; (2) identify the genotype(s) least affected by a Mediterranean deficit irrigation regime during the active harvest season; and (3) use morphologic and physiological parameters to assess the combined effect of these factors (genotype × irrigation regime).

In this study Sabrina, Rubygem, Festival, 33 (crossing, Fortuna*kaşka), 36 (hybridization, Fortuna*kaşka), 59 (Fortuna*sevgi), 61 (crossing, Fortuna*sevgi), and 112 (crossing, Fortuna*sevgi) strawberry varieties were used. The two irrigation treatments with applied water amounts of 0.5 and 1.00 times the pan evaporation (Ep) was designated as IR50 and IR100.

One of the most important factors in the production of fruit is yield. Regarding breeding research, the main goal of many pertinent initiatives is to increase yield. It has been demonstrated in this study that the genotype has a considerable impact on production and irrigation. The average yield per plant of the trial was substantially greater at 859.8 g plant⁻¹ on IR100 than at 612.4 g plant⁻¹ on deficit irrigation (Table 4)

Without taking irrigation into account, the genotypes were examined individually, and the 'Sabrina' cultivar had the maximum overall yield (892.2 g plant⁻¹). This cultivar was followed by the chosen genotypes '59' and '33' in the same statistical group, with 866.5 and 798.3 g plant⁻¹. These bred lines produced higher yields than the 'Rubygem' and 'Festival' cultivars, which are popular in the Mediterranean region of Türkiye. The lowest yield was determined in the strawberry genotype coded '36' with a 532.5 g plant⁻¹ value. The yield decreased as irrigation water application was decreased in all genotypes in this scenario, and the genotype × irrigation interaction was statistically insignificant.

Due to limited irrigation, yields were reduced, ranging from 15.8% ('112') to 44.9% ('33'), depending on the genotype. Similarly, earlier research has revealed that lower irrigation water reduced strawberry yield (Yuan et al., 2004; Taparuskien and Miseckaite, 2014; Kapur et al., 2018).

Table 4. Yields per plant for genotypes under different irrigation regimes (g plant⁻¹)

Irr.	Genotype	Harvest periods						IXG	Irr. Average
		January	February	March	April	May	June		
50	33	33.2 w-c	10.2 abc	62.7 q-c	322.1 f	92.9 k-w	46.1 t-c	567.2	612.4 B
	36	12.7 y-c	11.5 z-c	121.9 j-q	151.8 h-l	138.9 j-o	36.2 v-c	472.9	
	59	33.6 w-c	8.3 abc	57.1 q-c	410.8 cd	103.6 j-v	52.2 r-c	665.5	
	61	5.2 c	4.9 c	161.2 hjk	298.9 f	105.0 j-v	30.9 w-c	606.2	
	112	13.3 y-c	20.0 x-c	122.5 j-q	271.5 fg	145.4 j-n	19.9 x-c	592.7	
	Sabrina	3.1 c	4.2 c	167.9 hj	508.4 b	76.9 n-a	44.1 u-c	804.7	
	Festival	19.5 x-c	30.1 w-c	80.0 n-z	288.5 f	76.9 n-a	50.1 s-c	545.0	
	Rubygem	23.2 w-c	19.8 x-c	50.3 h-m	320.6 f	85.0 l-x	46.1 t-c	645.1	
I x HP		<i>17.9 FG</i>	<i>13.6 G</i>	<i>115.5 DE</i>	<i>321.6 B</i>	<i>134.6 D</i>	<i>40.7 F</i>		

Irr.	Genotype	Harvest periods							IXG	Irr. Average
		January	February	March	April	May	June			
100	33	31.2 w-c	7.3 abc	57.1 q-c	538.6 ab	121.3 j-r	273.9 fg	1029.4	859.8 A	
	36	12.3 y-c	8.8 abc	81.3 m-y	217.6 gh	160.0 hjk	111.9 j-u	592.0		
	59	55.9 q-c	6.0 bc	66.6 p-c	473.9 bc	136.2 j-p	328.7 ef	1067.4		
	61	10.9 z-c	4.3 c	115.6 j-t	397.9 de	125.5 j-q	140.7 j-o	795.0		
	112	19.7 x-c	14.5 y-c	67.6 p-c	214.6 gh	269.1 fg	116.8 j-s	702.2		
	Sabrina	11.0 z-c	2.5 c	110.3 j-u	604.8 a	85.4 l-x	165.7 hj	979.7		
	Festival	44.8 u-c	24.8 w-c	109.0 j-u	429.9 cd	75.6 o-b	163.7 hj	847.8		
	Rubygem	23.9 w-c	16.9 x-c	146.4 j-n	429.3 cd	103.5 j-v	144.9 j-o	864.9		
I x HP		26.2 FG	10.6 G	94.2 E	413.3 A	103.1 E	180.8 C			
Harvest period averages.		22.1 C	12.1 C	104.8 B	367.5 A	118.8 B	110.8 B			
LSDhp**= 17.4 LSDi***= 67.4 LSDg***= 20.1 LSDixhp***= 24.6 LSDixhp= N.S. LSDgxhp***= 49.3 LSDixgxhp**= 69.7										

- (1): Differences between the means are shown with separate letters
 (2): N.S.: Non-Significant ***:p<0.001; **:p<0.01; * :p<0.05
 (3): i: irrigation; g: genotype; hp: harvest period

Acknowledgements

This research is supported by Scientific Research Project Unit of Çukurova University with the project number of FBA-2022-15216. All authors equally contributed in all parts of this work.

References

Ağaoğlu, S. Y., & Gerçekçioğlu, R. (2013). Üzümsü Meyveler. Tomurcuk Ltd. ğti. Eğitim Yayınları, No: 1. Ders Kitabı, Ankara, 55 115.

Angrej, A., Gaur, G.S., 2007. "Effect of mulching on growth, fruit yield and quality of strawberry (Fragaria × ananassa Duch.)". Asian J. Hort. 2 (1), 149–151.

Evans, Robert G., King, Bradley A., 2010. Site-specific sprinkler irrigation in a water limited future. In: 5th National Decennial Irrigation Conference Proceedings, 5-8 December 2010, Phoenix Convention Center. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Phoenix, Arizona USA.

González P.R., García F.I., Martín M.A., Díaz J.A.R., Poyato E.C., Montesinos P., (2017), Multiplatform application for precision irrigation scheduling in strawberries, Agricultural Water Management, 183, 194-201.

Grant OM, Johnson AW, Davies MJ, James CM, Simpson DW (2010) Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (Fragaria × ananassa) in response to water deficit. Environ Exp Bot 68:264–272. doi:10.1016/j.envexpbot.2010.01.008

Grijalba, C.M., Trujillo, M., M, P., Ruiz, D., Ferrucho, A.M., 2015. Strawberry yields with high tunnel and open field cultivations and the relationship with vegetative and reproductive plant

characteristics. *Agron. Colomb.* 33, 147–154. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.52000>.

- Gutiérrez J., Villa-Medina J.F., Nieto-Garibay A., Porta-Gándara M. Á., (2014), Automated irrigation system using a wireless sensor network and GPRS module, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 63, 166-176.
- Ibrahim, A.E.-A., El Mageed, T.Abd, Abohamid, Y., Abdallah, H., El-Saadony, M., AbuQamar, S., El-Tarabily, K., Abdou, N., 2022. Exogenously applied proline enhances morpho-physiological responses and yield of drought-stressed maize plants grown under different irrigation systems. *Front. Plant Sci.* 13, 897027 <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.897027>.
- Kapur B, Çeliktöpez E, Sarıdaş MA, Sarwari AQ (2022). Irrigation levels and abscisic acid effects on the yield and fruit quality of strawberry. *European Journal of Science and Technology* 33:258-266. <https://doi.org/10.31590/ejosat.981197>
- Kapur, B., Celiktöpez, E., Saridas, M. A., & Kargı, S. P. (2018). Irrigation Regimes and Bio stimulant Application Effects on Yield and Morpho Physiological Responses of Strawberry. *Horticultural Science and Technology*, 36(3), 313-325.
- Krüger, E., Schmidt, G., & Brückner, U. (1999). Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Scientia Horticulturae*, 81, 409-424.
- Lozano, D., Ruiz, N., Gavilan, P., 2016. Consumptive water use and irrigation performance of strawberries. *Agric. Water Manag.* 169, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.011>.
- Maas, J. L., Wang, S.Y., & Galleta, G. J. (1996). Heath Enhancing Properties of Strawberry Fruit, in: Pritts, M.P., Chandler, C. K. and C Rocker, T.E. (eds). *Proceeding of the V North American Strawberry Conference*, Orlando, Florida, 11-18.
- Migliaccio K.W., Morgan K.T., Fraisse C., Vellidis G., Andreis J.H., (2015), Performance evaluation of urban turf irrigation smartphone app, *Computers and Electronics in Agriculture*, 118, 136-142.
- Nawandar N.K., Satpute V.R., (2019), IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 979-990.
- Parmar, H.N., Polara, N.D., Viradiya, R.R., 2013. Effect of mulching material on growth, yield and quality of watermelon (*Citrullus Lanatus* Thunb) Cv. Kiran. *Univ. J. Agric. Res.* 1, 30–37.
- Poyen F.B., Ghosh A., Kundu P., Hazra S., Sengupta N., (2021), Prototype Model Design of Automatic Irrigation Controller, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1-17.
- Rennquist RP, Breen J, Martin LW (1982) Effect of polyethylene mulch and summer irrigation on subsequent flowering and fruiting of ‘Olympus’ strawberry. *J Am Soc Hortic Sci* 107:373–376
- Saeid, A.I., Mohammed, G.H., 2015. “ Effect of color plastic mulches on growth, yield and quality of two hybrids of summer squash (*Cucurbita pepo* L.)”. *Sci. J. Univ. Zakho* 3 (1), 113–118.
- Saridas, M.A., Kapur, B., Çeliktöpez, E., Şahiner, Y., Kargı, S.P., 2021. Land productivity, irrigation water use efficiency and fruit quality under various plastic mulch colors and irrigation regimes of strawberry in the eastern Mediterranean region of Turkey. *Agric. Water Manag.* 245, 106568 <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106568>.
- Save R, Penuelas J, Marfa O, Serrano L (1993) Changes in leaf osmotic and elastic properties and canopy structure of strawberries under mild water-stress. *HortScience* 28:925–927
- Serrano, L., Carbonell, X., Save, R., Marfà, O., Penuelas, J. (1992). Effects of irrigation regimes on the yield and water use of strawberry. *Irrigation Science*, 13, 45-48. doi:10.1007/BF00190244.
- Sun, T., Zhang, Z., Ning, T., Mi, Q., Zhang, X., Zhang, S., Liu, Z., 2015. Colored polyethylene film mulches on weed control, soil conditions and peanut yield. *Plant Soil Environ.* 61, 79–85. <https://doi.org/10.17221/882/2014-PSE>.

- Taparauskienė L, Miseckaite O (2014) Effect of mulch on soil moisture depletion and strawberry yield in sub-humid area. *Polish Journal of Environmental Studies* 23(2):475-482.
- Yılmaz, H. (2009). Çilek. Hasad Yayıncılık: 348, İstanbul. Yuan, B., Sun, J., & Nishiyama, S. (2004). Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. *Biosystems Engineering*, 87(2), 237-245.
- Yuan, B.Z., Sun, J., Nishiyama, S., 2004. Effect of drip irrigation on strawberry growth and yield inside a plastic greenhouse. *Biosyst. Eng.* 87, 237-245. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.10.014>.



Makale id= 32

Sözlü Sunum

ORCID ID: Orcid 0000-0001-8072-7987

| 225

Farklı Sütler İlave Edilerek Hazırlanan Muhallebilerin Biyoaktif Özellikleri, Fenolik Bileşenleri ve Duyusal Özellikleri Üzerine Depolama Süresinin Etkisi**Prof.Dr. Mehmet Musa Özcan¹, Doç.Dr. Nurhan Uslu¹, Araştırmacı Merve Kandil¹**
¹Selçuk Üniversitesi

*Corresponding author: Merve Kandil

Özet: Bu çalışmada farklı sütler ilave edilerek yapılan muhallebiler +4°C'de farklı sürelerde depolanarak depolama süresinin, biyoaktif bileşen, fenolik bileşen ve duyusal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı çeşitlerde (soya, hindistan cevizi, yulaf, badem, inek) süt ilave edilen muhallebilerin nem içeriği %70.60 ile %78.38 arasında değişmiştir. Soya, yulaf ve badem sütü ilave edilerek hazırlanan muhallebilerin depolama süresi arttıkça nem içeriği artmıştır. Hindistan cevizi sütüyle hazırlanan muhallebi örneğinde ise depolama süresi arttıkça nem içeriği azalmıştır. Muhallebi örneklerinin toplam fenol içeriği 0.4 mg GAE/100g ile 0.7 mg GAE/100g arasında değişmiştir. Örneklerin toplam fenol içeriğinde depolama süresine bağlı olarak önemli bir azalma görülmemiş ve toplam fenol içerikleri benzer bulunmuştur. Muhallebilerin flavonoid içeriği 0.00 mg QE/100g ile 0.04 aralığında olup önemsenmeyecek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin antioksidan aktivite değerlerine bakıldığında ise 1. ve 9. gün depolama sürelerinde 0.10 olarak ölçülmüş ve 14. gün depolama süresinde 0.40 a kadar yükselmiştir. 3-4 dihidroksibenzoik asit, kateşin ve kamferol muhallebi örneklerinin başlıca fenolik bileşenlerini oluşturmaktadır. Muhallebilerin içeriğinde en fazla bulunan fenolik bileşen kateşin olup 47.44 mg/100 g ile 65.13 mg/100 g (1.gün) aralığındadır. Muhallebi örneklerinin içeriğindeki gallik asit, 3-4 dihidroksibenzoik asit, kateşin, quersetin, sinamik asit ve kamferol miktarı depolama süresi arttıkça azalmış olup; rutin, p-kumarik asit, ferulik asit, resveratrol miktarı ise depolama süresi arttıkça artmıştır. Duyusal analiz sonuçlarına göre en yüksek genel beğeniyi (4.60) inek sütü ilave edilerek hazırlanan muhallebi almış olup onu badem ve yulaf sütü ile hazırlanan muhallebi örnekleri takip etmiştir. En düşük genel beğeniyi ise (3.60) soya sütü ilave edilen muhallebi örnekleri almıştır.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan Aktivite, Badem Sütü, Biyoaktif Bileşenler, Fenolik Bileşenler, Hindistan Cevizi Sütü, Hplc, İnek Sütü, Muhallebi, Soya Sütü, Yulaf Sütü

The Effect of Storage Time On Bioactive Properties, Phenolic Components and Sensory Properties of Custards Prepared by Adding Different Milks

Abstract: In this study, it was aimed to determine the effect of storage time on bioactive components, phenolic components and sensory properties by storing puddings made by adding different milks at +4°C for different periods of time. The moisture content of puddings to which different types of milk were added (soy, coconut, oat, almond, cow) varied between 70.60% and 78.38%. The moisture content of puddings prepared by adding soy, oat and almond milk increased as the storage time increased. In the pudding sample prepared with coconut milk, the moisture content decreased as storage time increased. The total phenol content of the pudding samples varied between 0.4 mg GAE/100g and 0.7 mg GAE/100g. There was no significant decrease in the total phenol content of the samples depending on the storage time and the total phenol contents were found to be similar. The flavonoid content of puddings was found to be between 0.00 mg QE/100g and 0.04 and was found to be insignificant. When the antioxidant activity values of the samples were examined, it was measured as 0.10 on the 1st and 9th day of storage and increased to 0.40 on the 14th day of storage. 3-4 dihydroxybenzoic acid, catechin and kaempferol constitute the main phenolic components of the pudding samples. The most abundant phenolic component in

puddings is catechin and it ranges from 47.44 mg/100 g to 65.13 mg/100 g (day 1).The amount of gallic acid,3-4 dihydroxybenzoic acid, catechin, quercetin, cinnamic acid and kaempferol in the pudding samples decreased as the storage time increased;The amount of Rutin, p-coumaric acid, ferulic acid and resveratrol increased as the storage time increased.According to the sensory analysis results, the pudding prepared by adding cow's milk received the highest overall appreciation (4.60), followed by the pudding samples prepared with almond and oat milk.The lowest overall appreciation (3.60) was received by the pudding samples with soy milk added.

Keywords: Antioxidant Activity, Almond Milk, Bioactive Components, Coconut Milk, Cow's Milk, Custard, Hplc, Phenolic Components, Soy Milk, Oat Milk9

1.GİRİŞ

Süt ve süt ürünleri içeriğindeki protein, kalsiyum ve vitamin gibi besin öğeleri dolayısıyla bireylerin beslenme, büyüme ve gelişimi için önemlidir. İnek sütü dünyadaki süt üretiminin %83'ünü oluşturur ancak son yıllarda bitkisel süte olan ilgi oldukça artmıştır. İnek sütü, emzirmenin mümkün olmadığı veya beslenme gereksiniminin karşılanmadığı şartlarda anne sütünden sonra tercih edilen ilk besin olmaktadır (Tangyu, 2019: 9263- 9275; Vanga, 2018; 10-20). Artan şehirleşme ve kronik hastalıkların küresel farkındalığının artmasıyla birlikte tüketiciler için yalnızca beslenme değil, sağlıklı beslenme öncelikli amaç haline gelmiştir. (Sethi, 2016: 3408–3423). Günümüzde inek sütündeki protein alerjisi ve laktoz intoleransının artması, vegan beslenme alışkanlıklarının yaygınlaşması, bitkisel kaynakların daha sağlıklı olduğu ve çevreye daha az zarar verdiği düşüncesi bitkisel sütlerin tercih edilmesinde büyük rol oynar. Gıda endüstrisi ise tüketici talebini dikkate alarak bitkisel sütlerin üretimi ve geliştirilmesi konusunda çalışmalarını artırmaktadır (Bernat, 2014: 93-124).

Bitkisel sütlerin hammaddesi ve sağlığa faydaları dikkate alındığında tahıl ve yağlı tohum bazlı sütler olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır. Söz konusu bu besin kaynakları kardiovasküler hastalıklar, Tip 2 diyabet, obezite ve bazı kanserler gibi kronik hastalıklar üzerindeki olumlu etkileriyle bilinmektedir (Fardet, 2010: 65-134). Bununla birlikte bitkisel kaynaklarda diyet lifi, mineraller, vitaminler ve antioksidanlar gibi sağlığı olumlu yönde etkileyen bileşenlerin varlığı nedeniyle fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple sağlıklı ve besleyici bitkisel sütlerin hazırlanmasında tahıllar ve yağlı tohumlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Das, 2012: 665-672). Bitkisel sütler fermente ürünlerin üretiminde hammadde olarak da kullanılmakta olup ikincil metabolitlerin üretimine yol açarak ürünün besleyici ve duyuşal profilini geliştirmektedir (Tangyu, 2019: 9263-9275; Worku, 2017: 5-1).

Bitkisel sütlerin üretiminde kullanılan metodlar gıdaya göre modifiye edilerek uygulanmaktadır. Bitkisel sütlerin üretiminde genel olarak gıdalar en az 12 saat boyunca su içinde ıslatılıp kabuğu soyulmaktadır. Kabuğu soyulan gıdalar belli oranlarda (1:3, 1:4, 1:5 vs) su ile karıştırılıp öğütüldükten sonra ekstraksiyon işlemine tabi tutulmaktadır (Bensmira, 2012: 647-650; McClements, 2019: 2047-2067). Bu işlemde, yer fıstığı gibi yağ oranı yüksek hammaddeler kullanıldığında süt işlemede olduğu gibi separatörler kullanılarak fazla yağ alınmaktadır. Nişasta oranı yüksek hammaddeler kullanıldığında ise jelatinleşmeyi önlemek amacıyla enzimlerden (amilaz, malt özü) yararlanılmaktadır. Ekstraksiyon işleminden sonra oluşan yapı süzülerek bitkisel süt elde edilmektedir. Elde edilen ürünün formülasyonunu sağlamak için tatlandırıcı, yağ, tuz, şeker ve stabilizatör kullanılmaktadır. Ürünün besin kalitesini sağlamak için ise vitamin ve mineral takviyesinden (demir, kalsiyum) yararlanılmaktadır. Ürünün standardizasyonu gerçekleştirildikten sonra homojenizasyon uygulanmaktadır. Ürünün raf ömrünü uzatmak için pastörize edilmekte veya UHT işlemine tabi tutulmaktadır (Makinen, 2016: 56 (3): 339-349; Tangyu, 2019: 9263-9275).

İnek Sütü

İnek sütü ve süt ürünleri çocuk beslenmesinde özellikle erken çocukluk döneminde enerji, kalsiyum ve proteinler açısından eşsiz bir besin kaynağıdır. İnek sütü metabolik ve immun programlamanın yapıldığı kritik dönemde intestinal fonksiyonların gelişiminde rol oynamaktadır. İnek sütü içeriğindeki proteinler, poliansature yağ asitleri, oligosakkaridler, mikrobiyal içerik, metabolitler ve mikrobisiner bağışsak immun maturasyonunu etkilemektedir (16).

İnek sütü en yaygın kullanılan süt olmasına rağmen diğer hayvan sütlerinin de kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Dünyada inek sütü %83, manda sütü %13, keçi sütü % 2,3, koyun sütü % 1,4, deve

sütü % 0,3 oranında üretilmektedir. Diğer memeli sütlerinin (ren geyiği, geyik, lama, alpaka, misk öküzü sütü ve tıbet sığırı gibi) üretimi ise % 0,2'dir. Son zamanlarda inek sütü protein alerjisi ve intoleransının farkındalığının ve vegan diyet alışkanlıklarının artması aileleri inek sütü alternatifi aramaya yönlendirmiştir. Ancak bu süt alternatifleri çocukların besinsel ihtiyaçlarını karşılamada tam olarak yeterli değildir. Süt alternatiflerinin makro ve mikro element bileşimi arasında farklılıklar vardır. Bütün sütlerde bulunan başlıca karbonhidrat laktoz olup inek sütündeki enerjinin %30'u, anne sütündekinin ise %40'ı laktozdan gelmektedir (11,15). Manda sütü inek sütünden 2 kat fazla yağ içerdiğinden enerji içeriği yüksektir (7,5 g/100g; 3,3g/100g). Satüre yağ yüzdesi 100 gramında %65-75 gram olup süt ürünleri üretiminde kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak 10 kilo manda sütünden 1 kilo tereyağı üretilirken, 14 kilo inek sütünden 1 kilo tereyağı üretilmektedir. Manda sütündeki protein içeriği inek sütünden yüksek olup, laktoz içeriği normaldir. Keçi sütü satüre yağlar ve trans yağ asitleri miktarı açısından inek sütüne oldukça benzerdir. İnek sütü kısa zincirli ve orta zincirli yağ asitleri (6-10 C atomlu) bakımından zengindir. Ayrıca yağ globüllerinin boyutlarının küçük olması keçi sütünün emilimini kolaylaştırır (15).

Soya Sütü

Soya Sütü Kullanımı ilk olarak yaklaşık 2000 yıl önce Çin'de bildirilen soya sütü, süt tedarikinin yetersiz olduğu durumlarda besin sağlama amacıyla tüketilen ilk bitkisel kaynaklı süt olmuştur. Süt proteini alerjisi ve laktoz intoleransı yaygın görülen popülasyonlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte yüksek protein içeriği sebebiyle vejetaryenler tarafından da yaygın olarak tüketilmektedir (Sethi, 2016: 3408– 3423). Soya sütü inek sütüne kıyasla çok daha düşük karbonhidrat ve yağ içermektedir. Soyanın fonksiyonel bir bileşen olan izoflovan içermesi sebebiyle kansere, kardiovasküler hastalıklara ve osteoporozu karşı koruyucu etkilerinin olduğu bilinmekle birlikte östrojen benzeri etkilerinden dolayı gebelik ve bebeklik dönemini olumsuz etkileyebileceği bildirilmiştir (Rizzo, 2018: 43; Katz, 2018: 29). Bununla birlikte bağırsaklarda a-galaktosidazın bulunmaması, stakiyoz ve rafinoz gibi oligosakaritlerin sindirilememesi sebebiyle soya tüketiminin sindirim problemlerine yol açabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle soyanın sağlığa etkileri, özellikle de biyoaktif bileşenlerinin olumlu etkileri ilgili daha fazla sistematik çalışmalar yapılmalıdır (Janpaeng, 2018: 209-216)

Hindistan Cevizi Sütü

Hindistan Cevizi Sütü Hindistan cevizi yaygın olarak yağlı tohum olarak sınıflandırılrsa da bileşimi bu gruptaki diğer besinlerden farklıdır. Lipit profili incelendiğinde büyük bir çoğunluğunu orta zincirli yağ asitleri (MCT) oluşturmaktadır. Hindistan cevizinin yağ içeriği yüksek olmasına rağmen MCT'lerin bağırsaktan emilerek enerji üretimi için doğrudan karaciğere gönderildiği ve bu nedenle biyosentez ve kolesterol taşımına katılmadıkları belirtilmiştir (Bernat, 2014: 93-124). Hindistan cevizi sütü ise Güney Doğu Asya mutfağında sıklıkla kullanılmaktadır. Sadece içecek olarak tüketilmemekte aynı zamanda tariflerde bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Hindistan cevizi sütü demir, kalsiyum, potasyum, magnezyum ve çinko gibi minerallerden zengin olup önemli miktarda E ve C vitamini de içermektedir (Sethi, 2016: 3408–3423). Hindistan cevizi sütünün antimikrobiyal, antibakteriyel ve antiviral etkileri sebebiyle sağlığı olumlu etkiledikleri bildirilmiştir. Anne sütünde bulunan ve beyin gelişimini olumlu etkileyen laurik asit içerdiği ve söz konusu bu yağ asidin bağırsıklık sisteminin güçlenmesinde ve kan damarlarının korunmasında etkili olduğu belirtilmektedir (Belewu, 2007: 785-787)

Badem Sütü

Yağlı tohumlar potansiyel sağlık yararları nedeniyle sağlıklı yaşamın önemli bir parçası haline gelmiştir. Badem kalsiyum, potasyum, magnezyum, demir, selenyum, bakır ve çinko gibi minerallerden zengin olup antioksidan içeriği de yüksek bir yağlı tohumdur (Sethi, 2016: 3408–3423). Bu besin profiline rağmen badem sütüne kalsiyum ve B12 gibi mikro besinler eklenerek tüketilmesi önerilmektedir. Badem sütünün inek sütüne göre protein içeriği daha düşük olmasına rağmen karbonhidrat ve yağ içeriği inek sütüyle karşılaştırılabilir (Verduci, 2019: 1739). Diğer bitkisel sültere kıyasla, badem sütü özellikle vücut tarafından sentezlenemeyen ve diyet veya takviye yoluyla alınması gereken E vitamininin iyi bir kaynağıdır (Sethi, 2016: 3408–3423). Bademin zihinsel konsantrasyonu arttığı, uyku kalitesini iyileştirdiği, antiinflamatuar, antilipidemik, antitömör özelliklerinin olduğu bildirilmiştir (Paul, 2020: 3005-3023). Yapılan bir çalışmada bademin Bifidobakteri ve Eubacterium rectale popülasyonunu ve bütirat konsantrasyonunu artırması sebebiyle yeni bir prebiyotik kaynağı olarak

kullanılabileceği tespit edilmiştir. Son yıllarda bademin bitkisel süt üretiminde kullanımları araştırılmaktadır (Mandalari, 2008: 4264-4270).

Yulaf Sütü

Yulaf diyet lifi, fitokimyasallar ve yüksek besin değeri nedeniyle son zamanlarda ilgi çeken bitkisel bir kaynaktır. İçerdiği çözünür lif (beta-glukan) sayesinde gastrik boşalma süresi gecikmekte, gastrointestinal geçiş süresini arttırmakta ve böylece kan glukozu ve kolesterolü düzenlenmektedir. Bununla birlikte hipokolesterolemik ve antikanser özellikleriyle de sağlığı olumlu etkilediği bilinmektedir (Welch, 1995: 433-479). İyi bir antioksidan ve polifenol kaynağı olan yulaf sütünün fermente edilmesiyle fenolik bileşiklerin arttığı bildirilmiştir. Yulaf sütünün diğer bitkisel sültere göre daha iyi bir aminoasit profiline sahip olduğu ve daha az yağ içerdiği bilinmektedir. Yulaf sütünün pek çok potansiyel sağlık yararına rağmen, büyüme ve gelişme için gerekli olan kalsiyumdan sınırlı olması sebebiyle tüketilmeden önce kalsiyum takviyesi önerilmektedir (Sethi, 2016: 3408-3423). Bununla birlikte nişasta içeriğinin yüksek olması ısıtma işlemlerinde kararlı bir emülsiyonun hazırlanmasında bazı sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle ısıtma işlemi sırasında jelatinleşmeyi önlemek ve kabul edilebilir bir ürün elde etmek amacıyla enzimatik hidroliz yöntemleri araştırılmaktadır (Deswal, 2014: 610-618).

Bu çalışmada farklı sülter ilave edilerek yapılan muhallebiler +4°C'de farklı sürelerde depolanarak depolama süresinin, biyoaktif bileşen, fenolik bileşen ve duyuusal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Muhallebilerin Hazırlanışı

Muhallebileri hazırlamak için her biri farklı çeşitte 500 ml süt, 50 g şeker ve 50 g un karıştırıldı. Karışım 5 dakika pişirildikten sonra 2,5 g vanilin, 9 g margarin ilave edildi. Daha sonra karışım 2 dakika soğutuldu ve kavanozlara alındı.

2.2. Metot

2.2.1. Ekstraksiyon Süreci

Ekstraksiyon için 10 g muhallebi tartıldı ve 20 ml metanol eklenerek ultrasonik su banyosunda 30 dakika boyunca sonikasyona tabi tutuldu. Daha sonra 10 dakika santrifüj edildi.

2.2.2. Nem İçeriği

Muhallebi örneklerinin % nem içeriği Kern Dbs 60-3 infrared nem tayin cihazı ile belirlenmiştir (AOAC. 2000b).

2.2.3. Toplam Fenol İçeriği

Muhallebi örneklerinin toplam fenol içeriğini belirlemek için, Yoo ve ark.'ın (2004) metoduna göre Folin-Ciocalteu kullanılarak gerçekleştirildi. 0,5 ml ekstrakt üzerine 2,5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi eklendi ve ardından 2 ml %7,5 Na₂CO₃ (sodyum karbonat) ilave edildi. Analizin son adımında örnekler oda sıcaklığında 2 saat karanlıkta bekletildi ve ardından spektrofotometrede (Shmadzu.Japan) 725 nm dalga boyunda ölçüldü. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g ağırlık olarak verildi.

2.2.4. Toplam Flavonoid İçeriği

Flavonoid tayini için kullanılan yöntem alüminyum klorür yönteminden uyarlanmıştır. Ekstraktın 1 ml'sine sırasıyla 0,3 ml NaNO₂, 0,3 ml AlCl₃ ve 2 ml NaOH eklendi. Karışım 5 dakika bekletildi ve reaksiyon çözeltisi 20°C'de 15 dakika boyunca iyice karıştırılarak tutuldu. Karışım spektrofotometrede 510 nm'de okundu. Sonuçlar mg quersetin (QE)/g taze ağırlık olarak verildi (Hogan et al.2009).

2.2.5. Antioksidan Aktivite

Muhallebi örneklerinin antioksidan aktivitelerini belirlemek için Lee ve ark. (1998) tarafından kısmi modifiye edilerek geliştirilen DPPH (1.1-difenil-2-pikrilhidrazil) yöntemi kullanılmıştır. Ekstrakt

üzerine 2 ml DPPH çözeltisi eklendikten sonra vortekslendi ve 30 dakika karanlıkta bekletildi. Örnekler spektrofotometrede 517 nm'de okundu. Sonuçlar mmol/kg taze ağırlık olarak verildi.

2.2.6.Fenolik Bileşen Tayini

Fenolik bileşiklerin kromatografik ayrımı ve miktar tayini, bir PDA dedektörü ve Inertsil ODS-3 (5 µm; 4,6 mm × 250 mm) kolon ile donatılmış HPLC (Shimadzu) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mobil faz, 30°C'de 1 ml/dak akış hızında su içinde %0,05 asetik asit (A) ve asetonitril (B) idi. Test için enjeksiyon hacmi 20 µL idi (Pagliarini & Rastelli. 1994).

2.2.7.Duyusal Analiz

Mastik sakızlı muhallebi örneklerinin duyuşal parametrelerini belirlemek için hedonik test kullanılmıştır. Duyusal özellikleri belirlemek için sekiz eğitimli panelist kullanıldı ve her panelist sakızlı muhallebilerin özelliklerini aşağıdaki puanları vererek ayrı ayrı değerlendirildi (1 = çok kötü, 2 = kötü, 3 = orta, 4 = iyi, 5 = çok iyi).

2.3.İstatistikî Analizler

Üç tekerrür analizin verileri eşitlenmiş ve varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Muhallebi konsantrasyonlarının sonuçları arasındaki önemli farklılıklar Duncan'ın çoklu aralık testi ile belirlenmiştir ($p < 0.05$).

3.Sonuçlar ve Tartışma

3.1. Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan özellikleri

Tablo 1. Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin farklı depolama sürelerindeki biyoaktif özellikleri

Süt Çeşidi	Nem İçeriği (%)			Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/100g)			Toplam Flavonoid İçeriği (mg QE/100g)			Antioksidan Aktivite (mmol/kg)		
	1.Gün	9.Gün	14.Gün	1.Gün	9.Gün	14.Gün	1.Gün	9.Gün	14.Gün	1.Gün	9.Gün	14.Gün
İnek Sütü	70.60±0.14 ^B	74.85±0.64	71.40±0.15	0.07±0.00 ^B	0.07±0.00 ^B	0.07±0.00 ^B	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00	0.04±0.00 ^B	0.10±0.00 ^{BC}	0.09±0.00 ^C	0.41±0.00 ^D
Soya Sütü	71.33±0.79 ^B	72.62±0.10	73.40±0.86	0.09±0.00 ^A	0.08±0.00 ^A	0.05±0.00 ^D	0.00±0.00 ^A	0.01±0.00	0.04±0.00 ^B	0.10±0.00 ^{BC}	0.09±0.00 ^B	0.43±0.00 ^B
Hindistan Cevizi Sütü	78.38±1.37 ^A	74.15±2.62	75.30±4.41	0.05±0.00 ^C	0.07±0.00 ^C	0.08±0.00 ^A	0.00±0.00 ^B	0.01±0.00	0.03±0.00 ^C	0.10±0.00 ^{AB}	0.09±0.00 ^C	0.44±0.00 ^A
Badem Sütü	68.38±1.48 ^C	77.37±0.43	74.01±0.30	0.07±0.00 ^B	0.05±0.00 ^D	0.08±0.00 ^A	0.00±0.00 ^{AB}	0.01±0.00	0.05±0.00 ^A	0.10±0.00 ^C	0.10±0.00 ^A	0.41±0.00 ^D
Yulaf Sütü	73.29±1.68 ^B	73.00±0.28	74.30±1.37	0.05±0.00 ^C	0.04±0.00 ^E	0.07±0.00 ^C	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00	0.04±0.00 ^B	0.10±0.00 ^A	0.10±0.00 ^A	0.43±0.00 ^C

Aynı sütunda a-d arası farklı büyük harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.0$)

Farklı çeşitlerde (soya, hindistan cevizi, yulaf, badem, inek) süt ilave edilen muhallebilerin nem içeriği %70.60 ile %78.38 arasında değişmiştir. Soya, yulaf ve badem sütü ilave edilerek hazırlanan muhallebilerin depolama süresi arttıkça nem içeriği artmıştır. Hindistan cevizi sütüyle hazırlanan muhallebi örneğinde ise depolama süresi arttıkça nem içeriği azalmıştır.

Muhallebi örneklerinin toplam fenol içeriği 0.4 mg GAE/100g ile 0.7 mg GAE/100g arasında değişmiştir. Örneklerin toplam fenol içeriğinde depolama süresine bağlı olarak önemli bir azalma görülmemiş ve toplam fenol içerikleri benzer bulunmuştur.

Muhallebilerin flavonoid içeriği 0.00 mg QE/100g ile 0.04 aralığında olup önemsenmeyecek miktarda olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin antioksidan aktivite değerlerine bakıldığında ise 1. ve 9. gün depolama sürelerinde 0.10 olarak ölçülmüş ve 14. gün depolama süresinde 0.40 a kadar yükselmiştir.

3.3.Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin fenolik bileşen profili

Tablo 2. Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin 1.Gün fenolik bileşen profili

Süt Çeşidi	Gallik asit	3,4-Dihidroksibenzoik asit	Kateşin	Kafeik Asit	Şiringik Asit	Rutin	p-Kumarik Asit	Ferulik Asit	Resveratrol	Quersetin	Sinamik asit	Kamferol
İnek Sütü	4.67±1.06	10.89±1.08 ^{ab}	47.44±6.43	1.56±0.67	4.21±1.84	3.71±2.61	0.15±0.05 ^b	0.03±0.02	0.05±0.03	1.42±2.12	0.64±0.10	7.29±2.00
Soya Sütü	3.96±0.25	17.63±4.87 ^a	65.13±19.74	4.09±2.75	7.24±5.83	8.70±8.60	2.65±1.85 ^a	1.65±2.67	4.05±4.25	8.65±8.89	0.84±0.05	8.77±2.90
Hindistan Cevizi Sütü	3.79±0.20	9.98±2.33 ^b	24.15±22.55	1.11±0.84	2.93±2.02	2.79±1.82	0.22±0.23 ^{ab}	0.22±0.25	0.12±0.01	1.18±0.50	0.48±0.04	6.07±1.54
Badem Sütü	5.58±2.39	9.16±1.60 ^b	58.75±12.64	1.98±0.26	6.34±1.14	5.88±2.36	0.51±0.30 ^{ab}	0.29±0.17	0.12±0.08	1.37±2.10	0.43±0.36	7.88±1.91
Yulaf Sütü	6.52±4.69	9.52±2.02 ^b	57.25±6.63	3.33±2.86	4.22±3.03	4.34±4.07	0.56±0.82 ^{ab}	0.19±0.27	0.09±0.03	0.67±0.65	0.52±0.06	6.24±4.05

Aynı sütunda a-d arası farklı küçük harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05)

Tablo 4. Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin 14.Gün fenolik bileşen profili

Süt Çeşidi	Gallik asit	3,4-Dihidroksibenzoik asit	Kateşin	Kafeik Asit	Şiringik Asit	Rutin	p-Kumarik Asit	Ferulik Asit	Resveratrol	Quersetin	Sinamik asit	Kamferol
İnek Sütü	2.14±0.55	6.78±2.72 ^{ab}	34.59±15.20	4.39±6.21	5.38±5.00	5.90±7.51	1.05±1.55	0.84±1.04	0.83±1.31	3.23±5.43	0.14±0.22 ^B	6.12±0.20
Soya Sütü	2.21±0.45	2.59±0.71 ^b	28.90±1.35	2.54±0.52	4.34±0.61	4.64±2.17	1.29±1.12	0.60±0.95	2.75±2.98	3.44±3.75	0.72±0.20 ^A	5.60±0.73
Hindistan Cevizi Sütü	1.82±0.14	5.55±1.23 ^{ab}	28.31±6.79	0.54±0.21	1.10±0.51	1.90±2.50	0.14±0.17	0.15±0.13	0.15±0.03	0.21±0.07	0.01±0.01 ^B	6.41±0.42
Badem Sütü	2.77±0.17	7.62±1.71 ^{ab}	38.44±12.01	1.96±1.24	4.80±4.66	7.06±7.13	0.91±1.38	1.07±1.83	1.07±1.55	5.40±9.07	0.02±0.01 ^B	5.92±0.95
Yulaf Sütü	2.11±0.16	8.41±2.43 ^a	50.83±19.61	2.57±2.53	4.11±0.70	9.09±8.10	0.62±0.51	1.14±1.71	1.10±1.86	5.92±10.02	0.01±0.00 ^B	6.52±0.23

Aynı sütunda a-d arası farklı büyük veya küçük harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (a,b; p<0.05, A,B; p<0.01).

3-4 dihidroksibenzoik asit, kateşin ve kamferol muhallebi örneklerinin başlıca fenolik bileşenlerini oluşturmaktadır. Muhallebilerin içeriğinde en fazla bulunan fenolik bileşen kateşin olup 47.44 mg/100 g ile 65.13 mg/100 g (1.gün) aralığındadır. Muhallebi örneklerinin içeriğindeki gallik asit, 3-4 dihidroksibenzoik asit, kateşin, quersetin, sinamik asit ve kamferol miktarı depolama süresi arttıkça azalmış olup; rutin, p-kumarik asit, ferulik asit, resveratrol miktarı ise depolama süresi arttıkça artmıştır.

Süt Çeşidi	Gallik asit	3,4-Dihidroksibenzoik asit	Kateşin	Kafeik Asit	Şiringik Asit	Rutin	p-Kumarik Asit	Ferulik Asit	Resveratrol	Quersetin	Sinamik asit	Kamferol
İnek Sütü	4.11±2.27	7.55±0.19	37.86±5.44	2.20±1.47	1.81±0.49	5.21±2.00	0.34±0.08	0.46±0.58	0.08±0.06	0.38±0.11	0.31±0.00 ^{ab}	4.05±0.24
Soya Sütü	3.39±2.74	4.10±2.12	26.43±9.00	0.92±0.68	2.27±0.77	1.50±2.12	0.88±0.11	0.01±0.01	1.69±1.92	4.61±7.11	0.59±0.01 ^a	5.29±0.46
Hindistan Cevizi Sütü	2.27±0.12	5.99±1.40	14.49±13.53	0.67±0.50	1.76±1.21	1.68±1.10	0.13±0.14	0.13±0.15	0.07±0.01	0.71±0.30	0.29±0.03 ^b	3.64±0.93
Badem Sütü	3.93±3.67	6.74±3.52	43.86±19.10	2.60±2.78	2.47±1.58	7.38±8.30	1.22±1.75	1.23±1.84	1.19±1.97	2.46±3.73	0.22±0.18 ^b	6.01±2.96
Yulaf Sütü	2.28±1.16	9.57±1.22	46.46±10.37	3.68±2.50	5.85±3.61	11.32±5.93	1.93±1.28	1.21±0.13	1.28±1.04	4.67±3.15	0.21±0.18 ^b	6.35±1.36

Aynı sütunda a-d arası farklı küçük harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0.05)

3.3.Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin duyusal özellikleri

Tablo 4. Farklı sütlerle hazırlanan muhallebilerin duyusal özellikleri

Süt Çeşidi	Tat	Koku	Renk	Kıvam	Genel Beğeni
İnek Sütü	4.60±0.55	4.80±0.45	4.80±0.45	4.80±0.45 ^A	4.60±0.55
Soya Sütü	4.00±1.00	4.20±0.84	4.20±0.84	3.00±0.00 ^B	3.60±0.55
Hindistan Cevizi Sütü	3.80±0.84	4.20±1.10	3.60±0.89	4.60±0.89 ^A	3.80±0.84
Badem Sütü	4.00±1.00	4.00±1.00	3.60±1.14	3.60±1.14 ^{AB}	4.00±0.71
Yulaf Sütü	3.20±1.10	4.60±0.55	4.20±0.84	4.40±0.89 ^{AB}	4.00±0.71

Duyusal analiz sonuçlarına göre en yüksek genel beğeni (4.60) inek sütü ilave edilerek hazırlanan muhallebi almış olup onu badem ve yulaf sütü ile hazırlanan muhallebi örnekleri takip etmiştir. En düşük genel beğeni ise (3.60) soya sütü ilave edilen muhallebi örnekleri almıştır.

SONUÇ

Yapılan analizler sonucu optimum depolama süresinin tespit edilebilmesi ve farklı sütlerin ilave edilmesinin muhallebi üzerindeki etkisinin belirlenmesi için toplam fenol, flavonoid, antioksidan, fenolik bileşen ve duyu analizi sonuçları incelenmiştir. Sonuçlara göre depolama süresi arttıkça nem içeriğinin de arttığı; toplam fenol ve flavonoid içeriğinin değişmediği, antioksidan aktivite değerinin ise arttığı görülmüştür. Bununla birlikte 3-4 dihidroksibenzoik asit, kateşin ve rutin gibi fenolik bileşenlerin en yüksek değe



Makale id= 42

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0004-6292-8370

| 234

Keten Bitkisinin Dünya Çapında ve Türkiye' de Önemi**Araştırmacı Uygur Köse¹**¹Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Özet: Keten bitkisi eski çağlardan beri kültürü yapılan bir lif bitkisidir. Tohumları bünyesinde yüksek oranda yağ bulundurur. Liflerinde tekstil sanayisinde, tohumlarından ise hem tıbbi hem endüstriyel diğer alanlarda faydalanılır. En eski kalıntıları Antik Mısır 'a dayanan keten bitkisinden elde edilen lifler suyu emebilen hafif ferah kumaşların elde edilmesinde kullanılmaktadır. Tohumlardan elde edilen yağlar oldukça değerlidir. Bu yağ ve tohumdan elde edilen lifler endüstrinin birçok alanın da kullanılmaktadır. Bunlardan en bilineni diyettir. İnsan beslenmesinde tamamlayıcı ürün olarak kullanılması, kalp sağlığına iyi gelmesi ile bilinir. Keten bitkisinin birçok ülkede yaygın olarak üretimi yapılmaktadır. Keten tohumu üretiminde lider ülkeler Rusya, Kanada, Çin ve Kazakistan gibi ülkelerdir. Bu ülkeler ürettikleri tohumların miktarları ile ticaretine yön vermektedirler. Türkiye bu ülkeler arasına girememektedir. Türkiye 'nin Karadeniz taraflarında lif üretimine uygun keten tipleri yetiştirilirken İç Anadolu ve geçit kuşağı bölgelerinde yağlık üretime uygun tipler yetiştirilmektedir. Ancak zaten düşük seviyelerde olan keten üretimi her geçen gün daha da düşmektedir. Bununla mücadelede tam olarak bir alternatif yağ bitkisi olmasada tamamlayıcı yan ürün olarak ülkeye kazandırılmasında bize düşen birçok görev vardır. Öncelikle üreticinin keten bitkisine yabancılığını kırmayı için biran önce bölge halkına tanıtılmalı ve cazip hale getirilmelidir. Bunun için en uygun çözüm yolu gerek lif gerek yağ keteni için ürünü işlemeye uygun spesifik tesisler kurulmasıdır.

Anahtar Kelimeler: Keten, Keten Tohumu, Lif, Keten Yağı

İmportance of Flaxseed and Linen Around the World and Turkey

Abstract: Flax has been cultivated since ancient times. It even goes beyond the Ancient Egypt Era. It mostly used for it 's fiber which has been used for type of fabric that has unique lightweight and ability to dry faster. Linen fabric is motly used for summer clothes that prevents over heating. Linseed contains around of 45% oil. Linseed oil mostly used in gastronomy but there are also other uses for it. For example some paints contains linseed oil. Many countries cultivate flax intensively. Some of the countries are Russia, Canada, China and Kazakhstan. Since they are leaders on the production of linseed they are also effective on trading part of the job. Turkey is not producing enough flax to effect any part of this trade. However it can be changed with some appropriate methods. First thing first we have to break the ice between the farmer and palnts its self. Introducing of the plant must supported by processing the linen or linseed. Especialy facilities must be focused on processing flax and non other plant so the grower would have trust on facilities.

Keywords: Flax, Flaxseed, Linen, Linseed, Linseed Oil

GİRİŞ

Keten bitkisi tarihi oldukça eski olan bir kültür bitkisidir. İlk kültüre alman bitkilerden biri olabileceğine dair iddalar bulunmaktadır. M.Ö. 5000 lerde Irak ve İran civarlarında kültüre alındığı düşünülmekle birlikte anavatani hakkında kesin bir bilgi bulunamamaktadır. Linaceae takımının, Linum cinsi ve Linum usitatissimum tür epitati bugün yaygın olarak tarımda kullanılmaktadır. Keten bir lif bitkisi olmasının yanında tohumlarında bulundurduğu yüksek yağ oranı ile aynı zamanda yağlı tohumlu bir bitkidir.

Keten liflerinden elde edilen kumaşlar hava akımına daha uygun yapıda olduğundan yazlık olarak kumaşlarda bazen tek başına bazen pamuk ile karıştırılmaktadır. Ketenin pamuk gibi kolay ütülenebilme yatkınlığı olmadığından ve üretimi daha sınırlı olduğundan tekstil sektöründe kullanımı pamukla kıyaslandığında düşük kalıyor.

Keten tohumları bünyesinde yüzde 38 – 45 arası yağ bulundurmaktadır. Genellikle baskın yağ aside bünyesinde 18:3 linolenik asit olarak rastlamaktayız. Arkasından oleik ve linoleic asit gelmektedir. Keten tohumu yağı gıdalarda yan ürün amacı ile kullanılabilirdiği gibi bugün tıbbi alanlarda yapılan çalışmalarda sadece bir gıda ürünü olarak kalmayacağını ümidini vermektedir. Keten tohumundan elde edilen yağ bezir yağı olarak adlandırılmakta ve boya malzemesi olarak kullanılabilmektedir. Ancak keten yağı depolanması açısından oldukça zordur. Yağ çıkarıldıktan sonra hava ile temasında hızlıca katılaşmaya başlamaktadır

Üretim Verileri

Dünya genelinde sıklıkla en yüksek miktarda üretim yapan ülkeler yıllara göre büyük değişiklikler göstermemektedir. Genel olarak Dünya genelinde keten tohumu üretiminde yıllara göre sırası değişmekle birlikte Kanada, Rusya, Kazakistan ve Çin lider üreticiler pozisyonundadır.

2022 verilerine göre Rusya 1,776,559 ton, Kazakistan 845,642 ton, Kanada 473,175 ton ve Çin 290,000 ton keten tohumu üretimi yapmışlardır. Dünya çapında ise üretim 3,973,931 tondur.

Son on yılın ortalaması ele alındığında en çok üretim yapan ülkeler şu şekilde sıralanıyor:

Rusya 716,887 – Kazakistan 657,235 – Kanada 591,955 – Çin 361,225.

Türkiye 2022 yılında 100 dekar arazide 8 ton keten tohumu üretimi yapmıştır.

Ticaret Verileri

Son on yılın verileri ele alındığında keten tohumu ihracatında en büyük üreticilerden biri olan Kanada 'yı görmekteyiz. 166,818 ton 2022 yılında ihrac etmiştir. Rusya 767,892 ton Kazakistan ise 564,400 ton keten tohumu ihracatında bulunmuştur. 620,070 ile Çin, 402,126 ton ile Belçika ve 191,880 ton ile ABD ithalat gerçekleştirmiştir.

Son on yılın ihracat ortalamaları: Kanada 481,346 ton – Rusya 476,713 ton – Kazakistan 345,568 ton, son on yılın ithalat ortalamaları: Belçika 506,326 ton – Çin 365,607 ton – Almanya 152,448 ton – ABD 143,859 ton şeklindedir.

Keten Yağı Üretimi Verileri

Son on yılın verileri 204,500 ton ortalama üretim ile Çin 'in açık ara farkla en büyük keten yağı üreticisi olduğunu gösteriyor. Ardından 120,950 ton ile Belçika, 88,550 ton ile ABD ve 50,030 ton ile Almanya gelmektedir. Türkiye 'nin ise son on yılın ortalaması 19,180 ton üretimi vardır.

Hem keten tohumu üretiminde hem ithalatında etkili bir rol alan Çin 2022 yılında 226,808 ton keten tohumu yağı üretiminde bulunmuştur.

Türkiye 'nin Keten Özeti

Türkiye'deki durum da genel manada global ölçekteki keten durumundan farklı değildir. Çok sınırlı bir pazarı olan keten ve keten ürünlerinin, ayrıca kırsal hayattan da çok zahmetli olmasıyla çekilmesi keten ziraatı ve keten endüstrisini neredeyse bütünüyle silmiştir. Keten Osmanlı döneminde üretimi yapılan bir bitki olarak görülür. Türkiye, keten yetiştiriciliğinde elverişli şartlara sahip ve köklü bilgi birikiminin olduğu bir ülkedir. Türkiye 'de üretilen ketenler uzun bir süre kalitesi ile kendinden söz ettirmiştir. Ketenin Türkiye pazarından çekilmesinde en etkili olan sebeplerden biri ise ekonomik sebeplerdir. Ekonomik getirisi daha yüksek olan ve Karadeniz yöresinde yetişebilen mısır ve fasulye gibi bitkiler zamanla ketenin yerini almış bulunmaktalar. Türkiye 'de lif ketenleri Karadeniz Bölgesinde yayılış gösterirken yağlık üretilen ketenler ise İç Anadolu Bölgesinde ve Geçit Kuşaklarında görülmektedir. Ekim alanları ülkemizde hiçbir zaman sabit kalmamış ve neredeyse sürekli düşüş eğilimi göstermiştir. 20 bin hektarlardan bugün neredeyse hiç keten üretmediğimizi söyleyebilecek sayılara kadar düşüş göstermiştir. Türkiye en çok keten ithal eden 10. ülke konumundadır. İthal edilen keten tekstil sanayisinde diğer lifler ile birleştirilerek kullanılabilir. Türkiye keten üretimini

durdurduğunda aslında elindeki gen kaynaklarını da geri dönüşü olmayan şekilde kaybetmiş bulunmaktadır.

Sonuç

Keten kültürümüzde çok eski zamanlardan beri bulunmaktadır. Buna karşın üretimi ülkemizde düşüş eğilimi göstermektedir. Ancak bizim gibi özel ekolojik ihtiyaç duyulan bitkilerin bulunduğu ülkelerin dışında oldukça önemli bir stratejik ürün haline gelmiştir. Çok yönlü bir bitki olması, birden fazla ürün elde edilebilmesi ketenin farklı coğrafyalarda farklı amaçlar doğrultusunda farklı tip ve çeşitlerle yetiştirilmesine sebep olmaktadır. Liflerinin dışında tohumlarının sağlıklı beslenme bilinci ile tekrar gündeme gelmesi bu bitkinin kaderinin değişmesinde bir dönüm noktası olabilir. Eğer keten üretimi tekrardan canlandırılmak isteniyor ise keteni ve ürünlerini işleyecek fabrika ve tesislerin oluşturulması ve çiftçiye alım garantisi ile üretim yaptırılması gerekmektedir.

Kaynakça

Linum usitatissimum L. The Plant List: A Working List of All Plant Species.
<http://www.theplantlist.org/>

<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169414/nutrients>

<https://www.agmrc.org/commodities-products/grains-oilseeds/flax-profile>

Şahin, G., Yıldız, B. (2022) TÜRKİYE'DE KETEN ÜRETİMİ VE KARAKTERİSTİK KETEN DOKUMALARIN DURUMU <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1773321>

İşleroğlu, H., Yıldırım Z., Yıldırım M. (2005) Fonksiyonel Bir Gıda Olarak Keten Tohumu

Hazneci, E., Arslanoğlu, Ş.F. (2021) Orta Karadeniz Bölgesinde Kırsal Alanlar İçin Keten Bir Şans Mı? Kârlılık Analizi ve Yapılabilirliği <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2184580>

Şahin, G. (2019) ÇOK BOYUTLU BİR TARIM ÜRÜNÜ: KETEN (Linum usitatissimum L.) <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1168566>

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

<https://health.clevelandclinic.org/flaxseed-little-seed-big-benefits>

MARKET BRIEF ON THE US MARKET FOR NATURAL INGREDIENTS USED IN DIETARY SUPPLEMENTS AND COSMETICS INTERNATIONAL TRADE CENTRE UNCTAD/WTO GENEVA (2003)

Makale id= 59

Sözlü SunumORCID ID: <https://orcid.org/0009-0004-2228-9906>

| 237

Sürdürülebilir Tarımda İklim Değişikliğinin Olumsuz Etkilerine Karşı Organik Atık Yönetimi**Arş.Gör. Amina Abdullahi¹ , Prof.Dr. Ali Sabır²**¹Faryab Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Faryab²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya

*Corresponding author: Amina Abdullahi

Özet: Tarım arazilerinin düzensiz kullanımı ve iklim değişikliği sonucu topraklarda meydana gelen organik madde kayıpları, bitkisel verimliliği kısıtlayan küresel bir sorundur. Bu tür topraklarda, su kıtlığı ve besin elementi noksanlığına bağlı olarak bitkiler zayıf büyümekte ve çevresel stres faktörlerine duyarlı hale gelmektedir. Toprak niteliğinin kaybolmasını önlemek veya en aza indirmek için hassas tarım teknikleri uygulanmalıdır. Bu bağlamda organik atıklar, sınıflandırılarak toplanıp uygun şekilde kompostlaştırıldığında çoraklaşmış toprağın verimli hale getirilmesi için büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye de dahil olmak üzere birçok ülkede biyo-atıkların sınıflandırılarak toplanması artmaktadır. Ayrıca, AB Üye Ülkeleri yakın gelecekte biyo-atıkları yönetmelik hükmüncelikle toplamak zorunda kalacaklar. Hayvan gübresi, bitki budama artıkları, kentsel katı atıklar, orman endüstrisi artıkları, evsel organik atıklar ve endüstriyel gıda kalıntıları (üzüm posası, fındık zuruğu, çay yaprağı, meyve kabuğu, tohumlar, yapraklar, meyve pulpu, çiçek artıkları) çevre dostu toprak verimliliğinin iyileştirilmesi için faydalı organik atık kaynaklarından bazılarıdır. Toprak verimliliğini sürdürülebilir yöntemlerle artırmaya yönelik kişisel ve kurumsal girişimlerin teşvik edilmesi için çeşitli organik atıklardaki yararlı maddelerin ekonomik değerini ortaya çıkaran kapsamlı bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Çevresel stres faktörleri, iklim değişikliği, toprak bozulması, toprak değişikliği

Organic Waste Management to Mitigate the Climate Change Adversities for Sustainable Agriculture

Abstract: Soil organic matter decline, accelerated by improper land use and climate change, is global problem restricting the crop productivity. In these soils, plants grow poorly and become susceptible to environmental stressors due to low water availability and poor nutrient mobility. Precision agriculture techniques should be applied to prevent or minimize the soil degradation. In this context, organic wastes have a great potential for amendment of the damaged soil when separately collected and properly composted. The separate collection of bio-waste has been increasing in many countries including Türkiye. Moreover, all EU Member States will be obliged to collect bio-waste separately in the near future. Animal manure, plant pruning residues, municipal refuse, wood manufacturing residuals, household organic wastes and industrial food remaining (such as grape pomace, hazelnut husk, fruit and nut shell, seeds, leaves, pulp, stems, florets, pits) are some of the sources of organic materials useful for eco-friendly soil fertility improvement. Scientific experiments and special data analysis should be thoroughly performed to reveal the economic value of the organic components in various organic wastes. Such data could effectively stimulate the use of organic wastes on agricultural land to prevent soil degradation and nutrient runoff while improving the soil productivity.

Key words: Environmental stressors, climate change, soil degradation, soil amendment

GİRİŞ

Dünyada tarımsal üretim alanlarının büyük bir bölümünü oluşturan bağcılık, kuzey yarım kürede 11-53°, güney yarım kürede 20-40°, enlem dereceleri arasında yapılmaktadır. Dünya genelinde toplam 7.5 milyon hektar alan üzerinde geniş bir coğrafyada yaklaşık 70 milyon ton üzüm üretimi yapılmakla birlikte (Grassi ve De Lorenzis, 2021:4518), bağcılık yapılan alanların büyük bir kısmında çevresel stres faktörleri bağcılığın sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir (Sabır, 2022:78). Filoksera ve nematod zararlıları başta olmak üzere, toprakta yüksek oranda bulunan tuz ve kireç gibi maddeler birim alana düşen üzüm verimini olumsuz etkileyen başlıca toprak kökenli etmenlerdir. Son yıllarda etkisi daha fazla artan iklim değişikliğinin bitkilere olumsuz etkilerini azaltmak için uygun genotip seçimi (Sabır vd., 2018:134), ve kültürel uygulamalar büyük önem taşımaktadır (Van Leeuwen vd., 2013:3051).

Çeşitli sektörlerde üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu ortaya çıkan organik atıklar, tarımsal üretime kazandırılarak çevre dostu sürdürülebilir tarım tekniklerine katkı sağlanmış olacaktır. Organik maddelerin toprağa ilavesi, toprakta agregat oluşumunu sağlayarak toprak işleme ve benzeri faaliyetler kolaylaştırır. Organik madde, toprakların su ve besin maddesi tutma kapasitesini artırır. Organik maddeler, toprakta doğal olarak yaşayan yararlı mikroorganizmaların besin kaynağı olduğundan, toprakta mikroorganizma faaliyetinin artmasını sağlar. Diğer taraftan, organik maddenin ayrışması sırasında üretilen organik asitler, özellikle fosfor ve birçok mikro elementinin çözünürlüğünü artırarak, bitkilerin su ve besin maddesinden daha iyi yararlanmasını sağlar (Güneş vd., 2000:199). Bu nedenle, bitkisel ve hayvansal kökenli organik atıkların uygun şekilde kompostlaştırılarak tarımda kullanılması, iklim değişikliğinin etkisinde sürdürülebilir gıda üretimi için önem taşımaktadır (Kaçar ve Katkat, 1999:20). Bu kapsam değerlendirilebilecek başlıca maddeler kentsel katı atıklar, bitki budama artıkları, gıda endüstrisi artıkları ve orman endüstrisi artıkları başlıkları altında özetlenmiştir.

KENTSEL KATI ATIKLAR

Küresel ölçekte hızla büyüyen kentlerin atıkları çevresel sorunlara neden olmaktadır. Yeryüzünde hızla artan insan nüfusuna bağlı olarak 2016 yılı verilerine göre yılda 2.01 milyar metrik ton kentsel katı atık üretilmiş olup, bu miktarın 2030 yılında 2.59 milyar metrik tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Kaza vd., 2018:1). Kentsel atıkların niteliklerine göre sınıflandırılarak toplanmaları ve uygun yöntemlerle fermente edilerek kompost haline getirilmeleri çiftçilerin kompost ihtiyacını karşıladığı gibi şehirlerin çöp sorunlarına çözüm önerisi sunabilmektedir. Ev ve işyerlerinin organik atıklarının oksijenin elverişli olduğu kontrollü şartlar altında mikroorganizmalar ve diğer toprak canlıları tarafından biyolojik olarak parçalanması ile üretilen organik maddeye kentsel katı atık kompostu denir. Sri Lanka'da yapılan bir çalışmada organik atıkların kompost haline getirilmesi sayesinde yılda 191 milyon dolar kazanıldığı tahmin edilmiştir. Kompost üretim tekniğinde besin elementlerinin sızarak ya da buharlaşarak kaybolmasını önleyebilecek yöntemlerin uygulanması önemlidir. Yeterince olgunlaşmamış olarak kullanılan kompost, fitotoksit olabilir (Wang vd., 2021:3). Kompost üretimi sırasındaki sıcaklık, başlangıçtaki C/N oranı, havalanma koşulları, nem ve pH kompost kalitesini doğrudan etkileyen faktörlerdendir (Shafawati ve Siddiquee, 2013:246). Kompost üretirken humus oluşumunda ortamdaki mantar (fungus)'lar önemli görev alırlar. Mantarın uygun şartlarda çalışabilmeleri için de ortam neminin aşırı yüksek olmadan dengede tutulması önemlidir (Zhao vd., 2016:81). Kentsel katı atık kompostunun içeriği kompostta kullanılan hammaddeye ve kompost yöntemine göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak %30-50 su, %20-40 organik madde, %0.3-0.9 N, %0.3-0.9 P, %0.6-6.0 kireç bulunduğu bildirilmiştir (Eawag, 1988). Uygun şartlarda elde edilen kompostun kapsamında organik madde, N, P, K ve mikroelementler bulunur. Kentsel katı atık kompostu toprakta katyon değişim kapasitesini artırarak bitki besin elementi döngüsüne fayda sağlayabilmektedir (Güler, 2001:355). Kayısı fidan başına uygulanan 5 kg kentsel katı atık kompostunun verim ve kaliteyi arttırdığı saptanmıştır. Örtü altı domates yetiştiriciliğinde kullanılan kentsel katı atık kompostu toprakta organik madde kapsamını ve porozite (gözeneklilik) özelliğini arttırmıştır (Ağca vd., 2001). Ancak kompost yapımı için kullanılan hammadde içeriğinde yüksek oranda ağır metal ya da mikroplastikler bulunması durumunda, üretilen kompost toprağa ve çevreye zararlı hale gelebilecektir.

BİTKİ BUDAMA ARTIKLARI

Küresel ölçekte tarımsal üretimin yoğun olarak gerçekleştirildiği Akdeniz İklim kuşağında genellikle toprakların organik madde içeriği yetersizdir (Görka vd., 2018:103). Bitki budama artıkları, omca

(asma)'ların ve meyve ağaçlarının budanmasından sonra çoğu zaman üreticiler tarafından yakılan ince ve kalın dallar gibi artıklardır. Bu organik maddelerin yakılması CO₂ gibi sera gazları salarak küresel ısınmaya neden olmaktadır. Yakmak yerine, budama atıklarının uygun yöntemlerle toprağa karıştırılması ya da toprak yüzeyine serilmesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliğini olumlu yönde arttıran ve su tasarrufu çevre dostu bir uygulamadır (Taboada-Ruiz vd., 2024:4). Bağcılıkta kış budaması sonucunda ortalama olarak hektar başına 1 tondan fazla biyokütle (budama artığı) ortaya çıkabilmektedir (Spinelli vd., 2012:376). Asma budama artıkları makinalarla parçalanarak toprağa kazandırıldığında toprağın bitki kök gelişimi için daha elverişli hale gelmesini sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2017:5449). Bu kalıntılar, aynı zamanda selüloz ve lignin kaynağı olarak da yüksek potansiyel taşımaktadır. At kestanesi ve akasya gibi çok yıllık peyzaj bitkilerinin budama artıklarının 750-850 °C sıcaklıkta yakılarak pirolisiz (pyrolysis) adı verilen bu yöntemle elde edilen ürünler biyo-yakıt, biyokar ve gas ürünleri tarımda kullanılabilir (Taboada-Ruiz vd., 2024:7). Akasya ve okaliptüs budama artıklarının 500 °C sıcaklıkta yakılmasıyla elde edilen biyokar içerisinde önemli miktarda fenol, asetik asit ve vanilik asit bulunduğu saptanmıştır (Ahmed vd., 2018:395; Vo vd., 2022:13).

GIDA ENDÜSTRİSİ ATIKLARI

Türkiye'de yoğun olarak yetiştirilen fındık ve çay tarımsal gelirden önemli bir yer tutmaktadır. Karadeniz Bölgesi'nde hasat edilen çay yaprakları siyah çaya dönüştürülürken yaklaşık 40 bin ton çay atığı ortaya koymaktadır (Tutuş vd., 2015:5410). Benzer şekilde, fındık endüstrisi sonucu üretilen fındık zuru yüksek miktarlarda bulunabilen organik atıklardır. Toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmesi açısından organik madde içeriği yönünden zengin olan çay ve fındık atıklarının tarım topraklarına kazandırılması bazı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Özenç vd., 2006:24; Tutuş vd., 2015:5411). Pardo vd., (2023) fındık kabuğundan elde edilen kompostun organik madde içeriğinin %9 olduğunu kaydetmişlerdir. Bu organik atıklar uygun yöntemlerle kullanıldığında toprağın organik madde içeriğini artırılmasının yanında, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de iyileştirerek bitkilerin çeşitli stres faktörlerine karşı dayanımını destekleyebilmektedir (Keskin, 2015:4; Hut, 2016:5). Saadi vd., (2019) nar kabuğundan elde edilen kompostun, bitki kökleri ve kök bölgesindeki yararlı mikroorganizmaların ihtiyacı olan oksijen miktarını artırdığını belirtmişlerdir.

ORMAN ENDÜSTRİSİ ATIKLARI

Orman ağaçlarından mobilya ve benzeri gereçlerin üretildiği endüstrinin atığı olan hizar talaşı, asmalarda yaygın uygulanan çoğaltma tekniklerinden olan aşılı çelikle çoğaltmada aşılı kaynaştırma ortamı olarak yaygın kullanılmaktadır (Sabır ve Ağaoğlu, 2009:24). Özellikle kavak bitkisinden elde edilen hizar talaşı, aşılı kaynaştırma ortamında aşılı çeliklerin ideal nem koşullarında tutulması için önerilen başlıca materyallerdendir (Ağaoğlu ve Çelik, 1981:74). Kozalaklı bitkilerin gövde kabukları ve kozalakları kıraç toprakların niteliğinin artırılmasında ve kurak koşullarda su tasarrufu için malç olarak kullanılabilir (Kulcu ve Yaldiz, 2007:2701; Peltoniemi vd., 2023:6). Araştırmalara göre kozalaklı bitkilerin taze ağaç kabuğu stilben ve tanin gibi polifenoller bakımından zengin olup bu maddelere antimikrobiyal özellikleri ile tarım topraklarında zararlı organizmaların gelişmesine engel olabilirler (Jyske vd., 2022:5096). Ancak bu kabukların toprağa uygulanmadan önce sıcak su ekstraksiyonu gibi bazı işlemlerden geçmesi gerekecektir. Kozalak ve kabuklar, çiftlik gübresi ve buğday sapları ile karıştırılarak da kullanılabilir (Kulcu ve Yaldiz, 2007:2701).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya üzerinde tarımsal üretim yapılan alanların büyük bir kısmı için öngörülen iklim senaryoları, gelecekte yüksek sıcaklıkların ve kuraklık olaylarının daha sık yaşanacağına işaret etmektedir. Üretimde kullanılan doğal kaynakların korunarak sürdürülebilir tarım tekniklerinin uygulanması önem taşımaktadır. Bu kapsamda, çeşitli faaliyetlerle ortaya çıkan organik atıklar bitkisel üretimde büyük potansiyel taşımaktadır. Yüksek katma değere sahip bitkisel atıkların, ekolojiye etkisi dikkate alınarak uygun yöntemlerle toplanması ve bu atıkları işleyerek değerlendirecek işletmelerin kurulması önem taşımaktadır. Bu konuda araştırma projelerinin desteklenerek araştırmaların teşvik edilmesi çevresel atık yönetiminin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Organik atıkların fiziksel ve içeriksel niteliklerine göre işlenmesi, atığın içinde bulunan zararlı maddelerin ayrıştırılması, elde edilecek kompost kalitesini etkileyecektir. Organik atıkların uygun şekilde yönetimi, hammadde ithalatına olan bağlılığın azaltılması ve doğal kaynak kullanım verimliliğinin yükseltilmesine olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, Y. S., & Çelik, H. (1981). Modern Dılcıklı Aşıda Hijyen. *Ankara Üniv., Zir. Fak. Yay, 74*.
- Ağca, N., Aydın, M., Aslan, S., & Kılıç, Ş. (2001). Effects of Compost Produced From Municipal Solid Wastes on Soil Properties and Crop Yield: C Properties Due to the Application of Compost. *Türkiye Toprak İlmi Derneği Bildiri Özetleri, Adana*.
- Ahmed, A., Bakar, M. S. A., Azad, A. K., Sukri, R. S., & Phusunti, N. (2018). Intermediate pyrolysis of Acacia cincinnata and Acacia holosericea species for bio-oil and biochar production. *Energy conversion and management, 176*, 393-408.
- Eawag (1988). *Das Methodenbuch für Müll Kompost und Klaerschlammanalyse Dübendorf Schweiz*.
- Górka, B., Korzeniowska, K., Lipok, J., & Wieczorek, P. P. (2018). The Biomass of algae and algal extracts in agricultural production. *Algae biomass: Characteristics and applications: Towards algae-based products*, 103-114.
- Grassi, F., & De Lorenzis, G. (2021). Back to the origins: background and perspectives of grapevine domestication. *International Journal of Molecular Sciences, 22(9)*, 4518.
- Güler, S. (2001). Kompostlaştırılmış materyallerin tarımda kullanımı. *Türkiye II. Ekolojik Tarım Sempozyumu, 14(16)*, 353-362.
- Güneş A., M. Alpaslan, A. İnal 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme . *Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi*. Yayın No: 1514 Ders Kitabı: 467. Ankara
- Hut, D. (2016). *Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinin gelişimi üzerine etkileri* (Master's thesis, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Jyske, T., Brännström, H., Halmemies, E., Laakso, T., Kilpeläinen, P., Hyvönen, J., ... & Saranpää, P. (2022). Stilbenoids of Norway spruce bark: does the variability caused by raw-material processing offset the biological variability?. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-15.
- Kaçar B., V. Katkat (1999). Gübreler ve Gübreleme Tekniği Uludağ Üniversitesi. *Bursa* 20-29.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.
- Keskin, A. (2015). *Tuzlu koşullarda farklı organik materyal uygulamalarının soğanda verim ve kalite üzerine etkileri* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kulcu, R., & Yaldız, O. (2007). Composting of goat manure and wheat straw using pine cones as a bulking agent. *Bioresource technology, 98(14)*, 2700-2704.
- Özenç, N., Özenç, D. B., & Çaycı, G. (2006). Effects of hazelnut husk compost, peat, farmyard, and chicken manure on soil organic matter and N nutrition and hazelnut yield. In *18 th international soil meeting (ism) on soil sustaining life on earth, managing soil and technology* (pp. 22-26).
- Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Jyske, T., Rasi, S., & Pennanen, T. (2023). Impacts of coniferous bark-derived organic soil amendments on microbial communities in arable soil—a microcosm study. *FEMS Microbiology Ecology, 99(3)*, fiad012.
- Sabır, A. (2022). Sustainable stress mitigation with microorganisms in viticulture. In *Sustainable Horticulture* (pp. 77-95). Academic Press. London, United Kingdom.
- Sabır, A., & Ağaoğlu, Y. S. (2009). Tüplü asma fidanı üretiminde değişik IBA ve NAA uygulamalarının farklı çeşit/anaç kombinasyonlarında aşı başarısı üzerine etkileri. *alatarım, 8(2)*, 22-27.
- Sabır, A., Kucukbasmaci, A., Taytak, M., Bilgin, O. F., Jawshle, A. I. M., Mohammed, M. M., & Gayretli, Y. (2018). Sustainable viticulture practices on the face of climate change. *Agric. Res. Technol. Open Access J, 17*, 556033.

- Shafawati, S. N., & Siddiquee, S. (2013). Composting of oil palm fibres and *Trichoderma* spp. as the biological control agent: A review. *International biodeterioration & biodegradation*, 85, 243-253.
- Saadi, W., Rodríguez-Sánchez, S., Ruiz, B., Souissi-Najar, S., Ouederni, A., & Fuente, E. (2019). Pyrolysis technologies for pomegranate (*Punica granatum* L.) peel wastes. Prospects in the bioenergy sector. *Renewable energy*, 136, 373-382.
- Singh, R. P., Ibrahim, M. H., Esa, N., & Iliyana, M. S. (2010). Composting of waste from palm oil mill: a sustainable waste management practice. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 9, 331-344.
- Spinelli, R., Nati, C., Pari, L., Mescalchin, E., & Magagnotti, N. (2012). Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy*, 89(1), 374-379.
- Taboada-Ruiz, L., Pardo, R., Ruiz, B., Díaz-Somoano, M., Calvo, L. F., Paniagua, S., & Fuente, E. (2024). Progress and challenges in valorisation of biomass waste from ornamental trees pruning through pyrolysis processes. Prospects in the bioenergy sector. *Environmental Research*, 118388.
- Tutuş, A., Kazaskeroğlu, Y., & Çiçekler, M. (2015). Evaluation of tea wastes in usage pulp and paper production. *BioResources*, 10(3), 5407-5416.
- Van Leeuwen, C., Schultz, H. R., Garcia de Cortazar-Atauri, I., Duchêne, E., Ollat, N., Pieri, P., ... & Delrot, S. (2013). Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(33), E3051-E3052.
- Vo, T. A., Tran, Q. K., Ly, H. V., Kwon, B., Hwang, H. T., Kim, J., & Kim, S. S. (2022). Co-pyrolysis of lignocellulosic biomass and plastics: A comprehensive study on pyrolysis kinetics and characteristics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 163, 105464.
- Wang, Y., Tang, Y., Li, M., & Yuan, Z. (2021). Aeration rate improves the compost quality of food waste and promotes the decomposition of toxic materials in leachate by changing the bacterial community. *Bioresour Technol*, 340, 125716.
- Yıldız, A., Yıldız, A., Doran, İ., Eti, S., Ayanoğlu, H., Aydın, A., & Keleş, D. (2000). Precoce de Tyrinthe Kayısı Çeşidinde En Uygun N, P, K Gübre Dozlarının Belirlenmesi ve Bunların Döllenme Biyolojisi Üzerine Etkileri. *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü*. Erdemli / İçel.
- Yilmaz, E., Canakci, M., Topakci, M., Sonmez, S., Agsaran, B., Alagoz, Z., ... & Uras, D. S. (2017). The effects of application of vine pruning residue on soil properties and productivity under mediterranean climate conditions in Turkey. *Fresenius Environ Bull*, 26, 5447-5457.
- Zhao, X., He, X., Xi, B., Gao, R., Tan, W., Zhang, H., & Li, D. (2016). The evolution of water extractable organic matter and its association with microbial community dynamics during municipal solid waste composting. *Waste Management*, 56, 79-87.

Makale id= 69

Sözlü Sunum

ORCID ID:

| 242

Environmental Pollution Caused by Animal Manure

Asst.Prof.Dr. Valiollah Palangi¹

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ege University

Abstract: *Intensive livestock production provides high-quality, protein-rich food to the world's population. Sustainable growth in the animal industry requires an environmental conscience. Manure, a major component of livestock waste, can be a valuable resource as well as a potential hazard to the environment. The first method of managing manure is to develop a feeding program and feeds that are environmentally conscious, so less excreted nutrients are generated. There is also a growing concern for animal welfare, which will lead to fewer confined systems for animals. In the future, the new system will have a significant impact on the waste management system.*

Keywords: *Livestock Production; Animal Manure and Environmental Pollution*

Introduction

Recently, animal production has become a major environmental concern. Furthermore, by 2050, the world's population will expand and developing countries' diets will shift toward meat-based diets, increasing animal product demand by 50% (Cappelaere et al., 2021). Animal manure contains a large amount of nitrogen in the form of uric acid and urea, which are converted into ammonia after excrement (especially under suitable conditions) and released into the air (Nahm, 2003). This accumulation will cause environmental problems. The amount of ammonia produced in closed spaces where animals are kept reaches its maximum level during cold seasons when there is no proper ventilation, resulting in adverse health and performance effects for both animals and humans. Further, animal manure contains phosphorus, which can accumulate in certain places and pollute water when dissolved in water (Vanotti et al., 2020). As nutrition affects feed production and manure composition, it limits emissions in housing, during storage, and during application, which is one of the most effective levers to reduce environmental impact (Cappelaere et al., 2021). As this issue is important and has significant environmental implications, this article will review the factors that lead to environmental pollution.

Dietary adjustments to reduce phosphorus in feces

It is possible to increase the use of phytic phosphorus and prevent excessive excretion by knowing the amount of phosphorus chickens require and by reducing their reliance on mineral phosphorus sources and the use of phytase enzyme. The environmentalists point out that one disadvantage of using phytase enzyme to improve dietary phosphorus utilization is that phytase increases phosphorus' water solubility in feces, and phosphorus dissolves in water when it rains or gets irrigated, resulting in surface and underground phosphorus pollution. Phosphorus excretion can also be reduced by using seeds with low phytate phosphorus levels. Even though the amount of phytate phosphorus has decreased due to breeding, the total amount of phosphorus has not changed. Using such seeds reduces the release of phosphorus into the environment. There is also a difference in the bioavailability of phosphorus in its mineral sources, and those sources that have good bioavailability should be used to reduce the amount of phosphorus discharged into the environment. To prevent the loss of phosphorus from wastes and pollution of the environment, a variety of methods are used. Using aluminum, calcium, and iron compounds results in the formation of phosphorus that is not soluble in water and helps maintain

phosphorus levels in feces. As a result of these methods, about 75% of the reduction of phosphorus is prevented.

Reducing feces' ammonia production

In order to control ammonia production from stool nitrogen, various methods are used, including clay, microbial inhibitors, enzyme inhibitors, acids, and acidic solutions. The most effective method is to reduce the stool pH with weak acids, such as propionic acid and lactic acid, which makes the field unfavorable for the conversion of stool nitrogen into ammonia. A comparison of the effects of acetic and phosphoric acids on the prevention of stool nitrogen conversion to ammonia has shown that strong acids have greater effects than weak ones. In addition to reducing the nutritional value of fertilizers and causing environmental pollution, the conversion of ammonia into nitrite is also responsible. Today, the only way to control this process is to use an inhibitor like nitraprene, which prevents a great deal of nitrification.

Dietary adjustments to reducing protein and amino acid levels

Environment-friendly organizations put a great deal of pressure on breeders to reduce the amount of raw protein in their diets to reduce nitrogen excretion from broilers. Due to the fact that about 16% of protein is nitrogen, reducing raw protein burial will also decrease nitrogen excretion. Excessive synthetic amino acid use contributes to the increased loss of nitrogen through the feces to the environment. It takes more energy and protein for chickens to build muscle tissue. In order to provide these nutrients, corn kernels are used for energy and soybean meal for protein, since these two food sources have different nutritional deficiencies. The essential amino acids are supplied by synthetic amino acids, which means that too many amino acids are present in the feed, and since the chickens get the amount based on the first amino acid, a lot of other amino acids are excreted, leading to environmental problems due to the nitrogen produced.

Conclusions

Optimizing nutrient utilization and preventing excessive nutrient excretion can be achieved by identifying nutritional requirements accurately, choosing foods with high bioavailability, and reducing available nutrients. In addition, males and females should be fed separately due to their different nutritional requirements, phase feeding and an ideal protein system should be used, synthetic amino acids should be utilized, and food items with high bioavailability of nutrients should be used as well as rations based on digestion. One way to meet the nutritional needs of monogastrics effectively and to prevent pollution of the environment is to use nutrient. Copper and zinc concentrations in soil can negatively affect plants and animals that consume them. Unlike nitrogen and phosphorus, which are dissolved in water and transferred to other areas, zinc and copper form bonds with soil particles and accumulate in the soil, which can eventually poison plants and animals. Humans using it have plants as well.

References

- Nahm, K. H. (2003). Evaluation of the nitrogen content in poultry manure. *World's Poultry Science Journal*, 59(1), 77-88.
- Cappelaere, L., Le Cour Grandmaison, J., Martin, N., & Lambert, W. (2021). Amino acid supplementation to reduce environmental impacts of broiler and pig production: a review. *Frontiers in veterinary science*, 8, 689259.
- Vanotti, M. B., García-González, M. C., Szögi, A. A., Harrison, J. H., Smith, W. B., & Moral, R. (2020). Removing and recovering nitrogen and phosphorus from animal manure. *Animal manure: Production, characteristics, environmental concerns, and management*, 67, 275-321.