18TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS

SCIENCE AND ENGINEERING

16 - 17 ARALIK
2023

UBAK

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 / BirinciBasım / ©

Aralık 2023 - Ankara

ISBN

978-625-6861-69-5

Asos Yayınevi

1st Edition 30 Aralık 2023

Address / Adres: Çaydaçıra Mah. Hacı Ömer Bilginoğlu Cad. No:67/2-4/Merkez/Elazığ

E-Mail: asos@asosyayinlari. com

Web: www. asosyayinlari. com

İnstagram: https://www. instagram. com/asosyayinevi/

Facebook: https://www. facebook. com/asosyayinevi/

Twitter: https://twitter. com/Asosyayinevi

Ankara 2023

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. Emel ÇETİNKAYA, Sakarya Üniversitesi

Congress Organizing Committee / Düzenleme Kurulu
Prof. Dr. Emel ÇETİNKAYA, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer YILMAZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Aydın GÜVEN, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ramazan KAYA, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer YILMAZ, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Handan AKKAŞ, Ankara Bilim Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Rabia YILAR, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Esra TÜRE, Amasya Üniversitesi

Congress Scientific Committee / Bilim Kurulu
Doç.Dr. Gülbarşin ADAMBAEVA, Yessenov Üniversitesi, Kazakistan
Dr. Öğretim Üyesi Mamdouh ALENEZİ, Prince Sultan University
Doç. Dr. Gülser AKTAN, Bursa Uludağ Üniversitesi
Doç. Dr. Türkan ASKEROVA, Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi
Dr. Öğretim Üyesi Osman ASLAN, Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi
Doç. Dr. Fatma Nur Yorgancılar ATATOPRAK, Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr. Ferda ATLI, İnönü Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Alpertunga AVCI, Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. Gönül BALKIR, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Hande BARLIN, Gebze Teknik Üniversitesi
Doç.Dr. Didem Paşaoğlu BAŞ, Anadolu Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Zafer BAŞKAYA, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
Doç.Dr. Cemal BAYAK, Pamukkale Üniversitesi
Prof.Dr. Fatih BEKTAŞ, Trabzon Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Asiye BERBER, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Doç. Dr. Shener BILALLI, International Balkan University
Doç. Dr. Eda BOZKURT, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Ümmügülsüm CANDEĞER, Osmaniye Korkutata Üniversitesi
Doç. Dr. Elifhan Köse ÇAL, Karamanoğlu Mehmet Bey Universitesi
Dr. Öğretim Üyesi Özgür ÇALIŞKAN, Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÇAKIR, Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Bilal ÇELİK, Sakarya Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Hilal ÇİFTÇİ, Çankırı Karatekin Üniversitesi
Doç. Dr. Kemal ÇİFTYILDIZ, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi
Doç. Dr. Gökhan DEMİRKOL, Çankırı Karatekin Üniversitesi
Doç. Dr. Türkan Polatçı DEMİRKOL, Çankırı Karatekin Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Gül DERTLİ, İstanbul Topkapı Üniversitesi
Doç. Dr. Rabia Köse DOĞAN, Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr. Füsun Çoban DÖŞKAYA, Dokuz Eylül Üniversitesi
Dr. Faruk DÜNDAR, University of Glasgow
Doç. Dr. Nihada Delibegovic DZANİC, University of Tuzla
Doç. Dr. Akın EFENDİOĞLU, Çukurova Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Huriye EMEN, İstanbul Topkapı Üniversitesi

Doç. Dr. Füsun EKŞİ, İstanbul Medeniyet Üniversitesi
Doç. Dr. Subhan EKŞİOĞLU, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Duygu Gür ERDOĞAN, Sakarya Üniversitesi
Doç. Dr. Zuhal ERGEN, Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. Aydın ERTEKİN, Selçuk Üniversitesi
Doç. Dr. Halil İsmail ERTON, Atılım Üniversitesi
Prof. Dr. Ebru GÖZÜKARA, Istanbul Arel University
Prof. Dr. Canan HAMURKAROĞLU, Karabük Üniversitesi
Prof. Dr. Irshad HUSSAİN, The Islamia University of Bahawalpur
Prof. Dr. Emel İSLAMOĞLU, Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Cemal İYEM, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Prof. Dr. İdris KADIOĞLU, Dicle Ünïversitesi
Doç. Dr. Serpil KAHRAMAN, Yaşar Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Hülya KALYONCU, İstanbul Topkapı Üniversitesi
Prof. Dr. Behset KARACA, Süleyman Demirel Üniversitesi
Doç. Dr. Cemile Bahtiyar KARADENİZ, Ordu Üniversitesi
Doç. Dr. Adem KARAKAŞ, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Özlem KARAKIŞ, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Elvan KARAKOÇ, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Alper KARASOY, Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Sevinç KASIMOVA, Bakü Devlet Üniversitesi
Prof. Dr. Sibel KILIÇ, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Şenol KORKUT, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Elvira LATİFOVA, Bakü Devlet Üniversitesi
Prof. Dr. Cem Harun MEYDAN, Ankara Bilim Üniversitesi
Prof. Dr. Meruert MUSABAEVA, Eurasian National University, Kazakaistan
Doç. Dr. Naka NİKSİC, Belgrad Üniversitesi, Sırbistan
Prof. Dr. Mehmet Akif OCAK, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Ayla OĞUZ, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Doç. Dr. Özlem ÖZGÜR, Selçuk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Gülbin ÖZKAN, Yıldız Teknik Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Gülşen Fatma Çulhaoğlu PİRENCEK, Çankaya Üniversitesi
Doç.Dr. Özgül POLAT, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Galbatsova SHAHRUZAT, Daghestan State University
Prof. Dr. Gulnoz SATTOROVA, Özbekistan İlimler Akademisi
Doç. Dr. Vafa SAVAŞKAN, Artvin Çoruh Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Mesut SOYALIN, Siirt Üniversitesi
Dr. Gülzada STANALİEVA, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Yusuf SÜLÜN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi
Doç. Dr. Leyla ŞENER, Anadolu Üniversitesi
Doç. Dr. Perihan ŞIKER, Niğde Ömer Halisdemir üniversitesi
Prof. Dr. Türkmen TÖRELİ, Dokuz Eylül Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Esra TÜRE, Amasya Üniversitesi
Doç. Ayşegül TÜRK, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Doç. Dr. F. Oben ÜRÜ, Istanbul Arel University
Prof. Dr. Andrey VOLODİN, Moskova State University, Russia
Dr. Öğretim Üyesi Ali Fuat YALÇIN, Necmettin Erbakan Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Sercan YAVAN, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Hasan YAZICI, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer YILAR, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer YILMAZ, Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Gökçe YOĞURTÇU, Kırgız Türk-Manas Üniversitesi
Prof. Dr. Yusuf YURDİGÜL, Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğretim Üyesi Meltem YURTÇU, İnönü Üniversitesi
Prof. Dr. Nurshat ZHUMADİLOVA, Kazakistan, Karaganda Bolaşak Üniversitesi

Sekretary / Sekreterya
Arş. Gör. Ebru Buket AYGÜN

TAM METİNLER

PROCEEDINGS

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Manipulating Diet: A Sustainable Way to Reduce Ruminant Methane Emissions 9

Pil ile Beslenen Gsm Haberleşmeli Sistemlerde Kullanılan Süper Kapasitörlerin Şarj Otomasyonu 13

TRIM 11 Gene As a Prognostic Biomarker in Breast Cancer ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Exploring the Impact of ACN 9 Gene Expression On Patient Survival in Multiple Cancer Types .**Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

Kentsel Yük Taşımacılığı Planlamasında Farklı Modelleme Yaklaşımları ve Politika Oluşturma: Yeni Bir Tanımlayıcı 39

Yap-İşlet-Devret Modeli Bir İnşaat Projesinde Eş Zamanlı Gecikme Vaka Analizi 47

Tamamlayıcı Sağlık Sigortasında Aktüeryal Prim Hesabı 60

Asit Mukavim Emayelere Pirolitik Özellik Kazandırılması 68

İlaç Taşıyıcı Sistemler İçin Etkin Madde Yüklü Polimerik Nanopartiküllerin Hazırlanışı ve Karakterizasyonu 79

Terai Sanısı ile İlgili Bazı Özel Durumların İncelenmesi 85

Simetrik Aralıkta Üstel Tipte Fonksiyonları Koruyan Modifiye Bernstein Operatörleri 94

Kesirli Viskoelastik Sınır Koşullarına Sahip Euler-Bernoulli Kirişi 104

Yüksek Uzamalı Dökme Demirin (En-Gjs-400-18) Uygun Üretim Şartlarının Araştırılması 112

Robotlu Büküm Makinelerinde Görüntü İşleme Teknikleri İle Pozisyon Algılama 122

Copper and Lead Extraction From Copper Anode Slime With Ammonium Acetate 131

Ultrason Meme Tümörü, Dermoskopik Lezyon ve Akciğer Segmentasyonu 138

Yenilikçi Kenar Bantlama Makinesi Geliştirmesi 146

Free Vibration Analysis of Multi-Stepped Cracked Tapered Beam 153

Görüntü İşleme ve Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Karaciğer Tomografi Görüntülerinde Benign ve Malign Kitlenin Tespiti 166

Tat ve Koku Veren Bileşiklerden Geosmin ve 2-Mıb Gideriminde Kullanılan Proseslerin Değerlendirilmesi 176

Dronlar İçin Süper Çekirdekli Manyetik Malzeme Tabanlı Fırçasız Dc Motor Tasarımı 186

Öngerilmeli Prefabrike Köprü Kirişlerinin Optimum Tasarımı 194

Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Parkınson Hastalığı Tespiti ve Sınıflandırılması 209

Karbon Ayakizi Hesaplamalarında Emisyon Faktörü Seçiminin Oluşturduğu Farkların Optimizasyonu 219

Yolo V7: Gerçek Zamanlı Nesne Algılama Algoritmasına Genel Bir Bakış 224

Görüntü İşleme Tekniklerinde Kullanılan İşlemler ve Yapay Zeka Sınıflandırma Algoritmaları 235

Paralel Bir Eksen Etrafında Dönen Bir Kanaldaki Akış Rejiminin Sayısal Olarak İncelenmesi 244

İlkokul Dersliklerinin Akustik Performansında Yutucu Gereç Yerleşiminin Etkisi 263

İsfahan Safevi Cami Mimarisi- Mescid-İ Şah Cami 275

Adezyon Değiştiren Malzemeler Bağlamında Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi ve Palazzo Italia Yapı Cephelerinin İncelenmesi 284

Asit Yıkamalarda Kullanılan Perlit Yerine Çevre Dostu Malzemeler İle Efektli Ürünlerin Elde Edilmesi 294

Yıllara Göre Dünya'da ve Türkiye'de Baklagil Bitkilerinin Durumu 298

Türkiye'de ve Dünyada Yıllara Göre Mısır Üretimi 308

Makale id= 104

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Manipulating Diet: A Sustainable Way to Reduce Ruminant Methane Emissions

Researcher Valiollah Palangi[1] , Researcher Selim Esen[2] , Prof.Dr. Bahri Bayram[3]
[1]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ege University, 35100, Izmir, Türkiye
[2]Balikesir Directorate of Provincial Agriculture and Forestry, Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Balikesir 10470, Türkiye
[3]Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye

*Corresponding author: Valiollah Palangi

Abstract: *In ruminants, methanogenic bacteria and archaea methanogens remove extra hydrogen from NAD+ (nicotinamide adenine dinucleotide) reduction reactions by forming methane. Ruminants emit large quantities of methane, a major greenhouse gas. Moreover, methane emissions reduce feed efficiency because of dietary energy losses. Due to the significant contribution ruminant emissions have to GHG emissions, strategies are being investigated and developed to reduce CH4 production without compromising productivity. Ruminal flora that negatively affects the health and productivity of an animal can be reduced and/or eliminated with certain strategies. One of the most common strategies for mitigating enteric methane emissions is the management of forage to concentrate ratios, which has been outlined in many studies. The objective of this mini-review was to investigate the effectiveness of reducing methane emissions from ruminants by adjusting the ratio of forage to concentrate.*

Keywords: *Greenhouse Gas (Ghg); Methane Emission and Forage to Concentrate Ratio*

Introduction

In spite of the fact that ruminants are capable of converting inedible organic matter into high-quality human food, regulating their emissions of greenhouse gases and nitrogen from their feces is still extremely challenging. Ruminant enteric CH_4 generation is a well-understood process that is connected to rumen VFA production (Palangi et al., 2022). H_2, which is primarily produced during the fermentation of plant cell wall polysaccharides to acetate and butyrate, serves as the main fuel for methanogenesis (Moss et al., 2000). Contrarily, the rumen's competitive pathway for using H_2 is favored by the fermentation of starch and other nonstructural carbohydrates, which leads to the creation of propionate (Palangi and Lackner, 2022). In addition to nitrous oxide and carbon dioxide, CH_4 is one of the largest sources of greenhouse gases (GHG) from ruminants, causing concern about their climate change impact. Furthermore, ruminal CH_4 emissions are linked to energy waste in ruminants, as well as global warming (Palangi and Macit, 2021). Consequently, reducing enteric CH_4 production from ruminants reduces GHG emissions and enhances production performance.

Strategies to mitigate CH_4 emissions

The livestock industry has been advised of numerous methane mitigation strategies aimed at reducing ruminal methane production. Review articles and meta-analyses on the impact of various mitigation measures on ruminant CH_4 output have recently been published. Nonetheless, considering the significance of the subject and the rapid pace of knowledge expansion in the field, the writers of this article made an effort to concentrate on bringing together and addressing the most recent results as well as fresh methane mitigation techniques in ruminants. The rumen methanogenesis, which is linked to the

major energy loss and increases greenhouse gas emissions, has been reduced through a variety of nutritional interventions (Ruiz-González et al., 2017). Supplementation of vegetable oils (Vargas et al., 2020), use of condensed tannins (Petlum et al., 2019), 3-nitrooxypropanol (Kim et al., 2020), enzymes (Kholif et al., 2017), saponin (Patra and Saxena, 2009), yeast culture and live yeast (Elghandour et al., 2017; O'Brien et al., 2014) and nanoparticles (Palangi et al., 2022) were used to reduce ruminal CH_4 emissions. As a result, it is crucial to develop strategies to implement the most effective methane reduction methods to reach and motivate farmers.

Manipulating the diet

It is clearly evident that the properties of the ration have a direct impact on the animal's production and metabolic processes in the rumen. Enteric CH_4 emission is under the influence of diet composition and increases or with increasing fiber content of the diet whereas decreases by increasing dietary lipid content (Benaouda et al., 2019). Some of the dietary manipulation strategies include forage quality, concentrates and proportion of concentrate, which will be discussed hereafter.

Forage quality

The rumen's ability to produce CH_4 is influenced by forage quality (Boadi and Wittenberg, 2002). Young plants, which contain higher levels of easily fermentable carbohydrates and less NDF (so have better digestibility and passage rates), can reduce CH_4 emissions by changing the fermentation pathway (Beever et al., 1986). In contrast, more mature forage results in a larger CH_4 output, mostly as a result of a higher C:N ratio that reduces digestibility (Wang et al., 2014; Induchoodan et al., 2022). Because different types of forage have different chemical compositions, this can also have an impact on CH4 emission (Benchaar et al., 2001). Due to condensed tannins, a low fiber content, a high dry matter intake, and a fast passage rate, legume forage has a lower CH_4 yield (Beauchemin et al., 2008).

Concentrates

Dairy cows with high milk production levels have a greater need than they can meet by consuming forage only. Therefore, it is necessary to supplement forages with concentrates that are high in nutrients and low in fiber. Concentrates favor the synthesis of propionic acid, which reduces CH_4 emissions, because they have fewer cell walls and easily fermentable carbohydrates (starch and sugar) (Martin et al., 2010).

Proportion of concentrate

Although animal items like milk and meat use the majority of the energy available, the generation of CH_4 is decreased when dietary concentration levels are raised (Martin et al., 2010). At supplementing concentrations of 80 and 90%, less CH_4 emission was seen, however at supplementing concentrations of 35 or 60%, there was no difference (Lovett et al., 2003). The majority of energy-rich concentrates are linked to higher DMI, rumen fermentation rates, and feed turnover rates, altering the microbial composition and rumen environment to a greater extent (Martin et al., 2010). For feedlot calves fed diets containing 90% concentrate, an exceedingly low CH_4 loss of 2% to 3% of the gross energy intake was recorded (Johnson and Johnson, 1995). High-concentrate diets, are deficient in structural fiber and, over time, disrupt rumen function by causing subacute or acute acidosis, making them unsustainable for ruminant production. Naturally, increasing animal productivity and reducing methane emissions would be achieved by feeding concentrate to animals at a suitable F:C ratio.

Conclusions

The primary goal of animal nutritionists is to minimize feed energy waste while also reducing the amount of CO_2 and methane released into the atmosphere as greenhouse gases, all while maintaining the health, performance, and productivity of the animals. Nevertheless, high concentrate diets cause the rumen to produce more volatile fatty acids due to the high rate of fermentation of fermentable carbohydrates. The ruminal pH falls as a result of a fast rise and buildup of volatile fatty acids, which can also harm ruminal tissue and diminish the ability to absorb volatile fatty acids. In order to maintain production quantity and quality while protecting the animals' health, it is crucial to maintain a balance between forage and concentrate. Although the following methods all successfully lower methane output, this is a significant problem that needs more study and attention.

References

Beauchemin, K. A., Kreuzer, M., O'mara, F., & McAllister, T. A. (2008). Nutritional management for enteric methane abatement: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 48(2), 21-27.

Beever, D. E., Dhanoa, M. S., Losada, H. R., Evans, R. T., Cammell, S. B., & France, J. (1986). The effect of forage species and stage of harvest on the processes of digestion occurring in the rumen of cattle. British journal of nutrition, 56(2), 439-454.

Benaouda, M., Martin, C., Li, X., Kebreab, E., Hristov, A. N., Yu, Z., ... & Eugène, M. (2019). Evaluation of the performance of existing mathematical models predicting enteric methane emissions from ruminants: Animal categories and dietary mitigation strategies. Animal Feed Science and Technology, 255, 114207.

Benchaar, C., Pomar, C., & Chiquette, J. (2001). Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: a modelling approach. Canadian Journal of Animal Science, 81(4), 563-574.

Boadi, D. A., & Wittenberg, K. M. (2002). Methane production from dairy and beef heifers fed forages differing in nutrient density using the sulphur hexafluoride (SF6) tracer gas technique. Canadian Journal of Animal Science, 82(2), 201-206.

Elghandour, M. M. Y., Vázquez, J. C., Salem, A. Z. M., Kholif, A. E., Cipriano, M. M., Camacho, L. M., & Márquez, O. (2017). In vitro gas and methane production of two mixed rations influenced by three different cultures of Saccharomyces cerevisiae. Journal of Applied Animal Research, 45(1), 389-395.

Induchoodan, T. G., Haq, I., & Kalamdhad, A. S. (2022). Factors affecting anaerobic digestion for biogas production: a review. Advanced Organic Waste Management, 223-233.

Johnson, K. A., & Johnson, D. E. (1995). Methane emissions from cattle. Journal of animal science, 73(8), 2483-2492.

Kholif, A. E., Elghandour, M. M. Y., Rodríguez, G. B., Olafadehan, O. A., & Salem, A. Z. M. (2017). Anaerobic ensiling of raw agricultural waste with a fibrolytic enzyme cocktail as a cleaner and sustainable biological product. Journal of Cleaner Production, 142, 2649-2655.

Kim, H., Lee, H. G., Baek, Y. C., Lee, S., & Seo, J. (2020). The effects of dietary supplementation with 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions, rumen fermentation, and production performance in ruminants: a meta-analysis. Journal of Animal Science and Technology, 62(1), 31.

Lovett, D., Lovell, S., Stack, L., Callan, J., Finlay, M., Conolly, J., & O'Mara, F. P. (2003). Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. Livestock Production Science, 84(2), 135-146.

Martin, C., Morgavi, D. P., & Doreau, M. (2010). Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. Animal, 4(3), 351-365.

Moss, A. R., Jouany, J. P., & Newbold, J. (2000, May). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. In Annales de zootechnie (Vol. 49, No. 3, pp. 231-253). EDP Sciences.

O'brien, M., Navarro-Villa, A., Purcell, P. J., Boland, T. M., & O'kiely, P. (2014). Reducing in vitro rumen methanogenesis for two contrasting diets using a series of inclusion rates of different additives. Animal production science, 54(2), 141-157.

Palangi, V., & Lackner, M. (2022). Management of Enteric Methane Emissions in Ruminants Using Feed Additives: A Review. Animals, 12(24), 3452.

Palangi, V., & Macit, M. (2021). Indictable mitigation of methane emission using some organic acids as additives towards a cleaner ecosystem. Waste and Biomass Valorization, 12, 4825-4834.

Palangi, V., Macit, M., Nadaroglu, H., & Taghizadeh, A. (2022). Effects of green-synthesized CuO and ZnO nanoparticles on ruminal mitigation of methane emission to the enhancement of the cleaner environment. Biomass Conversion and Biorefinery, 1-9.

Palangi, V., Taghizadeh, A., Abachi, S., & Lackner, M. (2022). Strategies to mitigate enteric methane emissions in ruminants: A review. Sustainability, 14(20), 13229.

Patra, A. K., & Saxena, J. (2009). The effect and mode of action of saponins on the microbial populations and fermentation in the rumen and ruminant production. Nutrition research reviews, 22(2), 204-219.

Petlum, A., Paengkoum, P., Liang, J. B., Vasupen, K., & Paengkoum, S. (2019). Molecular weight of condensed tannins of some tropical feed-leaves and their effect on in vitro gas and methane production. Animal Production Science, 59(12), 2154-2160.

Ruíz-González, A., Debruyne, S., Jeyanathan, J., Vandaele, L., De Campeneere, S., & Fievez, V. (2017). Polyunsaturated fatty acids are less effective to reduce methanogenesis in rumen inoculum from calves exposed to a similar treatment early in life. Journal of Animal Science, 95(10), 4677-4686.

Vargas, J. E., Andrés, S., López-Ferreras, L., Snelling, T. J., Yáñez-Ruíz, D. R., García-Estrada, C., & López, S. (2020). Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. Scientific Reports, 10(1), 1613.

Wang, X., Lu, X., Li, F., & Yang, G. (2014). Effects of temperature and carbon-nitrogen (C/N) ratio on the performance of anaerobic co-digestion of dairy manure, chicken manure and rice straw: focusing on ammonia inhibition. PloS one, 9(5), e97265.

Makale id= 79

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-7434-3212, 0000-0003-0861-0711

Pil ile Beslenen Gsm Haberleşmeli Sistemlerde Kullanılan Süper Kapasitörlerin Şarj Otomasyonu

Araştırmacı Elshad Isazade[1] , Dr. Öğretim Üyesi Rana Ortaç Kabaoğlu[1]
[1]İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

*Corresponding author: Elshad Isazade

Özet: *Süper kapasitörler, hızlı şarj ve deşarj yetenekleriyle bilinirken, enerji verimliliği ve pil ömrünün uzatılması gibi avantajlar sunmaktadır. Bu avantajları tam anlamıyla kullanabilmek için doğru bir şarj otomasyonu sistemi gerekmektedir. Bu çalışma, IoT teknolojisiyle çalışan cihazlarda yer alan PCB kartlarındaki süper kapasitörlerin şarj otomasyonunu gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Böylece pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerin enerji verimliliğini artırmak ve pil ömrünü uzatmak için önemli bir katkı sağlanabilir. Bildiride, enerji verimliliğini artırmak ve pil ömrünü uzatmak amacıyla geliştirilen yenilikçi şarj algoritmaları ve yöntemleri detaylandırılmaktadır. Otomasyon sistemlerinin, GSM haberleşme ağlarının güvenilirliğini ve sürdürülebilirliğini nasıl artırdığı üzerine analizler sunulmaktadır. Süper kapasitörlerin hızlı şarj edilebilme özellikleri ve yüksek enerji yoğunlukları sayesinde, mobil haberleşme sistemlerindeki performans ve etkinliğin nasıl iyileştirilebileceği vurgulanmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Super Kapasitörler, Super Kapasitörler Şarjı, Otomasyon, Hızlı Şarj, Iot*

Charging Automation of Super Capacitors Used in Battery-Powered Gsm Communication Systems

Abstract: *While supercapacitors are known for their rapid charging and discharging capabilities, they also offer advantages in energy efficiency and extending battery life. To fully utilize these benefits, a proper charging automation system is essential. This study aims to implement the charging automation of supercapacitors located on PCB boards in devices operated by IoT technology. Thus, it can make a significant contribution to enhancing the energy efficiency and extending the battery life of battery-powered GSM communication systems. The paper details innovative charging algorithms and methods developed to increase energy efficiency and prolong battery life. It also presents analyses on how automation systems can improve the reliability and sustainability of GSM communication networks. Emphasized is the potential improvement in the performance and efficiency of mobile communication systems, thanks to the rapid charging capabilities and high energy densities of supercapacitors.*

Keywords: *Super Capacitors,super Capacitor Charging,automation,fast Charging,ıot (Internet of Things)*

1. Giriş

Günümüzde, kablosuz haberleşme sistemlerinin hızla gelişmesi ve yaygınlaşması, pil ile beslenen GSM (Global System for Mobile Communications) haberleşmeli sistemlerin önemini artırmıştır. Bu sistemler, uzun süreli enerji gereksinimleriyle karşı karşıyadır ve enerji kaynaklarının verimli kullanımı kritik bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda, süper kapasitörlerin kullanımı, enerji depolama ve yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerde süper kapasitörlerin şarj otomasyonunun incelenmesini amaçlamaktadır. Süper kapasitörler, hızlı şarj ve deşarj yetenekleriyle bilinirken, enerji

verimliliği ve pil ömrünün uzatılması gibi avantajlar sunmaktadır. Ancak, bu avantajları tam anlamıyla kullanabilmek için doğru bir şarj otomasyonu sistemi gerekmektedir.

Bu çalışmada, süper kapasitörlerin şarj otomasyonu için kullanılan yöntemler, mevcut literatürün incelenmesi ve deneysel sonuçlar ele alınacaktır. Sonuçların pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerin enerji verimliliğini artırmak ve pil ömrünü uzatmak için önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Geleneksel kondansatörler, elektronları bir elektroddan diğerine taşıyarak enerji depolar. Karbon malzemelere dayalı süperkapasitörler, daha yüksek bir yüzey alanına sahiptir ve burada elektrik çift katman olarak bilinen fenomen, şarj depolamak için kullanılır. Metal oksit veya polimer malzemeleri içeren süperkondansatörler için, yük depolama mekanizması olarak psödo-kapasitans baskın bir rol oynar [1][2].

Metal oksit veya polimer malzemeler içeren süperkondansatörlerde, psödo-kapasitans, baskın şarj depolama mekanizmasıdır [2][3]. Süperkondansatörler ve elektrolitik kondansatörler aynı kapasitans denklemlerine tabi olsalar da, süperkondansatörler, daha ince dielektrik ve daha yüksek elektrot yüzey alanı nedeniyle daha yüksek bir kapasite elde edebilir [3].

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel nesnelerin (örneğin, cihazlar, sensörler, araçlar ve ev aletleri gibi) internet üzerinden birbirleriyle ve/veya merkezi bir veri sunucusuyla iletişim kurabilme yeteneğini ifade eder. IoT, bu nesnelerin çevrelerindeki bilgiyi toplayabilmesini, analiz edebilmesini ve veri paylaşabilmesini sağlar.

IoT (Nesnelerin İnterneti) teknolojisi, günümüzde giderek daha fazla cihazın internet üzerinden birbirine bağlandığı ve veri paylaştığı bir paradigmayı ifade eder. Bu bağlamda, pil ile çalışan cihazlar IoT ekosistemine önemli katkılarda bulunmaktadır. Pil ile çalışan cihazlar, kablo bağlantısı olmadan uzun süre boyunca çalışabilme yeteneğine sahiptirler ve bu nedenle taşınabilirlikleri ve kullanım kolaylıklarıyla dikkat çekerler.

Bu cihazlar, endüstriyel otomasyondan tıbbi cihazlara, akıllı ev uygulamalarından çevresel izleme sistemlerine kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı termostatlardan yangın dedektörlerine kadar birçok IoT cihazı, enerji tasarrufu ve güvenlik açısından önemlidir ve pil ile çalışmaları, sürekli bir güç kaynağına ihtiyaç duymadan uzun süre boyunca güvenilir çalışmalarını sağlar.

Pil ile çalışan IoT cihazları, düşük güç tüketimi ve enerji verimliliği açısından da önemlidir. Bu cihazlar, verileri düşük enerji tüketimi ile toplarlar ve iletişimde de düşük güç modlarını kullanarak enerjiyi verimli bir şekilde kullanırlar. Bu da pil ömrünün uzun olmasını ve bakım gereksinimlerinin azalmasını sağlar.

Sonuç olarak, pil ile çalışan cihazlar, IoT teknolojisinin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Taşınabilirlik, uzun pil ömrü ve düşük güç tüketimi gibi avantajlar, bu cihazları çeşitli uygulamalarda vazgeçilmez kılarak IoT ekosistemini zenginleştirir.

IoT cihazları, genellikle entegre edilmiş sensörler, işlemciler ve iletişim modülleri içerir. Bu cihazlar, çeşitli verileri (örneğin, sıcaklık, nem, konum, hareket) algılarlar ve bu verileri bir ağ aracılığıyla iletebilirler. Bu ağlar, kablosuz iletişim teknolojileri kullanarak çalışabilir ve GSM haberleşmesi bu teknolojilerden biri olarak önemlidir.

GSM, mobil iletişim için kullanılan bir standarttır ve IoT cihazlarının iletişim için GSM ağına erişebilmesi yaygın bir uygulamadır. GSM, dünya genelinde yaygın bir kapsam sunar ve düşük maliyetli, enerji verimli ve güvenilir bir iletişim sağlar. Bu nedenle, IoT cihazları, uzak yerleşim bölgeleri veya hareket halindeki nesneler gibi bağlantısı zor olan senaryolarda GSM üzerinden veri iletebilirler. IoT cihazları, GSM modülleri veya SIM kartlarını kullanarak GSM ağına bağlanabilirler. Bu şekilde, uzaktan izleme, veri toplama, telemetri, uzaktan kontrol ve diğer uygulamalar için kullanılabilirler.

- Akıllı Şehirler: Park yönetimi, trafik izleme, enerji yönetimi gibi şehirlerin daha akıllı ve sürdürülebilir hale getirilmesi için kullanılır.

- Akıllı Evler: Ev otomasyonu, enerji tasarrufu, güvenlik sistemleri gibi evlerin daha akıllı ve konforlu olmasına yardımcı olur.
- Endüstriyel IoT: Fabrikaların, depoların ve üretim tesislerinin otomasyonunu sağlar.
- Tarım ve Çiftlik Otomasyonu: Çiftçilere toprak nemini, hava koşullarını ve diğer verileri izleme ve yönetme imkanı sunar.

IoT ve GSM haberleşmesi, cihazların ve nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla daha verimli ve etkili bir şekilde iletişim kurmasına olanak tanır. Bu teknolojilerin kullanımı, birçok endüstri ve sektör için büyük potansiyellere sahiptir.

GSM modüllerinin bağlantı sırasında oluşturduğu akım pikleri, iletişim sağlamak için anlık yüksek enerji taleplerinin karşılandığı kritik anlar olarak belirir ve enerji verimliliği ile bağlantı kararlarının önemini vurgular.

GSM modüllerinin bağlantı sırasında oluşturduğu akım piklerini kontrol etmek ve bataryadan fazla enerji tüketimini önlemek için süper kapasitörler kullanılır. Süper kapasitörler, anlık yüksek enerji taleplerini hızla karşılayabilen ve deşarj sırasında düşük enerji kayıplarına sahip olan yüksek kapasiteli enerji depolama cihazlarıdır. Bu özellikleri sayesinde, GSM modülleri anlık enerji ihtiyaçlarını süper kapasitörlerden karşılayarak bataryanın ömrünü uzatır ve enerji verimliliğini artırır. Ayrıca, süper kapasitörler hızlı şarj ve deşarj yetenekleri sayesinde, hızlı bağlantılar için ideal bir enerji kaynağıdır, bu da iletişim güvenilirliğini artırır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, IoT teknolojisiyle çalışan cihazlarda yer alan PCB kartlarındaki süper kapasitörlerin şarj otomasyonunu gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda, aşağıda listelenen malzemeler şarj devresinde kullanılmıştır. Bu malzemeler, süper kapasitörlerin etkin ve güvenilir bir şekilde şarj edilmesini sağlamak için tasarlanmıştır, bu da IoT cihazlarının sürekli ve kesintisiz çalışmasını destekler.

Bu çalışmanın temel malzeme listesi şu şekildedir:

- Şarj kontrol devresi
- Güç yönetim entegrasyonu
- Şarj dengeleme devresi
- Akıllı şarj yöneticisi
- Kapasitör bankası
- Akım sınırlayıcı elemanlar
- Gerilim düzenleyici bileşenler

Bu malzemeler, süper kapasitörlerin verimli bir şekilde şarj edilmesi ve güç kaynaklarının etkin kullanılmasını sağlar. Bu çalışmanın sonuçları, IoT cihazlarının enerji verimliliğini artırma ve pil ömrünü uzatma konularında önemli katkılar sağlayacaktır.

2.1 INA

INA219A, Texas Instruments tarafından üretilen bir yük akımı ve gerilim ölçüm cihazı entegresidir. Bu IC, hassas bir şekilde akım ve gerilim ölçümü yapabilen ve I2C veya SMBus gibi haberleşme protokollerini kullanarak mikrodenetleyicilere veya mikrodenetleyicilere veri ileten bir entegre devre olarak tasarlanmıştır.



Pin Functions

PIN			I/O	DESCRIPTION
NAME	SOT-23	SOIC		
IN+	1	8	Analog Input	Positive differential shunt voltage. Connect to positive side of shunt resistor.
IN–	2	7	Analog Input	Negative differential shunt voltage. Connect to negative side of shunt resistor. Bus voltage is measured from this pin to ground.
GND	3	6	Analog	Ground
V_S	4	5	Analog	Power supply, 3 to 5.5 V
SCL	5	4	Digital Input	Serial bus clock line
SDA	6	3	Digital I/O	Serial bus data line
A0	7	2	Digital Input	Address pin. Table 1 shows pin settings and corresponding addresses.
A1	8	1	Digital Input	Address pin. Table 1 shows pin settings and corresponding addresses.

Şekil 1.INA219A pin açıklamaları[4]

Şarj devresinde toplam 10 ina kullanılmıştır, 10 inanın haberleşme kanalı ise mikrodenetleyicinin 1 I2C haberleşmesi kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyicinin hem bacaklarının daha az kullanmıştır hemde pcb kart üzerinde daha az yol olması gibi avantajı oluşturmuştur. Ina üzerinde 4 adresle haberleşme sağlandı ve bu yöntem ile 2^4 =16 maksimum 16 ina tek I2C haberleşmesi sağlayabilir.

2.2 TCA6424A

TCA6424A, Texas Instruments tarafından üretilen ve 24 GPIO (Genel Amaçlı Giriş/Çıkış) pinine sahip bir I2C-bazlı port genişletici (I/O expander) entegresidir. Bu IC, mikrodenetleyici veya mikrodenetleyici tabanlı projelerde daha fazla I/O pinine ihtiyaç duyan kullanıcılar için tasarlanmıştır.[5]

Şarj devresinde TCA pinleri ana devrede Kapasitörlerin şarj sırasında durum göstergesi olarak kullanılmıştır.Şarj devresinde her bir super kapasitörler için 2 buton bağlıdır. Bunlar kırmız ve yeşil olarak tanımlanmıştır.Diğer TCA ise butonlar ve pistonlar için kullanılmıştır.Şarj devresinde en fazla 1 I2C haberleşmesinde 2 Tca adreslenebilir bunun nedeni ise ADDR bacağının yalnızca bir tane olmasıdır. Şarj Devresinde 2 tane tca kullanılmıştır Bunlardan birisinin adresi 0(LOW=0v) diğer TCA'nın adresi 1(HIGH=3.6v) olarak tanımlanmıştır. Ina gibi bu devrede tek I2C haberleşme kanalları kullanarak mikrondenetleyicin Haberleşme bacakları daha az olucak şekilde kullanılmıştır.

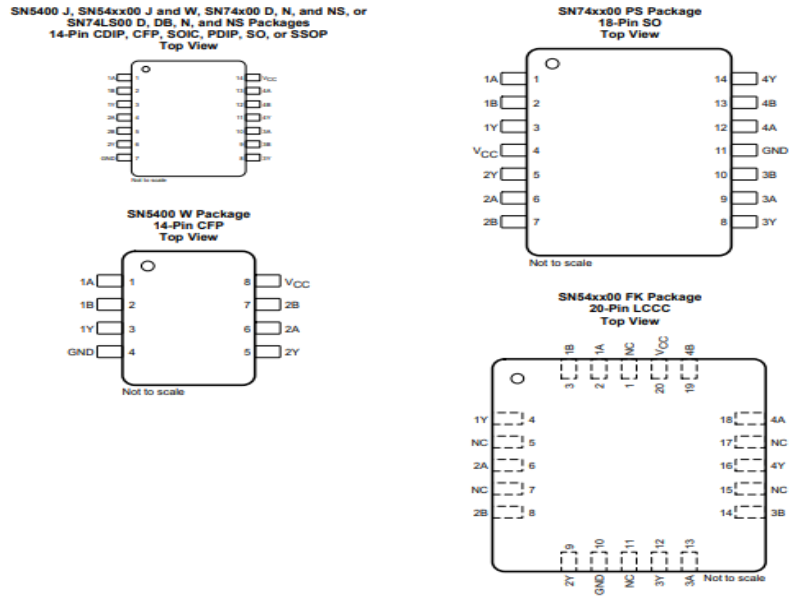
2.3 Optokuplör

Optokuplör veya opto-izolatör, optik ve elektriksel bileşenleri bir araya getiren bir elektronik cihazdır. Bu cihaz, giriş ve çıkış devreleri arasında elektriksel izolasyon sağlamak için kullanılır. Optokuplörler, iki temel bileşenden oluşur: bir ışık emici (fotodiyot veya fototransistör) ve bir ışık kaynağı (genellikle bir LED).

Şarj devresinde optokuplör Led çıkışlarıdan tca çıkışlarında gelen voltajla ledleri süren 24 V arasındakı farktan dolayı izalosyan olarak kullanılmıştır. Bu izolosayon farkından dolayı 3.6 v ile 24 V(DC) arasında izolosyan yapılmıştır.

2.4 USB TTL Dönüştürücü (SN5400)

USB TTL dönüştürücü, bir USB bağlantı noktasını kullanarak TTL (Transistor-Transistor Logic) düzeylerini destekleyen bir seri iletişim bağlantısına dönüştüren bir cihaz veya adaptördür. Bu tür dönüştürücüler, bilgisayarlar ve mikrodenetleyiciler, mikrodenetleyici programlama, seri iletişim aygıtları gibi cihazlar arasında veri iletişimi yapmayı kolaylaştırmak için kullanılır. TTL dönüştürücü Şarj istasyonunda bilgisayar ile anlık haberleşmede kullanılmaktadır.



Pin Functions

PIN					I/O	DESCRIPTION
NAME	CDIP, CFP, SOIC, PDIP, SO, SSOP	SO (SN74xx00)	CFP (SN5400)	LCCC		
1A	1	1	1	2	I	Gate 1 input
1B	2	2	2	3	I	Gate 1 input
1Y	3	3	3	4	O	Gate 1 output
2A	4	6	6	6	I	Gate 2 input
2B	5	7	7	8	I	Gate 2 input
2Y	6	5	5	9	O	Gate 2 output
3A	10	—	9	13	I	Gate 3 input
3B	9	—	10	14	I	Gate 3 input

PIN					I/O	DESCRIPTION
NAME	CDIP, CFP, SOIC, PDIP, SO, SSOP	SO (SN74xx00)	CFP (SN5400)	LCCC		
3Y	8	—	8	12	O	Gate 3 output
4A	13	—	12	18	I	Gate 4 input
4B	12	—	13	19	I	Gate 4 input
4Y	11	—	14	16	O	Gate 4 output
GND	7	4	11	10	—	Ground
NC	—	—	—	1, 5, 7, 11, 15, 17	—	No connect
V_{CC}	14	8	4	20	—	Power supply

Şekil 2.TTL pin açıklamaları[6]

2.5 Mikrodenetleyici (İşlemci)

MSP430FR6972, Texas Instruments (TI) tarafından üretilen ve MSP430 serisi mikrodenetleyicilerden biridir. Bu mikrodenetleyici, düşük güç tüketimi, geniş bağlantı seçenekleri ve yüksek performans gibi özelliklere sahiptir ve birçok uygulama için kullanılır.

2.6 Yazılım Algoritması

1. TCA'ya bağlı olan portlar

Çıkış olan portlar

20 Tane Super kapasitörlerin durumlarını gösterecek ledler bağlıdır.

2. TCA'ya bağlı olan portlar

Giriş olan Portlar

1. Acıl dur butonu
2. Reset butonu
3. Başla butonu
4. Stop butonu
5. Üst pistonun yukarı sensöru
6. Üst pistonun aşağı sensöru
7. İleri-Geri pistonun ileri sensöru
8. İleri-Geri pistonun geri sensöru

Çıkış olan Portlar

1. Kırmızı Tepe Lambası
2. Yeşil Tepe Lambası
3. Sarı Tepe Lambası
4. Kilitleme Valfı
5. Üst Piston
6. Alt Piston

Yazılım Algoritması aşağıdaki gibi geliştirmiştir:

Başlangıc olarak üst piston geride olucak şekilde ayarlanmalıdır. Bu pistonun algılanması için 2 tane sensör bulunmaktadır bu sensörlarda üst'de olduğunu kontrol eden sensörun High olarak okunması Üst pistonun alttakı sensörünün ise altta olmadığını tespit ettikte ise alt sensörünün Low'da olması gerekmektedir.

İleri-Geri Pistonunda aynı Üst piston gibi 2 sensörü bulunmaktadır. Bunun ileri veya geride olduğunu algılayan sensörleri ileri olduğunu algıladığında ileri sensörünün High pozisyonunda arkada olduğunu algıladığında ise Geri pistonun High olduğunu algılaması gerekir.

Kilitleme valfı: Bu valf Alt piston ileri gidip üst piston aşağı indikten sonra her hangi bir titreşim olmasın ve şarj'ı doğru etsin diye konulmuş bir valfdır. Bu valf şarj zamanı kitleniyor ve alt ve üst pistonun hareketini sabit tutar.

İlk Önce şarj otomasyonu default olarak değerlere başlamalıdır. Default değerler aşağıda belirtilmiştir.

- Valf Açık ,
- Üst piston yukarı pozisyonda,
- İleri-Geri Piston Geri pozisyonunda,
- Kafa Tepe Lambası Sarı renkte yanıcaktır,

Başla butonuna basıldıkta ise aşağıdakı adımları izlemelidir,

- İleri-Geri piston ileri gönderilip sensörlar ile kontrol edildikten sonra,
- Üst piston aşağı in komutu gönderilmeli eğer aşağı indiyse,
- Kilitleme valfını aktif edilimeli,
- Şarj pinleri aktif edilip şarj süresi kadar beklenilmelidir.
- Şarj süresinde eğer her hangi bir devre konulmamış veya pin bacakları doğru yerleştirmemişse kırmızı işiği her saniyede aç kapa yapılması lazım.
- Eğer şarj ediyor yeşil ışık aç kapat yapması lazım.

Şarj süresi bittikten sonra,

- Şarj kesilmeli,
- Akım ve Voltajları ölçülüp istenen değere gelip gelmediği kontrol edilmeli,
- Eğer istenen değere gelmemişse Kırmızı işiği sürekli açık bırakılmalı, gelmişse ise yeşil işık açık kalarak şarjı başarılı olarak bittiğini göstermesi lazımdır.
- Kilitleme valfını aç,
- Üst pistonu yukarı kaldır komutu gönderilmelidri.Eğer üst piston yukarı gittiyse,
- İleri-Geri pistonun geri git komutu verilmesi lazım
- Kafa lambası Yeşile çekilicektir.

Eğer Her hangi durumda Stop buttonuna basılmışsa

- Tüm psitonları Başlangıc değerlerine çek.
- Tepe lambasında kırmızı olarak yak.

Eğer Her hangi bir zamanda Stop Butonuna basılmışsa

- Şarjı kes
- Pistonlar kendi pozisyonlarını korusun

Eğer Yeniden Başla Butonuna basılmışsa ise

- Şarjı kes
- Tüm pistonlar başlangıc pozisyonuna gelmesi gerekli.

3. Bulgular

Devrede genel olarak 43 pin out devresi kullanılmıştır. Bunların 10 tanesi şarj için 20 tanesi durum ledi olarak, 7 tane giriş portları ve son olarak 6 tane çıkış port olunacak şekilde. Otomasyon yazılımı şuan'da üretim sahasında kullanılmaktadır. Aşağıda Otomasyon halinde olduğu görüntüsü bulunmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki bulguları içermektedir:

1. Süper Kapasitörlerin Enerji Depolama Yetenekleri: Süper kapasitörler, hızlı şarj ve deşarj yetenekleri sayesinde pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemler için etkili bir enerji depolama çözümüdür. Deneysel sonuçlar, süper kapasitörlerin yüksek kapasiteye sahip olduğunu ve enerjiyi hızlı bir şekilde depolayabildiğini göstermektedir.

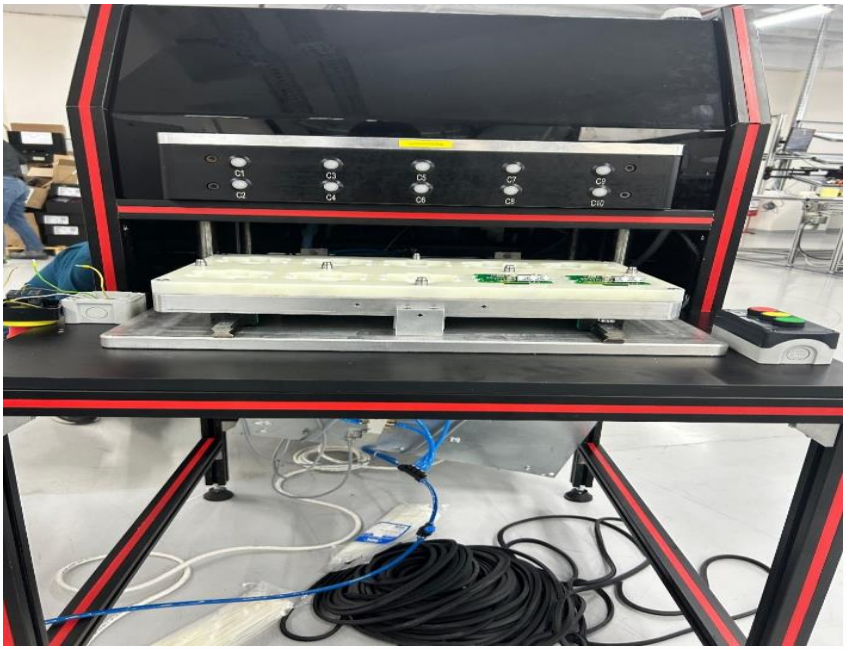
2. Enerji Verimliliği ve Pil Ömrü Uzatma: Süper kapasitörlerin kullanımı, enerji verimliliğini artırır ve pil ömrünü uzatır. Deneysel veriler, süper kapasitörlerin enerjiyi düşük kayıplarla depolayabildiğini ve bu sayede pilin daha az kullanılmasını sağladığını göstermektedir.

3. GSM Modüllerinin Akım Pikleri: GSM modüllerinin bağlantı sırasında oluşturduğu akım pikleri, enerji verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu akım piklerini kontrol etmek, pilin aşırı enerji tüketimini önlemek için önemlidir.

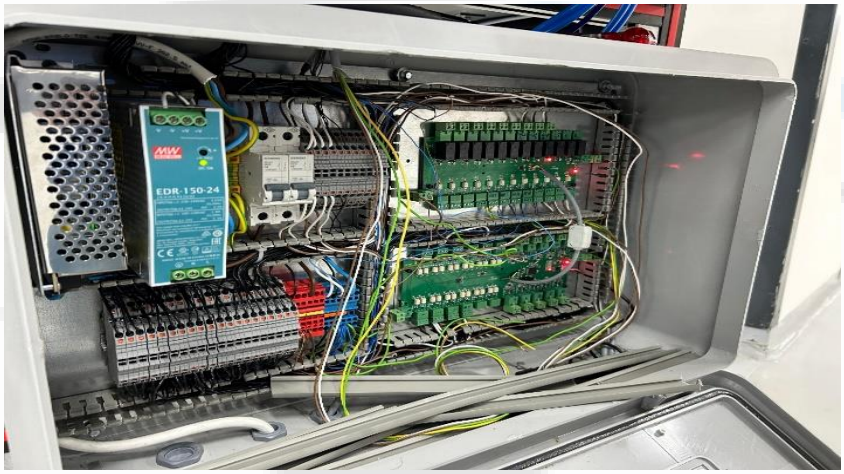
4. Süper Kapasitörlerin Akım Piklerini Dengeleme: Süper kapasitörler, GSM modüllerinin anlık yüksek enerji taleplerini hızla karşılayabilen ve düşük enerji kaybına sahip enerji depolama cihazlarıdır. Deneysel sonuçlar, süper kapasitörlerin akım piklerini başarıyla dengeleyebildiğini ve pilin ömrünü uzattığını göstermektedir.

5.Enerji Yönetimi ve Güvenilir İletişim: Süper kapasitörlerin hızlı şarj ve deşarj yetenekleri, hızlı bağlantılar için ideal bir enerji kaynağıdır. Bu, GSM haberleşmesinin güvenilirliğini artırır ve iletişimde kesinti yaşanmasını önler.

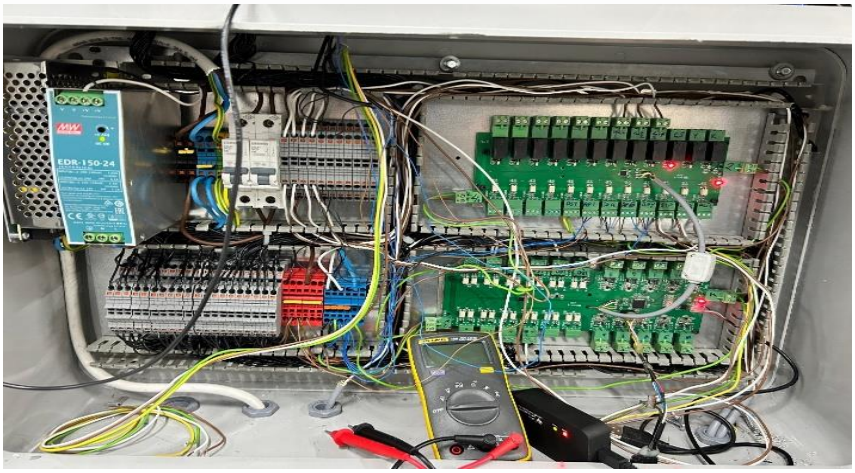
Bu bulgular, pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerde süper kapasitörlerin kullanımının enerji verimliliğini artırabileceğini ve pil ömrünü uzatabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, IoT teknolojisiyle çalışan cihazlarda enerji yönetimi konusunda önemli bir katkı sunmaktadır.



Şekil 3. Geliştirilen cihaz



Şekil 4. Geliştirilen cihazın ana kartı



Şekil 5. Geliştirilen cihazın otomasyon sistemi

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerde süper kapasitörlerin şarj otomasyonunu incelemeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular ve analizler doğrultusunda, ulaşılan sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir:

Sonuçlar:

1. Süper kapasitörler, enerji depolama ve yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Hızlı şarj ve deşarj yetenekleri sayesinde, pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerin enerji verimliliğini artırmak ve pil ömrünü uzatmak için ideal bir enerji kaynağıdır.

2. GSM haberleşmesi, IoT cihazlarının iletişim için önemli bir teknolojidir. Ancak, GSM modüllerinin bağlantı sırasında oluşturduğu akım pikleri, enerji verimliliği açısından kritik öneme sahiptir.

3. Süper kapasitörler, GSM modüllerinin anlık yüksek enerji taleplerini hızla karşılayabilen ve düşük enerji kaybına sahip enerji depolama cihazlarıdır. Bu özellikleri, enerji verimliliğini artırarak pil ömrünü uzatır ve iletişim güvenilirliğini artırır.

Öneriler:

1. Pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerde süper kapasitörlerin daha etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, doğru şarj otomasyonu sistemi tasarlanmalıdır. Bu sistemin, süper kapasitörlerin şarj ve deşarj süreçlerini optimize etmesi gerekmektedir.

2. Şarj kontrol devresi, güç yönetim entegrasyonu, şarj dengeleme devresi, akıllı şarj yöneticisi gibi malzemeler, süper kapasitörlerin verimli bir şekilde şarj edilmesini sağlamak için kullanılmalıdır. Bu bileşenlerin doğru bir şekilde seçilmesi ve entegre edilmesi önemlidir.

3. Akım sınırlayıcı elemanlar ve gerilim düzenleyici bileşenler, süper kapasitörlerin güvenli bir şekilde şarj edilmesini sağlar. Bu bileşenlerin kullanımı, sistemin güvenilirliğini artırır.

4. IoT cihazları için enerji verimliliğini artırmak isteyen firmalar, süper kapasitörlerin kullanımını göz önünde bulundurmalıdır. Bu, pil ömrünü uzatır ve bakım gereksinimlerini azaltır.

Sonuç olarak, bu çalışma, pil ile beslenen GSM haberleşmeli sistemlerde süper kapasitörlerin önemini ve şarj otomasyonunun gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu öneriler, IoT cihazlarının enerji verimliliğini artırmak ve pil ömrünü uzatmak için uygulanabilir çözümler sunmaktadır. Bu çalışma, gelecekteki enerji yönetimi uygulamaları için bir temel oluşturabilir.

Yapılan Çalışmalarda toplam kullanılan bilen Giriş/Çıkış pinleri 48 pinin 5 tanesi boşta bulunmaktadır. Bu pinlerin yapılan çalışmanın daha genişlenmesi için eklenebilir. Çalışmada bulunan TTL dönüştürücü ile bilgisayar ile anlık haberleşebilir. Sunuculara uzaktan verilen göndererek anlık takip yapılabilir.

Mekanıksel olarak değiştirilip diğer cihazlarında kalıplarına uygun bir tasarım yapılabilir.

5. Kaynaklar

1.A. Armutlulu, J. K. Kim, M. Kim, S. A. Bidstrup Allen, M. G. Allen, ―Nickel-oxidebased supercapacitors with high aspect ratio concentric cylindrical electrodes‖, Transducers &Eurosensors, pp. 1480 – 1483, 2013.

2.C. D. Lokhande, D. P. Dubal, Oh-Shim Joo, ―Metal oxide thin film based supercapacitors‖, Current applied physics, Vol.11, pp. 255 - 270, 2011.

3.J.Manikandan, R.MohanaPriya, S.Pavithra, D.Sarathkumar, ―Rapid Smart Phone Charging Using SuperCapacitor‖, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol. 4, pp. 2175 - 2180, 2015.

4.Datasheet: INA219A https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf?ts=1702143924346&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F (Son erişim tarihi 01.12.2023)

5.Datasheet: TCA6424A
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tca6424a.pdf?ts=1702194663258&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F (Son erişim tarihi 03.12.2023)

6.Datasheet: SN5400
https://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn5400.pdf?ts=1702150638296&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FSN5400 (Son erişim tarihi 06.12.2023)

Makale id= 100

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7778-194X

TRIM 11 Gene As a Prognostic Biomarker in Breast Cancer

Arş.Gör.Dr. Feyzanur Caldiran[1]
[1]Tokat Gaziosmanpaşa University

Abstract: *Aim:This study aims to elucidate the expression and methylation status of TRIM11 in breast cancer (BRCA), exploring its potential as a biomarker and therapeutic target across various cellular contexts, stages, and patient demographics. Introduction: Breast cancer (BRCA) is the most commonly diagnosed malignancy and the leading cause of cancer-related deaths among women worldwide. Characterized by diverse genetic profiles, tumor heterogeneity, and varied patient outcomes, BRCA poses significant challenges for effective diagnosis and treatment. TRIM11, a member of the tripartite motif family, has been implicated in cancer pathogenesis. Its expression and methylation patterns in BRCA remain underexplored. We hypothesize that TRIM11's expression is upregulated in BRCA and that its promoter methylation status is inversely correlated with expression, influencing patient survival. Method: Using TCGA and CPTAC samples, we conducted a multi-faceted analysis. Expression levels of TRIM11 were measured across normal and tumor tissues, different cancer stages, patient ages, and menopausal statuses. Methylation levels were also assessed. Gene effect scores from the DepMap database were used to gauge TRIM11's importance in cell survival. Kaplan-Meier survival curves analyzed the prognostic value of TRIM11 expression. Results: TRIM11 expression was significantly higher in tumor samples, with variability across cancer stages, suggesting an association with cancer progression. Methylation levels were higher in normal tissues, decreasing with advanced stages. The gene effect score varied, indicating a cell-line-specific essentially of TRIM11. High TRIM11 expression correlated with lower survival rates, particularly in post-menopausal patients. Conclusion:The study establishes TRIM11's differential expression and methylation in BRCA, with high expression correlating with advanced stages and poorer survival outcomes. The gene effect scores suggest a complex role of TRIM11, which could be exploited for targeted therapies. TRIM11's expression and methylation profiles hold promise as diagnostic and prognostic biomarkers, and warrant further investigation to validate these findings and fully understand the gene's biological role in BRCA.*

Keywords: *Breast Cancer, Triple Motif Family, Trım11, Prognosis*

Introduction

Breast cancer is one of the most common cancers worldwide, affecting a significant number of women (1). The complexity of breast cancer and its diverse subtypes and the various genetic and environmental factors contribute to its development and progression (2). Breast cancer is also classified into several subtypes based on the presence or absence of hormone receptors (estrogen and progesterone) and the human epidermal growth factor receptor 2 (HER2). Key risk factors for breast cancer include age, family history, genetic mutations (notably BRCA1 and BRCA2), lifestyle factors, and exposure to estrogen (3).

TRIM proteins are characterized by a RING finger domain, one or two B-box domains, and a coiled-coil region, collectively contributing to their function as E3 ubiquitin ligases (4). This ubiquitination activity is pivotal in regulating the stability and activity of various cellular proteins. TRIM proteins are implicated in cancer development and progression through their influence on cell proliferation, apoptosis, DNA repair, and immune response (5). The dysregulation of TRIM proteins can lead to uncontrolled cell growth and the suppression of tumor suppressor mechanisms. TRIM proteins, such as TRIM25 and TRIM29, have been studied in the context of breast cancer (6,7). Their roles often relate to regulating signaling pathways that control cell growth and survival.

TRIM11, or Tripartite Motif Containing 11, is a member of the TRIM protein family, known for its roles in various cellular processes, including cell proliferation, differentiation, development, and apoptosis. TRIM11 has gained attention due to its involvement in regulating tumor suppressor proteins and oncogenes (8). It has been observed that TRIM11 is overexpressed in several types of cancers, including glioblastoma, lung cancer, and gastric cancer (9). This overexpression is associated with poor prognosis, suggesting a potential oncogenic role of TRIM11 in these malignancies. The specific role of TRIM11 in breast cancer is less clear compared to other cancer types. However, given its known functions in other cancers, it may influence breast cancer progression through pathways like protein degradation, signal transduction, and cell cycle regulation.

To better understand the role of TRIM11 in BRCA, we performed our analyses using bioinformatics. Our findings highlight the role of TRIM11 as a significant player in the progression of BRCA. Targeting TRIM11 could thus offer new avenues for cancer diagnostics, prognostics, and therapy for BRCA.

Material-Method

1. Expression Analysis

UALCAN web portal (http://ualcan.path.uab.edu) was utilized to compare TRIM11 expression levels between normal and primary breast cancer tissues, as well as across different stages of cancer, various age groups, and menopausal status of the patients. Expression data was normalized and presented as transcripts per million (TPM) for TCGA analysis and as Z-scores for CPTAC samples. The significance of differences in expression was determined using the provided statistical tools on the UALCAN platform.

2. Methylation Analysis

Promoter methylation levels of TRIM11 were analyzed using the beta value data from the TCGA dataset available on UALCAN. The beta value represents the ratio of intensities between methylated and unmethylated alleles, ranging from 0 (no methylation) to 1 (full methylation). Methylation status was compared between normal and tumor samples across cancer stages, different age groups, and menopausal status. Statistical analyses for expression and methylation data were conducted within the UALCAN platform.

3. Pathway and Correlation Analysis

UALCAN's analysis tools were employed to determine TRIM11 expression in the context of molecular pathways, including WNT, NRF2, p53, SWI/SNF, and MYC/N-MYC. Additionally, correlation analyses were performed to identify genes with expression patterns strongly positively or moderately correlated with TRIM11.

4. Gene Effect Score Analysis

The gene effect scores, indicative of the importance of TRIM11 for the survival of breast cancer cell lines, were derived from the analysis of loss-of-function screens. These scores were used to assess the potential of TRIM11 as a therapeutic target, with negative scores suggesting essentiality, scores around zero indicating a neutral effect, and positive scores implying non-essentiality or detrimental effects.

Results

1. Expression status of TRIM11 in BRCA

Normal samples (n=114) have significantly lower expression levels of TRIM11 compared to primary tumor samples (n=1097). The primary tumor samples show a wide interquartile range, indicating variability in TRIM11 expression among tumors (Fig 1A). Across stages 1 to 4 (with sample sizes ranging from 81 to 240), there is a progressive increase in the median expression of TRIM11. Stage 1 has a lower median expression than the subsequent stages, which all show a similar median expression level, although stage 4 has a slightly higher median (Fig 1B). All age groups (21-40 years, 41-60 years, 61-80 years, 81-100 years) show higher expression of TRIM11 compared to normal samples (Fig 1C). The median expression level increases slightly with age, with the 81-100 years group having the highest median expression. Post-menopausal patients (n=700) have higher TRIM11 expression levels compared to pre-menopausal and peri-menopausal patients. Normal samples again show the lowest expression,

and post-menopausal patients show a large range of expression levels, with many outliers indicating high expression (Fig 1D).

2. Methylation status of TRIM11 in BRCA

Normal samples have a higher methylation level than primary tumor samples (Fig 2A). Methylation levels appear to decrease from normal tissue to Stage 1 and remain relatively stable across Stages 2, 3, and 4. This pattern inversely correlates with the increase in TRIM11 expression seen with advancing cancer stage, supporting the idea that methylation could regulate TRIM11 expression in cancer (Fig 2B). The methylation levels are higher in all cancer patients' age groups than in normal samples. However, there does not appear to be a clear trend in methylation changes with increasing age within the cancer groups. The lack of an age trend contrasts with the earlier observation of increased TRIM11 expression with age, suggesting that factors other than methylation might influence age-related expression changes (Fig 2C). Similar to age, methylation levels in cancer patients are higher regardless of menopause status when compared to normal samples. While post-menopausal patients showed slightly higher TRIM11 expression levels in the peri-menopausal patients, methylation does not vary significantly with menopause status (Fig 2D).

3. Clinical Proteomic Tumor Analysis of TRIM11 in BRCA

We performed expression levels of the TRIM11 gene in breast cancer samples from the CPTAC (Clinical Proteomic Tumor Analysis Consortium) dataset, categorized by various genetic and molecular alterations. Tumor samples have a significantly lower expression of TRIM11 than normal samples (Fig 3A). They suggested a strong association between decreased TRIM11 expression and tumorigenesis in breast cancer. Both Wnt pathway-altered and other samples show lower TRIM11 expression than normal (Fig 3B). NRF2 pathway-altered samples have slightly increased TRIM11 expression compared to other samples (Fig 3C). Both p53-related pathway-altered and other samples demonstrate lower TRIM11 expression than normal tissue (Fig 3D). Samples with alterations in the SWI/SNF complex have TRIM11 expression levels similar to other samples, both higher than normal (Fig 3E). MYC/N-MYC altered samples show a similar trend of decreased TRIM11 expression (Fig 3F)

4. Correlated genes with TRIM11 in BRCA

Genes like C1orf35, RNF187, MRPL55, PYCR2, and others up to OBSCN show a strong positive correlation. This suggests that their expression is closely associated with the condition being studied. These genes might be key players or highly responsive in the biological process or condition under investigation. ROBLD3 to C20orf151 genes have a moderate correlation.

5. Gene effect score of TRIM11 in breast cancer cell line

The gene effect score is a metric used to determine the importance of a gene to the survival of cancer cells. Negative scores, such as for cell lines like SKBR3, KPL1, and HCC1187, indicate that TRIM11 is likely essential for the survival of these cells. Targeting TRIM11 in these lines may be a potential therapeutic strategy. Scores around zero suggest a neutral effect, indicating that TRIM11 does not significantly impact the survival of those specific cell lines. Positive scores, especially those observed in cell lines like MFM223, COLO824, and OCBM, suggest that TRIM11 may have a non-essential or detrimental role in these cells. This could indicate a context in which TRIM11 inhibition might improve cell survival or point towards a unique dependency of these cell lines that could be exploited therapeutically.

Discussion

TRIM11 plays a significant role in the progression of various cancers. TRIM11 has been identified as a potential diagnostic marker for Nasopharyngeal Carcinoma (NPC), (10). It involves key processes like migration and invasion of cancer cells, which are critical in tumor progression and metastasis. Elevated levels of TRIM11 in gastric cancer cells are correlated with unfavorable clinical outcomes and poor survival rates (11). TRIM11 enhances GC cells' proliferation and invasion capacities, both in vitro and in tumor growth in vivo. This suggests that TRIM11 acts as an oncogenic factor in gastric cancer, promoting its progression (9). TRIM11 regulates cell progression in cervical cancer by modulating the

PI3K/AKT signaling pathway. The findings indicate that targeting TRIM11 could be a strategy for diagnosis and prognosis in cervical cancer patients (12, 13). In non-small cell lung cancer (NSCLC), TRIM11 is a deubiquitinase that regulates DUSP6 accumulation, thereby controlling lung cancer progression through the DUSP6-ERK1/2 pathway. This identifies TRIM11 as an oncogene in NSCLC, potentially influencing its progression via this specific signaling pathway (14).

In BRCA, we observed a significant upregulation of TRIM11 in primary tumor samples compared to normal breast tissue. This upregulation was consistent across all stages of cancer, with a notable increase from Stage 1 to subsequent stages, suggesting a role for TRIM11 in tumor development or progression. Age and menopausal-related analysis in BRCA showed a slight increase in TRIM11 expression with advancing age. This trend could be related to age-dependent changes in hormone levels or cumulative genetic alterations over time. The TRIM family of genes encodes E3 ubiquitin ligases, which have roles in various cellular processes, including apoptosis, cell cycle regulation, and carcinogenesis. TRIM11, a member of this family, has recently emerged as a gene of interest in breast cancer (BRCA) research. Using data from The Cancer Genome Atlas (TCGA) and the Clinical Proteomic Tumor Analysis Consortium (CPTAC), we investigated the patterns of TRIM11 promoter methylation and gene expression across different stages of breast cancer, age groups, menopausal status, and various genetic and molecular alterations.

Our analysis indicates that normal breast tissue samples exhibit significantly lower TRIM11 expression than primary tumor samples. This suggests that TRIM11 could play a role in the tumorigenesis of BRCA. The observed variability in expression among tumors could be indicative of the disease's heterogeneity or differential TRIM11 pathway activation. The methylation status of TRIM11 correlates with its expression levels, particularly when comparing normal and cancerous tissues. These results suggest that epigenetic regulation via methylation might not be a key mechanism controlling TRIM11 expression in BRCA.

Interestingly, this pattern persists across cancer stages but does not show a clear correlation with age within cancer groups, hinting at the involvement of additional regulatory layers beyond methylation. An intriguing finding of this study is the slight increase in TRIM11 expression with age, especially pronounced in the oldest age group studied (81-100 years). This could point to a more complex role of TRIM11 in the aging breast tissue linked to senescence or age-related changes in immune surveillance. Given that post-menopausal status is a risk factor for BRCA, the higher expression levels in this group could reflect changes in hormone levels and their influence on gene expression patterns.

Our study also reveals that BRCA samples with alterations in key cancer pathways, including the WNT and p53 pathways, have lower TRIM11 expression than normal samples. This aligns with TRIM11's reported roles in cellular proliferation and apoptosis. However, samples with NRF2 pathway alterations show slightly increased TRIM11 expression, which may suggest a complex interplay between TRIM11 and oxidative stress responses in cancer cells.

The strong positive correlation of TRIM11 expression with genes like C1orf35, RNF187, and MRPL55 implies a possible co-regulation or co-participation in cancer-related pathways. The gene effect score further underscores the essential nature of TRIM11 in certain BRCA cell lines, suggesting that it might be a critical survival factor and, therefore, a potential therapeutic target.

Conclusion

TRIM11 plays a multifaceted role in BRCA pathophysiology. Various factors, including age, menopause status, and molecular alterations in cancer pathways, influence its expression. The differential expression and methylation of TRIM11 across various contexts within BRCA patients provide valuable insights into the gene's role in cancer biology. The contrasting patterns of expression and methylation highlight the complexity of its regulation. The correlation with other genes and the gene effect scores indicate that TRIM11's role may be context-dependent, influencing its potential as a therapeutic target. While further studies are necessary to elucidate the precise mechanisms, our findings highlight the potential of TRIM11 as a biomarker and therapeutic target. Moreover, the interaction between TRIM11 and other genetic alterations offers a new avenue for understanding breast cancer heterogeneity and developing personalized medicine approaches.

CRediT author statement

Feyzanur Caldiran: Validation, Formal analysis, Investigation, Writing-Original Draft, Visualization.

Acknowledgments

This project has not received funding.

Conflicts of interest statements

Not applicable.

References

Wilkinson L, Gathani T. Understanding breast cancer as a global health concern. *Br J Radiol*. 2022;95(1130):20211033. doi:10.1259/bjr.20211033

Feng Y, Spezia M, Huang S, et al. Breast cancer development and progression: Risk factors, cancer stem cells, signaling pathways, genomics, and molecular pathogenesis. *Genes Dis*. 2018;5(2):77-106. Published 2018 May 12. doi:10.1016/j.gendis.2018.05.001

Orrantia-Borunda E, Anchondo-Nuñez P, Acuña-Aguilar LE, et al. Subtypes of Breast Cancer. In: Mayrovitz HN, editor. Breast Cancer

Ikeda K, Inoue S. TRIM PROTEINS AS RING FINGER E3 UBIQUITIN LIGASES. In: Madame Curie Bioscience Database [Internet]. Austin (TX): Landes Bioscience; 2000-2013.

Shi D, Grossman SR. Ubiquitin becomes ubiquitous in cancer: emerging roles of ubiquitin ligases and deubiquitinases in tumorigenesis and as therapeutic targets. *Cancer Biol Ther*. 2010;10(8):737-747. doi:10.4161/cbt.10.8.13417

Valletti A, Marzano F, Pesole G, Sbisà E, Tullo A. Targeting Chemoresistant Tumors: Could TRIM Proteins-p53 Axis Be a Possible Answer?. *Int J Mol Sci*. 2019;20(7):1776. Published 2019 Apr 10. doi:10.3390/ijms20071776

Mohammadi A, Pour Abbasi MS, Khorrami S, Khodamoradi S, Mohammadi Goldar Z, Ebrahimzadeh F. The TRIM proteins in cancer: from expression to emerging regulatory mechanisms. *Clin Transl Oncol*. 2022;24(3):460-470. doi:10.1007/s12094-021-02715-5

Zhang L, Afolabi LO, Wan X, Li Y, Chen L. Emerging Roles of Tripartite Motif-Containing Family Proteins (TRIMs) in Eliminating Misfolded Proteins. *Front Cell Dev Biol*. 2020;8:802. Published 2020 Aug 25. doi:10.3389/fcell.2020.00802

Lan Q, Tan X, He P, Li W, Tian S, Dong W. TRIM11 Promotes Proliferation, Migration, Invasion and EMT of Gastric Cancer by Activating β-Catenin Signaling. *Onco Targets Ther*. 2021;14:1429-1440. Published 2021 Feb 25. doi:10.2147/OTT.S289922

Zhang R, Li SW, Liu L, Yang J, Huang G, Sang Y. TRIM11 facilitates chemoresistance in nasopharyngeal carcinoma by activating the β-catenin/ABCC9 axis via p62-selective autophagic degradation of Daple. *Oncogenesis*. 2020;9(5):45. Published 2020 May 7. doi:10.1038/s41389-020-0229-9

Zhou L, Wang H, Zhong M, et al. The E3 Ubiquitin Ligase TRIM11 Facilitates Gastric Cancer Progression by Activating the Wnt/*β*-Catenin Pathway via Destabilizing Axin1 Protein. *J Oncol*. 2022;2022:8264059. Published 2022 Feb 21. doi:10.1155/2022/8264059

Liu W, Wu Z, Wang L, Wang Q, Sun X, Niu S. Knockdown of TRIM11 suppresses cell progression and apoptosis of cervical cancer cells via PI3K/AKT pathway. *Am J Transl Res*. 2021;13(9):10328-10340. Published 2021 Sep 15.

Liu, W., Wu, Z., Wang, L., Wang, Q., Sun, X., & Niu, S. (2021). Knockdown of TRIM11 suppresses cell progression and apoptosis of cervical cancer cells via PI3K/AKT pathway. American journal of translational research, 13 9, 10328-10340 .

Wang XL, Lu SC, Sun C, et al. Tripartite motif protein 11 (TRIM11), an oncogene for human lung cancer via the DUSP6-mediated ERK1/2 signaling pathway. *Cancer Biol Ther*. 2021;22(4):324-332. doi:10.1080/15384047.2021.1902912

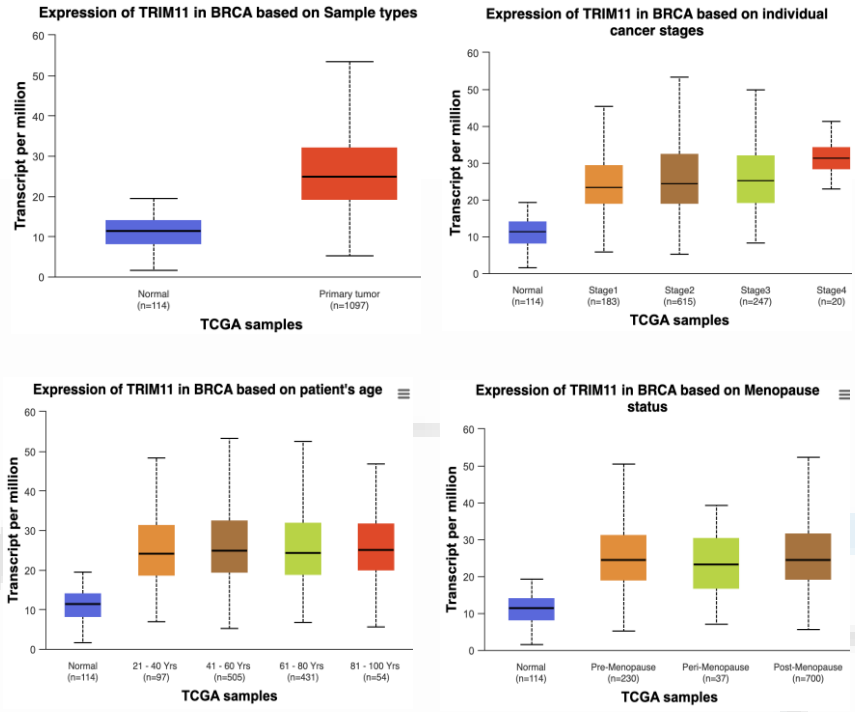


Figure 1. Expression and methylation status of TRIM11 in BRCA A. Expression of TRIM11 in BRCA based on Sample Types **B.** Expression of TRIM11 in BRCA based on Cancer Stages **C.** Expression of TRIM11 in BRCA based on Patient's Age **D.** Expression of TRIM11 in BRCA based on Menopause Status. Differences between groups were considered statistically significant at p-values < 0.05. Asterisks denoted the significance level, with *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001, and ****p < 0.0001.

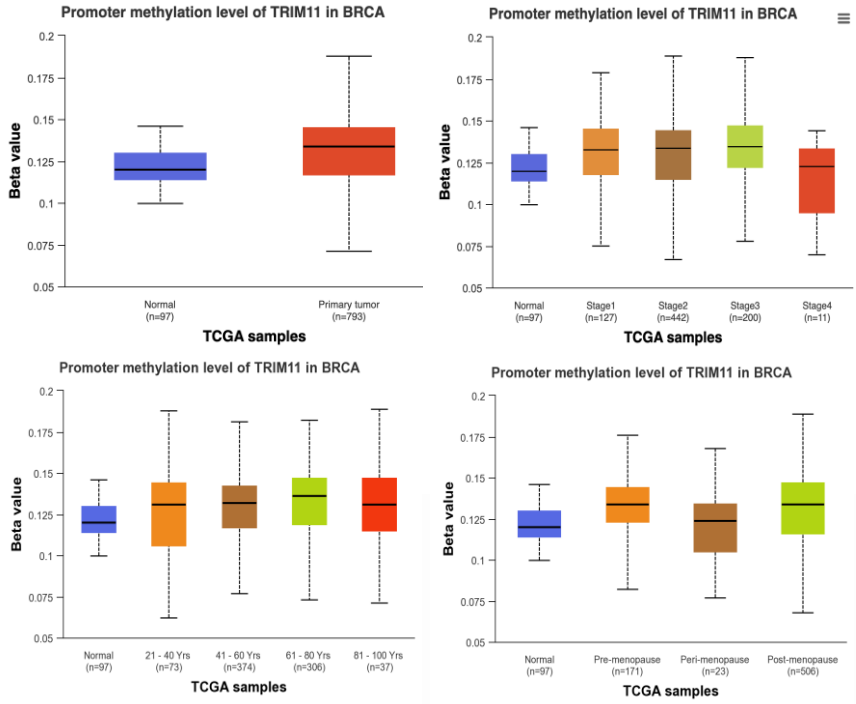


Figure 2. Promoter Methylation Level of TRIM11 in BRCA A. Methylation of TRIM11 in BRCA based on Sample Types **B.** Promoter Methylation Level of TRIM11 in BRCA based on Cancer Stages **C.** Promoter Methylation Level of TRIM11 in BRCA based on Patient's Age **D.** Promoter Methylation Level of TRIM11 in BRCA based on Menopause Status. Differences between groups were considered statistically significant at p-values < 0.05. Asterisks denoted the significance level, with *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001, and ****p < 0.0001.

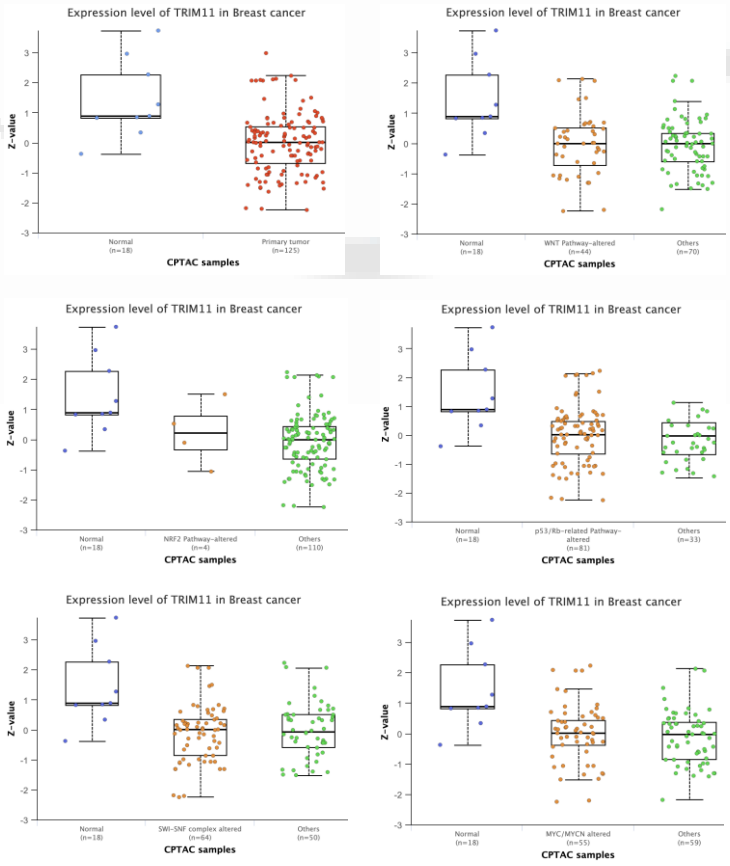


Figure 3. Clinical Proteomic Tumor Analysis of TRIM11 in BRCA A. Expression level of TRIM11 in Breast Cancer (Normal vs. Primary Tumor) **B.** Expression level of TRIM11 by Wnt Pathway **C.** Expression level of TRIM11 by NRF2 pathway **D.** Expression level of TRIM11 by NRF2 Pathway Status **E.** Expression level of TRIM11 by p53-related pathway **F.** Expression level of TRIM11 by alterations in the SWI/SNF complex

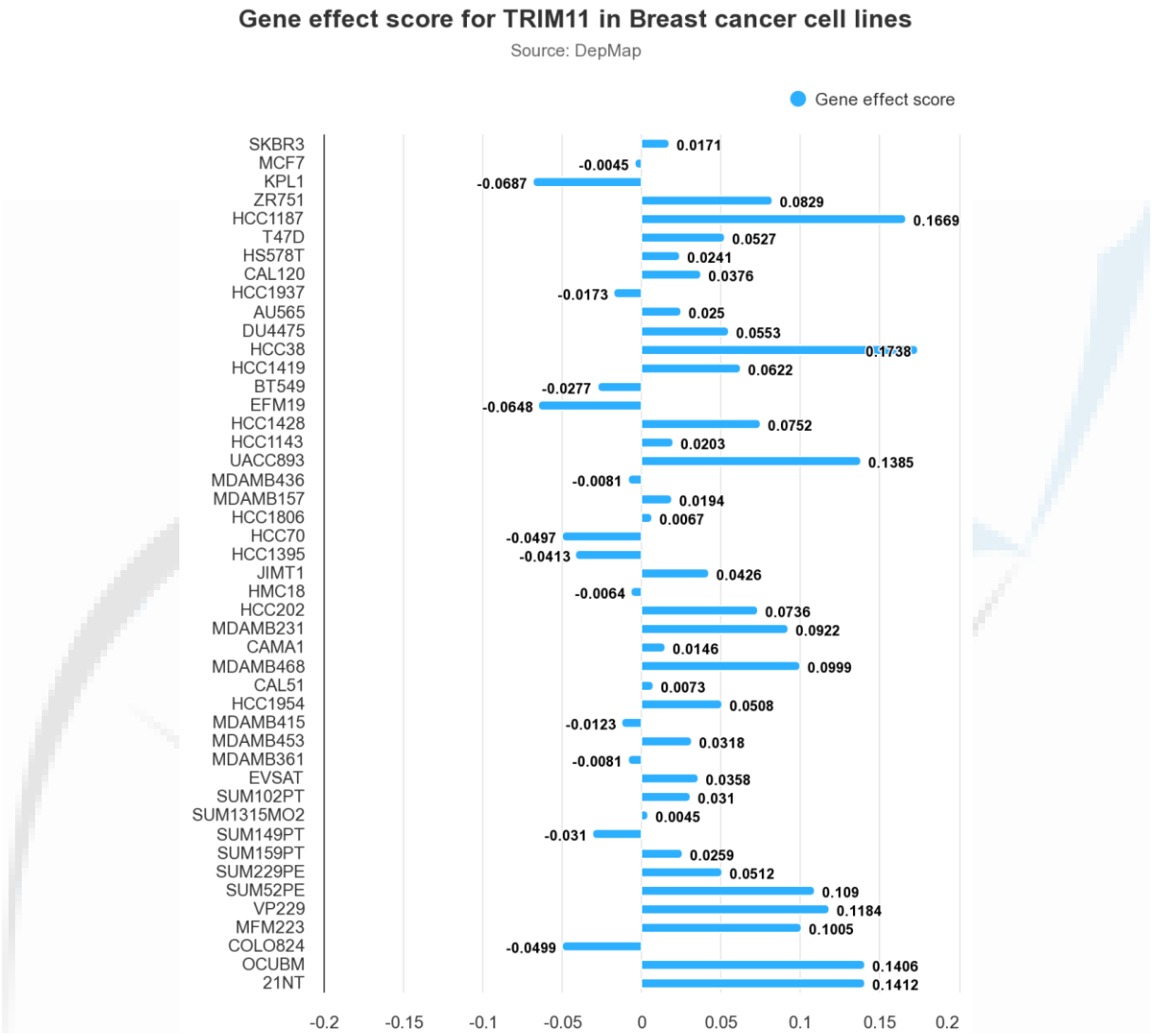


Figure 4. Correlated genes with TRIM11 in BRCA Using heatmaps from the UALCAN database, with red indicating higher expression, visually emphasizes these relationships. Genes with higher PearsonCC would likely appear red on these heatmaps, indicating higher expression levels in the condition being studied than those with lower PearsonCC values.

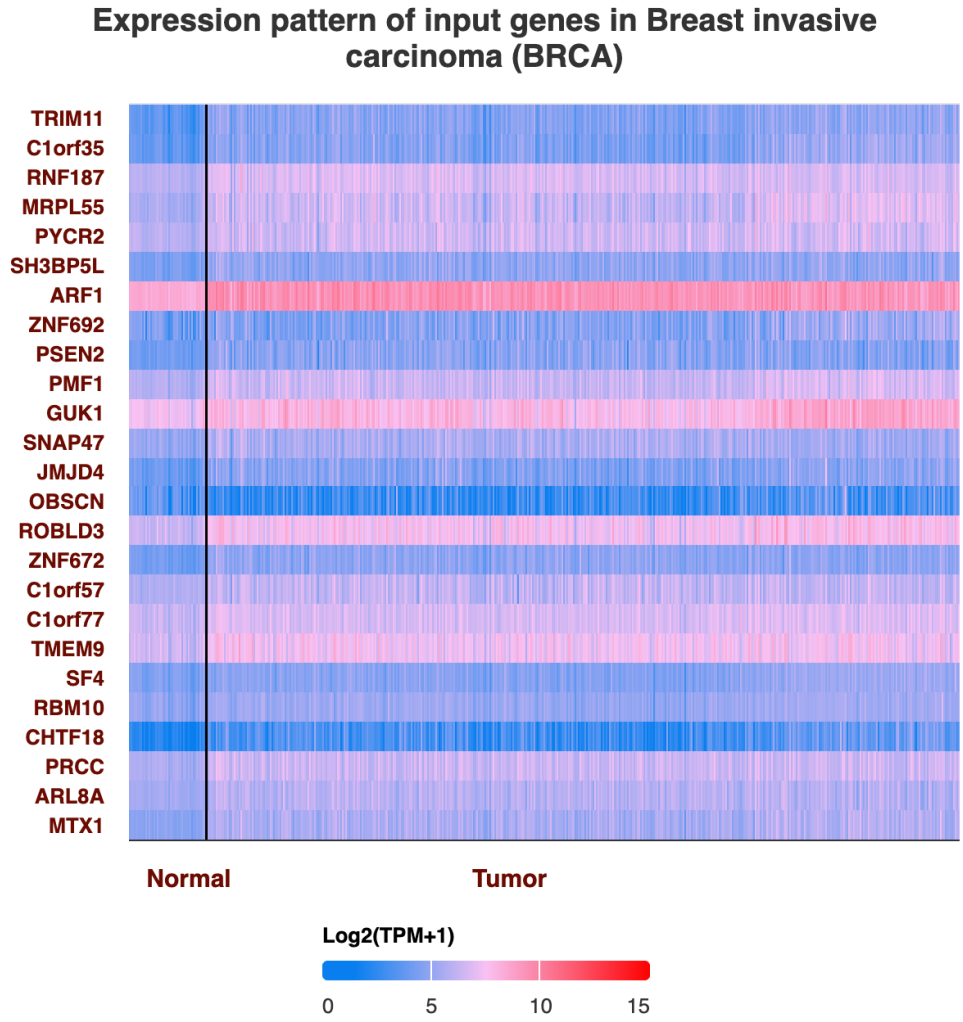


Figure 5. Gene effect score of TRIM11 in breast cancer cell line The figure shows a bar plot representing the gene effect score for TRIM11 across various breast cancer cell lines, sourced from the Dependency Map (DepMap) database.

Makale id= 101

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-7778-194X

Exploring the Impact of ACN 9 Gene Expression On Patient Survival in Multiple Cancer Types

Arş.Gör.Dr. Feyzanur Caldiran[1]
[1]Tokat Gaziosmanpaşa University

Abstract: *Introduction: The tumor microenvironment plays a critical role in cancer progression, with immune cell infiltration being a key determinant of patient outcomes. The ACN9 gene has been of interest due to its potential involvement in immune regulation within the tumor microenvironment. To explore its significance, we conducted a comprehensive analysis across multiple cancer types. Method: We utilized the TIMER2.0 platform to assess ACN9 gene expression and its correlation with patient survival in a pan-cancer context. ACN9 expression data were obtained from various cancer types, and its impact on overall survival was analyzed. Kaplan-Meier curves were employed to visualize survival outcomes, and log-rank tests were conducted to determine statistical significance. Results: Our analysis revealed intriguing findings regarding ACN9 gene expression and its association with patient survival. In colorectal adenocarcinoma (COAD), head and neck squamous cell carcinoma associated with human papillomavirus (HSNC-HPV), and thyroid carcinoma (THCA), high ACN9 expression was strongly and significantly correlated with improved overall survival. Conversely, in breast invasive carcinoma (BRCA) and lung squamous cell carcinoma (LUSC), high ACN9 expression was strongly and negatively correlated with survival outcomes. Conclusion: The study sheds light on the complex and context-dependent nature of ACN9's role within the tumor microenvironment. The positive and negative correlations with survival in specific cancer types underscore the gene's multifaceted impact. These findings have implications for further research into the mechanisms underlying ACN9's influence on immune responses in cancer. It also highlights the potential utility of ACN9 as a prognostic biomarker and a target for immunotherapeutic interventions. In summary, this study provides valuable insights into the diverse relationships between ACN9 gene expression and patient survival across various cancer types, emphasizing the need for tailored approaches to cancer immunotherapy and personalized treatment strategies.*

Keywords: *Cancer, Survival, Immune Filtration, Thyroid Carcinoma, Acn9*

Introduction

The ACN9 gene, also known as ACN9 homolog (S. cerevisiae) and by its synonym DC11, is located on the forward strand of Chromosome 7 (7q21.3) at positions 96,745,902 to 96,811,075 (1). ACN9 is linked to inflammatory responses in human bronchial epithelial cells. It is considered a potential candidate gene for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and has been observed to interact significantly with smoking in genetic studies (2,3). When ACN9 is silenced, it leads to the differential expression of 216 genes and increases the expression of proinflammatory cytokines in bronchial epithelial cells after exposure to cadmium, a known airway irritant (3).

ACN9 also plays a critical role in succinate dehydrogenase (SDH) assembly, an enzyme complex involved in the tricarboxylic acid (TCA) cycle and the mitochondrial electron transport chain (4). This enzyme complex couples the oxidation of succinate to fumarate with the reduction of ubiquinone to ubiquinol. ACN9 is important for the maturation of the iron-sulfur protein subunit SDHB of the SDH catalytic dimer, protecting it from oxidants and potentially acting alongside SDHAF1 (5). Overall, ACN9 is significant in lung health, particularly regarding its involvement in inflammatory responses and its role in key metabolic pathways in the mitochondria (6).

This mitochondrial involvement suggests that ACN9 might play a role in the metabolic aspects of cancer development and progression, as mitochondria are crucial for energy production and metabolic

pathways in cells, including cancer cells. The expression of ACN9 in various cancers and its role in mitochondrial function indicate a potential link between this gene and cancer biology. However, the specific mechanisms and implications of ACN9's involvement in cancer require further investigation.

For this purpose, we investigated the potential role of the ACN9 gene in various cancer types. In this research, we applied bioinformatics to investigate the relationship between Immune Association, Mutation of ACN9 genes, Somatic copy number alterations (SCNAs), and Survival of cancer patients according to immune filtration with ACN9 gene in different cancers.

Material-Method

1. Immune Association of ACN9 gene

The tumor microenvironment and its associated immune cell milieu are recognized as pivotal factors in cancer etiology. Notably, the dysregulation of immune cell populations within the tumor microenvironment is a hallmark feature in the progression of malignancies. Notably, the aberrant expression of ACN9 within the context of cancer may exhibit an intricate interplay with the immune response. To comprehensively understand the potential relationship between ACN9 expression and CD8+ T cells, we conducted an analysis involving 40 distinct tumor types, employing Timer 2.0 software to elucidate any potential correlations (7).

2. Mutation of ACN9 genes in various cancer types

Utilizing the TIMER Mutation module, we investigated the presence of gene mutations within the ACN9 gene concerning immune cell infiltration patterns across a diverse spectrum of cancer types and various immune cell subtypes. This comprehensive analysis aimed to shed light on the potential correlations between ACN9 mutations and the distribution of immune cell populations in the context of all cancer types.

3. Somatic copy number alterations (SCNAs) of the *ACN9* gene across various cancer types.

In our study, we also harnessed the sCNA (somatic copy number alteration) module to comprehensively examine immune infiltration distribution within the context of TCGA (The Cancer Genome Atlas) cancer types based on the sCNA status of the *ACN9* gene. The sCNA information, encompassing critical classifications such as "deep deletion," "arm-level deletion," "diploid/normal," "arm-level gain," and "high amplification," as defined by the GISTIC2.0 algorithm (25), was meticulously estimated from the copy number segmentation profiles at the gene level. This allowed us to explore potential associations between *ACN9* gene sCNA alterations and the modulation of immune cell infiltration across diverse cancer types in the TCGA dataset.

4. Survival of cancer patients according to immune filtration

We performed a survival module to explore the clinical relevance of tumor immune subsets and ACN9 expression in various cancer types. This analysis offered the flexibility to account for multiple covariates by applying a multivariable Cox proportional hazard model. By employing this approach, we aimed to discern any potential associations between the immune subsets within tumors, *ACN9* expression levels, and their impact on clinical outcomes in a comprehensive manner.

Results

1. Immune Association of ACN9 gene

For BLCA (Bladder Urothelial Carcinoma), some subtypes like T cell CD8+ central memory (XCELL) and effector memory (XCELL) show statistically significant negative correlations, suggesting a more robust inverse relationship in this cancer type. For BRCA (Breast invasive carcinoma), the correlations are mixed and mostly not significant, indicating a complex or weak relationship in this cancer type. In Adrenocortical carcinoma (ACC), the correlations are generally negative but not statistically significant (adj. $p > 0.05$). This suggests a potential inverse relationship between ACN9 expression and T-cell infiltration, but the results are inconclusive.

2. Mutation of ACN9 genes in various cancer types

Here, we detected the mutation frequency of the ACN9 gene across various types of cancer, as per the data from TCGA. We observed that UCEC has the highest mutation frequency of the ACN9 gene among the listed cancer types, while BRCA has the lowest. The mutation frequency decreases from left to right, indicating that ACN9 mutations are more common in some cancer types than others. This data is crucial for understanding the possible role of ACN9 in these cancers. If ACN9 is significantly mutated in certain cancers, it may suggest a role in tumorigenesis or progression, making it a potential target for research and therapy.

3. Somatic copy number alterations (SCNAs) of the ACN9 gene across various cancer types.

Our analysis shows that deep deletions in the ACN9 gene are absent across all the studied cancer types. LAML (acute myeloid leukemia) and THCA (thyroid carcinoma) display predominantly diploid/normal mutation statuses, suggesting minimal SCNAs for the ACN9 gene. GBM (glioblastoma multiforme), TGCT (testicular germ cell tumors), KIRP (kidney renal papillary cell carcinoma), ESCA (esophageal carcinoma), and SKCM (skin cutaneous melanoma) are observed to have a significant frequency of arm-level gain mutations, indicating an increase in the copy number of genomic material at the chromosome arm where ACN9 is located.

4. Survival of cancer patients according to immune filtration

Noticeably, ACN9 expression was significantly correlated with survival in COAD, HSNC-HPV, and THCA; ACN9 expression was negatively correlated with survival in BRCA and LUSC.

Discussion

The varied nature of correlations across different cancers and T cell subtypes highlights the complexity of the immune response in cancer and the role of specific genes (8). The significance and direction of correlations can inform hypotheses about ACN9's role in the tumor microenvironment and its potential as a target for immunotherapy or as a biomarker. The ACN9 gene has gained attention as a potential player in cancer biology. In this study, we discovered the findings related to the immune association, mutation frequency, and somatic copy number alterations (SCNAs) of the ACN9 gene across various cancer types. We also explore the impact of ACN9 expression on the survival of cancer patients.

The immune association of the ACN9 gene varies across different cancer types. In our study, we shıwed. ACN9 expression indicates a potential inverse relationship between BLCA and ACC. UCEC exhibits the highest mutation frequency of the ACN9 gene, suggesting a potential role in the tumorigenesis or progression of this cancer type. Conversely, BRCA has the lowest mutation frequency of ACN9. This data underscores the importance of considering ACN9 mutations in cancer research and therapy, particularly in UCEC.

Analysis of SCNAs in the ACN9 gene reveals interesting patterns. LAML and THCA primarily exhibit diploid/normal mutation statuses, indicating minimal SCNAs for ACN9. GBM), TGCT, KIRP, ESCA, and SKCM show a significant frequency of arm-level gain mutations, suggesting increased genomic material at the chromosome arm where ACN9 is located.

ACN9 expression has a significant impact on the survival of cancer patients in various cancer types. Strongly significant correlations with survival are observed in COAD, HSNC-HPV, and THCA. Higher ACN9 expression may be associated with better survival outcomes in these cancers. Conversely, in BRCA and LUSC, ACN9 expression is strongly negatively correlated with survival, indicating that elevated ACN9 expression may be linked to poorer prognosis.

Conclusion

This analysis shows how ACN9 gene expression correlates with T-cell presence in various cancers. The data suggests a complex and varied relationship that might differ significantly across cancer types and T cell subtypes. The ACN9 gene's role in cancer is multifaceted, with varying immune associations, mutation frequencies, and SCNAs across different cancer types. These findings underscore the need for further research to elucidate the precise role of ACN9 in tumorigenesis and its potential as a therapeutic

target. Moreover, ACN9 expression significantly influences patient survival in certain cancer types, highlighting its clinical relevance.

CRediT author statement

Feyzanur Caldiran: Validation, Formal analysis, Investigation, Writing-Original Draft, Visualization.

Acknowledgments

This project has not received funding.

Conflicts of interest statements

Not applicable.

References

1. The UniProt Consortium. UniProt: the Universal Protein Knowledgebase in 2023. Nucleic Acids Res. 51:D523–D531 (2023)

2. Jeong JH, Kim J, Kim J, et al. ACN9 Regulates the Inflammatory Responses in Human Bronchial Epithelial Cells. Tuberc Respir Dis (Seoul). 2017;80(3):247-254. doi:10.4046/trd.2017.80.3.247

3. Cha SR, Jang J, Park SM, Ryu SM, Cho SJ, Yang SR. Cigarette Smoke-Induced Respiratory Response: Insights into Cellular Processes and Biomarkers. Antioxidants (Basel). 2023;12(6):1210. doi:10.3390/antiox12061210

4. Van Vranken JG, Na U, Winge DR, Rutter J. Protein-mediated assembly of succinate dehydrogenase and its cofactors. Crit Rev Biochem Mol Biol. 2015; 50(2) : 168-180. doi: 10.3109 / 10409238.2014.990556

5. Bénit P, Goncalves J, El Khoury R, et al. Succinate Dehydrogenase, Succinate, and Superoxides: A Genetic, Epigenetic, Metabolic, Environmental Explosive Crossroad. Biomedicines. 2022; 10(8):1788. Published 2022 Jul 25. doi:10.3390/biomedicines10081788

6. Sara M. Nowinski, Jonathan G. Van Vranken, Katja K. Dove, Jared R. Impact of Mitochondrial Fatty Acid Synthesis on Mitochondrial Biogenesis, Current Biology, Volume 28, Issue 20, 2018. https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.08.022.

7. Li B, Severson E, Pignon JC, et al. Comprehensive analyses of tumor immunity: implications for cancer immunotherapy. Genome Biol. 2016;17(1):174. Published 2016 Aug 22. doi: 10.1186 / s13059-016-1028-7

8. Gonzalez H, Hagerling C, Werb Z. Roles of the immune system in cancer: from tumor initiation to metastatic progression. Genes Dev. 2018;32(19-20):1267-1284. doi: 10.1101 / gad.314617.118

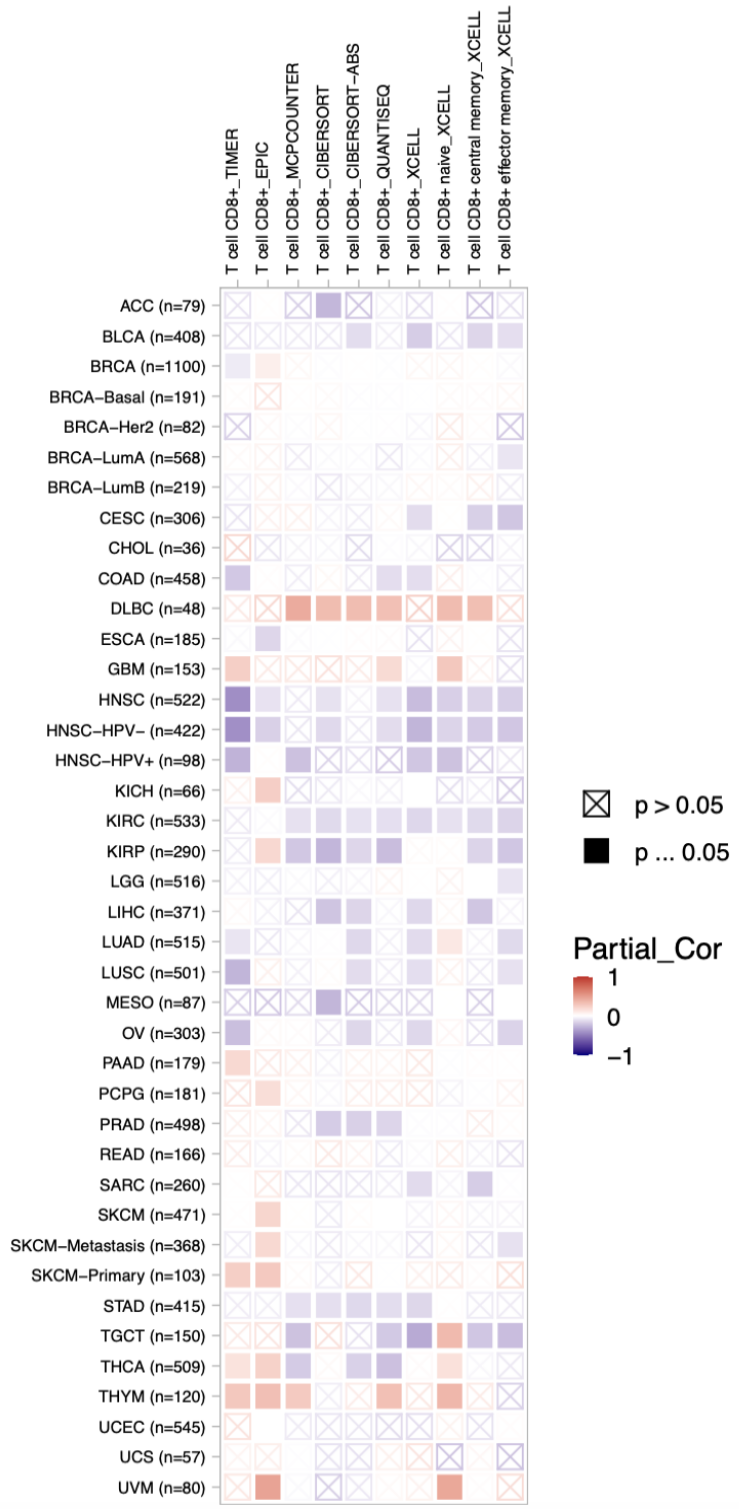


Figure 1. Immune Association of ACN9 gene Red represents a significantly positive correlation ($p < 0.05$). Blue represents a significantly negative correlation ($p < 0.05$).

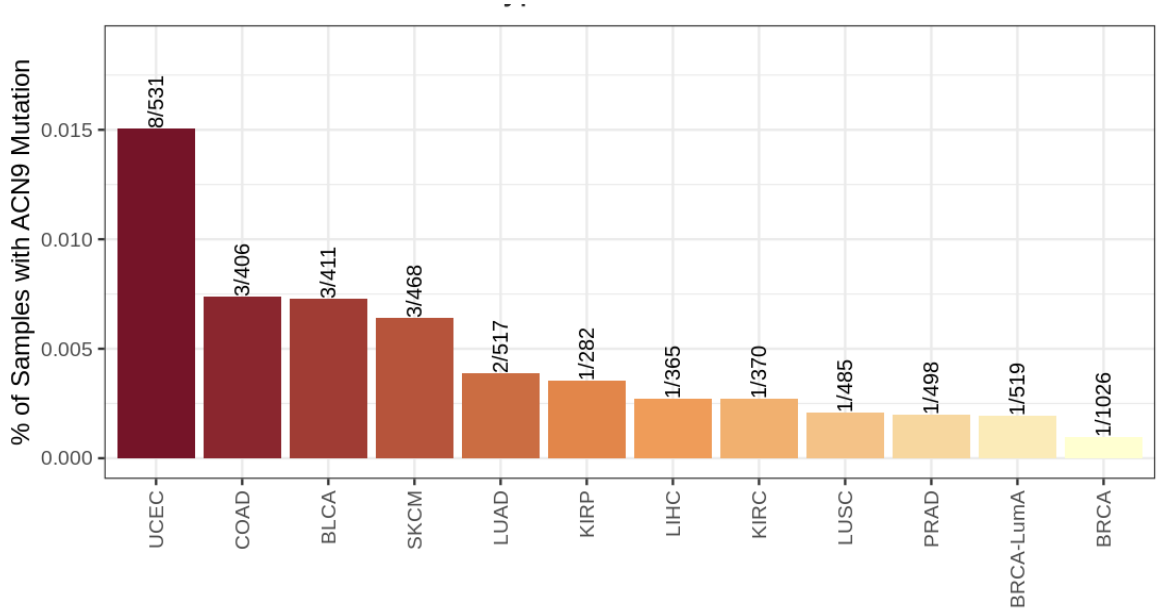


Figure 2. Mutation of ACN9 genes in various cancer types: The bars represent the mutation frequency of the ACN9 gene in each cancer type. The length of each bar correlates with the percentage of samples with mutations, providing a clear visual indication of how common ACN9 mutations are in each cancer type.

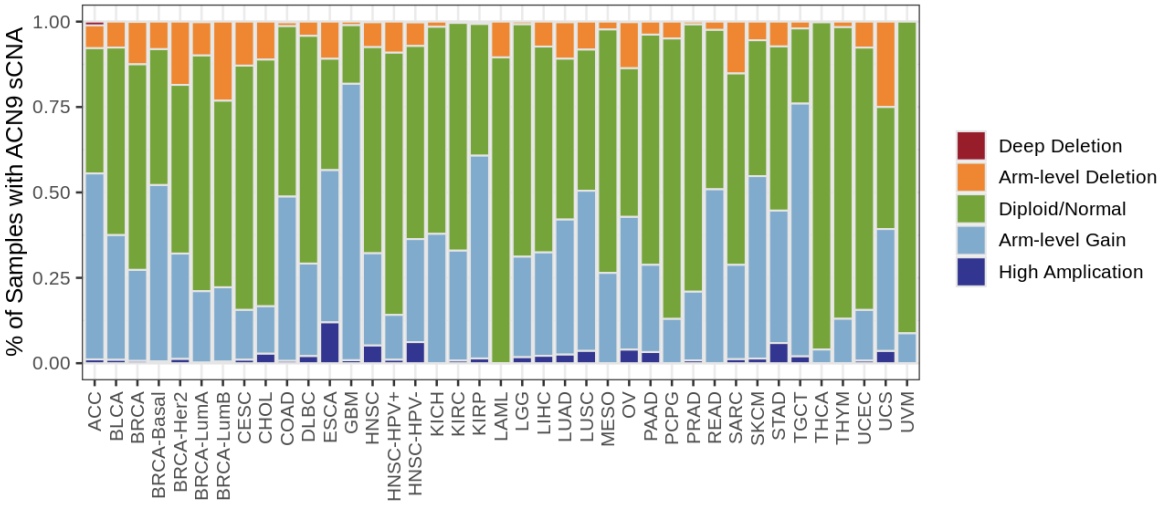


Figure 3. Somatic copy Number alterations (SCNAs) of the ACN9 gene across various cancer types. Each bar in the plot corresponds to a specific cancer type and is divided into segments representing different types of SCNAs: deep deletion (red), arm-level deletion (orange), diploid/normal (green), arm-level gain (light blue), and high amplification (dark blue).

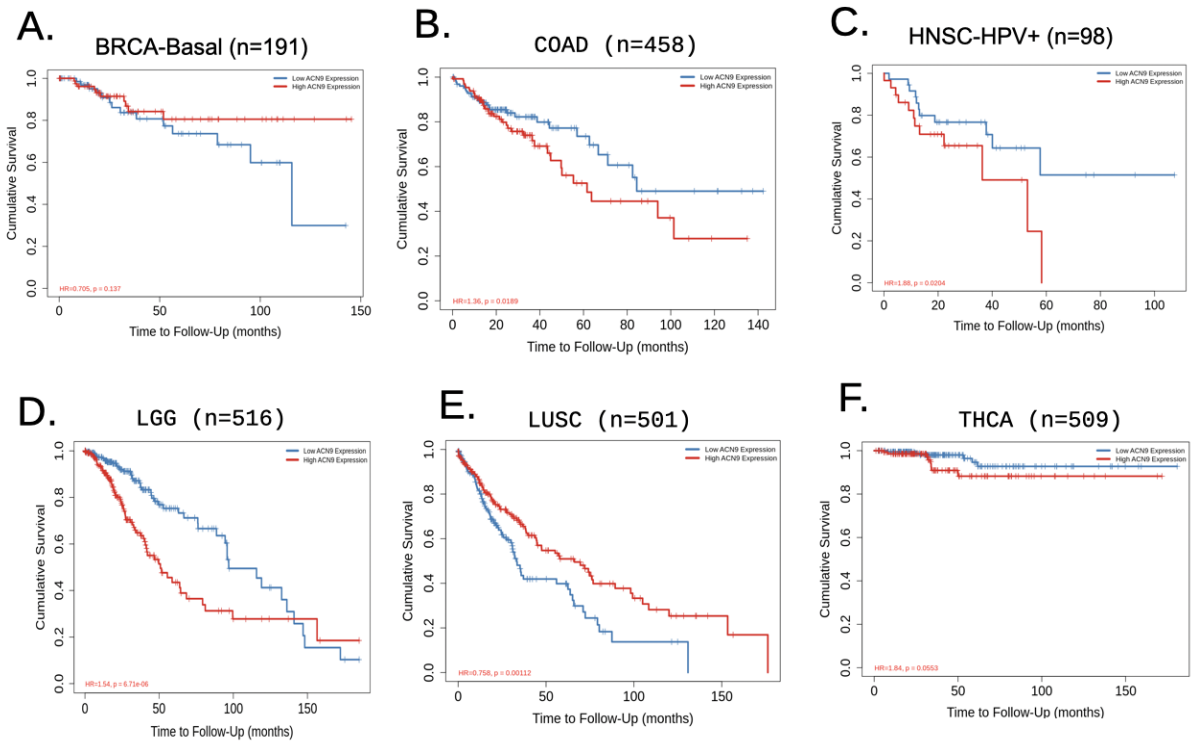


Figure 4. Survival of cancer patients according to immune filtration. A. BRCA-Basal **B.** COAD **C.** HNSC-HPV **D.** LGG **E.** LUAD The overall survival was represented as Kaplan-Meier curves with their associated log-rank *p*-value

Makale id= 34

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-3865-2624;0000-0002-3782-5941

Kentsel Yük Taşımacılığı Planlamasında Farklı Modelleme Yaklaşımları ve Politika Oluşturma: Yeni Bir Tanımlayıcı

Arş.Gör. Berna Aksoy[1] , Doç.Dr. Mustafa Gürsoy[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: *Berna Aksoy*

Özet: Günümüzde kent nüfusu her geçen gün artmaktadır. Daha iyi yaşam koşullarına ulaşmak isteyen insanlar kırsal alanlardan kentsel alanlara göç etmektedir. Bu eğilim, kentsel alanlardaki araç sayısının artmasının en belirgin nedenidir. Küreselleşme ile birlikte ticaret de gelişmiş ve bu durum yolların yük araçlarıyla dolmasını beraberinde getirmiştir. Yük taşıtları, taşıt kompozisyonu içinde yolcu taşıtlarına göre çok az bir paya sahip olmalarına rağmen, büyüklükleri ve seyahat sıklıkları nedeniyle trafik sıkışıklığında oldukça etkili olmakta ve kirlilik, gürültü ve yol güvenliği ile ilgili birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Bu durum, karar vericilerin yük taşımacılığına atfettikleri önemi artırmakta ve farklı modelleme yaklaşımlarının anlaşılmasını elzem kılmaktadır. Bu çalışmada, farklı modelleme yaklaşımları açıklanacak ve politika oluşturma bağlamında önerilen yeni bir tanımlayıcı değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yük ulaştırması, Trafik, Ulaştırma Modellemesi, Politika Üretme

Different Modeling Approaches and Policy Making in Urban Freight Transport Planning: A New Descriptor

Abstract: Nowadays, the urban population is increasing day by day. People who want to reach better living conditions migrate from rural areas to urban areas. This trend is the most apparent reason for the increasing number of vehicles in urban areas. Along with globalization, trade has also developed, and this situation has brought roads full of freight vehicles. Although freight vehicles have a minimal share in the vehicle composition compared to passenger vehicles, they are very effective in traffic congestion due to their size and frequency of travel and bring many pollution-related problems, noise, and road safety. This situation increases the importance attributed to freight transport by decision-makers and makes it essential to understand different modeling approaches. In this study, different modeling approaches will be explained, and a new descriptor proposed in the context of policymaking will be evaluated.

Keywords: Freight Transport, Traffic, Transportation Modeling, Policymaking.

INTRODUCTION

Today, freight transport modeling is an area of study on the agenda in many countries worldwide. Decision makers are forced to pay more attention to global climate change and regional air and noise pollution problems, and this situation has significantly increased the interest in freight transport studies. Transport policies are now being discussed at the global level all over the world. An understanding of

the limitations and constraints of models for studying the effects of transport policies is also prevailing, and this is a concern for transport modeling (7,14). After years of neglect, freight transport models are now receiving considerable attention, and there is a broad perception among transport analysts that they all need careful revision. Confusion about what can be done with a particular model is often based on a lack of transparency and clarity regarding the application area for which the model was initially designed and calibrated (18). It is, therefore, essential that the process of designing models is descriptive.

LITERATURE

Roads in urban areas are filled with vehicles carrying large quantities of goods that support the urban economy and lifestyle, such as food, consumer goods, building materials, and industrial inputs. Freight transport is, therefore, vital, but it is also a significant cause of congestion and one of the transport components that significantly contributes to adverse environmental and social impacts. Consequently, the importance of freight activities stems from the increase in its role in the urban economy and its negative impacts on the urban environment. Modeling freight movements allows freight transport activity to be understood to improve efficiency and reduce negative impacts in policy, planning, and operational contexts. In particular, freight transport modeling can shed light on the following problems.

1-Effects of freight vehicles on traffic and congestion

2-Environmental and social impacts of freight transport activities, such as noise and air pollution

3-Optimal vehicle routing, freight distribution template, optimal facility location (such as freight distribution centers)

4- The role of urban freight operations in the overall supply chain.

5- Urban freight transport market and efficient operation of urban freight distribution system

6-The power of urban freights in the urban economy and their function in the urban system

7-Effects of pricing and regulatory and other administrative policies affecting the urban freight system (12).

In many European countries, national modeling systems have been developed to estimate freight transport volumes or vehicle flows.

These include;

-Swedish National Freight Modelling System (SAMGODS)

-Norwegian National Freight Modelling System (NEMO) (Both use a statistical inference software called STAN written in C++ for multimodal freight assignment).

-The regional freight modeling system (WFTM) for the Walloon region of Belgium (using NODUS multimodal assignment software).

-Italian national modeling system using input-output models and discrete mode choice models,

-Two Dutch models, TEM (Transport Economics Model) and SMILE (Strategic Model for Integrated Logistic Evaluation) (first using the input-output method and then a logistics module for the location of distribution centers).

-In the United Kingdom, national freight transport forecasts were made within the scope of STEMM (Strategic European Multimodal Modelling Project).

-SCENES (Scenarios for European Transport) and NEAC international models and models for specific international corridors (Scandinavia) (2, 3, 4, 6, 8, 10).

The BasGoed model, which is an advanced successor of a four-stage model created for the Netherlands, is a very comprehensive national model that was later developed to include sectoral growth by adding various modules (25, 26). If we want to mention a few international models that are also quite up-to-date, we can mention the HIGH-TOOL model (19), which was prepared for the European Commission in 2018 and within the European context as an aggregate model that is open-source and very user-friendly and allows strategic assessments of policymakers in a fast way. Another international model,

Transtool3 (20), which differs from its counterparts by putting freight modeling at its center, uses disaggregated data in transport chains. Another model developed for Europe, the TRUST model (21), is a network assignment model that can be combined with its predecessor, the ASTRA model. The TRIMODE model, which is also an international model, unlike the others, includes warehouse/distribution center locations by considering transportation and storage costs at national, regional, and urban levels (22, 23, 24). In Turkey, there are many models in the field of freight transport (27-41). In Turkey, an aggregated model has been put forward with the Logistics Master Plan, but there is no discrete model for freight transport modeling (16). However, discrete models are known to be very successful models in policymaking due to the detailed analysis they provide, and they can be used for detailed analysis.

TARGETS IN URBAN FREIGHT TRANSPORT: WHY DO WE DO MODELING?

In freight transport, as in all fields of study, the requirements vary according to the objectives. In addition, there are other criteria for the modeling work to be carried out. There are several basic questions to be asked when designing a freight model (1, 5):

-What is the purpose of this model, i.e., from which perspective does it look at the result it seeks?

-Who are the parties/stakeholders of this model?

-What are the descriptors to be used when building this model?

-What is the scale of the method used by the model?

-In which context is the solution obtained by the model?

MODEL PERSPECTIVE

Economy Perspective: Modeling from an economic perspective aims to improve and develop the freight system to improve the economy locally, regionally, or nationally. It focuses on ports, terminals, and intermodal facilities. It deals with sectors with an urban economy open to trade (1, 5).

Productivity Perspective: Modeling from a productivity perspective focuses on reducing or minimizing transport operating costs and energy on routes in the road network of the selected study area. It studies the congestion and costs of freight movements and the deficiencies of the road network in terms of road design, geometry, maintenance, signaling, regional traffic management, or arterial capacities. Focuses on end-point costs regarding loading/unloading, parking, terminal activities, operating hours, and access to/exit from the site. It deals with energy costs concerning vehicle speed, type, and type of shipment (1, 5).

Road Safety Perspective: Modeling from a road safety perspective focuses on minimizing property damage, injury, and fatal accidents. Traffic management deals with policies related to road design, vehicle design, driver training, and space utilization (1, 5).

Environmental Protection Perspective: It focuses on mitigating noise, air, water, and vibration pollution. It eliminates threats posed by unauthorized activities of heavy vehicles in residential areas (1, 5).

Infrastructure and Management Perspective: It aims to expand state influence in regulation, price control, taxation, and investment. It focuses on road construction and maintenance and their relationship with the freight sector (1, 5).

Urban Framework (Structure) Perspective: It focuses on the relationship of freight facilities as a user of urban space with the urban framework and the size of the city and their impact on freight costs (1, 5).

MODEL STAKEHOLDERS

Shipper: The person who is only obliged to send the freight. In some models, it also assumes the roles of carrier and organizer.

Carrier: The owner of the goods can send the freight by himself or by someone else's vehicle. The intermediary who carries out this transport is called the carrier.

Handler/Organizer: The organizer, an intermediate element, is the person who handles the freight. It is not involved in the model of unhandled freights.

Owner/Buyer: It is the person who pays money by receiving the goods and is the new owner of the goods. This stakeholder can be an individual user or a large company.

Decision-Makers: They are the principal owners of the model. The most basic dynamic in establishing a model is either to solve a problem or to plan to prevent the emergence of that problem element. Therefore, the demanding side of modeling is generally the decision-makers.

Public: It is the stakeholder most exposed to all negative outputs arising from freight transport. For this reason, it is the stakeholder who questions the decisions of decision-makers and endeavors to maximize the benefit.

Technical team: It is the stakeholder who makes assumptions, generates assumptions, processes the available data following the model, and works in cooperation with decision-makers for realistic modeling during the modeling stages.

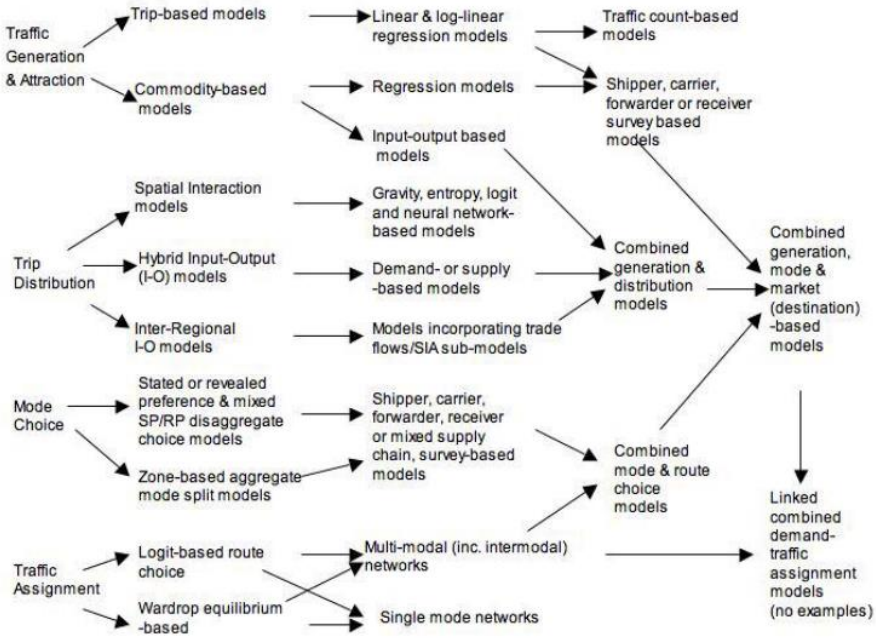
DESCRIPTORS USED IN MODEL BUILDING

Many different descriptors can be used when building the model. These descriptors are not the data itself but the main layers to be reached with the data. Common descriptors are freight generation, freight flows, vehicle design, vehicle loading characteristics, location information, design of structures and areas, trip generation, intermodal transfer, traffic management, traffic flow, or industrial structure (1, 5).

SCALE OF THE METHOD USED BY THE MODEL

To understand freight transport modeling, it is necessary to consider the classifications made for many different purposes and from many different perspectives in a specific order (6). Figure 1 (18) shows the relationship between different freight transport modeling approaches.

Figure 1. Relationship between different approaches to freight transport modeling (18)



It is not possible to make a singular distinction for modeling studies in freight transport planning because modeling methods and scales are intertwined (6, 11, 13, 15, 17). If it is desired to be explained through the four-stage classical demand model, different models established at different stages can be listed as follows (6):

Freight Generation and Attraction Models: Time series models, system dynamics models, regional travel rate models, and input-output models.

Freight Distribution Models: Gravity models and input-output models.

Freight Modal Split Models: Elasticity-based models, integrated modal split models, neoclassical models, direct demand models, discrete modal split models, microsimulation approach models, and multimodal network models.

Freight Assignment Models: Separate assignment stage models and multimodal network assignment models.

There are generally two approaches to modeling transport behavior. One approach directly models the total share of all or some decision-makers choosing each alternative as a function of the group's alternatives and sociodemographic characteristics. This approach is generally referred to as the aggregate approach. The second approach is to recognize that aggregate behavior results from many individual decisions and to model individual preferences as a function of the available alternatives' characteristics and each individual's sociodemographic characteristics. This second approach is referred to as the disaggregated approach (9).

MODEL SOLUTION

The solution obtained by a freight model can be evaluated in three different contexts (1).

Planning: Preventing the emergence of transport problems in newly established cities, making appropriate revisions in already established cities, and taking actions to prevent the growth of problems

Policy: Develop new proposals based on the data situation revealed by the model, using different scenario analyses. Effective changes can be made to vehicle composition or pricing.

Technology: Suggesting tools that can be used innovatively due to the model's results, introducing new tools, or discovering new data that can be obtained with existing tools, thus minimizing cost and time losses.

A NEW DESCRIPTOR FOR POLICYMAKING

There has yet to be a national discrete freight model established in Turkey. The most crucial issue to be prioritized for establishing this model is the systematization of data collection. For the data collection to be done systematically and accurately, decision-makers should know the descriptors of the models very well. The modeling path to be followed in policymaking is given in Figure 2. Adding packaging types and carrier characteristics to the descriptors is proposed as a new methodology.

With the addition of these new descriptors, a more detailed modeling study will be possible because it is a known advantage that each new descriptor added to the discrete models increases the possibility of seeing the situation closely in addition to its ability to increase the representation power of the model at a high rate.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In freight transport modeling, the path for policy formulation is quite complex. This study aims to clarify the path for policymaking and draw a methodological framework in which new descriptors are added to the modeling phase. It was possible to see the stakeholders, modeling objectives, the descriptors used in the model, the scale of the model, and the way of handling the data in a single flow with the policy produced in the final solution. In general terms, it is hoped that this study will provide a general framework for those new to modeling studies. With the new descriptors to be used in our country's national discrete freight modeling study, feasible options for decision-makers can be put forward, and suggestions can be made on a local and general basis to alleviate the traffic problem.

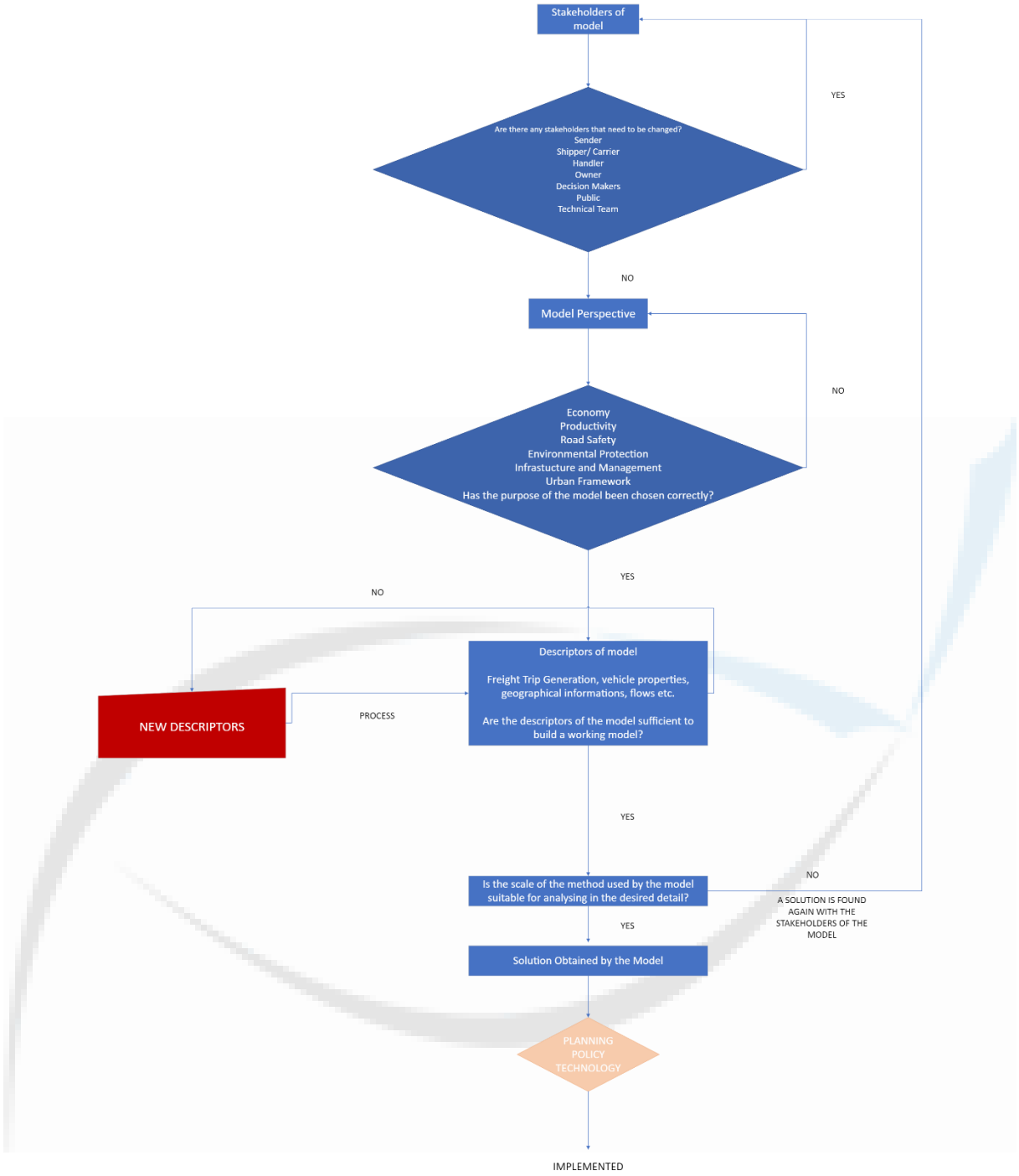


Figure 2. Inclusion of Packaging Types and Carrier Characteristics in Model Descriptors

REFERENCES

1-Anand N., Duin R., Quak H. & Tavasszy L., (2015). "Relevance of City Logistics Modelling Efforts: A Review," Transport Reviews, 35:6, 701-719, DOI: 10.1080/01441647.2015.1052112

2-Beuthe, M., B. Jourguin, J.F. Geerts and C. Koul à Ndjang' Ha (2001) Freight transportation demand elasticities: a geographic multimodal transportation network analysis, Transportation Research E, Vol. 37(4), 253-266.

3-CODE-TEN consortium (1999) Strategic assessment of corridor developments, TEN improvements and extensions to the CEEC/CIS, Final summary report for the European Commission, ICCR, Vienna.

4-Crainic, T.G., M. Florian, J. Guelat and H. Spiess (1990) Strategic planning of freight transportation: STAN, an interactive-graphical system, Transportation Research Record, 1283, 97-124.

5-Dablanc L., (2007). "Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize Transportation Research Part A 41, 280–285.

6-De Jong G., Gunn H., Walker W., (2004). "National and International Freight Transport Models: Overview and Ideas For Future Developments," Transport Reviews, 24 (1), pp.103-124)

7-De Jong G., Vierth I.,Tavasszy L.A., Akiva B.A., (2013). "Recent developments in national and international freight transport models within Europe," Transportation 40:347–371 DOI 10.1007/s11116-012-9422-9

8-Geerts, J.F. and G. Jourguin (2000) Freight transportation planning on the European multimodal network: the case of the Walloon region Proceedings of the 6th RSAI World Congress, Lugano, Switzerland.

9-Koppelman, R. B., & Bhat, C. R. (2006). A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models.

10-Newton, S. (2001) Freight mode choice on the cross-Channel market, paper presented at THINK-UP workshop 9, Rotterdam.

11-Ortúzar, J.D., & Willumsen, L. G. (2011). "Modelling Transport" (4th Ed.). John Wiley & Sons.

12-Pendyala R. M., Shankar V.N., and McCullough R.G., (2000). "Freight Travel Demand Modeling Synthesis of Approaches and Development of a Framework," Transportation Research Record 1725 *Paper No. 00-0200*

13-Rich J., (2015). "Transport Models- From Theory to Practise," DOI: 10.13140/RG.2.1.1093.1922 Edition: 6.05 (still draft), Publisher: Self Published.

14-Tavasszy, L.A., (2011). "Freight modeling and policy analysis in The Netherlands." Presentation at the CTS seminar on European and national freight demand models, Stockholm.

15-Tavasszy L., de Jong G., (2014). "Modeling Freight Transport," Book, Elsevier, ISBN: 978-0-12-410400-6

16-Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Demiryolu Düzenleme Genel Müdürlüğü, (2018). " Türkiye lojistik master planı danışmanlık hizmeti nihai rapor-Ekim 2018".

17-US Department of Transportation Federal Highway Administration, (2007). "Quick Response Freight Manual II" Publication No. FHWA-HOP-08-010-September 2007.

18-Wigan M., Southworth F., (2006). "What's Wrong With Freight Models?", TRB 2006 Annual Meeting CD-ROM.

19-Szimba, E., J. Ihrig, M. Kraft, M. Mitusch, M. Chen, M. Chahim, J. van Meijeren, J. Kiel, B. Mandel, A. Ulied, E. Larrea, G. de Ceuster, R. van Grol, Z. Berki, A. Szekely, and R. Smith (2018): 'HIGH-TOOL – a strategic assessment tool for evaluating E.U. transport policies,' Journal of Shipping and Trade, 3, 11, https://doi.org/10.1186/s41072-018-0037-y

20-Jong, G. C. de, R. Tanner, J. Rich, M. Thorhauge, O. A. Nielsen, and J. Bates (2017): 'Modelling production-consumption flows of goods in Europe: the trade model within Transtools3', Journal of Shipping and Trade, 2, 1–23, https://doi.org/10.1186/s41072-017-0023-9.

21-TRT (2018): Description of the TRUST Model, TRT Trasporti e Territorio, Milan.

22-Nöckel, A., I. Williams, and D. Fiorello (2017): 'Long-distance, multimodal freight in a continental transportation model,' paper prepared for the 2018 Transportation Research Board Annual Meeting, Washington, D.C.

23-Martino, A., I. Williams, D. Fiorello, K. Noekel, P. Capros, P. Siskos, G. Zazias, I. Charalampidis, P. Karkatsoulis, and W. Schade (2018): 'TRIMODE – integrated transport model for Europe,' Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, 16–19 April, Vienna, Austria.

24-Jong G. C. de, Bok de M., Thoen S., Seven Fat Years or Seven Lean Years for Freight Transport Modelling? Developments Since 2013, Journal of Transport Economics and Policy, 2021, Volume 55, Part 2, pp. 124–140.

25-Wesseling, B., M. de Bok, J. Spruijt, O. Usman, and T. van Bree (2020): 'Energy transition scenarios in the strategic freight model BasGoed,' paper presented at the European Transport Conference 2020 (online).

26-Jong, G. C. de, A. Burgess, L. Tavasszy, R. Versteegh, M. de Bok, and N. Schmorak (2011): 'Distribution and modal split models for freight transport in the Netherlands,' paper presented at the European Transport Conference 2011, Glasgow

27-Ünal L., (2009). "Modeling of freight transportation on Turkish highways," Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

28-Köfteci S., (2008). "Bir kara ulaştırma koridorunda yük taşımacılığı tür seçiminin lojistik maliyete göre modellenmesi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

29-Köfteci S., Gerçek H., (2010). "Yük taşımacılığında taşıma türü seçimi için lojistik maliyetlere dayalı ikili lojit model", İMO Teknik Dergi, 5087-5112, Yazı 333.

30-Çekerol G. S., (2007). "Lojistik açıdan intermodal yük taşımacılığı ve Türkiye hızlı tüketim ürünleri dağıtımı için bir uygulama", Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

31-Vitoşoğlu Y., (2006). "Türkiye'de Demiryolu Ağırlıklı Kombine Yük Taşımacılığı Olanaklarının Araştırılması", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

32-Ünal L., (2009). "Modeling of freight transportation on Turkish highways," Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

33-Elgün M. N., (2011). "Uluslararası taşıma ve ticarette lojistik köylerin sağladığı rekabet avantajları: Bir model önerisi", Doktora Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

34-Gürsoy M., (2003). "Ülkemiz yük ulaşımında çoktürlü taşımacılığın sınırlarının ve/veya boyutlarının belirlenmesine yönelik bir karar destekleyici model", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

35-Özdemir Ö., (2009). "Denizyolu yük taşımacılığında maliyetler ve bir uygulama", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

36-Kiremitçi S., (2011). "Denizyolu yük taşımacılığında rotalama ve çizelgeleme", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

37-Özen M., (2013). "Estimation of road freight transportation emissions in Turkey," Doktora Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

38-Cezayirlioğlu H. R., (2015). "Development of a cluster framework for tire industry with its application to a local region by pursuing supply chain and freight village approaches," Doktora Tezi, Okan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

39-Günay G., (2015). "Freight trip generation in urban areas," Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

40-Avcı M.G., (2016). "A decision support system for global supply chain risk management by considering premium freights," Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

41-Dişkaya F., (2018). "Yeşil lojistik yönetiminde ulusal karayolu yük taşımacılığı araç rotalama optimizasyonu", Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Makale id= 63

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0001-5625-5323, 0000-0001-8088-4990

Yap-İşlet-Devret Modeli Bir İnşaat Projesinde Eş Zamanlı Gecikme Vaka Analizi

Araştırmacı Çağdaş Çolak[1] , Doç.Dr. Fatma Pınar Çakmak[1]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Çağdaş Çolak

Özet: *Kamu hizmetleri, kamu kurumları tarafından yerine getirildiği gibi belli şartlar çerçevesinde özel sektör ile ortaklık kurularak ve sorumluluk paylaşımı yapılarak da ifa edilebilirler. Yapım işleri gerektiren köprü, otoyol, tünel, liman, havalimanı gibi yatırımlarda özel sektör ile ortaklık kurularak yapım işleri ve sonrasında sürdürülen işletme süreci özel sektöre belirli bir süreliğine devredilebilir. Kamu özel ortaklığı olarak ifade edilen bu model, yapım ve bütçe açısından oluşacak risklerin ihaleyi kazanan firmaya devredildiği ve kamu hizmetinin özel sektör aracılığıyla yerine getirildiği bir proje teslim yöntemidir. Kamu özel ortaklığı modellerinden yap-işlet-devret türünün yaygın olduğu ülkemizde; özel sektörün bilgi ve tecrübesi kullanılarak kaliteli yatırımlar kazanılması; işletme hakkı ve maliyetler özel sektörde olduğu için, süre ve bütçe açısından aşımların kontrol altında tutulması amaçlanmaktadır. Projelerin yapım sürecinde gecikmeler yaşanması durumunda, özel sektörün kar sağladığı işletme sürecinden kayıp yaşamamak adına hak talebi süreçlerine başvurulmaktadır. Bu hak talebi süreçleri, sözleşmede eksik ve/veya net olmayan maddeler olduğu durumlarda, uzlaşma sağlanamaması ve yargı yolunun seçilmesi ile sonuçlanabilmektedir. Projelerde gecikmeler yaşandığında, bu gecikmeler taraflardan herhangi biri nedeniyle oluşmuşsa süre uzatımı konusunda sorunlar yaşanmazken tarafların sebep oldukları gecikmeler eş zamanlı etki ettiklerinde taraflar sorumluluğu birbirlerine yüklemeye çalışmaktadır. Eş zamanlı gecikmeler, sözleşmelerde net bir şekilde belirlenmediği takdirde bu şekilde uzlaşma sağlanamayan konular olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bu nedenle, sözleşmelerde eş zamanlı gecikmeler net bir şekilde ifade edilmeli ve eş zamanlı gecikme değerlendirmeleri konusunda ne tür analizler yapılması gerektiği açık bir şekilde belirtilmelidir. Bu çalışma ile eş zamanlı gecikmelerin yap-işlet-devret sözleşmelerdeki durumu incelenmiş ve hak talebi görüşmelerinde sözleşmede bulunmasının fayda sağlayabileceği yöntemler değerlendirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Kamu Özel Ortaklığı, Köo, Yap-İşlet-Devret, Yid, Hak Talebi, Gecikme Analizi, Eş Zamanlı Gecikme*

Concurrent Delay Case Study for a Build-Operate-Transfer Construction Project

Abstract: *Public services can be performed not only by government agencies, but also through partnerships with the private sector and by sharing responsibilities within specified conditions. In infrastructure projects such as highways, ports, and airports that involve construction works, the private sector can be engaged in a partnership with the government, and the construction and subsequent operational processes may be temporarily transferred to the private sector for a limited duration. This model, stated as public-private partnership, involves transferring the risks associated with construction and budget to the winning bidder, allowing the private sector to carry out the public services. In our country, where the build-operate-transfer type of public-private partnership is common, achieving high-quality investments by utilizing the private sector's knowledge and experience; and controlling delays and budget overruns since the operation rights and costs are in the hands of the private sector are main goals. In case of delays during the construction phase, private sector may resort to claiming rights in order to avoid losses during the operational phase that is profitable for it. When the contracts contain incomplete and/or ambiguous clauses, these claim processes can lead to disputes and legal proceedings when no agreement can be reached. While delays caused by one of the parties do not typically pose problems for extension of time discussions, concurrent delays caused by both parties attempting to shift responsibility can create disputes. The concurrent delays become contentious issues when not exactly defined in the contracts. Therefore, the concurrent delays are*

required to be clear in the contracts and the specific delay analyses methods are required to be define for evaluation. In this study, the situation of the concurrent delays in build-operate-transfer contracts has been examined, and the methods by which their inclusion in the contract may be beneficial in claim negotiations have been evaluated.

Keywords: *Public-Private Partnership, Ppp, Build-Operate-Transfer, Bot, Claim, Delay Analysis, Concurrent Delay*

1.GİRİŞ

The Construction Specifications Institute (The CSI) kurumuna göre, 6 çeşit proje teslim yöntemi mevcuttur. Proje paydaşlarının birbirleriyle olan ilişkilerini tanımlayan, bu ilişkilerin hiyerarşik olarak nasıl bir iş akışında olması gerektiğini belirleyen ve projenin belirlenen süre-bütçe-kalite üçgeninde tamamlanmasına katkı sağlaması düşünülen bu teslim yöntemleri aşağıda listelenmiştir (The CSI, 2011).

- Tasarım-İhale-Yapım Proje Teslim Yöntemi
- Tasarım-Pazarlık-Yapım Proje Teslim Yöntemi
- Yapım Yönetimi Proje Teslim Yöntemi
- Tasarım-Yapım Proje Teslim Yöntemi
- Yapımcı-Mal Sahibi Proje Teslim Yöntemi
- Entegre Proje Teslimi

Bu çalışma kapsamında anlatılacak olan Kamu Özel Ortaklığı modeli, tasarım-yapım teslim yönteminin yenilikçi ve yaygın tercih edilen bir çeşididir.

1.1.Kamu Özel Ortaklığı (KÖO) Modeli, Tarihsel Süreci ve Türleri

Tasarım-Yapım proje teslim yöntemi baz alınarak geliştirilen kamu özel ortaklığı modeli, ilk olarak 1660'lı yıllarda İngiltere'deki yol projeleriyle ortaya çıkmış, 1860'lı yıllarda demiryolu ve kanal projeleriyle pik seviyelerine ulaşmıştır (Çekirge, 2006). 1700'lerde devletler, Sanayi Devrimi etkisi de dikkate alındığında, gelir vergilerinden oluşturdukları kaynaklar sayesinde altyapı projelerine bütçe oluşturabilmiştir ancak bazı büyük ve özel teşebbüslerin önerildiği projelerde imtiyaz düzenlemesi yapmışlardır. 1800'lerin ortasında, başta Fransa olmak üzere dünyanın farklı bölgelerinde bu tür düzenlemeler görülmüştür. Kamu özel ortaklığı modelinin o yıllardaki en önemli örneği, başta İngilizler tarafından planlanan ancak daha sonra Fransızlar tarafından yapımı gerçekleştirilen ve 1869 yılında açılışı yapılan Süveyş Kanalı'dır (Walker ve Smith, 1995).

Kamu özel işbirliği (KÖİ) veya kamu özel sektör işbirliği (KÖSİ) olarak da ifade edilen kamu özel ortaklığı, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'ne göre, kamu kurumlarının sağlamakla yükümlü oldukları hizmetleri sunarken karşılaştıkları riskleri de anlaşma kapsamında özel sektöre transfer ettikleri ve hizmetin sunulmasını özel sektör tarafından karşıladıkları bir anlaşmayı ifade eder (OECD, 2008). Bu tanımlar neticesinde kamu özel ortaklığı, kamu kurumunun yerine getirmekle sorumlu olduğu bir hizmeti, finansal ve operasyonel risk paylaşımı yaparak yeterlilik bakımından hizmetin yapımı ve işletmesini yürütebilecek kapasiteye sahip bir özel teşebbüse aktarmasıdır. Hizmetin özel teşebbüs tarafından sağlanması, sözleşme ile belirlenen uzun süreli bir modeli ifade etmektedir (Boz, 2013).Kamu özel ortaklığı modelinin türleri aşağıda listelenmiştir (Fathi, 2020):

- Tasarla-Yap (Design-Build)
- Tasarla-Yap-İşlet (Design-Build-Operate)
- Tasarla-Yap-Bakım (Design-Build-Maintenance)
- Tasarla-Yap-Finanse Et (Design-Build-Finance)
- Tasarla-Yap-Finanse Et-Bakım (Design-Build-Finance-Maintenance)
- Tasarla-Yap-İşlet-Bakım (Design-Build-Operate-Maintenance)

- Tasarla-Yap-Finanse Et-İşlet (Design-Build-Finance-Operate)
- Tasarla-Yap-Finanse Et-İşlet-Bakım (Design-Build-Finance-Operate-Maintenance)
- Uzun Dönem İmtiyaz ya da Kiralama
- Yap-İşlet-Devret (YİD) Türleri
    - Yap-İşlet-Devret (Build-Operate-Transfer)
    - Yap-Devret-İşlet (Build-Transfer-Operate)
    - Yap-Sahip Ol-İşlet (Design-Own-Operate)
    - Yap-Sahip Ol-İşlet-Transfer Et (Design-Own-Operate-Transfer)

1.2.KÖO Modelinin Faydaları ve Hakkındaki Genel Eleştiriler

Kamu özel ortaklığı modelinin faydaları ve genel eleştiriler aşağıda ele alınmıştır (Harris, 2006).

Faydaları:

- Bir kamu projesinin özel sektör tarafından üstlenilmesi durumunda, bütçenin doğru yönetilmesi ve sürdürülebilir bir işletme dönemi oluşması için en teknolojik yaklaşımlar, en iyi yapım ve bakım yöntemleri, yenilikçi tasarımlar gibi unsurlar tercih edilir. Bu sayede, yüksek kalite, yüksek verim ve düşük işletme giderleri sağlanmış olur.
- Kamu projesinin kamu kurumları tarafından karşılanması durumunda, yapım sürecinde oluşacak malzeme ve gecikme ek maliyetleri kamu kurumu tarafından karşılanmak mecburiyetindir ancak kamu özel ortaklığı modelinde maliyet riski özel sektördedir.
- Maliyetlerin tamamen özel sektör tarafından karşılanmasına ek olarak işletmenin gelir elde etmesi için yapım sürecinin hızlı ve zamanında hatta zamanından önce tamamlanması önemlidir. Bu nedenle, kamu özel ortaklığı projelerinin çoğunda gecikme yaşanmamaktadır.
- Özel sektörün bilgi ve deneyimleri maliyet, kalite ve süre unsurlarını desteklemenin yanında yönetimsel ve operasyonel açıdan da önemli kazanımlar sağlar. Böylelikle kamu özel ortaklığı modelinde yürütülen süreçler, kamuya kurum kültürü açısından fayda sağlamaktadır.

Genel Eleştiriler ve Değerlendirmeleri:

- Kamu, özel sektörden daha düşük bütçeyle hizmet sağlar: Kamu finansmanı, özel sektör finansman yönetiminden %1 ile %3 arasından daha düşüktür ancak finansman maliyeti toplam proje maliyetinin yaklaşık 1/3'ü oranında olduğu için ve projenin uzun süreli yaşam döngüsünde sağlanan operasyonel tasarruflar olduğu için bu maliyet farkı ortadan kaldırılabilmektedir.
- Kamu özel ortaklığı modeli, kamu çalışanları için olumsuzdur: Kamu personellerinin hakları, sözleşme maddeleri ile garanti altına alındığı için özel sektör tarafından kötüleştirilmiş şartlar oluşması söz konusu olmayabilir.
- Kamu özel ortaklığı modelinin doğası gereği uzun dönemli olması, kamuyu gelecekteki işletme yönetiminde bugünün şartlarına bağlı bırakmaktadır ve harcamalardaki esnekliğini kısıtlamaktadır: Özel sektör, operasyonel becerisini engelleyen durumlarda yenilikçi yaklaşım gösterme ve gerekli olması durumunda satın alma süreçlerini doğru kaynaklara aktarma konusunda taviz vermemektedir. Verim kaybını kontrol etmek, yenilikçi yaklaşımlarla daha yönetilebilir durum oluşturmak için gerekli aksiyonları almakta ve bu sayede, projeyi her zaman güncel tutmaktadır.
- Kamu özel ortaklığı projeleri sadece büyük çok uluslu büyük şirketler tarafından yürütülebilmektedir, yerel küçük ve orta ölçekli firmalara fırsat kalmamaktadır: Büyük firmalar, yürüttükleri projeleri alt yüklenicilere inşa ettirme yolunu seçmektedir ve kendileri projenin yönetimini yürütmektedir. Bu nedenle, birçok küçük ve orta ölçekli firma ile çalıştıkları için düşünülenin aksine bu firmalar kendilerine daha fazla şans bulmaktadır.

2.YAPIM PROJELERİNDE GECİKME KAVRAMI VE ANALİZİ

2.1.Gecikme Kavramı ve Yapım Projelerinde Gecikme Türleri

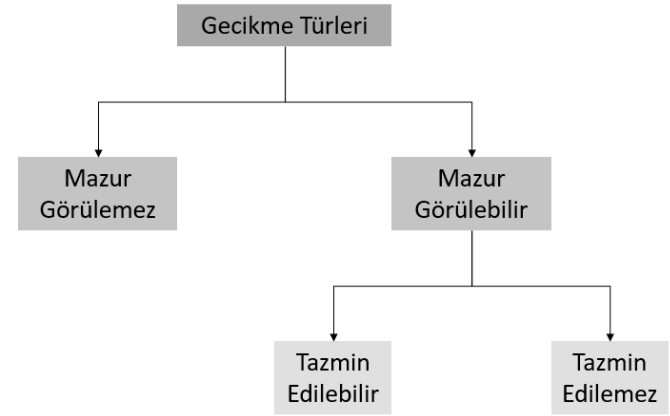
Gecikmeyi en genel tanımıyla, bir şeyin beklenenden daha geç oluşması veya planlanandan daha geç yapılması diye tarif etmek mümkündür. Bir gecikmenin projeye olan etkisini belirlemek için, bu gecikmenin kritik ya da kritik olmayan gecikme olarak belirlenmesi önemlidir. Kritik olmayan gecikmeler, hedef teslim tarihini geciktirmezken; kritik gecikmeler, hedef teslim tarihinde ötelenme yaşanmasına neden olmaktadır (Trauner, 2009). Gecikmeler, inşaat projelerinde verim kaybına ve projenin zamanında tamamlanamamasına sebep olarak sözleşmenin başarısız sonuçlanmasına yol açabilmektedir. Bunlara ek olarak, maliyet artışlarına ve kalitenin düşmesine neden oldukları için, projeyi olumsuz yönde etkilemektedirler (Tariq ve Gardezi, 2022).

İnşaat sektöründe neredeyse her projede meydana gelen gecikme, sektörün en önemli problemlerinden biridir ve büyüklüğü projeye göre bazen gün mertebesinde bazen de yıl mertebesinde olmaktadır. Gecikme, genel olarak en karmaşık, riskli, yaygın unsurdur ve mal sahibi ile yüklenici arasında davalara yol açabilecek anlaşmazlıklara ve hak talebi süreçlerine neden olmaktadır. Bunları önlemek amacıyla, projelerde meydana gelen gecikmeleri minimuma indirmek ve hatta tamamen ortadan kaldırmak için sınıflandırmalarını ve değerlendirmelerini çok iyi yapmak gerekmektedir (Alaghbari ve diğ., 2007).

2.1.1.Gecikme Türleri

İnşaat projelerindeki gecikmeler, iş programlarındaki bağlantıları ve taraflara olan etkileri açısından aşağıdaki 4 farklı kategoride ele alınırlar (Trauner, 2009):

- Kritik veya kritik olmayan
- Mazur görülebilir veya mazur görülemez
- Tazmin edilebilir veya tazmin edilemez
- Eş zamanlı veya eş zamanlı olmayan
-



Şekil 2.1. Gecikme Türleri Gösterimi (Trauner, 2009)

Gecikmeler kritiklik durumuna göre incelenecek olursa, projenin bitişini öteleyen gecikmeler kritik gecikmeler; meydana gelmesine rağmen projenin bitişini ötelemeyen gecikmeler kritik olmayan gecikmeler olarak sınıflandırılırlar (Ravisankar ve Diğerleri, 2014).

Tarafların sorumluluklarına göre gecikmeleri değerlendirmek gerekirse, yüklenici kaynaklı gecikmeler mazur görülemez gecikmelerken mal sahibi kaynaklı gecikmeler ise mazur görülebilir gecikmelerdir. Mazur görülemez gecikmeler, genellikle yüklenicinin kendisinden, alt-yüklenicisinden veya malzeme tedarikçisinden kaynaklanan; mal sahibinin herhangi bir etkisinin olmadığı gecikmelerdir ve maddi açıdan mal sahibinin herhangi bir sorumluluğu bulunmamaktadır. Bu tür gecikmeleri, yüklenici kendi

tarafından telafi etmek zorundadır ve mal sahibinden süre veya maliyet açısından talepte bulunması kabul görmemektedir. Dolayısıyla mazur görülemez gecikmeler, aynı zamanda tazmin edilemez gecikmelerdir (Alaghbari ve Diğerleri, 2007).

En yaygın karşılaşılan mazur görülemez gecikmeler aşağıdaki gibi listelenebilir (Gündüz ve Diğerleri, 2016; Le-Hoai ve Diğerleri, 2008; Thapanont ve Diğerleri, 2018; Rivera ve Diğerleri, 2020):

- Planlama ve iş programının eksik yapılması
- Deneyimsiz alt yüklenicilerle çalışılması sonucu oluşan deneyimsiz işgücü
- Yetersiz işgücü ile çalışılması
- Çalışmaların planlanan verimden daha düşük bir verimle gerçekleştirilmesi
- Saha yönetiminin zayıf olması
- Malzeme yetersizliği ve teslimlerinde yaşanan gecikmeler
- Hatalı imalat yapılması sonucu tekrarlanan işler
- Makine-ekipman yetersizliği
- Lojistik süreçlerinde yaşanan gecikmeler
- Proje süresince yaşanan iş kazaları

Mazur görülebilir gecikmeler, yüklenicinin kontrolü dışında meydana gelen ve yüklenicinin yönettiği durumlardan kaynaklanmayan gecikmelerdir. Mazur görülebilir gecikmeler kendi içinde tazmin edilebilir ve tazmin edilemez olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Tazmin edilebilir gecikmeler, mal sahibi ve temsilcilerinden kaynaklı oluşan gecikmelerken; tazmin edilemez gecikmeler ise, mal sahibinin de kontrolü dışında meydana gelen gecikmelerdir ve her ne sebeple olursa olsun yüklenici için süre talebi konusudur. Yaşanan bir mazur görülebilir gecikme, aynı zamanda mal sahibi veya onun temsilcileri kaynaklı ise, yani tazmin edilebilir gecikme ise; oluşan bu gecikme karşısında alt yüklenicinin hem finansal hem de süresel talepte bulunma hakkı oluşmaktadır ancak oluşan gecikme mazur görülebilir ve tazmin edilemez ise, yani mal sahibi veya onun temsilcileri kaynaklı değil ise, alt yüklenicinin süresel talepte bulunma hakkı doğmasına karşın finansal talep hakkı oluşmamaktadır (Hamzah ve Diğerleri, 2011; Ercan, 2019; Trauner, 2009).

Genellikle karşılaşılan mazur görülebilir ve tazmin edilebilir gecikmeler aşağıda belirtilmiştir (Gündüz ve Diğerleri, 2016; Le-Hoai ve Diğerleri, 2008; Thapanont ve Diğerleri, 2018; Rivera ve Diğerleri, 2020):

- Yer tesliminin geç gerçekleştirilmesi
- Doküman (dizayn, malzeme, yapım metodu, vs.) sunumlarının geç onaylanması
- İş değişiklik emirleri
- Beklenemedik saha koşulları (zemin türü, yeraltı su seviyesi yüksekliği, vs.)
- Mal sahibi tarafından herhangi bir sebeple işin durdurulması
- Paydaşlar arasındaki koordinasyonun zayıf kalması
- Geç karar verme
- Tamamlanan işlerin tesliminin geç gerçekleştirilmesi
- Mal sahibinin yaşadığı ekonomik zorluklar
- Alt yükleniciye yapılan hakediş ödemelerinin gecikmesi
- Mali prosedürlerin uzun sürmesi

Mazur görülebilir ancak tazmin edilemez gecikmeler ise literatürde aşağıdaki gibi listelenmektedir (Gündüz ve Diğerleri, 2016; Le-Hoai ve Diğerleri, 2008; Thapanont ve Diğerleri, 2018; Rivera ve Diğerleri, 2020):

- Mücbir sebepler (doğal afet, pandemi, vs.)
- Küresel ekonomik kriz
- Beklenmedik hava koşulları
- Kanun koyucular tarafından kanun veya yönetmeliklerde yapılan değişiklikler
- Politik durumlar

Gecikmeler zaman kesitine göre ele alındıklarında eş zamanlı olan veya olmayan şeklinde iki şekilde karşımıza çıkmaktadır. Eş zamanlı gecikmeler, farklı kritik yollardaki aktivite zincirlerinin aynı zaman diliminde proje tamamlanma tarihinde gecikmeye sebep olması sonucu oluşurlar. Bu gecikmeler, yapım projelerinde önemli bir anlaşmazlık türüdür ve yapılan çalışmalar konuyu daha da karmaşık hale getirebilmektedir. Eş zamanlı gecikmelerde sözleşme maddeleri genel olarak çok açık olmadığı için, taraflar çözüm konusunda konuya kendi açılarından bakmayı tercih etmektedir. Mal sahibi gecikmelerin süresel talebe konu olacağını ancak finansal talebe konu olamayacağını savunurken yüklenici ise hem süresel hem de finansal hak talebi meydana geldiğini savunmaktadır (Trauner, 2009).

İnşaat Hukuku Derneği konuya farklı boyut katarak, eş zamanlı gecikmeleri gerçek eş zamanlılık ve etki zamanlarına göre eş zamanlılık olarak ele almaktadır. Gerçek eş zamanlılık, mal sahibi ve yüklenicinin sebep oldukları gecikmelerin aynı anda başlaması ve aynı anda sona ermesi, yani tamamen aynı sürelerde etki etmeleri şeklinde tanımlamaktadır. Bu durumda, protokol işveren gecikmesinin yüklenici gecikmesi nedeniyle azaltılmamasını, süre uzatımının yüklenici gecikmesi oranında azaltılmamasını önermektedir. Etki zamanlarına göre eş zamanlılığı ise, gecikmelerin meydana geldikleri zamana göre değil etki ettikleri zamana göre tanımlamaktadır. Gecikmelerin gerçekleşme zamanlarından bağımsız olarak projenin kritik yoluna aynı oranda etki etmelerini dikkate almaktadır. Örneğe göre, proje tamamlanma tarihi yüklenici kaynaklı gecikme sebebiyle 21 Ocak tarihinden 25 Şubat tarihine ötelenmiştir. Bu gecikmeden bağımsız olarak işveren tarafından iş emri talimatı verilmiş ve bu durum nedeniyle de işin tamamlanmasının 1 Şubat tarihinden 14 Şubat tarihine öteleneceği hesaplanmıştır. Yüklenici kaynaklı gecikme oluşmamış olsaydı işveren kaynaklı 14 günlük bir gecikme oluşacak ve yükleniciye 14 günlük süre uzatımı verilecekti ancak iş emri talimatı verildiği anda proje halihazırda 25 Şubat tarihine ötelendiği için, işveren kaynaklı 14 Şubat tarihine ötelenmiş olması kritiklik arz etmemektedir. Bu nedenle, oluşan gecikmelerden yüklenici kaynaklı gecikme baskın gecikme olarak değerlendirilmekte ve süre uzatımı önerilmemektedir (SCL, 2017).

2.1.2.Eş Zamanlı Gecikmelerin Değerlendirilmeleri ve Sınıflandırılması

Yapılan çalışmalarda eş zamanlı gecikmelerin Bölüm 2.1.1'de aktarılmaya çalışılan değerlendirilme süreçlerinin karmaşık olması nedeniyle, eş zamanlı gecikmelerin değerlendirme sürecinin nasıl yürütüleceği sözleşmelerde açıkça belli edilmesi gereken bir konudur. Sözleşmelerde açıkça belirtilmediği takdirde; gecikmelerin sorumluluğundan kaçarak tarafların birbirlerini suçlama durumları net bir şekilde çözülememektedir. Projelerde karşılaşılan eş zamanlı gecikme şekilleri ve örnek davalardaki kararlara göre çözüm önerileri aşağıda verilen örnek vakalar ile detaylıca açıklanmıştır (Trauner, 2009):

Eşit sürelerdeki eş zamanlı mazur görülemez ve mazur görülebilir (tazmin edilebilir) gecikmeler: İşveren sorumluluğundaki "temel projelerinin tamamlanması" ve yüklenici sorumluluğundaki "genel kazı işlerinin tamamlanması" aktivitelerinin, iki ayrı kritik yol olarak, yüklenici sorumluluğundaki bir diğer aktivite olan "temel ayakları kazı işleri" aktivitesini 1 Haziran ile 1 Temmuz arasında 30 gün geciktirmekte olduğu varsayılsın. Buradaki proje tamamlanması aktivitesi, mazur görülebilir ve tazmin edilebilir bir gecikme iken; genel kazı işlerinin tamamlanması aktivitesi, mazur görülemez bir gecikmedir. Çoğu sözleşme, gecikmelerin nasıl önceliklendirileceğini açıklamamaktadır. Belli bir sözleşme maddesi olmadığında, aynı anda gerçekleşen bu 30 günlük gecikmeleri 15 gün mazur görülemez, 15 gün mazur görülebilir şekilde paylaştırma yolu seçilebilir. Bazı dava süreçlerinde ise, bu iki gecikmenin eş zamanlı meydana gelmesi yükleniciye süre uzatımı verilmesiyle ancak ek tazminat verilmemesiyle sonuçlanmaktadır (Trauner, 2009).

Aynı zamanda başlayan ancak farklı zamanlarda etkisi biten eş zamanlı mazur görülemez ve mazur görülebilir (tazmin edilebilir) gecikmeler: Bir önceki örnekte bahsedilen proje tamamlanması

ve genel kazı işlerinin tamamlanması aktivitelerinin, 1 Haziran itibariyle aynı anda başladığını; proje tamamlanması aktivitesinin 15 gün, genel kazı işlerinin tamamlanması aktivitesinin 30 gün sürdüğünü varsayılsın. 15 günlük ilk kısım için, mazur görülebilir ve mazur görülemez gecikmeler eş zamanlı etki etmiş olup bir önceki örnekle aynı yaklaşım sergilenebilirken; 15 günlük ikinci kısım mazur görülemez olduğu için, süre uzatımı hakkı doğmamaktadır (Trauner, 2009).

Farklı zamanlarda başlayıp farklı zamanlarda etkisi biten eş zamanlı mazur görülemez ve mazur görülebilir (tazmin edilebilir) gecikmeler: Önceki örneklerdeki gibi genel kazı işlerinin tamamlanması aktivitesinin 1 Haziran ile 1 Temmuz arasında 30 günlük gecikme etkisi oluşturduğu, proje tamamlanması aktivitesinin ise 10 Haziran ile 25 Haziran arasında 15 günlük gecikme etkisi oluşturduğu varsayılsın. İlk gün itibariyle yüklenici kaynaklı bir gecikme oluştuğu için, mal sahibi projelerde yapılmasını düşündüğü değişiklikleri yansıtma konusunda süre kazandığını fark ederek hareket etmekte olabilir. Örnekte görüldüğü gibi, kazı işleri ilk günden 30. güne kadar kritik yolda iken, 10. günden itibaren başlayan ve 25. güne kadar süren proje çalışmaları hiçbir şekilde kritik yola etki etmemektedir. Bu nedenle, oluşan gecikme 30 günlük bir mazur görülemez gecikme olarak nitelendirilerek herhangi bir süre uzatımı ve ek tazminat verilmesi mümkün olmamaktadır (Trauner, 2009).

2.2.Gecikme Analizi Yöntemleri

İnşaat projelerinde gecikme analizi yöntemlerine ilişkin kapsamlı bir protokol İnşaat Hukuku Derneği (SCL) tarafından oluşturulmuştur (SCL, 2017). Bu protokole göre 6 çeşit gecikme analizi yöntemi mevcuttur. Yöntemlerin çoğunluğunda baseline iş programı gerekliliği olmakla birlikte, tanımlanabilir kritik yol bulunması da önemli bir gerekliliktir.

Planlandığı Şekliyle Eskitme Analizi (Impacted As-Planned Analysis): Oluşan gecikme ya da gecikmelerin sözleşmesel baseline iş programına yansıtılması ile ileriye dönük gecikme analizi yapılması, planlanan tamamlanma tarihinin oluşan gecikme etkileriyle baseline iş programındaki tamamlanma tarihini ne kadar ötelendiğinin modelenmesi yöntemidir (SCL, 2017; Al-Gahtani ve Mohan, 2009).

Zaman Etki Analizi (Time Impact Analysis): Zaman etki analizi, meydana gelen bir gecikmenin ve performans değerlerinin güncellenmiş iş programına yansıtılması yoluyla baseline iş programına göre sapmanın tespit edilmesi yöntemidir. Gerçek zamanlı datalar kullanılarak analizlerin yapılması nedeniyle gerçekleşmiş ilerlemeler ile güncel performans bilgileri ve kritik yolun kayması ya da yeni kritik yolların oluşması durumu dikkate alınmaktadır (SCL, 2017; Al-Gahtani ve Mohan, 2009; Dere, 2013).

Daraltılmış İş Sonu Analizi (Collapsed As-Built (But For) Analysis): Tarafların sebep olduğu gecikmelerin ayrı aktiviteler olarak iş sonu programına yansıtılması aracılığıyla herhangi bir tarafa ait gecikmelerin hiç olmasaydı ne olurdu hipotezi ile değerlendirilmesidir (SCL, 2017; Al-Gahtani ve Mohan, 2009).

Zaman Dilimi Analizi (Time Slice Analysis): Zaman dilimi analizi, genellikle aylık olan belirli bir zaman diliminde iş programının güncellenerek oluşan fiili durumun değerlendirilmesi şeklinde ilerlemektedir (SCL, 2017).

Plana Karşı İş Sonu Pencere Analizi (As-Planned vs. As-Built Windows Analysis): Zaman dilimi analizinden farklı olarak, baseline veya güncellenmiş iş programının geçerliliğinden veya mantığından şüphe duyulduğunda, güncellenmiş iş programının yeteri kadar fazla olmadığı durumlarda önemli olaylar kadar zaman dilimi oluşturularak uygulanmaktadır (SCL, 2017).

Geçmişe Dönük En Uzun Yol Analizi (Retrospective Longest Path Analysis): Geçmişe dönük en uzun yol analizi, gerçekleşmiş iş programındaki kritik yolun tespit edilmesi ve bu kritik yol üzerindeki gecikmelerin değerlendirilmesini kapsamaktadır (SCL, 2017).

3.YAP-İŞLET-DEVRET MODELİ BİR İNŞAAT PROJESİNDE EŞ ZAMANLI GECİKME VAKA ANALİZİ

3.1.Araştırmanın Genel Bilgileri

Örnek proje, yap-işlet-devret modeli ile ihale edilmiş, kazanan şirketin projeyi istenilen özelliklere göre dizayn edip tamamladıktan sonra işletme sürecinde hak sahibi olduğu tür bir projedir. Sözleşme süresi olarak ifade edilen süre, yatırım (yapım işleri) ve işletme süresi dahil dikkate alındığı için, yatırımcı yapım işlerini ne kadar erken bitirirse o kadar fazla ek işletme süresi elde edeceği için, bu durum kazanç sağladığı işletme döneminin uzamasına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle zaman yönetimi ve gecikmelerin adil bir şekilde değerlendirilmesi, yap-işlet-devret modeli ile yürütülen projelerde çok önemli bir unsur haline gelmektedir.

3.2.Araştırmada Tespit Edilen Kritik Gecikme Sebepleri

Primavera aracılığıyla haftalık güncellemeler yükleniciler ve saha ekipleri ile koordinasyon toplantıları yapılarak değerlendirilmiş, ilerlemeler raporlar yoluyla temin edilmiş ve iş programına aktarılarak güncel durum analiz edilmiştir. Bu çalışmalar esnasında ilk etapta gecikmelerin kök sebeplerine değinilmiş ve alınabilecek önlemler değerlendirilmiş, en son aşamada bütün veriler gözden geçirildikten sonra iş programı veri tarihi itibariyle nihai haline getirilmiştir. Nihai haline ulaşan iş programındaki kritik gecikme miktarları ve sebepleri Tablo 3.1'de gösterildiği gibi haftalık raporlara eklenmiştir. Raporlamalara eklenen bu çalışmalarda, planlanan ve gerçekleşen iş programı karşılaştırması, projenin revize tamamlanma tarihi tespit edilerek yapılmıştır. Haftalık raporlarla kayıt altına alınan bu gecikmelerin türlerinin belirlenmesi amacıyla sorumlu bazında (mal sahibi veya yatırımcı) değerlendirilerek mazur görülebilirlik ve tazmin edilebilirlik açısından da sınıflandırılmıştır.

Tablo 3.1. Haftalık Gecikme Sebepleri ve Türleri

Rapor Periyodu	Gecikme Açıklaması	Gecikme	Gecikme Sebebi	Gecikme Türü
07.06.2020 - 13.06.2020		0		
14.06.2020 - 20.06.2020		0		
21.06.2020 - 27.06.2020		0		
28.06.2020 - 04.07.2020		0		
05.07.2020 - 11.07.2020	Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-5	Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
12.07.2020 - 18.07.2020		0		
19.07.2020 - 25.07.2020		1	Yetersiz İşgücü	
26.07.2020 - 08.08.2020	Pandemi sonrası belirlenen kısıtlar (kapalı ortam maksimum sayı+sosyal mesafe kuralları) nedeniyle, ekiplerin verimsiz çalışmaları neticesinde kaba işler tamamlanamamıştır.	-8	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
09.08.2020 - 15.08.2020	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci	-5	Deneyimsiz İşgücü	Mazur Görülemez
16.08.2020 - 22.08.2020	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci	-2	Deneyimsiz İşgücü	Mazur Görülemez
23.08.2020 - 29.08.2020	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci + Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-3	Deneyimsiz İşgücü+Mücbir Sebep	Mazur Görülemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
30.08.2020 - 05.09.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması + Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-3	Mücbir Sebep+Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
06.09.2020 - 12.09.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-2	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
13.09.2020 - 19.09.2020		0		
20.09.2020 - 26.09.2020	Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-9	Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
27.09.2020 - 03.10.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-4	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
04.10.2020 - 10.10.2020	Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-6	Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
11.10.2020 - 17.10.2020		0		
18.10.2020 - 24.10.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-3	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
25.10.2020 - 31.10.2020	Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-2	Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
01.11.2020 - 07.11.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-2	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
08.11.2020 - 14.11.2020	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması + Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-6	Mücbir Sebep+Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
15.11.2020 - 21.11.2020	Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-4	Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
22.11.2020 - 28.11.2020		0		
29.11.2020 - 05.12.2020	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci	-2	Deneyimsiz İşgücü	Mazur Görülemez
06.12.2020 - 12.12.2020	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci	-2	Deneyimsiz İşgücü	Mazur Görülemez
13.12.2020 - 19.12.2020		1	Yetersiz İşgücü	
20.12.2020 - 02.01.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-9	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
03.01.2021 - 09.01.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-8	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
10.01.2021 - 16.01.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-3	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
17.01.2021 - 30.01.2021		0		
31.01.2021 - 06.02.2021		0		
07.02.2021 - 13.02.2021		0		
14.02.2021 - 20.02.2021		0		
21.02.2021 - 27.02.2021	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci + Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-1	Deneyimsiz İşgücü+Mücbir Sebep	Mazur Görülemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
28.02.2021 - 06.03.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-5	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
07.03.2021 - 13.03.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-7	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
14.03.2021 - 20.03.2021		0		
21.03.2021 - 27.03.2021		0		
28.03.2021 - 03.04.2021		0		
04.04.2021 - 10.04.2021		0		
11.04.2021 - 17.04.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-2	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
18.04.2021 - 24.04.2021	Devam eden alt yüklenici gecikmesi	-3	Yetersiz İşgücü	Mazur Görülemez
25.04.2021 - 08.05.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-10	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
09.05.2021 - 22.05.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması + Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-10	Mücbir Sebep+Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
23.05.2021 - 29.05.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması + Shop drawing onay sürecinde yaşanan gecikme nedeniyle imalatların beklemesi	-7	Mücbir Sebep+Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir
30.05.2021 - 05.06.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması + - Hatalı şap imalatı yapılması nedeniyle tekrar yapılması	-7	Mücbir Sebep+Hatalı İmalat	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez+Mazur Görülemez
06.06.2021 - 12.06.2021	Pandemi kısıtları nedeniyle gerekli işgücüne ulaşılamaması	-6	Mücbir Sebep	Mazur Görülebilir-Tazmin Edilemez
13.06.2021 - 19.06.2021	Devam eden alt yüklenici tasarım koordinasyon süreci + Mal sahibinin tamamlanan işleri geç teslim alması	-4	Deneyimsiz İşgücü+Doküman Onay Gecikmesi	Mazur Görülemez+Mazur Görülebilir-Tazmin Edilebilir

Gecikme sebepleri, iş programı güncellemelerinde haftalık olarak değerlendirilen toplam gecikmelerine göre, aşağıda detaylıca açıklanmıştır:

Mücbir Sebep: Covid-19 salgını nedeniyle alınan önlemler kapsamında birtakım verimsiz durumlar meydana gelmiştir. Bu çalışmaya dahil olan raporlama periyodunda 74 gün mücbir sebep nedeniyle gecikme etkisi yaşanmış ve bu gecikmeler kritik olması nedeniyle proje tamamlanma tarihini ötelemiştir.

Doküman Onay Gecikmesi: Detay projelerin hazırlanıp sunulması, kullanılacak malzemelere ait belgelerin sunulması gibi gecikmeler, çalışmaya konu olan raporlama periyodunda projenin tamamlanma süresine 56 gün etki ederek karşılaşılan yaygın kritik gecikme türleri arasına girmiştir.

Yetersiz İşgücü: Alt yüklenicilerin beklenen performansı yakalayamaması planın gerisinde kalınmasına sebep olmuş ve projenin tamamlanma tarihini 33 gün öteleyecek bir etki yaratmıştır.

Deneyimsiz İşgücü: Tasarım çalışmalarında yapılması gereken kontrollerin eksik yapılması ve bu eksik çalışma nedeniyle hatalı tasarım dokümanları sunulması, projenin tamamlanma süresini etkileyen 19 günlük kritik gecikme etkisine sebep olmuştur.

Hatalı İmalat: İmalatların teslimatlarında herhangi bir hata tespit edilmesi durumunda, mal sahibi o imalatı teslim almamakta ve beklenen kalitede yapılmak üzere tekrar yapılmasını talep etmektedir. Bu tekrarlar sebebiyle gecikmeler yaşanmış ve projenin tamamlanma tarihini etkileyen 7 günlük kritik gecikme etkisi meydana gelmiştir.

3.3.Eş Zamanlı Gecikmelerin Sözleşmedeki Yeri

Eş zamanlı gecikmelerin değerlendirilmesi konusunda, sözleşmede net bir açıklamaya yer verilmemiş olup yapılacak hak taleplerinde değerlendirme süreçlerinin çerçevesi belirlenmemiştir. Bu nedenle, oluşan gecikmelerin görüşülmesi ve sonuca bağlanması konusunda oldukça fazla zaman kaybı yaşanmıştır. Eş zamanlı gecikmelerin değerlendirilmesi sırasında, taraflar duruma avantajlı oldukları açıdan baktıkları için uzlaşma sağlamak zorlu süreçler sonucunda gerçekleşmiştir. Mal sahibi, yatırımcının gecikmesinin ana sebep olduğunu belirterek kendi gecikmesi yaşanmasa da projenin gecikeceğini belirtmiş; yatırımcı da mal sahibinin gecikmesini ana sebep olarak belirterek projenin mal sahibi nedeniyle geciktiğini belirtmiştir. Bu tartışmalar, anlaşmazlıkların çözüme kavuşmasını geciktirmiş ve uzlaşma sağlamak oldukça fazla zaman almıştır.

3.4.Tespit Edilen Kritik Eş Zamanlı Gecikmelerin Analiz Yöntemleri

Eş zamanlı gecikmelerin değerlendirilmesi konusunda, literatürde ve pratikte örnekler farklı şekilde değerlendirilmekte olup projenin sağlıklı ilerlemesi açısından hak taleplerinin sunumunda açık ve net anlaşılabilen yöntemler seçilmiştir. Bölüm 2.1.2'de açıklandığı gibi, gecikmenin başladığı zaman ve etkisinin oluştuğu zaman dilimleri dikkate alınarak eş zamanlı gecikmelerin süresel ve finansal etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Projede yaşanan eş zamanlı gecikmelerin hangi kriterlere göre değerlendirileceği ve nasıl raporlanması gerektiği konusunda herhangi bir sözleşme maddesi bulunmadığı için, eş zamanlı gecikmeleri daha belirgin raporlayabilmek ve olası hak talebi değerlendirmelerinde hangi tarih aralıklarına detaylıca bakmak gerektiği konusunda altlık olması amacıyla, bütün kritik gecikmeler haftalık olarak Tablo 3.1'deki şekilde kayıt altına alınmış ve mal sahibine raporlar yoluyla iletilmiştir. Bu çalışmalarda gecikme değerlendirmesinde sorumlu bazlı ayrıştırma yaklaşımı dikkate alınarak zaman etki analizi kullanılmıştır. Zamansal olarak haftalık periyotlarla gerçekleşmeler ve oluşturdukları etkiler iş programında modellenmiş; gecikme sebeplerinin proje tamamlanma tarihini öteledikleri gün sayısı ve sorumluları belirtilerek raporlanmıştır.

Eş Zamanlı Gecikmeler:

Tablo 3.1 incelendiğinde eş zamanlı gecikmelerin yaşandığı 8 farklı haftalık rapor periyodu bulunmaktadır. Bu haftalardan 5 Eylül 2020, 14 Kasım 2020, 22 Mayıs 2021 ve 29 Mayıs 2021 haftalarında mücbir sebep ile mal sahibi kaynaklı doküman onay gecikmeleri eş zamanlı olarak meydana gelmiş ve eşit derecede etkili olarak bu haftalardaki raporlarda toplamda 26 günlük gecikmeye sebebiyet vermişlerdir. 29 Ağustos 2020, 27 Şubat 2021 ve 5 Haziran 2021 haftalarında ise, mücbir sebep ile birlikte yatırımcı kaynaklı olan deneyimsiz işgücü ve hatalı imalat sebebiyle toplam 11 günlük gecikme meydana gelmiştir. 19 Haziran 2021 haftasında, mal sahibi kaynaklı doküman onay gecikmeleri ile yatırımcı kaynaklı deneyimsiz işgücü sebebiyle 4 günlük gecikme meydana gelmiştir.

Mal Sahibi Kaynaklı Gecikmeler:

Tablo 3.1'de gösterildiği gibi, mal sahibi kaynaklı doküman onay gecikmeleri, eş zamanlı etki ettikleri haftalar dışında, 5 farklı haftada (11.07.20, 26.09.20, 10.10.20, 31.10 20 ve 21.11.20) daha meydana

gelmiş ve proje tamamlanma tarihini öteleyen kritik gecikmeler yaşatmıştır. Bu haftalarda toplamda 26 günlük gecikme meydana gelmiştir.

Mücbir Sebep Kaynaklı Gecikmeler:

Çalışma kapsamında değerlendirilen süreç boyunca 8 haftaya (08.08.20, 12.09.20, 03.10.20, 24.10.20, 07.11.20, 17.04.21, 08.05.21, 12.06.21) ait raporlarda sadece mücbir sebep kaynaklı 37 günlük kritik gecikme meydana gelmiştir.

Yatırımcı Kaynaklı Gecikmeler:

Çalışmaya konu olan 377 günlük süreçte 12 haftaya (25.07.20, 15.08.20, 22.08.20, 05.12.20, 12.12.20, 19.12.20, 02.01.21, 09.01.21, 16.01.21, 06.03.21, 13.03.21, 24.04.21) ait raporlarda sadece yatırımcı kaynaklı sebepler nedeniyle 44 günlük kritik gecikme meydana gelmiştir. Bu 12 haftalık sürecin 4 haftalık periyodunda deneyimsiz işgücü kaynaklı tasarım süreci koordinasyon eksikleri nedeniyle 11 günlük kritik gecikme yaşanmıştır. Bu sürecin 6 haftalık bölümünde yetersiz işgücü nedeniyle planlanan performansın altında çalışıldığı için 35 günlük gecikme yaşanmış, 25 Temmuz 2020 ve 19 Aralık 2020 haftalarında ekstra performans gösterilerek proje tamamlanma tarihi 2 gün geri alındığı için yetersiz işgücüne pozitif etkisi olduğu; bu etki ile birlikte yetersiz işgücü kaynaklı 33 günlük gecikme yaşandığı raporlanmıştır.

4.SONUÇ

Eş zamanlı gecikmeler, sözleşmelerde net bir şekilde belirtilmediği takdirde, taraflar arasındaki en yaygın uyuşmazlık konularından biri olarak görülmektedir. Mal sahibi ve yüklenici gecikme konusunda birbirlerine sorumluluk yükleme eğiliminde oldukları için, oluşan gecikmelerde uzlaşma sağlamak oldukça zor olmaktadır ve yargı yoluna başvurulan duruma dönüşebilmektedir (Trauner, 2009). Gecikmelerle karşılaşıldığında zaman kaybetmeden bildirimde bulunmak ve hak kaybı yaşandığı konusunda görüşmeler gerçekleştirmek oldukça önemlidir. Oluşan gecikmelerin hak talebine dönüştürülmesinde, sunulan raporların ve iş programı güncellemelerinin içerikleri büyük önem taşımaktadır.

Örnek projedeki süre uzatımı hak talepleri süreçleri değerlendirildiğinde, eş zamanlı gecikmelerin değerlendirilmesi ve hak talebi noktasında tartışmaya sebep olmayacak şekilde bir sonuca varılabilmesi için, öncelikle sözleşmede açık ve net bir şekilde süreçleri belirtilmiş maddelerin bulunması gerektiği tespit edilmiştir. Bu noktada literatür taramaları doğrultusunda, İnşaat Hukuku Derneği (SCL) Gecikme ve Kesinti Protokolü ile belirlenen ve prensipleri aktarılmış ve Trauner tarafından örnek olaylar ile çözüm önerileri belirtilmiş olan, Bölüm 2.1'de teorik bilgileri verilmiş değerlendirme yaklaşımlarının sözleşme maddelerinde yer almasının adil bir yaklaşım olacağı sonucuna varılmıştır (Trauner, 2009; SCL, 2017).

Sözleşme yukarıdaki tespitler çerçevesinde düzenlenmiş olsaydı; mücbir sebep mazur görülebilir ancak tazmin edilemez bir gecikme türü, mal sahibi kaynaklı gecikmeler mazur görülebilir ve tazmin edilebilir gecikme türü, yatırımcı kaynaklı gecikmeler de mazur görülemez gecikme türü olarak değerlendirilecekti. Bu durumda çalışmaya konu olan yaklaşık 1 yıllık periyotta, eş zamanlı gecikmelerin yaşandığı haftaların tamamında gerçekleşen gecikmeler mazur görülebilir nitelikte dikkate alınarak toplamda 41 günlük süre uzatımı verilecekti. Mal sahibi kaynaklı gecikmeler herhangi bir şekilde yatırımcı ya da mücbir sebep ile eş zamanlı oluştuğu için, tazmin edilemez nitelikte dikkate alınarak ek tazminat hakkı verilmeyecekti. Yalnızca mal sahibi kaynaklı gecikmelerin yaşandığı haftalar mazur görülebilir ve tazmin edilebilir olarak nitelendirildiği için, 26 günlük süre uzatımı ve ek tazminat hakkı verilebilecekti. Yalnızca mücbir sebep kaynaklı gecikmelerin yaşandığı haftalar mazur görülebilir tazmin edilemez gecikme olduğu için, yatırımcıya 37 günlük süre uzatımı hakkı verilecekken herhangi bir ek tazminat hakkı verilmeyecekti. Bölüm 2.1'deki teorik veriler neticesinde, toplamda 104 günlük süre uzatımı ve 26 günlük ek tazminat verilmesi sonucuna varılacaktı. Bunların dışında, toplamda 44 günlük yalnızca yatırımcı kaynaklı gecikme meydana geldiği ve bu gecikmeler sonucunda herhangi bir hak talebi oluşmadığı tespit edilmiş olacaktı.

Bu çalışma sonucunda, inşaat projelerinde yaygın olarak karşılaşılan eş zamanlı gecikmelerin değerlendirilmesi ve yap-işlet-devret projelerin doğası gereği en önemli unsur olan zaman yönetiminin taraflarca açık ve hızlı bir şekilde sonuca bağlanması konularında fayda sağlayabilecek yaklaşımlar

belirtilmiştir. Bu yaklaşımlar sayesinde, gelecekte yaşanacak hak talepleri görüşmelerinde tarafların verimli bir süreç geçirmeleri ve sonuca daha adil ulaşmaları sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Alaghbari, W., Kadir, M. R. A., Salim, A., Ernawati. The Significant Factors Causing Delay Of Building Construction Projects In Malaysia. *Engineering Construction & Architectural Management.* 2007; 14(2):193.

Al-Gahtani, K. S., Mohan, S. M. Delay Analysis Techniques Comparison. Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V); May 20-22, 2009. Istanbul, Turkey. https://www.academia.edu/73019441/Delay_Analysis_Techniques_Comparison. Accessed September 17, 2023.

Boz, S. S. Kamu Özel İşbirliği (PPP) Modeli. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi.* 2013; 4(2):289.

Çekirge, H. *Dünyada Ve Türkiye'de Kamu Özel Sektör Ortaklığı Uygulamaları Ve Örnek Bir Projede Modelin Finansal Ve Genel Avantajlarının İncelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2006:5.

Dere, S. *İnşaat Projelerinde Gecikme Analizi: Bir Gecikme Analizi Uygulaması*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: T.C.İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013:28-50.

Ercan, A. M. *Türkiye'deki Yapım Projelerinde Gecikmeye Neden Olan Faktörlerin Belirlenmesi.* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019:6-11.

Fathi, M. *Public-Private Partnership Contract Framework Development And Project Performance Analysis Compared To Design-Build In The US Highway Projects*. [Yüksek Lisans Tezi]. Las Vegas: University Of Nevada; 2020:5-9.

Gündüz, M., Abuhassan M. H. A. Causes of Construction Delays in Qatar Construction Projects. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil and Environmental Engineering.* 2016; 10(4):533-535.

Hamzah, N., Koiry, M. A., Arshad, I., Tawil, N. M., Che Ani A. I. Cause of Construction Delay – Theoretical Framework. The 2nd International Building Control Conference; July 11-12, 2011. Penang, Malaysia. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811030013. Accessed August 6, 2023.

Harris, S. *Public Private Partnerships: Delivering Better Infrastructure Services*. Washington: Inter-American Development Bank; 2006:10-14.

Le-Hoai, L., Lee, Y. D., Lee, J. Y. Delay and Cost Overruns in Vietnam Large Construction Projects: A Comparison With Other Selected Countries. *KSCE Journal of Civil Engineering.* 2008; 12(6):367-377.

OECD. *Public-Private Partnerships: In Pursuit Of Risk Sharing And Value For Money*. 2008:12.

Ravisankar, K. L., Anandakumar, S., Krishnamoorthy, V., Phil, M. Study On The Quantification Of Delay Factors In Construction Industry. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.* 2014; 4(1):106.

Rivera, L., Bagues, H., Yeom, C. A Study On Causes Of Delay In Road Construction Projects Across 25 Developing Countries. *Infrastructures.* 2020; 5(10):6-14.

SCL. *Society Of Construction Law Delay And Disruption Protocol*. 2nd Edition. Leicestershire: The Society Of Construction Law (UK); 2017.

Tariq, J., Gardezi, S. S. S. Study The Delays And Conflicts For Construction Projects And Their Mutual Relationship: A review. *Ain Shams Engineering Journal.* 2022; 14(1): 2-4.

Thapanont, P., Santi, C., Pruethipong, X. Causes Of Delay On Highway Construction Projects In Thailand. The 4th International Conference On Engineering, Applied Sciences And Technology

(ICEAST 2018); July 4-7, 2018. Phuket, Thailand. https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2018/51/matecconf_iceast2018_02014/matecconf_iceast2018_02014.html. Accessed August 22, 2023.

The CSI. *Project Delivery Practice Guide*. 1th Edition. New Jersey: John Wiley & Sons; 2011:109-150.

Trauner, T. *Construction Delays*. 2nd Edition. London: Elsevier Inc; 2009.

Walker, C., Smith, A. J. *Privatized Infrastructure: The Build Operate Transfer Approach*. London: Thomas Telford Publications; 1995:1-2.

Makale id= 76

Sözlü Sunum

ORCID ID: http://orchid.org/0000-0001-6805-5874

Tamamlayıcı Sağlık Sigortasında Aktüeryal Prim Hesabı

Araştırmacı Buse Badatlı[1] , Doç.Dr. Pelin Kasap[1]
[1]Ondokuz Mayıs Üniversitesi

*Corresponding author: Buse Badatlı

Özet: *Sigorta şirketleri, sigortalılarına ait riski teminat altına alan finansal kurumlardır. Söz konusu riski devralmak karşılığında sigortalılarından bir prim talep etmektedirler. Riskin doğası gereği belirsizlik içermesi nedeniyle prim hesabı oldukça karmaşıktır. Bu sebeple, sigorta şirketleri de en doğru şekilde prim hesabı yapabilmek adına aktüeryal yöntemler kullanmaktadırlar. Bu çalışmada, öncelikle sigortalıların getirebileceği hasara ilişkin öngörünün yapılabilmesi adına hasar tutarı ve hasar sıklığı dağılımları istatistiki olarak belirlenmiştir. Dağılımın doğru belirlenmesi model aşamasına geçiş öncesinde oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Akaike ve Bayes bilgi kriteri değerlerine göre hasar tutarının log-normal dağılıma, hasar sıklığının ise negatif binom dağılıma uygun olduğu görülmüş ve belirlenen bu dağılımlar doğrultusunda genelleştirilmiş lineer modeller kullanılarak tamamlayıcı sağlık sigortası adına sigortalıdan talep edilmesi gereken prime yönelik bir ticari tarife elde edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Hasar Tutarı, Hasar Sıklığı, Prim Hesaplama İlkeleri, Genelleştirilmiş Lineer Model.*

Actuarial Premium Calculation in Complementary Health Insurance

Abstract: *Insurance companies are financial institutions that guarantee the risks of their insureds. They demand a premium from their insured in return for taking over the risk in question. Premium calculation is quite complex because risk inherently involves uncertainty. For this reason, insurance companies use actuarial methods to calculate premiums in the most accurate way. In this study, first of all, the claim amount and the claim frequency distributions have been determined statistically in order to make predictions about the claim that the insured may bring. The correct determination of the distribution is of great importance before moving on to the model stage. According to the Akaike and Bayes information criterion values, it has been seen that the claim amount fits the log-normal distribution and the claim frequency fits the negative binomial distribution, and a commercial tariff for the premium to be requested from the insured for complementary health insurance has been obtained by using generalized linear models in line with these determined distributions.*

Keywords: *Claim Amount, Claim Frequency, Premium Calculation Principles, Generalized Linear Model.*

1 GİRİŞ

Sigorta şirketleri en temel mantıkla benzer risklere sahip sigortalıları belli bir prim karşılığında portföyünde toplayarak sigortalılarının riskini sahiplenir ve onlara güvence sunar. Sigorta şirketleri her ne kadar güvence sunan kuruluşlar olsalar da her ticari kurum gibi öncelikli amacı kar elde ederek karlı bir şekilde devamlılığını sağlamaktır (Kaas vd., 2001). Ticarette satılacak ürünün maliyeti üzerinden bir kâr marjı eklenerek satış fiyatı belirlenirken, sigorta sektöründe poliçe satılırken hasar henüz gerçekleşmediği için maliyet bilinmemektedir ve bu da başta alınacak olan prime ilişkin hesabın yapılmasını oldukça güç kılar. Bu sebeple sigorta şirketlerinin karşılaşabilecekleri hasarı giderebilmek ve kar elde edebilmek amacıyla öncelikli olarak primlerini aktüeryal yöntemlerle olabilecek en doğru şekilde hesaplaması gerekmektedir. İlgili hesaplamanın yapılabilmesi adına şirkete mal olabilecek,

sigortalı tarafından gerçekleşeceği öngörülen, iki önemli risk faktörü olan hasar tutarı (şiddet) ve hasar sıklığı (frekans) doğru tahmin edilmelidir. Bu tahmin yapılırken de istatistiki olarak olasılık dağılımlarından yararlanılır (Szegö, 2004). Şahin vd. (2016) yaptığı çalışmada Türkiye'deki buğday bitkisel ürününe ait tarım sigortası kapsamında elde ettikleri verileri birbirinden farklı coğrafi bölgeler bazında hasar tutarlarını incelemiş olup, bu tutarlara ait dağılımı belirleyerek bir prim hesaplamışlardır. İrven (2011) bir çalışmasında hasar tutarı dağılımını panjer yöntemiyle saptamıştır. Gültekin vd. (2005) demir çelik sektöründen bir şirketin yangın sigortası verilerini kullanarak hasar tutarı ve hasar sıklığı dağılımlarının momentlerini bularak aktüeryal prim hesabı yapmıştır. Benzer şekilde yine farklı bir ilde faaliyet gösteren demir çelik şirketine ilişkin yangın verilerini kullanılarak Kartal vd. (2019) karşılaştırmalı prim hesabı yapmışlardır. Hamurkaroğlu vd. (2018) ise kendi çalışmasında hasar adedinin az veya aşırı yayılım gösterdiği verilerde Conway-Maxwell-Poisson dağılımı kullanarak bir model elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, son yıllarda yaşanan nüfus yoğunluğu ile beraber özel hastanelere eğilimin çoğalması sebebiyle, sigorta sektöründe sağlık branşına ilişkin talebin yoğun olarak arttığı ve daha da artacağı öngörülen tamamlayıcı sağlık sigortası portföyü tercih edilmiştir. Sektörde aktif faaliyet gösteren bir sigorta şirketinden elde edilen 2020-2022 yılları arasında poliçesi olan 1035 adet sigortalıya ait gerçek veri ile çalışılmıştır. Çalışmada prim hesabı öncesindeki ilk aşama olan dağılımların belirlenmesiyle beraber, bu dağılımlara ait parametreler En Çok Olabilirlik (EÇO) yöntemi ile elde edilmiştir. Bu yöntem asimptotik olarak yansız ve küçük varyanslı olması nedeniyle parametre tahminlerinde ilk akla gelen yöntemlerden biri olarak görülmektedir (Akdi, 2010). Dağılımların ve dağılımlara ilişkin parametrelerin belirlenmesi sonrasında Genelleştirilmiş Lineer Model (GLM) kullanılarak faktörlere ilişkin katsayılar elde edilip, prim hesabı yapılmıştır.

2 BİREYSEL VE KOLEKTİF RİSK MODELLERİ

Sigorta şirketlerinin karşılaşacakları toplam kayıplar sigortalıların meydana getirdikleri hasarların bütünü olarak açıklanabilir. Bu kayıpların modellenmesinde de iki ayrı yöntem kullanılabilmektedir. Bunlar bireysel ve kolektif risk modelleridir (Tse, 2009).

2.1 Bireysel Risk Modeli

$\boldsymbol{n}$, portföyün sahip olduğu sigortalı adedi ve $i=1,2,\ldots,n$ için $\boldsymbol{X_i}$, i. hasar tutarı olarak adlandırılır ve yaklaşım olarak gerçekleşen her hasarın birbirinden bağımsız olduğu ve aynı dağılıma sahip oldukları varsayımına dayanır. Bu doğrultuda portföyün tamamına ilişkin toplam hasar ise aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$S = X_1 + \cdots + X_n \tag{1}$$

$\boldsymbol{S}$, her biri ayrı şekilde $\boldsymbol{X}$ olarak dağılan n tane bağımsız değişkenin toplamı olarak ifade edilmektedir. Bireysel risk modeli sigorta portföyünün bütünü için hesaplama yapabilmek adına çok uygun olmasa da bireysel bazda derecelendirme yapabilme bakımından oldukça öneme sahiptir (Denuit vd., 2005).

2.2 Kolektif Risk Modeli

$\boldsymbol{X_i}$, i. hasar tutarı olmak üzere $\boldsymbol{X_i}$'ler aynı dağılıma sahip değilse, toplam hasara ilişkin dağılım kolektif risk modeli kullanılarak hesaplanabilmektedir. $\boldsymbol{N}$, porföydeki poliçelere ait hasarların sayısı olmak üzere toplam hasar aşağıdaki gibi hesaplanır (Tse, 2009);

$$S = X_1 + \cdots + X_N \tag{2}$$

Kolektif risk modelinde hasar tutarı ve hasar sıklığının ayrı modellenmesi toplam hasarın üzerindeki etkisinin görülmesini de beraberinde getirecektir (Şahin vd, 2016). Bu yaklaşımda portföye ilişkin toplam poliçe adedi yerine hasar getiren poliçeler göz önünde bulundurulmaktadır (Tse, 2009).

3 HASAR TUTARI VE HASAR SIKLIĞI DAĞILIMLARI

Sigorta şirketlerinin ödeme yükümlülüğü sigortalının güvence altına alınan riskinin gerçekleşmesi durumunda ortaya çıkmaktadır. Bu risk de sigortalıların birbirlerinden bağımsız olan hasar tutarları ve hasar sıklıklarına bağlıdır. Frekans olarak bilinen hasar sıklığını öngörebilmek oldukça önemlidir, ancak sadece frekansı tahmin etmek şirketler için yeterli değildir, çünkü tek başına maliyetin büyüklüğünü

ifade etmemektedir. Bu sebeple hasar tutarını da doğru öngörebilmek gereklidir. Sigorta şirketleri bu iki değişkeni doğru öngörebildiğinde toplam hasar tutarı hakkında bir fikre sahip olur. Aktüerler hasar sıklığını modellerken kesikli, hasar tutarını modellerken ise sürekli dağılımları kullanırlar ve bu modellemeler yapılırken tutar ve hasar 0'dan küçük olamayacağından 0 ile sonsuz arasındaki pozitif dağılımları tercih etmektedirler (Bahnemann, 2005). Eğer şirketler tercih ederlerse bu iki ayrı dağılımı birleştirerek tek bir dağılım altında süreci yönetebilirler (Tse, 2009).

3.1 Hasar Sıklığı Dağılımları

Hasar sıklığı dağılımları negatif olmayan tamsayılar üzerinde olasılıklara sahip kesikli dağılımlardır. Yaygın olarak kullanılan kesikli dağılımların birçoğunun frekansı modelleyebilmesinden ötürü hasar sıklığının ayrı olarak modellenmesi aktüerler tarafından çoğunlukla tercih edilmektedir. Hasar sıklığı modelleri içerisinde sıklıkla kullanılan dağılımlar, Poisson, Binom, Geometrik, Negatif Binom dağılımlarıdır. Poisson dağılımının temel zaman birimi sebebi ile $\boldsymbol{\lambda}$ parametresinin seçilen zaman dönemi boyunca ayarlanması uygun olduğundan hasar sıklığı verilerine uyumlanması yüksektir. Binom dağılımı varyansın ortalamadan küçük olduğu bir dağılımdır ve portföy yapısında da bu varyansın ortalamadan küçük olduğunun gözlemlenmesi durumunda kullanımı uygun olmaktadır. Negatif Binom dağılımı iki ayrı parametreye sahip olduğundan Poisson dağılımına göre daha esnektir ve daha ağır bir kuyruğa sahiptir (Klugman vd., 2012).

3.2 Hasar Tutarı Dağılımları

Sigorta şirketinin yükümlülüğünde olan ödeme miktarı hasar tutarı olarak açıklanmaktadır. Hasar modellenirken ve bir dağılıma uygunluğuna karar verilirken dağılımın kuyruğu aktüerlere önemli oranda ışık tutmaktadır. Çünkü şiddetin küçük çapta hasarlardan oluşabileceği gibi büyük çapta da hasarlardan meydana gelebilmesi mümkündür. Bu durumda hasar tutarı daha uzun kuyruklu dağılımlara uyum sağlayacaktır. Hasar tutarı modellerinde yaygın olarak kullanılan dağılımlar, Gamma, Üstel, Weibull, Pareto ve Log-Normal dağılımları olarak bilinir (Tse, 2009). Gamma dağılımı hasar tutarına ilişkin dağılım belirlenirken parametre belirsizliğinde ve iki parametreli dağılım olması sebebi ile yeterince esnekliğe sahip olduğundan hasar tutarına ilişkin dağılım belirlenirken oldukça kullanışlı bulunmaktadır. Pareto dağılımının sahip olduğu uzun kuyruk, bu dağılımı aktüerler tarafından ilgi çekici kılmaktadır. Hesaplamalarda kolaylık sağlaması açısından bazen Pareto dağılımı tek parametreli hale getirilebilir. Log-Normal dağılım; fizik, güvenilirlik teorisi, biyoloji, ekonomi gibi çeşitli alanlarda sıklıkla kullanılan dağılımdır. Log-normal dağılım eğrisi dağılımın kısa kuyruğunda bir maksimum değere yükselir, yani mod bir nevi küçük bir pozitif değerde gerçekleşir. Gamma dağılımlı değişkenler gibi negatif olmayan değerler alır ve pozitif olarak çarpıktır (Bahnemann, 2005).

4 GENELLEŞTİRİLMİŞ LİNEER MODEL

Sigorta şirketlerinin fiyatlandırma yaparken kendilerini sektördeki diğer şirketlere karşı rekabetçi olabilmek ve portföydeki sigortalılarını da birbirinden farklılaştırabilmek adına ayrıştırıcı bir prim üretmeleri gerekmektedir. Ancak sigortalıları ayrıştırmak gerektiğini bilmenin yanısıra bunu nasıl yapacağını bilmek ve teknik donanıma sahip olmak bu şirketler için oldukça önemli olmaktadır. Fiyatlandırma yapılacak her branş için (sağlık, trafik, kasko vb.) belirli bir faktör (yaş, cinsiyet, il vb.) listesi bulunmayabilir. Bu faktörleri bulabilmek ve bulunan faktörlerin gerçekten modellenen riskle ilgili olup olmadığını bulabilmek adına kullanılan en yaygın model Nelder ve Wedderburn (1972) tarafından ileri sürülen genelleştirilmiş lineer modeller (GLM) dir. Daha eski zamanlarda tarifede modele uygun faktör belirlemek amacıyla minimum varyans yöntemi uygulanmaktaydı (Mildenhall, 1999). Kullanılan diğer eski yöntemlere ise tek ve iki yönlü analiz yöntemleri örnek olarak verilebilmektedir. Tek yönlü analizde yaşın modele uygunluğu incelenirken, çift yönlüde yaş ve cinsiyet, çok yönlüde de ikiden fazla faktörün uygunluğu kontrol edilebilmektedir. Ancak burada faktör sayısı arttıkça çok yönlü analizin kullanımı oldukça zor bir hal alabilmektedir (Parodi, 2014). Bütün bu yöntemlerin amacı tarifeye etki edecek faktörlerin regresyon denklemindeki bağımlı değişkene nasıl bir katkı sağladığını bulabilmektir. GLM analizleri için sektörde oldukça fazla paket programlar bulunmakta olup, bu programlar aracılığı ile tarife analizleri kolaylıkla yapılabilmektedir (Ohlsson ve Johansson, 2010).

5 UYGULAMA

Sektörde aktif faaliyet gösteren bir sigorta şirketine ait 2020-2022 yılları arasında tamamlayıcı sağlık sigortası portföyünden alınan 1035 adet veride sigortalıya ilişkin yaş, cinsiyet, bölge, poliçe tipi, hasar adedi ve hasar tutarı bilgileri yer almaktadır. Bu veri setinde cinsiyete göre 503 erkek, 532 kadın poliçesi ve poliçe tipine göre poliçe tipi 1'den 299, poliçe tipi 2'den ise 736 adet poliçe mevcuttur. Ayrıca, bölge ve yaş değişkenlerine göre frekanslar sırasıyla Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Bölge değişkenine göre frekanslar.

Bölge	Akdeniz	Doğu And.	Ege	Güneydoğu And.	İç And.	Karadeniz	Marmara
n	30	24	32	15	185	200	549

Tablo 2. Yaş değişkenine göre frekanslar.

Yaş Grubu	0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	50+
n	261	74	150	336	157	57

Hasar sıklığı ve hasar tutarına ait tanımlayıcı istatistikler elde edilmiş ve sırasıyla Tablo 3 ve 4'te verilmiştir. Analizlere başlamadan önce veriyi tanımak oldukça önemlidir. Burada minimum ve maksimum değerler aktüeri farklı bir bakış açısına itebilmektedir. Maksimum değerin veriyi çok saptırıcı etkisi var ise, aktüerler burada aykırı değerleri ayrı şekilde modellemeyi tercih edebilmektedir. Burada hasara ilişkin çarpıklık ve basıklık katsayıları da dağılımın belirlenmesinden önce kuyruk hakkında bir ışık tutabilmektedir. Kuyruk gerçekleşme olasılığı düşük, ancak gerçekleştiğinde de yüksek hasar getirebilecek verilerin bulunduğu bir alan olduğundan analizi yapacak kişiye önceden bir fikir sunar.

Tablo 3. Hasar sıklığına ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

n	Min.	Ort.	Maks.	Medyan	St.Hata	Çarpıklık	Basıklık
1035	0	3.5169	9	3	2.7250	0.3875	2.0455

Tablo 4. Hasar tutarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

n	Min.	Ort.	Maks.	Medyan	St.Hata	Çarpıklık	Basıklık
1035	0	643.285	23541.73	568.59	1071.214	14.5738	275.705

Tanımlayıcı istatistiklerin elde edilmesi sonrasında R-Studio programı yardımıyla hasar sıklığı ile hasar tutarı için Akaike bilgi kriteri (AIC) ile Bayes bilgi kriteri (BIC) sonuçları, EÇO parametre tahminleri belirlenmiş ve Tablo 5'de verilmiştir. AIC ve BIC kriterlerine bakıldığında hasar tutarı dağılımının log-normal, hasar sıklığı dağılımının ise negatif binom dağılımına uygun olduğu görülmüştür. AIC ve BIC kriterleri, (3) ve (4) eşitliklerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde P parametre sayısını göstermektedir.

$$AIC = 2P - 2\,log\,L \tag{3}$$

$$BIC = P\,ln(N) - 2\,log\,L \tag{4}$$

Tablo 5. Hasar sıklığı ve hasar tutarına ilişkin Akaike ve Bayes bilgi kriteri sonuçları ile EÇO parametre tahminleri.

	$\hat{\mu}$	$\hat{\alpha}$	$\hat{\lambda}$	$\hat{p}$	$\hat{n}$	$-log\ L$	AIC	BIC
Poisson	-	-	3.5169	-	-	-2648.10	5298.21	5303.16
Binom	-	-	-	0.0034	-	-2650.09	5302.18	5307.12
N. Binom	3.5174	-	-	-	2.1888	-2418.01	4840.02	4849.91
Geometrik	-	-	-	0.2213	-	-2471.49	4944.99	4949.93
Gamma	-	0.4688	1651.2	-	-	-6885.57	13775.15	13784.66
Üstel	-	-	77.45	-	-	-6580.55	13163.12	13167.87
Pareto	-	2.8713	-	-	-	-8076.01	16156.01	16156.89
Log-Norm.	6.4535	0.5254	-	-	-	-6216.91	12437.83	12447.35
Weibull	-	1.2379	844.65	-	-	-6529.86	13063.72	13073.23

Tablo 5'de Akaike ve Bayes bilgi kriterleri sonuçları incelendiğinde, hasar sıklığının negatif binom ve hasar tutarının log-normal dağılıma uyum sağladığı görülmektedir. Ticari tarifeye ilişkin katsayıların belirlenebilmesi için R-Studio programı kullanılarak GLM analizlerine geçilmiştir. Bu aşamada veri, içeriğindeki tüm kategorilerle birlikte incelenmektedir.

Tablo 6. Hasar sıklığı verisine ait Baz'a ilişkin GLM sonuçları.

	Tahmin	Katsayılar
BAZ	1,38052	3,97697
0-10	0,00000	1,00000
11-20	-0,77761	0,45950
21-30	-0,38009	0,68380
31-40	-0,42938	0,65091
41-50	-0,68310	0,50505
50+	-0,39070	0,67658
E	0,00000	1,00000
K	0,20297	1,22504
Akdeniz	0,00000	1,00000
Doğu Anadolu	-0,20459	0,81498
Ege	-0,22073	0,80193
Güneydoğu Anadolu	-0,36330	0,69538
İç Anadolu	0,26338	1,30132
Karadeniz	-0,03477	0,96583
Marmara	0,24807	1,28155
Poliçe Tipi 1	0,00000	1,00000
Poliçe Tipi 2	-0,07261	0,92996

Tablo 6'da yer alan katsayılar tahmin değerlerinin üstelleştirilmesi ile elde edilmiştir ve baz denilen çıktı, (8) eşitliğinde gösterilen regresyon denklemindeki β_0 değerini vermektedir. Buna göre, hangi yaş, cinsiyet, bölge ya da poliçe tipine sahip olursa olsun sigortalının getireceği ortalama sıklığın 3,97697 olduğu söylenebilir, diğer kategorilerden elde edilen katsayılar ile çarpılarak kişisel bazda tahmin gerçekleştirilir.

Burada elde edilen GLM sonuçlarına göre cinsiyet özelinde bakıldığında kadınların getireceği frekansın erkeklerden 1,22504 kat daha fazla olacağı saptanmıştır. Bunun sebebi kadınların erkeklere oranla daha sık hastaneye gitmeleri olarak düşünülebilir. 2022 Türkiye Sağlık Araştırmaları başlığı altındaki TÜİK internet sayfası verilerine göre, yapılan araştırmada erkeklerin hastanede bir geceden fazla yatma yüzdesi %8,7 iken kadınlarda bu oranın %10,7 olması bu sonucu doğrulamaktadır (Tüik, 2022).

Poliçe tipi özelinde GLM sonuçlarına bakıldığında Poliçe Tipi 2'ye sahip kişilerin Poliçe Tipi 1'e göre 0,9299 kat daha az frekans getireceği görülmektedir. Poliçe tipi olarak belirtilen parametre, ürünün iki farklı teminat yapısına sahip olmasından ötürü iki kategoriye ayrılmaktadır. Davranışsal olarak kategoriler birbirlerine göre farklılık gösterebilmektedir.

Bölge bazlı sonuçlarda elde edilen katsayılara bakıldığında model en düşük frekansın Güneydoğu Anadolu, en yüksek frekansın ise İç Anadolu bölgesinden geleceğini öngörmektedir. Sigorta şirketlerinin bölgesel hastane ağları sigortalıların seçiciliğinde önemli bir etkendir. Hastane sayısının daha fazla olduğu illerde hizmete daha kolay ulaşacağından sigortalı hastaneye gitme eğiliminde olabilir ve bu da modelin daha yüksek frekans sonucu göstermesinde etkili olabilmektedir.

Yaş değişkenine ait hasar sıklığına ilişkin en düşük katsayı 0,4594 ile 11-20 yaş arasında iken, en yüksek katsayı ise 1 olarak 0-10 yaş grubuna aittir. Bunun sebebi 0-10 yaş arası grubun yeni doğan, bebeklik ve çocukluk dönemlerini kapsamasından dolayı rutin kontrollerinin yoğun ve hastalıklara karşı bağışıklıklarının düşük olması sebebiyle hastaneyi sıklıkla kullanmaları olarak gösterilebilir.

Hasar sıklığı için GLM tahmin modeli

$$\hat{Y} = exp\{\, 1{,}38052 + \hat{\beta}_1 Cinsiyet + \hat{\beta}_2 PoliçeTipi + \hat{\beta}_3 Bölge + \hat{\beta}_4 Yaş \,\}$$

olarak elde edilmiştir.

Tablo 7. Hasar tutarı verisine ait Baz'a ilişkin GLM sonuçları.

	Tahmin	Katsayılar
BAZ	6,000412	403,59
0-10	0,000000	1,00000
11-20	0,084826	1,08853
21-30	0,086312	1,09015
31-40	0,137813	1,14776
41-50	0,258858	1,29545
50+	0,366167	1,44220
E	0,000000	1,00000
K	0,009033	1,00907
Akdeniz	0,000000	1,00000
Doğu Anadolu	0,338116	1,40230
Ege	0,114436	1,12124
Güneydoğu Anadolu	-0,00713	0,99289
İç Anadolu	0,406793	1,50199

	Tahmin	Katsayılar
Karadeniz	0,229982	1,25858
Marmara	0,439937	1,55261
Poliçe Tipi 1	0,000000	1,00000
Poliçe Tipi 2	-0,04889	0,95228

Tablo 7'de yer alan katsayılar tahmin değerlerinin üstelleştirilmesi ile elde edilmiştir ve hasar tutarı verilerinde her bir sigortalının getireceği ortalama hasarın 403,59 TL olduğu söylenebilmektedir, diğer katsayılar ile çarpılarak sigortalı bazında şiddet tahmini gerçekleştirilir.

Kadınların hasar tutarının erkeklerden 1,0090 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kadınlar frekans sonuçlarında erkeklerden gözle görünür oranda ayrışsa da şiddet anlamında oldukça benzer davranış sergilemektedirler. Buradan erkeklerin frekans yorumuna göre daha az hastaneye gittiklerini ancak şiddet yorumuna göre gittiklerinde ise daha yüksek tutarda hasar getirme eğiliminde oldukları yorumu yapılabilmektedir.

Poliçe Tipi 2 kategorisinde bulunan sigortalıların diğer kategoriye göre 0,95228 kat daha az hasar tutarına sahip olacağı Tablo 7'den gözlemlenmektedir.

Hasar tutarının katsayı olarak en yüksek görüldüğü bölge Marmara bölgesi, en düşük bölge ise hasar sıklığı sonuçlarına benzer şekilde Güneydoğu Anadolu bölgesi olarak saptanmıştır. Marmara bölgesinin hasar tutarında bu denli ayrışmasının sebebinin bu bölgenin sahip olduğu özel hastane ağının oldukça gelişmiş olması ve doktor ücretleri ile hastane maliyetlerinin de bu oranda diğer bölgelere göre daha yüksek olmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Yaşa göre en yüksek hasar tutarı katsayısının 1,44220 ile 50+ yaş grubuna, en düşük hasar tutarı katsayısının ise 1 ile 0-10 yaş grubuna ait olduğu görülmektedir. Hasar sıklığında 0-10 yaş en yüksek grup olarak gözlemlenmekteydi. Şiddette en düşük grup olmalarının sebebi rutin kontrollerin sıklıkla olmasına nazaran tutarda o kadar da maliyetli olmamasından kaynaklanabilmektedir. 50+ yaş grubu ise sağlık sorunları sebebiyle ameliyat olabilmekte ve bu da sigorta şirketlerinin çok yüksek maliyette ödemeler yapmasına sebep olabilmektedir.

Hasar tutarı için GLM tahmin modeli;

$$\hat{Y} = exp\{\, 6{,}000412 + \hat{\beta}_1 Cinsiyet + \hat{\beta}_2 PoliçeTipi + \hat{\beta}_3 Bölge + \hat{\beta}_4 Yaş \,\}$$

olarak elde edilmiştir.

6 SONUÇ

Bu çalışmada, bir sigorta şirketinin riskini güvence altına alacağı sigortalıdan alması gereken primin hesaplanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, dağılıma uygunluk için gerekli istatistiki tekniklerden yararlanılarak, hasar sıklığının dağılımı negatif binom ve hasar tutarının dağılımı log-normal olarak belirlenmiştir. Parametre tahminleri için En Çok Olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Hasar sıklığı ve hasar tutarı için GLM tahmin modelleri elde edilmiştir. Bu modeller yardımıyla belirlenen bir sigortalıdan alınması gereken net risk primi, belirlenen hasar sıklığı ve hasar tutarı çarpılarak hesaplanabilir. Bu aşamadan sonra ticari tarafta bu katsayılar aynen alınıp kullanılabileceği gibi aktüerin ürün bilgisi ile üzerinde değişiklikler de yapılabilmektedir. Şirketler kendi tahmin oranlarınca sigortalıdan alması gereken minimum prim üzerine kar marjlarını ekleyerek teklif primlerini oluşturmaktadırlar.

7 KAYNAKLAR

AKDİ, Y. (2010) Matematiksel İstatistiğe Giriş, Gazi Kitabevi, Ankara.

BAHNEMANN, D. (2015). Distributions For Actuaries. CAS Monograph Series, 2, 1-200.

DENUIT, M., DHAENE, J., GOOVAERTS, M. ve KAAS, R. (2005). Actuarial Theory For Dependent Risks: Measures, Orders and Models, John Wiley & Sons.

GOOVAERTS M., KAAS, R., DHAENE, J. ve DENUIT, M. (2001). Modern Actuarial Risk Theory.

GÜLTEKİN, Ö. C. ve ERDEMİR, C. (2010). Türkiye Demir ve Çelik Sektöründe Bir Şirketin Yangın Risklerinin Aktüeryal Modeli, İstatistikçiler Dergisi: İstatistik ve Aktüerya, 3(1), 37-44.

HAMURKAROĞLU, C. ve DEĞİRMENCİ, S. (2018, Nisan). COM-Poisson Dağılımı ile Bireysel ve Kolektif Risk Modelleri, In Proceedings of 4 th SCF International Conference on "Economics and Social Impacts of Globalization" and "Future Turkey-European Union Relations" (p. 229).

İRVEN, P. B. Ve YAPAR, G. (2011). Kollektif Risk Modellemesinde Panjér Yöntemi, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 26(1), 139-149.

KARTAL, M. ve BARDAKÇI, S. Kolektif Risk Modeliyle Yangın Sigortası İçin Aktüeryal Prim Hesabına Yönelik Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 33(4), 1083-1096.

KLUGMAN, S. A., PANJER, H. H. Ve WILLMOT, G. E. (2012). Loss Models: From Data to Decisions (Cilt. 715), John Wiley & Sons.

NELDER, J. ve WEDDERBURN, R. (1972). Generalized Linear Models, Journal of the Royal Statistical Society, 370-384.

OHLSSON, E. ve JOHANSSON, B. (2010). Non-life Insurance Pricing With Generalized Linear Models (Cilt. 174), Berlin: Springer.

PARODI, P. (2014). Pricing in General Insurance, CRC press.

SZEGO, G. P. (2004). Risk Measures for the 21st Century (Cilt. 1), New York: Wiley.

ŞAHİN, Ş., KARABEY, U., KARAGEYİK, B. B., NEVRUZ, E., ve YILDIRAK, K. (2016). Türkiye'de Buğday Bitkisel Ürün Sigortası için Aktüeryal Prim Hesabı, Tarım Ekonomisi Dergisi, 22(2), 37-47.

TSE, Y. K. (2009). Nonlife Actuarial Models: Theory, Methods and Evaluation, Cambridge University Press.

TÜİK (2022), Türkiye Sağlık Araştırması, 2022,URL: https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Turkiye-Saglik-Arastirmasi-2022-49747

(Erişim tarihi:07.12.2023)

Makale id= 5

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0008-8807-0965

Asit Mukavim Emayelere Pirolitik Özellik Kazandırılması

Araştırmacı Burak Asar[1] , Prof.Dr. Adem Demir[2]
[1]Akcoat İleri Kimyasal Kaplama Malzemeleri San. ve Tic. A.Ş., 2- Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
[2]Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Esentepe Kampüsü /

*Corresponding author: Burak Asar

Özet: *Günlük hayatta sık sık karşılaştığımız emaye kaplamalar mutfak gereçleri, su kaynatıcıları, otomotiv sektöründe, mimari panellerde ve yazı tahtaları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Emaye kaplamalar mutfak gereçlerinde insan sağlığı için en önemli kaplama türlerinden biridir. Sahip oldukları cam yapıları gereği kırılgan ancak kimyasal etkilere dayanım kıyaslamalarında ilk sıralarda yer alan kaplama türüdür. Bu çalışmada emaye kaplamasının kullanım kolaylığını arttırmaya yönelik geliştirmeler yapılmıştır. Asit mukavim özellikteki emaye friti ile yola çıkarak belirli oranlardaki diğer fritlerin karışımlarıyla sırasıyla kolay temizlenebilir özellikli emaye ve pirolitik özellikli emaye elde edilmesi amaçlanmıştır. Pirolitik özellikli emayeler kolay temizlenebilir emayelerin yüksek sıcaklıkta çalışabilir halleridir. Elde edilen emaye türlerine fiziksel dayanım testlerinin yanısıra sitrik asit testi, kolay temizlenebilirlik testleri ve 48 saat boyunca 482 derecede gerçekleşen pirolitik özellik testi gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen bilgiler karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda yüksek sıcaklık dayanımına sahip, kolay temizlenebilir özellikte pirolitik emaye elde edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Emaye Kaplama, Asit Mukavemeti, Kolay Temizlenebilirlik, Pirolitik Emayeler*

Adding Pyrolytic Features to Acid-Resistant Enamels

Abstract: *Enamel coatings, which we frequently encounter in daily life, are used in areas such as kitchen utensils, water boilers, the automotive industry, architectural panels, and whiteboards. Enamel coatings are one of the most important coating types for human health on kitchenware. It is a type of coating that is fragile due to its glass structure but ranks first in terms of resistance to chemical effects. In this study, improvements were made to increase the ease of use of the enamel coating. Starting with acid-resistant enamel frits, it is aimed to obtain easily cleanable enamel and pyrolytic enamel, respectively, by mixing other frits in certain proportions. Pyrolytic enamels are easy-to-clean enamels that can operate at high temperatures. Besides the physical strength tests, citric acid tests, easy cleanability tests, and pyrolytic property tests performed at 482 degrees for 48 hours were performed on the obtained enamel types. The information obtained as a result of the tests was interpreted comparatively. As a result of the study, pyrolytic enamel with high-temperature resistance and easy-to-clean properties was obtained.*

Keywords: *Enamel Coating, Acid Resistance, Easy-To-Clean, Pyrolytic Enamels*

1. GİRİŞ

Emaye, farklı özellikler elde etmek amacıyla metal malzemeleri kaplamak için kullanılan, termal genleşme katsayısı açısından metallerle eşleşen bir frit olarak tanımlanır. Çeşitli inorganik oksitlerin karışımından oluşan bu çözelti, bileşiklerin erime sıcaklığına kadar pişirilmesiyle elde edilen, camsı görünümlü bir katıdır. Genel olarak porselen emaye kaplama, metal seramik kaplama olarak kabul edilir.

Porselen emayenin başlıca uygulama alanları şunlardır: bazı çelik ve dökme demir ürünler, gümüş, platin ve altın üzerine dekoratif uygulamalar vb. alanlardır [1].

Emayeler kullanım alanlarına göre ikiye ayrılırlar:

1- Astar emayeler (Gound Coat)

2- Üst kat emayeler (Cover Coat)

Bu çalışmada kolay temizlenebilir özellikte olmayan emayelerin iki farklı frit kombinasyonu ilavesi ile hem kolay temizlenebilirlik hem de yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak kimyasal kullanılmadan temizlenebilir özellik elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. PORSELEN EMAYELER

Porselen emaye, metal alt tabaka üzerine sürekli ve koruyucu bir kaplama oluşturmak için yüksek sıcaklıkta ergitilen inorganik bileşiklerin uygulanması ile elde edilen kaplama malzemesidir. Porselen emayeleri tanımlamak için kullanılan diğer terimler ise cam kaplama ya da astar, camsı (vitreous) emayeler ya da kaplamalar, yüksek sıcaklık kaplamaları, seramik kaplamalar ya da sadece emayelerdir [1].

Porselen emayeler genellikle bir amorf fazdan daha fazlasını içerir, bundan dolayı çözeltiler olarak sınıflandırılır. Porselen emayeler "süper soğutulmuş çözeltiler ya da belirli malzemeleri süspansiyonla tutan camlardır" [2]. Bu belirli malzemeler genellikle doğada koloidaldir ve renk oksitleri ve gazları içerir. Bu malzemeler kaplamaya uygulamadan önce eklenebilir veya kaplamanın ergitilip metalle birleştirildiği bir ısıtma işlemi sırasında oluşturulabilir [2].

Emayenin yapısında anyonlar ve katyonlar bulunur. En önemli anyonlar oksijen ve flordur. Ek olarak klor, brom ve iyot da anyonlar olarak belirtilebilirler.

Li, Na, K gibi büyük iyonların oranının arttırılmasıyla genleşme katsayı ve camın daha kolay ergiyip yapışma özelliği arttırılabilirken, Si gibi küçük iyonların oranının arttırılması durumunda ise genleşme katsayısı ve yapışma özelliği düşer [3].

Emayenin ergime özelliğinin arttırılması ile uygulandığı yüzeye tutunması kolaylaştırılır ve uygulandığı yüzeye tam nüfuziyet sağlanır. Bundan dolayı uygulamalardan önce ergime özelliğini arttırıcı işlemler yapılması gerekmektedir [4].

Emayenin yapısında bulunabilecek oksit bileşiklerinin listesi Tablo 2.1'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Emayenin yapısında bulunabilecek oksit bileşiklerinin listesi.

Bileşikler	Minimum %	Maksimum %
SiO_2	25	55
B_2O_3	5	18
Na_2O_3	0	15
K_2O	0	12
Li_2O	0	10
CaO	0	10
BaO	0	15
SrO	0	4
MgO	0	8
CeO_2	0	10
ZnO	0	12

Bileşikler	Minimum %	Maksimum %
Al_2O_3	0	15
CoO	0	7
NiO	0	7
CuO	0	6
MnO_2	0	5
Fe_2O_3	0	5
MoO_3	0	4
P_2O_5	0	5
SnO_2	0	5
TiO_2	0	10
ZrO_2	0	30
F	0	10

2.1. Emaye Kaplamaların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları;

- Metallerle iyi yapışma sağlarlar. Bu sayede birçok kaplama malzemesine göre daha tercih edilebilir bir kullanım alanı sağlamaktadır.
- Kararlı renk skalaları ile stabil üretimler yakalanabilmektedir.
- Kolay temizlenebilme özellikleri ile üzerlerinde oluşan yemek kalıntıları kolayca temizlenebilmektedir.
- Cam – seramik yapılı olmaları nedeni ile kirlenme problemi yaşatmamaktadır.
- Yüksek sıcaklıklara dayanabilir (450 °C). Bu sayede özellikle fırın şaseleri ve fırın tepsilerinde kolaylıkla kullanılabilmektedir.
- Düşük sıcaklıklara (-60 °C) dayanıklıdır.
- Kimyasal aşınmaya karşı yüksek dirence sahiptir. Reaktör kazanlarının içerisinde kullanılabilmektedir.
- İyi elektriksel izolasyon [5,6].

Dezavantajları;

- Özellikle organik kaplamalarla karşılaştırıldığında sınırlı darbe dayanımına sahiptir.
- Uygun olmayan çelik alaşımlarının kullanıldığında yüzeyde ‘’balık pulu’’ hatası görülebilir. Bu hata gaz kabarcıklarından kaynaklanan tipik kusurlardan biridir [7].
- Bir emaye kaplama genellikle yerinde tamir edilememektedir.
- Sınırlı esnekliğe sahiptir.
- Oluşum reaksiyonları için yüksek sıcaklıklar gerektiği için enerji tüketimi fazladır [8].

2.2. Porselen Emayelerin Uygulama Alanları

Günümüzde emayeleme proseslerinde kullanılan altlık malzemesi çelik, çoğunlukla belirli bileşik kompozisyonuna sahip olması gerektiği için gelişmekte olan teknikler kullanılarak yüksek teknoloji

prosesi haline gelmiştir. Emayelenmiş parçalar günlük yaşamda ve farklı alanlarda; özellikle mutfak gereçlerinde, mimari panellerde, endüstriyel ve dekoratif uygulamalarda kullanılmaktadır [9].

2.3. Porselen Emayelerin Kaplama Yöntemleri

Kaplama yöntemi çok önemlidir, çünkü emayenin başarılı olması kaplamanın iyi olmasına bağlıdır. Genelde emaye kaplamaların olabildiği kadar ince, homojen ve iyi yapışmış olması istenir. Kalın kaplamalar, emayeyi mekanik olarak daha zayıf hale getirir. Yöntem emayenin yaş veya kuru olmasına bağlıdır [10].

Yöntemler şu şekilde sıralanır:

- Sprey Tekniği
- Daldırma
- Akış Kaplama
- Elektrostatik Kaplama
- Diğer Kaplama Yöntemleri (Elektroforetik Kaplama ve Termal Sprey Kaplama)

2.4. Porselen Emayelerin Pişirme Prosesi

760 °C ile 850 °C arasında gerçekleştirilir (emayenin yumuşama sıcaklığının (500-600 °C) oldukça üzerinde). Kutu fırın veya tünel fırınında (sürekli) gerçekleştirilir. Oksitleyici bir ortam kullanılır. Pişirme süresi ve sıcaklık, kalınlığa bağlıdır [11].

3. DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan tüm hammadde, frit, emaye reçeteleri ve kullanılan analiz ekipmanları Akcoat (İleri Kimyasal Kaplama Malzemeleri San. Ve Tic. A.Ş.) tarafından sağlanmıştır.

3.1. Kullanılan Hammadde ve Teçhizatlar

Emayelerin laboratuvar ortamında hazırlanabilmesi için ihtiyacımızın bulunduğu belirli hammadde ve teçhizatlar mevcuttur. Bu hammadde ve teçhizatlara ait bilgiler aşağıdaki gibidir.

3.1.1. Hammaddeler

- Frit Tip-1
- Frit Tip-2
- Frit Tip-3

3.1.2. Teçhizatlar

- Tartım ekipmanları
- Değirmen haznesi
- Değirmen ve elek
- Altlık malzemesi ve uygulama tabancası
- Kül fırınları

3.2. Emayelerin Laboratuvar Ortamında Hazırlanması

Tartım ekipmanları vasıtasıyla frit ve var ise hammaddeler reçeteye uygun olarak tartım yapılır. Tartım yapılan frit ve hammaddeler değirmen haznesine alınırlar. Elektrostatik toz ürünlerde tartımı yapılmış olan frit ve hammaddeler değirmen haznesine alındıktan sonra reçeteye uygun olarak, elektrostatiklenmeyi sağlayan, silikon yağı ilave edilir. Değirmen haznesindeki frit (Tablo 3.1) ve hammadde karışımları 60 rpm'de 18 dakika öğütülmektedir. Asit mukavim özellik gösteren emaye tip-1, kolay temizlenebilir özellik gösteren emaye tip-2 ve pirolitik özellik gösteren emaye ise tip-3 olarak adlandırılmıştır.

Tablo 3.1: Frit Tip-1, Frit Tip-2 ve Frit Tip-3'e ait oksidik tablo.

Kimyasal Yapı	Frit Tip-1	Frit Tip-2	Frit Tip-3
RO (CaO, BaO, SrO, NiO, CoO, CuO, MnO)	7,41	8,06	3,55
R_2O (Na_2O, K_2O, Li2O)	16,85	15,74	14,44
RO_2 (SiO_2, ZrO_2,TiO_2)	57,01	56,8	59,67
R_2O_3 (Al_2O_3, Sb_2O_3, B_2O_3, Fe_2O_3)	17,63	18,25	20,55
Diğer Bileşikler (P_2O_5, MoO_3, F)	1,1	1,15	1,79
Toplam	100	100	100

Oksidik tabloda yer alan bileşik oranları dikkate alındığında, asit mukavim emaye denemesi için Frit Tip-1 seçilmiştir. Kolay temizlenebilir emayeler için ise Frit Tip-1 (%60) ve Frit Tip-2 (%40)'nin kullanılması amaçlanmaktadır. Pirolitik özellikteki emaye eldesi için ise üçlü frit kombinasyonu [Frit Tip-1 (%35), Frit Tip-2 (%35) ve Frit Tip-3 (%30)] yapılması amaçlanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Laboratuvar ortamında hazırlanan ürünlerin içerik tablosu.

Numune Adı	Frit Tip-1	Frit Tip-2	Frit Tip-3
Asit Mukavim Emaye (Tip-1)	%100	%0	%0
Kolay Temizlenebilir Emaye (Tip-2)	%60	%40	%0
Pirolitik Özellikli Emaye (Tip-3)	%35	%35	%30
Kullanılan Frit Sayısı	1	2	3

3.3. Uygulama ve Pişirme

İstenilen tane boyutuna indirilmiş ve elenerek uygulamaya hazır hale getirilmiş olan ürünler kabinlerde uygulama tabancaları vasıtasıyla altlık malzemelerin üzerine uygulanır. Altlık malzemelerin üzerine uygulama işlemleri tamamlanan ürünler pişirimlerinin tamamlanması amacıyla kül fırınlarına alınırlar. Bu çalışmada sıcaklık sabit tutularak pişirimler gerçekleştirilecektir.

3.4. Deneysel Çalışmaların Planlanması

Pişirimi tamamlanmış ve karakteristik özellikleri belirlenecek olan ürünlerin deneysel analiz çalışmalarının planları yapılmaktadır. Bu aşamada yapılan planlar ürünlerin olması gereken özelliklerinin ortaya çıkarılacağı test aşamalarının belirlenmesi olarak açıklanabilir.

4. SONUÇLAR VE İRDELEME

4.1. Uygulama ve Pişirme

Tartımları yapılarak değirmende öğütülen emaye tip-1, emaye tip-2 ve emaye tip-3 adlı numuneler çelik yüzeyin her iki tarafına da elektrostatik toz püskürtme yöntemiyle yeterli kalınlığa ulaşana kadar uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Uygulamaların ardından pişirilmek üzere fırın önüne alınmışlardır. Yeterli kalınlığa ulaşan emaye tip-1, emaye tip-2 ve emaye tip-3 ürünleri kül fırınında (Protherm PLF 130) 830°C'de 4 dakika 30 saniye pişirilmiştir.

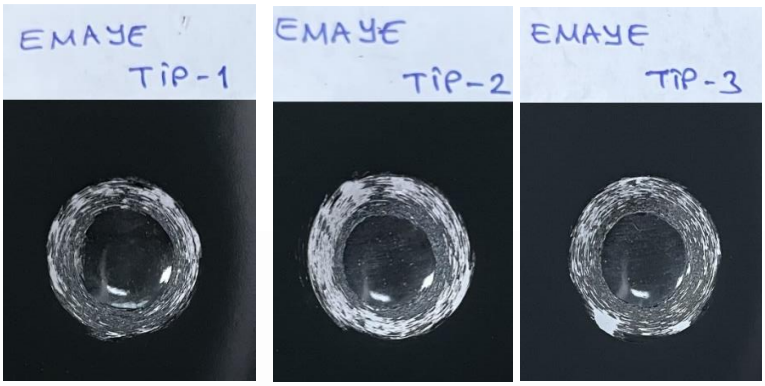
4.2. Karakterizasyon

4.2.1. Kaplama kalınlığı ölçümü ve yapışma kontrolü

Altlık malzeme üzerine uygulaması yapılmış ve pişirimi tamamlanmış olan her ürünün uygulama kalınlığı ölçülmektedir. Bunun nedeni, kalite kontrol aşamaları sırasında alınacak olan test verilerinin

benzer koşullarda alınmasını sağlamaktır. Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar sırasıyla asit mukavim emaye 130 mikron, kolay temizlenebilir emaye 140 mikron ve pirolitik özelliğe sahip emaye 136 mikron'dur.

Darbe testleri, ürünlerin dayanım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Yapılan yüzey incelemelerinde denemeler sırasında uygulamaları yapılmış olan üç emaye deneyi de istenilen darbe test sonucuna ulaşabilmiştir. Kimyasal yapışmalar Şekil 4.1'de yer alan görsellere bakıldığında darbe test noktalarında gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.1: Sırasıyla asit mukavim, kolay temizlenebilir ve pirolitik özelliğe sahip emayelerin darbe test sonuçları.

4.3. Kolay Temizlenebilirlik (Easy-To-Clean) Testi

Genellikle mutfak gereçleri için istenen bu özellik üzerindeki çalışmalarda hazırlanmış olan ve uygulama ile pişirme aşamaları tamamlanan ürünler test alanına alınmaktadır. Sırasıyla asit, lityum nitrat ve ketçap testi yapılmıştır.

4.3.1. Sitrik asit testi

Teste hazır olan ürün üzerine 3-5 damla olacak şekilde %10 ağ. sitrik asit çözeltisi damlatılmıştır. Asit testine tabi tutulan bölge saat camı vasıtasıyla üzeri örtülerek suyun ortamdan uzaklaşmaması ve bu yüzden de asidin derişiminin artmaması sağlanmış olur. Test süresi 15 dakikadır.

Eşit koşullar altında yapılan asit testlerine ait sonuç görselleri kıyaslandığında yüzey incelemelerinde herhangi bir renk değişimi (emaye renginin beyaza dönmesi) gözlemlenmemiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: Sırasıyla asit mukavim, kolay temizlenebilir ve pirolitik özelliğe sahip olan emayelerin asit test sonucu.

4.3.2. Lityum nitrat testi

Asit testi tamamlanmış olan ürünün teste tabi olan bölgesi su ile temizlendikten sonra kurulanıp lityum nitrat testine alınmıştır. Bu aşamada asit testine tabi tutulan bölge üzerine yaklaşık olarak 0,3 gram katı haldeki lityum nitrat bırakılmıştır. Ürün 320 derecede 15 dakika boyunca teste tabi tutulmak üzere test fırınına alınmıştır.

Eşit koşullar altında yapılan lityum nitrat testlerine ait sonuç görselleri kıyaslandığında Şekil 4.3'te görüleceği gibi asit mukavim özellikteki emayenin beklendiği gibi testten geçemediği, kolay

temizlenebilir özelliğe sahip emayenin ise pirolitik özelliğe sahip emayeye yakın seviyede olduğu ve testi geçtikleri gözlemlenmiştir.



Şekil 4.3: Sırasıyla asit mukavim, kolay temizlenebilir ve pirolitik özelliğe sahip emayelerin lityum nitrat test sonucu.

4.3.3. Ketçap testi

Asit ve lityum nitrat testi tamamlanan ürün ketçap testine alınmadan önce test yapılan bölge su ile yıkanıp ve kurulanmıştır. %50-%50 ketçap-su karışımı alınarak lityum nitrat testi yapılmış olan bölge üzerine 3-5 damla olacak şekilde damlatılmıştır. Ürün 320 derecede 30 dakika boyunca teste tabi tutulmak üzere test fırınına alınmıştır. Asit mukavim özelliğe sahip emaye lityum nitrat testinden geçemediği için ketçap testine tabi tutulmamıştır.

Lityum nitrat testinin ardından belirlenen bölge üzerine damlatılan ketçap-su karışımı 320 derecede 30 dakika bekletildikten sonra fırından çıkarıldığı an Şekil 4.4'te yer almaktadır. Test bölgelerinin tahta parça yardımıyla kazınması ile ulaşılan sonuç Şekil 4.5'teki gibidir. Her iki ürün de ketçap testinden geçmesiyle kolay temizlenebilirlik özelliğine sahip olduğu kanıtlanabilmiştir.



Şekil 4.4: Kolay temizlenebilir ve pirolitik özelliğe sahip emayelerin ketçap testinin arından yüzey görüntüsü.



Şekil 4.5: Kolay temizlenebilir ve pirolitik özelliğe sahip emayenin ketçap testinin arından tahta parça ile kazınan yüzey görüntüsü.

4.4. Pirolitik Özellik Testi

Kolay temizlenebilirlik özelliklerine sahip emayelerin yüksek sıcaklıklarda çalışabildiğini ya da çalışabilmesi için gereken geliştirmelerin kontrol edildiği bu aşamada test parçaları 482 derecede 48 saat boyunca teste tabi tutulmuştur. Test öncesinde plaka yüzeylerine darbe testi uygulanmıştır. Amaç darbe testi uygulanan bölge ve çevresindeki değişimlerin gözlemlenmesidir. Darbe testleri ve test sonrasında yüzey değişimleri Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de görülmektedir.

Laboratuvar ortamında hazırlanmış olan emaye tip-1, emaye tip-2 ve emaye tip-3'e ait pirolitik özellik test sonuçlarına bakıldığında;

- Asit mukavim özellikli emayenin darbe testi uygulanmış olan bölgesinde ve çevresinde renk değişimleri ve kılcal çatlakların ilerlediği gözlemlenmiştir. Şekil 4.6'daki sonuç ile emaye tip-1 kolay temizlenebilir özellikten geçemediği gibi pirolitik özellik testinden de geçememiştir.



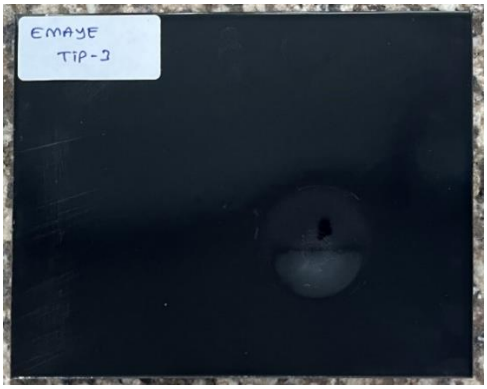
Şekil 4.6: Asit mukavim özellikli emayeye ait pirolitik özellik test sonucu.

- Kolay temizlenebilir özellikli emayenin darbe testi uygulanmış olan bölgesinde ve çevresinde renk değişimleri ve çatlak ilerlemeleri gözlemlenmiştir. Şekil 4.7'deki sonuç ile emaye tip-2 pirolitik özellik testinden geçememiştir. Darbe testi uygulaması yapılan bölgenin etrafındaki çatlak ilerleyişi, mutfak gereçlerinin hasar alması durumunda ortaya çıkabilecek olan emaye atıklarının gıda ile temas edebileceği ya da gıdaya karışabileceği görülmektedir.



Şekil 4.7: Kolay temizlenebilir özellikli emayeye ait pirolitik özellik test sonucu.

- Pirolitik özellikli emayenin darbe testi uygulanmış olan bölgesinde ve çevresinde herhangi bir renk değişimi ve çatlak ilerlemesi gözlemlenmemiştir. Şekil 4.19'daki sonuç ile emaye tip-3 pirolitik özellik testinden geçmektedir. Tablo 4.1'deki veriler incelendiğinde yapıdaki refrakter bileşiminin artışı ve R_2O_3 grubunun genleşmeyi olumlu yönde etkilemesi sonucunda yapı pirolitik özellik testinden geçebilecek kompozisyona ulaşabilmiştir.



Şekil 4.8: Pirolitik özellikli emayeye ait pirolitik özellik test sonucu.

4.5. X-Işını Spektrofotometresi (XRF) Analizi

Kolay temizlenebilirlik ve pirolitik özelliklerin kanıtlandığı önceki test aşamalarında doğru sonuca ulaşıldığında, ürünlerin sahip olduğu kimyasal bileşim yapısına ait analiz verileri kontrol edilir. Kontrol edilen veriler ile bundan sonraki aşamalarda ulaşılması gereken bileşik yapılarının yüzdeleri belirlenmiş olur.

Frit ve katkı malzemeleri ile değirmende öğütülmüş olan emayelerin oksidik yapılarını araştırmak amacıyla yapılan XRF (X-Işınları Spektrofotometresi) analizinin sonuç değerlendirmeleri Tablo 4.1'de yer almaktadır.

Tablo 4.1: Malzemelerin sahip olduğu bileşik gruplarına ait oksidik değerler.

Kimyasal Yapı	Asit Mukavim Emaye	Kolay Temizlenebilir Emaye	Pirolitik Özellikli Emaye
RO (CaO, BaO, SrO, NiO, CoO, CuO, MnO)	7,41	8,47	4,7
R_2O (Na_2O, K_2O, Li_2O)	16,85	15,43	14,74
RO_2 (SiO_2, ZrO_2, TiO_2)	57,01	57,8	59,67
R_2O_3 (Al_2O_3, Sb_2O_3, B_2O_3, Fe_2O_3)	17,63	17,0	19,12
Diğer Bileşikler (P_2O_5, MoO_3, F)	1,1	1,3	1,77
Toplam	100	100	100

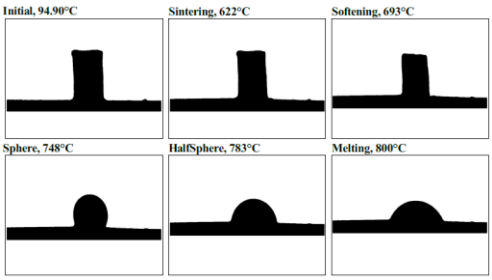
Sonuç olarak asit mukavim özellikteki emayenin refrakter miktarının arttırılması, Sodyum-Potasyum dengesindeki dolaylı artış ve cam yapıdaki diğer bileşikler arasında yer alan genleşmeyi arttırıcı görev üstlenen flor'daki artış nedeniyle ürüne kolay temizlenebilirlik özelliği kazandırılmaktadır. Bu üründeki Cu ve Mn'nin çıkartılarak refrakterce zenginleştirilmiş türevini elde etmek için Frit Tip-3 ilavesi vasıtasıyla da ürüne pirolitik özellik kazandırılmaktadır.

Frit Tip-3 kolay temizlenebilir özelliğe sahip emayenin bileşik yapısına dahil olarak refrakter özelliği arttırmış, ergitici özelliğe sahip olan R_2O grubunda azalmaya gitmesine neden olmuştur. Bu hamle emayeye flor'un dahil olmasını zorunlu hale getirerek yüksek sıcaklıkta genleşen bir emaye ortaya çıkarılmasına yardımcı olmuştur. Asit mukavim emayeden yola çıkılarak önce kolay temizlenebilirlik özelliği elde edilmiştir ve daha sonrasında da pirolitik özelliğe sahip yüksek sıcaklıkta çalışan kolay temizlenebilir özellikteki emaye elde edilmiştir. Pirolitik emayeler için "PETC" kısaltmasını kullanarak "Pirolitik Kolay Temizlenebilir Emayeler" diyebiliriz.

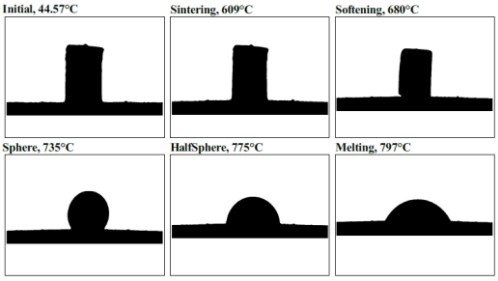
4.6. Isı Mikroskobu Analizi

Isı mikroskobu analizi için hazırlanmış olan numunelerin test sonuçlarına ait görseller incelendiğinde asit mukavim emayelerin daha yüksek sıcaklıkta sinterleme, yumuşama ve küreselleşme noktalarına

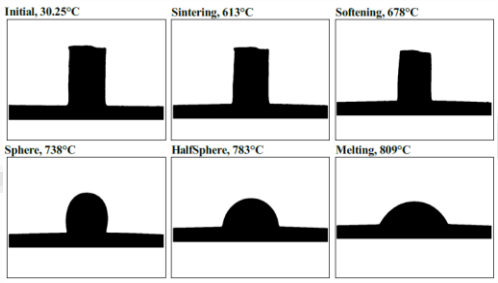
sahip olduğu görülmektedir. Frit-2 ve Frit-3 müdahalesinin ardından emayelere kazandırılan kolay temizlenebilirlik ve pirolitik özellik ile emayelerin refrakterlik özelliğinin arttırılmasının yanı sıra genleşme özelliklerini de kaybetmemesi gerekmektedir. Emaye tip-1, emaye tip-2 ve emaye tip-3'e ait ısı mikroskobu analiz görüntüleri Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de yer almaktadır.



Şekil 4.9: Asit mukavim özellikteki emayeye ait ısı mikroskobu görselleri.

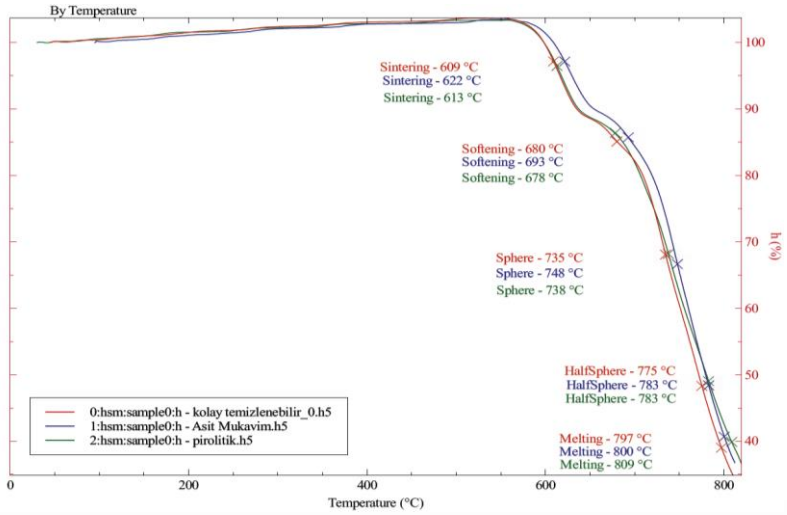


Şekil 4.10: Kolay temizlenebilir özellikteki emayeye ait ısı mikroskobu görselleri.



Şekil 4.11: Pirolitik özellikteki emayeye ait ısı mikroskobu görselleri.

Şekil 4.12'de görüleceği gibi kolay temizlenebilir emayelerin ergime derecesi neredeyse asit mukavim emaye ile yakınken, pirolitik özellikli emayeye göre daha düşüktür. Pirolitik özellikteki emaye, yapısındaki refrakter özelliğinin yüksek olması nedeniyle daha yüksek sıcaklıkta ergimektedir.



Şekil 4.12: Her üç tip emayenin de bir arada grafik haline getirilmiş ısı mikroskobu analiz sonucu.

5. KAYNAKLAR

Evcimen, N. (2007). Emaye Üretiminde Kaplama ve Özelliklerinin Araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.

Wachtman, J.B. ve Haber, R.A., (1993), Ceramic Films and Coatings, Noyes Publications, New Jersey, ABD.

Sıvasundaram, M. (2000). Glass Ceramics From Pulp and Paper Waste Ash . Quebec: Department of Mining and Metallurgical Engineering Mcgil University Montreal.

Yılmaz, S. (1997). Volkanik Bazalt Kayaçlarından Cam-Seramik Malzeme Üretim Koşullarının Araştırılması ve Özelliklerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Yılmaz, V. G. (2010). Glass Ceramics: Science and Technology (Cam Seramikler: Bilim ve Teknolojisi). Kocaeli: Tübitak Marmara Araştırma Merkezi.

Durmuşoğlu, E. .. (2009). Emayeleme ve Oluşabilecek Hatalar, (Y.lisans tezi),. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çavuşoğlu, A. (2011). Emaye okulu ders notları. II. International Ceramic, Glass, Porcelain Enamel, Glaze and Pigment Congress, 11, (s. 13-36).

A. I. Andrews, S. P. (2011). Enamel Composition, Porcelain (Vitreous) Enamels and Industrial Enamelling Processes The Preparation. Application and Properties of Enamels, 239-358.

Sumner, M. E. (2011). Soil Chemistry. Handbook of Soil Sciences (s. 353-363). içinde London: CRC Press.

Beall, W. H. (2020). Glass-Ceramic Technology. New Jersey: American Ceramic Society.

A. I. Andrews, S. P. (2011). Porcelain (Vitreous) Enamels and Industrial Enamelling Processes The Preparation, Application and Properties of Enamels. Fudamentals and Cosiderations (s. 53-64). içinde Mantova: Tipografia Commerciale.

Makale id= 6

Poster Sunum

ORCID ID: 0009-0008-8437-7361

İlaç Taşıyıcı Sistemler İçin Etkin Madde Yüklü Polimerik Nanopartiküllerin Hazırlanışı ve Karakterizasyonu

Researcher Esin Gülçin Kayış Aslanbay[1] , Prof.Dr. Nilhan Kayaman Apohan[1]
[1]Marmara Üniversitesi

*Corresponding author: Esin Gülçin Kayış Aslanbay

Özet: *Enkapsülasyon, en az bir aktif bileşenin en az bir çeşit kaplama materyali tarafından uygun koşullarda ve istenilen dozda salınması koşuluyla koruma altına alınmasıdır. Hedef hassas bileşenlerin korunması ve zamanla ayarlanan ölçüde salınmasıdır. Enkapsülasyon için polimer esaslı ilaç taşıma sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve ilacın yan etkilerini azaltmak, yarılanma ömrü kısa olan ilaçların uygulanmasını kolaylaştırmak, ilacın stabilitesini artırmak gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Bu çalışmada amaç, ilaç taşıyıcı sistemler için belirlenen etkin maddenin yüklü olduğu polimerik nanopartikül sistemlerinin hazırlanması ve karakterizasyonunu gerçekleştirmektir. Çalışmayı yaparken nanopartikül oluşturmak için kullanılacak polimerin ve etkin maddenin özellikleri göz önünde bulundurulacaktır. Doğal ve sentetik polimerler ilaç salım sistemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Sentetik bir polimer olan polilaktik asit (PLA) nanopartikül çalışmalarında sıklıkla tercih edilen ve biyouyumlu bir polimerdir. Bozunduğunda ortaya çıkan yan ürünler, insan vücudunun zaten ürettiği doğal bir metabolik atık olan laktik asittir. Bu yüzden polimerik ilaç taşıma sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İlaç salım sistemlerinde mikro ve nanopartiküller oluşturarak enkapsülasyon gerçekleştirmek için kullanılan farklı yöntemler vardır. Bunlardan bazıları; termal faz ayırma, emülsifikasyon-çözücü buharlaştırma, emülsifikasyon-çözücü difüzyonu, nanopresipitasyon (nano çöktürme), diyaliz, tuzla çöktürme (salting out) teknikleridir. Bu tez çalışmasında yapılması öngörülen yöntem emülsifikasyon- çözücü buharlaştırma tekniğidir. Bu yöntemle ursodeoksikolik asit etkin madde yüklü nanopartiküllerin oluşturulması hedeflenmiştir. Ursodiol olarak da bilinen Ursodeoksikolik asit bağırsak bakterilerinin metabolik yan ürünleri olan ikincil safra asitlerinden biridir. UDCA etkin maddesi kolesistektomi için uygun olmayan safra taşı olan hastalarda veya safra taşı oluşumunu önlemek için hızlı kilo kaybı geçiren obez hastalarda, safra taşı oluşumunda azalma sağlamak için kullanılabilir. Etkin maddenin nanopartikül sistemlere yüklenmesi sonucunda farmakoloji alanındaki kullanılabilirliğinin artırılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Yöntem yüksek bir enkapsülasyon verimi sağladığı takdirde diğer safra ve mide akımını etkileyen ilaç etkin maddeleri için de faydalı bir model oluşturacağı ve nanopartikül formülasyonlarının geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Ilaç Taşıma Sistemleri, Polimerik Nanopartikül, Enkapsülasyon, Polilaktik Asit (Pla), Etkin Madde*

Preparation and Characterization of Active Substance Loaded Polymeric Nanoparticles for Drug Delivery Systems

Abstract: *Encapsulation is the protection of at least one active ingredient by at least one kind of coating material, provided that it is released water appropriate conditions and at the desired dose. The aim is to preserve sensitive components and release them to a set extent over time. The aim of this thesis, is to prepare and characterize polymeric nanoparticle systems active substance loaded for drug delivery systems. Polymer-based drug delivery systems are widely used for encapsulation and have many advantages such as reducing side effects of drug, facilitating of control of drugs with a short-life and increasing the stability of the drug. During this study, the properties of the polymer and active substance used for preparing nanoparticles will be taken into consideration. Natural and synthetic polymers are widely used for drug delivery systems. Polylactic acid (PLA), a synthetic*

polymer is a biocompatible polymer that is frequently preferred in nanoparticle studies. There are several methods for obtaining encapsulation by using micro and nanoparticles. Some of these; thermal phase separation, emulsification-solvent evaporation, emulsification-solvent diffusion, nano precipitation, dialysis, salting out techniques. The method used in this thesis is emulsification-solvent evaporation technique. It is aimed to obtain ursodeoxycholic acid active substance loaded nanoparticles with this method. Ursodeoxycholic acid, also known as ursodiol is one of the secondary bile acids, which are metabolic byproducts of intestinal bacteria. It can be used to reduce gallstone formation in patients with gallstones who are unsuitable for cholecystectomy or in obese patient who undergo rapid weight loss to prevent gallstone formation. As a result of active substance loaded nanoparticle systems, it is aimed to increase its usability in the field of pharmacology. If this method provides a high encapsulation efficiency, it will be a useful model for other active substances that affect gall and stomach drug.

Keywords: *Encapsulation, Nanoparticle, Drug Delivery Systems, Polymer, Polylactic Acid (Pla)*

1. GİRİŞ

Yeni bir ilaç molekülünün geliştirilmesi yüksek maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu nedenle, var olan etkin maddelerin etkinliğini ve güvenilirliğini artırmak üzere etkin maddelerin salım hızını ve yerini kontrol etmek, dozunu ve doz sayısını azaltmak, dayanıklılığını artırmak gibi farklı yaklaşımları gerçekleştirmek üzere ilaç taşıyıcı yeni sistemler geliştirilmiştir. İlaç taşıma sistemleri tümör, enfeksiyon veya iltihaplanma gibi hastalık bölgelerindeki ilaç miktarının artırılmasını sağlamaktadır. Bunun dışında protein, peptit veya oligonükleotitlerden oluşan yeni ilaçların geliştirilebilmesine de olanak sağlamaktadır. Ayrıca hedef bölgeye optimize edilmiş ilaç konsantrasyonları sağlayıp ilaç tedavilerinin terapötik etkilerini geliştirmektedirler. Bu nedenle de bu sistemlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sistemler, hasta uyumunun ve yaşam kalitesinin artırılmasında çok önemli faydalar sağlamaktadır [1, 2]. Uygun bir taşıyıcı sistem, etkin maddeyi istenen doku veya organa istenen hızda ve sürede taşımalıdır. Bu sistemlerin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar; [3, 4]

-İlaç alındıktan sonra istenilen süre boyunca etkin madde konsantrasyonunun sabit kalarak hastanın ilaç alma sıklığı ve dozlarının azalmasını sağlamak,

-Tedavi düşük dozlarda sağlandığı için etkin maddelerin yan ve toksik etkilerinin azalmasını sağlamak,

-Etkin maddenin parçalanmasını önleyerek yarılanma ömrünü uzatmak,

-Kontrollü salım sistemlerinde hedeflendirme olanağı sayesinde etkin maddenin istenen doku ve organlara yönlendirilmesini sağlamak,

-Uygulanan hastalarda yaşam kalitesini ve hasta bakımının kolaylaşmasını sağlamaktır.

Ancak bu sistemlerle ilgili birtakım sakıncalar da mevcuttur. Bunlar; [5]

-Sistemin hazırlanmasında kullanılan polimer veya parçalanma ürünlerinin toksik etki veya biyolojik uyuşmazlık gösterebilme olasılığı,

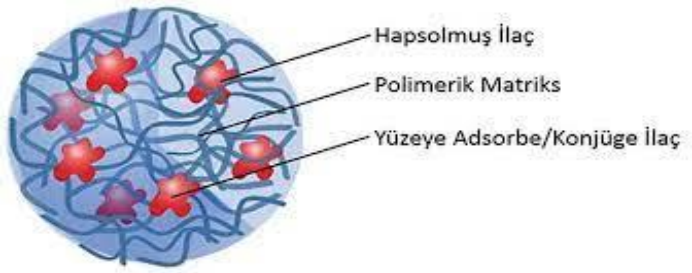
-Sistem vücut içerisinde iken ilaç salınmasının istenilen sürede durdurulamaması,

-Formülasyon geliştirme maliyetinin yüksek olması,

-Birden fazla hazırlama yönteminin bulunması,

-Her etkin madde için kontrollü salım sisteminin hazırlanamaması şeklinde özetlenebilir.

Nanopartiküller ve mikropartiküller başta olmak üzere ilaç taşıyıcı sistemlerin geliştirilmesi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır ve yapılmaya da devam edilmektedir. Polimerik partiküller, çok yönlü ve farklı yollarla kullanma imkanı sağlayan, her uygulama yolu için farklı tasarım gereksinimlerine ihtiyaç duyan sistemlerdir. Genel olarak nanopartiküllerin hazırlanmasında, aktif madde sentetik veya doğal bir polimer içerisine hapsedilmekte ya da hazırlanan nanopartikül yüzeyine adsorbe ettirilmekte veya yapı içinde çözünerek matriks yapı oluşturmaktadır. Polimerik nanopartikül sistemi kullanılarak yapılacak olan enkapsülasyonda etkin madde olarak Ursodeoksikolik Asit (UDCA) kullanılmıştır. Yöntem olarak ise emülsifikasyon-çözücü buharlaştırma yöntemi kullanılmıştır.

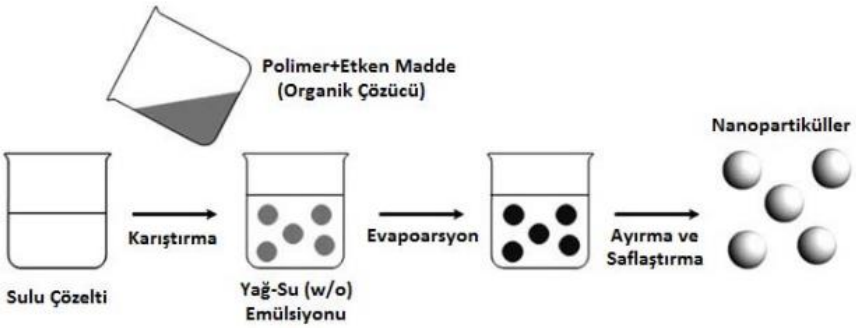


2. MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında kullanılacak polimer (PLA) polilaktik asittir. Vücutta parçalanabilir ve toksik olmayan bir polimer olduğu için polimerik nanopartikül çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Polimerik nanopartikül sistemi kullanılarak yapılacak olan enkapsülasyonda etkin madde olarak Ursodeoksikolik Asit (UDCA) kullanılmıştır. Yöntem olarak ise emülsifikasyon-çözücü buharlaştırma yöntemi kullanılmıştır. Ursodeoksikolik Asit (UDCA) etkin maddesinin enkapsülasyonu gerçekleştirilerek ilaç taşıma sisteminin oluşturulması hedeflenen çalışmada kullanılacak yöntem polimerik nanopartikül kullanılarak tasarlanan ilaç taşıma sistemleridir. Polimerik nanopartikül hazırlamak için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu çalışmada uygulanan yöntem emülsifikasyon-çözücü buharlaştırma tekniği ile polimerik nanopartikül oluşturma yöntemidir. Bu yönteme göre yapılan literatür araştırmalarına bakıldığında deneysel süreç, ilk olarak 1971 yılında Vanderhoff ve ark. geliştirdikleri bir patente dayanılarak Gurny ve ark. tarafından başlamıştır. Yöntemin esası su ile karışmayan bir organik çözücüde polimerik materyalin çözünmesi ve ardından bir yüzey aktif madde içeren sulu faz içerisinde emülsifiye edilmesine dayanmaktadır. Emülsifikasyon prosesi, mekanik karıştırmayla, sonikasyonla ya da yüksek basınçlı homojenizasyonla gerçekleştirilir. Etkin maddenin hidrofilik ya da hidrofobik oluşuna göre hazırlanan emülsiyonun tipi de farklılık gösterir. Emülsifikasyon prosesinden sonra, organik çözücü ya oda sıcaklığında ya da düşük basınç altında buharlaştırılarak ortamdan uzaklaştırılır ve böylece nanopartiküller elde edilir. Daha sonra elde edilen nanopartiküller santrifüjlenir, yıkanır ve kurutulur. Nanopartiküllerin boyutu; karıştırma hızı stabilize edici ajanın tipi, ajanın miktarı, organik ve sulu fazın viskozitesi, sıcaklık ayarı gibi parametreler değiştirilerek kontrol altında tutulabilir [6, 7]. Yöntem uygulanırken kullanılan organik çözücülerin, yüzey aktif maddelerin ve diğer kimyasalların toksik etkisinin oluşmamasına da önem verilmelidir.

2.1. Yöntem

UDCA etkin maddesi yüklü polimerik nanopartüküller hazırlanırken kullanılacak yöntem emülsiyon-çözücü buharlaştırma yöntemi olacaktır. İlk olarak 100.0 mg PLA 10.0 ml chloroform oganik çözücüsünde çözündürülür. Üzerine 10.0 mg UDCA etkin maddesi eklenir, elde edilen çözelti 15 dk boyunca 700 rpm'de karıştırılır (Yağ fazı). %0.1'lik PVA çözeltisi hazırlanır (Su fazı). Hazırlanmış organik faz (yağ fazı) 20.0 ml %0.1'lik PVA çözeltisine (su fazı) enjektör yardımıyla damla damla damlatılırken ultrasonik prob ile homojenizasyon sağlanır. (%50 güç, 10 dk). Bu çözelti rotavapor kullanılarak (45°C, 15 dk) organik faz uzaklaştırılır. (Ya da karıştırmaya bırakılarak organik çözücünün uçması beklenir). Daha sonra elde edilen süspansiyon 9000 rpm'de 15°C'de 15 dk boyunca santrifüj edilir. Supernatant uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen pellet (çökelek) ultra saf su ile yıkanarak tekrar aynı koşullarda santrifüj edilir. Elde edilen çökelek kısım alınır, etüvde kurutulur. Daha sonra oluşan nanopartiküllerin karakterizasyonu yapılmak üzere +4°C'de muhafaza edilir.



3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

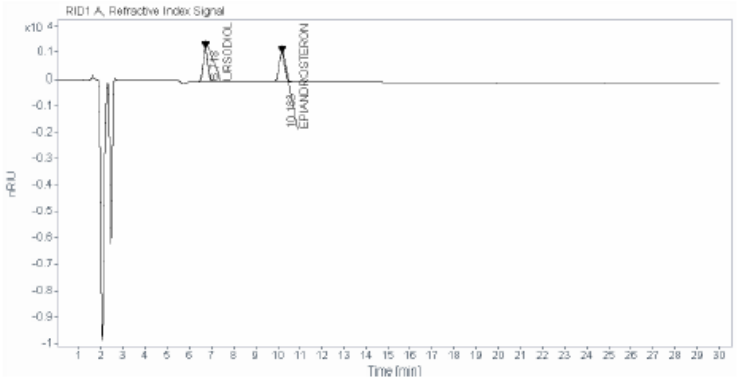
Öncelikle enkapsülasyon işlemi öncesinde Ursodeoksikolik Asit için miktar tayini analizi yapılmıştır ve polimerik nanopartikülasyondan önce etkin maddenin miktarına bakılmıştır.

Data file: C:\Chem32\1\Data\UDCA\UDCA_MT 2022-06-09 09-28-28\SIG1220609.D
Sample name: STANDART-1
Description:

Instrument: HPLC AL-21
Injection date: 6/9/2022 11:03:07 AM
Acq. method: UDCA_MT.M
Analysis method: UDCA_MT.M

Location: P1-A4
Injection: 1 of 5
Injection volume: 50.000
Acq. operator: ESIN GULCIN KAYIS

Sample type: Sample



Name	RT	RRT	Resolution	Area	Height	Amount	Unit	Symmetry	T. Plates	Tail Factor
URSODIOL	6.72	1.000		16231	1188	1.00	ng/ul	1.03	5730	1.03
EPIANDROSTERON	10.18	1.516	8.69047	17282	1026	1.00	ng/ul	0.97	8399	1.01

Daha sonra yapılan polimerik nanopartiküllerin süpernatantları ve polimerik nanopartiküller HPLC'de enkapsülasyondan önce yapılan miktar tayini analiz metodu ile analiz edildi. Bunlara ait kromatogramlar da aşağıdaki gibidir.

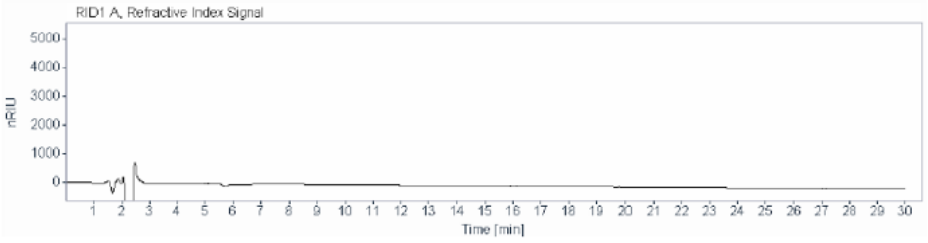
Data file: C:\Chem32\1\Data\UDCA\UDCA_MT 2023-03-22 11-55-07\SIG1220608.D
Sample name: SUPERNATANT-1
Description:

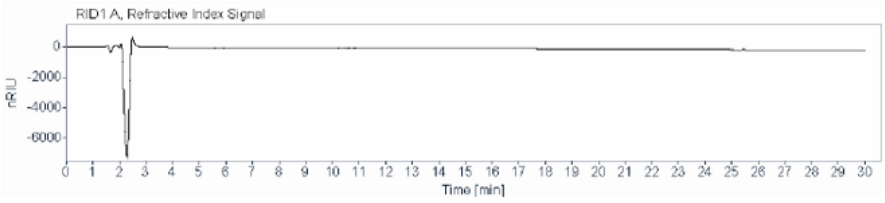
Instrument: HPLC AL-21
Injection date: 3/22/2023 12:58:23 PM
Acq. method: UDCA_MT.M
Analysis method: UDCA_MT.M
Last changed: 3/22/2023 4:36:14 PM

Location: P1-A2
Injection: 1 of 2
Injection volume: 50.000
Acq. operator: ESIN GULCIN KAYIS

Sample amount: 0.000
Multiplier: 1
Calib. data modified:

Sample type: Sample





Süpernatantın kromatogramına bakıldığında polimerik nanopartikülün toplanan süpernatantlarında herhangi bir pik gözlenmemiştir. Bu da enkapsülasyon sonrasında süpernatantlarda etkin madde kalmadığını kanıtlamıştır. Sonrasında da yine ursodeoksikolik asit miktar tayini validasyonu sırasında kullanılan çözücü kullanılarak hazırlanan polimerik nanopartiküller çözündürülmüştür ve çözelti tekrar HPLC'de analize alınmıştır. Bu analize ait kromatogram da aşağıdaki gibidir.

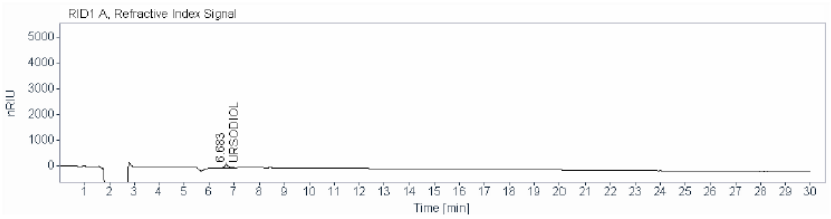
Data file: C:\Chem32\1\Data\UDCA\UDCA_MT 2023-03-22 11-55-07\OnlineEdited--012.D
Sample name: ENKAPSULASYON UNP
Description:

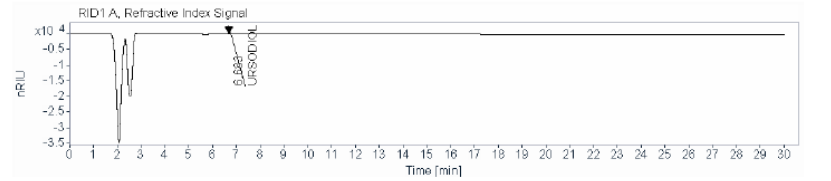
Instrument: HPLC AL-21
Injection date: 3/22/2023 6:09:09 PM
Acq. method: UDCA_MT.M
Analysis method: UDCA_MT.M
Last changed: 3/22/2023 4:36:14 PM

Location: P1-A4
Injection: 2 of 4
Injection volume: 50.000
Acq. operator: ESIN GULCIN KAYIS

Sample amount: 0.000
Multiplier: 1
Calib. data modified: 3/22/2023 4:34:00 PM

Sample type: Sample





Name	RT	RRT	Area	Height	% Area	Amount	Unit	Resolution	Theoretical Plates	Tailing Factor	S/N
URSODIOL	6.68	-1.000	1504	111	100.00	1.04	ng/ul		5681	1.34	

Kromatograma göre, çözücü (metanol) ile çözülerek aynı konsantrasyonda cihaza enjekte edilen polimerik nanopartiküllerin alanı 10 kat düşük çıkmıştır. Bu da enkapsüle edilmiş polimerik nanopartiküllerin uzun salınımlı olduğu ve kısa sürede çözülmediğini göstermektedir. Yapılan deneysel çalışmanın reaksiyon verimi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\frac{Elde\ Edilen\ Nanopartikül\ Miktarı}{PLA + Etkin\ Madde} x100$$

$$\frac{62{,}541}{100 + 10} x100\ 56{,}8\ \%$$

Elde edilen nanopartikül miktarında polimerik nanopartiküllerin tartım kaplarında ve santrifüj tüplerinde kalan miktarlar da hesaba katılmaya çalışılmıştır.

4. KAYNAKLAR

[1] Tiwari G, Tiwari R, Sriwastawa B, Bhati L, Pandey S, Pandey P, Bannerjee SK, Drug Delivery systems: An updated review. International Journal of Pharmaceutical, Investigation, 2023, 2-11

[2] Martinho N, Damge C, Reis CP, Recent advances in drug delivery systems, Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology, 2011, 2:510-526.

[3] Gürsoy AZ. Giriş. İçinde: Gürsoy AZ, Kontrollü Salım Sistemleri, 1. Baskı. İstanbul, Kontrollü Salım Sistemleri Derneği, 2002:3-6.

[4] Çetin EM. Periodontal Hastalıkların Tedavisinde Kullanılan Lokal Kontrollü Salım Sistemlerinin İncelenmesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyofarmasötik ve Farmakokinetik Bilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir: Ege Üniversitesi, 2008.

[5] Kaş, H., (2002). İlaç taşıyıcı partiküler sistemler. Kontrollü Salım Sistemleri. Ed's, Gürsoy A:82-88

[6] Pinto Reis C, Neufeld RJ, Riberio AJ, Veiga F. Nanoencapsulation I. Methods for preparation of drug loaded polymeric nanoparticles, Nanomedicine, 2006, 2: 8-21.

[7] Vauthier C, Bouchemal K. Methods for the preparation and manufacture of polymeric nanoparticles. The Pharmaceuticals Research, 2009, 26: 1025-1058.

Makale id= 43

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0004-3164-1211

Terai Sanısı ile İlgili Bazı Özel Durumların İncelenmesi

Araştırmacı Tuba Çokoksen[1] , Prof.Dr. Murat Alan[2]
[1] Yıldız Teknik Üniversitesi
[2] Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Tuba ÇOKOKSEN

Özet: *Değişkenleri ve katsayılarının tam sayı değeri aldığı denklemler olarak bilinen Diophant denklemler, ismini M.S. 3.yüzyılda yaşadığı düşünülen matematikçi İskenderiyeli Diophantus'tan almıştır. Cebrin babası olarak bilinen Diophantus, cebir denklemleri ve sayılar teorisi üzerine olan Arithmetika adlı kitabında birçok problem önermiş ve çözmüştür. Pierre de Fermat'ın "Fermatı'ın Son Teoremi" olarak tarihe geçen anekdotu bu kitaptaki denklemin çözümüne yöneliktir. Euler, Lagrange, Gauss, Poincaré ve diğer matematikçiler de Diophant denklemler üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmalar cebirsel sayılar teorisine yenilikler katmakla kalmamış, cebirsel geometri, eliptik eğri teorisi gibi birçok alanda önemli gelişmeler sağlamıştır. Bu çalışmada 〖〖(24m〗^2+1)〗^x+〖〖(25m〗^2-1)〗^y=〖(7m)〗^z Diophant denkleminin bazı koşullar altında tek çözümünün (x,y,z)=(1,1,2) olduğu gösterilmiştir. Yani bu denklemde yapılan ispat ile Terai Sanısı doğrulanacaktır. İspatta sayılar teorisindeki elemanter yöntemler, sınıflandırma methodu ve p-adik valüasyon kullanılacaktır.*

Anahtar Kelimeler: *Diophant Denklemler, Terai Sanısı, P-Adik Valüasyon*

Examination of Some Special Cases Related to the Terai Conjecture

Abstract: *The Diophantine equations, named after the mathematician Diophantus who is thought to have lived in the 3rd century AD, are equations where variables and coefficients take integer values. Diophantus, known as the father of algebra, proposed and solved numerous problems related to algebraic equations and number theory in his book "Arithmetica." Pierre de Fermat's famous anecdote, known as "Fermat's Last Theorem," is related to a problem in this book. Euler, Lagrange, Gauss, Poincaré, and other mathematicians have also worked on Diophantine equations. These studies not only contributed innovations to algebraic number theory but also led to significant developments in various fields such as algebraic geometry and elliptic curve theory. In this study, it is shown that under certain conditions, the only solution to the Diophantine equation 〖〖(24m〗^2+1)〗^x+〖〖(25m〗^2-1)〗^y=〖(7m)〗^z is (x,y,z)=(1,1,2). Thus, the verification of the Terai Conjecture is established through the proof presented in this research. The proof relies on elementary methods from number theory, a classification method and p-adic valuation.*

Keywords: *Diophantine Equations, Terai Conjecture, P-Adic Valuation*

1. GİRİŞ

Katsayıları tam sayı olan bir denklemin tam sayı köklerini bularak gerçek hayat problemlerini çözmek matematiğin önemli ilgi alanlarından biri olmuştur. Bu tür denklemlerin çözümüne yönelik temelleri ismini de aldığı İskenderiyeli Diophantus atmıştır.

Tanım 1.1. Kabul edelim ki, a,b,c aralarında asal ve 1'den büyük tam sayılar olsun. O halde

(1)

$$\boldsymbol{a^x + b^y = c^z}$$

denklemine üçlü tamamen üstel Diophant denklem denir. Denklemi sağlayan (x, y, z) pozitif tam sayıları denklemin çözümleridir. (Shorey & Tijdeman, 1986)

Diophantus'un Arithmetika adlı kitabında birçok denklem ve çözümleri mevcuttur. Fermat, Euler, Lagrange, Gauss, Poincar´e ve diğer matematikçiler de Diophant denklemler üzerinde çalışmışlar günümüze kadar birçok matematikçi çalışmaya devam etmektedir.

İlk Diophant denklemlerden biri

(2)

$$x^2 + y^2 = z^2$$

denklemidir. Denklemi sağlayan (x, y, z) pozitif tam sayıları Pisagor üçlüleri olarak adlandırılır.

1956'da Sierpinski, (Sierpinski, 1956) Pisagor teoremindeki üslü ifadeleri değişkene çevirerek $3^x + 4^y = 5^z$ üstel Diophant denkleminin tek çözümünün (2,2,2) olduğunu göstermiştir. Ayrıca aynı yıl Jeśmanowicz (Jesmanowicz, 1955) bu denklemi farklı Pisagor üçlüleri için genişleterek $a^2 + b^2 = c^2$ denklemini sağlayan pozitif a, b, c tam sayıları için tek çözüm (2,2,2) olduğu iddiasını ortaya atmıştır. Jeśmanowicz sanısının doğru olduğu birçok özel durum için ispatlanmış olup henüz tamamen ispatlanmadığı için literatürde hala açık bir problemdir.

1994'te Terai (Terai, 1994) a, b, c, p, q, r pozitif tam sayılar $p, q, r \geq 2$ iken

(3)

$$\boldsymbol{a^p + b^q = c^r}$$

şartını sağlayacak şekilde (1) denkleminin birkaç bilinen (a, b, c) üçlüleri dışında tek pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (p, q, r)$ olduğunu ortaya atmıştır.

(4)

$$\boldsymbol{\left(am^2 + 1\right)^x + \left(bm^2 - 1\right)^y = (cm)^z}$$

(3) denkleminin özel bir hali olduğunu görebiliriz. Burada $a + b = c^2$ eşitliği sağlanmaktadır. (4) denklemi üzerinde birçok çalışma yapılmış ve Terai sanısı doğrulanmıştır.

2. AMAÇ

Çalışmanın amacı Terai sanısını özel bir hali olan (4) denklemi için $a = 24, b = 25$ ve $c = 7$ alınarak bazı koşullar altında

(5)

$$(24m^2 + 1)^x + (25m^2 - 1)^y = (7m)^z$$

denkleminin tek pozitif tam sayı çözümünün (1,1,2) olduğunu gösterilecektir.

Teorem 2.1.

m pozitif tam sayı ve $m \equiv 0\ (mod\ 7)$ olsun. O halde (5) denkleminin tek pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (1,1,2)$ dir.

3. ÖN BİLGİLER

Herhangi pozitif tam sayı D için $h(4D)$, diskriminant $-4D$'nin pozitif 2.dereceden formalarının sınıf numarası olsun.

Lemma 3.1 (Hua, 2012) [Teorem 11.4.3, 12.10.1 ve 12.14.3]

(6)

$$h(-4D) < \frac{4}{\pi}\sqrt{D}\log\left(2e\sqrt{D}\right)$$

D, D_1, D_2, k pozitif tam sayılar olsun. Öyle ki $min(D, D_1, D_2) > 1$, $gcd(D_1, D_2) = 1$, $2 \nmid k$ ve $\gcd(D, k) = \gcd(D_1, D_2, k) = 1$ sağlansın.

Lemma 3.2. (Le, 1995) [Teorem 1 ve 2]

$D > 1$, $2 \nmid k$ ve $\gcd(D, k) = 1$ şartlarını sağlayan D ve k pozitif tam sayılar olsun. Eğer

(7)

$$X^2 + DY^2 = k^Z, \qquad X, Y, Z \in \mathbb{Z}, \qquad \gcd(X, Y) > 1, \quad Z > 0$$

(X, Y, Z) çözümüne sahipse, o halde bu denklemin çözümleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Z = Z_1 t, \qquad t \in \mathbb{N}$$

$X + Y\sqrt{-D} = \lambda_1\left(X_1 + \lambda_2 Y_1\sqrt{-D}\right)^t$, $\lambda_1, \lambda_2 \epsilon \{\pm 1\}$ burada X_1, Y_1, Z_1 pozitif tam sayıları $X_1^2 + DY_1^2 = k_1^Z$, $\gcd(X_1, Y_1) = 1$ ve $h(-4D) \equiv 0 (mod\ Z_1)$ eşitliklerini sağlar.

Lemma 3.3. (Le, 1995) [Lemma 1]

D_1 , D_2 1'den büyük aralarında asal tam sayılar olsun.

(8)

$$D_1X^2 + D_2Y^2 = k^Z, \gcd(X, Y) = 1, \quad Z > 0, \quad X, Y, Z \in \mathbb{Z}$$

denkleminin sabit (X, Y, Z) çözümü için bir tek pozitif tam sayı l mevcuttur ki

(9)

$$l = D_1\alpha X + D_2\beta Y, \qquad 0 < t < k$$

için $\beta X - \alpha Y = 1$ eşitliğini sağlayan α, β tam sayıları vardır. Buradaki l , (X, Y, Z) çözümünün karakteristik sayısı olarak bilinir. $< X, Y, Z >$ şeklinde gösterilir. Eğer $< X, Y, Z >= l$ ise $D_1X \equiv -lY (mod\ k)$ sağlanır.

Kabul edelim ki (X_0, Y_0, Z_0), (8) denkleminin bir çözümü ve $< X_0, Y_0, Z_0 >= l_0$ olsun. O halde $< X, Y, Z > \equiv \pm l_0 (mod\ k)$ denkliğini sağlayan tüm çözümlerin kümesi (X, Y, Z) (8) denkleminin çözüm sınıfıdır ve $S(l_0)$ ile gösterilir.

Lemma 3.4. (Le, 1995) [Teorem 1 ve 2]

(8) denkleminin herhangi bir $S(l_0)$ çözüm sınıf için $(X_1, Y_1, Z_1) \in S(l_0)$ olacak şekilde bir tek çözümü mevcuttur öyle ki $X_1 > 0, Y_1 > 0, Z_1 \geq Z$ olacak şekilde $(X, Y, Z) \in S(l_0)$ tüm çözümlerini kapsayacak Z vardır. Burada (X_1, Y_1, Z_1) üçlüsü $S(l_0)$ için en küçük çözüm olarak adlandırılır. Yani (X, Y, Z), $S(l_0)$ çözüm sınıfına ait çözüm ise

(10)

$$Z = Z_1 t, \quad 2t, \quad t \in \mathbb{N}$$

(11)

$$X\sqrt{D_1} + Y\sqrt{-D_2} = \lambda_1\left(X_1\sqrt{D_1} + \lambda_2 Y_1\sqrt{-D_2}\right)^t, \lambda_1, \lambda_2 \in \{1, -1\}$$

Lemma 3.5. (Bugeaud & Shorey, 2001) [Teorem 2]

(X_1, Y_1, Z_1), $S(l_0)$ için en küçük çözüm olsun. Eğer (8) denkleminin çözümü $(X, Y, Z) \in S(l_0)$, $X > 0$ ve $Y = 1$ şartlarını sağlıyorsa $Y_1 = 1$'dir. Bu durumda $(X, Z) \neq (X_1, Z_1)$ ise aşağıdaki koşullardan biri sağlanır.

i. $D_1 X_1^2 = \frac{1}{4}(k^{Z_1} \pm 1)$, $D_1 = \frac{1}{4}(3k^{Z_1} \pm 1)$, $(X, Z) = (X_1 | D_1 X_1^2 - 3D_2|, 3Z_1)$

ii. $D_1 X_1^2 = \frac{1}{4}F_{3r+3\varepsilon}$, $D_2 = \frac{1}{4}L_{3r}$, $k^{Z_1} = F_{3r+\varepsilon}$,
$(X, Z) = \left(X_1 | D_1^2 X_1^4 - 10D_1 D_2 X_1^2 + 5D_2^2|, 5Z_1\right)$, r pozitif tam sayı, $\varepsilon \in \{1, -1\}$ ve F_n n. Fibonacci sayısıdır.

α, β cebirsel sayılar olsun. (α, β) bir Lucas ikilisidir öyle ki $\alpha + \beta$ ve $\alpha\beta$ aralarında asal ve sıfırdan farklı ayrıca $\frac{\alpha}{\beta}$ bir kök değildir. Eğer (α, β) Lucas ikilisi ise

$$L_n(\alpha, \beta) = \frac{\alpha^n - \beta^n}{\alpha - \beta}, \quad n = 1,2, \ldots$$

Lucas sayı dizileri şeklinde tanımlanır.

p bir asal sayı, $p | L_n(\alpha, \beta)$ ve $p \nmid (\alpha, \beta)^2 L_1(\alpha, \beta) \ldots L_{n-1}(\alpha, \beta)$ için ilkel bölen olarak adlandırılır. Burada hangi Lucas dizilerinin kesin olarak ilkel bölene sahip olduğunu referansı ile biliyoruz. Eğer $n \geq 5$ ve $n \neq 6$ ise herhangi bir Lucas dizisi $L_n(\alpha, \beta)$ sonlu parametre dizisi (n, α, β) dışında ilkel bölene sahiptir. (Voutier, 1995) (Bilu, Hanrot, & Voutier, 2001)

Tanım 3.6. (p-adik Valüasyon) p bir asal sayı ve $n \in \mathbb{Z}$ olsun. Eğer n sayısı sıfırdan farklı ise $p^k | n$ ancak $p^{k+1} \nmid$ n olacak biçimde negatif olmayan bir k tam sayısı vardır. Bu k tam sayısı, p asalının n tam sayısını bölme sayısıdır ve $v_p(n)$ ile gösterilir.

α_1, α_2 sıfırdan farklı tam sayılar ve g en küçük pozitif tam sayı olsun öyle ki

$$v_p\left(\alpha_1^g - 1\right) > 0, \qquad v_p\left(\alpha_2^g - 1\right) > 0$$

E reel sayısı vardır ve $v_p\left(\alpha_1^g - 1\right) \geq E > \frac{1}{p-1}$ sağlanır. $\Lambda = \alpha_1^{b_1} - \alpha_2^{b_2}$ ifadesi ile üst sınır bulmak için aşağıdaki önerme kullanır.

Önerme 3.7. (Bugeaud, 1999) [Teorem 2]

$A_1 > 1, A_2 > 1$ reel sayılar ve b_1, b_2 pozitif tam sayılar olsun öyle ki

$$\log A_1 \geq \max\{\log|\alpha_i|, E.\log p\}, \quad i = 1,2$$

$$b' = \frac{b_1}{\log A_2} + \frac{b_2}{\log A_1}$$

$v_p(\Lambda)$ için üst sınır aşağıdaki gibi bulunur.

$$v_p(\Lambda) \leq \frac{36.1}{E^3 (\log p)^4}(\max\{b' + \log(E \log p) + 0.4, 6E \log p, \ 5\})^2 \log A_1 \log A_2$$

4. İLGİLİ TEOREMLERİN UYGULAMALARI

Teorem 4.1. m pozitif tam sayı ve $m \equiv 0(mod\ 7)$ olsun. O halde denkleminin tek pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (1,1,2)$ dir.

(12)

$$(24m^2 + 1)^x + (25m^2 - 1)^y = (7m)^z$$

İspat. $2|m$ durumunu inceleyim. Eğer $z \leq 2$ için (12) denklemi için $(x, y, z) = (1,1,2)$ olduğu açıktır. $z \geq 3$ için (12) denklemini önce $mod(m^2)$'de alırsak

(13)

$$1^x + (-1)^y \equiv 0\ (mod\ m^2)$$

y'nin tek sayı olduğu görülür. Sonra $mod(m^3)$'te alırsak

(14)

$$24x + 25y \equiv 0\ mod(m)$$

y tek ve m çift olduğundan (12) denklemi için bir çözüm yoktur. O halde $2|m$ durumu için tek pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (1,1,2)$'dir.

$2 \nmid m$ durumunu inceleyelim. $(modm^2)$'de (12) denklemi için $2 \nmid y$ olduğu ve bir çözümünün $(1,1,2)$ olduğu açıktır. x için önce $2 \nmid x$ durumunu inceleyelim. Lemma 3.3'ten

(15)

$$(24m^2 + 1)X^2 + (25m^2 - 1)Y^2 = (7m)^Z, \quad X, Y, Z \in \mathbb{Z}, \ \ Z > 0$$

denkleminin çözümü

(16)

$$(X, Y, Z) = ((24m^2 + 1)^{\frac{x-1}{2}}, (25m^2 - 1)^{\frac{y-1}{2}}, z)$$

olur. Ve biliyoruz ki $l =< ((24m^2 + 1)^{\frac{x-1}{2}}, (25m^2 - 1)^{\frac{y-1}{2}}, z >$ bu nedenle

(17)

$$(24m^2 + 1)^{\frac{x+1}{2}} \equiv -l(25m^2 - 1)^{\frac{y-1}{2}}(mod\ 7m)$$

Yani buradan $l \equiv \pm 1(mod 7m)$ denkliğini elde edebiliriz. (12) denkleminin bir başka çözümü $(X_1, Y_1, Z_1) = (1,1,2)$ olsun. $l_0 \equiv< 1,1,2 >$ yazarsak

(18)

$$(24m^2 + 1)\ .1 \equiv -l_0\ .1(mod\ 7m)$$

$l_0 \equiv -1(mod\ 7m)$ bulunur. Sonuç olarak $l \equiv \pm l_0(mod\ 7m)$ olup $(X_1, Y_1, Z_1) = (1,1,2)$ ve (16), (12) denkleminin aynı çözüm sınıfı $S(l_0)$içindedirler. Yani $(x, y, z) = (1,1,2)$ $S(l_0)$'ın en küçük çözümüdür.

Lemma 3.4'teki (11) çözüm denklemi açıldığında

(19)

$$(24m^2 + 1)^{\frac{x-1}{2}}\sqrt{(24m^2 + 1)} + (25m^2 - 1)^{\frac{y-1}{2}}\sqrt{1 - 25m^2}$$
$$= \lambda_1\left(\sqrt{(24m^2 + 1)} + \lambda_2\sqrt{1 - 25m^2}\right)^t$$

ve $z = 2t,\ \ 2 \nmid t,\quad t \in \mathbb{N}$ dir.

(19) denkleminin sağ tarafını açarsak,

(20)

$$(25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}} = \lambda_1\lambda_2 \sum_{i=0}^{\frac{t-1}{2}} \binom{t}{2i+1} (24m^2+1)^{\frac{t-1}{2}-i}(1-25m^2)^i$$

elde edilir. $y > 1$ olsun. (20)'den,

(21)

$$0 \equiv \lambda_1\lambda_2 t(24m^2+1)^{\frac{t-1}{2}}(mod(25m^2-1))$$

bulunur. $2 \nmid t\ (24m^2+1)^{\frac{t-1}{2}}$ olduğundan (21) çelişkidir. $y > 1$ çözüm bulunamaz. Bu durumda $y = 1$ olmalıdır.

Lemma 3.5'teki iki durum incelersek $Y_1 = 1$ iken $(X_1, Y_1, Z_1) = (1,1,2), S(l_0)$'ın en küçük çözümü olduğu için Lemma 3.5'ten,

(22)

$$24m^2+1 = \frac{1}{4}(7^2m^2 \pm 1),$$

$$4(24m^2+1) = (7^2m^2 \pm 1)$$

denklemi $mod(m^2)$'de alınırsa

$$4 \equiv \pm 1(modm^2)$$

ve bir çözüme ulaşamayız.

İkinci denklem olan $F_{3r+\varepsilon} = (7m)^2$ den Fibonacci sayılarından bu denklemi sağlayan uygun bir m değeri bulamayız o nedenle $(X, Z) \neq (X_1, Z_1)$ çözümünün olmadığı görülür.

(12) denklemi için x tek olduğunda pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (1,1,2)$ dışında mevcut değildir. Şimdi x için $2|x$ durumunu inceleyelim. Lemma 3.2'den,

(23)

$$X^2 + (25m^2-1)Y^2 = (7m)^Z,\ \ gcd(X,Y) = 1,\ \ Z > 0$$

denkleminin çözümü

(24)

$$(X, Y, Z) = ((24m^2+1)^{\frac{x}{2}}, (25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}}, z)$$

olur. Buradan X_1, Y_1, Z_1 pozitif tam sayıları için

(25)

$$z = Z_1 t,\quad t \in \mathbb{N}$$

$$(24m^2+1)^{\frac{x}{2}} + (25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}}\sqrt{1-25m^2} = \lambda_1\left(X_1 + \lambda_2 Y_1.\sqrt{1-25m^2}\right)^t$$

dir. Ayrıca X_1, Y_1, Z_1 pozitif tam sayıları

(26)

$$X_1^2 + (25m^2-1)Y_1^2 = (7m)^{Z_1},\ \ gcd(X_1, Y_1) = 1$$

(27)

$$h(-4(25m^2-1)) \equiv 0 \ (mod\ Z_1)$$

Öncelikle t'yi çift olarak alalım. Bu durumda

(28)

$$X_2^2 + Y_2\sqrt{(25m^2-1)} = \left(X_1 + \lambda_2 Y_1.\sqrt{1-25m^2}\right)^{\frac{t}{2}}$$

(28) denklemi yerine (25) denklemi yazılırsa

(29)

$$(24m^2+1)^{\frac{x}{2}} + (25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}}\sqrt{1-25m^2} = \lambda_1\left(X_2 + \lambda_2 Y_2.\sqrt{1-25m^2}\right)^2$$

denklemine ulaşılır ve buradan

(30)

$$(24m^2+1)^{\frac{x}{2}} = \lambda_1 {Y_2}^2(25m^2-1)$$

$$(25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}} = 2\lambda_1 X_2 Y_2$$

olduğu görülür. (30) göz önüne alındığında ve $gcd(24m^2 1{,}25m^2-1) = 1$ olduğundan

(31)

$$|X_2| = 1 \text{ ve } |Y_2| = \frac{1}{2}(25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}}$$

bulunur. $X_1^2 + (25m^2-1)Y_1^2 = (7m)^{\frac{Z_1.t}{2}} = (7m)^{\frac{z}{2}}$ denkleminde (31) yazılırsa,

$1 + \frac{1}{4}(25m^2-1)^y \equiv (7m)^z$, çelişki elde edilir. O halde t'nin çift olduğu durumda çözüm yoktur.

t'nin tek olduğunu kabul edelim.

(32)

$$\alpha = X_1 + Y_1\sqrt{1-25m^2}, \quad \beta = X_1 - Y_1\sqrt{1-25m^2}$$

olsun. Buradan $(25m^2-1)^{\frac{y-1}{2}} = Y_1\left|\frac{\alpha^t-\beta^t}{\alpha-\beta}\right| = Y_1|L_t(\alpha,\beta)|$ olduğu söylenebilir. $L_t(\alpha,\beta)$, bir Lucas dizisi olup ilkel bölene sahip olmadığı ve (α,β) parametrelerinin kaynağında verilenlerle eşleşmediğine ulaşılır. Yani BHV (Bilu, Hanrot, & Voutier, 2001) teoreminden $t \leq 3$ eşitsizliği bulunur. (27)'den

$Z_1 \leq h(-4(25m^2-1)$ eşitsizliğini yazabiliriz. Yine Lemma3.2'den $Z = Z_1 t$ olup $t \leq 3$ için

(33)

$$z \leq 3.\frac{4}{\pi}\sqrt{25m^2-1}.log(2e\sqrt{25m^2-1})$$

üst sınırı bulunur. Ayrıca (12)'de logaritma fonksiyonu kullanarak $x < z$, $y < z$ eşitsizliği kolayca elde edilir.

Ek olarak $2 \nmid m$ için üst sınır bulalım. Bunun için de p-adik valüasyon kullanarak Önerme 3.7'den yararlanacağız.

$$p = 7, \quad \alpha_1 = 24m^2+1, \quad \alpha_2 = 1-25m^2, \quad b_1 = x, \quad b_2 = y,$$

(34)

$$\Lambda = (24m^2+1)^x - (1-25m^2)^y$$

ve $g = 1, \quad E = 1, \quad A_1 = 24m^2 + 1, \quad A_2 = 25m^2 - 1$ dir. (34)'te değerler yerine yazıldığında $v_7(\Lambda) \geq 2$ elde edilir. Önerme 3.7'yi kullanacak olursak

(35)

$$b' = \frac{x}{\log(24m^2+1)} + \frac{y}{\log(25m^2-1)} \text{ ve } \quad M=\{x, y\}$$

(36)

$$2z \leq \frac{36.1}{\left(\log(7)\right)^4}\left(max\{b' + \log\left(\log(7)\right) + 0.4, 6\log(7), 5\}\right)^2 \log(24m^2+1)\log(25m^2-1)$$

(35)'ten

(37)

$$b' < \frac{M}{log(4)}$$

eşitsizliğini yazabiliriz. (37), (36)'da yerine yazıldığında aşağıdaki eşitliksizlik elde edilir.

$$2z \leq \frac{36.1}{\left(log(7)\right)^4}\left(max\{log(M) - log(log(4)) + log\left(log(7)\right) + 0.4, 6\,log(7), 5\}\right)^2 \times log(24m^2 + 1) \times log(25m^2 - 1)$$

$max\{log(M) - log(log(4)) + log\left(log(7)\right) + 0.4, 6\,log(7), 5\}$ incelendiğinde $5 < 6\,log(7)$ olup , diğer iki durumu incelememiz gerekir.

$log(M) - log(log(4)) + log\left(log(7)\right) + 0.4 > 6\,log(7)$ ele alındığında ve (36) eşitsizliği birlikte çözüldüğünde M değeri için çelişki elde edilir. O halde,

$log(M) - log(log(4)) + log\left(log(7)\right) + 0.4 < 6\,log(7)$ ve (36) yine birlikte değerlendirilirse

$M < 56183$ üst sınırı bulunur.

(12) denklemi $z = 3$ için (x, y, z) çözümü olmadığından $z \geq 4$ için

(38)

$$M = max\{x, y\} \geq \frac{m^2}{49}$$

elde edilir. (36) ve (38) birlikte çözüldüğünde bu kez m için üst sınır $m \leq 1650$

olarak bulunur.

5. SONUÇ

Sonuç olarak $x < z, \quad y < z$ ve $z \leq 1113$ ile $7 \leq m \leq 1650$ aralığında tüm olası çözümleri kontrol etmek için Maple ile kısa bir program yazılarak $z \geq 3$ olduğunda (m, x, y, z) için tam sayı çözüm olmadığı görülür.

(12) denkleminin belli koşullar altında tek pozitif tam sayı çözümü $(x, y, z) = (1,1,2)$ olduğu ispatlanır.

KAYNAKÇA

Bilu, Hanrot, & Voutier. (2001). Existence of primitive divisors of lucas and lehmer numbers.

Bugeaud. (1999). Linear forms in p-adic logarithms and the Diophantine equation (xn1)/(yn1) = yq. *Math Proc Camb Philos Soc*, s. 373-381.

Bugeaud, & Shorey. (2001). On the number of solutions of the.

Hua. (2012). Introduction to number theory. *Springer Science & Business Media*.

Jesmanowicz. (1955). Several remarks on pythagorean numbers. *Wiadom. Mat, 1*(7), s. 196-202.

Le. (1995). Some exponential diophantine equations. ı. the equation d1x2- d2y2=λkz. *Journal of Number Theory*, s. 209–221.

Shorey, & Tijdeman. (1986). Exponential Diophantine Equations. Cambridge: Cambridge University Press.

Sierpinski. (1956). On the equation 3x + 4y = 5z. *Wiadom Mat 1*, s. 194-195.

Terai. (1994). The Diophantine equation ax+by=cz. *Proc. Japan. Ser. A Math.*, s. 22-26.

Voutier. (1995). Primitive divisors of lucas and lehmer sequences. *Mathematics of computation*, s. 869–888.

Makale id= 86

Sözlü Sunum

ORCID ID: ORCID: 0000-0002-5175-7332

Simetrik Aralıkta Üstel Tipte Fonksiyonları Koruyan Modifiye Bernsteın Operatörleri

Araştırmacı Emine Güven[1] , Doç.Dr. Nazmiye Gönül Bilgin[1]
[1] Bülent Ecevit Üniversitesi

*Corresponding author: Emine Güven

Özet: *Keyfi bir fonksiyonu polinomlar, türevlenebilir fonksiyonlar veya tam fonksiyonlar gibi daha kullanışlı fonksiyonlarla elde etmeyi amaçlayan yaklaşım teorisi, Weierstrass, Chebyshev ve Korovkin gibi matematikçilerin önemli çalışmalarıyla sadece matematikte değil birçok alanda önemli sonuçlar üretmiştir. Bu alanın çıkış noktalarından biri olan ve topolojik yöntemlerle ispatı yapılan Weierstrass teoremi uzun ve karmaşık olduğundan birçok araştırmacı bu teoremin farklı ispatlarını yapmıştır. Yaklaşım kuramının temel aracı operatörlerdir. Bilgisayar destekli geometrik tasarım başta olmak üzere birçok uygulama alanı olan Bernstein operatörü kuramdaki en bilinen operatördür. Bu çalışmada, üstel fonksiyonu koruyacak şekilde Bernstein operatörünün bir modifikasyonu tanımlanarak simetrik bir aralık üzerinde sürekli fonksiyonlara yaklaşım yapabilecek iyi özellikleri olan bir operatör kurulmuştur. Ayrıca moment ve süreklilik modülü yardımıyla yaklaşım hızı hesabını veren önemli eşitlikler kanıtlanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Korovkin Teoremi, Bernstein Tipi Operatör, Yakınsama Hızı.*

Modified Bernstein Operators Preserving Exponential-Type Functions in the Symmetric Range

Abstract: *Approximation theory, which aims to obtain an arbitrary function with more useful functions such as polynomials, differentiable functions or complete functions, has produced important results not only in mathematics but also in many fields, with the important works of mathematicians such as Weierstrass, Chebyshev and Korovkin. Since the Weierstrass theorem, which is one of the starting points of this field, whose proof is done by topological methods, is long and complex, many researchers have done different proofs of this theorem. The basic tool of approximation theory is operators.Bernstein operator, which have many applications, especially in computer-aided geometric design, are the most well-known operators in the theory. In this study, a modification of the Bernstein operator was defined in a way that preserves the exponential function, and an operator with good properties that can approximate continuous functions on a symmetric interval was established. Additionally, important equalities that calculate the approach speed have been proven with the help of moment and modulus of continuity.*

Keywords: *Korovkin Theorem, Bernstein Type Operator, Rate of Convergence.*

1. INTRODUCTION

What should be the class of simpler and more useful functions at the starting point of approximation theory? and what kind of functions are the functions we are trying to approach? questions have an important place. Weierstrass theorem was established to approximate both trigonometric polynomials and algebraic polynomials. Bohman gave the approximation conditions by defining a special sequences of linear positive operators for approximating continuous functions in the range [0,1]. Polynomials are one of the most useful functions in mathematics. The first functions that come to mind to be used as approximation tools in the construction of approximation theorems are polynomials. Afterwards, Korovkin proved his famous theorem for the approximation of sequences of generally positive linear

operators for continuous functions defined on the same interval. Thanks to this theorem, which shows that examining only three conditions is sufficient to ensure uniform convergence in a finite interval, many new positive linear operators have been given and important convergent results have been obtained. The convergence of a function sequence to a function depends on the properties of the function sequence and the function, as well as on the domain of the function sequence and the function. The first simple and useful application of the approximation theorems is the Bernstein operator.The reason why the Bernstein operator, which is the starting point of many operators, is used so much is its simplicity of representation, various shape preserving properties and fast processing in terms of derivatives and integrals. These studies on real numbers and their closed subintervals have been extended to infinite dimensional spaces and two-variable operators. (Cicek and Izgi, 2022), (Bilgin and Eren, 2023) and (Izgi 2004) can be given as examples of these studies. It has actively survived until today with many studies on approach and approach speed.

Later, in 2014, Birou examined the convergence properties of exponential functions that can be expressed with the help of Taylor series by defining an operator that preserves the exponential function e^{-x}since it provides computational convenience (Birou, 2014). Acar et al. 2017 and 2019, who defined operators that preserve exponential functions in their studies, examined the important properties of these operators (Acar et al. 2017 and 2019). In (Aral et al, 2018), another modification of Bernstein-type operators protection exponential functions was studied.

In the context of these paper; a modification of the operator defined for the operator $C_n(f;x)$ in the symmetric interval $[-1,1]$ defined in (Cilo et al, 2012), which is one of the important studies in this field, will be described and significant approach features will be analyzed.

Definition1.1

Let $x \in [-1,1]$ and $f \in C[-1,1]$

$C_n(f;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(x+1)^k(1-x)^{n-k}f\left(\frac{2k}{n}-1\right)$ (1)

$C_n(f;x)$ is called the operator.

2. GENERAL CHARACTERISTICS OF THE OPERATOR

(1) by reconstructing the operator to preserve exponential functions; The generalization $\tilde{\Im}_n(f;x)$ that satisfies the condition $\tilde{\Im}_n(e^{-t};x) = e^{-x}$ will be defined.

Definition 2.1 Let $\varphi_n(x)$: $[-1,1] \to [-1,1]$ and f: $[-1,1] \to \mathbb{R}$.

operator to preserve the function $e^{\gamma t}$

$$\tilde{\Im}_n(f;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(\varphi_n(x)+1)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}f\left(\frac{2k}{n}-1\right)$$

is defined as the function φ_n satisfying the condition $\lim_{n\to\infty}\varphi_n(x) = x$ as

$$\varphi_n(x) = \frac{2e^{\frac{-x-1}{n}} - 1 - e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}} - 1}.$$

Remark 2.1 Let $f_\gamma(x) = e^{-\gamma x}$

$f\left(2\frac{k}{n}-1\right) = e^{-\gamma\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$ and $\tilde{\Im}_n(e^{-t};x) = e^{-x}$.

Using the equation, the function $\varphi_n(x)$is determined as follows:

$$C_n(e^{-\gamma t};x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(x+1)^k(1-x)^{n-k}e^{-\gamma\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$$

$$= \frac{e^{\gamma}}{2^n}\left[e^{-\frac{2\gamma}{n}}(x+1)+1-x\right]^n = \frac{e^{\gamma}}{2^n}\left[e^{-\frac{2\gamma}{n}}+1+x\left(e^{-\frac{2\gamma}{n}}-1\right)\right]^n$$

is found. Also for the function $\varphi_n(x)$, $\lim_{n\to\infty}\varphi_n(x)=x$, since

$\tilde{\Im}_n(\cdot) = C_n(\cdot)\circ\varphi_n(x)$.

If $\gamma = 1$ in equation

$$e^{-x} = \left[e^{-\frac{2}{n}}+1+\left(e^{-\frac{2}{n}}-1\right)\varphi_n(x)\right]^n \frac{e}{2^n},$$

$$2e^{\frac{-x-1}{n}} - e^{-\frac{2}{n}} - 1 = \left(e^{-\frac{2}{n}}-1\right)\varphi_n(x),$$

then $\varphi_n(x) = \frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1}$.

Lemma 2.1 For every $f \in C[-1,1]$, $C_n(f;x)$ is a positive and linear operator.

Remark 2.2 If the function $\varphi_n(x)$is substituted in the operator $\tilde{\Im}_n(f;x)$ linear positive operators,

$$\tilde{\Im}_n(f;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1}+1\right)^k\left(1-\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)^{n-k} f\left(\frac{2k}{n}-1\right).$$

For $\gamma \geq 0$, the operator $\tilde{\Im}_n(e^{-\gamma x},x)$ defined by equation (2) is found as follows.

Lemma 2.2 $f_\gamma(x) = e^{-\gamma x}$, $x \in [-1,1]$ for the operator C_n for $n \in \mathbb{N}$

$$\tilde{\Im}_n(f_\gamma;x) = e^{\gamma}\left[\left(e^{-\frac{2\gamma}{n}}-1\right)\left(\frac{-1+e^{\frac{-x-1}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)+1\right]^n$$

is obtained.

Proof $\tilde{\Im}_n(f_\gamma;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1+\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-e^{-\frac{2}{n}}-1}{e^{-\frac{2}{n}}-1}\right)^k\left(1-\frac{2e^{\frac{-1-x}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1}\right)^{n-k} e^{-\gamma\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$

$$= \frac{e^{\gamma}}{2^n}\sum_{k=0}^{n} e^{-\frac{2\gamma k}{n}}\binom{n}{k}\left(1+\frac{2e^{\frac{-1-x}{n}}-e^{-\frac{2}{n}}-1}{e^{-\frac{2}{n}}-1}\right)^k\left(1-\frac{2e^{\frac{-1-x}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1}\right)^{n-k}$$

$$= \frac{e^{\gamma}}{2^n}\left(\left(1+\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)e^{-\frac{2\gamma}{n}}+1-\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)^n$$

$$= e^{\gamma}\left[\left(\frac{-1+e^{\frac{-x-1}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)\left(e^{-\frac{2\gamma}{n}}-1\right)+1\right]^n$$

is found. Thus $f_\gamma(x) = e^{\gamma x}$,

$$\tilde{\Im}_n(f_\gamma;x) = e^{\gamma}\left[\left(e^{-\frac{2\gamma}{n}}-1\right)\left(\frac{-1+e^{\frac{-x-1}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}\right)+1\right]^n$$

is shown.

Lemma 2.3 Test functions under exponential modified Bernstein Stancu operators defined on the symmetric interval with $\gamma = 1$for each x$\in x \in [-1,1]$, $n \in \mathbb{N}$

$\boldsymbol{i})\widetilde{\mathfrak{I}}_n(1;x) = 1,$

$\boldsymbol{ii})\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x) = e^{-x},$

$\boldsymbol{iii})\ \widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-2t};x) = e^2\left[-e^{-\frac{2}{n}} + e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)\right]^n$

$\boldsymbol{iv})\ \widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-3t};x) = e^3\left[e^{\frac{-1-x}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}+1\right) - \left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}\right)\right]^n$

$\boldsymbol{v})\ \widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-4t};x) = e^4\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)\left(e^{-\frac{4}{n}}+1\right) - \left(e^{-\frac{4}{n}}+e^{-\frac{6}{n}}+e^{-\frac{2}{n}}\right)\right]^n.$

Proof $\boldsymbol{i})\widetilde{\mathfrak{I}}_n(1;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(\varphi_n(x)+1)^k(-\varphi_n(x)+1)^{n-k}$

$$= \frac{1}{2^n}(1+\varphi_n(x)-\varphi_n(x)+1)^n = \frac{1}{2^n}2^n$$

is written. Thus $\widetilde{\mathfrak{I}}_n(1;x) = 1.$

$\boldsymbol{ii})$ Similarly

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}e^{-\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$$

$$= \frac{e}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}\left[e^{\left(-\frac{2}{n}\right)}\left(1+\varphi_n(x)\right)\right]^k$$

$$= \frac{e}{2^n}\left[\left(e^{-\frac{2}{n}}-1\right)\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1} + \left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)\right]^n = \frac{e}{2^n}\left[2e^{\frac{-1-x}{n}}\right]^n.$$

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x) = \frac{e}{2^n}e^{-x-1}2^n = e^{-x}$$

is obtained.

$\boldsymbol{iii})$ For $f(t) = e^{-2t}$,

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-2t};x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}(\varphi_n(x)+1)^k e^{-2\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$$

$$= \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k e^{-\frac{4k}{n}}e^2$$

$$= \frac{e^2}{2^n}\left[\varphi_n(x)\left(e^{-\frac{4}{n}}-1\right)+\left(e^{-\frac{4}{n}}+1\right)\right]^n = \frac{e^2}{2^n}2^n\left[\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)e^{\frac{-1-x}{n}} - e^{-\frac{2}{n}}\right]^n.$$

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-2t};x) = e^2\left[-e^{-\frac{2}{n}} + \left(1+e^{-\frac{2}{n}}\right)e^{\frac{-x-1}{n}}\right]^n$$

is found. So

$$\lim_{n\to\infty} e^2\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right) - e^{-\frac{2}{n}}\right]^n = e^{-2x}.$$

$\boldsymbol{iv})$ For $f(t) = e^{-3t}$,

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-3t};x)=\frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}(\varphi_n(x)+1)^k e^{-3\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$$

$$=\frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}(\varphi_n(x)+1)^k e^{-\frac{6k}{n}}e^3$$

$$=\frac{e^3}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left[\left(1+\varphi_n(x)\right)e^{-\frac{6}{n}}\right]^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$=\frac{e^3}{2^n}\left[\left(e^{-\frac{6}{n}}-1\right)\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{-1+e^{-\frac{2}{n}}}+\left(1+e^{-\frac{6}{n}}\right)\right]^n$$

$$=\frac{e^3}{2^n}\left[2e^{\frac{-1-x}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}+1\right)-2\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}\right)\right]^n.$$

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-3t};x)=e^3\left[\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}+1\right)e^{\frac{-1-x}{n}}-\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}\right)\right]^n$$

is obtained. Also,

$$\lim_{n\to\infty}e^3\left[e^{\frac{-1-x}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}+1\right)-\left(e^{-\frac{2}{n}}+e^{-\frac{4}{n}}\right)\right]^n=e^{-3x}.$$

$\boldsymbol{v}$) Finally for $f(t)=e^{-4t}$

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-4t};x)=\tfrac{1}{2^n}\textstyle\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}(\varphi_n(x)+1)^k e^{-4\left(2\frac{k}{n}-1\right)}$$

$$=\frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}e^{-\frac{8k}{n}}e^4$$

$$=\frac{e^4}{2^n}\left[\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)\left(2e^{\frac{-x-1}{n}}\right)\left(e^{-\frac{4}{n}}+1\right)-\left(2e^{-\frac{4}{n}}+2e^{-\frac{6}{n}}+2e^{-\frac{2}{n}}\right)\right]^n.$$

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-4t};x)=e^4\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(1+e^{-\frac{2}{n}}\right)\left(1+e^{-\frac{4}{n}}\right)-\left(e^{-\frac{4}{n}}+e^{-\frac{6}{n}}+e^{-\frac{2}{n}}\right)\right]^n$$

is obtained. Here

$$\lim_{n\to\infty}e^4\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)\left(e^{-\frac{4}{n}}+1\right)-\left(e^{-\frac{4}{n}}+e^{-\frac{6}{n}}+e^{-\frac{2}{n}}\right)\right]^n=e^{-4x}.$$

Lemma 2.4 For the generalized, exponentially modified Bernstein Stancu operators defined by (2) $\widetilde{\mathfrak{I}}_n$ on the symmetric interval

$\boldsymbol{i}$)$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)=1$,

$\boldsymbol{ii}$)$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(t;x)=\varphi_n(x)$

$\boldsymbol{iii}$)$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(t^2;x)=\left(1-\frac{1}{n}\right)\varphi_n{}^2(x)+\frac{1}{n}$.

Proof $\boldsymbol{i}$) $\widetilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)=1$ ıt is clear that.

$\boldsymbol{ii}$) $\varphi_n(x)=\frac{2e^{\frac{-x-1}{n}}-1-e^{-\frac{2}{n}}}{e^{-\frac{2}{n}}-1}$,

$$\widetilde{\mathfrak{I}}_n(t;x)=\frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}f\left(2\frac{k}{n}-1\right)$$

$$= \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(\varphi_n(x)+1)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}\frac{2k}{n} - \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$= \varphi_n(x)$$

is obtained.

$$\textbf{\textit{iii)}}\ \tilde{\Im}_n(t^2;x) = \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}(\varphi_n(x)+1)^k f\left(\frac{2k}{n}-1\right)$$

$$= \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(\varphi_n(x)+1)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}\left(\frac{2k}{n}-1\right)^2$$

$$= \frac{1}{2^n}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}\left(\frac{4k^2}{n^2}+1-\frac{4k}{n}\right)\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k$$

$$= \frac{1}{n^2 2^{n-2}}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}k^2(\varphi_n(x)+1)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$-\frac{1}{n2^{n-2}}\sum_{k=0}^{n}\binom{n}{k}(\varphi_n(x)+1)^k k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}+1$$

$$= \frac{1}{n^2 2^{n-2}}\sum_{k=2}^{n}\frac{n!}{(n-k)!\,(k-2)!}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$+\frac{1}{n^2 2^{n-2}}\sum_{k=1}^{n}\frac{n!}{(n-k)!\,(k-1)!}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$-\frac{1}{n2^{n-2}}\sum_{k=1}^{n}\frac{n!}{(n-k)!\,(k-1)!}k\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}+1$$

$$= \frac{(n-1)}{n2^{n-2}}\sum_{k=2}^{n}\frac{(n-2)!}{(n-k)!\,(k-2)!}(\varphi_n(x)+1)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$+1+\frac{1-n}{n2^{n-2}}\sum_{k=1}^{n}\frac{(n-1)!}{(n-k)!\,(k-1)!}\left(1+\varphi_n(x)\right)^k\left(1-\varphi_n(x)\right)^{n-k}$$

$$= \frac{(n-1)}{n}\left(1+\varphi_n(x)\right)\left[\left(1+\varphi_n(x)\right)-2\right]+1$$

$$= (\varphi_n(x)+1)\frac{(n-1)}{n}[\varphi_n(x)-1]+1$$

$$= \left(1-\frac{1}{n}\right)[{\varphi_n}^2(x)-1]+1$$

$$= {\varphi_n}^2(x)+1+\frac{1}{n}-1-\frac{{\varphi_n}^2(x)}{n}$$

$$= {\varphi_n}^2(x)\left(1-\frac{1}{n}\right)+\frac{1}{n}$$

equality is found.

Lemma 2.5 For every $x \in [-1,1]$, $n \in \mathbb{N}$, $\vartheta_{n,m}(t) = \tilde{\mathfrak{I}}_n((t-x)^m; x)$, $m \in \mathbb{N}$, the operator $\tilde{\mathfrak{I}}_n$satisfies the following equations.

$\boldsymbol{i}$) $\tilde{\mathfrak{I}}_n(\vartheta_{n,1})(t) = \varphi_n(x) - x$,

$$\boldsymbol{ii}) \ \tilde{\mathfrak{I}}_n(\vartheta_{n,2})(t) = -\frac{{\varphi_n}^2(x)-1}{n} + (\varphi_n(x)-x)^2.$$

Proof $\boldsymbol{i}$) $m = 1$ and since the operator $\tilde{\mathfrak{I}}_n$ is linear

$\vartheta_{n,1}(t) = \tilde{\mathfrak{I}}_n((t-x);x) = -x\,\tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x) + \tilde{\mathfrak{I}}_n(t;x) = \varphi_n(x) - x$

is found.

$\boldsymbol{ii}$) For $m = 2$ and since $\dot{C_n}$ operator is linear

$\vartheta_{n,2}(t) = \tilde{\mathfrak{I}}_n((t-x)^2;x) = \tilde{\mathfrak{I}}_n(t^2;x) - 2x\,\tilde{\mathfrak{I}}_n(t;x) + x^2\,\tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)$

$= (\varphi_n(x)-x)^2 - \frac{-1+{\varphi_n}^2(x)}{n}$

is found.

Lemma 2.6

$\boldsymbol{i}$) $\lim_{n\to\infty} \vartheta_{n,1}(t) = \lim_{n\to\infty}[\varphi_n(x)-x] = 0$,

$\boldsymbol{ii}$) $\lim_{n\to\infty} n\vartheta_{n,1}(t) = \lim_{n\to\infty} n(\varphi_n(x)-x) = \frac{1-x^2}{2}$,

$\boldsymbol{iii}$) $\lim_{n\to\infty} \vartheta_{n,2}(t) = \lim_{n\to\infty}\left[(\varphi_n(x)-x)^2 - \frac{{\varphi_n}^2(x)-1}{n}\right] = 0$,

$\boldsymbol{iv}$) $\lim_{n\to\infty} n\vartheta_{n,2}(t) = \lim_{n\to\infty} n\left[(\varphi_n(x)-x)^2 - \frac{{\varphi_n}^2(x)-1}{n}\right] = 1-x^2$,

Remark 2.3 For $m = 1,2,3,4$, $lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n((e^{-t}-e^{-x})^m;x) = 0$.

Proof For $m = 1$,

$lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n\big((e^{-t}-e^{-x});x\big) = lim_{n\to\infty}\big[\tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x) - \tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-x};x)\big] = \big(1 - \tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)\big)e^{-x}$.

For $m = 2$ and using linearity

$lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n((e^{-t}-e^{-x})^2;x) = lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n\big((e^{-2t}+e^{-2x}-2e^{-t}e^{-x});x\big)$

$= e^{-2x} - 2e^{-x}e^{-x} + e^{-2x} = 0$

can be written.

Similarly, for $m = 3$ and from the linearity

$lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n((e^{-t}-e^{-x})^3;x) = lim_{n\to\infty}\,\tilde{\mathfrak{I}}_n\big((e^{-3t}-3e^{-2t}e^{-x}+3e^{-t}e^{-2x}+e^{-3x});x\big)$

$= e^{-3x} - 3e^{-x}e^{-2x} + 3e^{-2x}e^{-x} - e^{-3x} = 0.$

For $m = 4$ and since the operator $\tilde{\mathfrak{I}}_n$ is linear

$lim_{n\to\infty}\tilde{\mathfrak{I}}_n((e^{-t}-e^{-x})^4;x)$

$= e^{-4x} - 4e^{-x}e^{-3x} + 6e^{-2x}e^{-2x} - 4e^{-3x}e^{-x} + e^{-4x} = 0.$

Theorem 3.2.1 Let $x \in [-1,1]$ and $f \in C[-1,1]$

$\lim_{n\to\infty}\left\|\tilde{\mathfrak{I}}_n(f;x) - f(x)\right\|_{C[-1,1]} = 0.$

Proof To demonstrate the uniform convergence of $\tilde{\mathfrak{I}}_n(f;x)$, it will be enough to demonstrate that the circumstances of Korovkin theorem are met. For this purpose, instead of $\{1,t,t^2\}$ test functions, $\{1,e^{-t},e^{-2t}\}$ functions will be considered.

$\tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)=1, \tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x)=e^{-x}.$

$\max\limits_{x\in[-1,1]}\left|\tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)-1\right|=0, \max\limits_{x\in[-1,1]}\left|\tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x)-e^{-x}\right|=0$

is provided directly. In that case

$\lim\limits_{n\to\infty}\left\|\tilde{\mathfrak{I}}_n(1;x)-1\right\|=0, \lim\limits_{n\to\infty}\left\|\tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-t};x)-e^{-x}\right\|=0$

obtained. Also,

$$\tilde{\mathfrak{I}}_n(e^{-2t};x)=e^2\left[e^{\frac{-x}{n}-\frac{1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)-e^{-\frac{2}{n}}\right]^n.$$

In this situation $\lim\limits_{n\to\infty}e^2\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)-e^{-\frac{2}{n}}\right]^n=e^{-2x}.$

$$M:=\max_{x\in[-1,1]}\left[e^2\left[e^{\frac{-x-1}{n}}\left(e^{-\frac{2}{n}}+1\right)-e^{-\frac{2}{n}}\right]^n-e^{-2x}\right]$$

Let's calculate the expression. Now let's take $g(x)=\left[e^{\frac{x-1}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}+e^{\frac{x+1}{n}}\right]^n$ and look at the crictical point of $g(x)$.

$$\left[e^{\frac{-1+x}{n}}+e^{\frac{1}{n}+\frac{x}{n}}-2e^{\frac{2x}{n}}\right]\left[e^{\frac{-1+x}{n}}+e^{\frac{1+x}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}\right]^{n-1}=0.$$

If the x value is found when the first of the multipliers is equal to zero,

$$e^{\frac{1+x}{n}}+e^{\frac{-1+x}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}=0, ln\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)=\frac{x}{n}$$

$n.ln\left(e^{-\frac{1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\right)=x$ is available. If $g(x)$ is substituted in the function,

$$g(x)=\left[e^{\frac{n.ln\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)-1}{n}}+e^{\frac{n.ln\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)+1}{n}}-e^{\frac{2n.ln\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)}{n}}\right]^n$$

$$=\left[\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)e^{-\frac{1}{n}}+\left(e^{-\frac{1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\right)e^{\frac{1}{n}}-\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)^2\right]^n.$$

Since

$$\lim_{n\to\infty}\left[e^{-\frac{1}{n}}\left(e^{\frac{1}{n}}+e^{-\frac{1}{n}}\right)+e^{\frac{1}{n}}\left(e^{-\frac{1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\right)-\left(e^{-\frac{1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\right)^2\right]^n=0.$$

$$e^{\frac{x}{n}}=\frac{\left(e^{\frac{-1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\right)}{2} \text{ then } \frac{x}{n}=ln\left(\frac{e^{\frac{1}{n}}+e^{\frac{-1}{n}}}{2}\right) \text{ and } x=n.ln\left(\frac{1+e^{\frac{2}{n}}}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)$$

is found. If $x=n.ln\left(\frac{e^{\frac{2}{n}}+1}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)$ is written in $g(x)$,

$$g(x)=\left[\left(\frac{1+e^{\frac{2}{n}}}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)e^{-\frac{1}{n}}+e^{\frac{1}{n}}\left(\frac{1+e^{\frac{2}{n}}}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)-\left(\frac{e^{\frac{2}{n}}+1}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)^2\right]^n,$$

$$\lim_{n\to\infty}\left[e^{-\frac{1}{n}}\left(\frac{1+e^{\frac{2}{n}}}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)+e^{\frac{1}{n}}\left(\frac{e^{\frac{2}{n}}+1}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)-\left(\frac{e^{\frac{2}{n}}+1}{2e^{\frac{1}{n}}}\right)^2\right]^n=1$$

is written. Moreover $M=\max_{x\in[-1,1]}\left[\left[e^{\frac{x}{n}+\frac{1}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}+e^{\frac{x}{n}-\frac{1}{n}}\right]^n-1\right]e^{-2x}$

for $x=-1$ and $x=1, g(x)=\left[e^{\frac{x}{n}+\frac{1}{n}}+e^{\frac{x}{n}-\frac{1}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}\right]^n=1$ since,

$$\lim_{n\to\infty}\max_{x\in[-1,1]}e^{-2x}\left[\left[e^{\frac{1+x}{n}}-e^{\frac{2x}{n}}+e^{\frac{-1+x}{n}}\right]^n-1\right]=0$$

is obtained.

3. CONCLUSION

(Cilo, 2012) is also one of the useful operators defined in a symmetric range $[-1,1]$. In our study, where we defined a generalization for this modification of the Bernstein operator, we established the operator to protect constant functions and e^{-x}. To date, several different operators have been investigated to protect the three test functions differently. With this method, which is one of the popular topics of recent days, important approximation results can be obtained with the conveniences brought by the exponent function and the proven Korovkin type theorem in this sense. The study by Yılmaz et al. in 2018 is an example of operators that protect constant functions and e^{-x}. As in many similar studies, central moments and smooth convergence properties have been demonstrated, but asymptotic behavior has not been examined with the Voronovskaya type theorem.

In our study prepared in the area of approach theory, we created a generalization for one of the modifications of the Bernstein operator. We defined an operator that preserves the exponential function, inspired by the operator studied by Izgi et al. We proved a Korovkin type theorem by calculating the moment. Based on this study, exponential function preservation properties can be investigated for different operator generalizations in future studies. Generalizations of the defined operators q and (p,q) can be made. Additionally, the approximation features of the new operator can be examined using the sequence in (Soykan, 2021, 2022).

REFERENCES

1. ACAR, T., ARAL, A., & GONSKA, H. (2017). On Szasz-Mirakyan Operators Preserving $e^{(2ax)}$, a > 0.

2. ACAR, T., MONTANO, M. C., GARRANCHO, P., and LEONESSA, V. (2019). On Bernstein-Chlodovsky operators preserving e^{-2x}. Bulletin of the Belgian Mathematical Society-Simon Stevin, 26(5), 681-698.

3. ARAL, A., CARDENAS-MORALES, D. and GARRANCHO, P. (2018). Bernstein-type operators that reproduce exponential functions.

4. BERNSTEIN, S. (1912). Démo istration du th'eorème de Weierstrass fondée sur le calcul des probabilités. Сообщенія Харьковскаго математическаго общества, 13(1), 1-2.

5. BILGIN, N. G. and MELIS, E. (2023). Results on bivariate modified (p, q)-Bernstein type operators. Gazi University Journal of Science, 1-1.

6. BIROU, M. (2014). A note about some general King-type operators. Ann. Tiberiu Popoviciu Semin. Funct. Equ. Approx. Convexity, 12, 3-16.

7. CICEK, H. and IZGI, A. (2022). Approximation by Modified Bivariate Bernstein-Durrmeyer and GBS Bivariate Bernstein-Durrmeyer Operators on a Triangular Region. Fundamental Journal of Mathematics and Applications, 5(2), 135-144.

8. CILO, A. URAL, A, IZGI, A, (2012). Comparison of bernstein polynomials and some modifications (See page:93), September 2012, Conference: XXV. National Mathematics Symposium - Niğde University (5-8 September (September)

9. CILO, A. (Advisor: IZGI, A) (2012). In [-1,1] ranges Bernstein polynomials approach properties and approach speed, Master's Thesis, Harran University, Şanlıurfa.

10. IZGI, A.and BUYUKYAZICI, I. (2003). Approximation in boundedness interval and order of approximation. Kastamonu Education Journal, 451-460.

11. KOROVKIN, P. P. (1953). On convergence of linear positive operators in the space of continuous functions. In Dokl. Akad. Nauk SSSR (Vol. 90, No. 953, pp. 961-964).

12. SOYKAN, Y. (2022). Generalized Ernst Numbers. Asian Journal of Pure and Applied Mathematics, 4(1), 136–150.

13. SOYKAN, Y. (2021). A study on generalized p-Oresme numbers. Asian Journal of Advanced Research and Reports, 15(7), 1-25.

14. WEIERSTRAAS, K. (1885). Uber die analytische Darstellbarkeit sogenannter willkürlicher Functionen einer reellen Veränderlichen. Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 2, 633-639.

15. YILMAZ, O.G., GUPTA, V., ARAL, A. A note on Baskakov-Kantorovich type operators preserving e^{-x} . Math. Methods Appl. Sci. (2018).

Makale id= 91

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Kesirli Viskoelastik Sınır Koşullarına Sahip Euler-Bernoulli Kirişi

Araştırmacı Derya Küzün[1] , Dr. Sümeyye Sınır[2] , Dr. Öğretim Üyesi Bengi Yıldız [1]
[1]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi
[2]İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

*Corresponding author: Derya Küzün

Özet: *Bu çalışmada, Riemann-Liouville kesirli türevini içeren kesirli viskoelastik sınır koşullarına sahip doğrusal Euler-Bernoulli kirişinin zorlamalı titreşim analizi ele alınmıştır. Kirişin, harmonik dış kuvvetin etkisi altında olduğu kabul edilmiştir. İlk olarak, Cauchy gerilme teorisi kullanılarak kirişin matematiksel modeli elde edilmiştir. Daha sonra, geometri ve malzemeye bağımlılığı ortadan kaldırmak için hareket denklemi boyutsuzlaştırılmıştır. Analizde bir pertürbasyon yöntemi (çok zaman ölçekli metodun doğrudan uygulaması) kullanılmıştır. Yaklaşık analitik çözümler, genlik ve faz modülasyon denklemleri elde edilmiştir. k değişimlerine göre doğal frekanslar ve mod şekilleri elde edilmiştir. Kirişin belirli bir k değerinden itibaren basit-basit mesnetli bir kiriş olarak davranışı $k-\omega$ değişim grafikleriyle gösterilmiştir. Ayrıca kararlı durum çözümleri ve bunların kararlılıkları incelenmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Kesirli Türev, Kesirli Viskoelastik Sınır Koşulları, Çok Zaman Ölçekli Metod, Pertürbasyon Yöntemi, Euler-Bernoulli Kirişi*

Euler-Bernoulli Beam With Fractional Viscoelastic Boundary Conditions

Abstract: *In this paper, forced vibration analysis of linear Euler-Bernoulli beam with fractional viscoelastic boundary conditions, which involves Riemann-Liouville fractional derivative, is considered. The beam is assumed under the effect of external harmonic force. Firstly, the mathematical model of the beam is obtained by using Cauchy stress theory. Then, to obtain universal results by eliminating dependence on geometry and material, the equation of motion is non-dimensionalized. A perturbation method (direct application of the method of multiple scales) is employed in the analysis. The approximate analytical solutions, the amplitude and phase modulation equations are obtained. Natural frequencies and mode shapes according to k variations are obtained. The beam's behavior as a simply-simply supported beam from a certain value of k is demonstrated with $k-\omega$ variation graphics. Also steady state solutions and their stability are examined.*

Keywords: *Fractional Derivative, Fractional Viscoelastic Boundary Conditions, Method of Multiple Time Scales, Perturbation Methods, Euler–Bernoulli Beam.*

1. Introduction

Beams are widely used mechanical structural elements because they enable accurate modeling in various branches of applied science and in various engineering problems such as mechanical, aerospace, civil, biomedical engineering. Mathematical models of beams have been developed according to beam theories based on various asumptions; the most useful of these theories are Euler-Bernoulli (Reddy., 2011.; Carrera, Giunta, & Petrolo., 2011.; Bauchau & Craig, 2009), Timoshenko (Reddy., 2011.; Huang, Yang, & Luo, 2013) and higher-order shear theories (Thai & Vo, 2012; Simsek, 2010).

Boundary conditions are the constraints imposed on the ends of a beam, such as fixed, free, pinned, etc. They play an important role for determining static and dynamic behaviors of the beam, such as natural

frequencies, deflection, critical loads and vibration (Reddy, Wang, & Lee, 1997; Zhao & Chang, 2021; Barari, Kaliji, Ghadimi, & Domairry, 2011). However, boundary conditions are not always constant, as they may change due to structural and environmental changes. These changes can significantly affect the performance of the entire beam structure. Therefore, it is essential to study the effects of changing boundary conditions on the beam behavior and to develop methods for detecting and compensating them (Barari, Kaliji, Ghadimi, & Domairry, 2011; Qiao & Rahmatalla, 2021).

Fractional calculus theory emerged from the origins of classical calculus, and it has been successfully used to the mathematical modeling of numerous branches of research and engineering, including mechanics, physics, biology, chemistry, economics, etc. The detailed explanations of the theory of fractional calculus and its applications are provided in (Podlubny, 1999; Miller & Ross, 1993; Debnath, 2003). One of the advantages of fractional calculus is that it has a better fit for mathematical modeling of the properties of materials, as it has the ability to describe the memory and inherited properties of some important materials and processes, such as viscoelasticity, diffusion, and fractional order control systems. The fractional derivative can be used to describe equations of motion for various mechanical problems, including oscillators, beams, plates, and shells, as well as to describe their boundary conditions, for example see (Agarwal, Ntouyas, Ahmad, & Alhothuali, 2013; Rong & Bai, 2015) .

As with most fractional differential equations, if equation and equation systems containing fractional derivative do not have analytical solutions, such differential equations are solved by various approaches and numerical techniques (Javadi, Noorian, & Iran, 2019; Lewandowski & Wielentejczyk, 2017).One of the methods used in the solution of the mentioned differential equations is the perturbation method, which is an approximate analytical method. It is based on the idea of using a simpler problem that is related to the original one and then correcting the solution by adding small terms that account for the difference between the two problems. The small terms are usually expressed as a power series in a small parameter that measures the deviation from the simpler problem. Depending on the choice of the simpler problem and the small parameter, there are different types of perturbation methods. The method of multiple scales is one of the most popular perturbation techniques used to examine approximate analytical solutions (Demir, Bildik, & Sınır, 2014; Sınır, Yıldız, & Sınır; Tang, Zhen, & Fang, 2018).

The present paper introduces the dynamic response of Euler-Bernoulli beam with fractional visco-elastic boundary conditions. Method of multiple scales is used in the analysis. The approximate analytical solutions, the amplitude and phase modulation equations are derived. Additionally, the steady state solutions and their stability are discussed. The natural frequencies and mode shapes are obtained, also are demonstrated in tables and graphs.

2. Euler-Bernoulli Beam Model and Nondimensionalization

The equation of motion of Euler-Bernoulli beam derived from Cauchy Stress theory (Carrera, Giunta, & Petrolo., 2011.) is considered as follows

$$EI\frac{\partial^4\hat{v}}{\partial\hat{x}^4}+\rho A\frac{\partial^2\hat{v}}{\partial\hat{t}^2}=\hat{q}. \tag{1}$$

Here E, is the Young's modulus, I is the moment of inertia of the beam cross-section, ρ is the mass density, $\hat{q}$ is the external load and A is the cross-sectional area.

While determining the viscoelastic support conditions of the model, the effects of viscoelastic support were directly applied as boundary conditions in accordance with the sign acceptance in (İnan, 1967). In this study, the visco-elastic support is used only to prevent displacement, so it does not have an anti-rotation effect. Therefore, when one assume the change of the damping term in boundary conditions with respect to time as fractional; with well-known relations for shear force and the bending moment, the boundary conditions can be written as follows:

$$\frac{\partial^2\hat{v}}{\partial\hat{x}^2}(0,\hat{t})=0 \text{ and } EI\frac{\partial^3\hat{v}}{\partial\hat{x}^3}(0,\hat{t})=-\hat{k}\hat{v}(0,\hat{t})-\hat{\eta}D_t^{\alpha}\hat{v}(0,\hat{t}) \tag{2}$$

$$\frac{\partial^2\hat{v}}{\partial\hat{x}^2}(L,\hat{t})=0 \text{ and } EI\frac{\partial^3\hat{v}}{\partial\hat{x}^3}(L,\hat{t})=\hat{k}\hat{v}(L,\hat{t})-\hat{\eta}D_t^{\alpha}\hat{v}(L,\hat{t}) \tag{3}$$

Here $\hat{k}$ is the spring coefficient, $\hat{\eta}$ is the damping coefficient and L is the length of the beam. Additionally, the symbol $D_t^{\propto}$ denotes the the Riemann - Liouville fractional derivative with fractional order α is defined as (Podlubny, 1999),

$$D_t^{\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)} \frac{d^n}{dt^n} \int_0^t \frac{f(s)}{(t-s)^{\alpha+1-n}} ds,$$

where $n-1 \leq \alpha < n$ $(n \in \mathbb{N}, \alpha \in \mathbb{R})$ and Γ denotes the Euler-Gamma function.

The dimensionless form of the equation of motion of beam is rewritten according to the following variables

$$v = \frac{\hat{v}}{L}, x = \frac{\hat{x}}{L}, t = \hat{t} L^2 \sqrt{\frac{pA}{\hat{E}I}} \tag{4}$$

and the dimensionless external load is obtained as $q = \frac{\hat{q}L^3}{EI}$, $k = \frac{\hat{k}L^3}{EI}$ and $\eta = \frac{\hat{\eta}L^{3+2\alpha}(\rho A)^{\alpha/2}}{(EI)^{1+\alpha/2}}$. Here, q is considered as a harmonic load. f and Ω denote amplitude and frequency of q, respectively; and viscous damping having damping coefficient η, at order ε. One finally obtains the following the dimensionless form of Eq. (1)

$$v^{IV} + \ddot{v} = \varepsilon f cos(\Omega t) \tag{5}$$

and the dimensionless boundary conditions are converted as,

$$v''(0,t) = 0 \text{ and } v'''(0,t) = -kv(0,t) - \varepsilon\eta D_t^{\alpha} v(0,t) \tag{6}$$

$$v''(1,t) = 0 \text{ and } v'''(1,t) = kv(1,t) + \varepsilon\eta D_t^{\alpha} v(1,t) \tag{7}$$

Note that, for simplicity, here and for the rest of the article, the symbols $(')$ and $(\cdot)$ are used for differentiation by spatial variable and differentiation by time, respectively.

3. Perturbation Analysis

The Method of Multiple Scales (Nayfeh, Introduction to perturbation techniques, 2011) is used to find the general solution of the Eq. (5). The solution function is assumed in the following expansion:

$$v = (x, T_0, T_1; \varepsilon) = v_0(x, T_0, T_1) + \varepsilon v_1(x, T_0, T_1) + \cdots, \tag{8}$$

where $v_0, v_1, \ldots$ are displacement functions and the T_n are defined by

$$T_0 = t, T_1 = \varepsilon t, \ldots$$

Here each variable represents a different time scale: T_0 is the fastest, T_1 is slower, and so on. By replacing the independent variable t in the Eq. (5) with $T_0, T_1, \ldots$ and applying the chain rule gives the time derivatives as follows

$$\frac{d}{dt} = D_0 + \varepsilon D_1 + \cdots, \tag{9}$$

$$\frac{d^2}{dt^2} = {D_0}^2 + 2\varepsilon D_0 D_1 + \cdots, \tag{10}$$

$$\left(\frac{d}{dt}\right)^{\alpha} = (D_0 + \varepsilon D_1 + \varepsilon^2 D_2 + \cdots)^{\alpha} \tag{11}$$

$$= D_0^{\alpha} + \varepsilon(\alpha D_0^{\alpha-1} D_1) + \cdots$$

where D_n represents $\frac{\partial}{\partial T_n}$. Substituting v from (8) and time derivatives from (9)-(11) into Eqs. (5)-(7) and equating each of the coefficiets of ε^0 and ε to zero, one have following equations.

Order ε^0:

$$v_0^{IV} + D_0^2 v_0 = 0 \tag{12}$$

with the following conditions

$$v_0''(0,t) = 0 \text{ and } v_0'''(0,t) = -kv_0(0,t) \tag{13}$$

$$v_0''(1,t) = 0 \text{ and } v_0'''(1,t) = kv_0(1,t) \tag{14}$$

Order ε:

$$v_1^{IV} + D_0^2 v_1 = -2D_0 D_1 v_0 + f cos(\Omega t) \tag{15}$$

with the following conditions

$$v_1''(0,t) = 0 \text{ and } v_1'''(0,t) = -kv_1(0,t) - \eta D_t^{\alpha} v_0(0,t) \tag{16}$$

$$v_1''(1,t) = 0 \text{ and } v_1'''(1,t) = kv_1(0,t) + \eta D_t^{\alpha} v_0(1,t) \tag{17}$$

The following solution form can be proposed to the differential equation Eq. (12) in the first order:

$$v_0(x,T_0,T_1) = \left(A_n(T_0,T_1)e^{i\omega_n T_0} + \bar{A}_n(T_0,T_1)e^{-i\omega_n T_0}\right)X_n(x) \tag{18}$$

Here $A_n(T_0,T_1)$ and $\bar{A}_n(T_0,T_1)$ are complex amplitudes and their complex conjugates, respectively; $X_n(x)$ are mode shapes and ω_n are natural frequencies. Inserting Eq. (18) into the Eqs. (12)-(14) and making the necessary simplifications, $X_n(x)$ satisfies the following equations

$$X_n^{IV} + \omega_n^2 X_n = 0 \tag{19}$$

and boundary conditions

$$X''(0) = 0 \text{ and } X_n'''(0) = -kX_n(0) \tag{20}$$

$$X_n''(1) = 0 \text{ and } X_n'''(1) = kX_n(1). \tag{21}$$

Eq. (19) is a homogenous linear differential equation with constant coefficients, so the solution can be in the following form:

$$X_n(x) = C_1 cos\left(\sqrt{\omega_n}x\right) + C_2 sin\left(\sqrt{\omega_n}x\right) + C_3 cos\, h\left(\sqrt{\omega_n}x\right) + C_4 sinh\left(\sqrt{\omega_n}x\right). \tag{22}$$

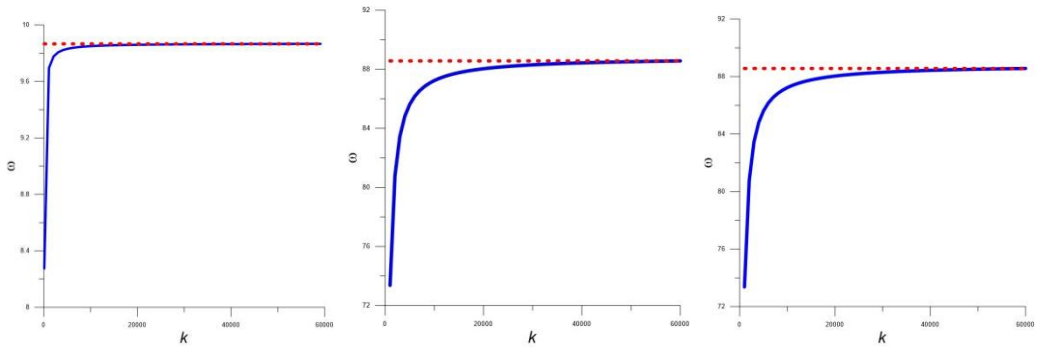
By utilizing (22) into Eqs. (20)-(21), one obtains a system of algebraic equations:

$$\begin{gathered} -C_1 + C_3 = 0 \\ -C_1 cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) - C_2 sin\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_3 cos\, h\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_4 sinh\left(\sqrt{\omega_n}\right) = 0 \\ \omega_n\sqrt{\omega_n}(-C_1 + C_4) + k(C_1 + C_2) = 0 \\ \omega_n\sqrt{\omega_n}\left(C_1 sin\left(\sqrt{\omega_n}\right) - C_2 cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_3 sin\, h\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_4 cosh\left(\sqrt{\omega_n}\right)\right) \\ -k(cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_2 sin\left(\sqrt{\omega_n}\right) + C_3 cos\, h\left(\sqrt{\omega_n}\right) = 0 \end{gathered} \tag{23}$$

The following non-trival solution conditions,

$$-2w_n^5 - 4\, cos\left(\sqrt{\omega}\right) \sinh\left(\sqrt{\omega}\right) \omega_n^{\frac{7}{2}} k + 4 \sin\left(\sqrt{\omega_n}\right) \cosh\left(\sqrt{\omega_n}\right) \omega_n^{\frac{7}{2}} k + 2 \cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) cosh\sqrt{\omega_n}\omega_n^5 - 4k^2\omega_n^2\, sin\left(\sqrt{\omega}\right) sinh\left(\sqrt{\omega}\right) = 0 \tag{24}$$

can be found from non-trivial solutions of the system (23). Numerical values of ω_n can be found by using (24) non-trivial solution condition. (See Fig. 1)



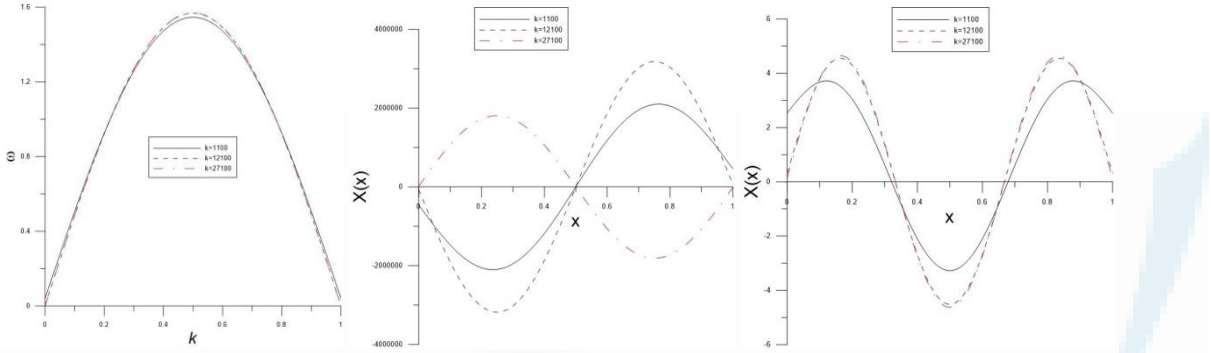
(a) (b) (c)

Figure 1. (a) 1. mode $\boldsymbol{k-\omega}$ variation, (b) 2. mode $\boldsymbol{k-\omega}$ variation, (c) 3. mode $\boldsymbol{k-\omega}$ variation.

The mode shape equation is

$$X_n = C_1\left(\begin{array}{l} cos\left(\sqrt{\omega_n}x\right) + \frac{\sqrt{\omega_n^3}\,cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) - \sqrt{\omega_n^3}cos\,h\left(\sqrt{\omega_n}\right) + 2ksinh\left(\sqrt{\omega_n}\right)}{\sqrt{\omega_n^3}\left(sinh\left(\sqrt{\omega_n}\right) - sin\left(\sqrt{\omega_n}\right)\right)} sin\left(\sqrt{\omega_n}x\right) \\ + cosh\left(\sqrt{\omega_n}x\right) + \frac{\sqrt{\omega_n^3}\,cos\left(\sqrt{\omega_n}\right) - \sqrt{\omega_n^3}cos\,h\left(\sqrt{\omega_n}\right) + 2ksin\left(\sqrt{\omega_n}\right)}{\sqrt{\omega_n^3}\left(sinh\left(\sqrt{\omega_n}\right) - sin\left(\sqrt{\omega_n}\right)\right)} sinh\left(\sqrt{\omega_n}x\right) \end{array}\right) \quad (25)$$

(See Fig.2)



(a) (b) (c)

Figure 2. Mode shapes (a) first-mode (b) second-mode (c) third-mode.

At the ε order of approximation, the case $\Omega \approx \omega_n$ considered. Because of the case under consideration, a detuning parameter σ_n is defined by the following primary resonance condition

$$\Omega = \omega_n + \varepsilon\sigma_n \quad (26)$$

For v_1, the solution form

$$v_1(x, T_0, T_1) = \psi_n(x, T_1)e^{i\omega_n T_0} + c.c. + \Lambda(x, T_0, T_1) \quad (27)$$

is assumed. Here Λ includes nonsecular terms (NST) and c.c. denotes complex conjugates. Substituting (18), (26) and (27) to Eqs. (15) - (17), one has

$$\psi_n^{IV} - \omega_n^2\psi_n = -2i\omega_n X_n D_1 A_n + \frac{f}{2}e^{i\sigma_n T_1} + c.c. + NST \quad (28)$$

with the following conditions

$$\psi_n\,(0, T_1) = 0 \text{ and } \psi_n''(0, T_1) = -k\psi_n(0) - (i\omega_n)^\alpha \eta A_n(T_1)X_n(0) \quad (29)$$

$$\psi_n''(1, T_1) = 0 \text{ and } \psi_n''(1, T_1) = k\psi_n(1) + (i\omega_n)^\alpha \eta A_n(T_1)X_n(1) \quad (30)$$

For the non-homogenous problem, to have a solution, a solvability condition should be satisfied (Nayfeh, Introduction to perturbation techniques, 2011). The solvability condition for the proposed model is

$$D_1 A_n - (K_R + iK_1)A_n + \frac{i}{2}F_n e^{i\sigma_n T_1} = 0 \quad (31)$$

Where

$$K_R = \omega\eta sin\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)\frac{(X_n^2(1) - X_n^2(0))}{2\int_0^1 X_n^2 dx} \quad (32)$$

$$K_1 = -\omega_n^{\alpha-1}\eta cos\left(\frac{\alpha\pi}{2}\right)\frac{(X_n^2(1) - X_n^2(0))}{2\int_0^1 X_n^2 dx} \quad (33)$$

and

$$F_n = \frac{\int_0^1 f X_n dx}{2\omega_n \int_0^1 X_n^2 dx} \tag{34}$$

All coefficients have both real and imaginary parts. Complex amplitudes can be expressed in polar form

$$A_n(T_1) = \frac{1}{2} a_n(T_1) e^{i\beta_n(T_1)}. \tag{35}$$

Inserting (35) into the solvability condition (31) and separating real and imaginary parts yields the equations for amplitude and phase modulation

$$a_n' = F_n \sin(\gamma_n) - K_R a_n \tag{36}$$

$$\gamma_n' = \sigma_n + \frac{1}{a_n} F_n \cos(\gamma_n) - K_I \tag{37}$$

Where

$$\gamma_n = \sigma_n T_1 - \beta_n. \tag{38}$$

For steady-state solutions, $a_n' = \gamma_n' = 0, a_n \neq 0$. After this condition is substituted in the amplitude and phase modulation equations,

$$\begin{aligned} a_n' &= F_n \sin(\gamma_n) - K_R a_n = 0 \\ \gamma_n' &= \sigma_n + \frac{1}{a_n} F_n \cos(\gamma_n) - K_I = 0 \end{aligned} \tag{39}$$

are obtained. Elimination of γ_n between in the system of equations (39) yields the detuning parameter

$$\sigma_n = -K_I \mp \frac{1}{a_n} \sqrt{F_n^2 - (a_n K_R)^2}. \tag{40}$$

In order to determine if the stability of fixed points, the Jacobian matrix of the system (39) is considered,

$$\left[\begin{matrix} -K_R & F_n \cos(\gamma_n) \\ -\frac{1}{a_n^2} F_n \cos(\gamma_n) & -\frac{1}{a_n} F_n \sin(\gamma_n) \end{matrix} \right]_{\substack{a_n = a_0 \\ \gamma_n = \gamma_0}} \tag{41}$$

For stability, the real parts of the eigenvalues of the matrix (41) must be less than zero. The eigenvalues of the matrix are calculated

$$\lambda_{1,2} = -\frac{1}{2} K_R - \frac{1}{2a_n} F_n \sin(\gamma_n) \mp \sqrt{\left(K_R - \frac{1}{a_n} F_n \sin(\gamma_n)\right)^2 - \frac{4}{{a_n}^2} F_n^2 \cos^2(\gamma_n))} \tag{42}$$

Therefore, non-trival solutions are stable.

Solution (8) was suggested for the corresponding model (5). After the necessary mathematical calculations are performed, the approximate solution of the system is obtained.

$$v(x,t;\varepsilon) = \frac{1}{2} a_n e^{i(\Omega t - \gamma_n)} X_n + O(\varepsilon) \tag{43}$$

The form of Eqs. in (39) can be used for determining stability of the non-trivial solutions. For stability of the trivial solution, these forms are not suitable. Instead of the polar representation, one chooses another transformation (Nayfeh & Mook, Nonlinear oscillations, 2008);

$$A_n = \frac{1}{2}(p_n + i q_n) e^{i\frac{\sigma_n}{2} T_1}. \tag{44}$$

Substituting (44) into (31), separating into real and imaginary parts, one finally has following equations,

$$p_n' = K_I q_n - \frac{1}{2} q_n \sigma_n - F_n \sin\left(\frac{1}{2}\sigma_n T_1\right) - K_R\, p_n \tag{45}$$

$$q_n' = -K_I p_n - \frac{1}{2} p_n \sigma_n - F_n \cos\left(\frac{1}{2}\sigma_n T_1\right) - K_R\, q_n \tag{46}$$

To determine stability, the Jacobian matrix is constructed

$$J_n = \begin{bmatrix} -K_R & K_I - \frac{1}{2}\sigma_n \\ -K_I + \frac{1}{2}\sigma_n & -K_R \end{bmatrix}_{p_n=q_n=0} . \quad (47)$$

The eigenvalues of the matrix (47) are calculated next

$$\lambda_{1,2} = -K_R \mp \left(\frac{1}{2}\sigma_n - K_I\right) \quad (48)$$

Hence, trivial solutions are stable.

4. Concluding remarks

A model of Euler-Bernoulli beam with fractional visco-elastic boundary conditions is considered. The multiple scales method is applied directly to the equation of motion. The amplitude and phase modulation equations, steady-state solutions and their stability are discussed. The natural frequencies and mode shapes of the first three natural frequencies are demonstrated in graphs. It has been observed that the obtained frequency values are compatible with the theory. The fractional derivative order α is included in the solution function and detuning parameter.

Kaynakça

Agarwal, R. P., Ntouyas, S. K., Ahmad, B., & Alhothuali, M. S. (2013). Existence of solutions for integro-differential equations of fractional order with nonlocal three-point fractional boundary conditions. Advances in Difference Equations, 2013(1):1–9.

Barari, A., Kaliji, H. D., Ghadimi, M., & Domairry, G. (2011). Non-linear vibration of euler-bernoulli beams. Latin American Journal of Solids and Structures, 8:139–148.

Bauchau, O. A., & Craig, J. I. (2009). Structural analysis: with applications to aerospace structures. Springer Science & Business Media.

Carrera, E., Giunta, G., & Petrolo., M. (2011.). Beam structures: classical and advanced theories. John Wiley & Sons,.

Debnath, L. (2003). Recent applications of fractional calculus to science and engineering. International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences. 2003(54):3413–3442.

Demir, D. D., Bildik, N., & Sınır, B. (2014). Linear dynamical analysis of fractionally damped beams and rods. Journal of Engineering Mathematics, 85:131–147.

Huang, Y., Yang, L.-E., & Luo, Q.-Z. (2013). Free vibration of axially functionally graded timoshenko beams with non-uniform cross-section. Composites Part B: Engineering, 45(1):1493–1498.

İnan, M. (1967). Cisimlerin mukavemet. Arı Kitabevi Matbaası.

Javadi, M., Noorian, M., & Iran, S. (2019). Stability analysis of pipes conveying fluid with fractional viscoelastic model. meccanica 54:399–410.

Lewandowski,]. R., & Wielentejczyk, P. l. (2017). Nonlinear vibration of viscoelastic beams described using fractional order derivatives. Journal of Sound and Vibration, 399:228–243.

Miller, K. S., & Ross, B. (1993). An introduction to the fractional calculus and fractional differential equations. wiley.

Nayfeh, A. H. (2011). Introduction to perturbation techniques. John Wiley & Sons.

Nayfeh, A. H., & Mook, D. T. (2008). Nonlinear oscillations. John Wiley & Sons.

Podlubny, I. (1999). Fractional differential equations, vol. 198 of mathematics in science and engineering.

Qiao, G., & Rahmatalla, S. (2021). Dynamics of euler-bernoulli beams with unknown viscoelastic boundary conditions under a moving load. Journal of Sound and Vibration, 491:115771.

Reddy, J., Wang, C., & Lee, K. (1997). Relationships between bending solutions of classical and shear deformation beam theories. International Journal of Solids and Structures, 34(26):3373–3384.

Reddy., J. N. (2011.). Microstructure-dependent couple stress theories of functionally. Journal of the Mechanics and Physics of Solids 59(11):2382–2399.

Rong, J., & Bai, C. (2015). Lyapunov-type inequality for a fractional differential equation with fractional boundary conditions. Advances in Difference equations, 2015(1):1–10.

Simsek, M. (2010). Fundamental frequency analysis of functionally graded beams by using different higher-order beam theories. Nuclear Engineering and Design, 240(4):697–705.

Sınır, S., Yıldız, B., & Sınır, B. G. (tarih yok). Approximate solutions of nonlinear pendulum with fractional damping. In 5th International Students Science Congress Proceedings Book, page 295.

Tang, Y., Zhen, Y., & Fang, B. (2018). Nonlinear vibration analysis of a fractional dynamic model for the viscoelastic pipe conveying fluid. Applied Mathematical Modelling, 56:123–136.

Thai, H.-T., & Vo, T. P. (2012). Bending and free vibration of functionally graded beams using. International journal of mechanical, 62(1):57–66.

Zhao, X., & Chang, P. (2021). Free and forced vibration of double beam with arbitrary end conditions connected with a viscoelastic layer and discrete points. International Journal of Mechanical Sciences, 209:106707.

Makale id= 24

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-6905-7465

Yüksek Uzamalı Dökme Demirin (En-Gjs-400-18) Uygun Üretim Şartlarının Araştırılması

Exp. Zafer Ay[1] , Doç.Dr. Fatih Apaydın[2]
[1]Demisaş Döküm Emaye Mamulleri Sanayi A.Ş
[2]Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

*Corresponding author: Zafer Ay

Özet: *Döküm içerisindeki grafitin dağılımına ve cinsine göre dökme demirler lamel grafitli, silindirik (vermiküler) grafitli, küresel (sfero) grafitli, beyaz, gri temper gibi gruplara ayrılır. Sfero (KGDD) döküm, aynı çelik malzemelerde olduğu gibi yüksek mukavemet, süneklik ve tokluk özelliklerinin yanında düşük ergime noktası, iyi akışkanlık ve iyi işlenebilirlik özelliklerine sahiptir. Günümüzde KGDD malzemeler otomotiv, mimari, madencilik, metalürji ve makine imalat sektöründe yaygın olarak kullanılır. KGDD malzemeler ile ilgili yeni alaşımların geliştirilmesi, döküm esnasında akışkanlık özelliklerinin iyileştirilmesi ve zayıf olan korozyon direncinin iyileştirilmesi amacıyla çok sayıda güncel çalışmalar yapılmaktadır. Yapılacak bu çalışma ile dökümhane ve seri üretim şartlarında üretim pratiği açısından üretilmesi zor olan EN-GJS-400-18 sfero döküm malzemesinin hammadde şarjları, ferro alaşımlar, döküm simülasyonu, analiz ve ATAS (Adaptive Thermal Analysis System) parametrelerinin iyileştirilmesi ile daha pratik hale getirilmesi amaçlanmıştır. Üretilen bu parçaların mevcutta mekanik özelliklerinin devamlılığının sağlanması, seri şartlara uygun olacak şekilde bütün sistemin planlanması ve sonraki süreçte daha farklı yüksek uzamalı malzemelere geçiş için üretilebilirliğin tahmini yapılacaktır. Bu amaçla kimyasal analiz değerleri, sıcaklık, ATAS Parametreleri, Magma Simülasyon verileri, matris yapı ve kullanılan hammaddelerin oranları (pik ve ferro alyajlar) çalışılmıştır. Tüm bu parametrelerin iyileştirilmesi ile bu malzemenin dökümü daha pratik hale getirilmiş olacak ve bu şekilde üretilen KGDD'nin nihai özelliklerindeki değişkenlik ilişkilendirilecektir.*

Anahtar Kelimeler: *Kgdd, Atas, En-Gjs-400-18*

Investigation of Suitable Production Conditions of High Extension Cast Iron

Abstract: *According to the distribution and type of graphite in the casting, cast irons are divided into groups such as lamellar graphite, cylindrical (vermicular) graphite, spherical (spheroidal) graphite, white and gray temper. Ductile iron (KGDD) casting has high strength, ductility, and toughness, as well as low melting point, good fluidity, and good machinability, just like steel materials. Today, KGDD materials are widely used in the automotive, architecture, mining, metallurgy, and machinery manufacturing sectors. Many current studies are being carried out to develop new alloys for KGDD materials, to improve the fluidity properties during casting and to improve the weak corrosion resistance. With this study, EN-GJS-400-18 ductile iron material, which is difficult to produce in terms of production practice under foundry and mass production conditions, will be made more practical by improving raw material charges, ferro alloys, casting simulation, analysis, and ATAS (Adaptive Thermal Analysis System) parameters. is intended. Manufacturability will be estimated to ensure the continuity of the existing mechanical properties of these produced parts, to plan the entire system in accordance with serial conditions, and to transition to different high elongation materials in the next period. For this purpose, chemical analysis values, temperature, ATAS Parameters, Magma Simulation data, matrix structure and the ratios of the raw materials used (pig and ferro alloys) were studied. By improving all these parameters, the casting of this material will become more practical and the variability in the final properties of the KGDD produced in this way will be correlated.*

Keywords: *Ggg, Atas, En-Gjs-400-18*

1. GİRİŞ

Döküm içerisindeki grafitin dağılımına ve cinsine göre dökme demirler lamel grafitli, silindirik (vermiküler) grafitli, küresel (sfero) grafitli, beyaz ve gri temper dökme demir gibi gruplara ayrılır (Sevgi, 2019). İlk olarak 1948 yılında British Cast Iron Research Association (BCIRA) ve International Nickel Company (INCO) tarafından birbirinden bağımsız olarak geliştirilmiş olan küresel grafitli dökme demirler (KGDD) günümüzde dünyada toplam 98,6 milyon tonluk döküm üretiminin %26,5'ini oluşturmaktadır (Ateş, 2013). Çeliklerde olduğu gibi yüksek mukavemet, süneklik ve tokluk özelliklerinin yanında düşük ergime noktası, iyi akışkanlık ve iyi işlenebilirlik özelliklerine sahip olması bu malzemeyi 75 yılda bu kadar önemli bir malzeme grubu yapmıştır (Sevgi, 2019). Sfero, nodüler ve sünek dökme demirler olarak da bilinen küresel grafitli dökme demirler otomotiv, mimari, madencilik, rüzgâr enerjisi tribünleri, metalurji ve makine imalat sektöründe yaygın olarak kullanılırlar (Çelikbilek, 2015).

Küresel grafitli dökme demirler, yaklaşık olarak %3,4-3,9 oranında karbon ve %1,8-3,1 oranında da silisyum içermektedir. Katılaşma sırasında grafitlerin küresel formda olmasını Mg ve Ce ilavesi sağlamaktadır (Öztürk, 2019). Küresel grafitli dökme demirlerin ülkemizde sınıflandırılması genellikle TS EN 1563 ve TS EN 1564 standardına göre yapılmaktadır. İlk çıkan küresel grafitli dökme demirler genellikle birinci nesil olarak adlandırılmaktadır. Bu birinci nesil olarak ifade edilen KGDD'ler %2-3 arasında silisyum içermekte olup malzemenin sertlik, dayanım ve uzama gibi mekanik özelliklerini yapıda bulunan ferrit ve perlit oranları düzenlenmektedir. TS EN 1563'e küresel grafitli dökme demirler mikroyapı ve mekanik özelliklerine göre sınıflandırılır. Örneğin çalışmamızda kullandığımız EN-GJS-400-18 malzemede "GJS" malzemenin küresel dökme demir olduğunu, beklenen minimum çekme mukavemetinin 400 Mpa, minimum %uzamanın 18 olduğunu ifade eder. Birinci nesil küresel dökme demirlerde yapıdaki perlit miktarı sadece kimyasal kompozisyondan değil aynı zamanda soğuma hızından da etkilenmektedir. Farklı kesit kalınlıklarına sahip bir döküm parçasının soğuma hızlarının eşit olmamasından dolayı matris yapıda homojen olmayan yapılar istenilen nihai mekanik özelliklerin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için 20. yüzyılın sonlarında ikinci nesil olarak ifade edebileceğimiz katı çözelti ile güçlendirilmiş ferritik sfero dökme demir (solid solution strengthened ferritic ductile iron, SSF) olarak adlandırılan yeni sfero türü, hem TS EN 1563 standardında, hem de östemperlenmiş sfero dökme demir (austempered ductile iron, ADI)TS EN 1564 standardında tanımlandı. Bu ikinci nesil küresel grafitli dökme demirde tamamen ferritik olan yapı süneklik sağlarken katı çözelti sertleşmesi (solid solution strengthening) adını verdiğimiz mekanizma ise yüksek mukavemet değerlerinin elde edilmesini sağlamaktadır. İkinci nesil dökme demirler içerdikleri yüksek silisyum nedeniyle, benzer seviyede uzama sergileyen birinci nesil sfero dökme demirlere kıyasla daha yüksek dayanım değerlerine sahip olabiliyorlar. Katı çözelti sertleşmesi, dökülen parçanın akma dayanımının da artmasına yol açıyor. Bu dökme demirlerde bulunan yüksek silisyum nedeniyle, karbür oluşma eğiliminin de önemli ölçüde azaldığını görüyoruz. Yüksek silisyum miktarının sağladığı bir diğer avantaj ise, ötektoid dönüşüm sıcaklığını yukarı çekmesidir. Bunun doğal sonucu olarak bu malzemeden üretilen parçaların yüksek sıcaklıkta çalışma performanslarında artış sağlanmaktadır (Çetin, 2016).

KGDD malzemeler ile ilgili güncel araştırma konuları yeni alaşımların geliştirilmesi (Jafar & Behnam, 2011; Karaca, 2022; Karadeniz et al., 2017; Yalçın, 2019), döküm esnasında akışkanlık özelliklerinin iyileştirilmesi(Çoşar, 2022), zayıf olan korozyon direncinin iyileştirilmesi, işlenebilirlik(Çelikbilek, 2015; Pascual et al., 2007) ve küresel grafitli dökme demirlerin ısıl işlemi(Ateş, 2013; Hartung et al., 2020; İlçin, 2022; Öztürk, 2019; Sevgi, 2019; Yalçın, 2019) üzerinedir.

Bu çalışmada dökümhanelerde seri üretim pratiği açısından üretilmesi zor olan EN-GJS-400-18 sfero döküm malzemesinin seri şartlara uygun olarak üretilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ağılıkça % Si ve karbür yapıcı elementlerden Cu ve Mo'nun ve döküm malzemesi çapının EN-GJS-400-18 küresel grafitli dökme demirin mikroyapı ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada değişik kesitlerde (Yuvarlak: Ø20-25-30 mm) deneme kalıpları ile çalışılmıştır. Ağırlıkça %Si ve karbür yapıcı elementlerden Cu ve Mo'nun EN-GJS-400-18 küresel dökme demirinin %uzama, çekme mukavemeti ve %ferrit oranına etkisi incelenmiştir.

2.1. Şarjın hazırlanması

Tablo 2.1'de belirtilen standart TS-EN-GJS-400-18 alaşımı oluşturmak için ağırlıkça %50 Brezilya Piki (Tablo 2.2) ve %50 çelik hurdası (Tablo 2.3) kullanılmıştır. Her bir şarja Tablo 2.4'te özellikleri belirtilen ağırlıkça %0,2 VP216 aşılayıcı katılmıştır. Küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine ve mikroyapısına Si, Mo ve Cu'nun ektisini incelemek amacıyla ağırlıkça %Si (2,90-2,95-3,00-3,05,3,10), % Mo (0,001-0,002-0,003-0,004-0,005) ve %Cu (0,03-0,06-0,09) miktarının her seferinde bir elementin miktarı değiştirilerek 75 farklı şarj hazırlanmıştır. Her bir şarj 6000 kg olarak hazırlanmıştır.

Tablo 2.1. TS-EN-GJS-400-18 alaşımının kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ti	Mo	Mg	Al	Ce	Ni	V
350-3,60	Min. 2,60	0,15 max.	0,02 max.	Min 0,04 0,007 max	0,035 max	0,06 max	0,001 max	0,003 max	0,38	0,015	0,002	0,003	0,004 max

Tablo 2. 2. Brezilya Piki kimyasal analizi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ti	Mo	Sn	Mg	Al	Ni	W	Pb
4,370	0,550	0,058	0,048	0,023	0,011	0,010	0,010	0,001	0,001	0,010	0,001	0,027	0,002	0,001

Tablo 2. 3. Sfero lama çelik hurdası kimyasal analizi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ti	Mo	Sn
0,074	0,014	0,211	0,011	0,013	0,036	0,059	0,009	0,004	0,006
Al	Ce	Ni	Zn	Zr	B	W	Pb	Sb	
0,047	0,160	0,037	0,013	0,010	0,000	0,005	0,006	0,066	

Tablo 2. 4 Aşılayıcı kimyasal analizi

Aşı Adı	% Silikon	% Alüminyum	% Kalsiyum
VP216	70	3,4	0,8

2.2. Döküm kumu ve kalıbının hazırlanması

Otomatik kum hazırlama mikseri ile Tablo 2.5'te belirtilen oranlara göre kömür tozu, bentonit, silis kumu ve su katılarak döküm kumu hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan döküm kumunun fiziksel ve kimyasal özellikleri test edilmiş olup bu sonuçlar Tablo 2.6'da belirtilmiştir.

Tablo 2.5. Döküm kumu karışım oranları

Malzeme	Miktar (kg)
Eski kum	2.000
Yeni kum	30
Kömür tozu	6
Bentonit	30
Su	Karışımın kompaktibilitesine bakılarak otomatik olarak veriliyor.

Tablo 2.6. Döküm kumundan elde edilen özellikler

Kompaktibilite	%38
Yaş Basma Mukavemeti	1950 gr/cm²
Yaş Çekme Mukavemeti	0,35 psi
Tane Boyutu	69 AFS
Nem	%2,80
Geçirgenlik	%90
Aktif Bentonit	%8,5
Aktif Kil	%15
Yanma Kaybı	%6
Kil	%1
Elek	3-4

Çapı 20-25-30 mm yüksekliği 100 mm olan döküm modelleri hazırlamıştır. Sonrasında bu modellere göre hazırlanan kum kalıplara döküm işlemleri gerçekleştirilmiştir.

2.3. Ergitme ve döküm

Hazırlanan şarjlar 6 ton kapasiteli orta frekanslı indüksiyon ocaklarında 60 dk da ergitilmiştir. 1500-1520 ◦C sıcaklıktaki ergimiş metal sonrasında 1 tonluk tretman potasında Mg ile küreselleştirme işlemine tabi tutulmuş ve dökülen tüm şarjlar sabit 1410◦C'de kalıplara dökülmüştür. Dökülen ürünler oda sıcaklığında soğutulmuştur.

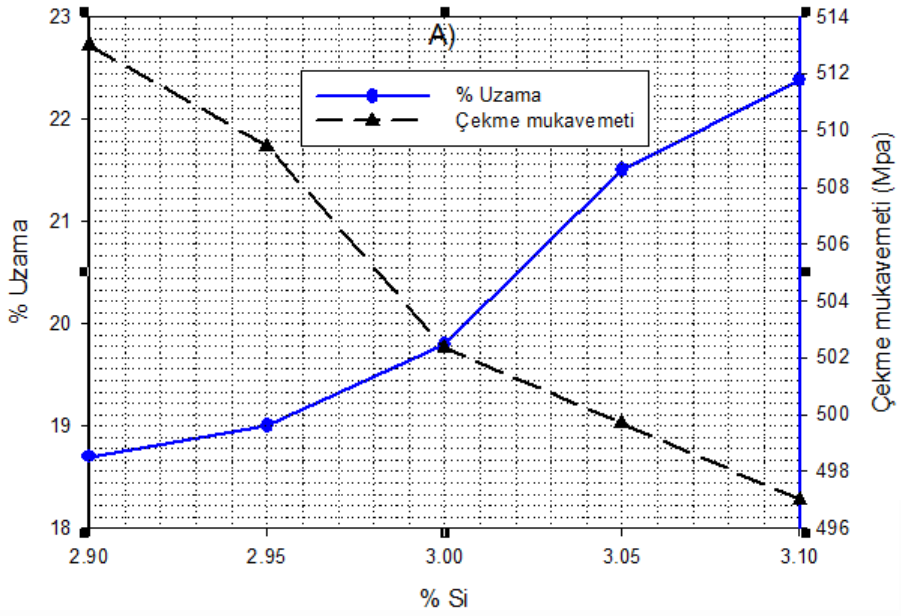
2.4. Test ve ölçümler

Elde edilen döküm ürünlerinin kimyasal analizleri OBLF marka optik emisyon spektrometre ile ölçülmüştür. Metalografik numune parlatma sonrasında numunelerin mikroyapıları ilk olarak dağlamasız olarak Nikon marka optik mikroskop ile incelemiştir. Bu görüntüleme ile küresel grafit oranı ve küresellik dereceleri saptanmıştır. Daha sonra %2 nital ile dağlanmış bu numunelerin ferrit/perlit oranları Clemex Captiva Görüntü Analiz Yazılımı ile ölçülmüştür. Çekme mukavemeti ölçümünden önce tüm numunelerin boşluk kontrolü Yxlon marka X-Ray cihazı ile kontrol edilmiştir. Numunelerin % uzama ve çekme mukavemeti değerleri Zwcik marka çekme cihazı ile DIN EN 10002-1 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

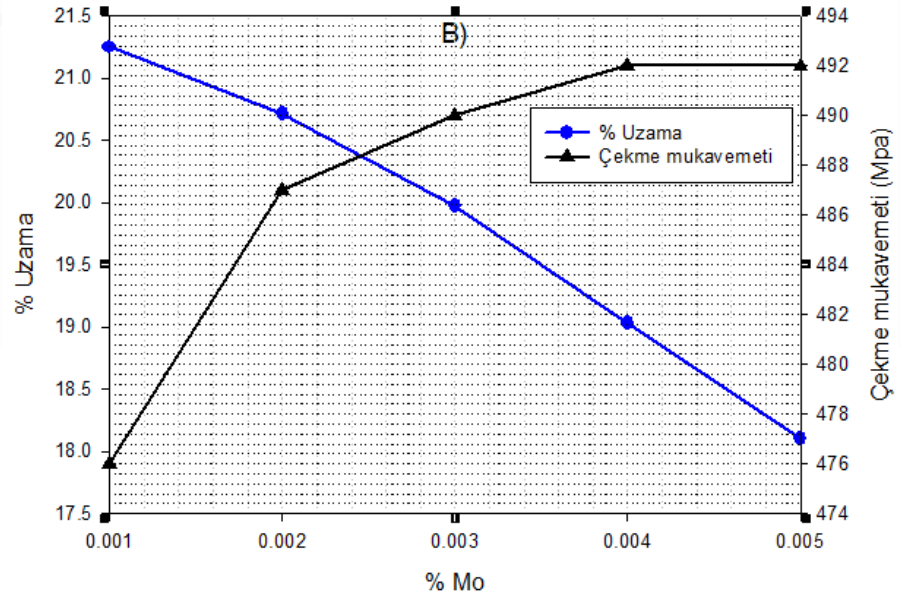
3.1. Alaşım elementlerinin küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi

Si'nin küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Mo miktarı %0,001 ve Cu miktarı %0,06 sabit alınmış olup Si miktarı ise %2,90 ile %3,10 arasında değiştirilmiştir. Döküm sonrasında numunelerin iç yapısında boşluk olup olmadığı X-ray cihazı ile kontrol edilmiş olup tamamen boşluksuz numunelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Si miktarının %2,90'dan %3,10'a artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin % uzamasını %18,7'den %22,38'e çıkardığı çekme mukavemetini ise 513 MPa'dan 497 MPa'ya düşürdüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 3.1. Si'nin küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi

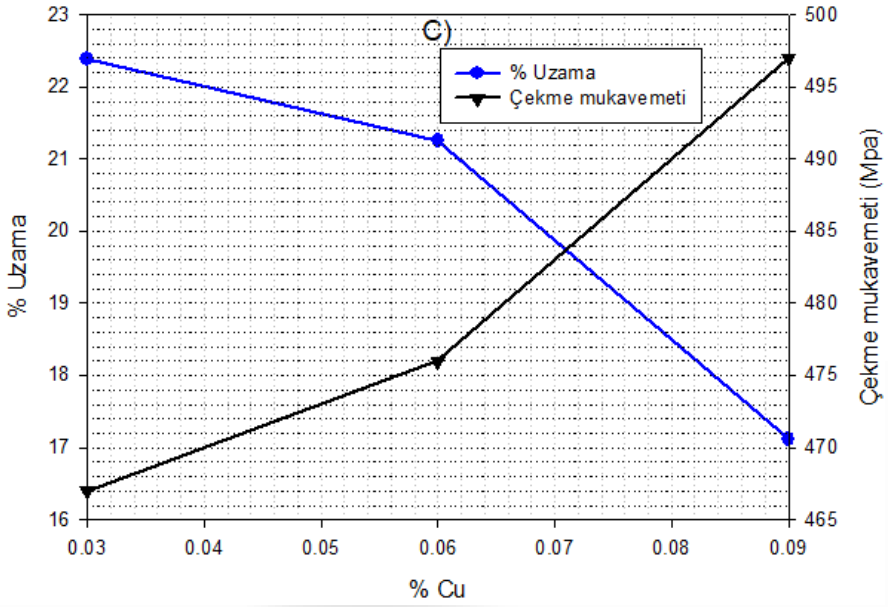
Mo'nun küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Si miktarı %3,10 ve Cu miktarı %0,06 sabit alınmış olup Mo miktarı ise %0,001 ile %0,005 arasında değiştirilmiştir. Döküm sonrasında numunelerin iç yapısında boşluk olup olmadığı X-ray cihazı ile kontrol edilmiş olup tamamen boşluksuz numunelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Mo miktarının %0,001'den %0,005'e artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin % uzamasını %21,25'ten %18,10'a düşürdüğü çekme mukavemetini ise 476 MPa'dan 492 MPa 'ya artırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2. Mo'nun küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi

Cu'nun küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Si miktarı %3,10 ve Mo miktarı %0,001 sabit alınmış olup Cu miktarı ise %0,03 ile %0,09 arasında değiştirilmiştir. Döküm sonrasında numunelerin iç yapısında boşluk olup olmadığı X-ray cihazı ile kontrol edilmiş olup tamamen boşluksuz numunelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Cu miktarının %0,03'den %0,09'a artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin %

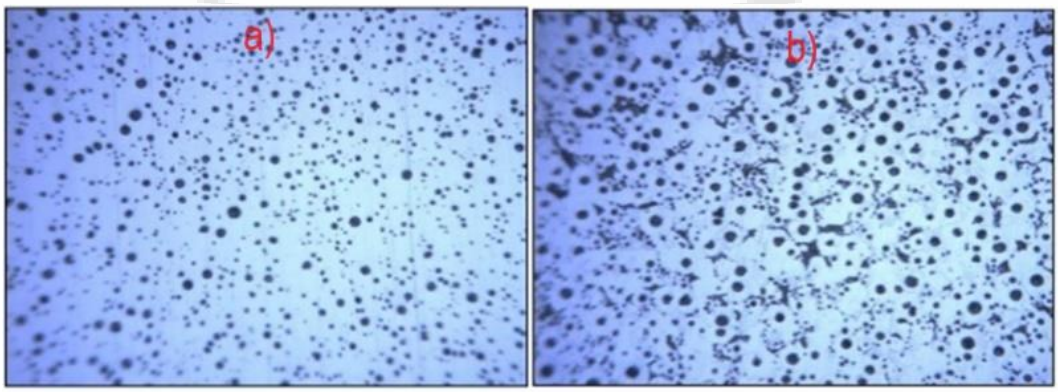
uzamasını %22,38'den %17,12'a düşürdüğü çekme mukavemetini ise 467 MPa'dan 497 MPa'ya artırdığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.3. Cu'nun küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi

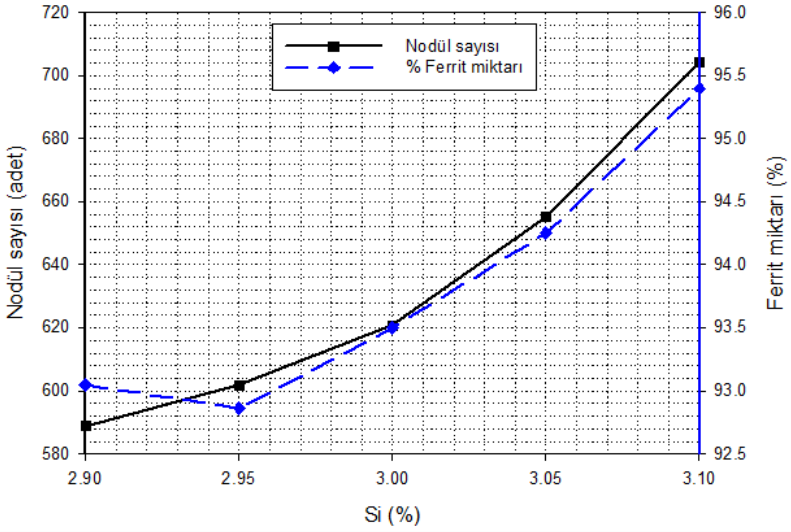
3.2. Alaşım elementlerinin küresel grafitli dökme demirin mikroyapısına etkisi

Elde edilen döküm numunelerin mikroyapıları metalografik numune hazırlama sonrasında dağlamalı ve dağlamasız olarak ayrı ayrı incelenmiştir. Dağlamasız görüntüleme ile nodül sayısı saptanırken, %2 nital ile dağlanmış numunelerin ise ferrit oranları Clemex Captiva Görüntü Analiz Yazılımı ile ölçülmüştür (Şekil 3.4). Alaşım elementlerinden Si, Mo ve Cu'nun TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin nodül sayısı ve % ferrit miktarına ektisi Şekil 3.5- Şekil 3.7 'de gösterilmiştir.



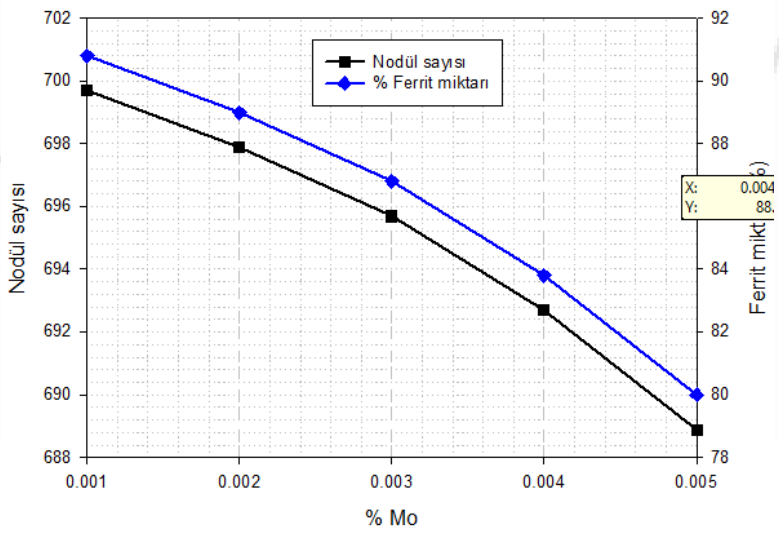
Şekil 3.4. Nodül sayısı ve % ferrit miktarının hesaplanmasında kullanılan temsili mikroyapı (a: dağlamasız nodül sayısı 612, b:%2 nital ile dağlanmış ferrit oranı %84,90)

Si'nin küresel grafitli dökme demirin mikroyapısına etkisi Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Mo miktarı %0,001 ve Cu miktarı %0,06 sabit alınmış olup Si miktarı ise %2,90 ile %3,10 arasında değiştirilmiştir. Si miktarının %2,90'dan %3,10'a artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin nodül sayısının 588,88'den 704,29'a çıktığı, ferrit miktarının ise %93,05'ten %95,10'a arttığı hesap edilmiştir.



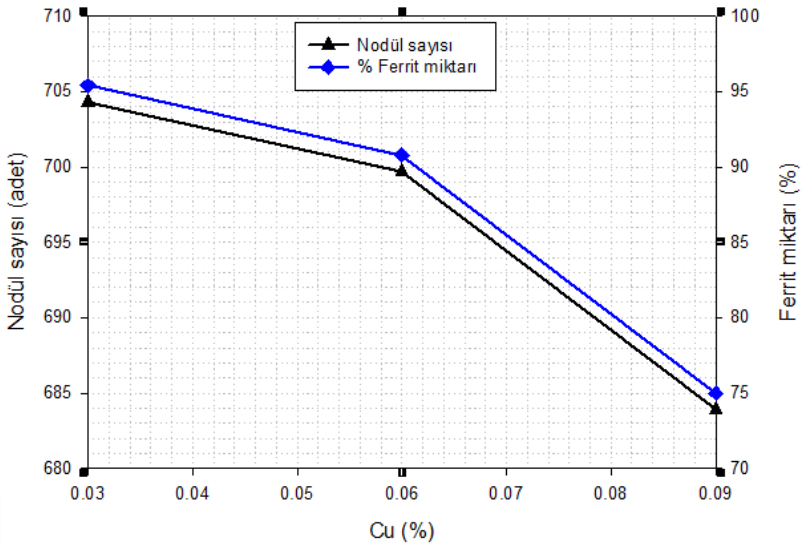
Şekil 3.5. Si'nin küresel grafitli dökme demirin mikroyapısal özelliklerine etkisi

Mo'nun küresel grafitli dökme demirin mikroyapısına etkisi Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Si miktarı %3,1 ve Cu miktarı %0,06 sabit alınmış olup Mo miktarı ise %0,001 ile %0,005 arasında değiştirilmiştir. Mo miktarının %0,001'den %0,005'e artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin nodül sayısının 699,69'dan 688,89'a düştüğü ferrit miktarının ise %90,8'den %80'e düştüğü hesap edilmiştir.



Şekil 3.6. Mo'nun küresel grafitli dökme demirin mikroyapısal özelliklerine etkisi

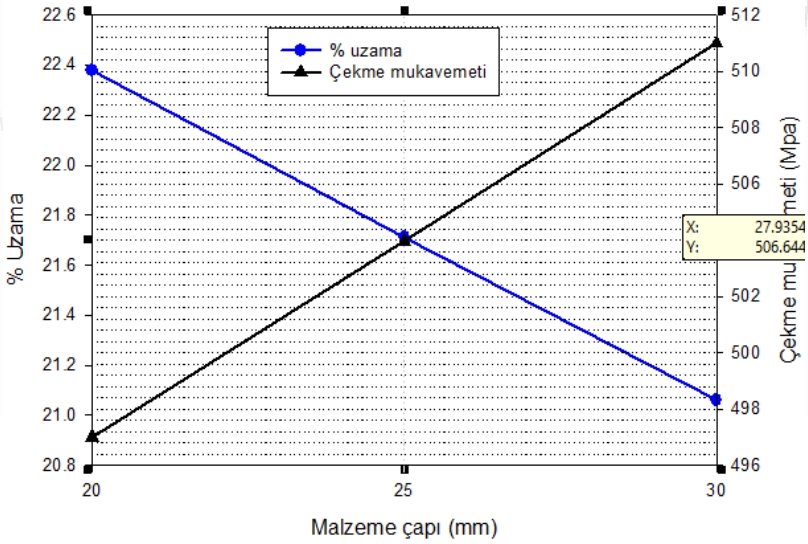
Cu'nun küresel grafitli dökme demirin mikroyapısına etkisi Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Bu grafikte döküm kalıp çapı 20 mm, Si miktarı %3,1 ve Mo miktarı %0,001 sabit alınmış olup Cu miktarı ise %0,03 ile %0,09 arasında değiştirilmiştir. Cu miktarının %0,03'ten %0,09'a artmasının TS-EN-GJS-400-18 malzemesinin nodül sayısının 704,29'dan 683,89'a düştüğü ferrit miktarının ise %95,4'ten %75'e düştüğü hesap edilmiştir.



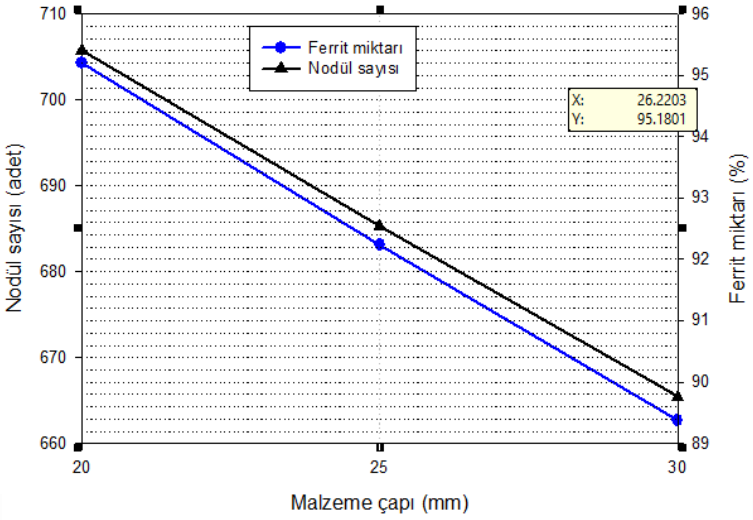
Şekil 3.7. Cu'nun küresel grafitli dökme demirin mikroyapısal özelliklerine etkisi

3.3. Malzeme çapının küresel grafitli dökme demirin mekanik ve mikroyapısal özelliklerine etkisi

Çapı 20-25-30 mm olan kalıplara dökülmüş %3,10 Si, %0,001 Mo ve %0,06 Cu içeriğine sahip numunelerin mekanik özellikleri Şekil 3.8, mikroyapısal özellikleri de Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Malzeme çapının 20 mm'den 30 mm ye doğru artmasıyla % uzama 22,38'den 21,06'ya düşerken çekme mukavemeti 497 Mpa'dan 511 Mpa'ya artmıştır. Aynı şekilde malzeme çapının artmasıyla modül sayısı 704,29'dan 662,67 ye düşerken % ferrit miktarıda 95,40 dan 89,76 ya düşmüştür.



Şekil 3.8. Malzeme çapının küresel grafitli dökme demirin mekanik özelliklerine etkisi



Şekil 3.9. Malzeme çapının küresel grafitli dökme demirin mikroyapısal özelliklerine etkisi

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

- Kimyasal kompozisyonda Si değerinin %3,10 değerini aşmayacak şekilde kontrol altında tutulması gerektiği,
- Karbür yapıcılardan tespit edilen etken elementlerden; Cu : %0,006, Mo : % 0,001–0,005 azami aralığında mümkün olan en düşük değerlerinde de kontrol altında tutulması gerektiği,
- Mikroyapıdaki % ferrit oranının minimum %80 olması gerektiği görülmektedir.
- 400-18 mekanik özeliklerinde üretim için; mm²'deki nodül sayısının da min. 600'lerde olmasının daha iyi olacağı grafiklerden görülmektedir.

KAYNAKLAR

Çelikbilek, M. (2015). EN-JS1020 Küresel Grafitli Dökme Demirin Delme İşleminde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Değerlendirilmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ateş, B. (2013). Katı Çözelti Sertleşmesinin Küresel Grafitli Dökme Demirin Dönel Eğme Yorulma Davranışına Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çetin, A. (2016). Katı Çözeltiyle Güçlendirilmiş Ferritik Sfero Dökme Demirler. In El Kitabı (3rd ed.).

Çoşar, M. (2022). Küresel grafitli dökme demir dökümünde dolum hızı, döküm sıcaklığı ve metalurji kalitesinin farklı kesit kalıkları üzerinde akıcılık özelliklerine etkisinin incelenmesi [Gümüşhane Üniversitesi]. In Gümüşhane Üniversitei (Issue 8.5.2017). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders

Hartung, C., Logan, R., Plowman, A., Wilkinson, D., Hoel, E. G., & Ott, E. (2020). Research on Solution Strengthened Ferritic Ductile Iron (SSFDI) Structure and Properties Using Different Treatment and Inoculation Materials. International Journal of Metalcasting, 14(4), 1195–1209. https://doi.org/10.1007/s40962-020-00469-4

İlçin, F. (2022). Molibden ve nikel içeren küresel grafitli dökme demirlerde östemperleme ısıl işlemi ile mekanik özelliklerindeki değişimin araştırılması. In Konya Teknik Üniversitei. Konya Teknik Üniversitesi.

Jafar, K. A., & Behnam, A. A. (2011). Influence of Mold Preheating and Silicon Content on Microstructure and Casting Properties of Ductile Iron in Permanent Mold. Journal of Iron and Steel Research International, 18(3), 34–39. https://doi.org/10.1016/S1006-706X(11)60034-4

Karaca, İ. (2022). Küresel grafitli dökme demirlerin üretiminde metalurjik silisyum karbür ve ferro silis katkılarının malzeme üzerindeki etkilerinin araştırılması [Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi]. In Bilecik Şeyh Edebali Üniveristesi (Issue 8.5.2017). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders

Karadeniz, E., Çolak, M., & Barutçu, F. (2017). GGG-60 KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR ÜRETİMİNDE AŞILAYICI TÜRÜ VE MİKTARININ İÇYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ. In Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences (Vol. 6, Issue 1).

Öztürk, E. (2019). Östemperleme Sıcaklığının Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi [Yüksek Lisans]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Pascual, M., Cembrero, J., Salas, F., & Pascual Martínez, M. (2007). Analysis of the weldability of ductile iron. https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.08.070

Sevgi, E. (2019). Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Isıl İşlem Şartlarının Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi.

Yalçın, M. A. (2019). Optimization of Alloying and Heat Treatment Process Parameters of Austempered Ductile Iron (ADI) Casting [Degree of Master of Science]. In Αγαη (Vol. 8, Issue 5). Atılın University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences.

Makale id= 44

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0007-2744-8453

Robotlu Büküm Makinelerinde Görüntü İşleme Teknikleri İle Pozisyon Algılama

Araştırmacı Veli Yılmaz[1] , Araştırmacı Fırat Bulut[1]
[1]Durmazlar Makine

*Corresponding author: Veli Yılmaz

Özet: *Büküm presleri, metal parçalara belirli bir şekil vermek için kullanılan makinelerdir. Bu makineler, otomotiv, havacılık, savunma ve diğer endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Büküm işlemi, parçanın doğru pozisyonda yerleştirilmesini gerektirir. Bu nedenle, parça pozisyonunun tespiti ve makineye toleranslar dahilinde besleme yapılması bükme işleminin doğruluğunu ve kalitesini etkiler. Bu makalede, robotlu büküm makinelerinde görüntü işleme teknikleri kullanımıyla bükülecek parçanın pozisyonunun algılanması incelenecektir. El ile büküm makinesi beslemesi yapılan ve insanın bu operasyonun risk merkezinde olduğu sistemin yerini alacak olan robotlu büküm makinelerinin, endüstride oldukça yaygın kullanılacağı öngörülmektedir. Bu sistem aynı zamanda insansız otomasyon sistemlerinin, bir diğer ismi ile akıllı fabrikaların geleceğinde yerini alacaktır. Büküm makineleri bir diğer ismi ile Büküm presleri, yüksek hassasiyetle parçaların bükülmesini sağlamakta ve üretim sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Genel olarak otomasyon sistemlerinde parçalar istif noktalarından vakum etkisi vb. özel tasarımlar ile robot kıskacı yardımıyla alındıktan sonra bir oryantasyon tablosuna bırakılarak serbest düşüş ile parça referanslamakta, parça oryantasyon tablosundan alınırken referanslamış olarak alınmaktadır ve büküm makinesini besleme işlemini doğru ölçülerle yapmak için hazırdır. Parçanın istif noktasından alındıktan sonra oryantasyon tablosuna bırakılması ve tekrar referans noktasından alınması aslında parçayı daha önce belirlenerek kabul edilmiş bir düzlem üzerinden ölçülü referanslamak için yapılan bir uygulamadır. Ancak bu esnada zaman kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle parçanın robot ve görüntü işleme teknikleri yardımıyla istif noktasından referans ölçüler ile alınması ek bir oryantasyon düzlemiyle referanslama ihtiyacını ortadan kaldıracaktır.*

Anahtar Kelimeler: *Büküm Makineleri, Robot, Pozisyon Algılama, Referanslama, Görüntü İşleme, Kamera*

Position Detection With Image Processing Techniques in Robotic Bending Machines

Abstract: *Press brakes are machines used to shape metal parts into specific shapes. These machines are widely used in industries such as automotive, aviation, defense, and others. The bending process requires the part to be placed in the correct position. Therefore, the detection of the part position and the feeding of the machine within tolerances affect the accuracy and quality of the bending process. In this article, the detection of the position of the part to be bent will be examined using image processing techniques in robotic bending machines. Robotic bending machines, which will replace the system where manual feeding is done and humans are at the center of risk in this operation, are predicted to be widely used in the industry. This system will also take its place in the future of unmanned automation systems, also known as smart factories. Press brakes, also known as bending machines, ensure the bending of parts with high precision and hold an important place in the production process. In general, in automation systems, after the parts are taken with the help of robot grippers from stacking points with special designs such as vacuum effect, etc., they are placed on an orientation table and referenced with free fall. When the part is taken from the orientation table, it is taken as referenced, and is ready to feed the bending machine with accurate measurements. Placing the part on the orientation table after it is taken from the stacking point and taking it back from the reference point is actually an application made to measure the part over a plane that has already been determined and accepted. However, this results in time loss. Therefore, taking the part from*

the stacking point with reference measurements using robot and image processing techniques will eliminate the need for referencing with an additional orientation plane.

Keywords: *Bending Machines, Robotic, Position Detection, Referencing, İmage Processing, Camera*

Giriş

Robotlar günümüzde endüstrinin birçok alanında yaygınlaşmakla birlikte beraberinde birçok yeni teknolojiyi de otomasyon hatlarına dolaylı olarak dahil etmektedir [1]. Parçanın istif noktasından alım esnasında referanslaması ve kamera ile bükülecek parçanın pozisyonunun algılanması oldukça önemlidir. Görüntü işleme ile alınan görüntünün işlenmesi ile analizine dayalı sonuçlar üretilir ve pozisyon, renk, ölçüm gibi ihtiyaca bağlı sonuçlar kullanılabilir [2]. Ölçüm kontrollerinde bir diğer tercih edilen yöntem ise robot ile doğrudan ölçüm yöntemidir ve genellikle otomotiv sektöründe oldukça yaygın kullanılmaktadır [3]. Günümüzde iş sağlığı ve güvenliği kapsamının çeşitli araştırmalara tabi tutulduğu gibi dikkate alınması ve ergonomik tasarımlarla otomasyona geçiş konusunda teşvik edici bir rolü vardır, yapılan her iyileştirmenin verimliliğe doğrudan etkisi gözlemlenmektedir [4][5]. Kamera kullanımının avantajları arasında doğru konum tespiti, yüksek hızlı işlem ve minimum hata oranı bulunmaktadır. Görüntü işleme teknikleri ile oluşturulan yapay görme sistemleri nesne tespiti ve özellik ayırımı, ölçme ve karşılaştırmaya dayalı kontroller endüstrinin montaj faaliyetleri kısmının yanı sıra materyallerin kalite kontrollerinin yapılması ve sınıflandırılması da oldukça yaygınlaşmaktadır [6] [7]. Görüntü işleme teknikleri kullanımı, manuel olarak yapılan referanslama işleminin aksine, çok daha hızlı ve doğru bir şekilde çalışır. Görüntünün alınması veya tarama yapılarak 3D bulutunun oluşturulması sonucu parçanın belirli bir düzlem üzerinde yer alan pozisyonu milisaniyeler içerisinde hesaplanmaktadır. Bu, üretim sürecinin hızlandırılmasını ve hata oranının azaltılmasını sağlar. Aynı zamanda parçanın istif noktasından alındıktan sonra oryantasyon tablosuna bırakılması ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu da verimliliğe doğrudan etki eder.



Şekil-1 Oryantasyon tablosu örneği (Düz sac levhalar için serbest düşüş ile oryantasyon)

Görüntü İşleme Teknikleri ile Pozisyon Tespiti

Günümüz endüstriyel üretiminde, parçaların doğru pozisyonda ve zamanda hareket etmesi önemlidir ve bu nedenle farklı parça pozisyon tespiti yöntemleri kullanılır. Kamera ile parça pozisyon tespiti, bir veya

daha fazla kamera kullanarak parçaların hareketini ve pozisyonunu tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, verimliliği artırarak insan hatalarını önler ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilir. Bu teknikler, parçanın şekli, boyutu, rengi ve diğer özelliklerini analiz ederek parça pozisyonunu tespit eder. Kamera ile parça pozisyon tespiti, otomotiv endüstrisi ve hassas üretim hatları gibi birçok alanda kullanılabilir ve etkili bir yöntemdir.

Görüntü işleme teknikleri ile pozisyon tespiti için kamera, lazer profil sensörleri ve görüntü tabanlı görüntü sensörleri kullanılabilir. Robotlu büküm makinelerinde kamera kullanarak parçaların pozisyonunu algılamak, bükme işleminin doğruluğunu artırır. Kamera, parçanın konumunu tespit ederek robotun parçayı doğru şekilde istif noktasından almasına yardımcı olur.

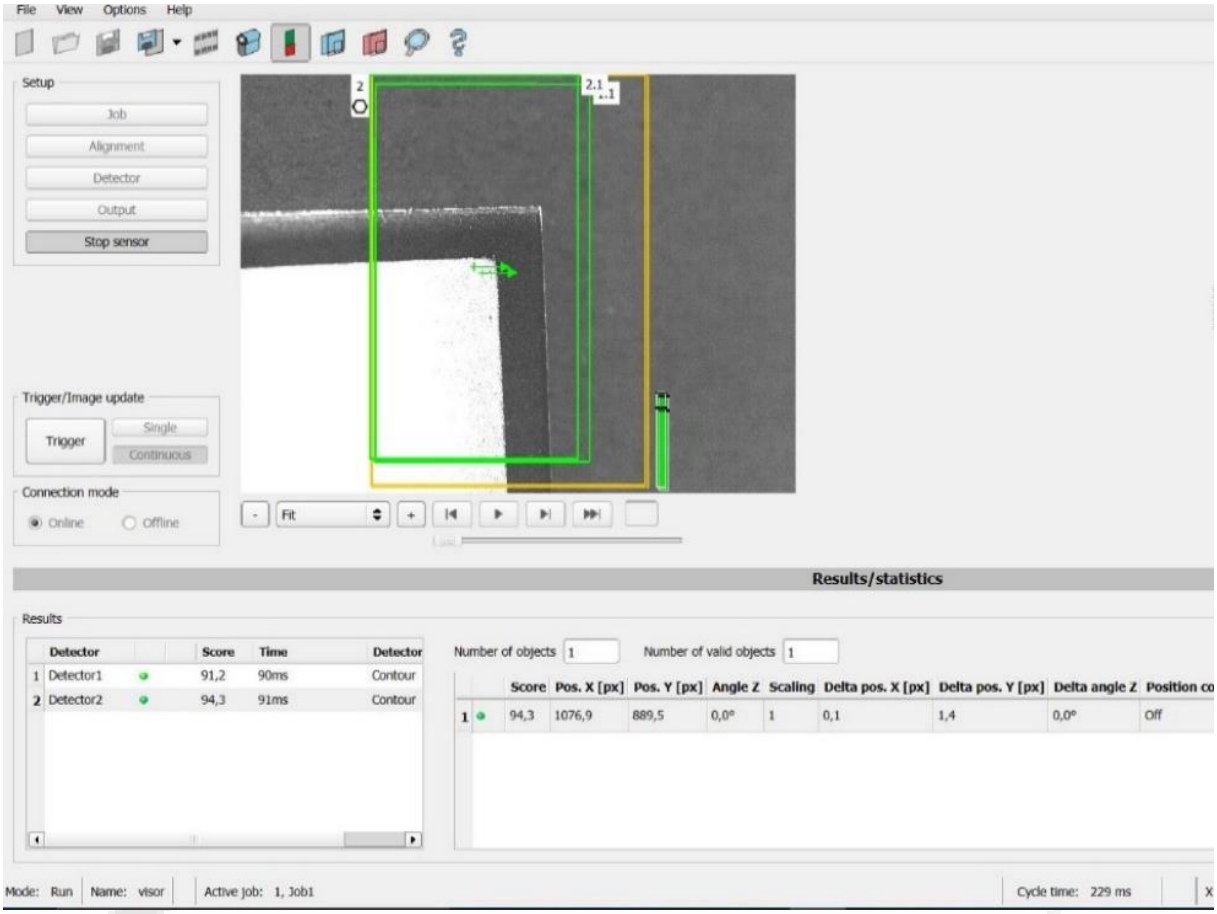
Görüntü işleme teknikleri ile bükülecek parçanın pozisyonunun algılanması için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlar arasında, yapay zeka tabanlı öğretmeye dayalı ve uygulamaya özel kamera ve görüntü sensörleri olduğu gibi lazer profil sensörü olarak da isimlendirilen ve taramaya dayalı malzemenin 3D datasını oluşturabilen sensörler de yer almaktadır. Bu yöntemlerin kullanılması, robotlu büküm makinelerinin verimliliğini artırmakta ve hata oranlarını azaltmaktadır.

Görüntü işleme teknikleri, kamera ile çekilen görüntülerin işlenmesi ile parçanın konumunun belirlenmesini sağlar. Bu işlem, öncelikle kamera tarafından alınan görüntünün işlenmesi ve ardından özellik çıkarımı yapılmasıyla gerçekleştirilir. Özellik çıkarımı, RGB renk modeli vb. (HSV) yöntemler ile görüntüdeki nesnelerin belirli özelliklerinin tespit edilmesi ve bunların analiz edilmesiyle gerçekleştirilir. Bu sayede parçanın konumu ve pozisyonu belirlenir. Örnek görüntü üzerinden arka planda bir karşılaştırma işlemi gerçekleşir. Yapay zeka tabanlı yöntemlerde ise bu karşılaştırmaları destekleyici görsel kütüphane ve çalışma esnasında alınan görüntüler üzerinden öğrenme metotları içeren algoritmalar ile sonuçların kararlılığı iyileştirilir.



Şekil-2 Endüstriyel robot ile palet üzerine istiflenmiş parçaların alınması ve abkant pres beslemesi

Örnek bir malzeme analizinde yapay zeka yöntemleri ile, kamera vasıtasıyla alınan görüntülerin yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilerek parçanın konumunun belirlenmesi sağlanırken, öncelikle bir öğrenme süreci gerçekleştirilir. Bu süreçte, bir eğitim veri kümesi kullanarak algoritma eğitilir. Ardından, algoritma, gerçek zamanlı olarak kamera tarafından alınan görüntüleri analiz ederek parçanın konumunu belirler.

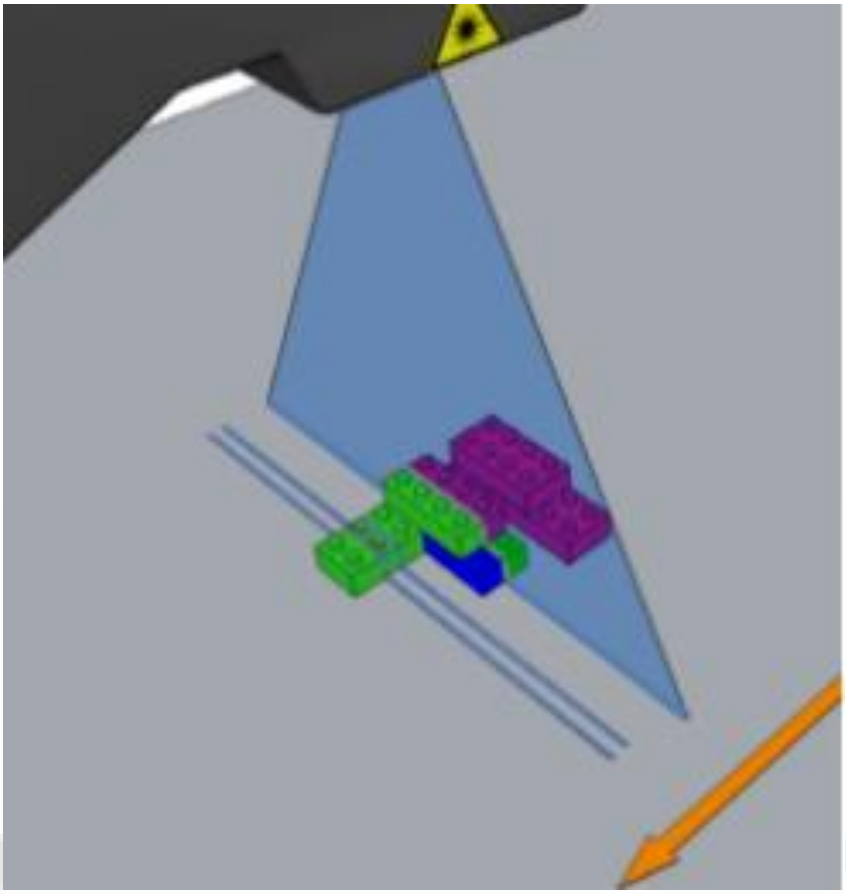


Şekil-3 Kamera ile alınan görüntünün, görüntü işleme teknikleri ile parça pozisyon yakalama örneği

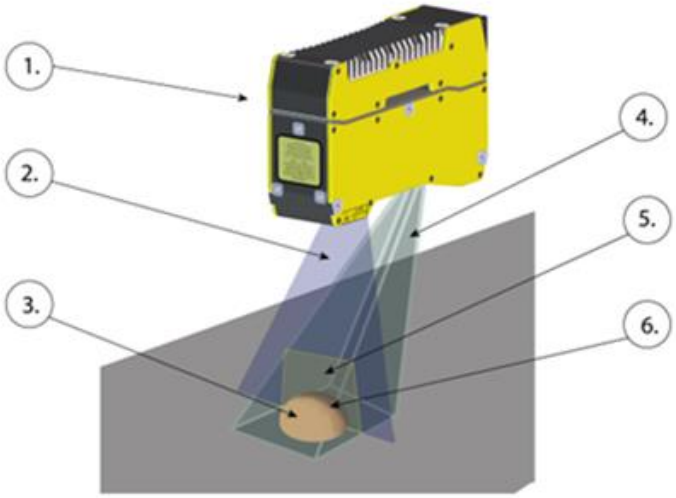
	Score	Pos. X [px]	Pos. Y [px]	Angle Z	Scaling	Delta pos. X [px]	Delta pos. Y [px]	Delta angle Z
1	94,3	1076,9	889,5	0,0°	1	0,1	1,4	0,0°

Şekil-4 Görüntü işleme teknikleri ile referans pozisyona göre parça pozisyonu ölçüm sonucu

Sensörler ise, parçanın konumunun doğru bir şekilde belirlenmesi için kullanılan bir diğer yöntemdir. Bu yöntemde, robot manipülatörü üzerinde yer alan sensörler, parçanın konumunu tespit etmek için kullanılır. Sensörler, çeşitli özelliklere sahip olabilir. Örneğin, dokunmatik sensörler parçanın konumunu tespit edebilirken, lazer sensörleri parçanın yüksekliğini tespit edebilir. Yine lazer profil sensörleri ile parçanın belirli köşeleri veya belirgin şekillerin yer aldığı kısımlar taranarak geometrik hesaplamalarla parçanın x ve y düzlemindeki kayma miktarı belirlenir. Aynı zamanda z düzlemine göre açısal dönüklüğü tespit edilerek parça istenilen referanslama işlemine sanal olarak tabi olur ve robota yollanan bu pozisyon datası ile pozisyon sıfırlama işlemi gerçekleşir. Robot parçayı referanslı pozisyon verileri ile palet konumundan alır ve parça işlem için hazırdır.



Şekil-5 Lazer profil sensörü tarama örneği



Number	Element
1.	Görüntü Sensörü
2.	Lazer Düzlemi
3.	İncelenen Nesne
4.	Kamera Görüş Alanı
5.	Çalışma Bölümü
6.	Lazer Şerit

Şekil-6 Görüntü işleme teknikleri ile çalışan lazer profil sensörü örneği

Robotlu büküm makinelerinde kamera kullanımı, parçanın doğru pozisyonunu tespit etmek için etkili bir yöntemdir. Ayrıca farklı kamera markaları ve modelleri yapay zeka algoritmaları kullanarak parçaların konumunu tespit eder ve bükme işleminin doğruluğunu artırır. Kameranın çözünürlük kalitesi ise doğruluk, tekrarlanabilirlik ve hesaplama süreçlerinde en önemli etkenlerdendir. Her görüntüyü oluşturan nokta belirli bir alana karşılık geleceğinden, yüksek görüntü kalitesi ve yakın mesafeden doğru odaklama ile uygun ışıkla alınan görüntülerin işlenmesi kararlı sonuçlar ortaya çıkarır. Kamera kullanımı, üretim sürecinin hızlandırılmasını ve hata oranının azaltılmasını sağlar, kamera ile bükülecek parçanın pozisyonunun algılanması, robotlu büküm makinelerinin doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini artırmakta olup, ayrıca referanslama ve oryantasyon işlemine gerekliliği ortadan kaldırarak süre verimliliğine doğrudan etki eder.

Sonuç

Robotlu büküm makinelerinde görüntü işleme teknikleri ile kamera kullanımı, bükülecek parçanın pozisyonunun doğru bir şekilde tespit edilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Kamera sistemleri, farklı boyut ve şekillerdeki parçaları algılayarak, doğru hesaplamalar yapar ve robotlu büküm makinesinin verimli bir şekilde çalışmasını sağlar. Robotlu büküm makinelerinde kamera kullanarak bükülecek parçanın pozisyonunun algılanması, üretim verimliliğini artırır ve hataların azaltılmasına yardımcı olur. Bu teknolojinin kullanımıyla, üretim süreci daha doğru ve güvenilir hale gelir. Bu yöntem, doğru bükme işlemi yapılmasına ve işlem süresinin kısaltılmasına yardımcı olur. Bu nedenle, robotlu büküm makineleri ile görüntü işleme teknikleri ile desteklendiğinde hız, doğruluk, otomasyon, esneklik ve güvenlik gibi konuları doğrudan etkileyen avantajlar elde edilir.

Büküm makinelerinde kamera kullanımının avantajları şunlardır:

1.Hız: Kamera teknolojisi, büküm işlemi sırasında parçaların hızlı bir şekilde tespit edilmesine ve konumlandırılmasına olanak tanır. Oryantasyon tablosunun kullanıldığı yöntemde parça istif paletinden alınır, oryantasyon tablosuna bırakılır ve serbest düşme ile parça referanslama yapar, tekrar alınarak makine beslemesi yapılır. Bu işlem parça büyüklüğüne bağlı olarak 500mmx500mm bir parçada 8 saniye sürmektedir. Parça boyutu ile süre doğru orantılı olarak artar. Kamera ile parça pozisyonunun öğrenilmesi ise robot ile parçanın istif paletinden alınarak doğrudan makine beslemesi yapılmasına olanak sağlar. Bu işlem aynı ölçülerde bir parça ile 2 saniye sürmektedir. Basit bir orantı yapıldığında Parça alma ve referanslama süresi en az %75 iyileşmektedir. Bu, üretim sürecinin hızlanmasına ve ürün verimliliğinin artmasına yol açar. Toplam verimlilik bir parçanın büküm adetine bağlı olacağı için değişkenlik göstermektedir ancak 500mmx500mm ölçülere sahip bir parçanın 4-5 adımda bükülmesi işlemi makine ve robot hızına bağlı olarak ortalama 1 dakika sürmektedir.

2.Doğruluk: Kamera kullanımı, büküm işlemi sırasında parçaların doğru bir şekilde konumlandırılmasını sağlar. Bu, hatalı bükümlerin önlenmesine ve ürün kalitesinin artmasına katkı sağlar. Parçanın oryantasyon tablosunda serbest düşüş sonrası eğer yüzeyinde bir pürüz vs. var ise sürtünme kaynaklı takılma vb. durumları da göz önünde bulundurulmalıdır. Kamera ile pozisyon kontrolünde oryantasyon tablosuna ihtiyaç olmadığı için bu tür durumlar olmaz. Oryantasyon tablosu ile 0.2mm tolerans oluşabilir iken bu hata toleransı görüntü işleme teknikleri ve ürün seçimine bağlı olarak 0,05 mm altına inmektedir.

3.Otomasyon: Kamera teknolojisi, büküm makinelerinde otomasyonun artırılmasına yardımcı olur. Parçanın pozisyon bilgileri kontrol edilebildiği gibi eğer parça yüzeyinde harici bir kontrol gerekiyorsa, renk kontrolü, materyal kontrolü, desen kontrolü vb. yine otomasyon anlamında çözümünü sağlamaktadır. Bu, işgücü maliyetlerini azaltır, üretim sürecinin verimliliğini ve kalitesini artırır.

4.Esneklik: Kamera teknolojisi, farklı boyutlarda ve şekillerdeki parçaların pozisyonlarının algılanmasını mümkün kılar. Bu, üretim sürecinin esnekliğini artırır ve ürün yelpazesinin genişletilmesine olanak tanır. Ayrıca büyük parçalar için büyük oryantasyon tablolarına ihtiyaç kalmaz, parçanın bir köşesinden kamera ile pozisyonu algılanabilir ve robot bu ölçülere referansla parçaları yakalayarak makine beslemesi yapabilir.

5.Güvenlik: Görüntü işleme teknikleri kullanımı, işçilerin fiziksel olarak zorlu pozisyonlarda çalışmasını gerektiren manuel parça yerleştirme işlemlerini ortadan kaldırır. Bu, işyerindeki güvenliği artırır ve iş kazalarını azaltır.

Sonuç olarak, büküm makinelerinde görüntü işleme teknikleri kullanımı, bükülecek parçanın doğru konumlandırılmasını ve üretim sürecinin hızlandırılmasını sağlar. Bu teknolojinin kullanımı, üretim sürecinin otomasyonunu artırır, işgücü maliyetlerini azaltır ve işyerindeki güvenliği artırır.

KAYNAKÇA

[1] Gürkan GÜRGÖZE, İbrahim TÜRKOĞLU, (2019), Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 31, Sayı 1, 2019, 53-66,

[2] H. Yanık ve B. Turan, "Görüntü-Metre ile görüntü işleme tabanlı mesafe ölçümü", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, c. 38, sayı. 2, ss. 1129-1140, Eki. 2022,

[3] Y. Koç ve D. Özkan, "Otomotiv Sektöründe Kullanılan Parçaların Robot ve Kamera Yardımı ile Ölçümü Yapılarak, Manuel Hatanın Azaltılması", Journal of Materials and Mechatronics: A, c. 2, sayı. 2, ss. 112-126, Ara. 2021

[4] Ertaş, C. (2017). PRES BÖLÜMÜ ERGONOMİ FAALİYETLERİ. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, Cilt: 5 Sayı: SI, 13-22.

[5] Eroğlu G., Şüküroğlu E. E., Günaydın M., Şüküroğlu S. İş Güvenliği Kültürünün İş Verimliliği Üzerine Etkisi: Pres Fabrikası Örneği. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 2022; 11(3): 913-926.

[6] Yıldırım B., Cagıl G. Bir Montaj Parçasının Derin Öğrenme ve Görüntü İşleme ile Tespiti. jista. 2020; 3(2): 31-37.

[7] Y. TORUN Et Al., "Development a Machine Vision System For Marble Classification," 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Sivas, Turkey, 2019

Makale id= 45

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-0007-5665

Copper and Lead Extraction From Copper Anode Slime With Ammonium Acetate

Res. Assist Dr. Mehmet Ali Topçu[1]
[1]Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi

Abstract: *As a potential reusable resource, industrial solid wastes are gradually being used for extracting valuable metals, as well as hazardous impacts on the environment. In recent years, new leaching reagents such as ionic liquids and deep eutectic solvents have been used to provide new options for the recovery of valuable metals from various solid wastes. However, the high cost and application difficulties of these solvents limit their use in metal extraction processes. Therefore, in this paper, the effect of ammonium acetate which is a neutral salt, on copper and lead recovery from copper anode slime was investigated. It was found that ammonium acetate is highly efficient in solubilizing copper and lead. Leaching experiments showed that copper and lead recovery up to 100% was attained under the working conditions: 3 M ammonium acetate concentration, 240 mins leaching time, 95 ºC leaching temperature, and 1/25 g/mL solid/liquid ratio. Compared to an acidic system, this study provides an efficient approach to the high recovery of copper and lead from waste material, showing a possible future for the recycling of precious metal resources.*

Keywords: *Copper Anode Slime, Ammonium Acetate, Metal Recovery, Hydrometallurgy*

1. INTRODUCTION

Copper anode slime is a valuable by-product that emerged during pyrometallurgical copper production. In the electro-refining stage of blister copper, approximately 20 kg of anode slime is produced for each ton of copper cathode production. Considering that the total worldwide copper production is 20 million tons, the copper anode slime becomes very important product for metal extraction (Liu et al., 2020; Topçu et al., 2023). This product is processed for the recovery of valuable metals such as Cu, Ni, Pb and Sn. They are also important wastes for the extraction of precious metals such as Au, Ag, Se, Te, and platinum group metals (Lee et al., 2021; Xian et al., 2022).

Generally, the decopperization process is performed to remove all copper before the recovery of rare and precious metals from copper anode slime. For this purpose, a high amount of sulfuric acid solution is often used (Wang et al., 2017). So far, various leaching agent such as strong acids, alkali solution, ionic liquids, and deep eutectic solvents have been tested for valuable and precious metals extraction from copper anode slime (Topçu et al., 2021; Topçu & Rüşen, 2023; Wang et al., 2017). However, strong acids used in metal extraction have negative effects on the environment and working equipment's. In addition, alkali solution provides low metal recovery efficiency. Although ionic liquids with superior physical and chemical properties have shown promising results in recent years, their high cost and toxic nature limits their use (Zante & Boltoeva, 2020). Deep eutectic solvents appeared recently as a new class of green designer solvents but their high viscosity presents some challenges during operation (Entezari-Zarandi & Larachi, 2019; Qiao et al., 2023). Therefore, the search for environmentally friendly and more easily applicable solvents continues to extract efficiently the metals from copper anode slimes as well as various ores or secondary sources.

In hydrometallurgical processes including ammonia, the dissolution of the minerals is performed under slightly acidic or basic leaching ambient. Metal ions such as lead, copper, and zinc form stable complexes with ammonia and provides an increase in the metal recovery from ore or waste. Due to the

high pH level of the ammonia solutions, some undesired impurities/metals that pass into the pregnant leach solution during the process precipitate. Thus, impurities remain in the leach residue, allowing the selective removal of precious metals from the sources. Due to the above-mentioned unique properties, studies have been conducted by using the ammonium salts of inorganic acids as weak acids in the leaching of minerals and waste such as zinc leach residue, blast furnace dust, ulexite, and smithsonite (Demirkıran, 2008; Su et al., 2023).

Ammonium acetate ($NH_4CH_3CO_2$), also known as spirit of Mindererus, is an ammonium salt obtained by the reaction of ammonia (NH_3) with acetic acid (CH_3COOH) as following reaction (Alkan et al., 2023).

$$NH_3 + CH_3COOH \rightarrow NH_4CH_3CO_2 \quad \text{(Eq. 1)}$$

Ammonium acetate which has a low cost and non-harmful effect on the environment, is a frequently used reagent among ammonium salts. Due to their diverse nature, it is used in a wide range of areas such as health, cosmetics, polymers, agriculture, and food additives. The aims of this study were to investigate the usability of ammonium acetate as green solvent in the recovery of copper and lead from copper anode slime and to determine the effects leaching time and leaching temperature.

2. EXPERIMENTAL DETAILS

2.1. Materials

The copper anode slime used in all of the experiments came from Sarkuysan Copper Co, Ltd. Before the characterization and leaching studies, the collected sample was ground and dried. Ammonium acetate was supplied from XXXX. Ammonium acetate was used as leaching reagent without any further purification. Hydrochloric acid (≥36.5–38%) was obtained from Sigma Aldrich (Steinheim, Germany) to make all the dilution after leaching tests.

2.2. Characterization Instruments

The chemical composition of copper anode slime was detected by X-Ray fluorescence spectrometer (XRF, Rigaku – NEX-CG). The XRD pattern of copper anode slime was recorded by Bruker Advance D8 model X-Ray diffractometer with Cu Kα radiation at 30 kV and a scanning rate of 0.4º min-1 to determine the phase analysis. An atomic absorption spectrophotometer (AAS) was employed to detect the metal concentration of the pregnant solution obtained after leaching tests.

2.3. Leaching Experiments

All leaching experiments were carried out in closed flasks on a temperature-controlled heater with magnetic stirrer. Before the leaching trials, 3 M leach solutions were prepared by dissolving 11.56 g of solid ammonium acetate in deionized water. 50 mL of leach solutions were used in the experiments and 2.5 g (1/20 g/mL solid/liquid ratio) as a metal source in each leaching test. The stirring speed was kept constant at 600 rpm. The effect of leaching time (30, 60, 120, and 240 mins) and leaching temperature (25, 50, 75, and 95 ºC) on copper and lead recovery were investigated.

After all leaching experiments, filtration was performed with 0.45 µm filter paper using a vacuum pump. The pregnant solution was collected and other insoluble part was deposited on the filter paper. The leaching solution was then diluted gradually with deionized water and analyzed by ICP-OES.

$$\text{Metal recovery (\%)} = (C * V * DA/m * w) * 100 \quad \text{(Eq. 2)}$$

where *C* is the mean value of three replicates obtained from ICP-OES analysis (mg/L), *V* is the volume of the leaching solution collected after filtration (L), *DA* is the dilution amount carried out before ICP-

OES analysis, *m* is weight of copper anode slime, and *w* is weight of percent copper and lead in sample (mg/g). Experimental setup is shown in Fig. 1.

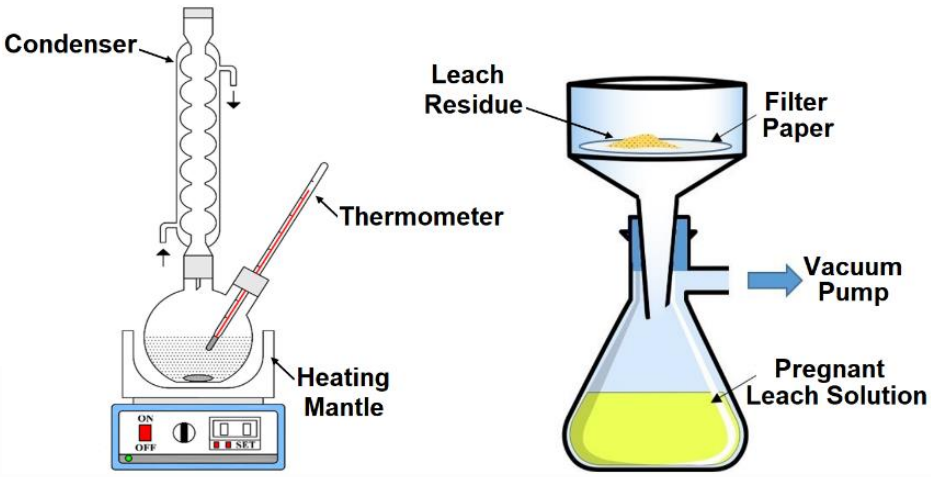


Figure 1. Experimental Set-up for Copper and Lead Extraction from Copper Anode Slime

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Chemical and Mineralogical Properties of Copper Anode Slime

The chemical compositions of the raw samples obtained by quantitative chemical assays are shown in Table 1. According to the chemical analysis of copper anode slime, the main structure of copper anode slime is composed of copper (23.9%), lead (20.3%), and tin (11.9%) metals. In addition to main elements, sulphur, antimony, nickel, arsenic, and bismuth are also found in the waste. Also, it was determined that the anode slime used in leaching experiments contained 5729 g/t silver, 1400 g/t selenium, 400 g/t tellurium and 82 g/t gold as precious metals.

Table 1: Chemical Composition of Copper Anode Slime

Element	**Cu**	**Pb**	**Sn**	**S**	**Ba**	**Ni**
wt. (%)	23.9	20.3	11.9	5.6	4.8	1.3
Element	**As**	**Bi***	**Se***	**Te***	**Au***	**Ag***
wt. (%)	1.3	1500	1400	400	82	5729

* in g/t

The XRD pattern of copper anode slime is shown in Fig. 2. According to XRD analysis, the main structure of copper anode slime consists of $PbSO_4$ and SnO_2. It was determined that the copper-containing structure was Cu_2O. Also, the presence of $BaSO_4$ was detected in the sample. As stated in previous studies (Lee et al., 2021; Liu et al., 2020), copper anode slimes are likely to contain copper in the form of Cu_2Se, Cu_2Te, and CuAgSe. The inability to detect these structures in this study can be explained by the fact that they are below the analysis limits.

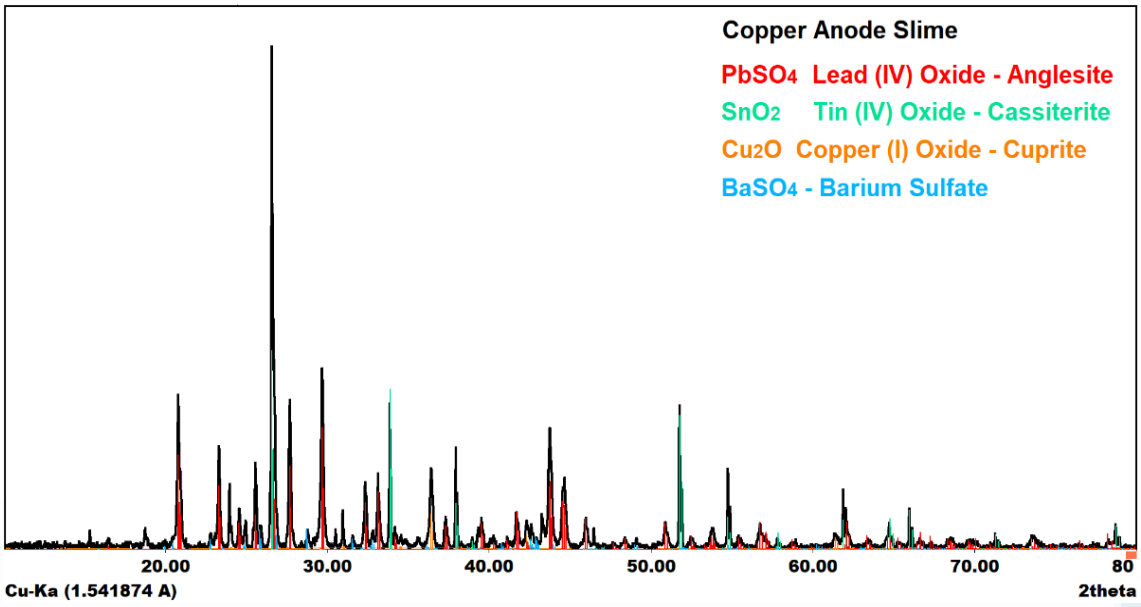


Figure 2. XRD Pattern of Copper Anode Slime

3.2. Copper Extraction

The effect of different leaching temperatures (25 – 95 ºC) on the copper leaching from copper anode slime was investigated with various leaching times of 30, 60, 90, and 240 mins. During the leaching experiments, apart from these two parameters, the molarity of the leaching solution was kept at a constant value of 3 M and the solid/liquid ratio of 1/20 g/mL. Experimental results are given in Fig. 3.

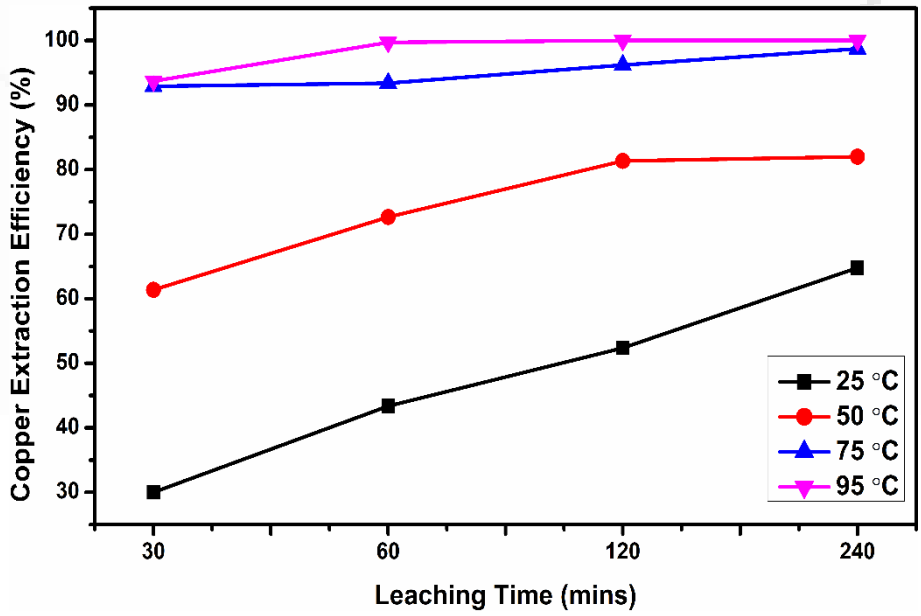


Figure 3. The effect of leaching time on copper recovery at various leaching temperatures (ammonium acetate concentration: 3 M and solid/liquid ratio: 1/20 g/mL)

As seen in **Fig. 3**, copper recovery increased with increasing temperature at all leaching times. While the copper recovery rate increased significantly with increasing time in the leaching experiments at 25 and 50 ºC, it was observed that this increase was limited at 75 and 95 ºC. In leaching experiments at 25 ºC, copper recovery was determined as 30%, 43.4%, 52.4%, and 64.8%, respectively, after 30, 60, 120,

and 240 mins. According to the experimental results, copper recovery increased continuously from 30 to 120 min in experiments at 50 ºC, and the increase in copper recovery after 120 was very limited as 0.7%. The highest copper recovery was obtained as 82% at 50 ºC.

On the other hand, the increase in copper recovery continued to a limited extent with increasing leaching time at high temperatures (75 and 95 ºC). In the leaching experiments at 75 ºC, while the copper recovery efficiency was 92.9% at the end of 30 minutes, it increased by 5.8% with the increasing time and reached 98.7% at the end of 240. It was determined that increase in copper recovery remained at a very low level (1.3%) with increasing time at 95 ºC. The maximum copper recovery was determined as 100% after 120 and 240 mins leaching at 95 ºC.

3.3. Lead Extraction

The lead recovery from copper anode slime was investigated at different leaching temperatures (25 – 95 ºC) with various leaching times of 30, 60, 90, and 240 mins. During the leaching experiments, apart from these two parameters, the molarity of the leaching solution was kept at a constant value of 3 M and the solid/liquid ratio of 1/20 g/mL. Experimental results are given in Fig. 4.

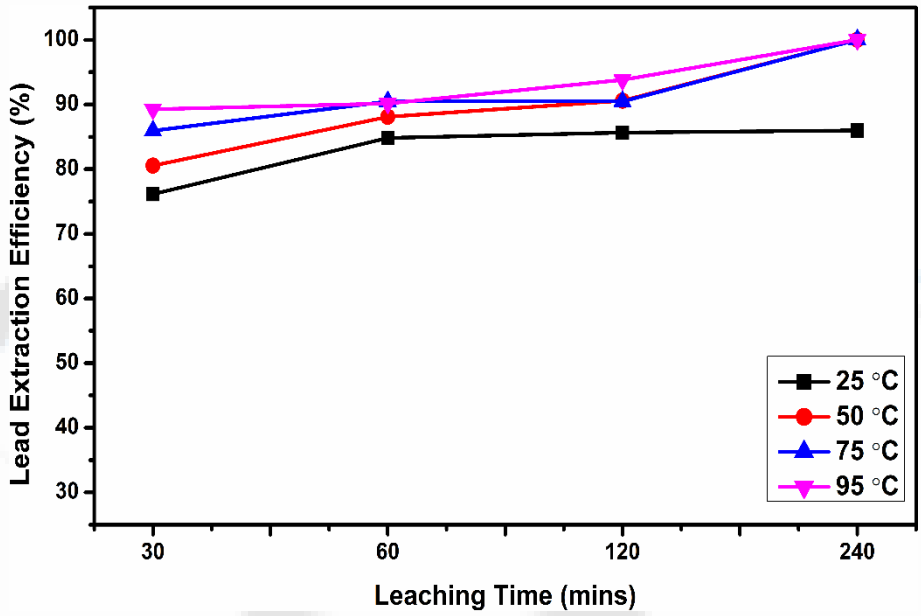


Figure 4. The effect of leaching time on lead recovery at various leaching temperatures (ammonium acetate concentration: 3 M and solid/liquid ratio: 1/20 g/mL)

According to the experimental results (Fig.4.), it was observed that lead recovery increased with increasing time in all leaching experiments performed at various temperatures. At the end of the 30 mins leaching at 25 ºC, 76.2% lead recovery was obtained. After this point, lead recovery raised by about 8.6% and reached 84.8%. As a result of experimental studies, approximately the same lead recovery (85%) was obtained in the 60, 120, and 240 mins. On the other hand, lead recovery of 85.9% and 88.1% was achieved in the 30 and 60 mins experiments conducted at 50 ºC, respectively. At the same temperature the lead recovery increased slightly with increasing time and the 90.6% of lead extracted from copper anode slime after 120 mins. The highest lead recovery at 50 ºC was achieved after 240 mins of experiments as 100%.

In the leaching experiments performed at 75 ºC, 80.6% of lead recovery was attained at the end of 30 mins. With increasing time at 75 ºC, the lead recovery rate increased slightly and reached nearly 90.5% after both the 60- and 120-mins leaching experiments. It was determined that all of the lead (100%) was extracted after 240 min. The tests at 95 ºC showed that higher lead recovery yields were obtained in leaching experiments performed at 30, 60, and 120 mins compared to all other temperatures. After

different leaching times, 89.3%, 90.1%, and 93.8% lead recovery were achieved, respectively. The highest lead recovery obtained as 100% after 240 mins at 95 ºC.

3.4. Precious Metal Dissolution

Leaching of precious metals such as gold, silver, selenium, and tellurium from the copper anode sludge was investigated under the same conditions. After experiments performed under the conditions of 3 M ammonium acetate concentration, 95 ºC leaching temperature, 240 mins leaching time, and 1/20 g/ml solid/liquid ratio, it was determined that the gold, selenium, silver, and tellurium dissolution rate was 4%, 1.25%, 4%, respectively. Silver dissolution was determined to be less than 1%.

CONCLUSIONS

The copper and lead recovery from copper anode slime was studied with ammonium acetate leaching and major conclusions are as follows:

1. It was determined that the copper anode slime contains 23.9% copper, 20.3% lead, and 11.9% tin. Also, remarkable amount of precious metals such as gold, silver, selenium, and tellurium were observed.
2. The phases were detected as $PbSO_4$, SnO_2, and CuO_2.
3. The highest copper and lead recovery were obtained as 100% under the conditions of 3 M ammonium acetate concentration, 95 ºC leaching temperature, 240 mins leaching time, and 1/20 g/ml solid/liquid ratio.
4. The study revealed that precious metal dissolution was negligible.
5. It has been demonstrated that ammonium acetate can be used as green solvent for decopperization and deleading processes.

ACKNOWLEDGMENTS

The author gratefully thanks Karamanoğlu Mehmetbey University Scientific Research Projects Coordinating Office for financial support for this study with grant number KMU-BAP-M-08-M-22.

REFERENCES

Alkan, M. S., Rüşen, A., & Topçu, M. A. (2023). “Recovery of Lead and Zinc from Complex Industrial Waste of Zinc Process with Ammonium Acetate.” *JOM*, 75: 1158 – 1168.

Demirkıran, N. (2008). “A study on dissolution of ulexite in ammonium acetate solutions.” Chemical Engineering Journal, 141(1): 180–186.

Entezari-Zarandi, A., & Larachi, F. (2019). “Selective dissolution of rare-earth element carbonates in deep eutectic solvents.” Journal of Rare Earths, *37*(5): 528–533.

Lee, J., Kurniawan, K., Chung, K. W., & Kim, S. (2021). “Metallurgical Process for Total Recovery of All Constituent Metals from Copper Anode Slimes: A Review of Established Technologies and Current Progress.” Metals and Materials International, *27*(7): 2160–2187.

Liu, G., Wu, Y., Tang, A., Pan, D., & Li, B. (2020). “Recovery of scattered and precious metals from copper anode slime by hydrometallurgy: A review.” Hydrometallurgy, 197: 105460.

Qiao, Z., Yang, Y., He, Q., Yang, H., Li, W., Li, Z., Wang, W., & Shen, Z. (2023). “Recovery of bismuth and other metals from blast furnace dust by leaching with oxalic acid-based deep eutectic solvent and precipitation.” Hydrometallurgy, 220: 106091.

Su, F., Zhou, X., Liu, X., Yang, J., Tang, J., Yang, W., Li, Z., Wang, H., Zhang, Y., & Ma, Y. (2023). “Recovery of valuable metals from spent lithium-ion batteries by complexation-assisted ammonia leaching from reductive roasting residue.” Chemosphere, 312: 137230.

Topçu, M. A., Kalem, V., & Rüşen, A. (2021). “Processing of anode slime with deep eutectic solvents as a green leachant.” Hydrometallurgy, 205: 105732.

Topçu, M. A., & Rüşen, A. (2023). "Simple and selective copper recovery from valuable industrial waste by imidazolium based ionic liquids with BF_4^- anions." Process Safety and Environmental Protection, 169: 788–796.

Topçu, M. A., Rüşen, A., & Yıldızel, S. A. (2023). "High efficiency copper recovery from anode slime with 1-butyl-3-methyl imidazolium chloride by hybrid Taguchi/Box–Behnken optimization method." Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 120: 261–270.

Wang, S., Cui, W., Zhang, G., Zhang, L., & Peng, J. (2017). "Ultra-fast ultrasound-assisted decopperization from copper anode slime." Ultrasonics Sonochemistry, *36*: 20–26.

Xian, J., Zhu, N., Zhu, W., Wang, J., & Wu, P. (2022). "A green and economical process for resource recovery from precious metals enriched residue of copper anode slime." *369*: 133341.

Zante, G., & Boltoeva, M. (2020). "Review on hydrometallurgical recovery of metals with deep eutectic solvents." Sustainable Chemistry: 1(3), 238–255.

Makale id= 49

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-6226-4210, 0000-0002-1786-6869

Ultrason Meme Tümörü, Dermoskopik Lezyon ve Akciğer Segmentasyonu

Araştırmacı Saadet Aytaç Arpacı[1] , Prof.Dr. Songül Varlı[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Saadet Aytaç Arpacı

Özet: *Manuel bölütlemedeki zorluğu gidermek amacıyla otomatik çözümler geliştirilmektedir. Geliştirilen yeni bölütleme mimarilerinden bir bölümü ise bu konuda başarılı sonuçlara ulaşmış U-Net modeline dayanmaktadır. Bu çalışmada da U-Net mimarisi temelinde geliştirdiğimiz bir modeli sunuyoruz. Çalışmada uyguladığımız bölütleme modelini değerlendirmek için deneyler PH2 dermoskopik veri kümesi, Kaggle akciğer veri kümesi ve BUSI meme ultrason görüntüleri üzerinde yapılmıştır. BUSI meme ultrason görüntülerinden elde edilen bölütleme sonuçları son zamanda yapılmış çalışma sonuçlarına yakındır. Bölütleme mimarisi dermoskopik ve akciğer görüntüleri için Dice ve Jaccard metrikleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sonuçlar U-Net modelinin verdiği sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda sunulan mimari ile PH2 test örnekleri için Dice katsayısında %14,78 ve Jaccard katsayısında %22,85 oranında iyileşme sağlanırken Kaggle akciğer test örnekleri için Dice katsayısında %9,28 ve Jaccard katsayısında %15,56 oranında iyileşme sağlanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Bölütleme, U-Net, Akciğer, Meme Ultrason, Ph2 Veri Kümesi*

Segmentation of the Ultrasound Breast Tumor, Dermoscopic Lesion and Lung

Abstract: *Automated solutions have been developed to eliminate the difficulty of manual segmentation. Some of the new segmentation architectures developed are based on the U-Net model, which has achieved successful results in this regard. A model that we developed based on the U-Net architecture is also presented in this study. Our experiments were performed on the PH2 dermoscopic dataset, the Kaggle lung dataset, and the BUSI breast ultrasound images to evaluate the segmentation model we applied in this study. The segmentation results obtained from the BUSI breast ultrasound images are close to the results of recent years of research. The segmentation architecture was evaluated using Dice and Jaccard metrics for the PH2 dermoscopic dataset and the Kaggle lung dataset. The obtained results were compared with the results given by the U-Net model. As a result of the evaluations with the architecture presented, an improvement of 14.78% in the Dice coefficient and 22.85% in the Jaccard coefficient was achieved for the PH2 test samples, while an improvement of 9.28% in the Dice coefficient and 15.56% in the Jaccard coefficient was achieved for the Kaggle lung test samples.*

Keywords: *Segmentation, U-Net, Lung, Breast Ultrasound, Ph2 Dataset*

1. Giriş

Bölütleme işlemi sayesinde nodül veya lezyon gibi yapıların, görüntünün karmaşık doğasından ayrılıp daha tespit edilebilir ve tanımlanabilir bir şeklinin elde edilmesi sağlanmaktadır. Günümüzde çoğu alanda olduğu gibi bölütleme işleminin de otomatikleşmesi, daha kısa sürede ve daha az emekle bölütleme sürecinin yürütülmesine imkan sağlar. Bu nedenle görüntü bölütleme yöntemlerinin geliştirilmesi büyük önem oluşturur. Yapısında kullanılan simetrik kodlayıcı-kod çözücü yollar ve bu yollar arasındaki atlama bağlantıları ile oluşturulan U-Net mimarisi [1], elde ettiği başarılı sonuçlar nedeniyle bir kaynak bölütleme mimarisi özelliğine ulaşmıştır. Bununla birlikte bölütleme görevi için

yeterli verimliliği sağlamadığı günümüze kadar yapılan deneylerle de gözlenmiştir ve bu süreçte yapılan U-Net temelindeki iyileştirme çalışmaları ile bu kısıtın düzeltilmesine çalışılmıştır. Bu çalışmada da U-Net mimarisine dayalı geliştirilen bir bölütleme mimarisi ile üç tıbbi bölütleme görevi incelenmektedir:

- Dermoskopik görüntülerde lezyon bölütleme
- Bilgisayarlı tomografi görüntülerinde akciğer bölütleme
- Meme ultrason görüntülerinde tümör bölütleme

Çalışmada kullandığımız meme ultrason görüntüleri üzerinde modelin bölütleme başarısı aynı (BUSI) veri kümesi kapsamında yapılan diğer çalışmaların sonuçlarına yakındır. Akciğer ve dermoskopi veri kümesinden elde edilen test değerlendirme sonuçları, uygulanan bölütleme mimarisinin U-Net mimarisinden daha iyi bölütleme başarısı elde ettiğini göstermektedir.

Yazının ana katkıları aşağıda özetlenmiştir:

- Bu yazıda U-Net modelinden daha iyi performans gösteren bir mimari yaklaşım sunulmaktadır.
- Bu çalışmada uyguladığımız bölütleme modelinin U-Net'e kıyasla bölütleme başarısını dermoskopi ve akciğer veri kümelerinde gösteriyoruz.
- Bu çalışmada uyguladığımız bölütleme modelini meme ultrason görüntüleri için değerlendiriyoruz.

2. İlgili Çalışmalar

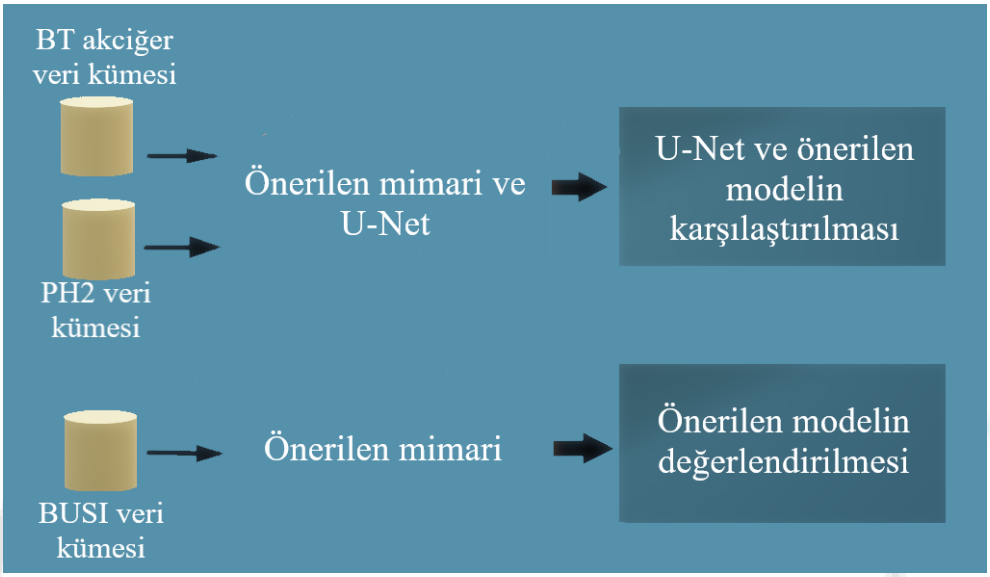
U-Net ve U-Net modeline dayalı geliştirilmiş modeller, dermoskopik lezyon bölütleme, akciğer bölütleme ve meme ultrason (US) görüntülerinde tümör bölgelerini bölütleme görevleri için geniş bir uygulama alanına sahiptir. Yapılan araştırmalardan bazıları yazının devamında sunulmuştur.

Referans [2]'nin yazarları, dermoskopik görüntülerde lezyon bölütleme için U-Net modelini, K-means yöntemi ile karşılaştırmıştır ve U-Net tekniğinin daha iyi bölütleme başarısı elde ettiğini göstermiştir [2]. 2023 yılında yapılan bir diğer çalışmada ise [3] melanom bölütleme amacıyla U-Net mimarisinden faydalanılmış ve %90 üstünde model başarısı elde edilmiştir [3]. Başka bir çalışmada [4] ise, U-Net modelinde kullanılmak üzere dikkat mekanizması ve artık bağlantılardan faydalanılmıştır. U-Net modeline dayalı bu yeni model ile ISIC 2018 veri kümesi üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucu Dice katsayısı %89,14 ve Jaccard metriği %81,16 olarak elde edilmiştir. "Japon Radyolojik Teknoloji Derneği" (JSRT) veri kümesinde U-Net modeli ile akciğer bölütlemesi yapan referans [5] araştırmasında, eğitim için %85,88 ve test için %87,79 olan Dice katsayısı değerlerine ulaşıldı. Araştırmamızda kullandığımız akciğer veri setinin aynısını kullanan [6] makalesinin yazarları, U-Net mimarisinde standart evrişim katmanını piramidal evrişim katmanıyla değiştirerek U-Net modelinin geliştirilmiş bir versiyonunu sundular. [7] araştırmasında yazarlar paralel U-Net mimarileri ve dikkat mekanizmasını kullanarak oluşturdukları model ile pulmoner nodüllerin segmentasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Başka bir çalışmada [8] yazarları, U-Net modeli de dahil olmak üzere akciğer nodülü segmentasyonu için beş ayrı modeli karşılaştırdı. U-Net modeli ile [8] %90'ın üzerinde Dice katsayısı değerlerine ulaştılar. Yang ve Qiu [9] akciğer bölgesinin bölütlenmesi için dikkat mekanizmasını içeren U-Net modelini değerlendirmişler ve elde ettikleri Dice katsayısı sonucu 0,9594 olarak raporlanmıştır. Rajamani ve diğerleri [10], dikkat mekanizmasının U-Net mimarisinin köprü bölümüne entegre edildiği AA-U-Net modelini önerdi. Önerilen model ile yazarlar [10] akciğerdeki lezyonların segmentasyonu için elde ettikleri Dice katsayısı değerinde U-Net modeline göre artış bildirmişlerdir. [11] araştırmasında, “global context information” elde eden bir modül ve “multi-scale attention gate” dan faydalanılan modifiye edilmiş bir U-Net ile meme US görüntülerinde bölütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise [12] yazarlar, önerdikleri modifiye edilmiş U-Net modeli ile, “squeeze-and-excitation” dikkat bloğunu kodlayıcı ve kod çözücü arasında işleme almıştır. Ayrıca her kod çözme aşamasına gerçek zemin maskelerinin denetim işlemini ekleyerek tahmin sonuçlarının doğruluğunu artırmaya çalışmışlardır. [13] araştırmasında yazarlar, küresel ve uzamsal bilgileri öğrenmek için “Transformer Encoder Blocks” dan ve “spatial attention mechanism” dan faydalanmıştır ve farklı ölçeklerde özellik bilgisini toplamak için artık bağlantıları U-Net’e entegre etmişlerdir. [14] araştırmasında ise kodlayıcı bölümünde “EfficientNet” bloklarının ve kod çözücü

bölümünde artık bağlantı özellikli "squeeze-and-excitation" bloklarının kullanıldığı bir model ile US görüntü bölütlemesi gerçekleştirilmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Çalışmamızda farklı tıbbi alanlara ait görüntü kümeleri ile üç farklı bölütleme görevi, önerilen bölütleme mimarisi ile incelenmiştir. Çalışmaya ait yapılan uygulamalar genel olarak Şekil 1'de şematize edilmiştir. Çalışmada kullandığımız akciğer ve dermoskopik veri kümeleri önerilen bölütleme modeli harici U-Net modeli ile de incelenmiş, bölütleme başarıları karşılaştırılmıştır. Çalışmada incelenen üçüncü veri kümesi olan BUSI meme tümör ultrason görüntülerinde de modelin bölütleme başarısı incelenmiş, kullanılan görüntüler ile ilgili tespitler sunulmuştur.



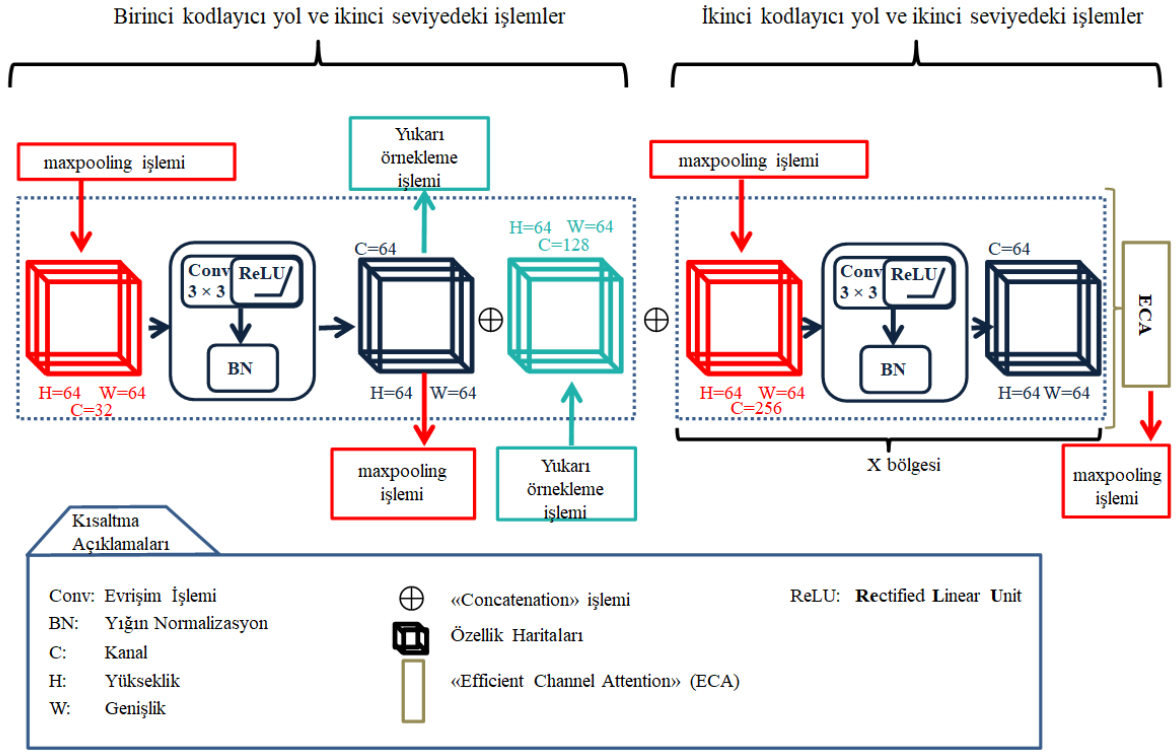
Şekil 1. Çalışmaya ait genel şema

3.1 Model

Uyguladığımız bölütleme modeli için [15-17] çalışmalarına başvuruyoruz. U-Net mimarisinde olduğu gibi uygulanan bölütleme mimarisinde kodlayıcı ve kod çözücü bölümler dört seviyelidir. Şekil 2 bölütleme mimarisinin ikinci seviye kodlayıcı bölümünde kullandığımız işlemleri ve bağlantı yollarını göstermektedir (128 × 128 başlangıç görüntülerine göre). İki kodlayıcı yola sahip olan mimaride kodlayıcı bölümlerin her biri içerisinde evrişim işlemi bir kez gerçekleşirken kod çözücü ve köprüleme bölümlerinde bu işlem iki kez gerçekleşir. Bölütleme modelinde yukarı örnekleme operasyonu kod çözücü bölümde ve dikkat mekanizmasının da uygulandığı kodlayıcı bölümde kullanılır. Aynı seviyede birinci ve ikinci kodlayıcı bölümü "concatenation" işlemi ile birleştirilir. Elde edilen özellik haritaları kodlayıcı bölümdeki dikkat mekanizmasına tabii tutulur. Kodlayıcı bölümde gerçekleşen bu işlemlerin sonucu elde edilen özellik haritaları U-Net modelinde gerçekleştiği gibi karşılık gelen kod çözücü bölüm özellik haritaları ile işleme alınır. Yöntemde aşağı örnekleme "maxpooling" işlemi ile birinci kodlayıcı ve ikinci kodlayıcı bölümlere, yukarı örnekleme "çift doğrusal enterpolasyon" yöntemi ile kod çözücü bölüme uygulanmıştır. Birinci seviyede kodlayıcı yollara verilen aynı ham görüntülerden özellik haritaları (Akciğer ve PH2 veri kümesi için 128 × 128 boyut, BUSI veri kümesi için 256 × 256 boyut ve her üç veri kümesi için 32 kanallı) üretilir. Bölütleme mimarisi için optimizasyon algoritması olarak Adam tekniği [18] ve kayıp fonksiyonu olarak ikili çapraz entropi kaybı kullanılır. Sonuçlar sigmoid aktivasyon fonksiyonuna göre elde edilir. Bölütleme mimarisi akciğer ve PH2 veri kümesi için 50 eğitim dönemi ile gerçekleştirildi. Tensorflow çerçevesine dayalı Keras kütüphanesi ile işlemler gerçekleştirildi. Bölütleme mimarisinin U-Net modeli ile karşılaştırılması, karışıklık matrisinin temel ölçüm değerlerine göre oluşturulan ve bölütleme ölçümü için standart olan "Dice" (Denklem 1) ve "Jaccard" (Denklem 2) ölçütlerine göre gerçekleştirildi. Doğrulama, tüm veri kümeleri için eğitim görüntülerinin %20'sinde gerçekleştirilmiştir.

$$Dice = \frac{2*Doğru\ Pozitif}{2*Doğru\ Pozitif+Yanlış\ Negatif+Yanlış\ Pozitif} \quad (1)$$

$$Jaccard = \frac{Doğru\ Pozitif}{Doğru\ Pozitif+Yanlış\ Negatif+Yanlış\ Pozitif} \quad (2)$$



Şekil 2. Önerilen bölütleme mimarisinin ikinci seviye kodlayıcı bölümü işlemleri ve bağlantı yolları

3.2 Veri Kümesi

Bölütleme mimarisi, dermoskopik görüntülerde lezyon bölütleme, BT görüntülerde akciğer bölütleme ve US meme görüntülerinde tümör alanı bölütleme işlemleri için üç farklı bölütleme görevi olarak uygulandı. İlk görevde PH2 veri kümesi kullanıldı. Bu veri kümesi ile ilgili geniş bilgi yazarların yayımından [19] elde edilebilir. Yazarların sunduğu veri kümesi [20] web adresinde bulunabilir.

Bu çalışmada dermoskopik lezyon bölütlemesini engellemeyecek yani saç faktörü içermeyen görüntüler üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmada kullanacağımız veri kümesi hazırlanırken lezyon segmentasyonunu engelleyen saç faktörünün bulunmadığı görüntüler seçilerek veri kümesine dahil edilmiştir.

İkinci bölütleme görevi için [21] web adresinde bulunan (Finding and Measuring Lungs in CT Data) akciğer veri kümesi kullanıldı. Veri kümesi, 512 × 512 piksel çözünürlüğe sahip 267 görüntü ve bunların yer gerçeği eşdeğerlerini içermektedir.

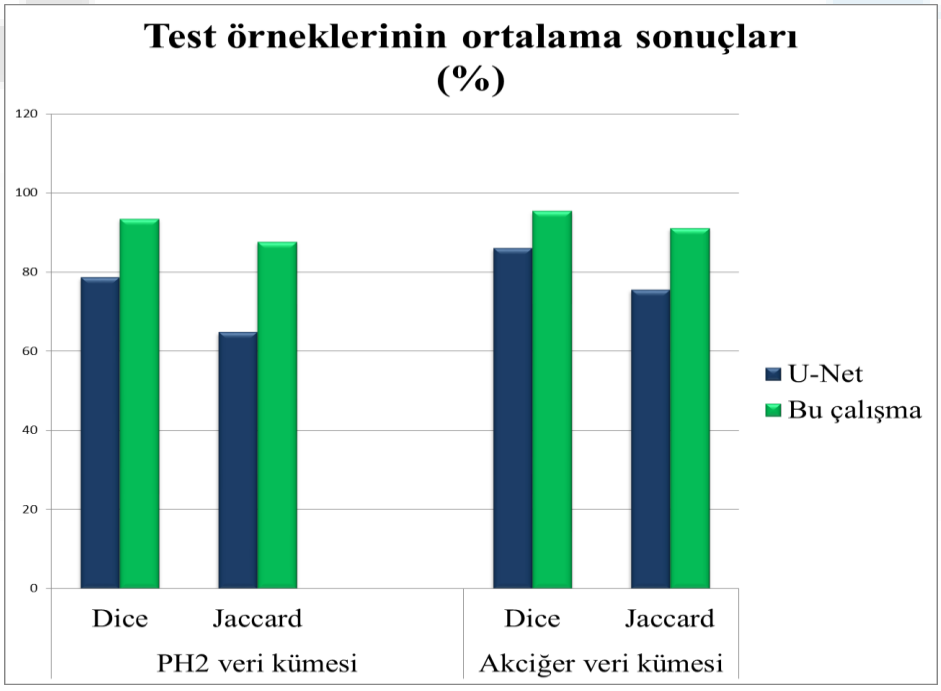
2D görüntülerden oluşan akciğer ve dermoskopi veri kümelerinin üçte biri test aşamasında değerlendirilmek amacıyla ayrıldı; yani, akciğer veri kümesine ait 89 görüntü ve PH2 veri kümesine ait 20 dermoskopik görüntü. Eğitim görüntülerine geleneksel veri artırma yöntemleri uygulanmıştır (Augmentor uygulaması [22]). Eğitim görüntülerine yatay-dikey çevirme, 10° sola ve sağa döndürme gibi veri artırma işlemleri uygulanmıştır. Sonuç olarak eğitimde dermoskopik lezyon segmentasyonu için 270 adet, akciğer segmentasyonu için 500 adet 2D görüntü kullanılmıştır.

Üçüncü veri kümesi (BUSI), 25 - 75 yaş arasındaki 600 kadın hastadan toplanan görüntüleri içerir. 780 görüntüden oluşan veri kümesi içerisindeki ortalama görüntü boyutu 500 × 500 pikseldir. Görüntüler üç sınıfa ayrılarak benign (487 adet), malign (210 adet) ve normal (133 adet) klasörlerinde gerçek referans görüntüleriyle birlikte ".png" formatında sunulmuştur. Gerçek referans görüntüler Baheya hastanesi radyologları denetiminde oluşturulmuştur. Çalışmamızda kullandığımız veri kümesi ile ilgili ayrıntılı bilgi yazarların hazırladığı makalede [23] mevcuttur. Tüm görüntüler tek kanallı – gri seviye olarak değerlendirmeye alınmıştır. Bölütleme işlemi için görüntüler 256 × 256 boyutuna yeniden boyutlandırılmıştır. Görüntüler, piksel değerlerinin [0-1] aralığına normalize edilmesi sonucu modellerde kullanılmıştır. BUSI veri kümesi içerisindeki son 30 görüntü test için ayrılmıştır. Diğer görüntülere veri artırma işlemi uygulanmıştır. Akciğer ve dermoskopi veri kümelerine uygulanan geleneksel veri artırma işlemleri BUSI veri kümesi için de uygulanmıştır.

Model eğitimi için 1500 görüntü tüm sınıfların dahil edilmesiyle hazırlanmıştır. Model bu veri grubu ile 40 eğitim dönemi ile eğitilmiştir.

4. Sonuç ve Tartışma

Dermoskopik lezyon ve akciğer segmentasyonu için bu çalışmada kullanılan bölütleme mimarisinin etkinliği ve başarısı U-Net modeline göre karşılaştırılmıştır. Her iki veri kümesinden analiz için ayrılan test örneklerinin ortalama test sonuçları Şekil 3'te grafiksel olarak sunulmaktadır. U-Net modeliyle karşılaştırıldığında önerilen bölütleme modelinin elde ettiği ölçüt değerleri sonuçlarındaki iyileşme grafiklerde de görülmektedir. Elde ettiğimiz gözlemlere göre uyguladığımız bölütleme modeli, U-Net mimarisine göre daha başarılı sonuçlar elde etmiştir. PH2 test örnekleri için Dice katsayısında %14,78 ve Jaccard katsayısında %22,85 oranında iyileşme sağlanırken Kaggle akciğer test örnekleri için Dice katsayısında %9,28 ve Jaccard katsayısında %15,56 oranında iyileşme sağlanmıştır.

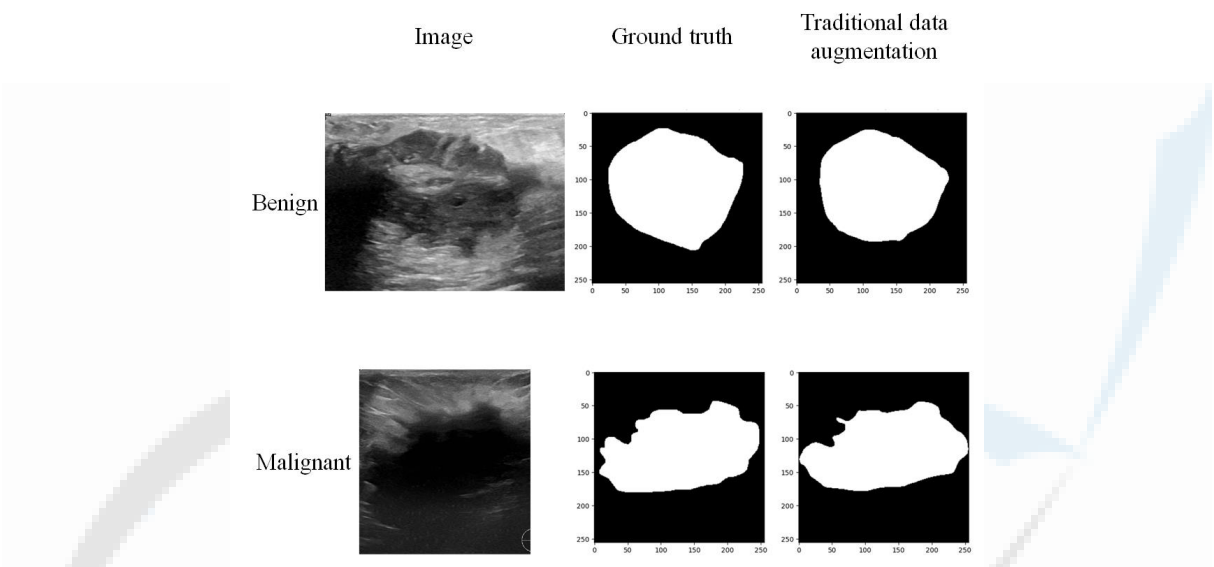


Şekil 3. Her iki modelin PH2 ve akciğer test örneklerinden elde ettiği sonuçları gösteren grafik

Çalışmada kullandığımız dermoskopik ve akciğer görüntülerine göre bölütleme için daha zorlu bir görev olan meme US lezyon bölütleme işleminde BUSI veri kümesi doğrulama sonucu Dice metriğine göre **%** 81,80 olarak elde edilmiştir. US görüntülerinde farklı boyut, şekil ve lokasyonlarıyla ayırt edilmeye çalışılan tümörlerin segmentasyon başarısı bazı nedenlerden dolayı azalmaktadır. Bu nedenler arasında meme US görüntülerinin yumuşak doku kontrastının zayıflığı ve gürültülü yapısı (doğası) gibi özellikleri gösterilebilir [24-26].

US görüntülerindeki tümör alanlarının yapay zeka destekli tanısına yönelik uygulamalarda araştırmacıların karşılaştığı sorunlardan biri, kamuya açık etiketli verilerin az miktarda olmasıdır [27]. Kullandığımız BUSI veri setinin de miktarının az olması nedeniyle ortaya çıkan bu örnek miktarı sorununu çözmek için çalışmamızda geleneksel veri artırma yöntemleri kullanılmıştır.

US görüntülerinin yorumlanması ve etiketlenmesi, alanında deneyim kazanmış uzmanlar tarafından yapılmakta olup, yapılan değerlendirmelerin standart hale getirilmesi için "Breast Imaging and Reporting Data System" (BI-RADS) standardı kullanılmaktadır. Ancak US görüntülerinin değerlendirilmesi değerlendiriciye göre farklılık göstermekte olup, deneyim arttıkça tanı doğruluğunun da arttığı bildirilmektedir [27, 28]. Bu çalışmada, [23] yazarları tarafından sınıflandırılarak araştırmacıların kullanımına sunulan BUSI veri kümesi kullanılmıştır.



Şekil 4. BUSI veri kümesi içerisindeki benign ve malign örnekler için önerilen modelin verdiği bölütleme sonucunun görsel gösterimi

Bölütleme modelinin başarısı, görüntü kalitesine ve görüntüye uygulanan ön işleme yöntemlerine bağlıdır. Üst paragrafta da belirtildiği gibi US görüntüsüne özgü özellikler (zayıf kontrast, gürültü vb.) modelin bölütleme yeteneğini zayıflattığı için karmaşık artefaktlar içeren US meme görüntülerinin ek olarak ön işleme tabi tutulması uygun olabilir. Segmentasyon öncesi ön işleme aşamasında gürültü azaltma vb. ek görüntü iyileştirme teknikleri kullanılarak sistemin başarı oranı artırılabilir.

Bölütleme başarısı, uygulanan veri artırma yöntemlerine bağlı olarak da değişmektedir. Yapılan çalışmalarda [29-32] uygulanan veri artırma yöntemi ile bölütleme işlemini gerçekleştiren modelin başarısının değiştiği gözlenmiştir. Bu doğrultuda farklı veri artırma yöntemlerinin, uyguladığımız bölütleme mimarisi sonucu üzerinde değerlendirilmesi gelecek çalışmalarda yapılabilir.

5. Kaynaklar

[1] Ronneberger O, Fischer P, Brox T. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Munich, Germany.

[2] Oukıl S, Kasmı R, Mokranı K. U-Net and K-means for Dermoscopic Skin Lesion Images: Segmentation and Comparison.

https://paper.ieti.net/scee/2020Volume2Issue2/Paper_03_SCEE_2(2)(2020)%C2%A025-30.pdf

(Son erişim tarihi : 30 Kasım 2023).

[3] Renuka N. Semantic segmentation-based skin cancer detection. Soft Comput. 2023; 27: 11895–11903 (2023). https://doi.org/10.1007/s00500-023-08557-3

[4] Rehman A, Butt MA, Zaman M. Attention Res-UNet: Attention residual UNet with focal tversky loss for skin lesion segmentation. International Journal of Decision Support System Technology (IJDSST). 2023; 15(1): 1-17. http://doi.org/10.4018/IJDSST.315756

[5] Thamilarasi V, Roselin R. U-Net: Convolution neural network for lung image segmentation and classification in chest x-ray images. INFOCOMP Journal of Computer Science. 2021; 20(1): 101-108.

[6] Li C, Fan Y, Cai X. PyConvU-Net: A lightweight and multiscale network for biomedical image segmentation. BMC Bioinformatics. 2021; 22(14): 1-11. https://doi.org/10.1186/s12859-020-03943-2

[7] Zhou T, Dong YL, Lu HL, Zheng XM, Qiu S et al. APU-Net: An attention mechanism parallel U-Net for lung tumor segmentation. BioMed Research International. 2022. https://doi.org/10.1155/2022/5303651

[8] Kadry S, Herrera-Viedma E, Crespo RG, Krishnamoorthy S, Rajinikanth V. Automatic detection of lung nodule in CT scan slices using CNN segmentation schemes: A study. Procedia Computer Science. 2023; 218: 2786-2794. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.250

[9] Yang J, Qiu K. An improved segmentation algorithm of CT image based on U-Net network and attention mechanism. Multimedia Tools and Applications. 2022; 81: 35983–36006. https://doi.org/10.1007/s11042-021-10841-z

[10] Rajamani KT, Rani P, Siebert H, ElagiriRamalingam R, Heinrich MP. Attention-augmented U-Net (AA-U-Net) for semantic segmentation. Signal, Image and Video Processing. 2022. https://doi.org/10.1007/s11760-022-02302-3

[11] Tang F, Wang L, Ning C, Xian M, Ding J. CMU-Net: A strong convmixer-based medical ultrasound image segmentation network. ArXiv. 2022. URL https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.13012.

[12] Chen G, Liu Y, Qian J, Zhang J, Yin X, Cui L, Dai Y. DSEU-net: A novel deep supervision SEU-net for medical ultrasound image segmentation. Expert Systems with Applications. 2023; 223.

[13] He Q, Yang Q, Xie M. HCTNet: A hybrid CNN-transformer network for breast ultrasound image segmentation. Computers in Biology and Medicine. 2023; 155.

[14] Zhou Q, Wang Q, Bao Y, Kong L, Jin X, Ou W. LAEDNet: A lightweight attention encoder–decoder network for ultrasound medical image segmentation. Computers and Electrical Engineering. 2022; 99.

[15] Arpacı SA, Varlı S. (2020). Retinal vessel segmentation with differentiated U-Net network. In: 28th Signal Processing and Communications Applications Conference. Gaziantep, Turkey.

[16] Arpacı SA, Varlı S. (2021). EncU-Net: A modified U-Net for dermoscopic image segmentation. In: 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). Istanbul, Turkey.

[17] Arpacı SA, Varlı S. LUPU-Net: A new improvement proposal for encoder-decoder architecture. International Advanced Researches and Engineering Journal. 2021; 5(3): 352-361.

[18] Kingma DP, Ba JL. ADAM: A method for stochastic optimization. https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf (Son erişim tarihi : 30 Kasım 2023).

[19] Mendonça T, Ferreira PM, Marques JS, Marcal ARS, Rozeira J. (2013). PH2 - a dermoscopic image database for research and benchmarking. In: 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). Osaka, Japan.

[20] PH2 dataset. https://www.fc.up.pt/addi/ph2%20database.html (Son erişim tarihi : 30 Kasım 2023).

[21] Kaggle lung dataset. https://www.kaggle.com/kmader/finding-lungs-in-ct-data/home# (Son erişim tarihi : 30 Kasım 2023).

[22] Bloice MD, Stocker C, Holzinger A. (2017). Augmentor: An Image Augmentation Library for Machine Learning. https://arxiv.org/abs/1708.04680 (Son erişim tarihi : 30 Kasım 2023).

[23] Al-Dhabyani W, Gomaa M, Khaled H, Fahmy A. Dataset of breast ultrasound images. Data in Brief, 28:104863, 2020. URL https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340919312181.

[24] Jahwar AF, Abdulazeez AM. Segmentation and classification for breast cancer ultrasound images using deep learning techniques: A review. IEEE 18th International Colloquium on Signal Processing & Applications (CSPA). 2022; 28:104863.

[25] Kratkiewicz K, Pattyn A, Alijabbari N, Mehrmohammadi M. Ultrasound and photoacoustic imaging of breast cancer: Clinical systems, challenges, and future outlook. Journal of Clinical Medicine. 2022; 11(5):1165.

[26] Sirjani N, Oghli MG, Tarzamni MK, Gity M, Shabanzadeh A, Ghaderi P, Shiri I, Akhavan A, Faraji M, Taghipour M. A novel deep learning model for breast lesion classification using ultrasound images: A multicenter data evaluation. Physica Medica. 2023; 107.

[27] Zhang S, Liao M, Wang J, Zhu Y, Zhang Y, Zhang J, Zheng R, Lv L, Zhu D, Chen H, Wang W. Fully automatic tumor segmentation of breast ultrasound images with deep learning. J Appl Clin Med Phys. 2023; 24: e13863.

[28] Luo Y, Huang Q, Li X. Segmentation information with attention integration for classification of breast tumor in ultrasound image. Pattern Recognition. 2022; 124.

[29] Arpacı SA, Varlı S. Mixup veri artırma yöntemi ile retina damar bölütlemesi. Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı Dergisi. 2022; 5(1): 41-50.

[30] Arpacı SA, Varlı S. (2022). Semantic segmentation with the mixup data augmentation method. In: 30th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). Safranbolu, Turkey.

[31] Nishio M, Noguchi S, Fujimoto K. Automatic pancreas segmentation using coarse-scaled 2D model of deep learning: Usefulness of data augmentation and deep U-Net. Applied Sciences. 2020; 10 (10): 3360.

[32] Noguchi S, Nishio M, Yakami M, Nakagomi K, Togashi K. Bone segmentation on whole-body CT using convolutional neural network with novel data augmentation techniques. Computers in Biology and Medicine. 2020; 121.

Makale id= 50

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Yenilikçi Kenar Bantlama Makinesi Geliştirmesi

Araştırmacı Emre Fidan[1], Araştırmacı Sertan Toktaş[1]
[1]AES Makine

*Corresponding author: Emre Fidan

Özet: *Ahşap kökenli levhaların yüzeyinde elde edilen estetik görüntünün benzerinin levhaların kenarlarında da elde edilmesi için kenar bantlama işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem günümüzde hız ve kalite gereklerini karşılamak için tam otomatik makinelerde yapılmaktadır. Ülkemizde çeşitli firmalar tarafından üretilen makineler maalesef yurt dışından getirilen aynı amaçlı makinelerin kaliteli üretim seviyelerinden çok uzaktır. AES Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilen yenilikçi makine, manuel bantlama yöntemleri yerine tüm işlemleri bilgisayar destekli olarak yapar, böylece insana olan bağımlılık azaltılır, operatörün hata ihtimalleri ortadan kaldırılarak daha stabil-hassas parçalar üretilebilir. Aynı zamanda, kenar bantlama makinesi firmamızın ürün gamında eksik olan bir makine olduğundan, yurtiçi ve yurtdışındaki firmalara ahşap işleme alanında tam çözüm sunabilme imkanına da kavuşulmuştur. Bu makineye özgü olarak firmamızda ilk kez yeni bir makine geliştirme sürecinde deneysel Ar-Ge çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ahşap yapıştırma konusunda atmosferik basınçlı plazma uygulamasının makineye eklenmesi bu alandaki yeniliktir. Yapıştırma bağının maksimum gerilme dayanımına ulaşması için işlem parametreleri deneysel olarak araştırılacaktır (plazma uygulama mesafesi ve uygulama süresi gibi). Makine geliştirme süreci mühendislik çalışmalarının en kapsamlı süreçlerinden olup dikkatle ve sistematik olarak çalışıldığında en uygun sonuca ulaşılabilir. Burada tasarımcının tecrübesi ve firmanın kültürü ortaya konan ürünün müşteri memnuniyeti üzerinde doğrudan etken olup ürünün pazarda kabul görmesini de sağlar. Bu bildiride; söz konusu ürün ve ürün geliştirme süreci üzerinde bilgiler verilmekte ve tecrübeler paylaşılmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Ahşap İşleme, Makine Tasarımı, Ar-Ge, Mühendislik*

Development of An Innovative Edge Banding Machine

Edge banding is applied to obtain the same aesthetic appearance on the edges of the boards as on the surface of wood-based plates. Today, this process is performed on fully automatic machines to meet speed and quality requirements. Unfortunately, the machines produced by various companies in our country are far from the quality production levels of the machines for the same purpose brought from abroad. The innovative machine developed by AES R&D Center performs all operations with computer support instead of manual taping methods, thus reducing dependence on humans, eliminating the possibility of operator error and producing more stable and precise parts. At the same time, since the edge banding machine is a machine that is missing in AES's product range, we can offer complete solutions in the field of wood processing to domestic and foreign companies. Specific to this machine, experimental R&D studies were carried out for the first time in our company during the development process of a new machine. The addition of atmospheric pressure plasma application to the machine for wood bonding is an innovation in this field. For the adhesive bond to reach maximum tensile strength, process parameters will be investigated experimentally (such as plasma application distance and application time).

The machine development process is one of the most comprehensive processes of engineering studies and the most appropriate result can be achieved when worked carefully and systematically. Here, the experience of the designer and the culture of the company directly affect the customer satisfaction of the product and ensure that the product is accepted in the market. In this declaration, Information is provided and experiences are shared on the product and product development process in question.

Keyeords: *Wood Working, Machine Design, R&D, Engineering*

1. Giriş

Teknolojideki ilerleme sonucu, değişen rekabet ve pazar koşulları birçok yeni fikir ve talepleri de beraberinde getirmektedir. Makine imalat sektörü özelinde beklentiler; daha karmaşık yapılarda daha hassas işlemlerin kullanıcı kolaylığı ile yapılabilir olması ve nihai ürünün daha kısa sürelerde daha az maliyetlerde elde edebilmesi üzerinedir.

Piyasadaki zorlu rekabet koşulları, pazar talepleri, teknolojik gelişmeler ve düşük kar marjları gibi sebeplerle imalat sektöründe yer alan firmalar, üretim hassasiyetlerini sağlayabilmek için daha ilk aşama olan kesim işleminde de beklentilerini yükseltmektedir. Bu durum mevcut ürünlerde farklılaşma, geliştirme ve yenilikçi tasarım ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Ahşap malzemeden imal edilmiş levhaların yüzeyinde elde edilen estetik görüntünün benzerinin levhaların kenarlarında da elde edilebilmesi için kenar bantlama işlemi uygulanır. Bu işlem günümüzde hız ve kalite gereklerini karşılamak için tam otomatik makinelerde yapılmaktadır. Ülkemizde çeşitli firmalar tarafından üretilen bu tip makineler maalesef yurt dışından getirilen aynı amaçlı makinelerin kaliteli üretim seviyelerinden çok uzaktır.

Bu çalışmada tasarım süreci açıklanan söz konusu makinede, manuel bantlama yöntemleri yerine tüm işlemler bilgisayar destekli olarak yapılmakta ve böylece insana olan bağımlılık azaltılarak, operatörün hata ihtimalleri ortadan kaldırılmakta, imalat sonunda daha stabil-hassas parçalar elde edilebilmektedir.

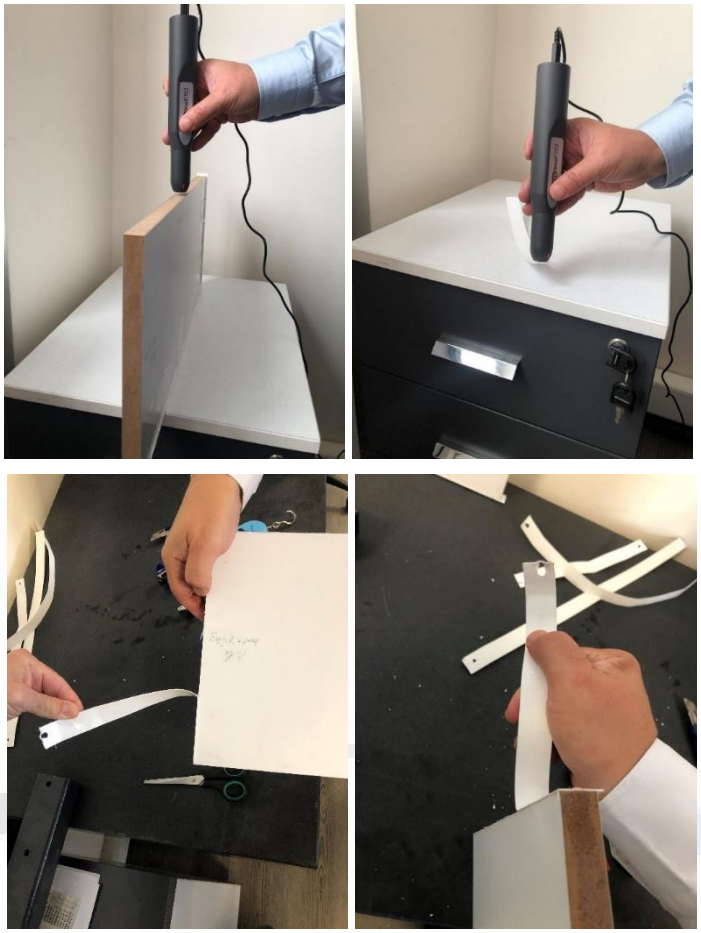
Kenar bantlama makinesi geliştirilirken bu makineye özgü olarak deneysel Ar-Ge çalışmaları yapılmıştır. Ahşap plakanın kenarlarına bant yapıştırma sürecinde, yapışma dayanımının arttırılması ve daha az yapıştırıcı kullanmak amacı ile atmosferik basınçlı plazma (ABP) uygulaması yenilik olarak kullanılmıştır [1]. Yapıştırma bağının maksimum gerilme dayanımına ulaşması için işlem parametreleri deneysel olarak araştırılmış ve dayanım kanıtlanmıştır. Ayrıca yapıştırıcı miktarını da azaltmak amacıyla yine deneysel çalışmalar sonraki aşamada yapılacaktır. Bu çalışmalarda farklı tutkallar ve miktarlar deneysel olarak optimal değerlerde kullanım amacı ile test edilecektir.

Teknolojinin hız kesmeden süre gelen gelişiminin, imalat sektörü özelindeki beklentileri; daha karmaşık yapılarda daha hassas işlemlerin yapılabilir olması ve nihai ürünün daha kısa sürelerde daha az maliyetlerde elde edebilmesi üzerinedir.

Piyasadaki zorlu rekabet koşulları, pazar talepleri, teknolojik gelişmeler ve düşük kar marjları gibi sebeplerle imalat sektöründe yer alan firmalar, üretim hassasiyetlerini sağlayabilmek için daha ilk aşama olan kesim işleminde de beklentilerini yükseltmektedir. Bu durum mevcut ürünlerde farklılaşma, geliştirme ve yenilikçi tasarım ihtiyacını ortaya koymaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Projenin başında ABP uygulama denemelerinde kenar bandı ahşap plakalara plazma uygulanmadan ve uygulanmış halde yapıştırılmıştır. Plazma sadece ahşap malzeme kenarına ve ahşap malzeme kenarı ve band üzerine birlikte uygulanarak da denemeler yapılmıştır, Şekil 1. Bu deneylerin sonucunda; ABP uygulanmayan yapıştırma bağlarında 10-30 N ayırma kuvveti görülürken ABP uygulanan bağlantılarda ise 60-100 N değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlar açıkça göstermektedir ki ABP uygulanması sonucunda yapıştırma bağlarında ortalama 3-4 katlık bir dayanım artışı sağlanabilir. ABP ve sonrasında yapıştırma işleminin otomasyonlu bir sistemde uygulandığında iyileşmenin daha da fazla olacağı düşünülmektedir. Bunun dışında ön denemelerde basit beyaz tutkal kullanılmıştır. ABP uygulamasının imalatçı firmaları pahalı yapıştırıcılar kullanımı konusunda da olumlu yönde destekleyeceği düşünülmektedir.



Şekil 1. ABP uygulama deneylerinden görüntüler

Tasarım sürecine öncelikle konu ile ilgili bilgilerin derlenmesi çalışmaları ile başlanmıştır. Hedeflenen makinenin sınır şartlarının belirlenmesi için mevcut makineler incelenmiş ve ürün araştırmaları gerçekleştirilmiştir. İmalat sektöründe; ahşap malzemelerin kenarlarına bant yapıştırma yapan özel makinelerin kullanıldığı firmalardan alınan geri bildirimler ile gerçekleştirilen fizibilite sonucunda;

- Kaplanan yüzeylerde ezik ve çiziklerin olması,
- Kenar bandının yeterince kuvvetli yapıştırılamaması,
- Kaplama ölçülerinde istenilen toleransların yakalanamaması,
- İşlem sürelerinin çok uzun olması,
- Yüksek fiyatlardan dolayı üreticinin makineyi satın alamaması,
- Estetik olarak kötü yüzeylerin oluşması,

gibi eksiklikler tespit edilmiştir. Proje kapsamında geliştirilen makine bu eksikleri giderebilecek özelliklere sahip olmalıdır. Bu özelliklerin optimal değerlerinin elde edilebilmesi için de deneysel Ar-Ge çalışmaları projemiz kapsamında planlanmıştır. Örneğin; ABP uygulaması ile yapıştırma bağının dayanımının arttırılması çalışmalarında plazmanın etki süresi, mesafesi ve bant hızı ile ilgili deney tasarımı yapılacak ve optimal değerler bu yolla tespit edilip makine yazılımı buna göre oluşturulacaktır. Önceki bölümde de açıklandığı üzere ABP uygulamasının yapıştırma bağını en az 3-4 kat güçlendireceği ve daha düşük kalite yapıştırıcılar ile daha güçlü bir yapıştırma bağı görüleceği açıktır. ABP uygulamasının kenar bantlama makinelerinde uygulandığı literatürde sadece bir yayında [2] görülmüş olup uygulamada makinelerde tespit edilememiştir. Bu açından da sektörde bir yenilik olacağı açıktır.

Makinenin diğer bilgileri aşağıda özetlenmiştir:

Proje sonunda üretilecek makine monoblok gövdeye sahip olacak ve yüksek hassasiyeti sağlamak için tek parça olarak işlenecektir.

Yapıştırma işleminin hızlanması, daha mukavim hale getirilmesi ve kullanılan yapıştırma malzemesinin azaltılması amacı ile ABP uygulaması sürece eklenecektir. Proje kapsamında deneysel çalışmalar ile atmosferik plazma uygulamasının optimal parametreleri tespit edilecek ve makine buna göre tasarlanacaktır.

Üniteleri otomatik ayarlanabilen, bu sayede operatör hatalarını minimuma indirebilecek makine hedefi konulmuştur.

Makinenin özellikleri Tablo 1.'de görülmektedir.

Ahşap imalat sektörünün en temel takım tezgâhlarından biri olan kenar bant yapıştırma makinesi, değişken ölçülerdeki plakalarda kullanım için deneysel Ar-Ge yaklaşımı ile geliştirilmiştir. Makinenin daha hafif, daha ekonomik ve daha hızlı çalışması yapılacak olan geliştirme çalışmalarında özellikle dikkate alınmıştır.

Proje kapsamında yapıştırma bağına uygulanacak olan kuvvet testleri firma bünyesinde yapılmıştır. Bu testlerde, kenar bandı yapıştırıldıktan sonra bir dinamometre yardımı ile band çekilir ve yapışma bağının soyulma kuvveti sınırı hesaplanabilir. Bunun dışında ahşap ve banttan özel numuneler yapılıp bunlar plazmalı ve plazmasız şekilde yapıştırılır ve çekme testlerine tabi tutulur. Burada çekme testleri için 100 N'luk çekme test cihazı yeterlidir.

Tablo 1. Kenar bantlama makinesi özellikleri

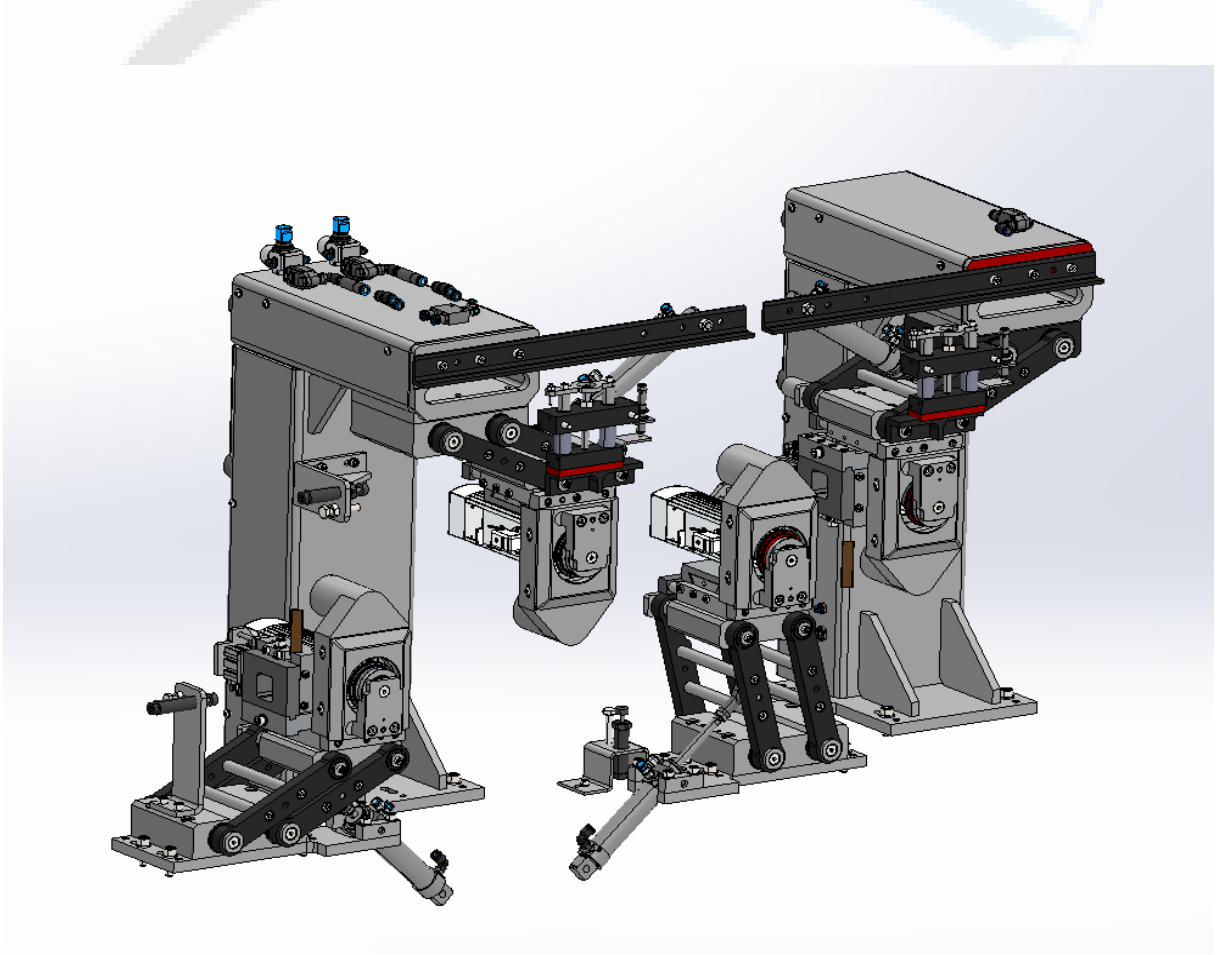
Çalışma Yapısı	Tek taraflı kenar bantlama makinesi
Bant kalınlığı	0,4-3mm
İş parçası kalınlığı	8-60 mm
İş parçası genişliği min.	100 mm
Çalışma hızı	0 - 25 m/dk
Çalışma yüksekliği	950 mm
Spindle motorlar	1-2 adet
Yağlama Sistemi	Var-(Otomatik)
Makine LED Durum Göstergesi	Var
Ön siper	Var-(Otomatik)
Ön tutkal temizleme sıvısı	Var
Ön freze ünitesi	Var
Atmosferik Plazma ünitesi	Var
Tutkal besleme ünitesi	Var
Baş son kesme ünitesi	Var-(Takipli)
Kaba freze ünitesi	Var
Hassas freze ünitesi	Var
Köşe yuvarlama ünitesi	Var
Radyus kazıma ünitesi	Var

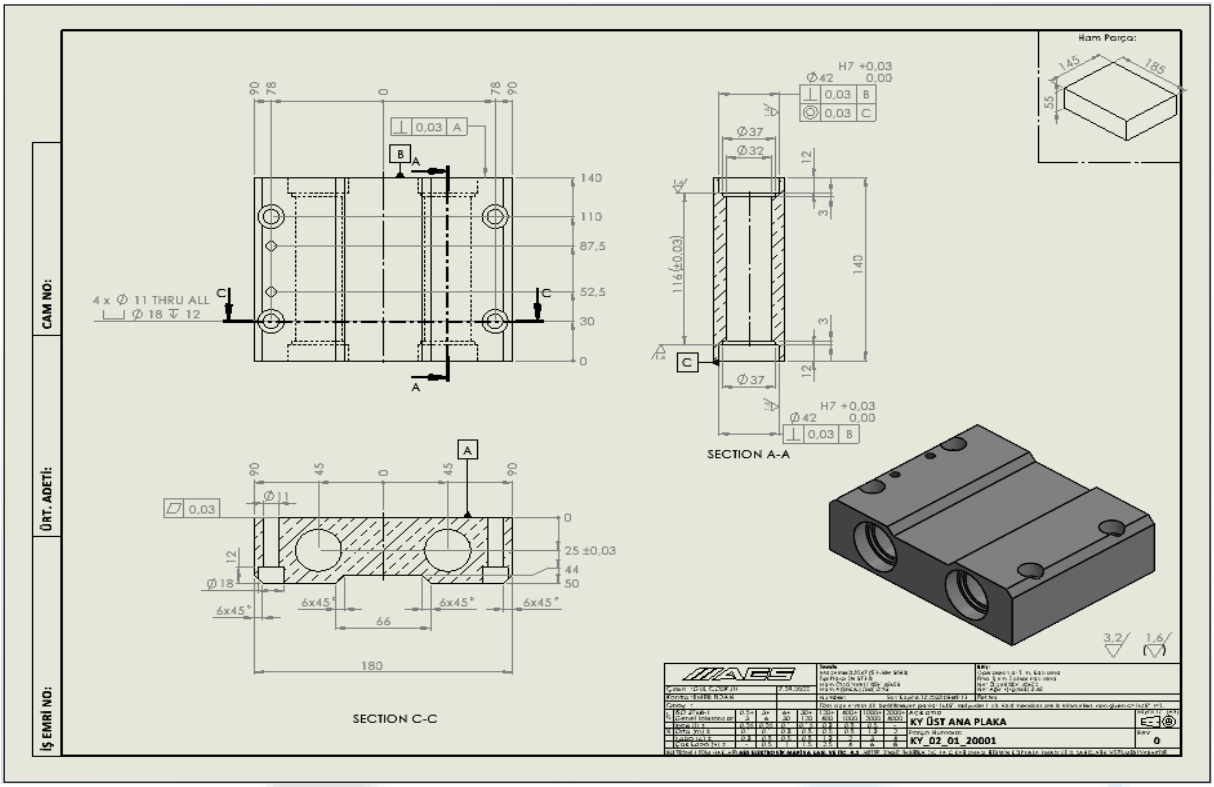
Çalışma Yapısı	Tek taraflı kenar bantlama makinesi
Tutkal kazıma ünitesi	Var
Polisaj ünitesi	Var
Kanal açma ünitesi	Var-(0-90° manuel ayarlı ve jumpingli)

Proje aşamaları aşağıdaki gibi planlanmış ve tamamlanmıştır:

Proje ile ilgili literatür, patent ve pazar araştırması: Proje süresince devam edecek olup güncel teknoloji ve üretim maliyetlerine etki eden parametrelerin takibi sağlanmıştır. Maliyete etki eden olumlu ve olumsuz yönler belirlenmiştir. Bu kapsamda belirlenen eksiklerin giderilmesi, proje için gerekli bilgi ve donanımın oluşturulması proje süresince devam etmiştir. Tespit edilen zayıf noktaların giderilmesinde yapılacak işlemler belirlenmiş ve firmanın bilgi birikimi, üretim tecrübesi ve müşteri talepleri de esas alınmıştır.

3 boyutlu tasarım, hesaplama ve analiz faaliyetleri: Proje çıktısı makineye ait 3D mekanik ve elektrik tasarım/otomasyon tasarım çalışmaları, mühendislik hesaplamaları ve analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 3D mekanik, elektrik tasarımı ve belirli elemanların analizlerinde firma bünyesinde bulunan Solidworks yazılımı kullanılmış, hesaplamalar için excel formatları oluşturulmuş, yapısal ve statik analizler için danışmanlık hizmeti çerçevesinde ANSYS yazılımı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen hesaplama ve analiz çalışmaları sonrası gerekli görülen kısımlarda revizyon işlemleri yapılmış, imalat resimlerinin oluşturulması ile bu aşamada faaliyetler tamamlanmıştır. Örnek bir imalat resmi Şekil 2'de görülmektedir. Makinenin tasarımı esnasında yapıştırma bağının oluşturulması sürecindeki deneysel optimal çalışma parametrelerinin tespiti çalışmaları da gerçekleştirilmiştir.





Şekil 2. Makine Tasarım ve İmalat resimlerine bir örnek

ANSYS yazılımı sonlu elemanlar analizi yöntemini kullanarak yapısal ve dinamik analizlerin yanında akış-manyetik alan vb analizlerinin de gerçeğe yakın şekilde simüle edilmesine imkan tanıyan, dünya çapında bir yazılımdır [3]. Mekanik analizler hem makinenin hangi yükleme şartlarına ne kadar dayanacağını görmemiz hem de makinede oluşacak olan yer değiştirme miktarlarını anlayabilmemiz için gereklidir. Bu bilgiler ışığında malzeme optimal değerde kullanılacak ve makine hafifletilirken maliyet de azaltılabilmiştir.

Mekanik, elektrik ve otomasyon sistem malzemelerinin tedarik edilmesi: Tasarım sürecinin tamamlanmasının ardından "İmalat işlemleri ve sahada kurulum" faaliyetleri öncesi, proje çıktısı makineyi oluşturan mekanik, elektrik ve otomasyon malzemelerin tedarikleri gerçekleştirilmiştir.

İmalat işlemleri ve kontrolü: Önceki aşamada oluşturulan imalat resimleri referansında ilgili ürünlerin tedarik edilmesi sonrası imalat işlemlerine başlanmıştır. Bu kapsamda, proje çıktısı makinenin konstrüksiyon yapısında bulunan mekanik grupların kaynak, vibrasyon, kumlama, astar boya ve 2D/3D işleme işlemleri ve sonraki kontrolleri gerçekleştirilmiştir.

Mekanik, elektrik ve otomasyon sistemin saha kurulumu: İmalat işlemleri ve ilgili tedarik işlemlerinin tamamlanmasının ardından, mekanik ve elektrik kısımlarının montaj işlemi ve otomasyon faaliyetlerine geçilmiştir.

Manuel ve otomatik çalışma kontrolleri: Saha kurulumunun tamamlanmasının ardından, örnek bir fotoğrafı Şekil 3.'te verilmiş olan proje çıktısı makinenin manuel ve otomatik çalışma, hareket ve fonksiyonları kontrol edilmiştir.



Şekil 3. İmalatı gerçekleştirilen makine

Revizyon faaliyetleri ile sistemin test ve denemeye hazır hale getirilmesi: Manuel ve otomatik çalışma kontrollerinin ardından gerekli görülen kısımlarda revizyon ve düzenlemeler yapılmış proje çıktısı makine test ve denemelere hazır hale getirilmiştir.

Doğrulama ve kabul testlerinin yapılması: İmalat-Montaj işlemlerinin tamamlanmasının ardından proje çıktısı makinede doğrulama ve kabul testleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada öncelikle atmosferik plazma ile yüzey aktifleştirme ve yapıştırıcı miktarının minimizasyonu amacı ile deneysel çalışmalar halen devam etmektedir.

3. Sonuç

Bu makalede; ülkemizde ilk kez imalatı gerçekleştirilen ve ahşap plakaların kenarlarına bant yapıştırma amacı ile kullanılacak olan bir makinenin tasarım ve imalat süreçleri tanıtılmıştır. Otomasyon sistemi ile çalışan ve yapıştırma bağının daha da kuvvetlenmesi için ABP uygulamasının kullanıldığı bu makinenin geliştirme süreçlerinde çalışan mühendisler tasarım ve imalat alanında önemli tecrübeler edinmiş ve bu tecrübelerini diğer makinelerin geliştirilmesine aktarmaya başlamışlardır.

Ülkemiz makine sanayinin gelişmesi ülkem ekonomisine katkı açısından oldukça önemlidir. Daha önce yapılamayan, yüksek teknoloji makinelerin ülkemiz mühendislerince geliştirilmesi gelecek açıdan güven vermektedir. Ülke ekonomisinin hızla büyümesinden makine imalat sektörü özellikle önemlidir. Teknik tüm alanları pozitif etkileyen makine imalat yeteneği oldukça önemlidir. Bu bilinçle ülkemizin kalkınması için yenilikçi makinelerin imalatına katkı sağladığımız için kıvançlıyız.

KAYNAKLAR

1. Web sitesi: https://www.fcb-arge.com/%C3%9Cr%C3%BCnlerimiz.html, ziyaret tarihi: 10.11.2023.

2. Web sitesi: https://www.relyon-plasma.com/klebeeigenschaften-von-haftklebstoffen/, ziyaret tarihi: 10.11.2023.

2. Web sitesi: https://www.ansys.com/, ziyaret tarihi: 10.11.2023.

Makale id= 56

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0001-8671-4597; 0000-0001-7015-2198

Free Vibration Analysis of Multi-Stepped Cracked Tapered Beam

Doç.Dr. Mehmet Haskul[1] , Prof.Dr. Murat Kısa[2]
[1]Şırnak Üniversitesi
[2]Harran Üniversitesi

*Corresponding author: Mehmet Haskul

Abstract: *Free vibration analysis of a multi-stepped cracked beam with varying cross-section area is discussed. The beam consists of two-stepped beam. A computer program was written to calculate the dynamic characteristics of the cracked beam using the finite element method. The crack section in the beam is modeled as a massless spring. The stiffness of the spring was obtained from the theory of linear elastic fracture mechanics as the inverse of the compliance matrix calculated using stress intensity factors and strain energy release rate. The results were calculated for both pinned-pinned and multi-stepped beams and presented in graphical form to show the effects of crack depth ratios and crack location on natural frequencies and mode shapes.*

Keywords: *Free Vibration, Crack, Multi-Stepped Beam, Varying Cross Section*

Introduction

Beams are important models for structural elements in many engineering applications, and they have been extensively investigated. Vibration analysis of cracked beams, columns, and frame structures has been widely studied by researchers (Salawu, 1997; Dimarogonas, 1996; Wauer, 1990; Gasch1993; Krawczuk & Ostachowicz, 1996; Jassim et al., 2013). Du et al. (2021) used the transfer matrix method for the free vibration analysis of an axially loaded variable cross-section Euler-Bernoulli beam with many fixed members. Haskul and Kisa (2021a, 2021b) used the finite element method and component mode synthesis method to calculate the natural frequencies and mode shapes of varying cross-section beams with crack. Kisa and Brandon (2000) developed a finite element scheme to calculate the eigensystem of a broken beam for different degrees of closure. Feldman (2011) has produced an instructive guide on converting Hilbert applications to mechanical vibration. Choi (2003) developed the finite element-transfer stiffness coefficient method to efficiently conduct free vibration analysis of 2D structures such as plate structures. Using the dynamic transfer coefficient of the stiffness method, they formulated a free and forced vibration analysis algorithm for frame structures. The method is based on the concept of transferring the dynamic stiffness coefficient associated with the force and displacement vector at each node from the left end to the right end of the structure. Kisa (2004) modeled the problem using finite elements and component mode synthesis methods to examine the effect of cracks on the dynamic properties of a cantilever composite beam made of graphite fiber reinforced polyamide. Moon and Choi (2000) compared the numerical results obtained by the transfer dynamic stiffness coefficient method for a space frame structure with the results obtained by the finite element method and experiment. Using the dynamic stiffness method, Boscolo and Banerjee (2011) investigated the in-plane free vibration behavior of plates. Mehmood (2015) used the finite element method and numerical time integration method (new signal method) in vibration analysis to understand the dynamic response of the frame subjected to moving point loads. Koohestani and Kaveh (2010) presented a method for the buckling and free vibration analysis of cyclically iterated space lattice structures. Ramu and Mohanty (2012) used Kirchhoff plate theory for finite element analysis to obtain the natural frequencies of a

simply supported rectangular plate. Ranjbaran et al (2008) presented a mathematical formula for buckling analysis of a column and vibration analysis of a beam. The beam and column are assumed to be non-uniform and cracked. The problem is expressed as an optimization problem using variational calculus. An optimization technique is used for the analysis of the buckling load. Considering the similarity between the fundamental equation for buckling and free vibration, the beam's fundamental frequency and mode shape were calculated by the same method. Shabani and Cunedioglu (2020) performed a free vibration analysis of a non-uniform symmetrical beam with edge cracks made of functionally graded material. Timoshenko beam theory was used for the multilayer sandwich beam's finite element analysis, and the cantilever beam was modeled with 50 layers of material. Yendhe et al. (2016) investigated the vibration behavior of beams both experimentally and using the SEM software ANSYS. This study analyzed vibration on different cantilever beams with transverse cracks and boundary conditions. Orhan (2007) investigated the free and forced vibration analysis of cracked beams using a finite element program to determine the crack in a cantilever beam. In the study, single and double-sided crack conditions were evaluated. Ranjbaran (2014) investigated the effect of stiffeners on the free vibration analysis of structural frameworks in performing free vibration analysis of cracked elements. Saavedra and Cuitino (2001) presented the theoretical and experimental dynamic behavior of different multi-beam systems containing a transverse crack. Yoon et al. (2007) investigated the effect of two open cracks on the dynamic behavior of a double-cracked simply supported beam, both analytically and experimentally. In this study, free vibration analysis of a cracked stepped beam with linearly varying cross-section supported at both ends was carried out. Many studies have been carried out on the free vibration analysis of cracked beams (Kisa 2011, 2012; Kisa and Gürel 2006, 2007; Kisa et al. 1998; Kisa and Brandon 2000).

Materials and Methods

In the study, the beam shown in Figure 1 was considered. The beam was divided into elements by applying the finite element method used for free vibration analysis (see Figure 2). These elements, including the crack section, have two nodes and three degrees of freedom at each node. The stiffness and mass matrices of the non-uniform two-stepped cracked beam were obtained taking these conditions into consideration.

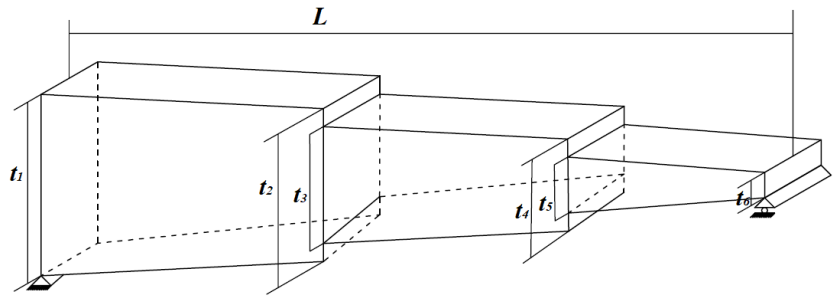


Figure 1. Sketch of non-lineer multi-stepped beam

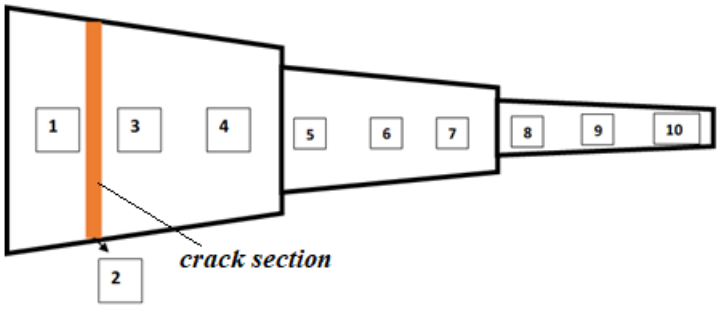


Figure 2. Non-uniform multi-stepped cracked beam modeled according to the finite element method

The $EI_{zz}(x)$ and $EA(x)$ equations for the beam at a distance x:

$$EI_{zz}(x) = EI_{zz1}\left(1+\alpha\left(\frac{x}{L}\right)\right)^3 \tag{1}$$

$$EA(x) = EA_1\left(1+\alpha\left(\frac{x}{L}\right)\right) \tag{2}$$

where I_{zz1} and A_1 represent the left end's area moment of inertia and cross-sectional area, respectively. α is stated as:

$$\alpha = \frac{t_2 - t_1}{t_1} = \frac{t_4 - t_3}{t_3} = \frac{t_6 - t_5}{t_5} \tag{3}$$

A beam element's stiffness matrix is shown below (Haskul 2010):

$$K = \begin{bmatrix} \frac{1}{C} & 0 & 0 & \frac{-1}{C} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{A_1}{D_1} & \frac{A_2}{D_1} & 0 & \frac{-A_1}{D_1} & \frac{A_1L - A_2}{D_1} \\ 0 & \frac{A_2}{D_1} & \frac{A_3}{D_1} & 0 & \frac{-A_2}{D_1} & \frac{A_2L - A_3}{D_1} \\ \frac{-1}{C} & 0 & 0 & \frac{1}{C} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-A_1}{D_1} & \frac{-A_2}{D_1} & 0 & \frac{A_1}{D_1} & \frac{A_2 - A_1L}{D_1} \\ 0 & \frac{A_1L - A_2}{D_1} & \frac{A_2L - A_3}{D_1} & 0 & \frac{A_2 - A_1L}{D_1} & \frac{A_1L^2 - 2A_2L + A_3}{D_1} \end{bmatrix} \tag{4}$$

where A_1, A_2, A_3, D_1 and C are given as:

$$A_i = \int_0^L \frac{x^{(i-1)}}{EI_{zz}(x)}dx, \quad i = 1,2,3, \tag{5}$$

$$D_1 = A_1.A_3 - A_2^2 \tag{6}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{EA_1}{L}\left[\frac{\alpha}{\ln(\alpha+1)}\right] \tag{7}$$

A beam element's mass matrix is given below (Haskul 2010):

$$[M] = \begin{bmatrix} m_{11}^A & 0 & 0 & m_{12}^A & 0 & 0 \\ 0 & m_{11}^B & m_{12}^B & 0 & m_{13}^B & m_{14}^B \\ 0 & m_{21}^B & m_{22}^B & 0 & m_{23}^B & m_{24}^B \\ m_{21}^A & 0 & 0 & m_{22}^A & 0 & 0 \\ 0 & m_{31}^B & m_{32}^B & 0 & m_{33}^B & m_{34}^B \\ 0 & m_{41}^B & m_{42}^B & 0 & m_{43}^B & m_{44}^B \end{bmatrix}_{6x6} \tag{8}$$

where $m^A{}_{ij}$ and $m^B{}_{ij}$;

$$[m]^A = \begin{bmatrix} \frac{1}{12}\rho A_1 L(4+\alpha) & \frac{1}{12}\rho A_1 L(2+\alpha) \\ \frac{1}{12}\rho A_1 L(2+\alpha) & \frac{1}{12}\rho A_1 L(4+3\alpha) \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$[m]^B = \begin{bmatrix} \frac{1}{35}\rho A_1 L(13+3\alpha) & \frac{1}{420}\rho A_1 L^2(22+7\alpha) & \frac{9}{140}\rho A_1 L(2+\alpha) & -\frac{1}{420}\rho A_1 L^2(13+6\alpha) \\ & \frac{1}{840}\rho A_1 L^3(8+3\alpha) & \frac{1}{420}\rho A_1 L^2(13+7\alpha) & -\frac{1}{280}\rho A_1 L^3(2+\alpha) \\ & & \frac{1}{35}\rho A_1 L(13+10\alpha) & -\frac{1}{420}\rho A_1 L^2(22+15\alpha) \\ & \textit{Simetrik} & & \frac{1}{840}\rho A_1 L^3(8+5\alpha) \end{bmatrix} \tag{10}$$

The amount of energy required for the unit strain occurring in front of the crack, the strain energy release rate, J for plane strain is as given (Tada et al. 1985):

$$J = \frac{1-\nu^2}{E}K_I^2 + \frac{1-\nu^2}{E}K_{II}^2 + \frac{1+\nu}{E}K_{III}^2 \tag{11}$$

The strain energy release rate is always positive and includes three independent strain modes.

Reexpressing J using the superposition principle, we get

$$\begin{aligned} J = {} & \frac{1-\nu^2}{E}\left(K_{I1}+K_{I2}+....+K_{In}\right)^2 + \frac{1-\nu^2}{E}\left(K_{II1}+K_{II2}+....+K_{IIn}\right)^2 \\ & + \frac{1+\nu}{E}\left(K_{III1}+K_{III2}+....+K_{III3}\right)^2 \end{aligned} \tag{12}$$

The flexibility coefficients resulting from cracks in the structure can be calculated using Castigliano's theorem and the stress concentration factor. However, if the amount of strain energy released is treated according to the Griffth-Irwin theory (Irwin, 1960), the flexibility coefficient is obtained as:

$$c_{ij} = \frac{\partial u_i}{\partial P_j} = \frac{\partial^2}{\partial P_i \partial P_j}\int_A J\left(P_i, A\right)dA \tag{13}$$

The flexibility coefficients c_{11}, c_{13}, c_{22} and c_{33} are given as:

$$\left.\begin{aligned} c_{11} &= \frac{2\pi}{E^* b^2 d}\int_0^a \xi F_1^2\left(\frac{\xi}{b}\right)d\xi \\ c_{13} = c_{31} &= \frac{12\pi}{E^* b^3 d}\int_0^a \xi F_1\left(\frac{\xi}{b}\right)F_2\left(\frac{\xi}{b}\right)d\xi \\ c_{22} &= \frac{2\pi\kappa^2}{E^* b^2 d}\int_0^a \xi F_2^2\left(\frac{\xi}{b}\right)d\xi \\ c_{33} &= \frac{72\pi}{E^* b^4 d}\int_0^a \xi F_3^2\left(\frac{\xi}{b}\right)d\xi \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

where, the crack stiffness matrix is given as:

$$[C]^{-1}=\begin{bmatrix} \dfrac{c_{33}}{-c_{13}{}^{2}+c_{11}c_{33}} & 0 & \dfrac{c_{13}}{c_{13}{}^{2}-c_{11}c_{33}} \\ 0 & \dfrac{1}{c_{22}} & 0 \\ \dfrac{c_{13}}{c_{13}{}^{2}-c_{11}c_{33}} & 0 & \dfrac{c_{11}}{-c_{13}{}^{2}+c_{11}c_{33}} \end{bmatrix}_{3x3} \tag{15}$$

For a beam with two nodes and three degrees of freedom at each node, the stiffness matrix caused by the a crack in the crack region is:

$$K_{cr}=\begin{bmatrix} [C]^{-1} & -[C]^{-1} \\ -[C]^{-1} & [C]^{-1} \end{bmatrix}_{(6x6)} \tag{16}$$

where, K_{cr} represent to the stiffness matrix occurring in the beam due to the crack.

Cracks within the structure are known to lead to reduced stiffness (Irwin, 1960). The stiffness matrix $[K]_{wcr}$ of the cracked beam is:

$$[K]_{wcr}=[K]+[K]_{cr} \tag{17}$$

The free vibration equation in matrix notation can be given as:

$$\left|[K]_{wcr}-\lambda[M]\right|\varphi=0 \tag{18}$$

By using of equation 18, the dynamic characteristics of a tapered beam containing crack were obtained.

Findings and Discussion

Free vibration analysis of the non-uniform multi-stepped tapered beam with a crack were discussed by using the finite element method. The geometric properties of the beam used were taken as the length of the beam L=0.18m, the thickness of the beam t_1=0.025m, and the width of the beam 0.0078m, and where the thickness ratio of the beam ($t_2/t_1= t_4/t_3= t_6/t_5$) varies linearly. The mechanical properties are the elasticity modulus is E=216x10^{9}N/m^2, Poisson's ratio is ν=0.3 and density is ρ=7850 kg/m^3.

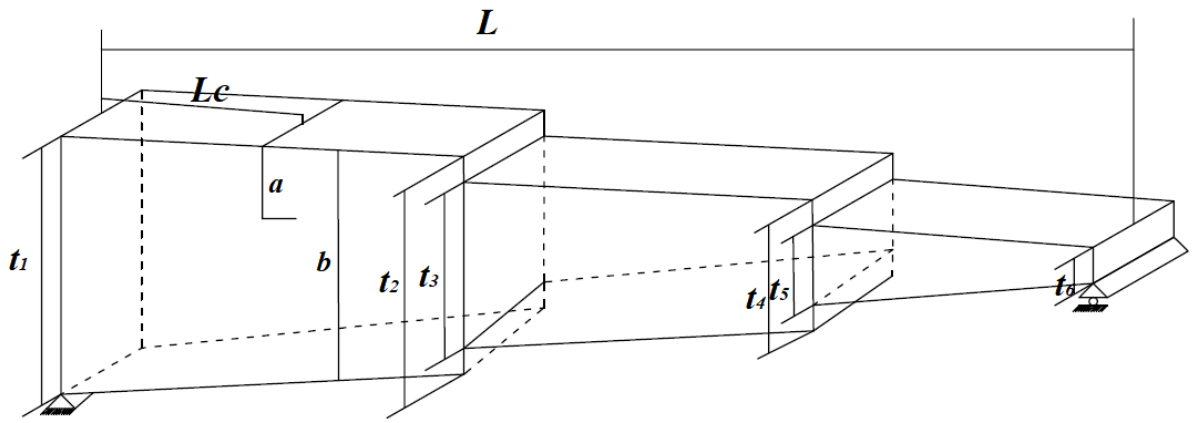


Figure 3. Skectch of multi-stepped tapered beam with a crack

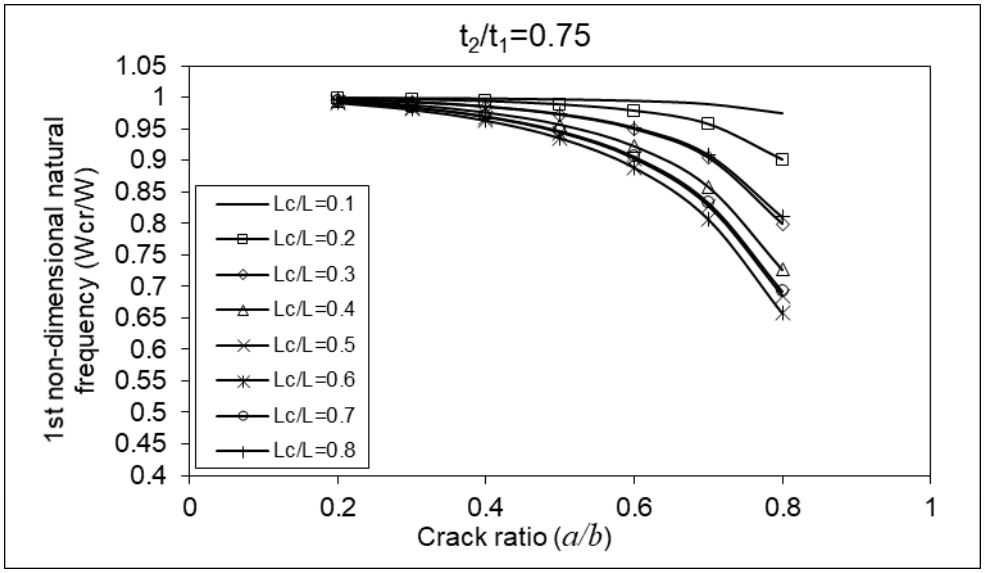


Figure 4. First non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.75, crack locations *Lc/L*=0.1–0.8 and crack depth ratios *a/b*=0.2–0.8

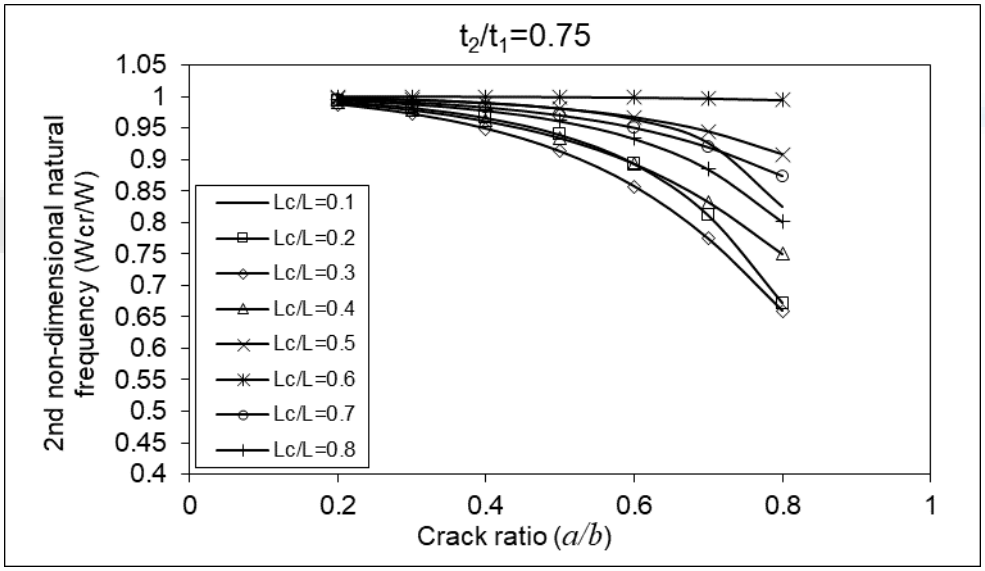


Figure 5. Second non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.75, crack locations *Lc/L*=0.1–0.8 and crack depth ratios *a/b*=0.2–0.8

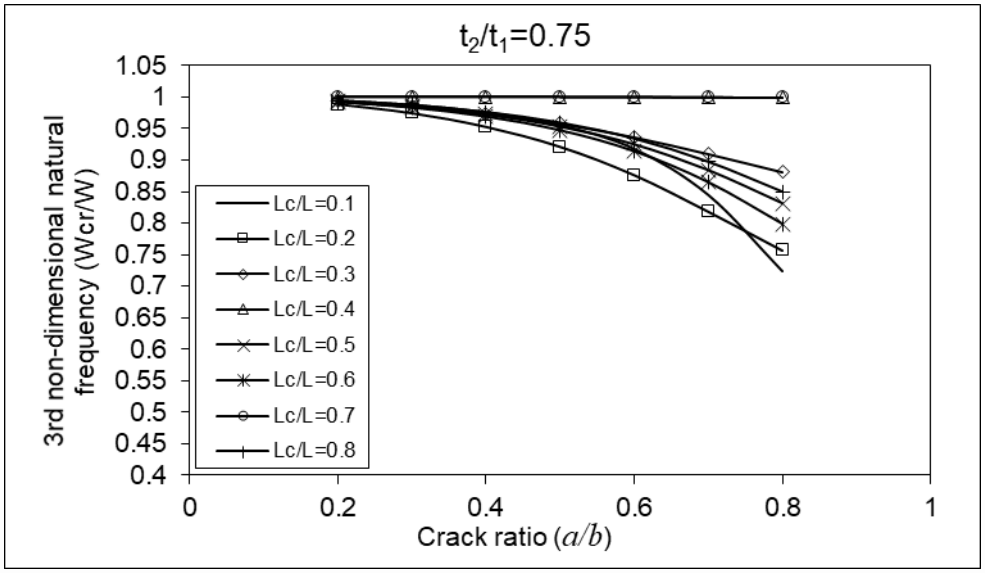


Figure 6. Third non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.75, crack locations *Lc/L*=0.1–0.8 and crack depth ratios *a/b*=0.2–0.8

Figures 4, 5 and 6 show the changes of the first, second and third non-dimensional natural frequencies of the beam with pinned at both ends, with a taper ratio t_2/t_1=0.75 and crack location *Lc/L*=0.1-0.8 and depending on the crack depth ratio. As shown in the figures, the maximum decrease in the first natural frequency occurred where the crack was located at *Lc/L*=0.6. The maximum frequency decrease in the second natural frequency occurred where the crack was at *Lc/L*=0.3, and the maximum decrease in the third natural frequency occurred when the crack location was *Lc/L*=0.2.

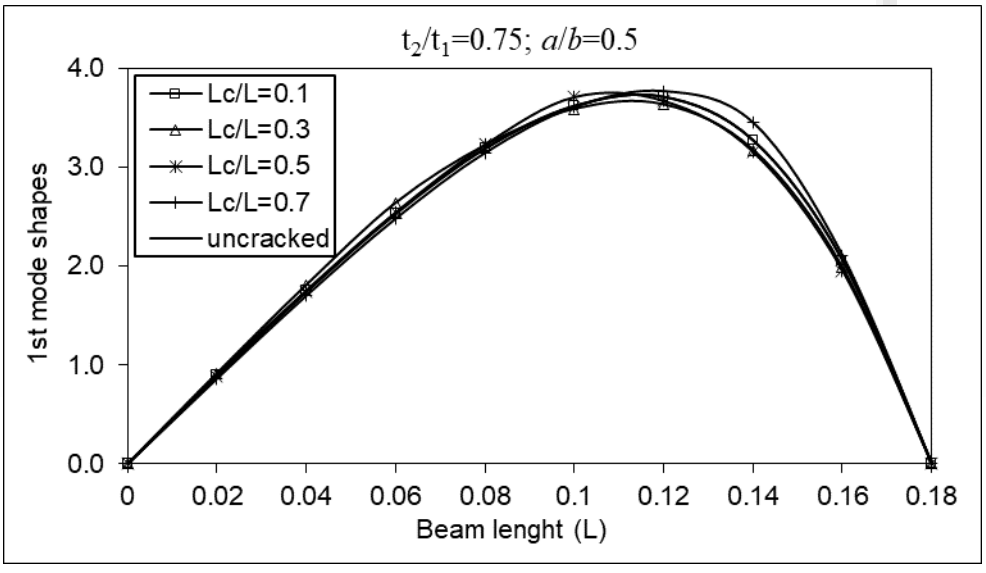


Figure 7. First mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio *a/b* = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.75

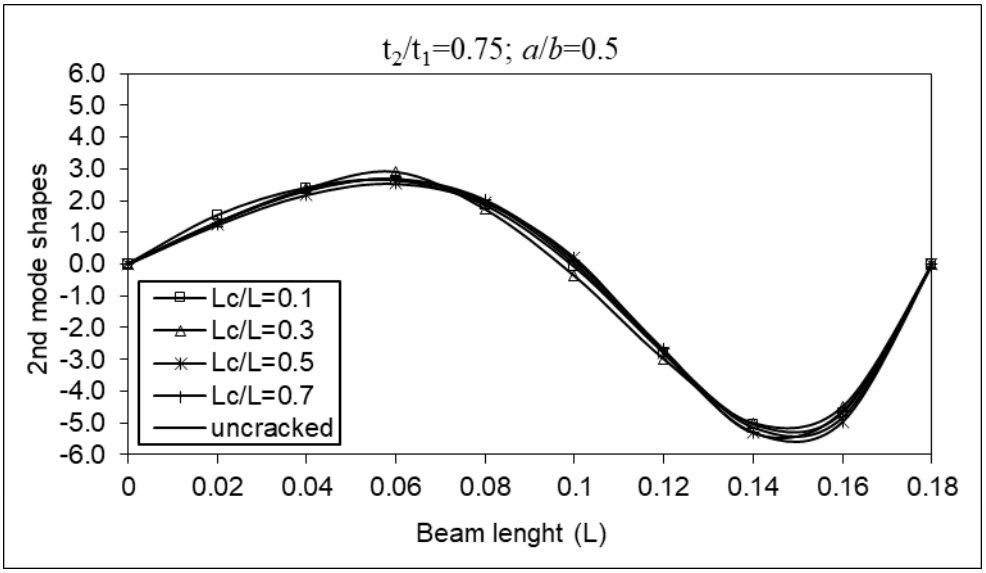


Figure 8. Second mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio a/b = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.75

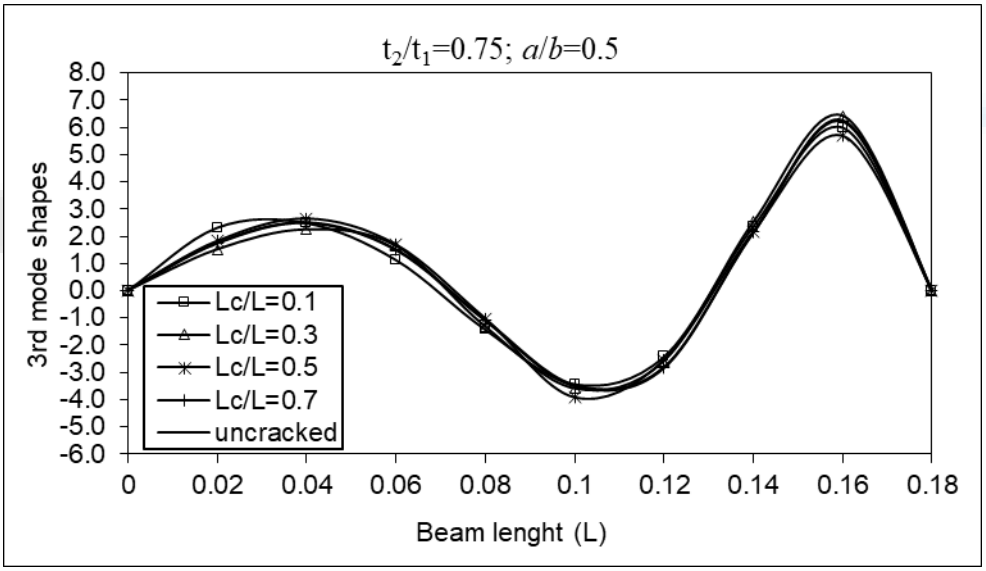


Figure 9. Third mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio a/b = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.75

Figures 7, 8 and 9 shows the changes of the first, second and third mode shapes, depending on the crack locations for the taper ratio t_2/t_1=0.75 the crack depth ratio a/b=0.5. As can be seen from the figures, the first mode shape is most affected when the crack location is at Lc/L=0.6, the second mode shape is at the crack location at Lc/L=0.3, and the third mode shape is most affected when the crack location is at Lc/L=0.5. It can be seen that the changes in the mode shapes change in parallel with the natural frequency changes in the Figures 4, 5 and 6 given before.

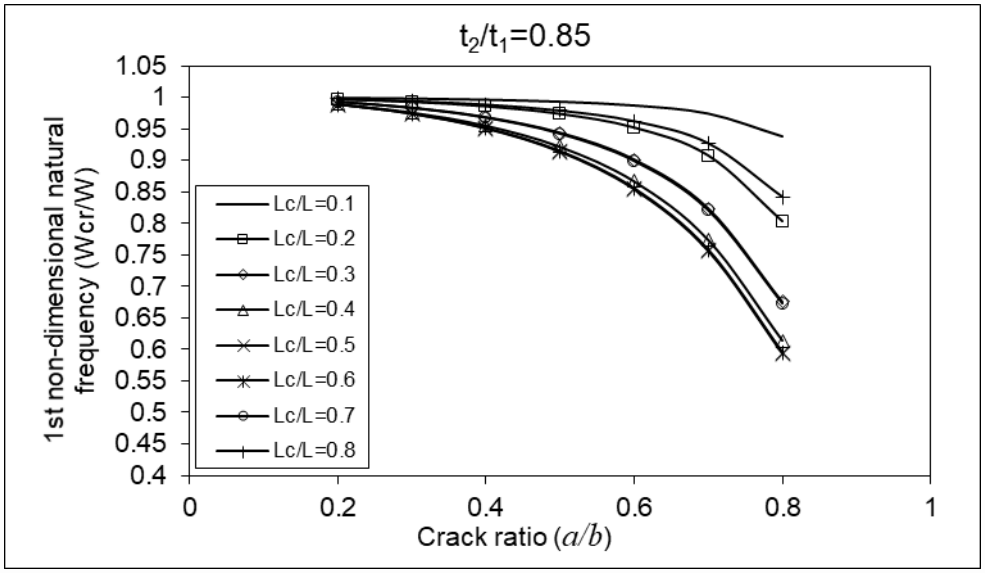


Figure 10. First non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.85, crack locations Lc/L=0.1–0.8 and crack depth ratios a/b=0.2–0.8

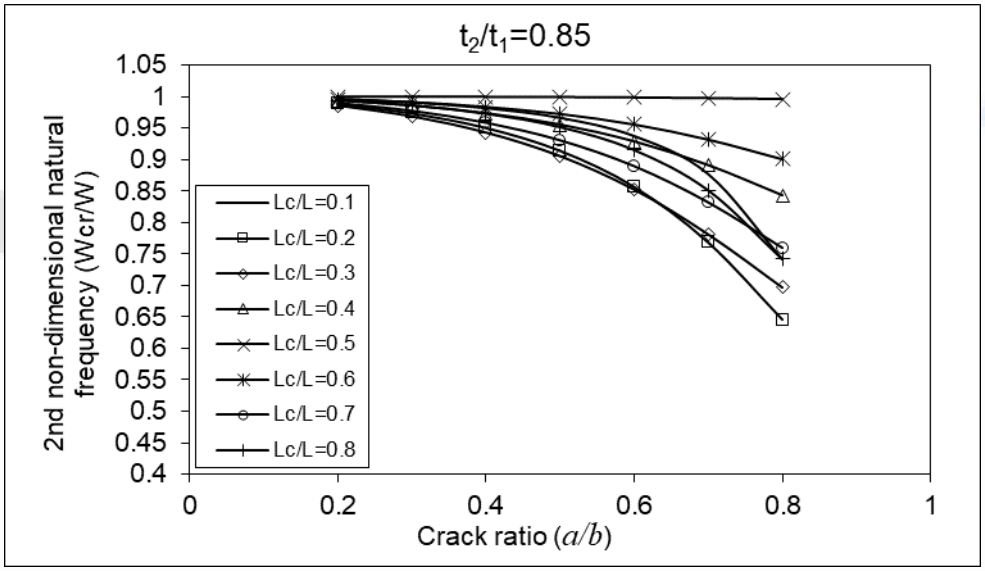


Figure 11. Second non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.85, crack locations Lc/L=0.1–0.8 and crack depth ratios a/b=0.2–0.8

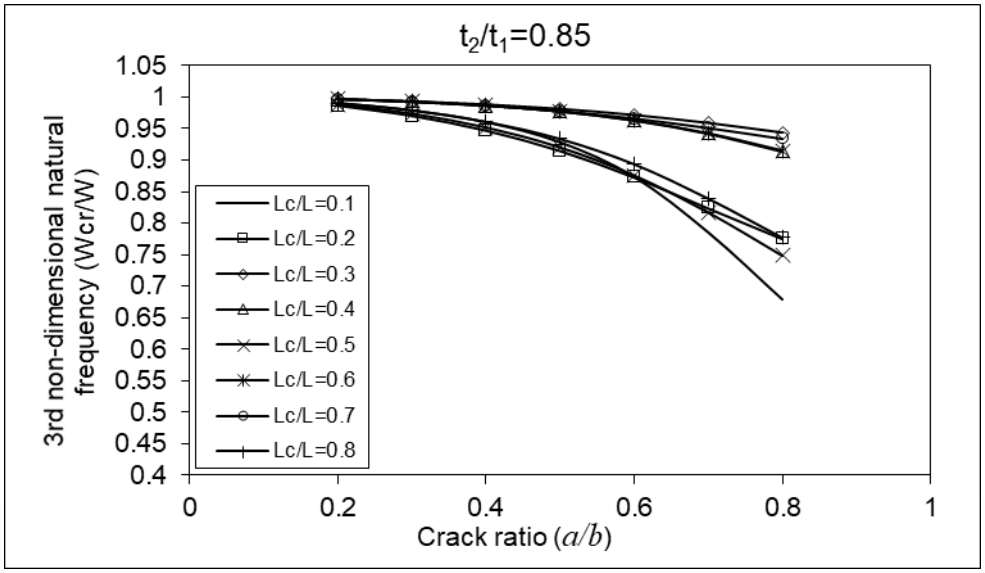


Figure 12. Third non-dimensional natural frequencies of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for taper ratio t_2/t_1=0.75, crack locations Lc/L=0.1–0.8 and crack depth ratios a/b=0.2–0.8

In the Figures 10, 11 and 12 the change of the first, second and third non-dimensional natural frequencies of the beam with pinned at both ends, with a taper ratio t_2/t_1=0.75 and crack location Lc/L=0.1-0.8, depending on the crack depth ratio, is given. As seen from the figures, the maximum decrease in the first natural frequency occurred where the crack was Lc/L=0.6. The maximum frequency decrease in the second natural frequency occurred where the crack was located at Lc/L=0.2, and the maximum decrease in the third natural frequency occurred when the crack location was Lc/L=0.1.

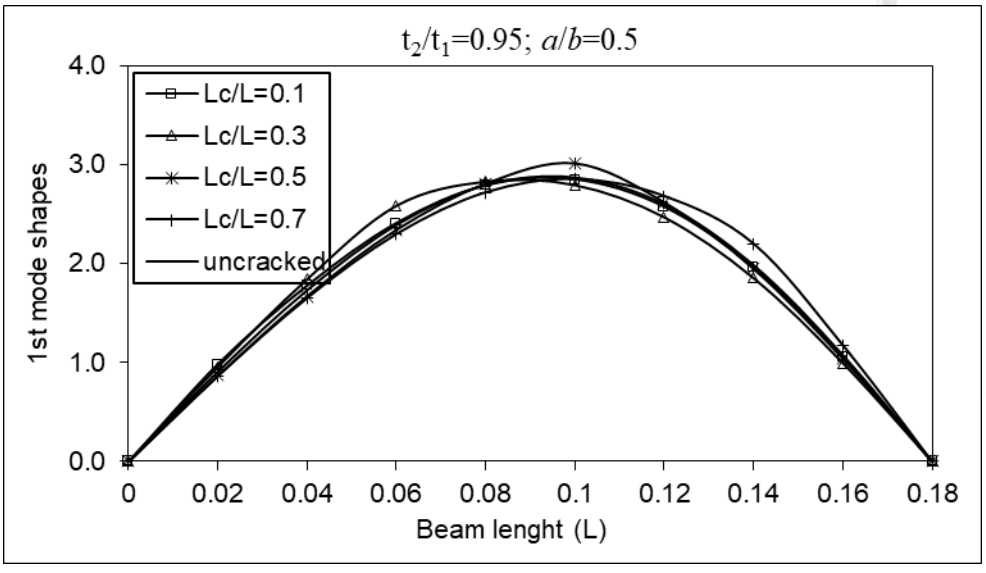


Figure 13. First mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio a/b = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.85

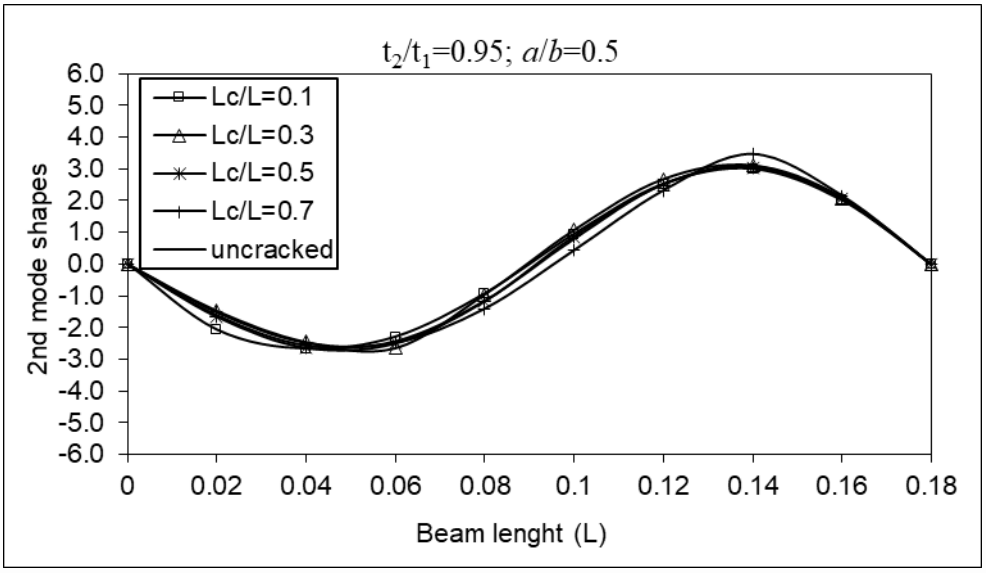


Figure 14. Second mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio a/b = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.85

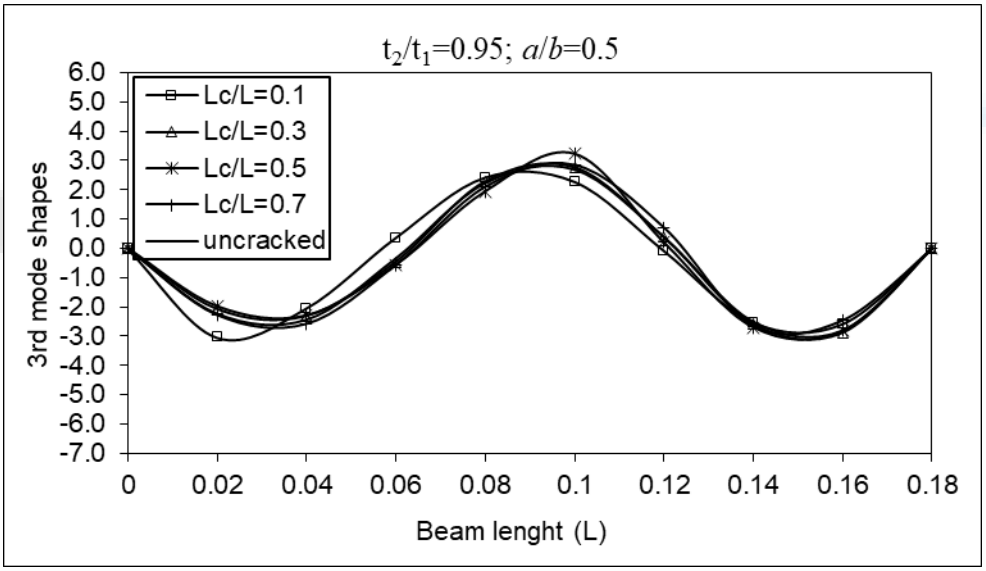


Figure 15. Second mode shapes of a pinned–pinned multi-stepped tapered beam for crack depth ratio a/b = 0.5 and taper ratio t_2/t_1 = 0.85

Figures 13, 14 and 15 show the changes of the mode shapes for the taper ratio t_2/t_1=0.75 and the crack depth ratio a/b=0.5. It can be seen that the changes in the mode shapes change in parallel with the natural frequency changes in the figures 10, 11 and 12.

Conclusion and Recommendations

In this study, the free vibration analysis of a multi-stepped tapered beam with crack, pinned-pinned at both ends, was examined using the finite element method.

The effects of taper ratio, crack location and crack depth ratios on vibration parameters are given in figures. For example, for a beam with a taper ratios of t_2/t_1=0.75 and t_2/t_1=0.85 the first natural frequency is affected by Lc/L=0.6. The second natural frequency is Lc/L=0.3 for the taper ratio t_2/t_1=0.75, while the taper ratio is t_2/t_1=0.85 and is Lc/L=0.2. The third natural frequency Lc/L=0.1, 0.2 for the taper ratio, t_2/t_1=0.75, while Lc/L=0.1, 0.5. the taper ratio is t_2/t_1=0.85. The change in mode shapes changes in

parallel with the change in natural frequency, depending on the crack location and crack depth ratios in the beam.

The maximum decreases in the first, second and third natural frequencies occur when the crack is located in different positions of the beam, and this is due to the fact that the cracks in these regions cause maximum energy loss in the beam vibrating in the relevant mode.

References

Salawu, O. S. (1997). Detection of structural damage through changes in frequency: a review. *Engineering structures*, *19*(9), 718-723.

Dimarogonas, A. D. (1996). Vibration of cracked structures: a state of the art review. *Engineering fracture mechanics*, *55*(5), 831-857.

Wauer, J. R. (1990). On the dynamics of cracked rotors: a literature survey. *Applied Mechanics Reviews* 43 (1) 13–17.

Gasch, R. (1993). A survey of the dynamic behaviour of a simple rotating shaft with a transverse crack. *Journal of sound and vibration*, *160*(2), 313-332.

Krawczuk, M., & Ostachowicz, W. (1996). Damage indicators for diagnostic of fatigue cracks in structures by vibration measurements–a survey. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, *34*(2), 307-326.

Jassim, Z. A., Ali, N. N., Mustapha, F., & Jalil, N. A. (2013). A review on the vibration analysis for a damage occurrence of a cantilever beam. *Engineering Failure Analysis*, *31*, 442-461.

Du, Y., Cheng, P., & Zhou, F. (2022). Free vibration analysis of axial-loaded beams with variable cross sections and multiple concentrated elements. *Journal of Vibration and Control*, *28*(17-18), 2197-2211.

Haskul, M., & Kisa, M. (2021). Free vibration of the double tapered cracked beam. *Inverse Problems in Science and Engineering*, *29*(11), 1537-1564.

Haskul, M., & Kisa, M. (2021). Free-vibration analysis of cracked beam with constant width and linearly varying thickness. *Emerging Materials Research*, *11*(1), 125-137.

Kisa, M., & Brandon, J. (2000). The effects of closure of cracks on the dynamics of a cracked cantilever beam. *Journal of sound and vibration*, *238*(1), 1-18.

Feldman, M. (2011). Hilbert transform in vibration analysis. *Mechanical systems and signal processing*, *25*(3), 735-802.

Choi, M. S. (2003). Free Vibration Analysis of Plate Structures Using Finite.

Kisa, M. (2004). Free vibration analysis of a cantilever composite beam with multiple cracks. *Composites Science and Technology*, *64*(9), 1391-1402.

Moon, D. H., & Choi, M. S. (2000). Vibration analysis for frame structures using transfer of dynamic stiffness coefficient. *Journal of Sound and Vibration*, *234*(5), 725-736.

Boscolo, M., & Banerjee, J. R. (2011). Dynamic stiffness method for exact inplane free vibration analysis of plates and plate assemblies. *Journal of Sound and Vibration*, *330*(12), 2928-2936.

Mehmood, A. (2015). Using finite element method vibration analysis of frame structure subjected to moving loads. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, *4*(1), 50-65.

Koohestani, K., & Kaveh, A. (2010). Efficient buckling and free vibration analysis of cyclically repeated space truss structures. *Finite Elements in Analysis and Design*, *46*(10), 943-948.

Ramu, I., & Mohanty, S. C. (2012). Study on free vibration analysis of rectangular plate structures using finite element method. *Procedia engineering*, *38*, 2758-2766.

Ranjbaran, A., Hashemi, S., & Ghafarıan, A. (2008). A new approach for buckling and vibration analysis of cracked column.

Shabani, S., & Cunedioglu, Y. (2020). Free vibration analysis of cracked functionally graded non-uniform beams. *Materials Research Express*, *7*(1), 015707.

Yendhe, V. S., Kadlag, P. V. L., & Shelke, P. R. S. (2016). Vibration analysis of cracked cantilever beam for varying crack size and location. *International Research Journal of Engineering and Technology*, *3*(8), 1913-1919.

Orhan, S. (2007). Analysis of free and forced vibration of a cracked cantilever beam. *Ndt & E International*, *40*(6), 443-450.

Ranjbaran, A. (2014). Free-vibration analysis of stiffened frames. *Journal of Engineering Mechanics*, *140*(9), 04014071.

Saavedra, P. N., & Cuitino, L. A. (2001). Crack detection and vibration behavior of cracked beams. *Computers & Structures*, *79*(16), 1451-1459.

Yoon, H. I., Son, I. S., & Ahn, S. J. (2007). Free vibration analysis of Euler-Bernoulli beam with double cracks. *Journal of mechanical science and technology*, *21*, 476-485.

Kisa, M. (2011). Vibration and stability of multi-cracked beams under compressive axial loading. *International Journal of the Physical Sciences*, *6*(11), 2681-2696.

Kisa, M. (2012). Vibration and stability of axially loaded cracked beams. *Structural engineering and mechanics: An international journal*, *44*(3), 305-323.

Kisa, M., & Gurel, M. A. (2006). Modal analysis of multi-cracked beams with circular cross section. *Engineering Fracture Mechanics*, *73*(8), 963-977.

Kisa, M., & Gurel, M. A. (2007). Free vibration analysis of uniform and stepped cracked beams with circular cross sections. *International Journal of Engineering Science*, *45*(2-8), 364-380.

Kisa, M., Brandon, J., & Topçu, M. (1998). Free vibration analysis of cracked beams by a combination of finite elements and component mode synthesis methods. *Computers & structures*, *67*(4), 215-223.

Kisa, M., & Brandon, J. A. (2000). Free vibration analysis of multiple open-edge cracked beams by component mode synthesis. *Structural engineering and mechanics: An international journal*, *10*(1), 81-92.

Haskul, M. (2010). *Çatlak içeren değişken kesitli kirişlerde titreşim probleminin sonlu elemanlar metoduyla modellenmesi/Finite element method for the vibration of cracked beams with varying cross section* (Doctoral dissertation).

Tada, H., Paris, P. C., & Irwin, G. R. (1973). The stress analysis of cracks. *Handbook, Del Research Corporation*, *34*(1973).

Irwın, G. (1960). Fracture Mechanics, Editors JN Goodier and NJ Hoff.

Makale id= 69

Sözlü Sunum

ORCID ID: ORCID D: 0000-0003-4860-6178

Görüntü İşleme ve Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Karaciğer Tomografi Görüntülerinde Benign ve Malign Kitlenin Tespiti

Araştırmacı Caner Kocamaz [1], Dr. Öğretim Üyesi Sait Can YÜCEBAŞ[2], Doç.Dr. Emre Karakaya[3]
[1]Jandarma Lojistik Komutanlığı
[2]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale
[3]Başkent Üniversitesi, Ankara

*Corresponding author: Caner Kocamaz

Özet: *Bu çalışma, görüntü işleme ve makine öğrenme yöntemleri kullanarak. Karaciğer tomografi taramalarından elde edilen görüntülerde iyi huylu (benign) ve kötü huylu (malign) kitle tespitine yönelik yapay zeka araştırma modelini geliştirmek, radyologların hasta bakımının kalitesini ve güvenliğini iyileştirerek daha doğru ve verimli olmasını sağlamak, maliyetlerin ve gereksiz tıbbi prosedürlerin azaltılmasına yardımcı olabilmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmadaki deneylerde bir özel hastaneden alınan anonim hale getirilmiş iyi huylu tümör (FBNH, , Hemanjiom, Kist) ve kötü huylu tümör (HCC, Kolanjiosellular, Metastaz) görüntü seti örnekleri kullanılmıştır. Görüntü işlemede OpenCV, özellik çıkarmada Orange Data Mining (v.3.36.1) programı kullanılarak SqueezeNet ve sınıflandırmada ise Orange Data Mining programı kullanılarak Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, Rasgele Orman ve Yapay Sinir Ağı modelleri doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1 puanı gibi performans ölçütleri kullanılarak karşılaştırıldı. Yapay Sinir Ağı, ortalama %98 doğruluk oranı, %88 kesinlik oranı ve %88 geri çağırma oranı ile başarı oranı en yüksek model olarak belirlendi.A*

Anahtar Kelimeler: *Görüntü İşleme, Bölütleme, Makine Öğrenmesi, Karaciğer Tümörleri, Orange Data Mining*

Detection of Benign and Malignant Mass in Liver Tomography Images with Image Processing and Machine Learning Methods

Abstract*: Using image processing and machine learning methods, This study aims to develop an artificial intelligence research model for Benign-Malignant mass detection in images obtained from liver tomography scans, enabling radiologists to be more accurate and efficient by improving the quality and safety of patient care, helping to reduce costs and unnecessary medical procedures. The experiments in this study used benign tumor (FBNH, , Hemangioma, Cyst) and malignant tumor (HCC, Cholangiocellular, Metastasis) image set samples from a hospital. OpenCV for image processing, SqueezeNet using Orange Data Mining for feature extraction and Logistic Regression (LR), Support Vector Machines (SVM), Random Forest (RF) and Neural Network (NN) models using Orange Data Mining for classification were compared using performance measures such as accuracy, precision, recall and FI score. Neural Network averagely was found to have the highest success rate with 98% accuracy rate, 88% precision rate and 88% recall rate.*

Keywords*: Image Processing, Segmentation, Machine Learning, Liver Tumors, Orange Data Mining*

1. ÇALIŞMA

Karaciğer tomografisi, diğer organlar gibi vücuda enjekte edilen kontrast madde ile gerçekleştirilir. Daha çok karaciğer kanserinin saptanmasına yönelik olarak yapılan bu uygulamada karaciğerdeki

tümörün varlığı ve büyüklüğü tam olarak saptanabilmektedir. Ayrıca kan damalarıyla ilgili sorunlar da incelenebilir. Vücudun ve karaciğerin kitlesel görüntüsünü çıkarabilen bu uygulamada erken teşhis yapıldığı için, tedavi süreci de bir o kadar hızlı başlar. Gerek karaciğer kanseri riski gerekse karaciğer yağlanması gibi durumlar çok daha önceden tespit edilebileceği için kısa sürede müdahale edilerek hastanın sağlığına kavuşması sağlanabilir.

1.1 Çalışmanın Konusu

Çalışmanın konusu Karaciğer tomografi taramalarından elde edilen görüntülerde iyi huylu (benign) ve kötü huylu (malign) kitle tespitine yönelik yapay zeka araştırma modelini geliştirmektir.

Makine öğrenmesi bilgisayarların mevcut verilerden öğrenerek karmaşık ve büyük veri setleri içerisindeki desenleri hızlı bir şekilde tespit etmesini sağlayan bir yapay zeka dalıdır. Bu yeteneğinden dolayı makine öğrenmesi hastalıkların tanı ve teşhisinde yaygın kullanım alanı bulmaktadır.

1.2 Literatür Taraması

Karaciğer hastalıkların tespiti için görüntü işleme ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak çok çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Yapay Zeka ve tamamen evrişimli sinir ağı (FCNN) kullanarak otomatik karaciğer tümörü segmentasyonu ve sınıflandırması tasarlamış ve uygulanmıştır. Görsel Geometri Grubu (VGG-16) önceden eğitilmiş modeli, R2019a Matlab'da çok büyük ölçekli veri setinde sorunsuz mimari olması nedeniyle veri setinin eğitimi için "LiTS veri seti" kullanılmıştır. Veri seti, eğitim için %70 ve test bölümü için %30 oranında bölünmüştür. Çalışmanın sonucunda, karaciğer lezyonu görüntüsüne göre karaciğer tümörünün doğruluğunun % 91,28 civarında olduğunu bulunmuştur (Dhahır,2021

Bölütleme (Segmentasyon) yöntemleri için yeni karşılaştırma platformlarının oluşturulması, füzyon yöntemlerinin tıbbi görüntü segmentasyonu uygulamalarına analizi, adaptasyonu ve yeni bir topluluk yönteminin tasarlanması ile ilgili yeni çalışmalar sunulmuştur (Kavur,2020).

Derin öğrenme yapılarından biri olan evrişimli sinir ağlarıyla; çeşitli girdi boyutları ve aktivasyon fonksiyonlarıyla oluşturulmuş modellerin örnek veri seti ile başarımlarını ölçerek, sonuçları değerlendirilmiştir. Deneyler sonucunda U-NET yapısı ile 256x256 ve 512x512 görüntüler üzerinden 97.58% ve 94.97% F-measure değerleri elde edilmiştir. Basit ESA yapısı ve Sigmoid ve Lineer aktivasyon fonksiyonuna sahip U-NET modelleri (ortak eşik değer için) başarım gösterememiştir (Avcı,2019)

1.3 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, görüntü işleme ve makine öğrenme yöntemleri kullanarak. Karaciğer tomografi taramalarından elde edilen görüntülerde iyi huylu ve kötü huylu kitle tespitine yönelik yapay zeka araştırma modelini geliştirmek, radyologların hasta bakımının kalitesini ve güvenliğini iyileştirerek daha doğru ve verimli olmasını sağlamak, maliyetlerin ve gereksiz tıbbi prosedürlerin azaltılmasına yardımcı olabilmeyi amaçlamaktadır.

2. YÖNTEM

Bu bölümde kullanılan öğrenme yöntemleri ve veri seti detayları verilmiştir. Çalışmada kullanılacak veri seti Türkiye'de yer alan bir özel hastanede tedavi görmüş hastaların anonim hale getirilmiş bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilmiştir (Tablo-1).

Tablo-1 Görüntü Dosyalarının Dağılımı

Tümör Adı	Tümör Grubu	Hasta Sayısı	Görüntü Sayısı (JPG/TIFF)
FBNH	İyi huylu	22	2217
HCC	Kötü huylu	22	2499

Tümör Adı	Tümör Grubu	Hasta Sayısı	Görüntü Sayısı (JPG/TIFF)
HEMANJIOM	Kötü huylu	29	3140
KIST	İyi huylu	20	1930
KOLANJIOSELLÜLER	İyi huylu	19	2156
METASTAZ	Kötü huylu	21	2725

Anonim hale getirme, bir veri kümesindeki tüm doğrudan ve/veya dolaylı tanımlayıcıların çıkartılarak ya da değiştirilerek, ilgili kişinin kimliğinin saptanabilmesinin engellenmesi veya bir grup veya kalabalık içinde ayırt edilebilir olma özelliğini, bir gerçek kişiyle ilişkilendirilemeyecek şekilde kaybetmesidir (KVKK,2017)

Tomografi görüntülerinin tedavi sırasında üç gruba ayrılmış olarak kaydedildiği belirlenmiştir: İlaç kullanım öncesi, ilaç verildiği anda ve ilaç verildikten sonra. Tümör adı, Hasta Adı ve İlaç fazına göre klasörlenmiş olarak alınan görüntülerin tamamı her bir hasta için sadece tümör isimlerine göre klasörde toplanmıştır. Dosya isimlendirmesi ilaç fazı, tümör adı ve hasta numarası ile kodlanmıştır. Örneğin ; FBNH klasöründen yer alan “HASTA1-ARTERFAZ3mm-Image18.jpg” isimli dosya; HASTA1’e ait ARTERFAZ’daki Image-18.jpg isimli görüntü dosyasını göstermektedir.

Görüntü dosyaları %80’i eğitim ve %20’si test amaçlı kullanılmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Görüntü dosyaları ön işlemeye tabi tutulmuştur. Hastalara ait görüntüler içerisinde yer alan üst veriler (Tarih, Saat, Yön, Çözünürlük Değeri vb.) resim dosyalarından kırpılarak filtrelenmiş ve anonim hale getirilmiştir. OpenCV programı ile 512x512 piksel olarak yeniden boyutlanarak görüntüler üzerinde filtreleme işlemleri yapılmıştır. OTSU bölütleme algoritması uygulanarak sadece karaciğerin olduğu bölümler ayrı bir görüntü dosyası olarak kaydedilmiştir.

Özellik çıkarma işleminde Orange Data Mining programı içerisinde gömülü olarak yer alan SqueezeNet modeli uygulanmıştır. Sınıflama algoritması içi yine aynı program içerisinde yer alan Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, Rasgele Orman ve Yapay Sinir Ağı modelleri kullanılmıştır. Her bir model eğitim veri seti üzerinde eğitilmiştir.

2.1 Performans Metrikleri

Eğitilen model test veri seti üzerinde değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları precision(kesinlik), accuracy(doğruluk), recall ve F1 skoru metrik değerleri ile ölçülmüştür. Bu metrikler ile tahmin edilen sınıf ve gerçek sınıf gözlenmiştir.

Tablo-2 Karışıklık Matrisi

		Gerçek Değer	
		Pozitif	**Negatif**
Tahmini Değer	**Pozitif**	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Negatif	False Negative (FN)	True Negative (TN)

TP (True Positive, Doğru Pozitif): Tahmin edilenin pozitif ve gerçek durumun pozitif olduğu durumdur. FP (False Positive, Yanlış pozitif): Tahmin edilenin pozitif ancak gerçek durumun negatif olduğu durumdur FN (False Negative, Yanlış negatif): Tahmin edilenin negatif ancak gerçek durumun pozitif olduğu durumdur TN (True Negative, Doğru negatif): Tahmin edilenin negatif gerçek durumun negatif olduğu durumdur Kullanılan metrik fonksiyonlarının tanımı ve formülleri aşağıda listelenmiştir (Polat,2021)

Doğruluk (Accuracy, AUC) sınıflandırıcının ulaştığı doğru sonuçların tüm sonuçlara oranıdır (Formül 1). Doğruluk, en sezgisel performans ölçüsüdür ve doğru tahmin edilen gözlemin toplam gözlemlere oranıdır. Kullanılan modelde yüksek doğruluk varsa modelin en iyisi olduğunu düşünülebilir. Ancak yanlış pozitif ve yanlış negatif değerlerin sayılarının birbirinden oldukça farklı ve çok olduğu durumlarda modelin performansını değerlendirmek için diğer parametrelere bakılması gerekir (Şahin,2018).

$$\text{Accuracy} = (TP+TN) / (TP+TN+FN+FP) \quad (1)$$

Kesinlik (Precision, Prec) sınıflandırıcının doğru olarak tahmin ettiği sonuçlardan ne kadarının pozitif olduğunu belirler (Formül 2).

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP) \quad (2)$$

Duyarlılık (Recall) sınıflandırıcının gerçek pozitiflerden ne kadarını pozitif olarak etiketlediğini belirler (Formül 3.)

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN) \quad (3)$$

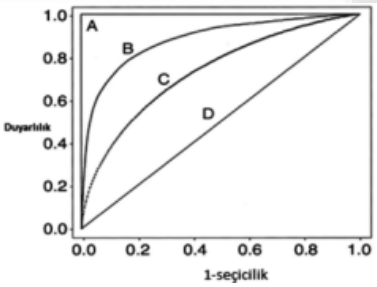
F1-Skoru (F1-Score) kesinlik ve duyarlılığın ağırlıklı ortalamasıdır (Formül 4). Özellikle düzensiz bir sınıf dağılımının olduğu durumlarda F1 skoruna bakmak, doğruluk değerine bakmaktan daha yararlıdır. Yanlış pozitif ve yanlış negatiflerin benzer sayıda çıkarsa doğruluk değerine bakmak sınıflandırma başarısı için en iyi sonucu verir. Yanlış pozitiflerin ve yanlış negatiflerin sayıları çok farklıysa hem hassasiyete hem de duyarlılığa bakmak gerekir (Şahin,2018).

$$\text{F-Measure} = 2*\text{Precision}*\text{Recall} / (\text{Precision} + \text{Recall}) \quad (4)$$

2.2 ROC Eğrisi

ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi, tanı testinin kendi doğruluğunu tanımlaması ve testler arasında güvenilir bir karşılaştırma yapmaya olanak sağlaması açısından sıklıkla kullanılmaktadır. ROC eğrisinin altında kalan alanın büyüklüğü üzerinde çalışılan tanı testinin ayırma yeteneğinin istatistiksel olarak önemini gösterir. Üzerinde çalışılan tanı testinin hiç ayırma yeteneği olmadığı durumda ROC eğrisi altındaki alanın beklenen değeri 0.50'dir. Mükemmel bir test ise sıfır yanlış pozitif ve sıfır yanlış negatif ile alanın değeri 1.00 olacaktır. Test, bu iki değerin arasında bir alana sahip olmalıdır (Ertorsun ve ark., 2009)

Şekil-1 ROC Eğrisi Test Durumları (A, B, C, D)

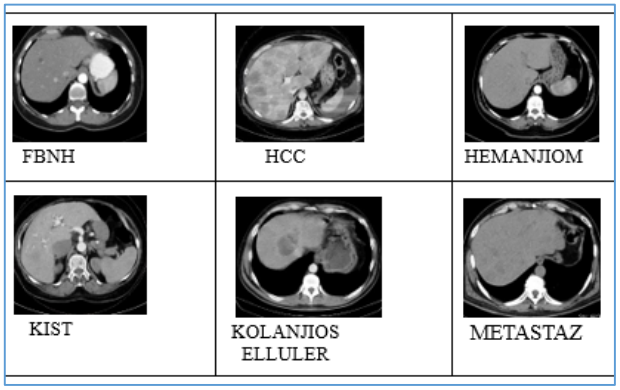


Şekil-1'e göre A testi (0,1) noktası ile mükemmel bir testtir çünkü ROC eğrisi altında kalan alan 1'dir. Zira, x ekseni koordinatı (1-seçicilik değerinin karşılığı) olan 0 değeri testin seçiciliğinin %100 olduğunu gösterirken, y ekseni koordinat değeri 1 ise testin duyarlılığının %100 olduğunu göstermektedir. Buna karşılık D testi hasta olan ve olmayan bireyleri ayırmakta en başarısız testtir. ROC eğrisi altında kalan alanı 0.5'tir (Kılıç,2013).

2.3 Veri Seti

Bu çalışmada özel bir hastaneden temin edilen Karaciğer Bilgisayarlı Tomografi (BT) veri seti kullanılmıştır. Hastalara ait 2622 görüntü eğitim, 656 görüntü test amaçlı olarak üç iyi huylu, üç kötü huylu olmak üzere altı farklı tümör grubunu tespit etmek için değerlendirilmiştir (Şekil-2).

Şekil-2 Tümör Gruplarına Ait Örnek Görüntüler



2.4 Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmaları

Makine öğrenmesi bilgisayar sistemlerine verilerden öğrenme yeteneği kazandıran yapay zeka alanıdır. Bu sistemler, verileri analiz ederek desenleri, ilişkileri öğrenir ve bu öğrenme sayesinde tahminlerde bulunabilir veya kararlar alabilir. Çalışmada aşağıdaki maddelerde belirtilen makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır.

2.4.1 Lojistik Regresyon (Lojistik Regresyon)

Lojistik Regresyon bağımlı değişkenin kategorik veya sınıflandırılmış olduğu durumlarda kullanılır. Bu regresyon, olasılık dağılımını kullanarak bir olayın olasılığını tahmin etmeye yönelik bir model oluşturur.

Bağımlı değişken kategoriktir ve iki sınıf (binary) arasında sınıflandırma yapılıyorsa, lojistik regresyon "binary lojistik regresyon" olarak adlandırılır. Birden fazla sınıf arasında sınıflandırma yapılacaksa, “çok sınıflı lojistik regresyon” yöntemi kullanılır (Behbudova,2023)

2.4.2 Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines)

Destek Vektör Makinesi sınıflandırmasının ilk amacı, iki sınıfı birbirinden ayıracak doğruyu (hiper düzlem) belirlemektir. Bir başka deyişle, genelleme hatasını en aza indirmek ve böylece marjı en üst düzeye çıkarmak için iki sınıf arasında optimal bir ayırıcı hiper düzlem oluşturmaktır. Eğer herhangi iki sınıf, sonsuz sayıda hiper düzlem tarafından ayrılabilir ise, (Şekil 4’te gösterildiği gibi) SVM, genelleme hatasını (yani, görünmeyen test desenleri için hata) en aza indiren hiper düzlemi belirlemeye çalışmaktadır (Pulat,2023).

2.4.3 Rastgele Orman (Random Forest)

Rastgele Orman algoritması, karar ağacı algoritmasının türlerinden biridir. Bu algoritmada girdi olarak verilen değerlerden çıktı elde edilirken ağaç yapısı temel alınarak yeni ağaçlar üretilir. Ayrıca algoritma ile kullanılacak veri seti parçalara bölünüp, her bir veri seti ile düğümler oluşturulur. Daha sonra düğümlerden çıkan ağaçlar için rastgele bir şekilde özellik seçimi uygulanır ve ağaçlar geliştirilmeye devam edilir. (Özlem ve Güngör,2012).

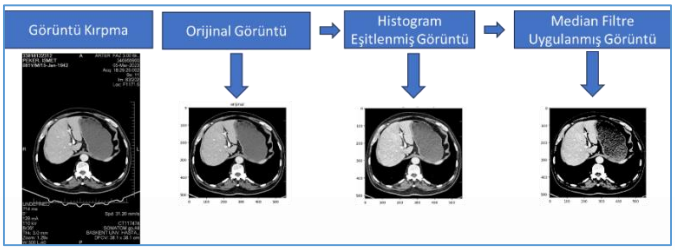
2.4.4 Yapay Sinir Ağı (Neural Network)

Yapay Sinir Ağı (YSA) , çalışma modeli olarak biyolojik sinir ağlarını simüle eden matematiksel bir modeldir. Her yapay sinir ağının temel yapı taşı yapay nöron, yani basit bir matematiksel modeldir YSA, insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde sınıflandırma, öğrenme, analiz, optimizasyon, genelleme, ilişkilendirme gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde YSA birçok problemin üstesinden gelmektedir (Demirci,2023)

3. Görüntü İşleme

Görüntü ön işleme, bir görüntü üzerinde belirli adımları kullanarak veriyi temizleme, dönüştürme veya hazırlama sürecidir. Gürültü azaltma, boyutlandırma, normalleştirme, kenar belirleme ve bölütleme gibi işlemler ile görüntü analiz veya işleme için daha iyi hale getirmeyi amaçlar. Resim-1'de çalışmada kullanılan görüntü işleme adımları görülmektedir (Şekil-3).

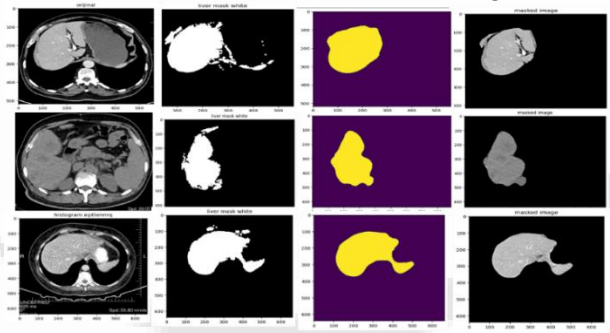
Şekil-3 Görüntü İşleme Adımları



3.1 OTSU Eşikleme

OTSU eşikleme yöntemi, görüntü eşiklemede ilk yöntemlerden biridir (Şekil-4). Ön plan ve arka plan piksellerinin sınıf içi varyanslarının ağırlıklı toplamları mininize edilerek, optimum eşik noktası bulunur. Başka bir deyişle ile optimum eşik noktasında, ön plan ve arka plan piksellerinin sınıf içi varyanslarının ağırlıklı toplamlarının minimum değerini almaktadır (Karhan,2011)

Şekil-4 OTSU Eşikleme ile Bölütlenen Karaciğer Görüntüleri



3.2 Öznitelik Çıkarma

Öznitelik, görüntünün sayısal verisinden çıkarılan ve verinin temsil ettiği formu karakterize edebilen kısımlarıdır. Görüntüdeki renk, doku, şekil, köşe noktası gibi veriler görüntüde kullanılabilen özniteliklerdir. Bunlar görüntünün referans noktalarıdır (Soysal,2016). Orange Data Mining programı içerisinde önceden eğitilmiş SqueezeNet derin öğrenme modeli kullanılmış ve bu model kullanılarak bir özellik matrisi elde edilmiştir. Bu işlem için SqueezeNet mimarisinin "GlobalAveragePooling" katmanı kullanılmış ve bu katmandan her görüntü için 1000 öznitelik elde edilmiş ve tamamı kullanılmıştır (Baygın,2022).

4. SINIFLANDIRMA

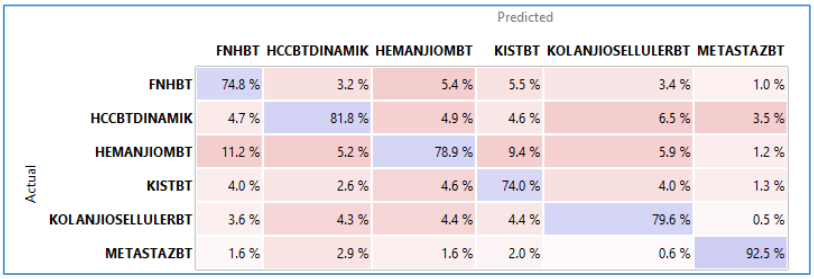
Sınıflandırmada Orange Data Mining programı kullanılarak Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, Rasgele Orman ve Yapay Sinir Ağı modelleri doğruluk, kesinlik, geri çağırma ve F1 puanı gibi performans ölçütleri kullanılarak karşılaştırıldı

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Çalışma sonucunda elde edilen karışıklık matrisler performans sonuçları ve ROC Eğrisi verileri aşağıda sunulmuştur.

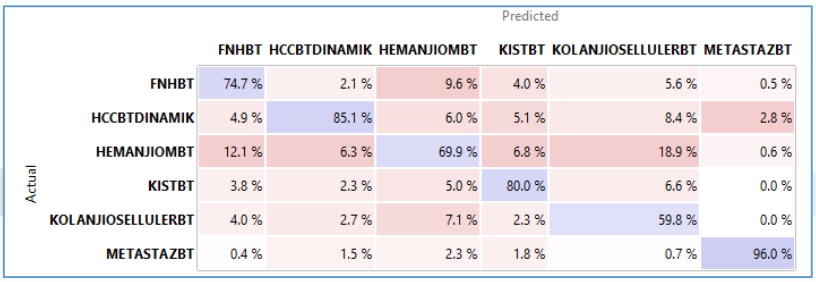
Tümör isimlerine göre makine öğrenmesi yöntemlerinin karışıklık matrisleri Şekil-(5-8)'de gösterilmiştir.

Şekil-5 Lojistik Regresyon (Logistic Regression) için karışıklık matrisi



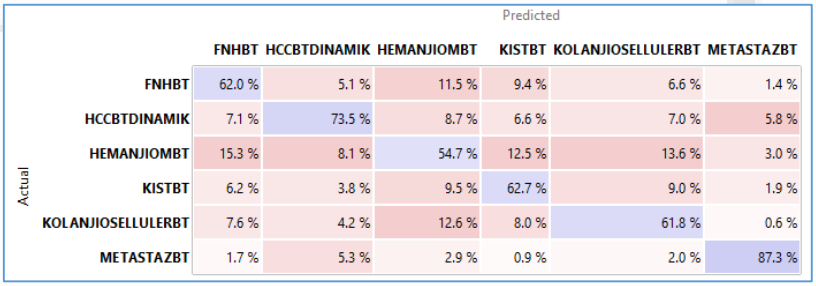
Actual \ Predicted	FNHBT	HCCBTDINAMIK	HEMANJIOMBT	KISTBT	KOLANJIOSELLULERBT	METASTAZBT
FNHBT	74.8 %	3.2 %	5.4 %	5.5 %	3.4 %	1.0 %
HCCBTDINAMIK	4.7 %	81.8 %	4.9 %	4.6 %	6.5 %	3.5 %
HEMANJIOMBT	11.2 %	5.2 %	78.9 %	9.4 %	5.9 %	1.2 %
KISTBT	4.0 %	2.6 %	4.6 %	74.0 %	4.0 %	1.3 %
KOLANJIOSELLULERBT	3.6 %	4.3 %	4.4 %	4.4 %	79.6 %	0.5 %
METASTAZBT	1.6 %	2.9 %	1.6 %	2.0 %	0.6 %	92.5 %

Şekil-6 Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine) karışıklık matrisi



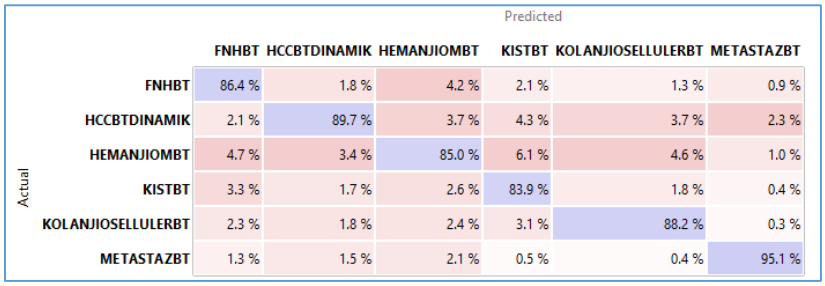
Actual \ Predicted	FNHBT	HCCBTDINAMIK	HEMANJIOMBT	KISTBT	KOLANJIOSELLULERBT	METASTAZBT
FNHBT	74.7 %	2.1 %	9.6 %	4.0 %	5.6 %	0.5 %
HCCBTDINAMIK	4.9 %	85.1 %	6.0 %	5.1 %	8.4 %	2.8 %
HEMANJIOMBT	12.1 %	6.3 %	69.9 %	6.8 %	18.9 %	0.6 %
KISTBT	3.8 %	2.3 %	5.0 %	80.0 %	6.6 %	0.0 %
KOLANJIOSELLULERBT	4.0 %	2.7 %	7.1 %	2.3 %	59.8 %	0.0 %
METASTAZBT	0.4 %	1.5 %	2.3 %	1.8 %	0.7 %	96.0 %

Şekil-7 Rasgele Orman (Random Forest) karışıklık matrisi



Actual \ Predicted	FNHBT	HCCBTDINAMIK	HEMANJIOMBT	KISTBT	KOLANJIOSELLULERBT	METASTAZBT
FNHBT	62.0 %	5.1 %	11.5 %	9.4 %	6.6 %	1.4 %
HCCBTDINAMIK	7.1 %	73.5 %	8.7 %	6.6 %	7.0 %	5.8 %
HEMANJIOMBT	15.3 %	8.1 %	54.7 %	12.5 %	13.6 %	3.0 %
KISTBT	6.2 %	3.8 %	9.5 %	62.7 %	9.0 %	1.9 %
KOLANJIOSELLULERBT	7.6 %	4.2 %	12.6 %	8.0 %	61.8 %	0.6 %
METASTAZBT	1.7 %	5.3 %	2.9 %	0.9 %	2.0 %	87.3 %

Şekil-8 Yapay Sinir Ağı (Neural Network) karışıklık matrisi



Actual \ Predicted	FNHBT	HCCBTDINAMIK	HEMANJIOMBT	KISTBT	KOLANJIOSELLULERBT	METASTAZBT
FNHBT	86.4 %	1.8 %	4.2 %	2.1 %	1.3 %	0.9 %
HCCBTDINAMIK	2.1 %	89.7 %	3.7 %	4.3 %	3.7 %	2.3 %
HEMANJIOMBT	4.7 %	3.4 %	85.0 %	6.1 %	4.6 %	1.0 %
KISTBT	3.3 %	1.7 %	2.6 %	83.9 %	1.8 %	0.4 %
KOLANJIOSELLULERBT	2.3 %	1.8 %	2.4 %	3.1 %	88.2 %	0.3 %
METASTAZBT	1.3 %	1.5 %	2.1 %	0.5 %	0.4 %	95.1 %

Tümör isimlerine göre makine öğrenmesi yöntemlerinin performans sonuçları Tablo-(3-8)'de gösterilmiştir.

Tablo-3 FNHB tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.962	0.745	0.748	0.742
SVM	0.948	0.707	0.747	0.672
Random Forest	0.864	0.506	0.566	0.458
Neural Network	0.983	0.854	0.864	0.844

Tablo-4 HCC tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.956	0.814	0.818	0.810
SVM	0.948	0.809	0.851	0.772
Random Forest	0.898	0.729	0.745	0.714
Neural Network	0.980	0.885	0.897	0.873

Tablo-5 HEMANJIOM tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.953	0.785	0.789	0.782
SVM	0.907	0.671	0.699	0.645
Random Forest	0.859	0.605	0.542	0.684
Neural Network	0.981	0.857	0.850	0.865

Tablo-6 KIST tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.957	0.742	0.740	0.743
SVM	0.950	0.747	0.800	0.701
Random Forest	0.881	0.573	0.661	0.505
Neural Network	0.987	0.844	0.839	0.850

Tablo-7 KOLANJIOSELLULER tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

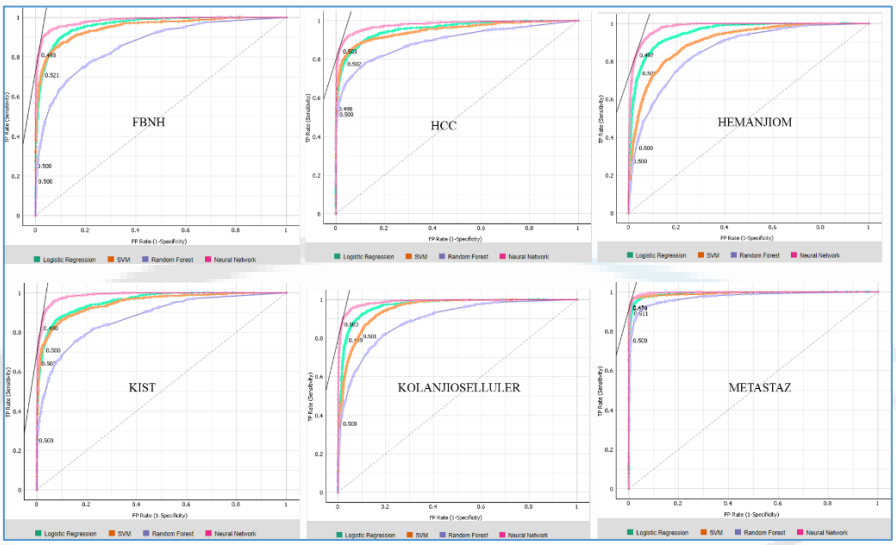
Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.968	0.810	0.796	0.825
SVM	0.952	0.699	0.598	0.841
Random Forest	0.891	0.614	0.608	0.620
Neural Network	0.987	0.893	0.882	0.905

Tablo-8 METASTAZ tümörü tahmini için makine öğrenmesi performans değerleri

Model	AUC	F1	Prec	Recall
Logistic Regression	0.992	0.922	0.925	0.918
SVM	0.992	0.949	0.960	0.939
Random Forest	0.970	0.862	0.863	0.861
Neural Network	0.996	0.947	0.951	0.943

Çalışmada değerlendirilen skorların ROC eğrileri Şekil-9'da sunulmuştur.

Şekil-9 ROC Eğrileri



6. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada; 3 iyi huylu (benign) ve 3 kötü huylu (malign) olmak üzere 6 farklı karaciğer tümörü için Bilgisayarlı Tomografi (BT) ham görüntülerinin işlenerek bölütlenmesi ile elde edilen hedef görüntülerin öznitelikleri çıkarılmış ve sınıflandırmada iyi huylu ve kötü huylu tümörler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Orange Data Mining programındaki makine öğrenmesi sınıflandırma modellerinin parametre değerleri düzenlenerek sonuçlar karşılaştırılabilir.

Çalışma sonucunda karışıklık matrisi, performans metrikleri ve ROC eğrisi verileri incelendiğinde ortalama olarak bütün tümör çeşitleri için sınıflandırmada en iyi tahmini Sinir Ağı (Neural Network) modeli yapmıştır. Görüntü işlemede gürültülerin azaltılması ve Karaciğer görüntülerinin otomatik olarak bölütlenmesinden kaynaklanan hataların en aza indirilmesi daha sağlıklı tahminler elde etmenin mümkün olacağı değerlendirilmektedir.

7. KAYNAKÇA

[1] Avcı, F. Derin Öğrenme Teknikleriyle Tomografi Görüntülerinde Karaciğer Bölütlemesi. Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

[2] Baygın, M. (2022). Vegetable and Fruit Image Classification with SqueezeNet based Deep Feature Generator. Turkish Journal of Science and Technology, 17(1), 121-134. https://doi.org/10.55525/tjst.1071338

[3] Behbudova, S. (2023). Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Kardiyovasküler Hastalıkların Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Cerrahpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü, İstanbul.

[4] Demirci, İ. (2023) Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Teknikleri İle Uçak Kanatlarında Kullanılan Karbon Elyaf/Bal Peteği Sandviç Kompozitlerde Düşük Hızlı Darbe Davranışları Üzerine Nano Grafenlerin Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[5] Dhahır, I.A.D. (2021).Automated Liver Tumor Segmentation And Classification Using AI And Fully Convolutional Neural Network (CNN.: Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Altınbaş Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[6] Ertorsun, A.D., Bağ, B., Uzar, G. ve Turanoğlu, M. A., 2009. ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi yöntemi ile tanı testlerinin performanslarının değerlendirilmesi, XIII. Öğrenci Sempozyumu 2009, Ankara. http://tip.baskent.edu.tr/kw/upload/464/dosyalar/cg/sempozyum/ogrsmpzsnm12/10.2.pdf

[7] Karhan, M. (2011) İmge İşleme Yöntemleri ile Kayısılarda Yaprak Delen Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti. Tekirdağ: Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[8] Kavur, A.E. (2020). Karaciğerde Başarımı ve Duyarlılığı Geliştirilmiş Bölütleme İçin Farklı Yöntemlerin Makina Öğrenmesi Tabanlı En İyilenmiş Füzyonu.: Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[9] Kişisel Verileri Koruma Kurumu(2017). "Kişisel Verilerin Silinmesi, Yok Edilmesi Veya Anonim Hale Getirilmesi Rehberi", https://www.kvkk.gov.tr/SharedFolderServer/CMSFiles/bc1cb353-ef85-4e58-bb99-3bba31258508.pdf, 14.12.2023

[10] KILIÇ, S. (2013). Klinik karar vermede ROC analizi. Journal of Mood Disorders, 3(3), 135-40. https://doi.org/10.5455/jmood.20130830051624

[11] Polat, B. (2021). Türkçe Ürün Yorumları Verisi ile Duygu Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[12] Pulat, M. (2021) Sınıflandırma Probleminde Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Performansını Artırmak İçin Hibrit Bir Yöntem Önerisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[13] Soysal, Ö.A. (2016) İçerik Tabanlı Görüntü Erişiminde Öznitelik Füzyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[14] Şahin, E. (2018) Makine Öğrenme Yöntemleri ve Kelime Kümesi Tekniği İle İstenmeyen E-Posta / E-Posta Sınıflaması. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Makale id= 73

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0002-9503-2659

Tat ve Koku Veren Bileşiklerden Geosmin ve 2-Mıb Gideriminde Kullanılan Proseslerin Değerlendirilmesi

Araştırmacı Önder Tanrıverdi[1]
[1] İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Özet: *İçme suyu, su kaynağından tüketici musluğuna ulaştırılana kadar birçok aşamadan geçmektedir. Suyun kalitesi; su kaynağındaki su kalitesine, arıtma tesisinde uygulanan proseslere ve su dağıtım şebekesinin durumuna bağlıdırç Arıtılmış suda istenmeyen tat ve koku, tüketicideki içilebilir su algısını etkilemekte ve tüketicinin musluk suyu tüketimi ile sağlık riskini ilişkilendirmesine sebep olabilmektedir. Bu durum, su temini tesislerine olan tüketici güveninin azalmasına yol açabilmektedir. Söz konusu sorunun çözümü için su otoritelerince sorunun kaynağı araştırılmakta, buna eş zamanlı olarak arıtma tesislerine kolay entegre olabilecek sistemler üzerine çalışılmaktadır. Bu bağlamda havzada sorunun kaynağının tespiti ve sonrasında alınacak önlemler büyük önem taşımaktadır. Ayrıca su arıtma tesislerinde tesisişletiminden kaynaklanan tat ve kokunun önüne geçilmeye çalışılmakta, bunun yanı sıra 10 ng/L konsantrasyonunaltında bile insanlar tarafından algılanabilen 2-MIB ve Geosmin bileşiklerinin oksidasyon, adsorpsiyon veya biyo filtrasyon gibi proseslerle giderimi incelenmektedir. Öte yandan, arıtılacak şebekeye verilen suda biyolojik aktiviteden veya dezenfeksiyon yan ürün oluşumundn kaynaklanan tat ve koku oluşumu da önlenmelidir. Bu çalışmada suyun havzadan musluğa yolculuğu boyunca suda oluşabilecek tat ve koku probleminin ve bu soruna yönelik çözüm yolları incelenmiş olup mevcut prosesler değerlendirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Tat ve Koku, İçme Suyu, Geosmin, 2-Mıb, Alg*

Evaluatıon Of Processes Used In The Removal Of Geosmın And 2-Mıb, Gıvıng Taste And Odour

Abstract: *Source water goes through several processes before reaching to the customer's tap. Quality of water which flows through the tap is directly related to the water quality in the reservoir, processes used in the drinking water treatment plant and the condition of the present distribution system. Taste and odor in the treated water affects the perception of the drinking water for the customers and causes them to relate it with health risks. This results with a decline in consumer reliance to the water supply system. Water authorities are not only searching for the cause of the problem, but also trying to find a solution which can be integrated to the existing Water Treatment Plant system. In this context, problems related with watershed should be determined and precautions should be taken based on these issues. In WTP's, taste and odor problem caused by wrong plant operations should be avoided while treatment processes such as oxidation, adsorption and biofiltration processes should be tested for the removal of 2-MIB and Geosmin which can be percieved by the humanbeings even at 10 ng/L. Also, taste and oodor occurance in treated water caused by biological activity or DBP's in distribution systems should be avoided. In this study, potential causes of taste and odor occurance during the travel of water from reservoir to consumer's tap is stated along with the solutions*

Keywords: *Taste and odor, Drinking water, Geosmin, 2-MIB, Algae*

1.GİRİŞ

İçme sularında genel olarak tat ve koku problemi, tasfiye edilerek tüketiciye ulaştırılmasına rağmen suyun güvenilirliğini azaltarak tüketimde isteksizliğe neden olmaktadır. Güvenilirliğin arttırılması

amacıyla su arıtım merkezlerince tat ve kokunun kaynakları araştırılmakta, buna bağlı olarak giderim yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır.

Su kaynağından tüketici tarafına gelene dek içme suyunda tat ve kokuya neden olabilecek üç temel merkez bulunmaktadır:

(1) Rezervuar

(2) Su Arıtma Tesisi

(3) dağıtım şebekesi.

Rezervuar kaynaklı problemler, geri havza önlemleriyle giderilmeye çalışılırken, Su Arıtma Tesisi ve şebekede oluşan tat ve koku problemi, problemin neden olduğu kaynak araştırılarak ve bazı sınırlamalar getirilerek çözüme ulaşmaya çalışılmaktadır. Oluşan bu tat ve koku, bazı biyolojik ve/veya antropojenik kaynaklar sebebiyle görülmektedir.

Biyolojik kaynaklar olan alg ve aktinomisetler, 2- MIB ve geosmin gibi suya topraksı ve küflü bir tat veren birkaç bileşikler neden olurken, antropojenik birkaç organik ve inorganik bileşikler suya istenmeyen keskin ve çürük kokulara neden olmaktadır. Su Arıtma Tesisleri'nde tat ve kokunun uygun proses veya prosesler kullanılarak giderilebilmesi için birçok ülke de çeşitli bilimsel araştırma ve deneysel çalışmalar yoğun şekilde konu üzerinde çalışmakta.

Arıtma tesislerde tat ve kokunun giderim yönteminde aktif karbon adsorpsiyonu, ileri oksidasyon prosesleri ve biyolojik arıtma yöntemleri ile ilgili çeşitli giderim çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışma anlamında, güncel çalışmaların incelenerek mevcut İçme Suyu Arıtma Tesisi sistemlerine uygun hale getirilerek entegre edilebilirliğinin kapsamlı bir şekilde araştırılması ve yoğun olarak laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi önemle görünmektedir.

İçme suyu arıtımında ileri oksidasyon proseslerinin başında gelen ozon oksidasyonu ve ozon temelli diğer uygun proseslerin tat ve koku gideriminde etkinliği birçok güncel uluslarası çalışmanın konusu olup, büyük öneme sahiptir.

1.1 İçme suyu sistemlerinde tat ve kokunun kaynakları

İçme suyu parametre standartlarını aşması halinde suların arıtılması gerekmektedir. Suyun sadece sağlık açısından uygun olması değil aynı zamanda tat ve görüntü gibi estetik açıdan da uygun olması gerekmektedir. Estetik açıdan önemli parametreler renk, bulanıklık, tat ve koku sorunu gibi parametrelerdir.

Su kaynağından tüketici tarafına gelene dek içme suyunda tat ve kokuya neden olabilecek üç temel merkez bulunmaktadır:

(1) Rezervuar

(2) Su arıtma tesisi

(3) Dağıtım şebekesi.

Rezervuar kaynaklı:

Su havzalarını kirleten kaynaklar, noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklardır. Bu kirlilik neticesinde su kaynağında ötrofikasyon meydana gelmekte ve çeşitli algal metabolitler suya istenmeyen tat ve koku vermektedir.

Rezervuar kaynaklı oluşan tat ve koku sorunları genellikle bazı biyolojik veya antropojenik kaynaklar sebep olmaktadır.

Biyolojik kaynaklar:

Rezervuarlarda biriktirilen yüzeysel su kaynaklarında, bazı biyolojik kaynak olan aktinomisetler ve algler gibi sebeplerden ötürü sıklıkla tat ve koku problemi yaşanmaktadır. Bu kaynaklar ile birlikte tat ve kokuya protozoa, mantar ve diğer sucul mikrobiyotanın da sebep olduğu bilinmektedir. Bu tür tat ve koku; "balıksı", "topraksı", "odunsu", "küflü", "somon", "gübre" ve "sardunya" gibi tanımlanmaktadır.

En sık bildirilen ve tespit edilen topraksı-odunsu-küflü tat ve kokuların, belirli mavi-yeşil algler ile aktinomisetler ve bazı mantardan kaynaklandığı bilinmektedir (Faust & Osman, 1998)

Daha önceki araştırmalarda tat ve koku ile ilgili olarak mikrobiyal açıdan incemeler yapılmışken, daha sonraları tat ve kokuya neden ve sorumlu olan bileşikleri belirleme/kontrol etme çalışmaları da yürütülmüştür. Bu çalışmalar, Geosmin ve 2-MIB gibi bileşiklerin aktinomiset kültürlerinden keşfini sağlamıştır. 1970 yılı sonrası ise tat ve koku çalışmaları aktinomisetlerden mavi-yeşil alglere kaymıştır (Faust & Osman, 1998).

Antropojenik kaynaklar:

İçme sularındaki tat ve kokular, tek veya çeşitli maddelerin bir araya gelişi ve etkisiyle meydana gelebilmektedir. Bu maddeler farklı kaynaklardan oluşmaktadır ayrıca çoğunlukla endüstriyel üretim proseslerinin atık su deşarjlarından kaynaklanmaktadır. Çok sayıda organik kimyasalın (saf bileşikler) KEK (koku eşik konsantrasyonu) değerleri laboratuvar çalışmalarıyla tespit edilmiştir. Bu kimyasallar endüstride yaygın kullanımları göz önüne alınarak seçilmiştir ve atık suda bulunması muhtemel bileşiklerdir (Faust & Osman, 1998).

En yaygın ölçüm sistemi olan toplam koku numarası (TON), seyreltim sonrası kokunun kalıcılığını esas alan bir yöntemdir. Diğer yöntemler; tat profil analizi (flavor profile analysis) ve mikrokirleticilerin kimyasal konsantrasyonların analitik ölçümüdür. Konu hakkında yönetmelik sayısı kısıtlı olup, Amerikan Çevre Koruma Ajansı (USEPA)'nın belirlediği ikincil maksimum konsantrasyon limiti, TON için 3'tür. Tat ve koku açısından birincil bağlayıcı faktörün tüketicinin kendi algısı olduğu belirtilmektedir (United States Environmetal Protection Agenncy., 2018) .

1.2 Arıtma İşlemlerinden Kaynaklanan Tat ve Koku Problemi

Ham su kaynaklarındaki kirleticiler, su arıtma tesislerinde uygulanan koagülasyon, adsorpsiyon veya oksidasyon prosesleriyle yapısal olarak modifiye edilmekte veya giderilmektedir. Bu bağlamda tat ve kokuyu etkileyen en önemli arıtma kademesi; klorlama ve ozonlama gibi oksidatif prosesi olan klorlama ve ozonlama prosesleri, tat ve kokuyu etkileyen en önemli arıtma kademesidir. Klorlama ve ozonlama prosesleri neticesinde en yaygın tat ve koku bileşiklerinden olan dezenfeksiyon yan ürünü oluşmaktadır.

Tüketicilerin birçoğu, tasfiye edilmiş içme suyunda tat ve kokuya yol açan bileşiklerin klor dezenfektanları olduğu savunulmaktadır. Yapılan birçok araştırmalarda da klor, brom ve iyot için tat ve koku eşik değeri bulunmuş, bakiye klor için koku eşik değerlerinin önemli ölçüde pH'a göre değiştiği belirlenmiştir (Faust & Osman, 1998). pH=5.0'da bakiye klor eşik değeri 0.075 mg/L iken pH=7.0'de eşik değerinin 0.156 mg/L ve pH=9.0'da ise 0.450 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada, hipokloröz asit ve hipoklorit iyonunun da benzer klorlu tat ve kokuya neden olduğu belirtilmiştir. Monokloramin çözeltileri klora benzer tat ve koku verirken, dikloraminin tat ve kokusunun, yüzme havuzu kokusuna benzer (klor veya çamaşır suyu gibi) olduğu belirtilmiştir (Faust & Osman, 1998). Klordioksit (ClO2) geçmişte koku kontrolü, dezenfeksiyon, çözünebilir metallerin oksidasyonu ve TriHaloMetan (THM) oluşumunun azaltımı gibi sorunların çözümü için kullanılmıştır. Son yıllarda su dağıtım şebekelerindeki kokular bu oksidanın varlığıyla da ilişkilendirilmiştir (American Water Works Association, 2002).

Klorofenoller arıtılmış içme sularının çıkış kaynaklarında yapılan çeşitli deneyler ile tespit edilen dezenfeksiyonun ilk yan ürünlerinden olup ayrıca klor ve fenolün reaksiyonundan oluşur. Yerleşim yerlerinde kullanılan içme sularında ve tüketiciye ulaşmış olması durumunda "iyot" veya "tıbbi" tat ve koku olduğu tespit edilmiş ve bir çok deneyler yapılmıştır. Klorofenoller oldukça düşük KEK değerleri olup, fenol (C_6H_5OH) KEK değeri (5.9 mg/L) yüksektir.

Arıtılmış bir su kütlesi, arıtma tesisinde kabul edilebilir tat ve koku konsantrasyonlarıyla çıkış noktasına ulaşsa bile su eser konsantrasyonda (<1 mg/L)) fenol içermekte ise su dağıtım sisteminde (şebekede) klorofenollü bileşikler oluşabilir. 2,4-DCP (diklorofenol), 2,6-DCP ve 2-CP (klorofenol) bileşiklerinin en yüksek tat ve kokuya sahip olduğu bilinmektedir (Faust & Osman, 1998).

1.3 Su Dağıtım Şebekelerinde Tat ve Koku Sorunu

Kullanıcıya sağlanan içme suyunun, kullanılabilir kalitede olmalı ve arıtma tesisinden kullanıcıya ulaşılıncaya kadar su kalitesini kabul edilebilir seviyede koruması gerekmektedir. Dağıtım şebekesinde

meydana gelen su kalitisinin verimini düşüren bozulmalar suyun organoleptik karakteristiğini bozarak genel olarak tüketicilerin olumsuz etkilenerek tat ve koku şikayeti oluşmaktadır.

Rezervuar veya arıtma tesisinde herhangi bir tat ve koku oluşumu gözlenmese dahi, dağıtım şebekesinde tat ve koku problemi meydana gelebilmektedir. Burlingame'nin 1995 yılında yapmış olduğu bir çalışmasında, dağıtım sistemlerinde yaşanan tat ve koku sorunu hakkında en kapsamlı bilgiler içermektedir (Burlingame & Anselme, 1995)

AWWA tarafından, şebekede tat ve kokunun oluşumunda rol oynayan anahtar parametrelerin tanımlanması, kimyasal ve mikrobiyolojik etkenlerin belirlenmesi, özgül su kalite sorunlarına potansiyel çözümler getirilmesi ve su tesislerinin bu problemleri çözebilmesi veya önleyebilmesi için bir rehber hazırlanmıştır (American Water Works Association, 2002). Söz konusu yapılan çalışmada tat ve kokuya yol açan etkenler (1) biyolojik aktivite (2) dezenfektanlar, (3)dezenfeksiyon yan ürünleri ve sürekli reaksiyonları, (4) dağıtım şebekesinde ise malzemelerin (boru, vana vb.) neden olması (5) salım ve farklı özellikteki suların şebekeye karıştırılması gibi faktörler koku ve tat konusunda olumsuz nedeler olarak sıralanmıştır. Dağıtım şebekelerinde oluşan tat ve koku hakkındaki bir diğer çalışmada ise içme sularındaki mikroorganizmaların, tüketiciye ulaştırılan sudaki tat ve kokuya büyük oranda sebep olduğu belirtilmiştir. İçme suyu dağıtım sistemlerinin dezenfektan varlığında dahi biyofilmlere ve içerdikleri mikroorganizmalara ev sahipliği yaptığı ifade edilmiştir. Bu mikroorganizmalar tat ve kokuya sebebiyet veren bakteri, fungi ve algler olup, suya kazandırdıkları tat ve koku bileşikleri (Geosmin ve 2-MIB gibi) dolayısıyla kullanıcıya iletilen suyun organoleptik kalitesi üzerinde istenmeyen etkilere sebep olmaktadır (Zhou, 2017).

Biyolojik Aktive

Biyofilmler tat ve koku bileşiklerinin kaynağı olarak gösterilebilmektedir. Su kaynaklarındaki mikroorganizmalar tarafından üretilen tat ve koku birçok çalışmanın konusu olsa da, bu çalışmaların birçoğu boru hatları yerine göller rezervuarlar ve yeraltı suları gibi doğal sulardaki bakteri ve algler ile ilgilenmiştir. Bir başka çalışmaya göre, istenmeyen tat bileşiklerinin oluşumuna sebep olan dağıtım şebekelerindeki mikrobiyal aktivite, tat ve koku sorununun %40'ını oluşturmaktadır (Zhang, Xu, Qi, & Kumirska, 2016).

Dezenfektanlar

Arıtılmış suyun koku ve tat sorununun en temel sebebi klordur. ABD Güvenli İçme Suyu Yasası halka su sağlayan kaynakların bakiye klor seviyesinin 0,2-4,0 mg/L arasında olmasını zorunlu kılmaktadır. Fransa ve İngiltere gibi bazı ülkelerde ise klorlu tat sakıncalı görülmekte ve şebekede klor bakiyesini azaltmak için önlemler alınması gerektiğini vurgulanmaktadır.

Klor tadı, Cl_2 cinsinden klor için 0,07 mg/L ve kloramin için 0,55 mg/L'nin altındaki konsantrasyonlarda fark edilemez hale gelerek yerini küflü-topraksı tada bırakmaktadır. Yapılan birçok araştırmada klorlu tatlar Cl_2 cinsinden klor için 0,05 mg/L üst limitine kadar algılanabilmekte ve küflü-topraksı tatlar Cl_2 cinsinden klor için 0,1 mg/L'nin altındaki konsantrasyonlarda ortaya çıkmaktadır. Arıtılmış ve arıtılmamış (ham) su, arıtma sonrası çeşitli bekleme sürelerinde karşılaştırıldığında, kokuların maskeleme etkisinin (aslen ham suda bulunan veya ozonlama sırasında oluşan) klor veya kloramin varlığında gerçekleştiği görülmüştür. Kloraminler şebekede bakiye dezenfektan olarak kullanıldığında, çoğu kez suda serbest amonyak kalıntısı bulunmaktadır.

Dezenfektan kalıntısı varlığında dağıtım şebekesinde DBP oluşumunun devam etmesi muhtemeldir. Söz konusu çalışma sırasında çok sayıda DBP'ye ait koku karakteristiği belirlenmiştir. İyotlu trihalometanlar (ITHM'ler), molekül yapısında ne kadar fazla iyot atomu barındırıyorsa o kadar ayırt edici hale gelen tıbbi koku karakteristiği sergilemektedir. ITHM'ler dağıtım şebekesinde yavaş bir şekilde oluşmaktadır. Yapılan birçok çalışmlarda ITHM oluşumunda kloraminleme sırasında klor:azot oranının önemli bir faktör olduğu gözlenmiştir. Bu bileşiklerin, düşük bakiye durumunda (örneğin Cl_2 cinsinden 0,5 mg/L monokloramin) 5:1 klor:azot oranı kullanıldığında daha yüksek konsantrasyonda oluştuğu görülmüştür. Yüksek bakiye durumunda ise (örneğin Cl_2 cinsinden 4 mg/L monokloramin) 3:1 klor:azot oranı kullanıldığında yüksek konsantrasyonda ITHM oluşmaktadır. Daha uzun bekleme sürelerinde dikloroiyodometan ve bromo-kloro-iyodometan konsantrasyonlarında artış gözlenmektedir

Su dağıtım şebekesinde potansiyel tat ve kokunun çok sayıda nedeni tanımlanmıştır. Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

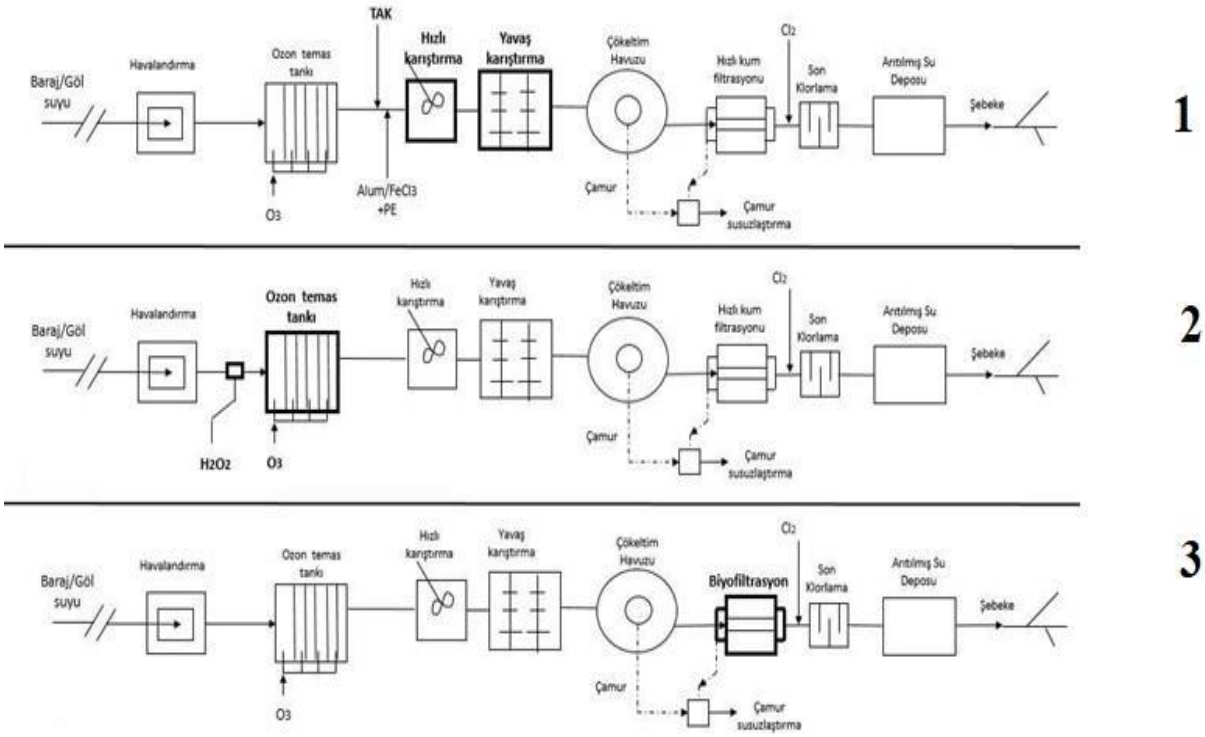
- Boruların veya rezervuarların yer değiştirmesi, onarımı veya kaplanması
- Çok yüksek veya çok düşük bakiye dezenfektan konsantrasyonu
- Sudaki veya içme suyu ile temas eden yüzeylerdeki biyolojik aktivite
- Su kalitesindeki değişiklikler
- DBP oluşumu ve sürekli reaksiyonlar
- Karışım faktörleri

Su dağıtım elamanlarından olan boruların iç çeperlerinde zamana bağlı olarak oluşabilecek biyofilm tabakasının neden olacağı ve boru malzemesinde meydana gelecek korozyon ile oluşabilecek biyojenik tatlar, boru yüzeyindeki dirençli biyofilm tabakası sebebiyle kolaylıkla kontrol edilememektedir. İsale/dağıtım hattındaki ölü uçlar ve noktalar, suyun sirküler olamaması ve düzensiz tahliye olması nedeniyle, şebekede biyolojik aktivite meydana gelmektedir (Faust & Osman, 1998). Önemli büyüme faktörlerinden biri olan besi maddesi, aktinomisetler tarafından boruların iç çeperinde biriken organik maddeden sağlanarak, bunun neticesinde tat ve koku sorunu meydana gelmektedir. Aktinomisetler, su dağıtım şebekelerindeki tat ve koku oluşumunda göz ardı edilebilen kaynaklardan biridir. Aktinomisetlere borulardaki durgun alanlarda sıklıkla rastlanılmıştır. (Zacheus, 2001).Aktinomistlerin spor oluşturabilme özelliklerinden dolayı diğer bakterilere göre dezenfektanlara daha dirençli oldukları tespit edilmiştir (Weyland, 1969). Birkaç aktinomiset türünün yapılan araştırmlarda kokuya sebep olan bileşikleri ürettiği kanıtlanmıştır. (Zaitlin & Watson, 2006).

1.4 Su Arıtma Tesislerinde Tat ve Koku Giderimi

Tat ve koku problemlerinin kontrol altında tutulmasının en temel stratejik adımlarından biri problem fazla büyümeden ve tüketicilere yansımadan sorunun kaynağının ne olduğunu tespit ederek gerekli müdahale adımının yapılmasıdır. Tat ve kokuya hassas tüketiciler Geosmin ve 2-MIB gibi maddelerin var olmasıyla birlikte bu ürünlerin çok düşük konsantrasyonlarında bile (~5 ng/L) rahatsızlık hissedilebilir. Su rezervlerinde tat ve koku meydana getiren siyanobakterilerin yoğunluk ve görülme sıklığının artışı, giderek büyüyen bir sorundur. Sıcaklık artışı sorunun en büyük etkenlerinden olup bu durum iklim değişikliğinin etkileri ve tarımsal besi maddesinin yükü gibi insan aktiviteleri alg patlamasına neden olarak geosmin ve 2-mib faktörünü arttırmaktadır. (Skievrak & ., 2005)

Arıtma tesislerinde yer alan koagülasyon, çökeltme ve klorlama gibi arıtma prosesleri 2-MIB ve Geosmin bileşiklerinin gideriminde etkili değilken, toz aktif karbon, ozonlama, biyofiltrasyon gibi proseslerin başarılı olduğu birçok çalışmalarla gösterilmiştir (Cook, Newcombe, & Sztajnbok, 2001)-(Srinivasan & Sorial, 2011). Çeşitli akım şemaları, (1) Toz aktif karbon, (2) Perokson ve (3) Biyofiltrasyon prosesleri için Şekil 3'de verilmiştir.

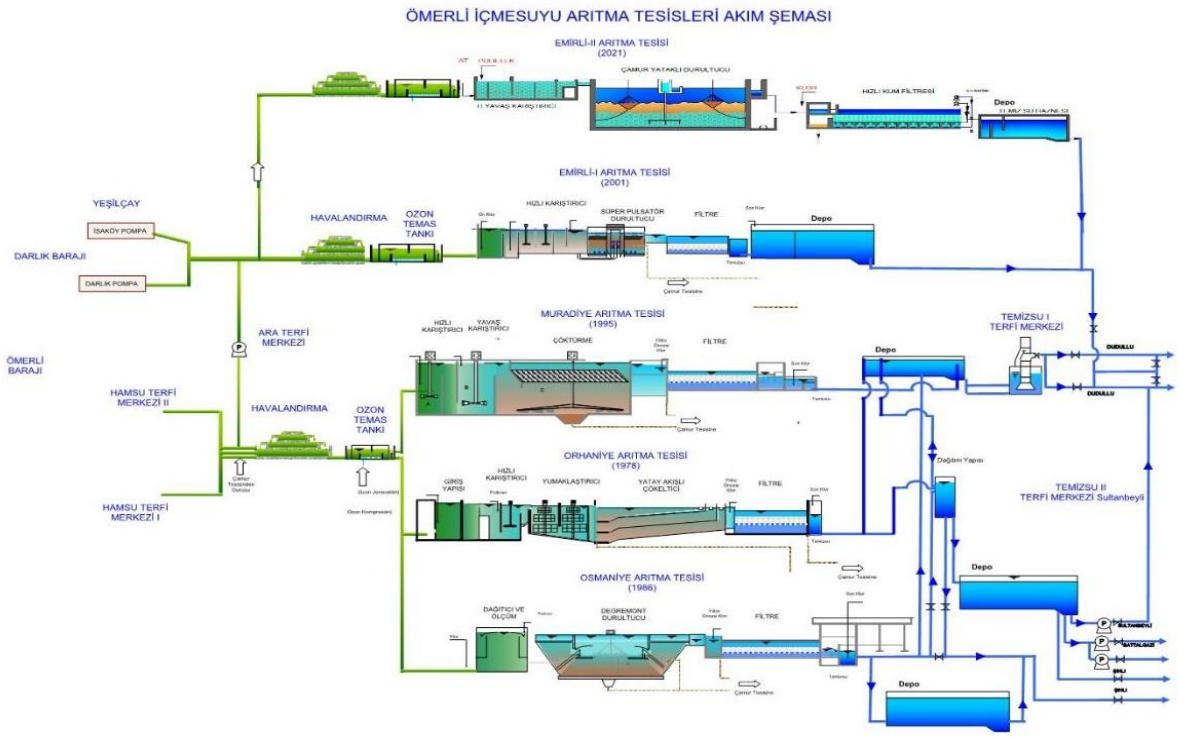


Şekil 1. Tat ve koku bileşiklerinin giderimi için arıtma proseslerine ait örnek akım şemaları ((1)Toz aktif karbon, (2) Perokson, (3) Biyofiltrasyon).

2. MATERYAL VE METOT

Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesisinin ham su kaynakları, Ömerli ve Darlık Barajı ile Sungurlu-İsaköy Regülatörü, Melen-Yeşilçay hattıdır. Günlük 18.500.000 m3 kasapasitesiyle İstanbul'un mevcut en büyük tesisi olan Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesisleri; Anadaolu Yakası'nda Beykoz ilçe bölgesi'nin bir kısmını ayrıca Anadolu Yakası'ndaki diğer tüm ilçelerin ile Avrupa Yakası'nda Fatih ve Bakırköy ilçelerinin bir kısmını, Beşiktaş ve Sarıyer ilçelerinin sahil kısmını ve Zeytinburnu ilçesinin su ihtiyacını karşılamaktadır. Ömerli İçmesuyu Arıtma Tesisi'ne ait akım şeması Şekil 2'de ve arıtma tesisinin üniteleri de Tablo 1 'de gösterilmiştir.

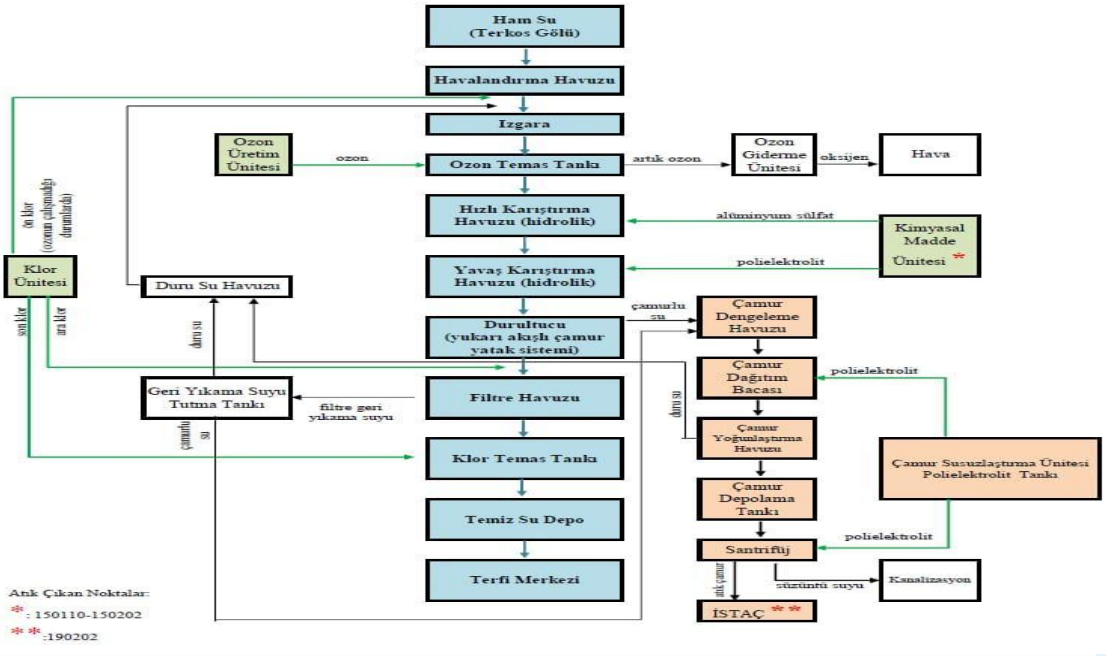
2005 yılında hizmete alınmıştır. Günlük 100.000 m^3 arıtma kapasitesi bulunmaktadır. Su kaynağı olarak Terkos Gölünü kullanmaktadır. Arnavutköy İlçesine Hizmet vermektedir. İçme Suyu Arıtma Tesisinin ham su kaynağı, Sazlıdere Barajı'dır. Taşoluk İçme Suyu Arıtma tesisinin akım şeması ve üniteleri de sırasıyla Şekil 3 ve Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil.2. Ömerli İçmesuyu Arıtma Tesisi Akım Şeması.

Tablo.1. Ömerli İçmesuyu Arıtma Tesisinin Üniteleri.

1-Temiz Su Terfi Merkezi (Havza içi)	11-Çamur Terfi İstasyonu	**22-Kimya Binası**
2-Trafo merkezi	12-Ambar	23-Enerji Besleme Merkezi-III
3-Temiz Su Terfi Merkezi	**13-Çamur Susuzlaştırma Tesis**	**24-Klor Binası**
4-Osmaniye Arıtma Tesisi	14-Muradiye Arıtma Tesisi	**25-Hızlı Karıştırma Ünitesi**
5-Enerji Besleme Merkezi- I	**15-Ozon Ünitesi**	26-Çamur Besleme Ünitesi
6-Temiz Su Depoları	**16-Havalandırma Ünitesi**	27-Çamur işleme Ünitesi
7-Su Dağıtma Yapısı	17-Hamsu Ara Terfi Merkezi	28-Hamsu Terfi Merkezi (Eski)
8-Saturasyon Tankı	18-Enerji Besleme Merkezi- II	29-Hamsu Terfi Merkezi-Su Alma Yapısı (Yeni)
9-Kimyasal Maddeler	19-Emirli Tesisi Filtreler	**30- Yavaş Karıştırma Ünitesi**
9-Orhaniye Arıtma Tesisi	20-Isı Santralı	**31-Çöktürme Havuzları**
10-Jeneratör Binası	21-İdari Bina	



Şekil 3. Taşoluk Artıma Tesisinin Akım Şeması.

Tablo 2. Taşoluk Arıtma Tesisinin Üniteleri.

Havalandırma Yapısı	Terfi Merkezi	Klor Binası
İnce Izgara Yapısı	Geri Yıkama Suyu Tutma Tankı	Bekçi Kulubesi
Ön Ozon Temas Tankı	Ön Ozon Jenaratör Binası	Klor Binası
Durultucular	Çamur Dengeleme Tankı	İdari Bina
Filtreler	Çamur Dağıtma Yapısı	Atölye Binası
Klor Temas Tankı	Çamur Yoğunlaştırma Tankı	Trafo Binası
Su Deposu	Çamur Susuzlaştırma Binası	Jenaratör Binası

İçme sularında tat ve koku şikayetine sebep olan Cyanobakter (siyanobakteri) grubu mavi-yeşil alglerin ürettiği Geosmin ve Methylisoborneol (MIB) bileşiklerinin konsantrasyonları; Stirbar Sorptive Extraction (Karıştırıcı Sorptif Ekstraksiyon) (SBSE) yöntemi ile Gaz Kromatografisi Kütle Dedektörü (Gas Chromatography-Triple Quadrupole (GC-MS/MS)) ile analiz edilmiştir. (Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 6040B , 2013 Edition)

Geosmin ve/veya 2-MIB giderim verimi aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır;

$Giderim\ Verimi$ (%) = x100

Co: Geosmin ve/veya 2-MIB giriş konsantrasyonu, ng/L

Ct: Geosmin ve/veya 2-MIB herhangi bir anındaki konsantrasyonu, ng/L

3. BULGULAR ve SONUÇ

Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesisi ve Taşoluk İçme Suyu Arıtma Tesisleri'nde yapılan deneysel çalışmalar ile elde edilmiş olan Geosmin ve 2-MIB bileşiklerinin ortalama değerleri aylara bağlı olarak sırasıyla Tablo 3 ve 4'de verilmiştir.

Tablo 3. Ömerli ve Taşoluk İçmesuyu Arıtma Tesislerinin aylara bağlı Geosmin konsantrasyon ortalama değerleri

AYLAR	ÖMERLİ İÇMESUYU ARITMA TESİSİ (ng/L)	TAŞOLUK İÇMESUYU ARITMA TESİSİ (ng/L)
Ocak	7,88	3,35
Şubat	9,88	2,30
Mart	12,65	2,06
Nisan	9,35	1,14
Mayıs	9,42	1,96
Haziran	6,24	2,83
Temmuz	2,9625	1,46

Tablo 3. Ömerli ve Taşoluk İçmesuyu Arıtma Tesislerinin aylara bağlı 2-MIB bileşiğinin konsantrasyonunun ortalama değerleri

AYLAR	ÖMERLİ İÇMESUYU ARITMA TESİSİ (ng/L)	TAŞOLUK İÇMESUYU ARITMA TESİSİ (ng/L)
Ocak	3,39	2,50
Şubat	1,67	2,30
Mart	1,83	0,98
Nisan	1,53	0,78
Mayıs	0,93	0,93
Haziran	1,56	0,86
Temmuz	3,13	0,72

2-MIB ve Geosmin için koku algı limiti 9 ile 13 ng/L arasındadır, dolayısıyla bu konsantrasyonların altında kalması gerekmektedir. Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesisi ile Taşoluk İçme Suyu Arıtma Tesisleri'nde elde edilen 2-MIB konsantrasyon değerleri dikkate alındığında koku algı limitinin altında olduğu belirlenirken, Geosmin konsantrasyonu Ömerli İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde Şubat, Mart, Nisan ve Mayıs aylarındaki örneklemelerde yüksek bulunmuştur. Yine de Geosmin için belirlenen koku algı limitinin altındadır. Belirlenen aylarda alınan örneklemeler sonucunda tat ve koku açısından Geosmin ve 2-MIB bileşiğinin bir probleme neden olmayacağı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma ''Ömerli ve Taşoluk İçme Suyu Arıtma Tesislerinde Tat ve Koku Veren Bileşiklerin Giderim Performanslarının Değerlendirilmesi'' adlı Yüksek Lisans Tezi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmanın gerçekleştirilmesinde İSKİ Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

American Water Works Association. (2002). *Distribution Generated Taste and Odor Phenomena.* Colorado,USA.: AWWA Research Foundation.

Burlingame, G., & Anselme, C. (1995). *"Distribution system Tastes and Odors". Advances in Tasre-and-Odor-Treatment and Control.* Colorado, USA: AWWA Reasearch Foundation and Lyonnaise des Eaux.

Cook, D., Newcombe, G., & Sztajnbok, P. (2001). The application of powdered activated carbon for mib and geosmin removal: predicting PAC does in four raw waters. *Water Research, 35(5)*, 1325-1333.

Faust, S., & Osman, M. (1998). *Chemistry of Water Treatment.* New York, USA: Lewis Publishers.

H.A. (2010). Sorption Based Sample Preparation for Chromatography,. Baltussen.

Skievrak, I., & . (2005). Volatile organic compounds in natural biofilm in polyethylene pipes supplied with lake water and treated water from the distribution network. *Water Research, 39(17)*, 433-4141.

Srinivasan, R., & Sorial, G. (2011). Treatment of taste and odor causing compounds 2-methylisoborneol and geosmin in drinking water: A critical review. *Journal of Environmental Sciences, 1-13*, 23(1).

Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 6040B . (2013 Edition).

United States Environmetal Protection Agenncy. (2018, 03 02). *Secondary Drinking Water Standards: Guidance for Nuisance Chemicals.* https://www.epa.gov/sdwa/secondary-drinking-water-standards-guidance-nuisance-chemicals adresinden alındı

Weyland, H. (1969). *Actinomycetales in North Sea and Atlantic Ocean sediments.* London, England.: Nature.

Zacheus, O. (2001). "Soft deposits, the key site for microbial growth in driking water distribution networks". *Water Research, 35(7)*, 1757-1765.

Zaitlin, B., & Watson, S. (2006). Actinomycetes in relation to taste and odour in drinking water: myths, tenets and truths. *Water Research , 40(9)*, 1741-1753.

Zhang, N., Xu, B., Qi, F., & Kumirska, J. (2016). The occurrence of haloanisoles as an emerging odorant in municipal tap water of tyical cities in China. *Water Research, 98*(1), 242-249.

Zhou, X. (2017). An ignored and potential source of taste and odor (T&O) issues-biofilms in drinking water distribution system (DWDS). *Applied Microbiology and Biotechnolology., 101*(9), 3537-3550.

Makale id= 75

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Dronlar İçin Süper Çekirdekli Manyetik Malzeme Tabanlı Fırçasız Dc Motor Tasarımı

Araştırmacı Duygu Bilge Karaoğlu[1] , Doç.Dr. Muhammet Garip[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Duygu Bilge Karaoğlu

Özet: *Son yıllarda havacılık alanına dair araştırmalar ve uygulamalar artmaktadır. Nakliye ve tarım başta olmak üzere dronların pek çok kullanım alanı bulunmaktadır Farklı kullanım alanlarında dronlar için uygun motorun seçilmesi ve tasarımının gerçekleştirilmesi kritiktir. Boyut ve ağırlık, dron motor tasarımında yüksek verimlilik elde edilmek istendiğinde önemli parametrelerdendir. Bu gibi parametrelerin dronların havada kalış süresi üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu çalışmada dron uygulamaları için yüksek güç yoğunluklu dıştan rotorlu fırçasız doğru akım motoru (BLDC) tasarlanmıştır. Yüksek moment elde edebilmek amacıyla dıştan rotorlu fırçasız doğru akım motoru seçilmiştir Malzeme olarak yeni nesil malzeme çeşitlerinden olan süper çekirdekli manyetik malzeme JNEX900 tercih edilmiştir. Tasarım parametresi olarak 14/12 kutup oluk kombinasyonu belirlenmiştir. Motor uzunluğu olarak 21 mm'lik bir uzunluk tercih edilmiştir. 414 W çıkış gücü ve 3500 rpm dönüş hızına sahip makine konfigürasyonu ANSYS Maxwell simülasyon ortamında doğrulanmıştır. Çalışma sonucunda 1.1 Nm moment değerine sahip yaklaşık %92 verimlilikte fırçasız doğru akım motoru tasarımı elde edilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Süper Çekirdekli Manyetik Malzeme, Bldc, Drone Tasarımı, Ansys Maxwell*

Super Core Magnetic Material Based Brushless Dc Motor Design for Drones

Abstract: *In recent years, research and applications in the field of aviation have been increasing. Drones have many areas of usage, especially in transportation and agriculture. It is critical to design the appropriate motor for drones in different areas of usage. Size and weight are significant parameters when high efficiency is to be achieved in motor design. Such parameters have an important impact on the duration of drones in the air. In this study, a high-power density outer rotor brushless direct current motor (BLDC) is designed for drone applications. In order to achieve high torque in the motor design, an outer rotor brushless direct current motor was selected. Super core magnetic material JNEX900, one of the new generation material types, was preferred as the material. A 14/12 pole slot combination was determined as the design parameters. A length of 21 mm was preferred as the motor length. The machine configuration with 414 W output power and 3500 rpm rotation speed was verified with ANSYS Maxwell simulation environment. As a result of the study, a brushless direct current motor design with a torque value of 1.1 Nm and an efficiency of approximately 92% was obtained.*

Keywords: *Super Core Magnetic Material, Bldc, Drone Motor Design. Ansys Maxwell*

1.INTRODUCTION

The advancement of technology has led to the emergence of drones in various fields such as commerce, agriculture, military, disaster management, search and rescue, public health, wildlife monitoring, film, and television industries (Ahirwar et al., 2019; Restas, 2015)

Optimization studies conducted on drone motors allow for the development of motors that are lighter, more efficient, require lower power, operate with minimal energy loss, and can produce high torque values. As such, the design and optimization of these motors are fundamental in expanding the potential

applications of drones. While the literature contains numerous and diverse studies on drone motor design, this section specifically addresses the most current research in this field.

In their BLDC study centered on an outer rotor and concentrated winding design, a team of researchers found conclusive evidence that the design effectively achieved specific parameters, including high efficiency, minimal torque fluctuations, and a straightforward structure (Parasiliti et al., 2014).

In another study centered on aerial applications, researchers conducted a design and analysis for a 2-kW drone motor to facilitate propulsion. The authors emphasized the superior performance of the slotless-Halbach combination in terms of high-power density, efficiency, and minimized core losses tailored for aerial applications. Besides these advantages, the low inductance of the slotless-halbach motor makes it difficult to control. This is also presented as a disadvantage of the design. (Islam et al., 2019)

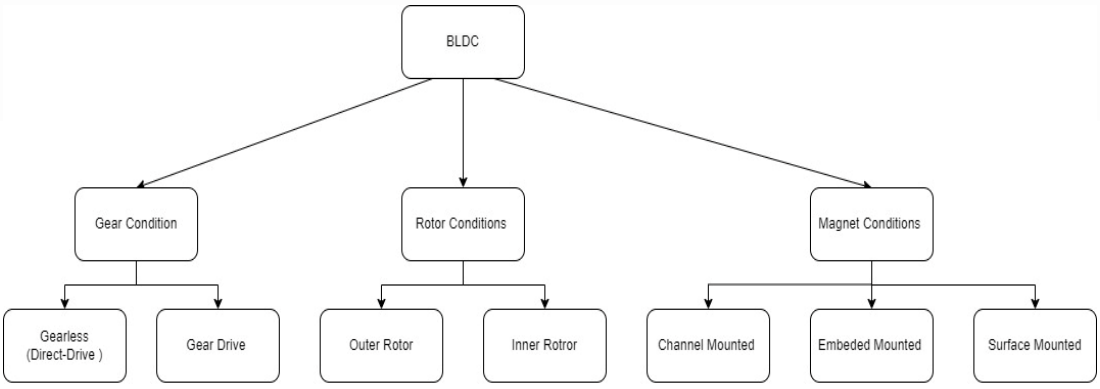
In another study aiming to enhance the efficiency of drone motors, researchers positioned a composite magnetic layer containing magnetic powder and silicone rubber around the motor winding. This strategic placement aimed to reduce losses due to eddy currents and copper. Analysis results indicated a decrease in electrical resistance, directly contributing to heightened efficiency. Moreover, the high thermal conductivity of the magnetic layer improved the dissipation of heat from the winding. Consequently, the authors concluded that integrating the magnetic layer onto the coils notably augmented efficiency (Sato et al., 2020).

Carev and colleagues conducted a study focused on a brushless direct current motor engineered to carry heavy payloads in unmanned aerial vehicles. The primary concept of their research revolves around a multi-layered stator/rotor design aimed at enhancing torque at lower speeds. Without altering the rotor diameter, the authors positioned parallel stators along the motor's central axis. They successfully achieved high torque values at reduced speeds. Moreover, the study involved optimization through the utilization of different star/delta connections. Ultimately, they verified that employing a large star configuration utilizing three windings connected in series within each layer in a single phase delivered both high efficiency and substantial torque (Carev et al., 2021).

In this study, the design of a switched reluctance motor was carried out using a super-core magnetic material employed in prior literature. The authors specified their preference for this material to mitigate core losses (Bhuvaneswari et al., 2021).

Over the years, diverse types of Brushless DC (BLDC) motors have been developed and extensively employed in industrial applications. These BLDC motors can be categorized in numerous ways, as illustrated in Figure 1 for their classification.

Figure 1. Classification of brushless direct current motors (Toren, 2023)



Within this study, the introductory section encompasses a review of contemporary literature focusing on drone motor designs. The material and methods section systematically delineates technical parameters associated with motor design. The concluding segment evaluates the analyses pertaining to the design.

2. MATERIAL AND METHOD

In this section, you'll find the dimensioning equations for the designed motor, outlining the determination of its primary parameters, as well as detailing the technical specifications of the materials employed.

From micro motors to large-scale AC motors, the determination of general motor designs requires the utilization of classical output equations. These equations are presented below (Hendershot & E., 1994).

$$T = KD_r^2 L_{stk} \quad (1)$$

T Motor torque (Nm), K output coefficient, D_r rotor diameter, L_{stk} axial length. Another parameter is torque per unit rotor volume (TRV) and air gap shear stress (σ). Both are related to K in the respective parameters. The relevant equations are as follows (Hendershot & E., 1994

$$TRV = \frac{T}{\frac{\pi}{4}D_r^2 L_{stk}} \quad (2)$$

$$TRV = 4K/\pi \quad (3)$$

$$TRV = 2\sigma \quad (4)$$

$$K = \frac{\pi}{2}\sigma = \frac{\pi}{4}TRV \quad (5)$$

Table 1.TRV coefficient table (Hendershot & E., 1994)

Motor Types	**Typical values of TRV (kNm/m3)**
Small totally enclosed motors (Ferrite)	7-14
Totally enclosed motors (Sintered Rare Earth or NdFeB)	14-42
Totally enclosed motors (Bonded NdFeB)	21 typ.
Integral-hp industrial motors	7-30
High-performance servo motors	15-50
Aerospace machines	30-75
Large liquid-cooled machines	100-250

The rotor speed and torque calculations of the motor designed in the study are presented below.

Table 2. Motor design parameters

Motor outer diameter	**80**	**mm**
Motor length	21	mm

Dc voltage	24	V
Output power	414	W
Rated torque	1.1	Nm
Speed	3500	rpm
Permanent magnet	NdFe35	-

$$Rotor\ speed\ (rmp) = \frac{60 * Motor\ Drive\ Frequency\ (Hz)}{Pole\ Pair\ Number} \quad (6)$$

$$Outlet\ Power\ (W) = Torque\ (Nm) * Angular\ Velocit\ \left(\frac{rad}{s}\right) (7)$$

$$Angular\ Velocit\ \left(\frac{rad}{s}\right) = RPM * \frac{2\pi}{60} \ (8)$$

$$Angular\ Velocit\ \left(\frac{rad}{s}\right) = 3500 * \frac{2\pi}{60} = 366{,}51\left(\frac{rad}{s}\right)$$

$$414\ (W) = Torque\ (Nm) * 366{,}51\ \left(\frac{rad}{s}\right) \qquad Torque\ (Nm) = 1.1\ Nm$$

In the study, a BLDC motor with an external rotor and a 14/12 slot pole configuration has been designed. The outer diameter of the rotor and stator is 80 mm and 62.5 mm, respectively. The motor length is determined as 21 mm. JNEX900, a type of super-core material, has been chosen as the material. Below, Table 2 provides the essential aspects related to the motor design.

In this study, super-core magnetic material was chosen as the electromagnetic material. This material showcases minimal core losses at higher frequency ranges and maintains excellent magnetic permeability across a broad frequency spectrum, ensuring thermal stability during high-temperature operations. These attributes, coupled with low losses and minimal power requirements, underscore the emphasis on efficiency. Figure 2 depicts the core losses and magnetic flux density of various materials (JFE Steel Corporation, 2023).

Figure 2. Core loss and magnetic flux density of different materials (JFE Steel Corporation,2023)

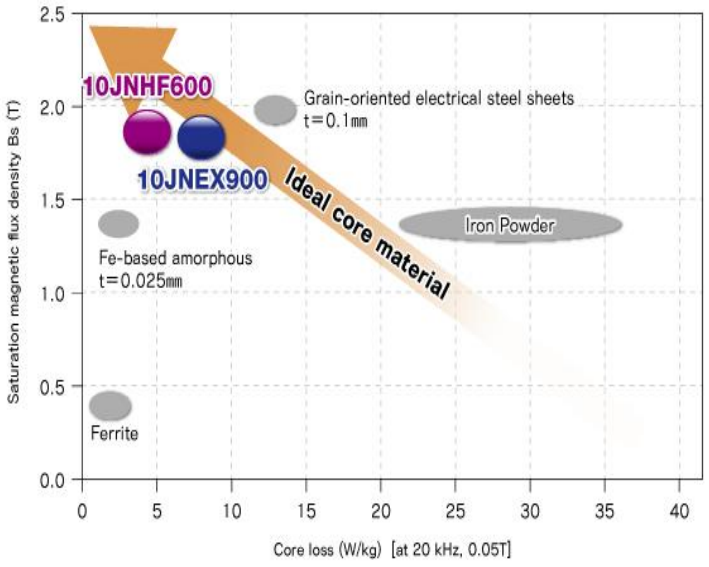


Table 3 presents the magnetic properties of JNEX and JNHF. It also encompasses the traditional magnetic characteristics of grain-oriented silicon steel sheets (0.1 mm) and Fe-based amorphous materials (0.025 mm), both designed for high-frequency applications and sharing equal thickness.

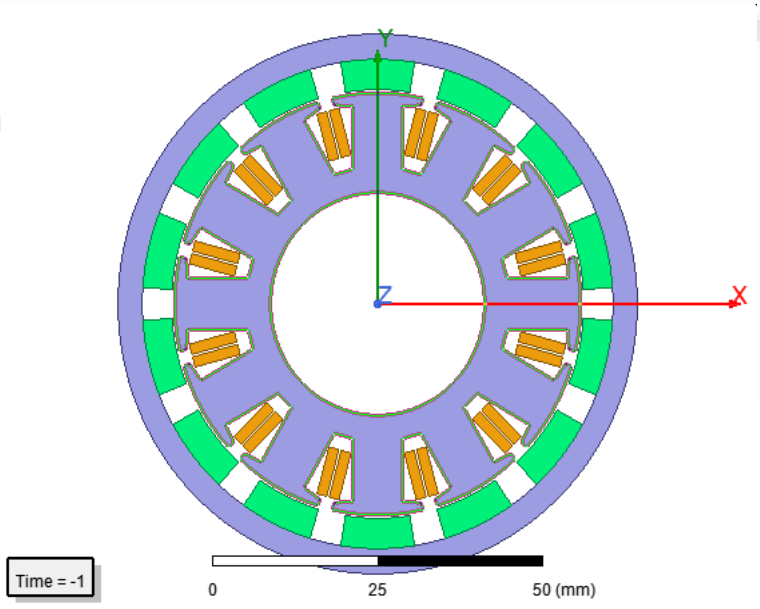
Table 3. Magnetic properties (Takashi & Hironori, 2012)

Material	**Thickness (mm)**	**Specific resistance ($\mu\Omega.m$)**	**Saturation Magnetization (T)**	**Core loss (W/kg)**				**Magnetostriction At 400 Hz, 1.0 T ($x10^{-6}$)**
				50 Hz, 1.0 T	**400 Hz, 1.0 T**	**5 kHz, 0.2 T**	**20 kHz, 0.05 T**	
10JNEX900	0.1	0.82	1.8	0.5	5.7	11.3	6.9	0.1
10JNHF600	0.1	-	1.9	1.1	10.1	11.2	5.0	-
Grain oriented Si steel	0.1	0.48	2.0	0.7	6.4	20.0	14.0	-0.8
Fe base amorphous	0.025	1.30	1.5	0.1	1.5	8.1	3.3	27.0

3.RESULTS

The selection of magnetic materials is a crucial aspect in BLDC motor design. In this study, the BLDC modeling and finite element analysis were validated using ANSYS Maxwell software. The visual representation of the resulting motor is depicted in Figure 3 below.

Figure 3. Motor designed as a result of 2D electromagnetic FEA analysis.



According to the study's findings, a 520-gram BLDC motor was achieved. This made it possible to obtain a motor with a power density of 0.76 W/g. The machine delivers a torque of 1.1 Nm with an efficiency of 92%. The results obtained indicate a significant reduction in core losses due to the implementation of this super-core material.

Table 4. Weight results

Name	Value	Units
Armature copper weight	0.05	kg
Permanent magnet weight	0.10	kg
Armature core steel weight	0.23	kg
Rotor core steel weight	0.13	kg
Total net weight	0.52	kg

Figure 4. Motor-Efficiency-Speed graph

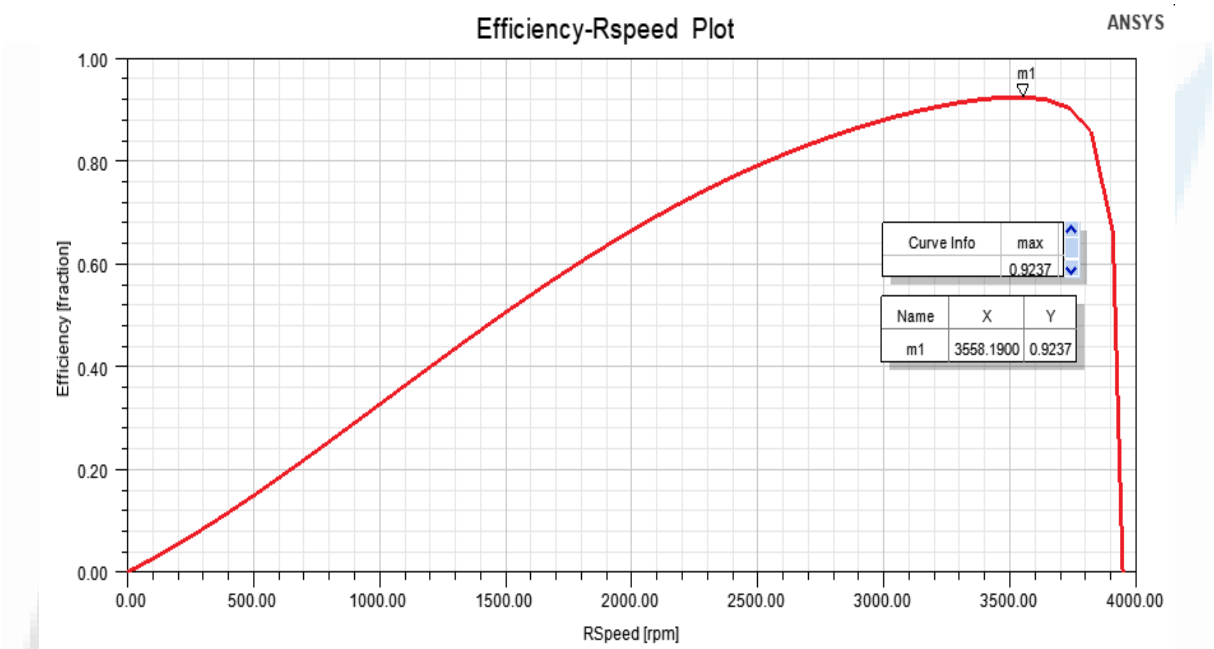
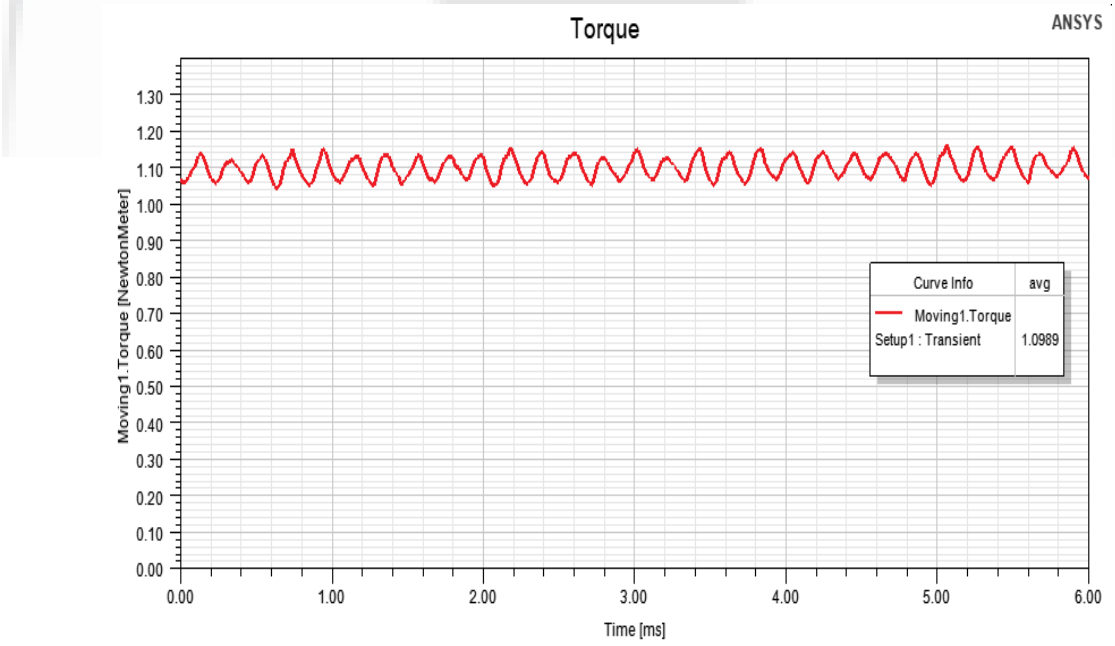
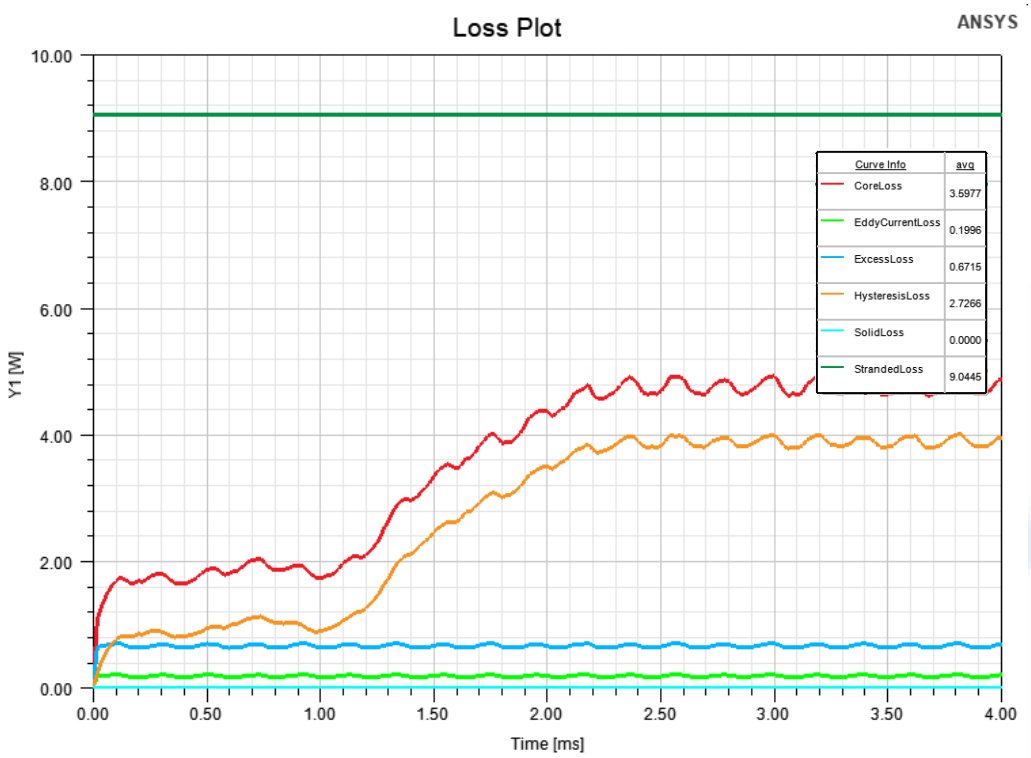


Figure 5. Motor-time torque graph



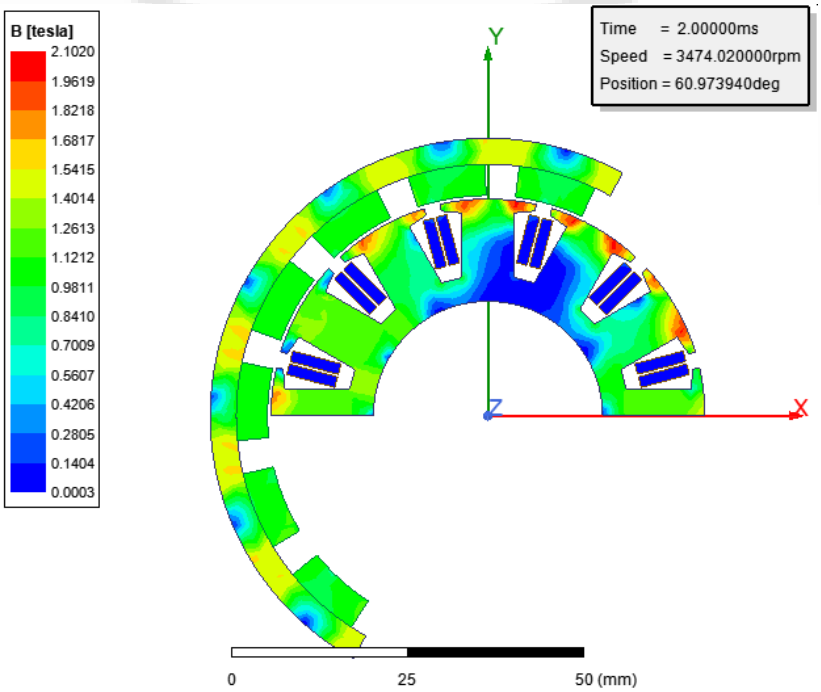
The torque graph of the motor designed through 2D electromagnetic FEA analysis is provided in Figure 5. Fluctuations in torque are due to the 6-step driving style. The driving mode of the motor is not within the scope of this study.

Figure 6. Motor losses graph



The loss outcomes of the designed machine are illustrated in Figure 6. Observations reveal low core and iron losses, aligning with the advantages of using the super-core material.

Figure 7. Motor-flux density distribution



Upon analyzing the flux density distribution of the electromagnetic material used in the two-dimensional finite element analysis, Figure 7 illustrates that it doesn't reach saturation to a considerable extent.

5.CONCLUSION

The study culminated in obtaining a brushless DC motor with 1.1 Nm torque at 92% efficiency, weighing a total of 520 grams. Future efforts will focus on reducing the motor's weight to achieve a lighter design in upcoming studies.

REFERENCES

Ahirwar, S., Swarnkar, R., Bhukya, S., & Namwade, G. (2019). Application of Drone in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *8*(01), 2500–2505. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.264

Restas, A. (2015). Drone Applications for Supporting Disaster Management. *World Journal of Engineering and Technology*, *03*(03), 316–321. https://doi.org/10.4236/wjet.2015.33c047

Bhuvaneswari, S., Sivaraman, P., Maheswari, K. T., & Matheswaran, A. (2021). Super Core Magnetic Material based Switched Reluctance Motor for Electric Vehicle Applications. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1084*(1), 012101. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1084/1/012101

Carev, V., Roháč, J., Šipoš, M., & Schmirler, M. (2021). A multilayer brushless dc motor for heavy lift drones. *Energies*, *14*(9). https://doi.org/10.3390/en14092504

Sato, M., Nirei, M., Yamanaka, Y., Suzuki, T., Bu, Y., & Mizuno, T. (2020). Increasing the efficiency of a drone motor by arranging magnetic sheets to windings. *Energy Reports*, *6*, 439–446. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.100

Islam, M. S., Mikail, R., & Husain, I. (2019). Slotless Lightweight Motor for Aerial Applications. *IEEE Transactions on Industry Applications*, *55*(6), 5789–5799. https://doi.org/10.1109/TIA.2019.2935055

Toren, M. (2023a). Determination of the performance parameters of a gearless direct-drive inner-rotor PMBLDC motor via different slot–magnet combinations. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*. https://doi.org/10.1007/s40998-023-00639-0

Hendershot, J. R., & E., M. T. J. (1994a). *Design of Brushless Permanent-Magnet Motors*. Hillsboro, Ohio.

Super coretm - JFEスチール株式会社. (n.d.). https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/electrical/catalog/f1e-002.pdf

Takashi, D., & Hironori, N. (2012). High silicon steel sheet realizing excellent high frequency reactor performance. *2012 Twenty-Seventh Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*. https://doi.org/10.1109/apec.2012.6166057

Makale id= 80

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Öngerilmeli Prefabrike Köprü Kirişlerinin Optimum Tasarımı

Prof.Dr. Nildem Tayşi[1] , Araştırmacı Mehmet Kılavuz[1]
[1] Gaziantep Üniversitesi

*Corresponding author: *Mehmet Kılavuz*

Özet: *Bu çalışma, köprü üst yapısında kullanılmak üzere AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) tarafından önerilen, 6 farklı en kesite sahip standard kirişler arasından çok geniş açıklıklar için uygun olduğu düşünülen TİP V ve TİP VI kirişlerinin, 11 metre genişlikli, 40 metre açıklıklı ve 2 şeritli bir köprüde hem maliyet hem de performans açısından hangisinin daha efektif kullanılabileceğinin tespit edilmesi amacıyla tasarım kurallarına uygun bir biçimde analizlerinin yapılmasını ve bu iki tip kirişin analiz sonuçlarının mukayese edilerek optimum olanının saptanmasını kapsamaktadır. TİP V kirişinin ayrıntılı analizi yapılmış olup elde edilen sonuçlar TİP VI'nın analiz sonuçları ile birlikte özet tablolar ve grafikler halinde hazırlanmıştır. TİP V kirişinin ayrıntılı analizinde, kullanılan öngerilme halatlarında öngerme ve servis safhalarında meydana gelebilecek öngerilme kayıpları hesaplanmış, 4 farklı yükleme durumunda kesitlerde oluşan gerilmelerin, AASHTO tarafından önerilen emniyet gerilmeleri ile kontrolü sağlanmıştır. Bunlarla birlikte, kirişlerin kesme ve eğilme taşıma kapasiteleri ile sehim hesapları da ayrıntılı bir biçimde yapılmıştır. TİP V ve TİP VI kirişlerinin beton, demir ve öngerme halatlarının metrajları hesaplanıp, reel piyasadan alınan güncel birim fiyatları ile çarpılarak mukayeseli maliyet analizleri yapılmıştır. Mekanik açıdan tasarım kurallarına uygun tasarlanan TİP V ve TİP VI kirişlerinin maliyet analizleri yapılmış olup TİP V kirişinin TİP VI'ya göre % 8.5 daha düşük maliyetli olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda optimum seçeneğin TİP V kirişi olduğu saptanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Öngerilmeli Prefabrike Köprü Kirişleri, Aashto Standart Köprü Kirişleri, I Kesitli Köprü Kirişi Tasarımı, Öngermeli Beton, Öngerme Halatları.*

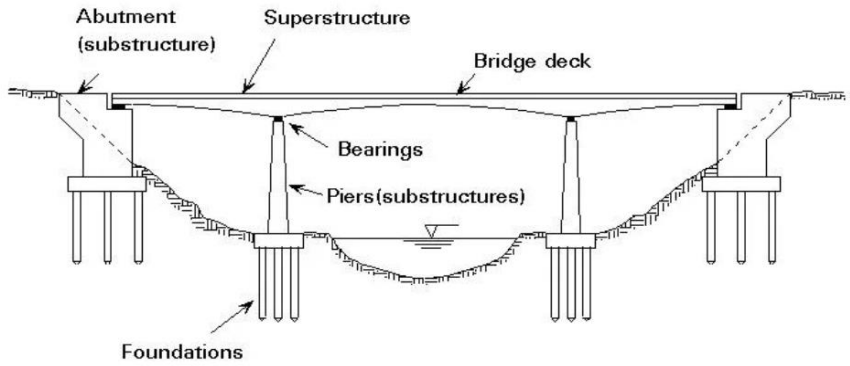
Optimum Design of Precast Prestressed Concrete Bridge Girders

Abstract: *This study covers the determination of the optimum one of TYPE V and TYPE VI precast prestressed girders, which are considered to be suitable for very large spans among the standard beams with 6 different cross sections, recommended by AASHTO (The American Association of State Highway and Transportation Officials) for use in the bridge superstructure, and performing analyzes in accordance with design rules in order to determine which one of them could be used in a bridge, with a width of 11 meters, a span of 40 meters and 2 lanes, more effectively in terms of both cost and performance by comparing the analysis results of these two types of girders. Detailed analysis of TYPE V girder was carried out and the obtained results were prepared in summary tables and charts together with those of TYPE VI girder. In the detailed analysis of the TYPE V girder, the prestress losses occuring in the pretensioning steel strands in the pretensioning and service phases were calculated, and the stresses developing in the sections under 4 different loading cases were checked with the allowable stresses recommended by AASHTO. Shear and bending capacity and deflection calculations of TYPE V girder were also made in detail. Comparative cost analyzes were made by calculating the quantity of concrete, rebar and pretensioning strands of TYPE V and TYPE VI girders and multiplying them with the current unit prices taken from the real market. Cost analyzes of TYPE V and TYPE VI girders, which were designed in accordance with the mechanical design rules, were conducted and it was observed that TYPE V girder was 8.5 % less costly than the TYPE VI. In this case, it was determined that the optimum option was the TYPE V PPC girder.*

Keywords: *Precast Prestressed Concrete Bridge Girders, Aashto Standard Bridge Girders, Designing I Sectioned Bridge Girder, Prestressed Concrete, Prestressing Strands.*

INTRODUCTION

The bridge is a connecting structure that provides passage over obstacles such as valleys, rough terrain, or bodies of water with people and vehicles. Bridges are divided into classes in many aspects such as material, mechanical system and purpose of use. It is possible to classify bridges depending on material, wood, masonry, concrete, reinforced concrete, prestressed concrete, steel and composite bridges; according to its mechanical system, simple single-span, continuous, arch bridge; based on the purpose of use, railway, highway, pedestrian bridge. The bridge is constituted of three major categories namely the superstructure components, the bearings, and the substructure components as seen in the following Figure.



Prestressed concrete is a widely used material for the construction of cable-stayed bridges, segmental bridges, nuclear reactor vessels,and offshore oil drilling platforms. Reinforced concrete's tensile strength is limited, while its compressive strength is extensive. Consequently, prestressing becomes essential in many applications in order to fully utilize that compressive strength and, through proper design, to eliminate or control cracking and deflection. (Nawy, 2009)

Prestressed concrete structures, using high-strength materials to improve serviceability and durability, are an attractive alternative for long-span bridges, and have been used worlwide since the 1950s. There are two types of prestressing systems: pretensioning and post-tensioning systems. Pretensioning systems are methods in which the strands are tensioned before the concrete is placed. This method is generally used for mass production of pretensioned members. Post-tensoning systems are methods in which the tendons are tensioned after concrete has reached a specified strength. This technique is often used in projects with very large elements. (Chen & Duan, 2014)

A general axiom for concrete performance is that it handles compression very well but performs poorly under tension. For steel bars, the converse holds true. The combination of steel with concrete, with one material taking up the deficiencies of the other, is the basic principal behind reinforced concrete. Prestressed concrete takes this characteristic feature one step further by application of a tensile force to reinforcing tendons. This has the effect of increasing internal compression in the concrete beam where tension is anticipated under loading, and thus reducing or eliminating stresses due to tension once the beam is loaded. The prestressing force may be applied after the concrete is cast in situ (poured in the field) or before the beam is precast. When the force is applied to the reinforcing tendons before the concrete is poured, the beam is said to be pretensioned. If the force is applied after the concrete has cured, the beam is called post-tensioned. In post-tensioning, the tendons are encased in tubes to prevent bonding with the surrounding concrete. After curing, jacking devices are used to apply the tensile force. To allow the beam to act as a transformed section in resisting loads (transforming the concrete and steel into a single equivalent section) the space inside ducts where the tendons are placed (for post-tensioned beams) must be grouted before any live loads are placed on the girder. (Zhao & Tonias, 2006)

David B. Garber and his friends conducted an experimental study on 30 full-scale, precast, pretensioned bridge girders constructed and instrumented with the intention of investigating prestress loss. The constructed girders were conditioned in several different climates for up to 3 years. During this period, prestress loss was measured by using vibrating wire gauges (VWG) embedded in test specimens. As a

result of this experimental study, prestress losses were observed to be greatly affected by concrete stiffness based on coarse aggregate type and quantity. They also observed that the majority of prestress loss developed logarithmically resulting in 90% of the 1-year prestress loss within the first 4 months after casting. On the other hand, relative humidity was observed to influence the development of prestress loss for two out of the three series in which beams were stored in different climates. (Garber, Gallardo, Deschenes, & Bayrak, 2015)

El-Helou, R. G., & Graybeal, B. A. (2022) in their experimental investigation on the parameters influencing the structural shear behavior of prestressed UHPC (Ultrahigh-Performance Concrete) pretensioned bridge girders. In their experimental study, they tested six pretensioned bulb-tee UHPC bridge girders in shear considering the following variables: the UHPC material properties, the girder height, the web thickness, the number of prestressing strands, and the discrete transverse steel reinforcement in the web. They monitored the average relationship between the principal stress and strains in the web during the tests and compared to behavior obtained from uniaxial tests. The shear behavior and capacities of the tested pretentioned girders were found to be so much dependent on tensile characteristics of UHPC that changing the web thickness from 76.2 mm to 101.2 mm, the height from 889 mm to 1092 mm, and the number of 17.8-mm diameter prestressing strands from 26 to 20 (23% decrease in prestress) were not observed to considerably affect the shear capacity of the tested girders. (El-Helou & Graybeal, 2022)

Misal, V. U., Gore, N. G., & Salunke, P. J. (2014) studied over cost analysis and design of prestressed concrete I girder to compare with that of box girder by carrying out the parametric analysis. In their analysis and design, they used the software named STAAD PRO. As a result of their study, they found that box girder is costlier than prestressed I girder. (Misal, Gore, & Salunke, 2014)

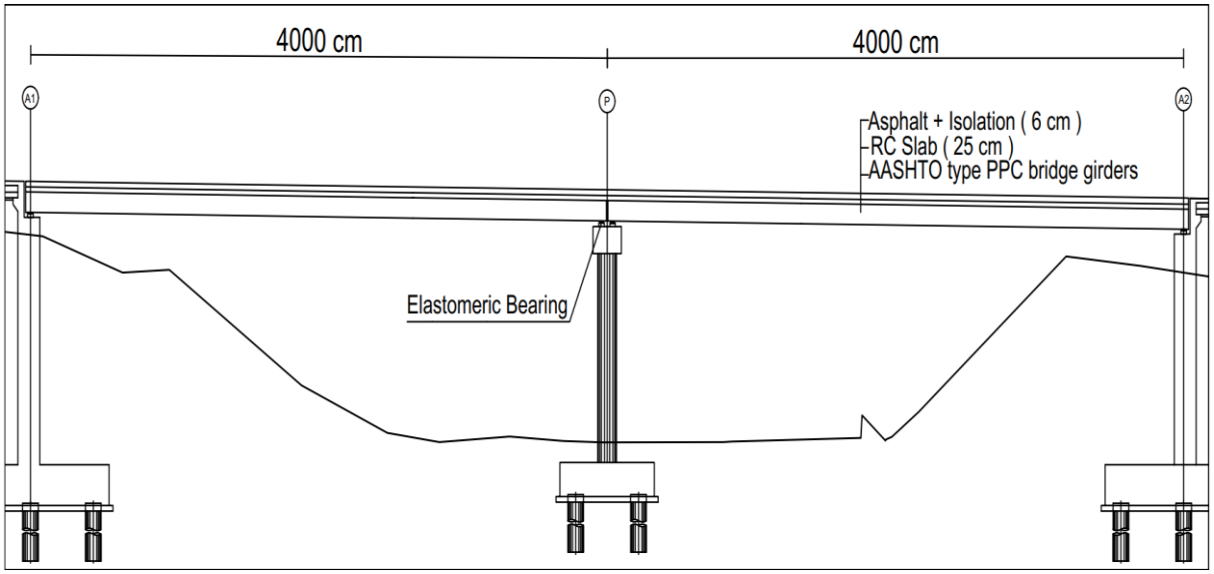
METHOD

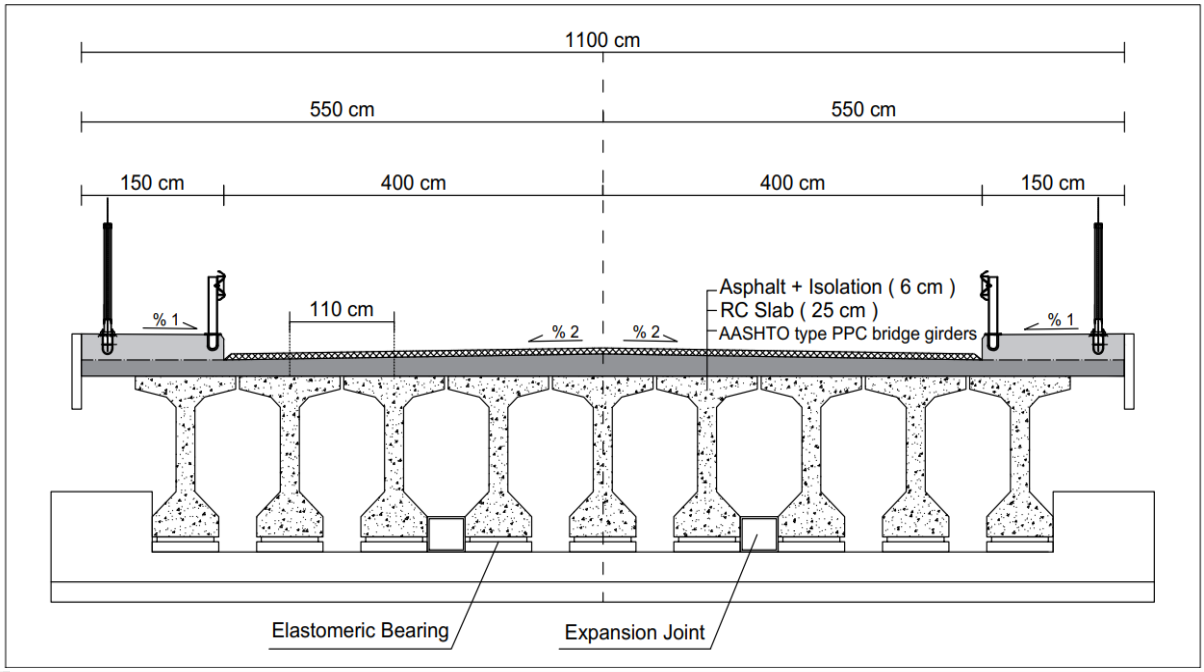
A bridge with two traffic lanes each of which is 4 meters and two pedestrian walkways each of which is 1.5 meters, corresponding to total width of 11 meters is assumed to be designed by means of AASHTO – PCI standard PPC (Pretensioned Precast Concrete) girders of TYPE V and TYPE VI.

Detailed analysis of TYPE V girder was carried out and the obtained results were prepared in summary tables and charts together with those of TYPE VI girder. In the detailed analysis of TYPE V girder, prestress losses occuring in the pretensioning steel strands in the pretensioning and service phases were calculated, and the stresses developing in the sections under 4 different loading cases were checked with the allowable stresses recommended by AASHTO. Shear and bending capacity and deflection calculations of TYPE V girder were also made in detail. Comparative cost analyzes were made by calculating the quantity of concrete, rebar and pretensioning strands of TYPE V and TYPE VI girders and multiplying them with the current unit prices taken from the real market.

Sectional view and side view of the bridge under investigation are illustrated in the following figures, respectively 9 pieces of AASHTO – PCI standard prestressed precast girders of TYPE V and TYPE VI with a spacing of 4 cm are deemed appropriate to be positioned beneath the slab.

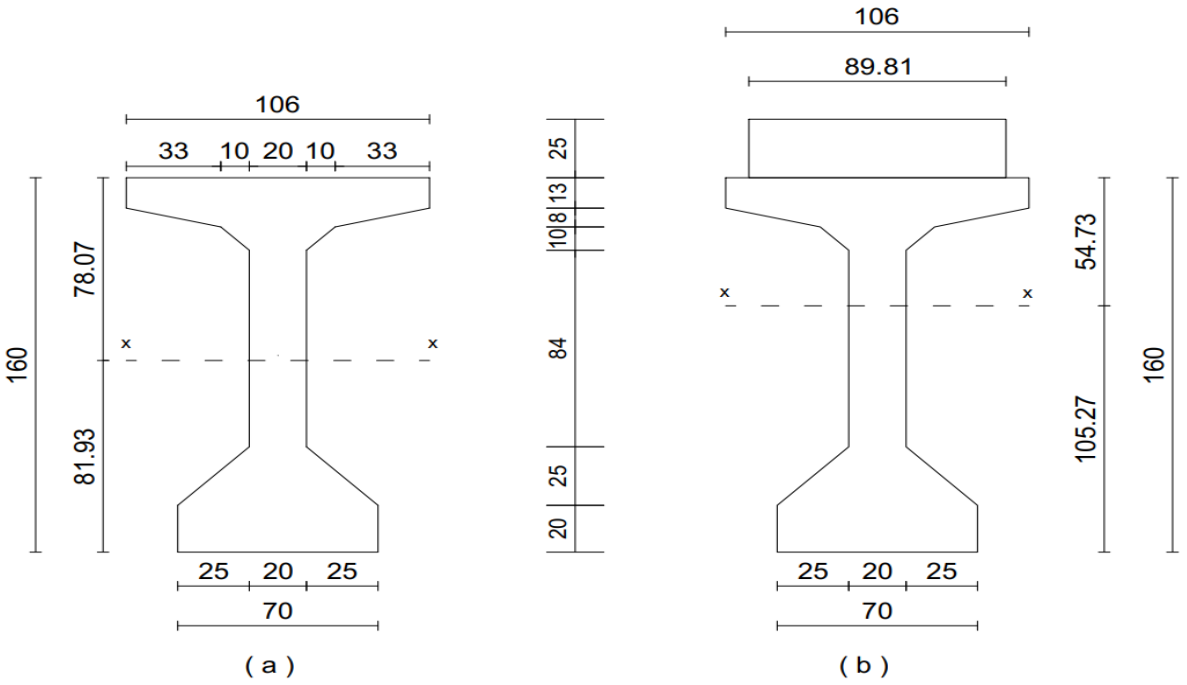
It is also assumed that the girders are simply supported on elastomeric bearing





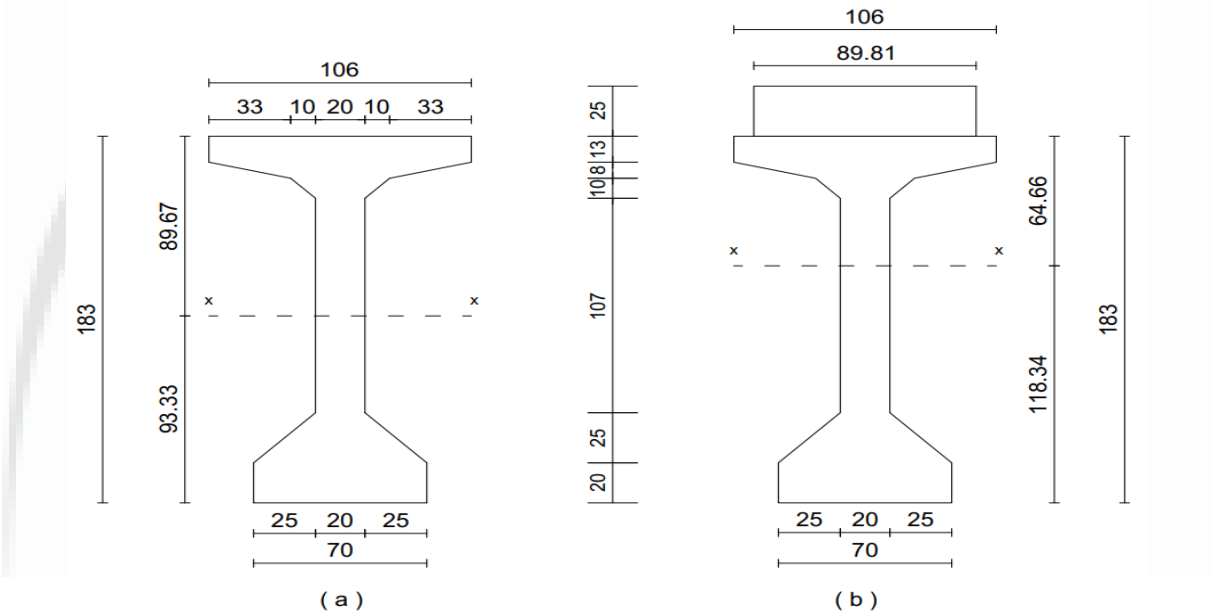
There are six AASHTO-PCI types of PPC Girders. In this study, TYPE V and TYPE VI, cross sections of which are given in the following figures respectively, will be analyzed.

Slabs or flanges are assumed to act integrally with the beam, so effective flange width will be computed for composite prestressed concrete girder by multiplication of the center-to-center distance of the girders (110 cm) with the ratio of modulus of elasticity of the slab concrete (29440 MPa) to modulus of elasticity of the girder concrete (36057 MPa), so the effective flange width is 89.81 cm.



(a) (b)

As the width of flange and spacing of AASHTO TYPE VI girders is same as that of TYPE V, effective flange widths of both should be the same, that is 89.81.



(a) (b)

Type of Girder	Area of Cross Section	Neutral Axis		Moment of Inertia	Section Modulus	
	A_c (cm^2)	y_{bot} (cm)	y_{top} (cm)	I_X (cm^4)	S_{bot} (cm^3)	S_{top} (cm^3)
PPC Girder	6927.00	93.33	89.67	30334887	325028	338295
Composite Girder	9172.25	118.34	64.66	48150579	406883	744673

Concrete, reinforcing steel bar, and prestressing steel strand are three main materials used to form a PPC girder.

Properties	**Values**
Grade of Concrete of Slab	C30/37
Compressive Strength of Concrete (f_c')	30 MPa
Modulus of Elasticity of Concrete (E_c)	29440 MPa

Properties	**Values**
Grade of Concrete of PPC Girder	C45/55
Compressive Strength of Concrete (f_c')	45 MPa
Modulus of Elasticity of Concrete (E_c)	36057 MPa

Two types of materials consisting of steel are used in the production of TYPE V PPC girder in a precast prestressesed concrete fabrication plant, one of which is rebar (reinforcing steel bar) and the other one is prestressing (or pretensioning) steel strand.

Properties	**Values**
Grade of Reinforcing Steel Bar	B 420C (TS 708)
Minimum Yield Strength (f_{yk})	420 MPa
Minimum Tensile Strength (f_{su})	483 MPa
Modulus of Elasticity of Steel (E_s)	200 GPa

Properties	**Values**
Type of Prestressing Steel Strand	0.6''270K LowRelaxation (ASTM416)
Ultimate Stress of Prestressing Strand (f_s')	1862 MPa
Load Reduction Factor (Φ)	0.75
Cross Sectional Area of Strand (a*)	140 mm^2
Allowable Initiate Prestressing Load (P_1)	195.75 kN
Modulus of Elasticity (E_S)	193 GPa

The provisions included in AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges are taken into consideration to determine allowable stresses.

Temporary stresses before losses due to creep and shrinkage are as follows:

Allowable compressive stress……..…...$-0.60\ f'_{ci} = -18.9$ MPa

As bonded reinforcement will be provided in the girder, allowable tensile stress of concrete……...$0.623\sqrt{f'_{ci}} = 3.50$ MPa

Stresses at service load after losses have occured are as follows:

The compressive stresses due to effective prestress plus permanent (dead) loads will not exceed……..……..$-0.40\ f'_c = -18$ MPa

Tensile stress in the precompressed tensile zone with bonded reinforcement (the zone in which prestressing is applied)……...….$0.498\sqrt{f_c'} = 3.34$ MPa

Tension in other areas…….$0.623\sqrt{f_c'} = 4.18$ Mpa

There are two main types of loads to be considered : dead loads (Self weight of girder, slab, asphalt, curbs, pedestrian railing, guardrails, side panels) and live loads (H_{30} – S_{24} truck live load, design lane live load, and pedestrian loads.)

Dead loads acting on PPC girder are as follows :

Self weight of Girder (q1) : …… 0.6461 x 25 = 16.15 kN/m

Self weight of Slab (q2) : …… 1.10 x 0.25 x 25 = 6.87 kN/m

Dead loads acting on composite girder are as follows :

Curbs : ……..... 2 x 1.5 x 0.25 x 25 = 18.75 kN/m

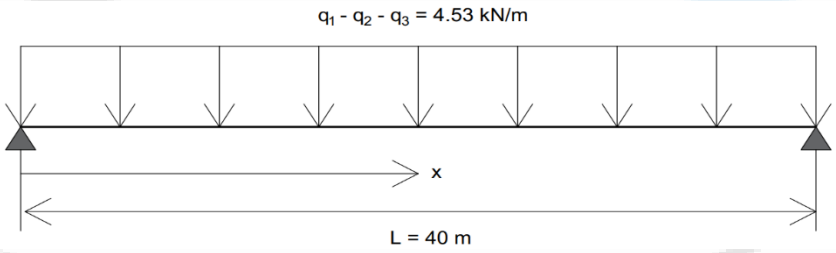
Asphalt : …… 8 x 0.06 x 23 = 11.04 kN/m

Railings : ……. 4 x 2.25 = 9.00 kN/m

Side panels : ……..….. 2 x 0.8 x 0.1 x 25 = 4 kN/m

Total additional loads on all girders (9 pcs) : ……..……. Σ = 42.79 kN/m

Additional load on only one girder (q3) : …….. 42.79 / 9 = 4.75 kN/m



Pedestrian Load is calculated as follows :

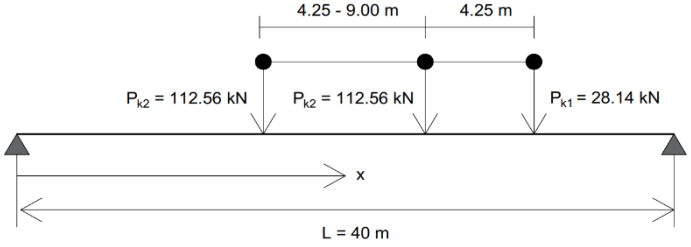
Total pedestrian load on all girders (9 pcs) :…….. 3.00 x 3.00 = 9.00 kN/m

Pedestrian load on only one girder (qp) :…….... 9.00 / 9.00 = 1.00 kN/m

To calculate H_{30} – S_{24} standard truck load :

Truck front wheel load (P_{k1}) :……..1.1948 x 0.785 x 30 = 28.14 kN

Truck rear wheel load (P_{k2}) :…….1.1948 x 0.785 x 120 = 112.56 kN

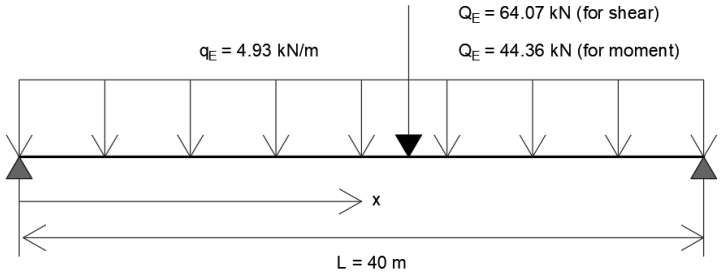


To calculate equivalent lane loading :

For shear (Q_E) :……..(195 x 1.10 x 1.195) / 4 = 64.07 kN

For moment (Q_E) :……..(135 x 1.10 x 1.195) / 4 = 44.36 kN

q_E :……..….(15 x 1.10 x 1.195) / 4 = 4.93 kN/m



Moment	Load (kN/m)	Distance from Suppot Axis (x)						
		Support Axis	H 1.6 m	0.1 L 4 m	0.2 L 8 m	0.3 L 12 m	0.4 L 16 m	0.5 L 20 m
M_{q1} (kN.m)	16.15	0	496.2	1163.0	2067.6	2713.7	3101.3	3230.5
M_{q2} (kN.m)	6.87	0	211.2	495.0	880.0	1155.0	1320.0	1375.0
M_{q3} (kN.m)	4.75	0	146.0	342.3	608.6	798.7	912.8	950.9

Moments that developed due to dead loads, which were previously calculated, are given based on the distance from the support axis of the girder in the following table.

Based on the distance from the support axis, moments caused by live load such as M_U (by unfavorable live load), M_T (by H_{30}-S_{24} truck load), M_E (by equivalent lane loading), and M_P (by pedestrian load) are given in the following table.

M_U, caused by unfavorable live load, is calculated as shown in the equation (4.4).

Moment	Distance from Suppot Axis (x)						
	Support Axis	H 1.6 m	0.1 L 4 m	0.2 L 8 m	0.3 L 12 m	0.4 L 16 m	0.5 L 20 m
M_T (kN.m)	0	360.3	839.9	1477.3	1912.0	2144.2	2213.6
M_E (kN.m)	0	219.5	514.5	914.7	1200.6	1372.1	1429.3
M_P (kN.m)	0	30.7	72.0	128.0	168.0	192.0	200.0
M_U (kN.m)	0	391.0	911.9	1605.3	2080.0	2336.2	2413.6

$$M_U = \text{Max}\,(M_T, M_E) + M_p \qquad (2.1)$$

Shear forces developed by the reaction of the support to dead and live loads acting on the girder from a distance equal to the height of the girder (H = 1.60) can be seen in the following table.

Shear Force	V_{q1}	V_{q2}	V_{q3}	V_P	V_T	V_E	V_U
V (kN)	323.1	137.5	95.1	20.0	225.2	152.2	245.2

V_U, caused by unfavorable live load, is calculated as indicated in the following equation.

$$V_U = \text{Max}\,(V_T\,, V_E) + V_P \tag{2.2}$$

To determine the amount of pretensioning strands, tensile stresses caused by service load, covering all loads acting on the girder, at the bottom section of mid-span of the girder will be considered during the calculation. As previously determined, allowable tensile stress at the bottom of the midspan of the girder is +3.34 N/mm^2 (Mpa).

The stress caused by pre-tensioning force at the bottom section of the girder after losses have occured is calculated as shown in the following equation.

$$\frac{M_{q1}}{S_{bot}} + \frac{M_{q2}}{S_{bot}} + \frac{M_{q3}}{S_{cbot}} + \frac{M_U}{S_{cbot}} + f_p \;\leq\; +3.34\ \text{MPa} \tag{2.3}$$

When the previously calculated values are substituted into the equation (2.3), f_p = -24.2 Mpa.

Required pre-tensioning force (P_p) after losses have occured is calculated as indicated in the following equation .

$$f_p = -\frac{P_p}{A_c} - \frac{P_p \text{ x } e}{S_{bot}} \tag{2.4}$$

Eccentricity (e), the distance from the center of pre-tensioning strands to the neutral axis of the section, is assumed to be 70 cm, so P_p = 5747. 7 kN.

During the pre-tensioning process, maximum pre-tensioning force (P_i) to be applied to a pre-tensioning strand is 195.75 kN (% 75 of maximum yielding load, which is 261 kN, of a pre-tensioning strand). All pre-tensioning losses take place during the service loading phase. Estimated pre-tensioning loss rate is % 17.

Pre-tensioning force in a strand (P_i') :……195.75 x (1-0.17) =162.47 kN

Required number of pre-tensioning strands (N) :……..……..P_p / P_i' = 35.37 ≅ 36 pcs

Allowable tensile stress at the top section of the girder was previously calculated as 3.50 MPa.

Pre-tensioning losses occuring due to elastic shortening of concrete during the pre-tensioning phase is 0.12.

The stress in concrete (f_{es}) developing at the top of the girder due to the pre-tensioning force after elastic shortening losses is calculated as indicated in the equation (2.5).

$$-\frac{M_{q1}}{S_{top}} + f_{es} \;\leq\; 3.50\ \text{MPa} \tag{2.5}$$

After substituting the related values in the equation (4.8), f_{es} = 3.50 MPa.

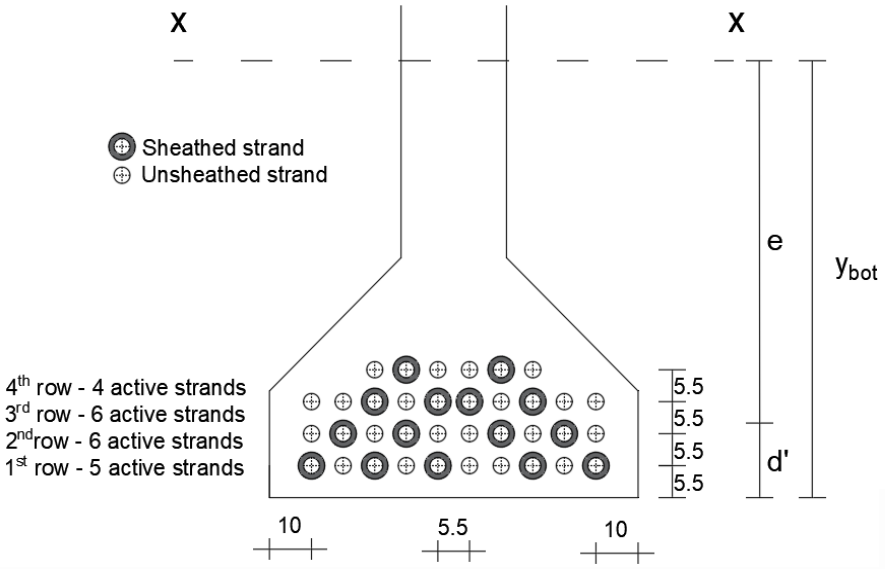
Maximum pre-tensioning force (P_p) in the layout of the strands after elastic shortening loss is computed as shown in the equation (2.6)

$$f_{es} = -\frac{P_p}{A_c} + \frac{P_p \text{ x } e}{S_{top}} \tag{2.6}$$

It is found that P_p = 3660 kN by substituting the values in the equation (2.6).

Pre-tensioning force in a strand after the predicted elastic shortening of concrete is calculated as follows : P_i' = P_i x (1-0.12) = 172.26 kN.

The number of unsheathed strands (active strands) is N = P_p / P_i' = 21.24 ≅ 21. This means that 36 – 21 = 15 pieces of strands will be sheathed.



Prestress losses will be calculated in accordance with AASHTO.

$$\Delta f_s = SH + ES + CR_c + CR_s \quad (2.7)$$

Δf_s : Total loss excluding friction

SH : Loss due to concrete shrinkage

ES : Loss due to elastic shortening

CR_c : Loss due to creep of concrete

CR_s : Loss due to relaxation of prestressing steel

Loss due to concrete shrinkage is calculated as shown in the equation (2.8)

$$SH = (117.21 - 1.034 \text{ x } RH) \quad (2.8)$$

Loss due to elastic shortening of concrete in pretensioned members is calculated as shown in the equation (2.9).

$$ES = \frac{E_s}{E_{ci}} \text{ x } f_{cir} \quad (2.9)$$

Prestress loss due to creep of concrete is calculated as shown in the equation (2.10).

$$CR_c = 12 \text{ x } f_{cir} - 7 \text{ x } f_{cds} \quad (2.10)$$

Prestress loss due to relaxation of pretensioning steel strand is calculated as shown in the equation (2.11).

$$CR_s = 34.47 - 0.1 \text{ x } ES - 0.05 \text{ x } (SH + CR_c) \quad (2.11)$$

Total prestress losses cover the situation where all losses take place. It can be mathematically defined as shown in the equation (2.7).

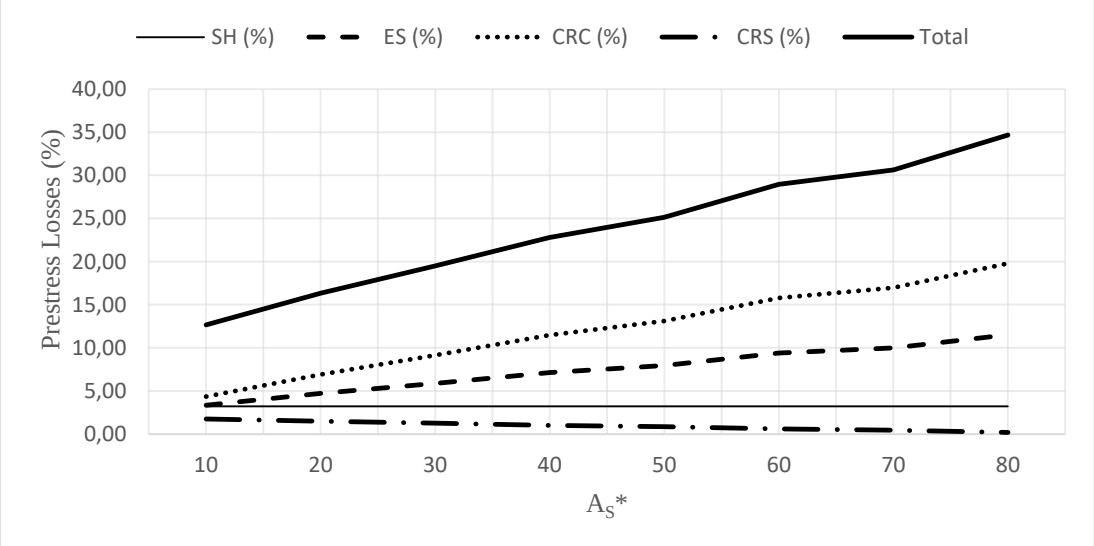
x	Number of Active Strands	SH	ES	CR_c	CR_s	Total Losses Δf_s
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0	21	3.21	6.467	12.131	1.055	22.863

x	Number of Active Strands	SH	ES	CR_c	CR_s	Total Losses Δf_s
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
H	21	3.21	5.794	10.373	1.210	20.587
0.1 * L	29	3.21	7.700	13.242	0.876	25.028
0.2 * L	36	3.21	9.095	14.846	0.656	27.807
0.3 * L	36	3.21	8.145	12.374	0.875	24.604
0.4 * L	36	3.21	7.576	10.891	1.006	22.683
0.5 * L	36	3.21	7.386	10.397	1.049	22.043

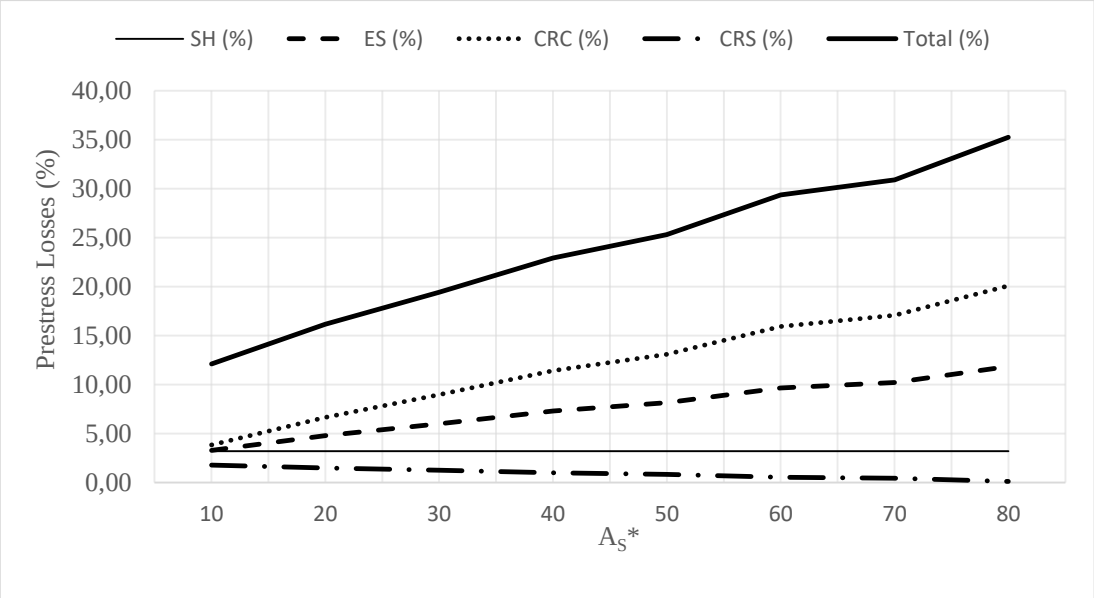
FINDINGS

All prestress losses developing in TYPE V and TYPE VI PPC girders are indicated in the following tables and charts, respectively.

Quantity of Pretensioning Strands (cm^2)	SH (%)	ES (%)	CR_c (%)	CR_s (%)	Total (%)
25.20	3.21	3.28	3.83	1.79	12.11
30.80	3.21	4.80	6.65	1.49	16.15
36.40	3.21	6.00	8.97	1.26	19.44
42.00	3.21	7.30	11.42	1.00	22.93
47.60	3.21	8.14	13.10	0.84	25.29
53.20	3.21	9.66	15.92	0.55	29.34
58.80	3.21	10.20	17.06	0.43	30.90
64.40	3.21	11.84	20.07	0.12	35.24



Quantity of Pretensioning Strands (cm2)	SH (%)	ES (%)	CRc (%)	CRs (%)	Total (%)
25.20	3.21	3.34	4.33	1.76	12.64
30.80	3.21	4.72	6.92	1.49	16.34
36.40	3.21	5.88	9.13	1.26	19.48
42.00	3.21	7.11	11.46	1.02	22.80
47.60	3.21	7.95	13.12	0.86	25.14
53.20	3.21	9.38	15.77	0.58	28.94
58.80	3.21	9.97	16.98	0.46	30.62
64.40	3.21	11.5	19.80	0.17	34.68



It can be inferred from the charts that prestress losses due to creep and elastic shortening of concrete proportionally increase as the amount of pretensioning strands get increased whereas prestress loss due to concrete shrinkage is fixed and the losses due to relaxation of pretensioning steel strands decrease.

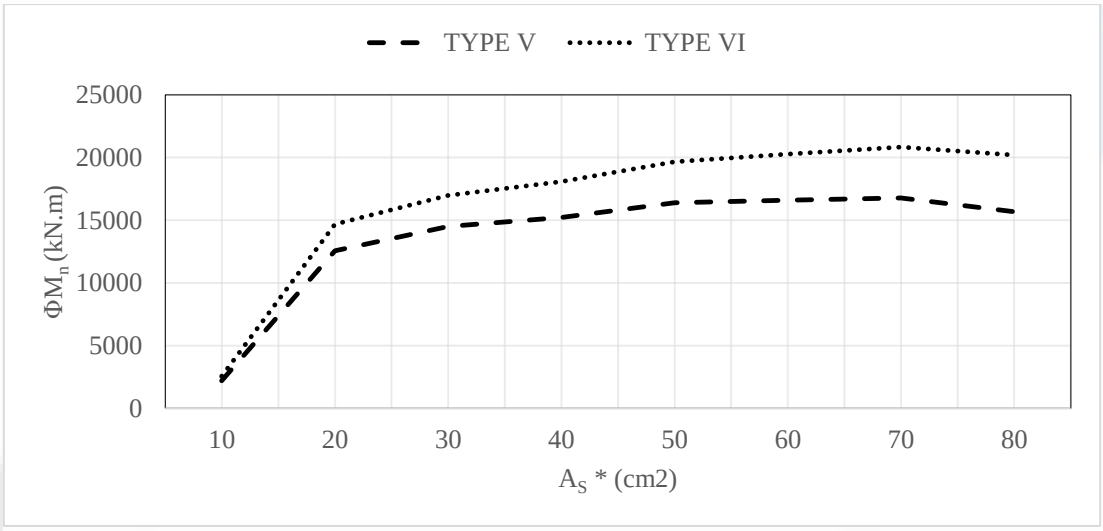
The following table includes becaring capacities of TYPE V and TYPE VI girders based on the amount of pretensioning strands.

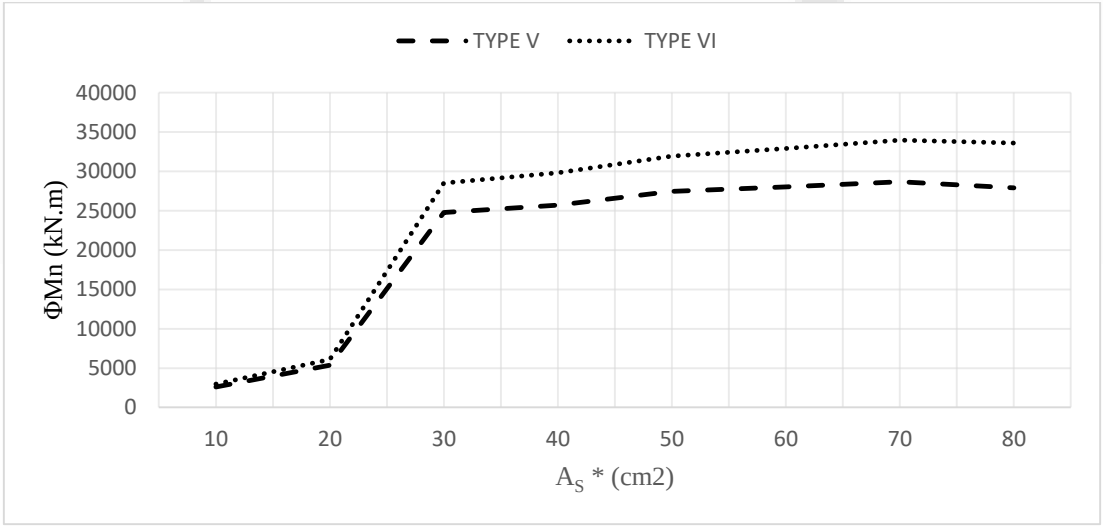
The amount of Pretensioning Strands (cm^2)	ΦM_n Bearing Capacity (kN.m)			
	PPC Girders		Composite Girders	
	TYPE V	TYPE VI	TYPE V	TYPE VI
8.40	2203	2560	2592	2950
16.80	12555	14679	5367	6085
25.20	14493	16987	24788	28515
33.60	15213	18078	25707	29801

42.00	16391	19645	27460	31940
50.40	16606	20260	28038	32910
58.80	16768	20840	28694	33978
67.20	15682	20198	27890	33604

Bearing capacity charts of TYPE V and TYPE VI PPC girders and composite girders of them are given in the following figures, respectively.

As seen in the charts above, although the bearing capacities of both girders proportionally increase up to a certain point as the amount of pretensioning strands increase, it could be observed that the bearing capacities of both girders decrease after a certain point. Therefore, it can easily be said that the bearing capacity shows a decreasing increase with increasing the amount of pretensioning strands.

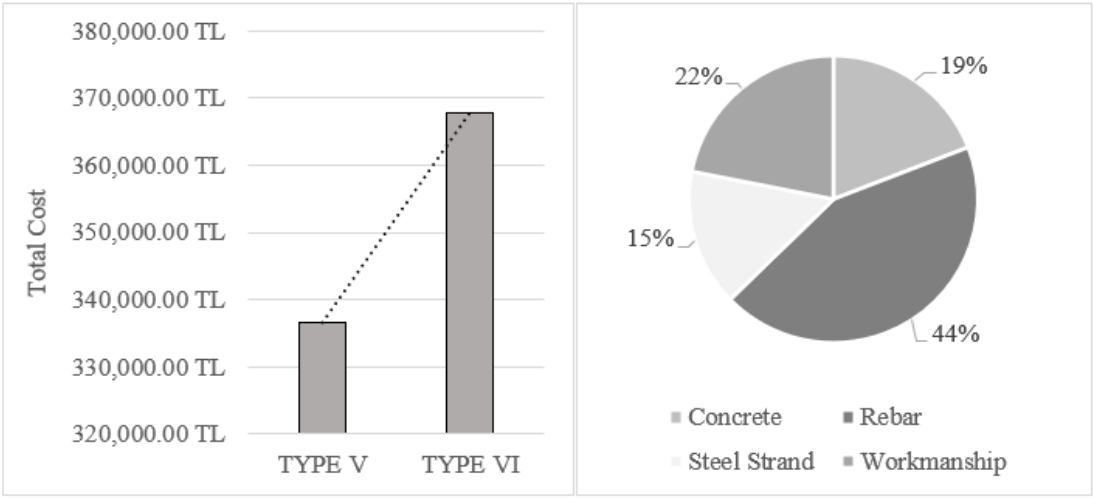




To calculate production cost of a girder in a fabricating plant, all unit prices of materials and workmanship were taken from the real market. All quantities calculated subsequent to the analysis will be multiplied with those unit prices taken from the market as shown in the following tables including cost analyzes of TYPE V and TYPE VI, respectively.

Work Items	Unit	Total Quantity	Unit Price (TL)	Total Amount (TL)
Concrete	m^3	26.81	2,400.00	64,353.05
Rebar	kg	6,012.90	24.40	146,714.76
Steel Strand	kg	1,646.39	31.50	51,861.22
Workmanship	m^3	26.81	2,750.00	73,737.87
Total Production Cost				336,666.91

Work Items	Unit	Total Quantity	Unit Price (TL)	Total Amount (TL)
Concrete	m^3	28.72	2,400.00	68,934.65
Rebar	kg	7,066.00	24.4	172,410.40
Steel Strand	kg	1,509.19	31.5	47,539.45
Workmanship	m^3	28.72	2,750.00	78,987.62
Total Production Cost				367,872.13



As seen in the bar chart above, the cost of TYPE V is % 8.5 less than that of TYPE VI although both of them have met the mechanical requirements and design rules for a 40-meter span bridge girder.

Moreover, the material with the highest cost percentage in the production of a pretensioned bridge girder is rebar with % 44 and the lowest percentage is pretensioning steel strand with % 15.

CONCLUSIONS

AASHTO TYPE V and TYPE VI standard girders were designed depending on compressive and tensile allowable stresses recommended by AASHTO. It was checked that the combinations of dead and live loads of both girder types did not exceed their bearing capacities. In cases where they exceeded, the number of pre-tensioning strands were increased to improve the capacity. However, care was taken not to increase the number of strands excessively as it was observed that compresive and tensile stresses that could exceed the allowable stresses could occur.

In order to be safe side, the number of pre-tensioning strands were determined to be such that the tensile stress in the midspan of the girder caused by dead and live loads during the service phase did not exceed the allowable stress.

It was observed that the excessive stresses developing in the support areas of simply supported bridge girders were caused by the pre-tensioning strands placed straight along the girders. These stresses were kept under control by sheathing some of the pretensioning strands.

The variation of bearing capacities and prestress losses with the amount of pre-tensioning stell strands were investigated. It turned out to be that although bearing capacities of the girders increased with the increase in the amount of pre-tensioning strands, bearing capacities were observed to get decreased after a certain amount of increase of pre-tensioning strands, whereas prestress losses continued to increase with the increase in the amount of pre-tensioning strands.

Cost analyzes of TYPE V and TYPE VI girders, which were designed in accordance with the mechanical design rules, were conducted and it was observed that TYPE V girder was 8.5 % less costly than the TYPE VI. In this case, it was determined that the optimum option was the TYPE V PPC girder.

REFERENCES

[1] AASHTO, Standard Specifications for Highway Bridges, Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2002.

[2] D. B. Garber, J. M. Gallardo, D. J. Deschenes ve O. Bayrak, «Experimental Investigation of Prestress Losses in FullScale Bridge Girders,» ACI Structural Journal, pp. 553-564, September-October 2015.

[3] E. G. Nawy, Prestressed Concrete: A Fundamental Approach, New Jersey: Prentice Hall , 2009.

[4] J. J. Zhao ve D. E. Tonias, Bridge Engineering, New York: The McGraw-Hill Companies, 2006.

[5] KGM, Karayolu Teknik Şartnamesi, Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü , 2013.

[6] PCI, PCI Design Handbook-Precast and Prestressed Concrete, Chicago: Precast/Prestressed Concrete Institute, 2010.

[7] R. G. El-Helou and B. A. Graybeal, “Shear Behavior of Ultrahigh-Performance Concrete Pretensioned Bridge Girders,” Journal of Structural Engineering, vol. 148, no. 4, pp. 04022017-1-04022017-13, 2022.

[8] TS 3233, Öngerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Ankara: Türk Standartları Enstitüsü, 1979.

[9] V. U. Misal, N. G. Gore ve P. J. Salunke, «Analysis and Design of Prestressed Concrete Girder,» International Journal of Inventive Engineering and Sciences (IJIES), cilt 2, no. 2, pp. 14-17, January 2014.

[10] W.-F. Chen ve L. Duan, Bridge Engineering Handbook- Superstructure Design, Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014.

Makale id= 94

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Makine Öğrenme Teknikleri Kullanılarak Parkınson Hastalığı Tespiti ve Sınıflandırılması

Öğr. Gör. Serap Beğdaş[1]
[1]Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu

Özet: *Günümüze kadar birçok hastalık alt dallara ayrılarak farklı isimlendirmeler almıştır. Bunlardan birisi de daha önce titrek felç olarak bilinen Parkinson hastalığıdır. Parkinson hastalığı insanların günlük yaşam kalitesini etkileyen, ruhsal ve fiziki olarak onları kısıtlayan nörolojik bir hastalıktır. Parkinson hastalığı insan beyninde dopamin üreten hücrelerin hasara uğrayarak azalmasıyla ortaya çıkan bir beyin hastalığıdır. Hastalığın belirtileri titreme ve hareket güçlüğü, bazı uzuvlarda karıncalanmalar, uyku bozuklukları, ses ve konuşma bozuklukları, depresyon ve düşünme bozuklukları, yüz mimiklerinde kayıplar, kas sertleşmeleri, göz dalması gibi birçok fiziksel bulgulardır. Literatürde Parkinson hastalığın tedavisinde kullanılan veri setleri kişilerin yürüme bozukluklarından, ses ve konuşma sinyallerinden elde edilen frekanstan, cümle uzunluğu ile oluşturulmuş konuşma egzersizlerinden, kol salınım frekansından, el ile çizilen spirallerin karşılaştırılması gibi birçok deneyden oluşturulmuştur. Bu çalışmada UCI makine öğrenmesi arşivinden alınan Parkinson veri seti ile çalışılmıştır. Bu veri setinde ses sinyalleri üzerinde deney yapılmış ve 197 ses kaydı alınmıştır. Veri setinde yer alan 31 kişiden 23 tanesi parkinson hastalığı olan kişilerdir. Yapılan çalışmada sesin temel frekansı, mutlak ses basınç seviyesi, jitter değeri, konuşma genliği, sesin harmonik oranları gibi öz nitelikler temel alınarak makine öğrenmesi teknikleri kullanılmış ve hastalık tespiti için yöntem geliştirilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Makine Öğrenme, Parkinson, Veri Balanslama*

Detection and Classification of Parkinson's Disease Using Machine Learning Techniques

Abstract: *To date, many diseases have been divided into sub-branches and given different names. One of these is Parkinson's disease, previously known as tremor palsy. Parkinson's disease is a neurological disease that affects people's quality of daily life and limits them mentally and physically. Parkinson's disease is a brain disease that occurs when dopamine-producing cells in the human brain are damaged and reduced. Symptoms of the disease are many physical findings such as tremors and difficulty in movement, tingling in some limbs, sleep disorders, voice and speech disorders, depression and thinking disorders, loss of facial expressions, muscle stiffness, and eye strain. The data sets used in the treatment of Parkinson's disease in the literature have been created through many experiments such as the frequency obtained from sample people's walking disorders, voice and speech signals, speech exercises created with sentence length, arm oscillation frequency, and comparison of hand-drawn spirals. In this study, the Parkinson data set taken from the UCI machine learning archive was used. In this data set, experiments were conducted on audio signals and 197 audio recordings were taken. 23 of the 31 people in the data set are people with Parkinson's disease. In the study, machine learning techniques were used based on attributes such as fundamental frequency of the sound, absolute sound pressure level, jitter value, speech amplitude, harmonic ratios of the sound, and a method was developed for disease detection.*

Keywords: *Machine Learning, Parkinson's, Data Balancing*

1. GİRİŞ

Günümüzde sağlık alanında pek çok hastalık tanısı bulunmaktadır. Hastalıkların klinik yöntemlerle teşhisinin yanında, makine öğrenmesi yöntemleri de bu alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu

hastalıklardan birisi de geçmişi 1817'li yıllara dayanan ve o yıllarda "titrek felç" olarak adlandırılan Parkinson hastalığıdır. Hastalığın teşhisinde de veri setleri oluşturularak makine öğrenmesi algoritmaları uygulanmış ve bireyler hakkında tahmini değerler elde edilmiştir.

Literatürde bu konu ile ilgili daha önce bazı çalışmalar yapılmış olup mevcut çalışmalar burada özetlenmiştir. Er tarafından yapılmış olan çalışmada (Er,B. , 2021); UCI arşivinden alınan veri seti kullanılmış ve Parkinson hastalarındaki konuşma sinyallerinin normal insanların ses sinyallerindeki farkından yararlanılmıştır. Sınıflandırma da bu farklılıkların akustik özellikleri kullanılarak derin öğrenmeye dayalı yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca genetik algoritmanın performansını kıyaslamak için ReliefF özellik seçim algoritması da kullanılmıştır. Daha sonra tasarlanan Evrişimsel Sinir Ağı (ESA) mimarisine bu özellikler girdi olarak verilmiştir. Deneylerde özellik seçimi olmadan ortalama %89,67, özellik seçim ile ise ortalama olarak %94,23 doğruluk elde edilmiştir.

Bir başka çalışmada (Sivaranjini & Sujatha, 2020a), Parkinson hastalarının ve sağlıklı insanların Manyetik Rezonans (MR) görüntüleri üzerinde deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde yapay sinir ağlarından AlexNet [URL5] kullanılarak hastalık tespiti yapılmıştır. MR görüntüleri, transfer öğrenme yöntemleri ile eğitilmiş ve doğruluk ölçüleri test edilmiştir. Önerilen yöntem ile %88,9 doğruluk elde edilmiştir.

Yine benzer bir çalışmada (Yildirim et al., n.d.); akustik sesler yardımıyla hibrit makine öğrenmesi temelli modellerle çalışılmış, bu amaçla, Parkinson hastası olan 188 bireye ve parkinson hastası olmayan 64 bireye üç defa "a" harfi söyletilerek ölçümler yapılmış ve veri seti elde edilmiştir. Bu veri seti cinsiyet bazlı ayrılarak üç ayrı veri seti (Bay, Bayan ve Karışık) oluşturulmuş ve tüm adımlar üç veri seti için ayrı ayrı işlenmiştir. İlk olarak ses kayıtları Baseline, Time, Vocal, MFCC ve Wavelet özellik guruplarına ayrılmış sonra veri setleri "Hasta/Sağlıklı" özelliği bakımından dengeli hale getirilmiş, ardından Eta korelasyon katsayısı tabanlı özellik seçme algoritması (E-Score) yardımıyla her özelik grubu için en iyi %20 özellik seçilmiş ve karar ağaçları ile destek vektör makinaları kullanılarak hibrit makine öğrenmesi temelli yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Tasarlanan bu modellerin performansı; Doğruluk oranı, Özgüllük, Duyarlılık, F-Ölçümü, AUC ve Kappa değerleri ile hesaplanmıştır. Çalışma sonunda; bay veri seti ile elde edilen en iyi doğruluk oranı, özgüllük ve duyarlılık değerleri sırasıyla %93,81, 1.0 ve 1.0'dır. Bayan veri seti ile elde edilen bu değerler ise sırayla %91,21, 0,97 ve 0,98'dir. Aynı şekilde ham (karışık) veri seti ile elde edilen bu değerler ise sırasıyla %93,12, 0,94 ve 0,98'dir. Elde edilen yüksek başarı oranları, tasarlanmış olan modellerin Parkinson hastalığı teşhisi için kullanılabileceğini göstermiştir.

Başka bir çalışmada (Kurnaz,R.,Özcan T.,2022); parkinson hastalığının tespitine yönelik sınıflandırma probleminde kullanılan veri setinin daha az özellikle temsili için özellik seçimi işlemi gerçekleştirilmiş. Sınıflandırma başarımını karşılaştırabilmek için KNN sınıflandırıcı kullanılırken, veri seçimi için BMNABC algoritması kullanılmış, literatürde olan başka algoritmalarla karşılaştırılmıştır.

Başka bir çalışmada (Madhavan & Holy & Radha, n.d.); konuşma bozukluğundan yararlanılarak ses biriminden türetilen chroma STFT, RMS, spektral merkez ve bant genişliği, MFCC, Roll-off ve Sıfır geçiş oranı gibi akustik özellikleri kullanarak Parkinson hastalığı tespit sisteminin geliştirilmesine çalışılmıştır. Bu veriler bazı makine öğrenme teknikleri ile modellenmiştir ve çalışmada Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN), Yapay Sinir Ağı (ANN) ve Gizli Markov Modeline (HMM) dayalı bir sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. CNN ağı, konuşmacı bilgilerinin spektrogramı ve akustik özellikler kullanılarak eğitilmiş, YSA ve HMM modelleri sadece akustik özelliklerle eğitilmiş ve önerilen yöntem ses kayıtları ile elde edilen veriler üzerinde test edilmiştir. CNN'nin spektrogram ile tanıma doğruluğu %88 ve akustik özellikler %93,5, YSA tabanlı PD, %96 başarı sağlamıştır. HMM tabanlı sistem ise %95,2 oranında tanıma doğruluğuna ulaşmıştır. Bu nedenle YSA tabanlı Parkinson tespiti, HMM ve CNN tabanlı Parkinson tespit sistemine kıyasla daha iyi performans göstermiştir.

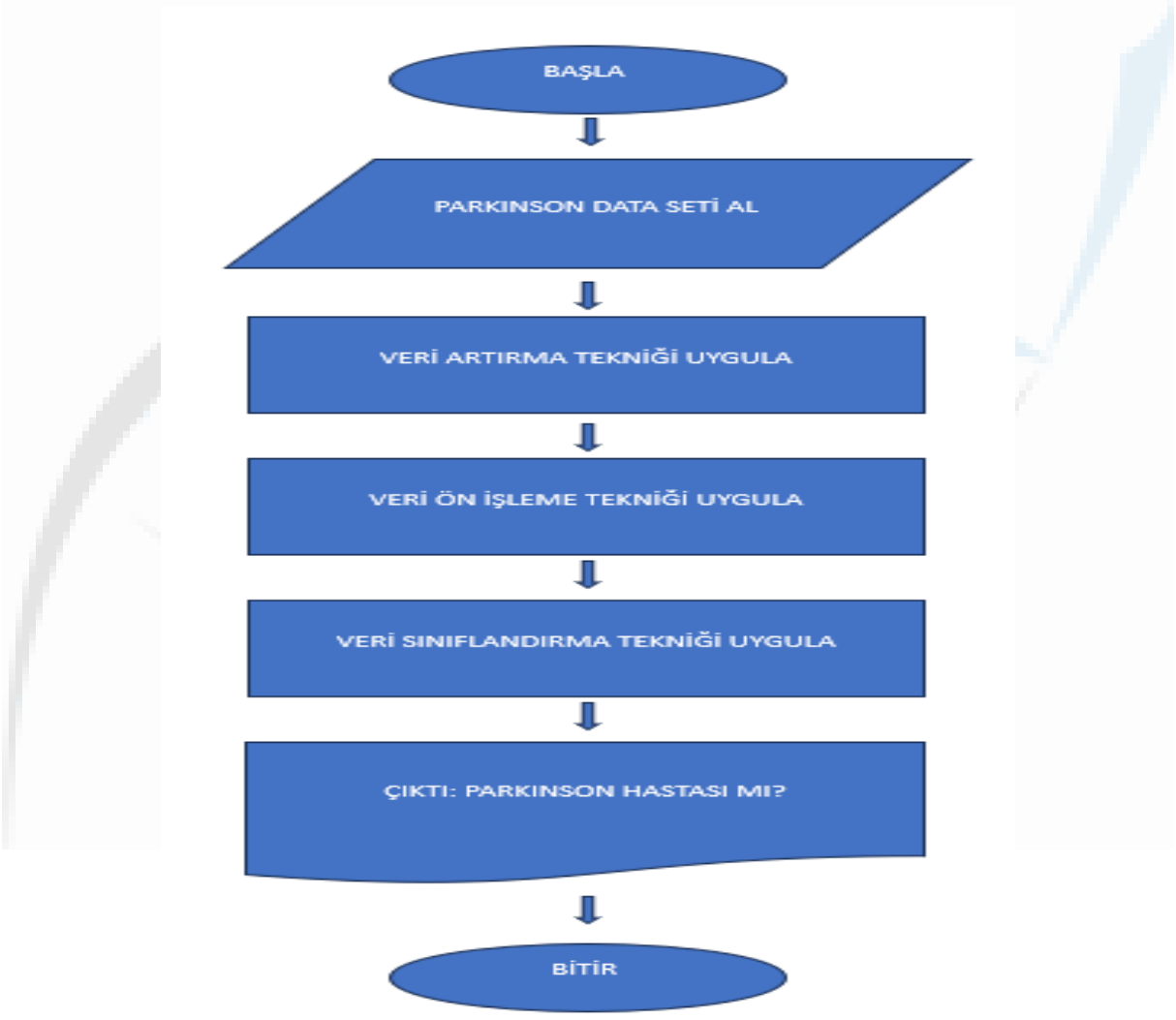
Bu çalışma daha önceki çalışmalara ek olarak veri setinden alınan veriler üzerinde, öncelikle veri balans sorunu giderilmesi için GAN ve VAE metodları kullanılarak veri dengesi sağlanmış daha sonra veriler üzerinde ön işlem yapılmış, train-test-split uygulanarak makine modellemesi için veriler analiz için uygun hale getirilmeye çalışılmıştır. Train veri seti üzerinde temel modelleme denemeleri yapılarak en doğru makine öğrenmesi algoritması seçilmeye çalışılmıştır. Bu sebeple sınıflandırma metotlarından

SVM ve KNN kullanılarak en iyi Parkinson hastalığı tespiti akış diyagramı yakalanmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma Visual Studio Community 2017 platformunda Python dili kullanılarak tamamlanmıştır.

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

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Visual Studio Community platformu ve Python dili kullanılmış ve Parkinson veri setine makine öğrenme teknikleri uygulanarak hastalık tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmada ilk olarak bazı arşivlerden veri setleri araştırılarak UCI arşivinden "Parkinkons.data" indirilmiş ve çalışmaya entegre edilmiştir. Bu veri seti sağlıklı ve parkinson hastası olan hastalardan alınan ses kayıtlarından oluşan, ses akustik özelliklerinin olduğu verilerdir. Çalışılacak verilerden sonra çalışma ortamı belirlenmiş ve gerekli kütüphaneler içeri aktarılmıştır. Veri iyileştirme, veri ön işleme adımlarından sonra farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Son olarak 0 ve 1 ile değerleriyle sağlıklı, sağlıksız kişiler etiketlenmiştir. Çalışmaya ait bir şema Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 4 Çalışmanın Akış Şeması

Çalışmanın akış şemasından da görüleceği üzere veri seti alındıktan hemen sonra veri artırma tekniği veriye uygulanmıştır. Veri artırma tekniği kullanım nedeni verinin dengesiz sınıf dağılımına sahip olmasıdır. Ardından veri setindeki ilişkisiz ve tekrar eden veriler ayıklanmış ve sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır.

2.1. Veri Seti Özellikleri

Makine öğrenmesi algoritmalarıyla Parkinson hastalığının tespiti için UCI veri deposundan indirilen Parkinson veri seti kullanılmıştır. Veri setine ait özellikler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1 Veri Seti Özellikleri

Öznitelik	**Açıklama**
MDVP: Fo (Hz)	Perde periyodunun temel frekans değeri
MDVP: Fhi (Hz)	Temel frekansın üst sınır değeri
MDVP: Flo (Hz)	Temel frekansın alt sınır değeri
MDVP: Jitter, Abs, RAP, PPQ, DDP	MDVP, perde periyodunda bulunan vokal kıvrımlardaki titreşimlerin perde işareti adı verilen bir sonraki döngünün başlangıcındaki titreşimlere kadar olan bir ölçüsüdür.
Jitter and Shimmer	Peşpeşe gelen frekanslar periyotları arasındaki mutlak farkın pertürbasyon ölçüleridir.
NHR and HNR	Temel frekans ve onun katları olan harmoniklerin toplam enerjisinin gürültü enerjisine oranlarıdır.
D2	Doğrusal olmayan, dinamik bir niteliktir olan D2 parametresi disfoniyi tanımlamak için kullanılır.
RPDE	Sinyalin ne kadar periyodik olduğunu ölçen "Yinelenme Periyodu Yoğunluk Entropi" anlamına gelen parametredir.
DFA	Konuşma sinyallerindeki gürültünün değişkenlik boyutunu ölçen parametredir.
PPE	Perde Periyodu entropisi olarak adlandırılan, konuşmadaki anormal varyasyonları logaritmik bir ölçek ile değerlendiren parametredir.
Spread1, spread2	MDVP'ye göre konuşmadaki varyasyonların kapsamının veya aralığının analizi: Fo(Hz)
Status	0 sağlıklı kişiyi, 1 ise Parkinson olan hastayı gösterir.

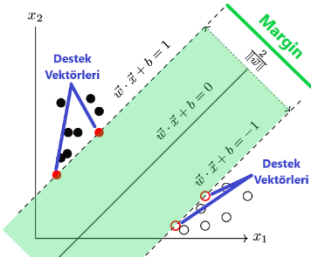
2.2. Sınıflandırma yöntemleri

Bu çalışmada Parkinson teşhisi için destek vektör makineleri (SVM) ve k en yakın komşu (KNN) algoritmaları kullanılmıştır. Bu algoritmaların seçilme nedeni geçmiş çalışmalarda bu alanda en fazla rastlanan yöntemler olmasıdır.

2.2.1. SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) ALGORITMASI

Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine) genellikle sınıflandırma, gerileme, aykırı değerleri algılama problemlerinde kullanılan denetimli (gözetimli) öğrenme yöntemlerinden biridir. Bir düzlemde

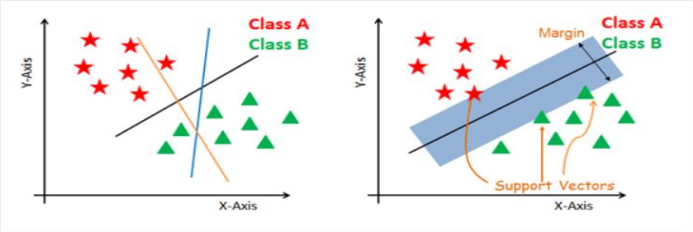
yerleştirilmiş noktaları ayırmak için bir doğru çizerek noktaların maksimum uzaklıkta olmasını sağlar. Karmaşık ama küçük ve orta ölçekteki veri setleri için uygun bir modeldir.



$$y = \begin{cases} \mathbf{0}\ \boldsymbol{if}\ \boldsymbol{w^T.x + b < 0}, \\ \mathbf{1}\ \boldsymbol{if}\ \boldsymbol{w^T.x + b \geq 0} \end{cases}$$

Şekil 5 SVM [URL2]

SVM de temel amaç, alınan veri setini mümkün olan en iyi şekilde ayrıştırmaktır. Bu işlemi yaparken her iki sınıfa da maksimum uzaklıkta olacak şekilde ayırıcı bir düzlem bulunmaya çalışılır. Şekilde sol taraftakinde siyah, mavi ve turuncu üç hiper düzlem çizilmiştir. Burada mavi ve turuncu daha yüksek sınıflandırma hatasına sahiptir, ama siyah iki sınıfı doğru bir şekilde ayıran düzlemdir. Sağ taraftaki şekilde ise en yakın veri noktalarından maksimum ayrıma sahip hiperdüzlem seçilmiştir.[URL:6]



Şekil 6 SVM VEKTÖR MODEL [URL:6]

SVM algoritması makine öğrenmesi algoritmaları içerisinde haklı bir üne sahiptir. Sağlık alanındaki yapay zekâ problemlerinin çözümünde de sıklıkla kullanılan bir algoritmadır.

2.2.2. K-NEAREST NEIGHBORS (KNN) ALGORİTMASI

KNN algoritması denetimli sınıflandırma algoritmalardan biridir. Algoritma aynı zamanda örüntü tanıma problemlerinin çözümünde de kullanılır. Tahmin edilecek özellik vektörünün en yakın komşusu hedef özellik olarak bilinir ve bu özelliğin bulunduğu sınıf bulunmaya çalışılır. Çalışma mantığı hedef özelliğin yoğun olduğu sınıfı bulmaya yöneliktir. Yöntemde uzaklık (d) için; Öklid, Manhattan, Chebyshev, Minkowski metrikleri kullanılmaktadır. (Duygu Kaya, 2018)

d: iki nokta (x-y) arasındaki mesafeyi ifade eden birim anlamına gelmektedir.

$$d_{öklid}(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

$$d_{manhattan}(x,y) = \sum_{i=1}^{n}|x_i - y_i| \quad (2)$$

$$d_{Chebyshev}(x,y) = max_i(|x_i - y_i|) \quad (3)$$

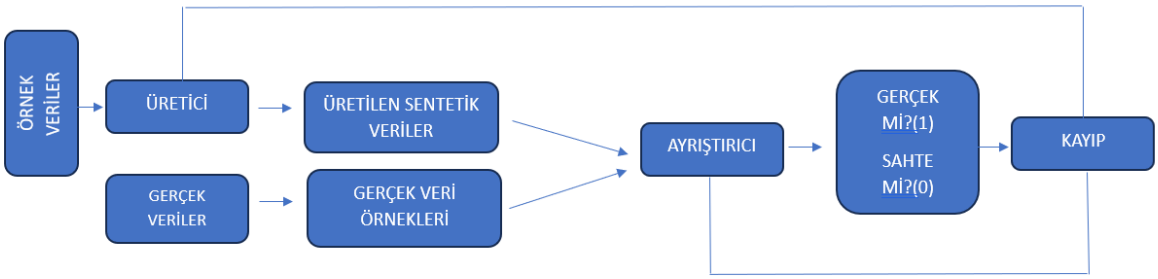
$$d_{Minkowski}(x,y) = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^m} \quad (4)$$

KNN algoritması da sık tercih edilen başarılı algoritmalardan birisi olduğu için bu çalışmada tercih edilmiştir.

2.3. VERİ ARTIRMA TEKNİKLERİ

Parkinson veri setinde sağlıklı ve sağlıksız bireylerin dağılımı dengeli olmadığı için sınıflandırma başarısını artırmak üzere veri artırma tekniklerinden yararlanılmıştır. Veri artırma tekniklerinin sayısı çok olmasına rağmen bu çalışmada sadece GAN ve VAE kullanılmıştır. GAN ve VAE yöntemlerini tercih etme nedeni bu tekniklerin son dönemdeki yaygın kullanımı ve başarılı sonuçlar vermesidir.

2.3.1. GAN METODU



Şekil 7 GAN Şeması

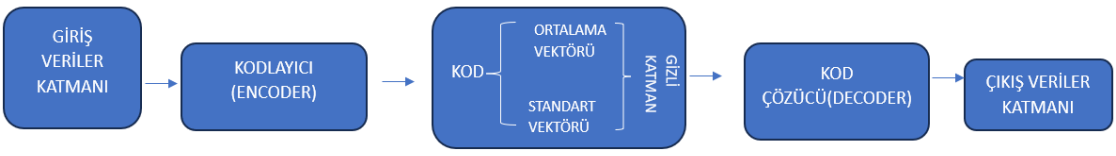
GAN metodu 2014 yılında Ian Goodfellow (Ian J. Goodfellow, 2014, s. 2672–2680) tarafından ortaya atılan ve akabinde geliştirilen bir yapay sinir ağı modelidir. Bu model Generative Adversarial Networks — GAN (Çekişmeli Üretici Ağlar) adını almaktadır. Model sisteme verilen verilerden örnek sentetik veriler üretmeye yöneliktir. GAN metodu iki farklı yaklaşımla, üretici (Generator) ve ayrıştırıcı (Discriminator) olarak çalışır. Üretici ağ örnek verilerden yeni sentetik veriler üretirken; ayrıştırıcı ağ, oluşturulmuş verileri gerçek ve sentetik veriler olarak ayrıştırmaya yarar.

GAN için formülizasyon aşağıda verilmiştir.

$$\min_G \max_D V(D,G) = E_{x\sim p_{data(x)}}[\log D(x)] + E_{z\sim p_{z(z)}}[\log(1-D(G(z)))] \quad (5)$$

2.3.2. VAE METODU

Varyasyonel Otomatik Kodlayıcı (Variantional Autoencoder-VAE) metodu girişte aldığı verileri ortalama ve standart sapma olarak iki ayrı vektöre ayırır. Arada bulunan gizli katman olasılık dağılımları ile rasgele kodlar yardımıyla, aldığı verilere benzer verileri üretirler.



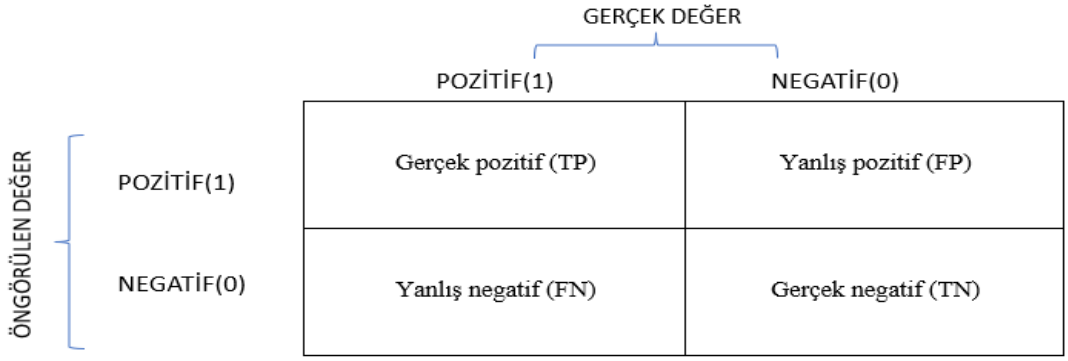
Şekil 8 VAE Şeması

$n \rightarrow \boxed{Z} \leftarrow X_a \quad \theta \rightarrow \boxed{X} \leftarrow Z$

$$\log_p(X = x \mid \theta) \geq \left[\log_p(X = x \mid Z, \theta)\right]_{q(Z \mid X_a = x, n)} - KL\left(q(Z \mid X_a = x, n) || p(Z)\right) \quad (6)$$

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada UCI Parkinson veri seti üzerinde makine öğrenme algoritmaları önce orijinal verilerle çalıştırılmış sonra veri artırma yapılarak artırılmış veriler üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Deneysel sonuçların sunumunda doğruluk, kesinlik ve duyarlılık metrikleri kullanılmıştır.



Gerçek pozitif (TP)	Model pozitif sınıfı doğru bir şekilde tahmin ediyor
Yanlış pozitif (FP)	Model pozitif sınıfı yanlış tahmin ediyor
Gerçek negatif (TN)	Model negatif sınıfı doğru şekilde tahmin ediyor
Yanlış negatif (FN)	Model negatif sınıfı yanlış tahmin ediyor

$Kesinlik = TP/(TP+FP)$	(7)
$Duyarlılık = TP/(TP+FN)$	(8)
$F1-Skor = 2XDuyarlılıkxKesinlik/(Duyarlılık+Kesinlik)$	(9)
$Doğruluk = (TP+TN)/(TP+FN+TN+FP)$	(10)

3.1.1. SVM MODEL

SVM model kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2 Destek vektör makinesi algoritması sonuçları

SINIFLANDIRMA METODU	DOĞRULUK	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1-SKOR
VERİ ARTIRMA OLMADAN SVM	**0.8974**	**0.8709**	**1.0**	**0.9310**
GAN UYGULANMIŞ SVM	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**
VAE UYGULANMIŞ SVM	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**

3.1.2. KNN MODEL

KNN model kullanılarak elde edilen Parkinson tespit doğrulukları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3 K en yakın komşu algoritması sonuçları

SINIFLANDIRMA METODU	DOĞRULUK	KESİNLİK	DUYARLILIK	F1-SKOR
VERİ ARTIRMA OLMADAN KNN	**0.9230**	**0.9032**	**1.0**	**0.9491**
GAN UYGULANMIŞ KNN	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**
VAE UYGULANMIŞ KNN	**1.0**	**1.0**	**1.0**	**1.0**

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada UCI dan alınan "Parkinsons.data" veri seti üzerinde farklı derin öğrenme yöntemleri uygulanmıştır. Bu veri setinde 31 kişiye ait 197 farklı ses kaydı örneği bulunmaktadır. 31 kişinin 23 tanesi Parkinson hastası geriye kalan 8 kişi Parkinson olmayan kişilerdir. Veri setindeki sütunlar sesin temel frekansı, mutlak ses basınç seviyesi, jitter değeri, konuşma genliği, sesin harmonik oranları gibi sese ait çeşitli akustik niteliklerdir.

Çalışmalarda elde edilen akış diyagramına göre; veri seti elde edildikten sonra veri seti üzerinde öncelikle sağlıklı ve sağlıksız kişi sayısındaki veri denge sorunu farklı iki metot (GAN ve VAE) kullanılarak, 147-147 olarak dengelenmiş ve bu veriler üzerinde ön işlemler yapılarak veriler analiz için uygun hale getirilmiştir. Elde edilen veriler makine öğrenmesi yöntemleri ile eğitilmiş ve sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak veri setindeki parametreler baz alınarak, literatürde belirlenen değer aralıklarına göre belirli giriş verileri alınarak, sonuç 0 ve 1 e göre return edilmiş; " Sağlıklı" veya "Sağlıksız" olarak çıktı elde edilmiştir. Yapılan çalışmaya göre veri denge sorunu çözüldükten sonra uygulanan makine öğrenme tekniklerinden daha iyi sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. Sınıflandırma yöntemlerinin ise doğruluk değerlerine bakarak KNN algoritmasının SVM den daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

Arena, J. E., & Stoessl, A. J. (2016a). Optimizing diagnosis in Parkinson's disease: Radionuclide imaging. *Parkinsonism and Related Disorders, 22,* S47–S51. https://doi.org/10.1016/j.parkreldis.2015.09.029

Artificial intelligence model can detect Parkinson's from breathing patterns | MIT News | Massachusetts Institute of Technology. (n.d.). Retrieved January 1, 2023, from https://news.mit.edu/2022/artificial-intelligence-can-detect-parkinsons-from-breathing-patterns-0822

Bhattacharya, I., & Bhatia, M. P. S. (2010b). SVM classification to distinguish Parkinson disease patients. *Proceedings of the 1st Amrita ACM-W Celebration of Women in Computing in India, A2CWiC'10*. https://doi.org/10.1145/1858378.1858392

Bolón-Canedo, V., Sánchez-Maroño, N., Alonso-Betanzos, A., Benítez, J. M., & Herrera, F. (2014a). A review of microarray datasets and applied feature selection methods. *Information Sciences, 282,* 111–135. https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.05.042

Chen, L., Wang, C., Chen, J., Xiang, Z., & Hu, X. (2021a). Voice Disorder Identification by using Hilbert-Huang Transform (HHT) and K Nearest Neighbor (KNN). *Journal of Voice*, *35*(6), 932.e1-932.e11. https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.03.009

ER, M. B. (2021). Özellik seçimi ve Derin Öğrenmeye Dayalı Parkinson Hastalığı Tespiti. *European Journal of Science and Technology*. https://doi.org/10.31590/ejosat.817151

Fen, G. Ü., Dergisi, B., Gülcü, A., & Kuş, Z. (2019). Konvolüsyonel Sinir Ağlarında Hiper-Parametre Optimizasyonu Yöntemlerinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, *7*(2), 503–522. https://doi.org/10.29109/GUJSC.514483

Ferreira, M. I. A. S. N., Barbieri, F. A., Moreno, V. C., Penedo, T., & Tavares, J. M. R. S. (2022). Machine learning models for Parkinson's disease detection and stage classification based on spatial-temporal gait parameters. *Gait & Posture*, *98*, 49–55. https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2022.08.014

Gemci, F., Ibrikci, T., Yazar, S., & Author, C. (2019). Özel Sayı. In *KSU J Eng Sci* (Vol. 22).

Gomathy, C. K., Dheeraj Kumar Reddy, M. B., Varsha, B., & Varshini, B. (2021). *Cloud Security Alliance View project DETECTION AND REMOVAL OF CRACKS ON DIGITIZED IMAGES View project THE PARKINSON'S DISEASE DETECTION USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES*. www.irjet.net

Gong, B., Li, D., Kusko, R., Novoradovskaya, N., Zhang, Y., Wang, S., Pabón-Peña, C., Zhang, Z., Lai, K., Cai, W., LoCoco, J. S., Lader, E., Richmond, T. A., Mittal, V. K., Liu, L. C., Johann, D. J., Willey, J. C., Bushel, P. R., Yu, Y., … Xu, J. (2021). Cross-oncopanel study reveals high sensitivity and accuracy with overall analytical performance depending on genomic regions. *Genome Biology*, *22*(1). https://doi.org/10.1186/S13059-021-02315-0

Madhavan, S. R., & holy, S. S. (n.d.-a). *Parkinson's Disease Detection using Machine Learning Techniques*. *XXX*, 543–552. https://doi.org/10.24205/03276716.2020.4055

Özellik seçimi ve Derin Öğrenmeye Dayalı Parkinson Hastalığı Tespiti. A., Bilal Er, M., Üniversitesi, H., Fakültesi, M., & Mühendisliği Bölümü, B. (2021). *European Journal of Science and Technology*, *21*, 428–436. https://doi.org/10.31590/ejosat.817151

Mei, J., Desrosiers, C., & Frasnelli, J. (2021). Machine Learning for the Diagnosis of Parkinson's Disease: A Review of Literature. In *Frontiers in Aging Neuroscience* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.633752

Parisi, L., RaviChandran, N., & Manaog, M. L. (2018a). Feature-driven machine learning to improve early diagnosis of parKinson's disease. *Expert Systems with Applications*, *110*, 182–190. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.06.003

Parra-Gallego, L. F., Arias-Vergara, T., Vásquez-Correa, J. C., Garcia-Ospina, N., Orozco-Arroyave, J. R., & Nöth, E. (2018). Automatic Intelligibility Assessment of Parkinson's Disease with Diadochokinetic Exercises. *Communications in Computer and Information Science*, *916*, 223–230. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00353-1_20/COVER

Rana, A., Dumka, A., Singh, R., Panda, M. K., Priyadarshi, N., & Twala, B. (2022). Imperative Role of Machine Learning Algorithm for Detection of Parkinson's Disease: Review, Challenges and Recommendations. In *Diagnostics* (Vol. 12, Issue 8). MDPI. https://doi.org/10.3390/diagnostics12082003

Sakar, C. O., Serbes, G., Gunduz, A., Tunc, H. C., Nizam, H., Sakar, B. E., Tutuncu, M., Aydin, T., Isenkul, M. E., & Apaydin, H. (2019b). A comparative analysis of speech signal processing algorithms for Parkinson's disease classification and the use of the tunable Q-factor wavelet transform. *Applied Soft Computing Journal*, *74*, 255–263. https://doi.org/10.1016/J.ASOC.2018.10.022

Selesnick, I. W. (2011a). Wavelet transform with tunable Q-factor. *IEEE Transactions on Signal Processing*, *59*(8), 3560–3575. https://doi.org/10.1109/TSP.2011.2143711

Sivaranjini, S., & Sujatha, C. M. (2020a). Deep learning based diagnosis of Parkinson's disease using convolutional neural network. *Multimedia Tools and Applications*, *79*(21–22), 15467–15479. https://doi.org/10.1007/s11042-019-7469-8

Uygulamalı Makine Öğrenmesi - 1 - Pandas ve Veriseti Yorumlaması - YouTube. (n.d.). Retrieved January 1, 2023, from https://www.youtube.com/watch?v=xGC6q6K4_VI

Yildirim, k., anabilim, e., enstitü, d., & dalı, b. (n.d.). ses sinyallerinden parkinson hastalığının teşhisi için hibrit makine öğrenmesi temelli cinsiyete bağlı yeni bir yaklaşım yüksek lisans tezi.

Kaya D, Türk M, Kaya T. (2018). Examining the Effect of Dimension Reduction on EEG Signals by K- Nearest Neighbors Algorithm. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 5, No: 2, 2018 (591-595).

Duygu Kaya, M. T. (2018). Examining the Effect of Dimension Reduction on EEG Signals by K-Nearest Neighbors Algorithm. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt: 5, No: 2, 2018 (591-595).

Ian J. Goodfellow, J. P.-A.-F. (2014). Generative Adversarial Nets.

URL:1) https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php

URL:2) https://medium.com/deep-learning-turkiye/nedir-bu-destek-vekt%C3%B6r-makineleri-makine-%C3%B6%C4%9Frenmesi-serisi-2-94e576e4223e

URL:3) https://www.veribilimiokulu.com/support-vector-machine-svm-ile-siniflandirma-python-ornek-uygulamasi/

URL:4) https://www.datacamp.com/tutorial/svm-classification-scikit-learn-python

URL:5) https://en.wikipedia.org/wiki/AlexNet

URL:6) https://towardsdatascience.com/using-machine-learning-models-to-recommend-airline-carriers-part-ii-f87ea6d74728

Makale id= 99

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0296-106x Ahmet Feyzioğlu- Yusuf Cemil Topaloğlu 0009-0008-0297-8391

Karbon Ayakizi Hesaplamalarında Emisyon Faktörü Seçiminin Oluşturduğu Farkların Optimizasyonu

Doç.Dr. Ahmet Feyzioğlu[1] , Araştırmacı Yusuf Cemil Topaloğlu[2]
[1]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Üretim Planlama Ve Kontrol Anabilim Dalı
[2]Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü,

*Corresponding author: Yusuf Cemil Topaloğlu

Özet: *GİRİŞ-AMAÇ: Metal sektöründeki Şirketlerde, Karbon Vergisine temel oluşturmak için kullanılacak Karbon ayak izi hesaplamalarında Emisyon Faktörleri seçiminin sonuca etkisi ve sonuçları optimize etme yöntemlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. GEREÇ-YÖNTEM: Çalışmanın özü, Metal Sanayiinde ayrı yerleşkelerde yapılan üretimlere ait Karbon Ayak izi (Kapsam1, 2 ve 3) Hesaplamalarının Emisyon Faktörleriyle bağlantısının araştırılmasıdır. Farklı süreçler kullanılan fabrikalarda; GHG yöntemiyle yapılan Karbon Ayakizi hesaplamalarda, Uluslararası Kabul Görmüş Emisyon faktörleri uygulanmış, bunların Şirketlerin Toplam Karbon Ayakizi değerini ne düzeyde etkilediği gösterilmiştir. Veriler CBAM communication template for installations - Final Draft 23.10.2023 ile kontrol edilmiştir. BULGULAR: Çalışmaya 2 ayrı Tüzel Kişilik bünyesindeki ayrı ayrı şehirlerdeki yerleşkelerde üretim yapan toplam 8 fabrika dahil edilmiştir. Bu fabrikaların Karbon Ayak izi hesaplamalarında IPCC, DEFRA ve Ecoinvent Emisyon faktörlerinin uygulanmasının, Şirketlerin Kapsam1,2 ve 3 değerleri üzerinde, toplam Karbon Ayak izi miktarlarında anlamlı farklılıklara sebep olduğu saptandı. SONUÇ: Bu fabrikaların Karbon Ayak izi boyutları, göreli olarak büyük bir veri ölçeğinin değerlendirmesini gerektirdiğinden, bu çalışma bünyesinde Proje Yönetimi ilkelerinin de uygulanması kararlaştırılmıştır. Proje Yönetimi metotları kullanılarak; Karbon emisyonları farklı zamanlarda farklı yerleşke ve yöntemlerle elde edilen verilerin sistematik olarak bağımsızlaştırılması ve üniversal olarak kullanılabilecek kalitede verilerin eldesi ile, Karbon Vergisi açısından sektör Şirketlerinde kullanılacak hesap ve optimizasyon yöntemleri önerilmiştir. Şirketlerin farklı yerleşkelerinde ve farklı süreçlerinden kaynaklanan emisyonların değerlendirilebilmesi için sonuçların detaylı olarak analiz edilmesi de, Karbon ayak izi için optimize hesaplama yöntemleri önerilmesini olası kılınmıştır. Halen Karbon ayak izi hesaplamalarında Avrupa Birliği tarafından ilan edilen geçerli tek bir Emisyon Faktör Seti yoktur, bu nedenle Şirketler Emisyon faktörü seçimini özgürce yapabilmektedir. Ancak, Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması çerçevesinde 31 Aralık 2025'de Karbon Vergisi uygulaması başladığında, Şirketlerimiz Karbon Ayak izi hesaplama konusunda seçecekleri Emisyon Faktörleri doğrudan doğruya ürettikleri Karbon miktarını ve ödeyecekleri vergi miktarını etkileyeceğinden, Şirketler bu hesaplama ve seçimler konusunda bilgilendirilmeli ve vergiyi optimize edecek Emisyon faktörleri seçimi konusunda desteklenmelidir.*

Anahtar Kelimeler: *Karbon Ayakizi, Emisyon Faktörleri, Veri Optimizasyonu*

Optimization of the Differences Created by Emission Factor Selection in Carbon Footprint Calculations

Abstract: *INTRODUCTION-PURPOSE: It is aimed to evaluate the effect of the selection of Emission Factors on the results and methods of optimizing the results in the Carbon footprint calculations that will be used to form the basis for the Carbon Tax in Companies in the metal sector. MATERIALS-METHODS: The essence of the study is to investigate the connection between Carbon Footprint (Scope 1, 2 and 3) Calculations and Emission Factors for productions made in separate campuses in the Metal Industry. In factories where different processes are used; In the Carbon Footprint calculations made with the GHG method, Internationally Accepted Emission factors were*

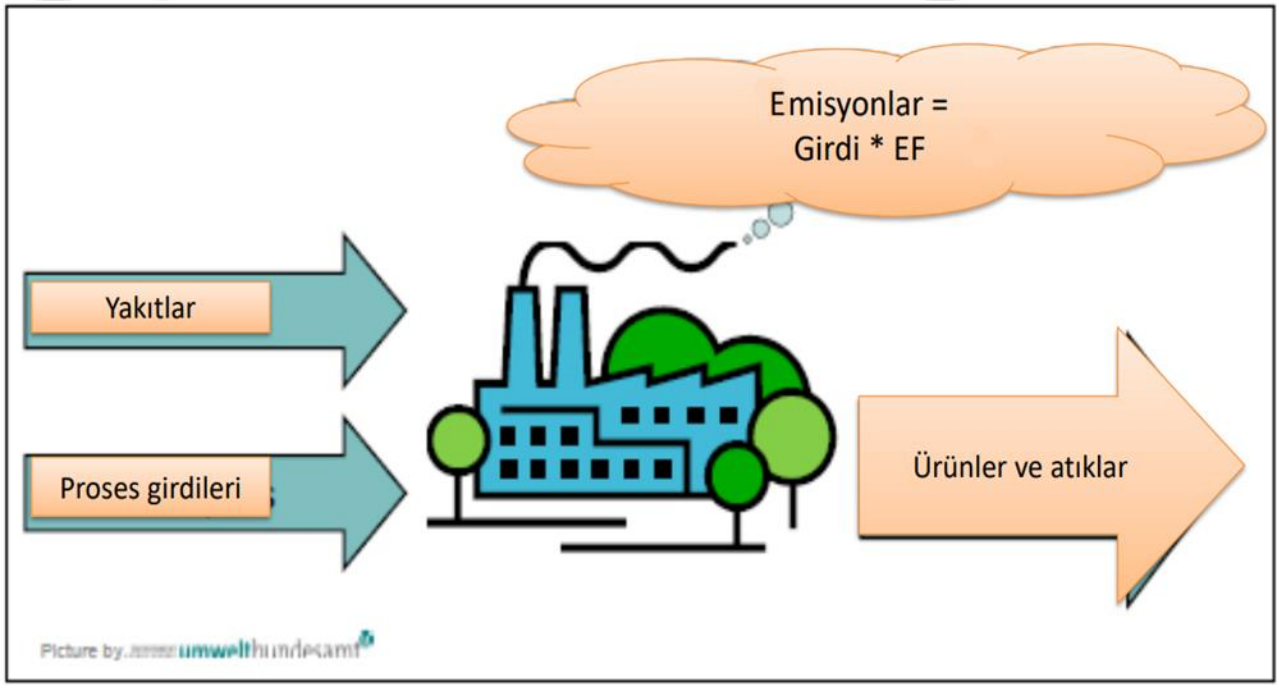
applied and it was shown to what extent they affected the Total Carbon Footprint value of the Companies. Data checked with CBAM communication template for installations - Final Draft 23.10.2023. FINDINGS: A total of 8 factories producing in campuses in separate cities within 2 separate Legal Entities were included in the study. It was determined that the application of IPCC, DEFRA and Ecoinvent Emission factors in the Carbon Footprint calculations of these factories caused significant differences in the total Carbon Footprint amounts on the Companies' Scope 1, 2 and 3 values. CONCLUSION: Since the Carbon Footprint sizes of these factories require the evaluation of a relatively large data scale, it was decided to apply Project Management principles within this study. Using Project Management methods; Currently, there is no single valid Emission Factor Set declared by the European Union in Carbon footprint calculations, therefore Companies can freely choose the Emission factor. However, when the Carbon Tax application begins on December 31, 2025 within the framework of the Border Carbon Regulation Mechanism, the Emission Factors that our Companies will choose for Carbon Footprint calculation will directly affect the amount of Carbon they produce and the amount of tax they will pay.

Keywords: *Carbon Footprint, Emission Factors, Data Optimization*

GİRİŞ-AMAÇ: Karbon Vergisi açısından Otomotiv sektör Şirketlerinde kullanılacak Karbon ayakizi hesaplamalarında Emisyon Faktörleri seçiminin sonuca etkisi ve sonuçların optimizasyon yöntemlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ-YÖNTEM: Kurumsal karbon ayak izi, kurumların faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan sera gazlarının karbondioksit (tonaj) eşdeğeri cinsinden ortaya konmasıdır. Kurumun bir önceki yıla ait faaliyetlerinden kaynaklanan emisyonlarının hesaplanmasıyla belirlenmektedir. Hesaplanan değer, "ton CO2" birimiyle ifade edilmektedir. Kuruma ait emisyon kaynakları, ISO 14064-1:2018 standartlarına uygun olarak 6 kategoride, GHG protokolüne uygun olarak 3 kapsamda değerlendirilerek hesaplanmıştır. Proje Planlamasında, hesaplama sonucu ortaya çıkan karbon ayak izinin azaltılması veya nötr olması için işletmelere projeler sunulması ve bu projelerin takibini sağlamak hedeflenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, her fabrikaya ait yıllık emisyon verileri Kapsam 1,2,3 sınıflandırmasına tabi tutulmuştur. Avrupa Birliği ilgili dökümanına göre (1), Karbon ayak izi Emisyonları Harcanan Girdi Verilerinin Emisyon (Dönüşüm) Faktörleri ile çarpılarak hesaplanmaktadır:



Şekil (1) Emisyonların hesabı

Hesaplama iki aşamalı gerçekleştirilir; Birinci aşama, Faaliyet Verilerini Sera Gazı Emisyonlarına dönüştürmektir:

Sera Gazı Emisyonları= Faaliyet (sarfiyat) Verileri X Emisyon (Dönüşüm) Faktörü

İkinci Aşamada her bir sera gazı için küresel ısınma potansiyelini kullanarak sera gazı emisyonlarını Ton CO2 cinsinden ifade etmektir:

Sera Gazı Emisyonları= ∑gaz (Emisyon gazX KIPgaz)

Bahse konu Emiyon (Dönüşüm) Faktörleri, henüz üzerlerinde kesin anlaşma sağlanmış ve bu husus ilan edilmiş durumda değildirler. Bu çalışmada Emisyon Faktörleri kullanıma alınan IPCC, Defra ve Ecoinvent portalleri (2), (3) (4) üzerinden elde edilmektedir.



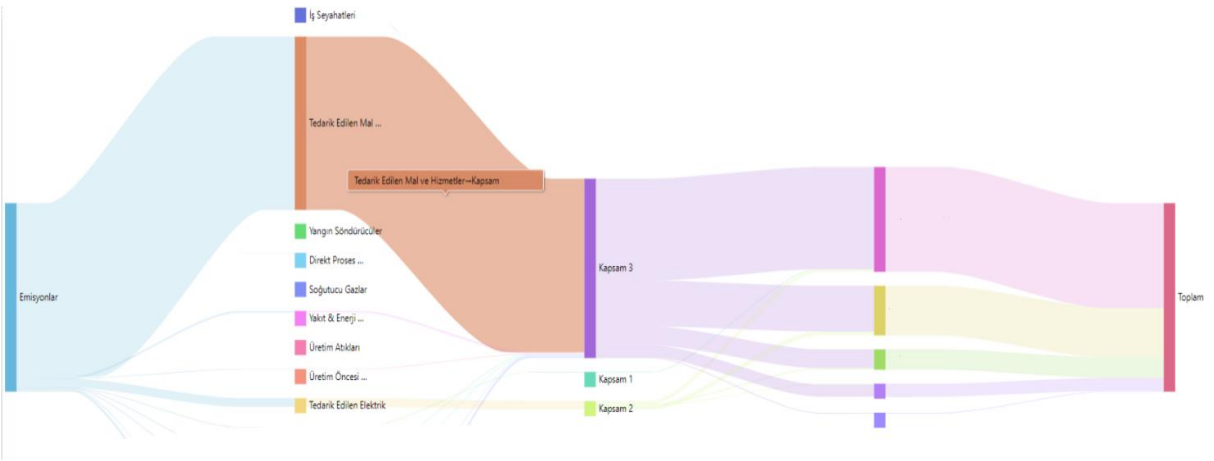
Şekil (1) Farklı Emisyon Faktörleri erişim portalleri

Takiben Tablo (1) de görüldüğü gibi, fabrika verileri bu emisyon faktörleri ile çarpılarak Sera Gazı işlenmeye başlamıştır:

Tablo (1) IPCC+TC Enerji Bakanlığı+Ecoinvent3,8 Emisyon faktörleri kullanılarak yapılan Karbon Ayak izi Hesaplama örneği

AKTİVİTE	KATEGORİ SINIFI	EMİSYON FAKTÖRÜ TEMİN YÖNTEMİ	AKTİVİTE DETAYI	KAYDEDİLEN MİKTARLARA AİT VERİLER (2022)	EMİSYON DÖNÜŞÜM FAKTÖRLERİ (IPCC+TC ENERJİ BAKANLIĞI+ECOINVENT3.8)	HESAPLANAN CO2 EŞDEĞERLERİ (kg) (2022)
Sabit Yanma	Kapsam 1	IPCC	Doğalgaz (m3)	434.083,00	1,96	850.802,68
Sabit Yanma	Kapsam 1	IPCC	Mazot	1.050,00	2,65	2.785,97
Hareketli Yanma	Kapsam 1	IPCC	Petrol	8.257,63	2,14	17.683,71
Hareketli Yanma	Kapsam 1	IPCC	Dizel	19.973,65	2,69	53.637,24
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	Kyoto Blends - R407C	22,12	1774,0	39.240,88
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	Kyoto Blends - R410A	4,37	2088,0	9.124,56
Proses Emisyonları	Kapsam 1	Etiketlenmiş Tedarikçi Verisi (MSDS vb.) / Beyan	Proseste kullanılan CO2 gazı	19.740,00	1	19.740,00
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	CO2	25,00	1	25,00
Elektrik Tüketimi	Kapsam 2	Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Tedarik Edilen Elektrik	18.914.000,00	0,440	8.322.160,00
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hizmet	19.758.415,00	1,25	24.698.018,75
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Ekipman	1.392.758,00	2,1	2.924.791,80
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde USIBOR	63.341.632,58	4,91	310.703.737,18
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde Paslanmaz Çelik Sac - 18/8 (Avrupa)	241,78	5,11	1.235,82
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde Mertensitik Çelik Sac (Avrupa)	42.896,70	5,11	219.259,36

Bu hesaplama sonucunda aşamanın örneği Şekil(2)'de gösterilmiştir.



Şekil (2) Bir Otomotiv fabrikasının Karbon Emisyonlarının Kapsam1,2,3'e kırılım örneği (Sankey Diyagramı)

Bu kırılımların ayrıştırılması ve raporlanması ile birlikte sıcak nokta analizleri yapılarak atak edilecek noktalar saptanır. Çalışmaya 2 ayrı Tüzel Kişilik (Şirket) bünyesindeki ayrı ayrı şehirlerdeki yerleşkelerde üretim yapan toplam 8 fabrikanın verileri dahil edilmiş ve tümünün Kapsam 1,2,3 analizi yapılmıştır. Emisyon (Dönüşüm) faktörlerinin değişik kaynaklardan seçildiğinde Toplam Karbon ayakizinin nasıl değiştiğini araştırmak amacıyla, Tablo (2) de görüldüğü gibi, fabrika verileri bu kez DEFRA portalinden alınan emisyon faktörleri eklenmiş ve verilerle katsayılar çarpılarak toplam Karbon Ayakizi hesaplanmıştır:

Tablo (2) IPCC+TC Enerji Bakanlığı+Ecoinvent3,8+DEFRA Emisyon faktörleri kullanılarak yapılan Karbon Ayak izi Hesaplama örneği

AKTİVİTE	KATEGORİ SINIFI	EMİSYON FAKTÖRÜ TEMİN YÖNTEMİ	AKTİVİTE DETAYI	KAYDEDİLEN MİKTARLARA AİT VERİLER (2022)	EMİSYON DÖNÜŞÜM FAKTÖRLERİ (IPCC+TC ENERJİ BAKANLIĞI+ECOINVENT3.8)	HESAPLANAN CO2 EŞDEĞERLERİ (kg) (2022)	EMİSYON DÖNÜŞÜM FAKTÖRLERİ (IPCC+TC ENERJİ BAKANLIĞI+DEFRA)	HESAPLANAN CO2 EŞDEĞERLERİ (kg) (2022)
Sabit Yanma	Kapsam 1	IPCC	Doğalgaz (m3)	434.083,00	1,96	850.802,68	2,02	876.847,66
Sabit Yanma	Kapsam 1	IPCC	Mazot	1.050,00	2,65	2.785,97	2,7	2.835,00
Hareketli Yanma	Kapsam 1	IPCC	Petrol	8.257,63	2,14	17.683,71	2,16	17.836,48
Hareketli Yanma	Kapsam 1	IPCC	Dizel	19.973,65	2,69	53.637,24	2,7	53.928,86
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	Kyoto Blends - R407C	22,12	1774,0	39.240,88	1774	39.240,88
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	Kyoto Blends - R410A	4,37	2088,0	9.124,56	2088	9.124,56
Proses Emisyonları	Kapsam 1	Etiketlenmiş Tedarikçi Verisi (MSDS vb.) / Beyan	Proseste kullanılan CO2 gazı	19.740,00	1	19.740,00	1	19.740,00
Kaçak Emisyonlar	Kapsam 1	IPCC	CO2	25,00	1	25,00	1	25,00
Elektrik Tüketimi	Kapsam 2	Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	Tedarik Edilen Elektrik	18.914.000,00	0,440	8.322.160,00	0,19338	3.657.589,32
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hizmet	19.758.415,00	1,25	24.698.018,75	1,25	24.698.018,75
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Ekipman	1.392.758,00	2,1	2.924.791,80	2,10	2.924.791,80
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde USIBOR	63.341.632,58	4,91	310.703.737,18	3,10	196.399.599,64
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde Paslanmaz Çelik Saç - 18/8 (Avrupa)	241,78	5,11	1.235,82	3,10	749,67
Satın Alınan Hammadde ve Hizmetler	Kapsam 3	Uluslararası Kabul Görmüş Datalar (Ecoinvent 3.8)	Hammadde Martenzitik Çelik Saç (Avrupa)	42.896,70	5,11	219.259,36	3,10	133.007,22

Hesaplamalar, farklı Emisyon (Dönüşüm) Faktörü kullanıldığında, aynı fabrikanın daha düşük Karbon Ayak izi gösterildiğini göstermiştir. Veriler CBAM communication template for installations - Final Draft 23.10.2023 ile kontrol edilmiştir.

BULGULAR: Çalışmaya 2 ayrı Tüzel Kişilik (Şirket) bünyesindeki ayrı ayrı şehirlerdeki yerleşkelerde üretim yapan toplam 8 fabrika dahil edilmiştir. Bu fabrikaların Karbon Ayakizi hesaplamalarında Emisyon Faktörlerinin ayrı ayrı uygulanması sonrasında, IPCC, DEFRA ve Ecoinvent faktörlerinin Kapsam1,2 ve 3 değerleri üzerinden toplam Karbon Ayakizi miktarlarında %26,83 ila %32,56 arasında değişen düşüşlere sebep olduğu saptandı.

SONUÇ: Bu fabrikaların Karbon Ayakizi boyutları, göreli olarak büyük bir veri ölçeğinin değerlendirmesini gerektirdiğinden, bu çalışma bünyesinde Proje Yönetimi ilkelerinin de uygulanması kararlaştırılmıştır. Proje Yönetimi metodları kullanılarak; Karbon emisyonları farklı zamalarda farklı yerleşke ve yöntemlerle elde edilen verilerin sistematik olarak bağımsızlaştırılması ve üniversal olarak kullanılabilecek kalitede verilerin eldesi ile, Karbon Vergisi açısından Otomotiv sektör Şirketlerinde kullanılacak hesap ve optimizasyon yöntemleri önerilmiştir. Şirketlerin farklı yerleşkelerinde ve farklı süreçlerinden kaynaklanan emisyonların değerlendirilebilmesi için sonuçların detaylı olarak analiz edilmesi de, Karbon ayakizi için optimize hesaplama yöntemleri önerilmesini olası kılınmıştır. Halen Karbon ayakizi hesaplamalarında Avrupa Birliği tarafından ilan edilen geçerli tek bir Emisyon Faktör Seti yoktur, bu nedenle Şirketler Emisyon faktörü seçimini özgürce yapabilmektedir.

Sınırda Karbon Düzenlemesi Mekanizması, Kurumsal karbon ayak izinden farklı olarak ürün bazlı karbon ayak izi hesaplama prosedürüdür. Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) olarak Avrupa Parlamentosu tarafından yasalaştırıldığından 1 Ekim 2023 tarihi itibariyle 6 sektör "geçiş dönemine" alınmıştır. 1 Ocak 2026 yılı itibariyle da, maddi yaptırımlar (karbon-emisyon vergisi) uygulamaya geçecektir. Üretilen ürün karbon ayak izinin, emisyon üst sınırı geçmesi halinde ton başına Karbon vergisi tahsilatına başlanacaktır.

Üretilen ürün başına oluşan karbon ayak izi, tedarik zincirinde önemli bir yer kaplamaktadır. Müşteriler, kendi ürün karbon ayak izlerini hesaplayabilmek için tedarikçilerinden temin ettikleri ürünlerin karbon ayak izi bilgisini istemektedir. Aynı zamanda müşteriler, karbon ayak izlerini arttırmamak için yüksek karbon ayak izine sahip ürünleri tercih etmeyeceklerdir.

Bu uygulama başladığında, Şirketlerimiz Karbon Ayakizi hesaplama konusunda seçecekleri Emisyon Faktörleri doğrudan doğruya ürettikleri Karbon miktarını ve ödeyecekleri vergi miktarını etkileyeceğinden, Şirketler bu hesaplarma ve seçimler konusunda bilgilendirilmeli ve vergiyi optimize edecek Emisyon faktörleri seçimi konusunda desteklenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayakizi, Emisyon Faktörleri, Veri optimizasyonu

https://climate.ec.europa.eu/system/files/2023-03/gd1_guidance_installations_en.pdf

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) https://www.ipcc.ch/

Department for Environment, Food & Rural Affairs - GOV.UK. https://ghgprotocol.org/Third-Party-Databases/Defra

ecoinvent Database https://ecoinvent.org/

Makale id= 102

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2186-533X

Yolo V7: Gerçek Zamanlı Nesne Algılama Algoritmasına Genel Bir Bakış

Dr. Öğretim Üyesi Hakan Yüksel[1]
[1]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Özet: *Nesne Algılama, bir görüntü veya bir dizi görüntü içindeki nesnelerin bir örneğini algılamak anlamına gelir. Dijital görüntülerde ve videolarda belirli bir sınıftaki anlamsal nesnelerin (insanlar, binalar, arabalar, toplar, kalem ve daha fazlası gibi) örneklerini tespit etmekle ilgilenen, bilgisayarlı görme ve görüntü işleme ile ilgili bir bilgisayar teknolojisidir. Nesne algılamanın yüz tanıma, görüntü alma, video gözetimi ve yaya algılama gibi birçok uygulama alanı vardır. Her nesne sınıfının, bir nesnenin şekli veya dokusu olsun, bir görüntünün sınıfını sınıflandırmaya yardımcı olan kendi özel özellikleri vardır. Nesnenin şekli, rengi ve diğerleri gibi özelliklerin dikkate alındığı nesne tespiti için benzer bir yaklaşım kullanılır. Nesne tespiti için 2016 yılında YOLO (Yalnızca Bir Kez Bakarsın) adlı bir mimari önerilmiştir. YOLO, birleşik bir nesne tespit modeli olarak geliştirilmiştir. Görüntüler üzerinden nesne tespit görevini bir regresyon problemi olarak kabul etmektedir. Mimarisi sayesinde doğrudan sınırlayıcı kutu koordinatlarını ve görüntü piksellerinden ilgili sınıf olasılığını önermektedir. 2016 yılından günümüze birçok farklı YOLO algoritması geliştirilmiştir. Bu çalışma YOLO v7 nesne tespit ve takip algoritmasının detaylı bir incelemesi sunulmaktadır. Bu çalışmanın, bilgisayarlı görü alanındaki nesne takip ve tespit çalışmalara farklı bir bakış açısı kazandıracağı öngörülmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Bilgisayarlı Görü, Nesne Tespit, Yolo, Algoritma*

Yolo V7: An Overview of the Real-Time Object Detection Algorithm

Abstract: *Object Detection means detecting an instance of objects within an image or a series of images. It is a computer technology related to computer vision and image processing that deals with detecting instances of a certain class of semantic objects (such as people, buildings, cars, balls, pencils, and more) in digital images and videos. Object detection has many applications such as face recognition, image retrieval, video surveillance and pedestrian detection. Each object class has its own special properties that help classify the class of an image, whether it is the shape or texture of an object. A similar approach is used for object detection, where features such as the object's shape, color, and others are taken into account. An architecture called YOLO (You Only Look Once) was proposed in 2016 for object detection. YOLO was developed as a unified object detection model. It considers the object detection task through images as a regression problem. Thanks to its architecture, it directly proposes bounding box coordinates and the corresponding class probability from image pixels. Many different YOLO algorithms have been developed since 2016. This study presents a detailed review of the YOLO v7 object detection and tracking algorithm. It is anticipated that this study will bring a different perspective to object tracking and detection studies in the field of computer vision.*

Keywords: *Computer Vision, Object Detection, Yolo, Algorithm*

1. GİRİŞ

Nesne tespiti, bilgisayarlı görmede popüler bir işlemdir. Bir görüntüdeki ilgilenilen bölgenin lokalizasyonu ve bu bölgenin tipik bir görüntü sınıflandırıcı gibi sınıflandırılması ile ilgilenmektedir. Bir görüntü, farklı nesnelere işaret eden çeşitli ilgi çekici bölgeleri içermektedir. Nesne tespiti, görüntü sınıflandırmayı gelişmiş bir problem haline getirmiştir [1-3].

YOLO (Yalnızca Bir Kez Bak), hızı ve doğruluğuyla bilinen popüler bir nesne algılama modelidir. YOLO, ilk kez Joseph Redmon ve arkadaşları tarafından 2016 yılında tanıtılmıştır [4]. O süreçten bu zamana birçok kez yinelenmiştir ve şu anda en son versiyonu olan YOLO v7 sürümü kullanılmaktadır.

Bu çalışma gerçek zamanlı nesne takibi ve tespiti algoritması olan YOLO v7 sürümünü incelenecek ve diğer versiyonları arasındaki temel farklılıklara değinilecektir.

2. GERÇEK ZAMANLI NESNE ALGILAMA

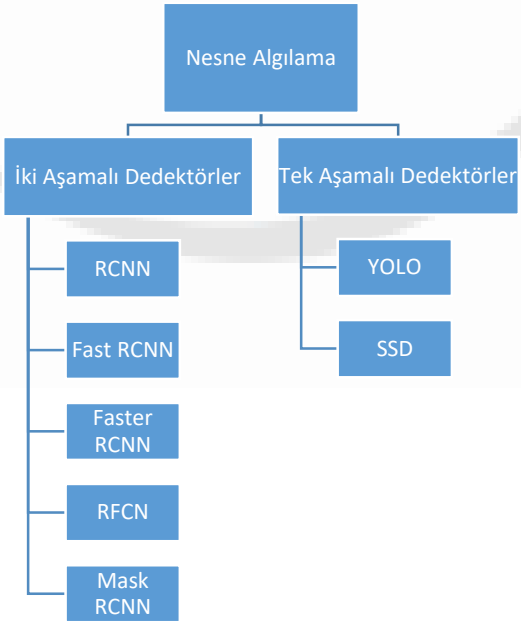
Gerçek zamanlı nesne tespiti, bilgisayarlı görü sistemlerinde genellikle önemli bir görevdir. Gerçek zamanlı nesne algılama modellerini kullanan uygulamalar arasında video analitiği, robot teknolojisi, otonom araçlar, çoklu nesne takibi ve nesne sayımı, tıbbi görüntü analizi vb. yer almaktadır [5]. Nesne algılayıcısı, bir görüntüyü girdi olarak alarak, ardından görüntüdeki her nesne için sınırlayıcı kutuları ve sınıf olasılıklarını tahmin ederek görüntü tanıma görevlerini gerçekleştiren bir nesne algılama algoritmasıdır. Yani nesne algılama, görüntülerdeki veya videolardaki nesnelerin tanımlanmasını ve yerini belirlemeyi içeren bir bilgisayarlı görme görevidir. Gözetim, sürücüsüz arabalar veya robot teknolojisi gibi birçok uygulamanın önemli bir parçasıdır.

Derin öğrenmeyi kullanarak nesne algılama sorununu çözmeye yönelik ilk başarılı girişimlerden biri, Ross Girshick ve ekibi tarafından Microsoft Research'te 2014 yılında geliştirilen R-CNN (CNN özelliklerine sahip bölgeler) modeliydi. Bu model, bölge önerisi algoritmalarının bir kombinasyonunu ve görüntülerdeki nesneleri algılamak ve yerelleştirmek için evrişimli sinir ağları (CNN'ler) kullanmaktadır. Birçok algoritma, öğrenilen sınıfların olasılığını tahmin etmek amacıyla görüntüden özellikler çıkarmak için evrişimli bir sinir ağı (CNN) kullanmaktadır [6,7].

2.1. Gerçek Zamanlı Nesne Algılama Algoritmalarının Sınıflandırılması

Nesne algılama algoritmaları, aynı giriş görüntüsünün bir ağ üzerinden kaç kez geçtiğine bağlı olarak genel olarak iki kategoriye ayrılır (Şekil 1). Bunlar: tek atışlı dedektörler ve iki aşamalı dedektörlerdir.

Şekil 1. Nesne Algılama Algoritmalarının Sınıflandırılması



2.1.1. Tek aşamalı nesne algılama

Tek aşamalı nesne tespiti, görüntüdeki nesnelerin varlığı ve konumu hakkında tahminlerde bulunmak için giriş görüntüsünün tek bir geçişini kullanmaktadır. Tüm görüntüyü tek geçişte işleyerek hesaplama açısından verimli hale getirmektedir. Ancak tek atışta nesne tespiti genellikle diğer yöntemlere göre daha az doğrudur ve küçük nesnelerin tespitinde daha az etkilidir. Bu tür algoritmalar, kaynakların kısıtlı

olduğu ortamlarda nesneleri gerçek zamanlı olarak tespit etmek için kullanılmaktadır. YOLO, bir görüntüyü işlemek için tamamen evrişimli bir sinir ağı (CNN) kullanan tek atışlı bir dedektördür.

2.1.2 İki atışta nesne algılama

İki aşamalı nesne algılama, nesnelerin varlığı ve konumu hakkında tahminlerde bulunmak için giriş görüntüsünün iki geçişini kullanmaktadır. İlk geçiş, bir dizi öneri veya potansiyel nesne konumu oluşturmak için kullanılırken, ikinci geçiş, bu önerileri geliştirmek ve nihai tahminler yapmak için kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, tek atışta nesne tespitinden daha doğrudur ancak aynı zamanda hesaplama açısından daha pahalıdır.

Genel olarak, tek atışlı ve iki atışlı nesne algılama arasındaki seçim, uygulamanın özel gereksinimlerine ve kısıtlamalarına bağlıdır. Genel olarak, tek atışlı nesne tespiti gerçek zamanlı uygulamalar için daha uygunken, iki atışlı nesne tespiti doğruluğun daha önemli olduğu uygulamalar için daha iyidir.

2.2. Nesne Algılama Modellerinin Performans Değerlendirme Ölçümleri

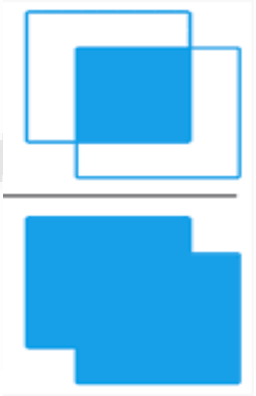
Farklı nesne algılama modellerinin, tahmin performansını belirlemek ve karşılaştırmak için standart niceliksel ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. En yaygın değerlendirme metrikleri; Birleşim Üzerinden Kesişme (IoU), Ortalama Hassasiyet (AP) ve Ortalama Ortalama Hassasiyet metrikleridir [8].

2.2.1. Birlik üzerindeki kesişme (IoU)

Birleşim Üzerinden Kesişme, nesne algılama modellerinde yerelleştirme doğruluğunu ölçmek ve yerelleştirme hatalarını hesaplamak için kullanılan bir ölçümdür (Şekil 2). Tahmin edilen ve temel sınırlayıcı kutular arasındaki IoU' yu hesaplamak için, ilk olarak aynı nesneye karşılık gelen iki sınırlayıcı kutu arasındaki kesişen alan taranmaktır. Bu işlemi takiben, "Birlik" olarak da bilinen iki sınırlayıcı kutunun kapladığı toplam alanı ve aralarında "Kesişme" adı verilen örtüşme alanını hesaplanmaktadır. Birliğe bölünen kesişim, örtüşmenin toplam alana oranını verir ve tahmin sınırlayıcı kutusunun orijinal sınırlayıcı kutuya ne kadar yakın olduğuna dair iyi bir tahmin sağlamaktadır.

Şekil 2. Birlik Üzerinde Kesişme

$$IoU\ (Birlik\ Üzerinde\ Keşişme) = \frac{IoU\ (Birlik\ Üzerinde\ Keşişme)}{IoU\ (Birlik\ Üzerinde\ Keşişme)}$$



2.2.2. Ortalama hassasiyet (AP)

Ortalama Hassasiyet (AP), bir dizi tahmin için hassasiyet ve geri çağırma eğrisi altındaki alan olarak hesaplanmaktadır. Geri çağırma, modelin bir sınıf altında yaptığı toplam tahminlerin, sınıf için mevcut etiketlerin toplamına oranı olarak hesaplanmaktadır. Kesinlik, model tarafından yapılan toplam tahminlere göre gerçek pozitiflerin oranını ifade etmektedir.

Geri çağırma ve kesinlik, sınıflandırma eşiğini değiştirerek grafiksel olarak bir eğri şeklinde temsil edilen bir değişim sunmaktadır. Bu hassasiyet ve geri çağırma eğrisinin altındaki alan bize model için sınıf başına Ortalama Hassasiyeti vermektedir. Bu değerin tüm sınıflar üzerinden alınan ortalamasına Ortalama Hassasiyet (mAP) adı denilmektedir.

Nesne tespitinde, sınıf tahminleri için kesinlik ve geri çağırma kullanılmamaktadır. Bunun yerine karar performansını ölçmek için sınır kutularının tahminleri ön plana çıkmaktadır. Eğer;

- IoU değeri> 0,5. pozitif bir tahmin olarak alınırken,
- IoU değerinin < 0,5 olması negatif bir tahmindir.

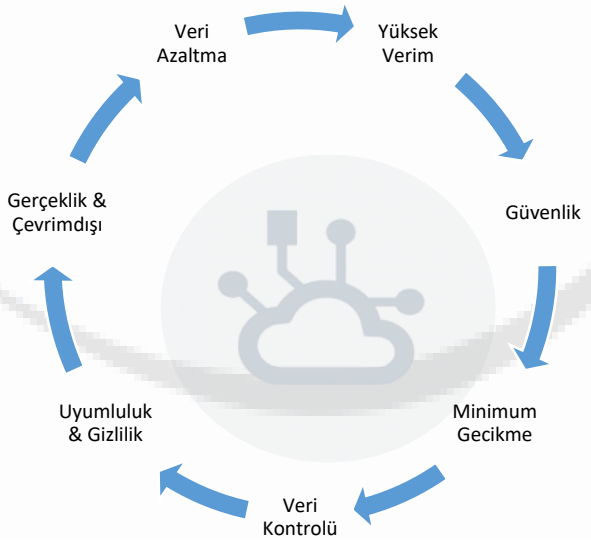
2.2.3.Ortalama Ortalama Hassasiyet (mAP)

Bir modelin kesinliği, gerçek pozitiflerin sayısının, gerçek pozitiflerin artı yanlış pozitiflerin sayısına bölünmesiyle tanımlanmaktadır. mAP metriği, modelin hem kesinliğini hem de geri çağrılmasını hesaba katar ve her sınıf için ortalama kesinliğin ortalaması olarak hesaplanır. Daha yüksek bir mAP değeri, modelin daha iyi bir performans gösterdiğini gösterir.

2.3. Nesne Algılamayı Uç Yapay Zekâ' Da Verimli Bir Şekilde Çalıştırma

Gerçek dünyadaki bilgisayarlı görme uygulamalarında nesne algılamayı çalıştırmak oldukça zordur. Temel zorluklar arasında bilgi işlem kaynaklarının tahsisi, sistem sağlamlığı, ölçeklenebilirlik, verimlilik ve gecikme ilk akla gelenlerdir. Ek olarak, makine öğrenmesi bilgisayar görüşü, girdi olarak görüntüler ve çıktı olarak algılamalarla veri akışı için nesnelerin internet (IoT) iletişimini gerektirir. Bu durumun çözümlemek için, Uç Bilgi İşlem (Edge Computing) ile Makine Öğrenimini (ML) kullanan Uç Yapay Zekâ (Edge AI) kavramı ortaya çıkmıştır. Edge AI, buluttan veri kaynağına (algılayıcı) daha yakın olan ML işlemeyi modlar. Sonuç olarak, Edge AI uygulamaları, birden fazla bağlantılı uç cihaza veya sanal uç düğüme sahip dağıtılmış uç sistemler oluşturmaktadır.

Şekil 3. Uç Yapay Zekâ Adımları



Nesne algılamayı gerçekleştiren bilgi işlem cihazı genellikle CPU veya GPU işlemcisinin yanı sıra sinirsel işlem birimleri (NPU) veya görüş hızlandırıcılara sahip bazı uç cihazlardır. Bu tür NPU cihazları, bilgisayarlı görme çıkarımı için giderek daha popüler hale gelen yapay zekâ donanımı olarak ön plana çıkmaktadır. Günümüzde bu donanımlara örnek olarak; Nöral hesaplama çubuğu veya NCS (Intel) Jetson AI uç cihazları (Nvidia), Apple nöral motoru (Apple), Coral Edge TPU (Google) ve Nöral işleme motorudur (Qualcomm). Son zamanlarda verimli nesne algılama mimarilerinin tasarımı, ölçeklenebilir uç uygulamalar için CPU üzerinde kullanılabilecek modellere odaklandı. Bu tür modeller esas olarak MobileNEt, ShuffleNet veya GhostNet'e dayanmaktadır. Diğer ana akım nesne dedektörleri GPU hesaplama için optimize edilmiştir; genellikle ResNet, DarkNet veya DLA mimarilerini kullanmaktadır.

3. YOLO (Yalnızca Bir Kere Bak) ALGORİTMASI

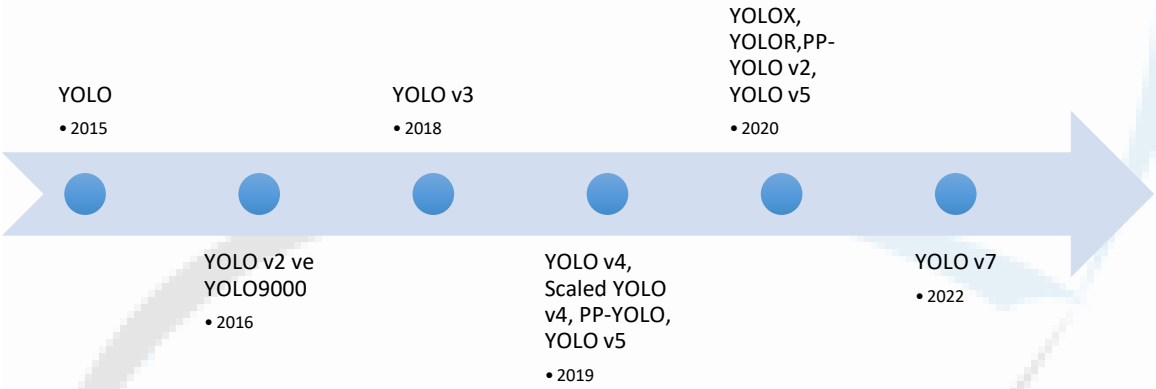
YOLO (Yalnızca Bir Kez Bak), sınırlayıcı kutulara ve sınıf olasılıklarına ilişkin tahminleri aynı anda yapan uçtan uca bir sinir ağının kullanılmasını barındırmaktadır. Sınıflandırıcıları, algılamayı

gerçekleştirmek üzere yeniden düzenleyen önceki nesne algılama algoritmaları tarafından benimsenen yaklaşımlardan farklıdır. Nesne tespitine temelde farklı bir yaklaşım izleyen YOLO algoritması, diğer gerçek zamanlı nesne tespit algoritmalarını farklı çalışma yapısı sayesinde daha verimli ve pozitif sonuçlara eriştiği gözlenmektedir [9].

Faster RCNN algoritması, bölge öneri ağı' nı kullanarak olası ilgili bölgelerini tespit edip bu bölgeler üzerinde ayrı ayrı tanıma gerçekleştirerek çalışırken, YOLO algoritması tüm tahminlerini tamamen bağlantılı tek bir katman desteğiyle gerçekleştirmektedir. Bölge öneri ağlarını kullanan algoritmalar benzer görüntü için birden fazla yineleme gerçekleştirirken, YOLO algoritması ise tek bir yinelemeyle bu işlemi gerçekleştirmektedir.

2015 yılında YOLO algoritmasının ilk piyasaya sürülmesinden bu yana, her biri öncekini geliştiren ve aynı sürümün birkaç farklı versiyonu önermiştir. YOLO' nun son yıllardaki gelişimini gösteren bir zaman çizelgesi Şekil 4' te gösterilmiştir.

Şekil 4. YOLO versiyon Kronolojisi [10]



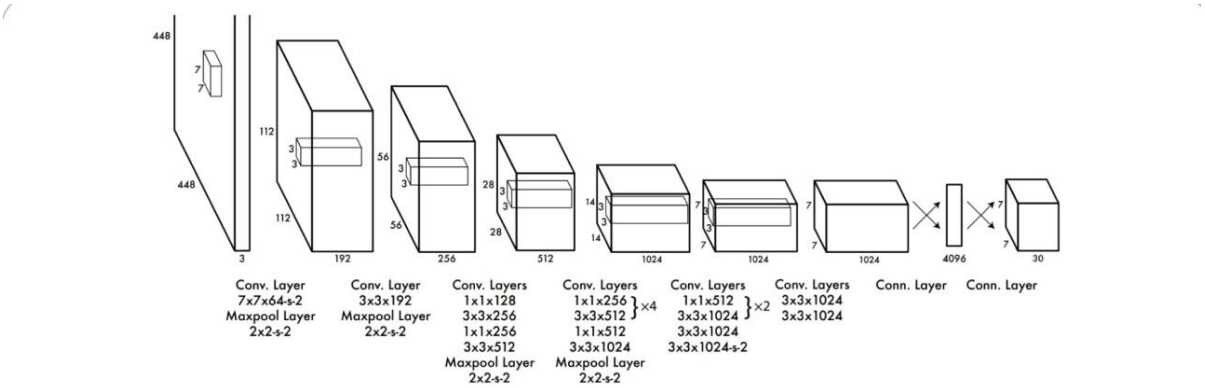
Şu anda, en son teknolojiye sahip gerçek zamanlı nesne dedektörleri temel olarak YOLO (Tam Evrişimli Tek Aşamalı Nesne Algılama)' ya dayanmaktadır [11]. YOLO versiyonları şunlardır:

- YOLO modeli, 2015 yılında tanıtıldı [4],
- YOLO-v2 ve YOLO-9000 modeli, 2016 yılında tanıtıldı [12],
- YOLOv3 modeli, Redmon ve arkadaşları tarafından 2018 yılında tanıtıldı [13],
- YOLOv4 modeli, Bochkovskiy ve arkadaşları tarafından 2020 yılında piyasaya sürüldü [14],
- YOLOv4-tiny modeli, 2021'de yayınlandı,
- YOLOR modeli, 2021'de yayınlandı,
- YOLOX modeli, 2021'de yayınlandı,
- NanoDet-Plus modeli, 2021'de yayınlandı,
- PP-YOLOE, endüstriyel nesne dedektörü, 2021'de yayınlandı,
- YOLOv5 modeli v6.1, Ultralytics tarafından 2022'de yayınlandı, [15]
- YOLOv7, 2022'de yayınlandı.

3.1. YOLO Mimarisi

YOLO algoritması bir görüntüyü girdi olarak alır ve ardından görüntüdeki nesneleri tespit etmek için basit bir derin evrişimli sinir ağını kullanmaktadır. Yolu'nun omurgasını oluşturan CNN modelinin mimarisi Şekil 6' da gösterilmiştir.

Şekil 6. YOLO Algoritmasının gösterimi



Modelin ilk 20 evrişim katmanı, geçici bir ortalama havuzlama ve tam bağlantılı katman takılarak ImageNet kullanılarak önceden eğitilmektedir. Sonra, önceki araştırmalar, önceden eğitilmiş bir ağa evrişim ve bağlı katmanların eklenmesinin performansı iyileştirdiğini gösterdiğinden, önceden eğitilmiş model, algılamayı gerçekleştirmek üzere dönüştürülmektedir. YOLO' nun bağlantılı katmanı ise hem sınıf olasılıklarını hem de sınırlayıcı kutu koordinatlarını tahmin etmektedir [16].

YOLO, bir giriş görüntüsünü S × S ızgarasına bölmektedir. Bir nesnenin merkezi bir ızgara hücresine bulunursa, bu ızgara hücresi o nesneyi tespit etmekten sorumludur. Her ızgara hücresi, B sınırlayıcı kutularını ve bu kutular için güven puanlarını tahmin etmektedir. Bu güven puanları, modelin kutunun bir nesne içerdiğinden ne kadar emin olduğunu ve tahmin edilen kutunun ne kadar doğru olduğunu yansıtmaktadır.

YOLO, ızgara hücresi başına birden fazla sınırlayıcı kutu öngörmektedir. Eğitim zamanında, her nesneden yalnızca bir sınırlayıcı kutu tahmincisinin sorumlu tutulması istenmektedir. YOLO, temel gerçeğe sahip en yüksek mevcut IoU' ya sahip olan tahmine dayalı olarak bir nesneyi tahmin etmek için bir tahminciyi "sorumlu" olarak atamaktadır. Bu, sınırlayıcı kutu tahmincileri arasında uzmanlaşmaya yol açmaktadır. Her tahminci belirli boyutları, en boy oranlarını veya nesne sınıflarını tahmin etmede daha iyi hale gelmekte ve genel hatırlama puanı artmaktadır [17-18].

YOLO modellerinde kullanılan temel tekniklerden biri maksimum olmayan bastırmadır (NMS). NMS, nesne algılamanın doğruluğunu ve verimliliğini artırmak için kullanılan bir işlem sonrası adımdır. Nesne tespitinde, bir görüntüdeki tek bir nesne için birden fazla sınırlayıcı kutunun oluşturulması yaygındır. Bu sınırlayıcı kutular üst üste gelebilir veya farklı konumlarda bulunabilir ancak hepsi aynı nesneyi temsil etmektedir. NMS, gereksiz veya yanlış sınırlayıcı kutuları belirleyip kaldırmak ve görüntüdeki her nesne için tek bir sınırlayıcı kutu çıktısı almak için kullanılmaktadır.

3.2. YOLO v7

YOLOv7, bilgisayarlı görme görevleri için en hızlı ve en doğru gerçek zamanlı nesne algılama modelidir. YOLOv7, Temmuz 2022'de Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy ve Hong-Yuan Mark Liao tarafından yayınlanmıştır. Kaynak kodu, ücretsiz bir lisans olan GPL-3.0 lisansı altında açık kaynak olarak yayınlanmıştır.

YOLO v7, önceki sürümlere kıyasla daha geniş bir yelpazedeki nesne şekillerini ve boyutlarını algılamasına olanak tanıyan dokuz bağlantı kutusu kullanır ve böylece hatalı pozitiflerin sayısını azaltmaya yardımcı olmaktadır [19,20].

3.3. YOLOv7 sürümleri arasındaki farklar

Farklı temel YOLOv7 modelleri arasında YOLOv7, YOLOv7-tiny ve YOLOv7-W6 yer almaktadır.

YOLOv7, sıradan GPU hesaplaması için optimize edilmiş temel modeldir.

YOLOv7-tiny, uç GPU için optimize edilmiş temel bir modeldir. Bilgisayar görüşü modellerinin "minik" son eki, bunların Edge AI ve derin öğrenme iş yükleri için optimize edildiği ve mobil bilgi işlem cihazlarında veya dağıtılmış uç sunucularda ve cihazlarda ML'yi çalıştırmak için daha hafif olduğu

anlamına gelmektedir. Bu model, dağıtılmış gerçek dünya bilgisayarlı görme uygulamaları için önemlidir. Diğer sürümlerle karşılaştırıldığında, kenar optimizasyonlu YOLOv7-tiny, aktivasyon fonksiyonu olarak sızdıran ReLU'yu kullanırken, diğer modeller aktivasyon fonksiyonu olarak SiLU'yu kullanıyor.

YOLOv7-W6, bulut GPU bilgi işlem için optimize edilmiş temel bir modeldir. Bu tür Bulut Grafik Birimleri (GPU'lar), yerel kullanıcı cihazında GPU'ların konuşlandırılmasını gerektirmeden, buluttaki büyük yapay zeka ve derin öğrenme iş yüklerini yönetmek için uygulamaları çalıştırmaya yönelik bilgisayar örnekleridir.

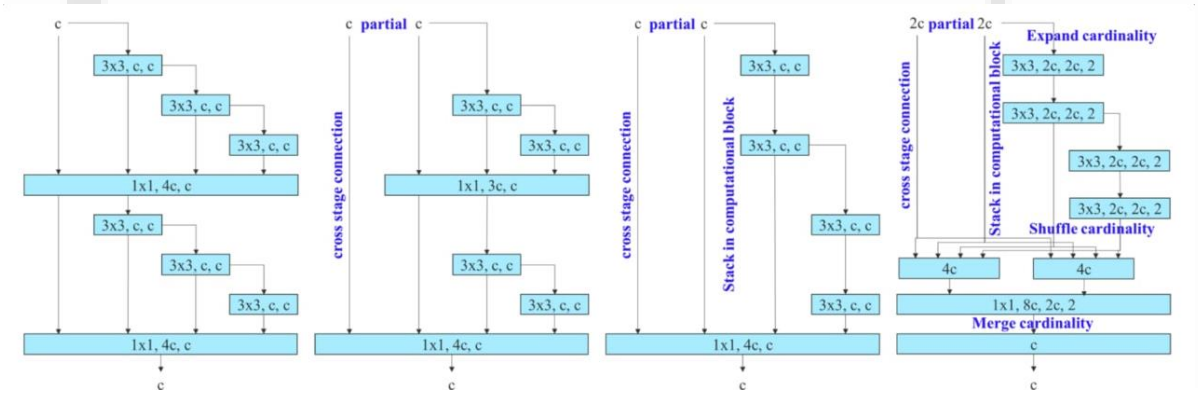
3.4. YOLO v7'deki yenilikler

YOLO'nun en son sürümü olan YOLO v7, önceki sürümlere göre birçok iyileştirmeye sahiptir. Ana iyileştirmelerden biri bağlantı kutularının kullanılmasıdır. Bağlantı kutuları, farklı şekillerdeki nesneleri algılamak için kullanılan, farklı en boy oranlarına sahip, önceden tanımlanmış bir dizi kutudur. YOLO v7, önceki sürümlere kıyasla daha geniş bir nesne şekli ve boyutu aralığını algılamasına olanak tanıyan dokuz bağlantı kutusu kullanmaktadır, böylece hatalı pozitiflerin sayısını azaltmaya yardımcı olmaktadır.

YOLO v7'deki en önemli adım ise, "odak kaybı" adı verilen yeni bir kayıp fonksiyonunun kullanılmasıdır. YOLO'nun önceki sürümleri, küçük nesnelerin tespitinde daha az etkili olduğu bilinen standart bir çapraz entropi kaybı fonksiyonu kullanmaktaydı. Odak kaybı, iyi sınıflandırılmış örnekler için kaybın ağırlığını azaltarak ve zor örneklere, yani tespit edilmesi zor nesnelere odaklanarak bu sorunla mücadele eder.

YOLO v7 ayrıca önceki sürümlere göre daha yüksek bir çözünürlüğe sahiptir. Görüntüleri 608 x 608 piksel çözünürlükte işler; bu, YOLO v3'te kullanılan 416 x 416 çözünürlükten daha yüksektir. Bu daha yüksek çözünürlük, YOLO v7'nin daha küçük nesneleri algılamasına ve genel olarak daha yüksek doğruluğa sahip olmasına olanak tanımaktadır (Şekil 8).

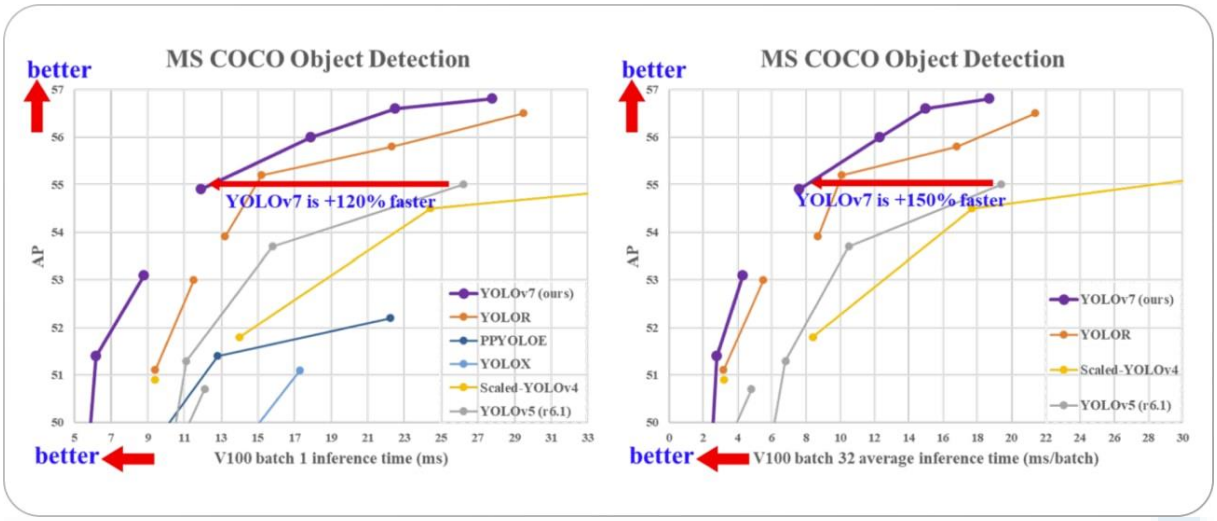
Şekil 8. Verimli nesne özelliği öğrenimi için YOLO v7'nin katman toplama şemasındaki değişiklik [21,22]



a)VovNet b)CSPVoVNet c)ELAM d)

YOLO v7'nin ana avantajlarından biri de hızdır. Görüntüleri saniyede 155 kare hızında işlemektedir. Orijinal temel YOLO modeli bile saniyede maksimum 45 kare işleme kapasitesine sahipti. Bu, onu daha yüksek işlem hızlarının önemli olduğu gözetim ve otonom arabalar gibi hassas gerçek zamanlı uygulamalar için uygun hale getirmektedir (Şekil 9).

Şekil 9. YOLO v7'nin performansı ve çıkarım hızı açısından çağdaş, son teknoloji ürünü gerçek zamanlı nesne dedektörleriyle karşılaştırılması



Doğruluk açısından YOLO v7, diğer nesne algılama algoritmalarıyla karşılaştırıldığında iyi bir performans sergilemektedir. Popüler COCO veri kümesinde 0,5'lik bir IoU (birleşme üzerinden kesişim) eşiğinde ortalama %37,2'lik bir hassasiyete ulaşılmaktadır; bu, diğer son teknoloji ürünü nesne algılama algoritmalarıyla karşılaştırılabilir düzeydedir. Ancak YOLO v7'nin, COCO veri kümesinde daha yüksek ortalama hassasiyet elde etme eğiliminde olmasına karşın aynı zamanda daha uzun çıkarım süreleri gerektiren Faster R-CNN ve Mask R-CNN gibi iki aşamalı dedektörlerden daha az doğru olduğuna dikkat edilmelidir [16].

3.5. YOLO v7'nin sınırlamaları

YOLO v7 güçlü ve etkili bir nesne algılama algoritmasıdır. Bu algoritmanın da bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Bunlar;

- YOLO v7, birçok nesne algılama algoritması gibi küçük nesneleri algılamakta zorlanmaktadır. Kalabalık sahnelerde veya nesnelerin kameradan uzak olduğu durumlarda nesneleri doğru şekilde algılama başarısız sonuçlar gösterebilmektedir.
- YOLO v7, farklı ölçeklerdeki nesneleri algılama konusunda üst düzey performans göstermemektedir. Bu, sahnedeki diğer nesnelerle karşılaştırıldığında çok büyük veya çok küçük olan nesnelerin algılanmasını zorlaştırmaktadır.
- YOLO v7, aydınlatma veya diğer çevresel koşullardaki değişikliklere karşı oldukça duyarlıdır, dolayısıyla aydınlatma koşullarının değişebileceği gerçek dünya uygulamalarında kullanılması istenmeyen sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.
- YOLO v7, hesaplama açısından yoğun olmakta ve bu da akıllı telefonlar veya diğer uç cihazlar gibi kaynakları kısıtlı cihazlarda gerçek zamanlı olarak çalıştırılmasını engelleyebilmektedir.

3.6. YOLO v7 Uygulamaları

Nesne dedektörünün, genellikle kamera entegrasyonu ve görüntü alımından işleme, çıktı formatlama ve sistem entegrasyonuna kadar bir dizi adımı içeren tüm görüş hattının yalnızca bir parçası olduğunu anlamak önemlidir.

3.6.1. Güvenlik ve gözetim

Nesne algılama, güvenlik ve gözetimde belirli bir alandaki nesneleri tanımlamak ve izlemek için kullanılmaktadır. Bu, potansiyel tehditlerin belirlenmesi veya önceden tanımlanmış bir alandaki insanların veya nesnelerin hareketlerinin izlenmesi (çevre izleme) gibi güvenlik amacıyla

kullanılmaktadır. Nesne algılama aynı zamanda birçok yüz tanıma sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır [23,24].

3.6.2. Akıllı şehir ve trafik yönetimi

YOLOv7, kavşaklardaki araçları ve yayaları tespit etmek için trafik yönetim sistemlerinde kullanıldığı gibi nesne tespitine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, nesne algılamanın akıllı şehirlerde büyük insan kalabalığını analiz etmek ve altyapıyı denetlemek için birçok kullanım durumu bulunmaktadır. Yapay bilgisayarlı görme uygulamaları, fiziksel mağazaları olan perakendecilerin operasyonlarını dijitalleştirmeleri açısından büyük önem taşımakta. Nesne algılama, müşteri ve çalışan hareket kalıplarını ve yaya trafiğini tespit etmek ve izlemek, envanter takibinin doğruluğunu artırmak, güvenliği artırmak ve çok daha fazlası için kullanılmaktadır [25,26].

3.6.3. Üretim ve Enerji

YOLOv7 algoritmaları, bir üretim hattında hareket ederken nesneleri tanımak ve izlemek için kullanılabilir, böylece daha verimli ve doğru üretime olanak sağlanmaktadır. Ek olarak, nesne tespiti, ürünler veya bileşenler üretilirken kalite kontrolü ve kusur tespiti için kullanılmaktadır.

3.6.4. Otonom Araçlar

Nesne algılama, diğer araçları, yayaları ve engelleri otomatik olarak algılamak için kullanılan sürücüsüz araçlar için önemli bir teknolojidir. Yapay zekâ vizyonu aynı zamanda, havacılıkta, otonom dronlar, varlık yönetimi ve hatta füze teknolojileri için de kullanılmaktadır [27,28].

3.6.5.Sağlık Hizmetinde

Yapay Zekânın, nesne algılamaya yönelik en önemli uygulamalardan biri sağlık alanındadır. Özellikle hastaneler ve klinikler bunu tıbbi ekipmanı, malzemeleri ve hastaları tespit etmek ve takip etmek için kullanmaktadır. Bu, hastanede olup biten her şeyin (hasta hareketi) takip edilmesine yardımcı olur, daha verimli envanter yönetimine olanak tanır ve hasta güvenliğini artırır. Ayrıca doktorlar, durumların teşhisini X ışınları ve tıbbi görüntülemeyle desteklemek için nesne algılama algoritmalarını kullanmaktadır [29,30].

4. SONUÇ

YOLO'nun ana avantajlarından biri, görüntüleri gerçek zamanlı olarak işlemesine olanak tanıyan hızlı çıkarım hızıdır. Video gözetimi, sürücüsüz arabalar ve artırılmış gerçeklik gibi uygulamalar için çok uygundur. Ek olarak, YOLO'nun basit bir mimarisi vardır ve minimum düzeyde eğitim verisi gerektirir, bu da yeni görevlerin uygulanmasını ve uyarlanmasını kolaylaştırır.

Küçük nesnelerle uğraşmak ve ince taneli nesne sınıflandırması yapamamak gibi sınırlamalara rağmen YOLO, nesne tespiti için değerli bir araç olduğunu kanıtlamış ve araştırmacılar ve uygulayıcılar için birçok yeni olanağın önünü açmıştır. Bilgisayarla Görme alanı, ilerlemeye devam ettikçe YOLO ve diğer nesne algılama algoritmalarının hızlı bir şekilde geliştiğini önümüzdeki yıllarda daha net gözlemleyebileceğiz.

Sonuç olarak nesne algılama, görüntülerdeki ve videolardaki nesneleri algılamak için derin öğrenme tekniklerini kullanan bir bilgisayarlı görme görevidir. YOLO, bir görüntüdeki nesnelerin sınırlayıcı kutularını ve sınıf olasılıklarını tahmin etmek için tek bir sinir ağını kullanan popüler ve hızlı bir nesne algılama algoritmasıdır. Diğer bazı yöntemlere göre daha az doğru olması ve küçük nesnelerle uğraşması gibi kendi sınırlamaları olsa da hızı ve doğruluğu onu nesne algılama görevleri için değerli bir araç haline getiriyor.

5. KAYNAKLAR

[1] Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.

[2] Ge, Z., Liu, S., Wang, F., Li, Z., & Sun, J. (2021). Yolox: Exceeding yolo series in 2021. *arXiv preprint arXiv:2107.08430*.

[3] Wang, C. Y., Yeh, I. H., & Liao, H. Y. M. (2021). You only learn one representation: Unified network for multiple tasks. *arXiv preprint arXiv:2105.04206*.

[4] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).

[5] Liu, J., & Kim, J. H. (2022). A variable attention nested UNet++ network-based NDT X-ray image defect segmentation method. *Coatings*, *12*(5), 634.

[6] Kizrak, M. A., & Bolat, B. (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *11*(3), 263-286.

[7] DOĞAN, F., & TÜRKOĞLU, İ. (2019). Derin öğrenme modelleri ve uygulama alanlarına ilişkin bir derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, *10*(2), 409-445.

[8] Li, S., Wang, S., & Wang, P. (2023). A small object detection algorithm for traffic signs based on improved YOLOv7. *Sensors*, *23*(16), 7145.

[9] Razzok, M., Badri, A., Mourabit, I. E., Ruichek, Y., & Sahel, A. (2022). Pedestrian detection system based on deep learning. *Int J Adv Appl Sci ISSN*, *2252*(8814), 195.

[10] Parlak, I. E., & Emel, E. (2023). Deep learning-based detection of aluminum casting defects and their types. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *118*, 105636.

[11] Zaidi, S. S. A., Ansari, M. S., Aslam, A., Kanwal, N., Asghar, M., & Lee, B. (2022). A survey of modern deep learning based object detection models. *Digital Signal Processing*, *126*, 103514.

[12] Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO9000: better, faster, stronger. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 7263-7271).

[13] Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). Yolov3: An incremental improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.

[14] Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv preprint arXiv:2004.10934*.

[15] Jocher, G., Chaurasia, A., Stoken, A., Borovec, J., Kwon, Y., Fang, J., ... & Thanh Minh, M. (2022). ultralytics/yolov5: v6. 1-TensorRT, TensorFlow edge TPU and OpenVINO export and inference. *Zenodo*.

[16] Wang, C. Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H. Y. M. (2023). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 7464-7475).

[17] Dollár, P., Singh, M., & Girshick, R. (2021). Fast and accurate model scaling. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 924-932).

[18] Ma, N., Zhang, X., Zheng, H. T., & Sun, J. (2018). Shufflenet v2: Practical guidelines for efficient cnn architecture design. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)* (pp. 116-131).

[19] Cao, L., Zheng, X., & Fang, L. (2023). The Semantic Segmentation of Standing Tree Images Based on the Yolo V7 Deep Learning Algorithm. *Electronics*, *12*(4), 929.

[20] Yunus, E. Ğ. İ. (2023). YOLO V7 and Computer Vision-Based Mask-Wearing Warning System for Congested Public Areas. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *13*(1), 22-32.

[21] Lee, Y., Hwang, J. W., Lee, S., Bae, Y., & Park, J. (2019). An energy and GPU-computation efficient backbone network for real-time object detection. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops* (pp. 0-0).

[22] Wang, C. Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H. Y. M. (2021). Scaled-yolov4: Scaling cross stage partial network. In *Proceedings of the IEEE/cvf conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 13029-13038).

[23] Zhang, Y., Sun, P., Jiang, Y., Yu, D., Weng, F., Yuan, Z., ... & Wang, X. (2022, October). Bytetrack: Multi-object tracking by associating every detection box. In *European Conference on Computer Vision* (pp. 1-21). Cham: Springer Nature Switzerland.

[24] Zhang, Y., Wang, C., Wang, X., Zeng, W., & Liu, W. (2021). Fairmot: On the fairness of detection and re-identification in multiple object tracking. *International Journal of Computer Vision*, *129*, 3069-3087.

[25] Paul, S. K., Chowdhury, M. T., Nicolescu, M., Nicolescu, M., & Feil-Seifer, D. (2021). Object detection and pose estimation from rgb and depth data for real-time, adaptive robotic grasping. In *Advances in Computer Vision and Computational Biology: Proceedings from IPCV'20, HIMS'20, BIOCOMP'20, and BIOENG'20* (pp. 121-142). Cham: Springer International Publishing.

[26] Karaoguz, H., & Jensfelt, P. (2019, May). Object detection approach for robot grasp detection. In *2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 4953-4959). IEEE.

[27] Li, B., Ouyang, W., Sheng, L., Zeng, X., & Wang, X. (2019). Gs3d: An efficient 3d object detection framework for autonomous driving. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 1019-1028).

[28] Feng, D., Haase-Schütz, C., Rosenbaum, L., Hertlein, H., Glaeser, C., Timm, F., ... & Dietmayer, K. (2020). Deep multi-modal object detection and semantic segmentation for autonomous driving: Datasets, methods, and challenges. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *22*(3), 1341-1360.

[29] Jaeger, P. F., Kohl, S. A., Bickelhaupt, S., Isensee, F., Kuder, T. A., Schlemmer, H. P., & Maier-Hein, K. H. (2020, April). Retina U-Net: Embarrassingly simple exploitation of segmentation supervision for medical object detection. In *Machine Learning for Health Workshop* (pp. 171-183). PMLR.

[30] Li, Z., Dong, M., Wen, S., Hu, X., Zhou, P., & Zeng, Z. (2019). CLU-CNNs: Object detection for medical images. *Neurocomputing*, *350*, 53-59.

Makale id= 103

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-2186-533X

Görüntü İşleme Tekniklerinde Kullanılan İşlemler ve Yapay Zeka Sınıflandırma Algoritmaları

Dr. Öğretim Üyesi Hakan Yüksel[1]
[1]Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Özet: *Dijital görüntü işleme, makine tarafından algılanan görüntü verilerinin saklanması, iletilmesi ve temsil edilmesi amacıyla insan tarafından yorumlanması ve işlenmesi için gelişmiş grafiksel bilgiler sağladığından her zaman ilgi çekici bir alan olmuştur. Görüntü işleme, çeşitli uygulamalar için kameralardan/algılayıcılardan alınan ham görüntüleri veya günlük hayatta çekilen görüntüleri geliştirmek için kullanılan bir tekniktir. Görüntü işleme alanı son yıllarda önemli ölçüde gelişmiş ve bilim ve teknolojinin çeşitli alanlarına yayılmıştır. Günümüzde yapay zekâ tabanlı görüntü işleme teknolojisinin temelini makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri oluşturmaktadır. Özellikle bu yöntemleri kullanarak yapay zekaya dayalı yüksek hassasiyetli uygulamalar geliştirilmekte ve görüntü tanıma/işleme/değerlendirme gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada görüntü işlemenin temel tekniklerine ve yapay zeka sınıflandırma algoritmalarından olan makine öğrenme algoritmaları (Destek Vektör Makineleri, Naive Bayes, K-En Yakın Komşu) ve Derin öğrenme algoritmalarına (Evrişimli Sinir Ağları) değinilmiştir.*

Anahtar Kelimeler: *Görüntü İşleme, Yapay Zeka, Sınıflandırma, Algoritma*

Processes Used in Image Processing Techniques and Artificial Intelligence Classification Algorithms

Abstract: *Digital image processing has always been an interesting field as it provides advanced graphical information for human interpretation and processing in order to store, transmit and represent machine-perceived image data. Image processing is a technique used to enhance raw images from cameras/sensors or images captured in daily life for various applications. The field of image processing has developed significantly in recent years and has spread into various fields of science and technology. Today, machine learning and deep learning methods form the basis of artificial intelligence-based image processing technology. Especially using these methods, high-precision applications based on artificial intelligence are developed and image recognition/processing/evaluation is carried out. In this study, the basic techniques of image processing and machine learning algorithms (Support Vector Machines, Naive Bayes, K-Nearest Neighbor) and Deep learning algorithms (Convolutional Neural Networks), which are artificial intelligence classification algorithms, are mentioned.*

Keywords: *Image Processing, Artificial İntelligence, Classification, Algorithm*

1. GİRİŞ

Bilgisayarlı görme, bir kamera ile bilgisayarın birleştirilmesiyle oluşturulan bir teknolojidir. Fiziksel müdahale gerektirmeden bir öğedeki, veri bilgilerine erişmek için insan görüşünü taklit etmeye çalışan bir yapıdır [1]. Timmermans (1998), bilgisayarlı görme sistemlerini iki boyutlu resimlerin yakalanmasını, işlenmesini ve analizini kapsayan durumlar olarak tanımlamıştır [2]. Görüntü işleme teknikleri, incelenen görüntüyü veya nesneyi yorumlamak için bilgisayarlar ve makine görüşü tarafından kullanılır.

Görüntü işleme, görüntü verilerinin depolanması, iletilmesi ve makine algısı için temsil edilmesi amacıyla gelişmiş resimsel bilgi sağladığından geçmişten günümüze sürekli güncel çalışmaların geliştirildiği aktif bir alan olarak yerini almıştır. Görüntü İşleme, kameralardan/algılayıcılardan alınan ham görüntüleri veya çeşitli uygulamalar için normal günlük yaşamda çekilen resimleri geliştirmeye yönelik bir tekniktir. Görüntü işleme algoritmaları bir resmi girdi olarak almakta ve dönüştürülmüş bir görüntünün çıktısını vermektedir. Görüntülere filtreler, yumuşatma, keskinleştirme ve hatta gri tonlama dönüştürme uygulanabilmektedir. Görüntü işleme, görüntüleri analiz etmek için hem bilgisayar görüşü hem de makine görüşü tarafından kullanılır ve bir karara veya mantıksal sonuca ulaşmak için yararlanılmaktadır.

Görüntünün işlenmesi, yani bilgisayar kullanılarak bir görüntüde bulunan gürültü ve her türlü düzensizliğin giderilmesi anlamına gelmektedir. Gürültü ya da düzensizlik, görüntünün oluşumu sırasında ya da dönüştürme sırasında görüntüde oluşmaktadır. Bilgisayarla görmede görsel verilerden elde edilen hem niceliksel hem de niteliksel bilgiler önemlidir. İnsan görüşüne benzer şekilde, nesneleri ayırt etmek, sınıflandırmak, boyutlarına, renklerine, dokularına vb. göre sıralamakla ilgilidir [3]. Bir görüntü, x ve y' nin düzlemsel koordinatlar olduğu iki boyutlu bir f(x,y) fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Bir koordinat çiftinde (x, y) f' nin genliği, o noktadaki görüntünün yoğunluğu veya gri seviyesi olarak adlandırılır. Dijital bir görüntü, her biri belirli bir konuma ve değere sahip olan sonlu sayıda elemandan oluşmaktadır. Bu öğeler resim öğeleri, görüntü öğeleri ve piksel olarak adlandırılır. Piksel, dijital bir görüntünün öğelerini belirtmek için en yaygın kullanılan terimdir.

Bilgisayarla görme görevlerini gerçekleştirmek için görüntü işleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişimlerle birlikte son yıllarda görüntü işleme alanında çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu teknikler insan düşüncesinin eşsiz doğasını taklit etmeyi amaçlamaktadır. Tek bir görüntünün ötesinde, bilgisayarlı görmedeki ayrıntılar statik görüntülerden veya video gibi hareketli görüntülerden toplanabilmektedir [4]. Görüntü tanıma teknolojisi, 1940'lardan beri mevcut olmasına rağmen, o dönemdeki teknik çevre ve donanım olanakları nedeniyle uzun bir süre gelişme gösterememiştir. 1990'larda, görüntüleri anlamak ve inceleme amacıyla kullanmak için makine öğrenimi ve yapay zekâ yöntemleri, günümüzde *Uzaktan Algılama, Tıbbi Görüntüleme, Tahribatsız Değerlendirme, Adli Çalışmalar, Tekstil, Malzeme Bilimi, Askeri, Film Endüstrisi, Belge İşleme, Grafik Sanatlar ve Baskı Endüstrisi* gibi çeşitli alanlarda kullanılan görüntü tanıma teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır [5].

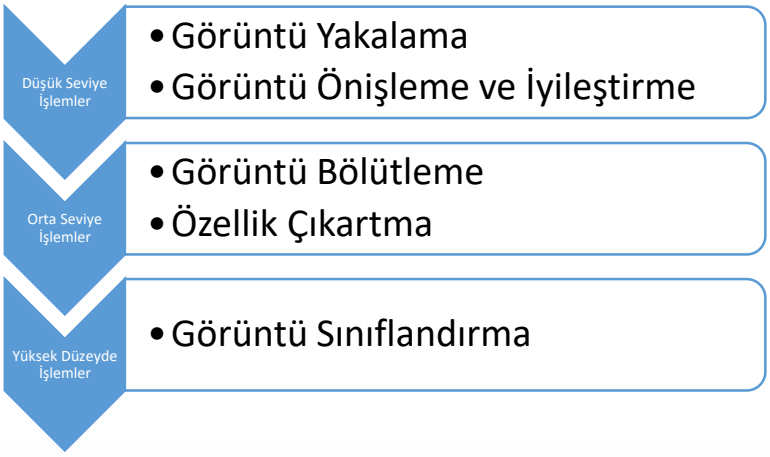
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ

Dijital bir görüntü, sonlu sayıda bit ile temsil edilen gerçel sayılar dizisidir. Dijital görüntü işleme yöntemlerinin temel avantajı tekrarlanabilirliği, çok yönlülüğü ve orijinal veri hassasiyetinin korunmasıdır. Görüntü işleme teknikleri incelendiğinde şu başlıklar karşımıza çıkmaktadır;

- *Görüntü yakalama*
- *Görüntü ön işleme*
- *Görüntü iyileştirme*
- *Görüntü bölütleme*
- *Özellik çıkarma*
- *Görüntü sınıflandırma*

Bir görüntü algılayıcısı, bir çerçeve yakalayıcı, uygun yazılım ve algoritmalara sahip bir bilgisayar, geleneksel bir görüntü işleme sistemini oluşturur. Algılayıcıdan gelen analog sinyal bir dizi tam sayı halinde sayısallaştırılır ve bir görüntü olarak bilgisayara kaydedilmektedir. Nesne daha sonra görüntüden bir desen çıkaran çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak görüntülenmektedir. Çıkarılan desen, sınıflandırma algoritmaları tarafından sınıflandırılır ve bu algoritmalar, nesneyi istenen rotaya yönlendiren bir tetikleyiciyi canlandırmak için bir sinyal üretebilmektedir. Şekil 1' de, görüntü işleme tekniklerinin adımları algoritmik bir düzende gösterilmektedir.

Şekil 1. Görüntü İşleme Tekniklerinin Düzeyleri



2.1. Görüntü Yakalama

Görüntü yakalama, mümkün olan en iyi görüntüleri elde etmek için kameraların, aydınlatmanın, merceklerin ve diğer görüş araçlarının kullanılmasını gerektirmektedir. Alıcı kameralar monokrom veya RGB renkli kameraların yanı sıra akıllı kameralar da olabilir. Sahne yakalama bir veya daha fazla kamera kullanılarak yapılabilmektedir. Görüş sisteminin birincil hedefi, incelenen nesnenin rengini, dokusunu, hareketini ve şeklini doğru bir şekilde yakalamaktır. Daha sonra fotoğraflar incelenerek durum hakkında faydalı bilgiler elde edilmektedir. Herhangi bir otomatik aktivitedeki ilk zorluk, incelenen şeyin iyi bir görüntüsünü oluşturmaktır. Nesne hakkında tüm yararlı verileri almak amacıyla sahne üzerinde belirtilen aydınlatma gereksinimlerini elde etmek için uygun bir aydınlatma kaynağının kullanılması kritik öneme sahiptir. Işık kaynağının etkinliği aynı zamanda bilgisayarlı görme sisteminin verimliliği ve doğruluğu üzerinde de etkiye sahiptir [6]. Sensör yansıyan ışığı alacağından aydınlatma kaynağının enerjisi sensörün hassasiyetine göre ayarlanmalıdır.

Görüntü algılayıcısı, fotoğraf makinesinin görüntüleme sisteminin görüntü yakalamaya yönelik en temel bileşenidir. Ayrıca, görüntüdeki piksel sayısını etkilediği için görüntü algılayıcısının çözünürlüğünün de dikkate alınması gerekir. Bir görüntü oluşturmak için kullanılabilecek çeşitli algılayıcılar vardır ancak en yaygın görüntü algılayıcısı kendi kendini tarayan katı hal yük bağlantı cihazlarıdır (CCD) [7]. CCD kameralar, hat taramalı bir kameraya ihtiyaç duyan endüstriyel izleme sorunları için bilgisayarlı görüş sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. Bu tip kameralarda hedef kameranın yanından geçtiğinde görüntü satır satır oluşturulur. Tarımsal gıda işinde renkli ve monokromatik kameralar kalite analizi, ürün seçimi ve ürün sınıflandırması için yaygın olarak kullanılmaktadır [8, 9].

Dijitalleştirme, analog fotoğrafların dijital formata dönüştürülmesi işlemidir. Bu genellikle bir görüntü toplama panosu veya bir çerçeve yakalayıcıyla yapılır. Normalde cihaz, bir görüntüyü piksel olarak belirtilen resim öğelerine sahip iki boyutlu bir ızgaraya bölerek algılayıcıdan iletilen analog verileri sayısallaştırmak için bir bilgisayara monte edilir [7]. Her algılayıcı pikselinin analog sinyali normalde 8 bit ile dijitalleştirilir ve sinyale 0-255 arası bir ölçek verilir. Beyaz pikseller 255 değerindeki piksellerle, siyah pikseller ise 0 değerindeki piksellerle gösterilmektedir [10].

2.2. Görüntü Önişleme ve İyileştirme

Görüntü ön işlemede, algılayıcılar tarafından kaydedilen görüntü verileri, piksellerin geometri ve parlaklık değerlerine ilişkin hataları engellemektedir. Bu hatalar kesin veya istatistiksel modeller olan uygun matematiksel modeller kullanılarak düzeltilmektedir. Görüntü iyileştirme, görsel etkiyi iyileştirmek için piksel parlaklık değerlerinin değiştirilerek görüntünün değiştirilmesidir. Görüntü iyileştirme, bir görüntünün görsel görünümünü iyileştirmek veya görüntüyü insan veya makine yorumuna daha uygun bir biçime dönüştürmek için kullanılan bir dizi tekniği içerir.

Dijital olarak elde edilen görüntülerde, görüntü yakalama sırasındaki görüntüleme alt sistemlerinin ve aydınlatma koşullarının sınırlamaları nedeniyle kontrast ve parlaklık eksikliği yaşanabilmektedir. Görüntü iyileştirmede amaç, sonraki analizler veya görüntü gösterimi için belirli görüntü özelliklerini

vurgulamaktır [11]. Görüntü iyileştirme örnekleri arasında; kontrast ve kenar geliştirme, sahte renklendirme, gürültü filtreleme, keskinleştirme ve büyütme başlıcalarıdır. Görüntü iyileştirme, özellik çıkarımı, görüntü analizi ve görüntü gösteriminde önemlidir. Geliştirme sürecinin kendisi verideki doğal bilgi içeriğini arttırmaz. Sadece belirli belirli görüntü özelliklerini vurgular. Görüntü iyileştirme tekniklerinden bazıları şunlardır:

- *Kontrast Esnetme*
- *Gürültü Filtreleme*
- *Histogram değişikliği*

2.3. Görüntü Bölütleme

Görüntü bölütleme, görüntü işlemenin kritik bir bileşenidir. Bölütleme işlemi sırasında görüntü birkaç parçaya veya nesneye bölünür [12]. Resim bölmenin gerçekleştirilme derecesi, ele alınan duruma göre belirlenmektedir. Bir görüntünün nesnesi ayrıldıktan sonra bölütleme sonlandırılmalıdır. Görüntü bölütleme, görüntü işlemede çok önemli bir işlev barındırır. Bir görüntüyü farklı parçalara bölmek, işlenmesini kolaylaştırır, dolayısıyla işlem bittikten sonra görüntü nesnesi yeniden oluşturulmaktadır. Bir görüntüdeki bir öğenin tanınmasına ilişkin performans veya doğruluk, segmentasyon yoluyla iyileştirilir ve kayıp azaltılır [13, 14].

2.4. Özellik Çıkartma

Özellik çıkarımı, gerekli bilgilerin çoğunu tutan düşük boyutlu bir alan üzerinde girdi verilerinin çevirisini geliştirmek için çok daha geniş bir yöntemdir. Nesnenin sınıfını oluşturmak için, çıkarılan sınıflandırma özellikleri çeşitli sınıflandırma algoritmalarına tabi tutulmaktadır. Görüntüler bilgisayarda bir dizi sayı olarak kaydedildiği için tüm bu verilerin işlenmesi zaman alır ve yüksek hızlı uygulamalar için uygun değildir [15, 16]. Görüntü verilerinden elde edilen uygulanabilir bilgilerin fark edilmesi veya analiz edilmesi için bir görüntü nesnesinin veya deseninin gerekli özelliklerinin belirlenmesi ve izole edilmesi, özellik seçimi olarak adlandırılmaktadır. Görüntüden toplanan görüntü özellikleri, görüntünün tamamının özelliklerini veya görüntünün küçük bölgelerinin özelliklerini yansıtmaktadır. Global özelliklerin genel görüntüyü temsil etmesi amaçlandığından, bir görüntü için yalnızca bir özellik vektörü oluşturulur ve iki görüntünün içeriğinin, özellikleri karşılaştırılarak değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. Görüntünün çeşitli alanlarından elde edilen özellikler, yerel özellikler olarak kullanılmaktadır [17]. Renk, şekil veya morfolojik özellikler, doku ve kusurlar, kategorizasyon özellikleri olarak alınabilen ve kullanılabilen görüntü özelliklerindendir [18].

2.5. Görüntü Sınıflandırma

Sınıflandırma amacıyla sayısallaştırılmış bir görüntüden niceliksel özellikler elde etmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır [19]. Uygulamanın türüne ve incelenen soruna bağlı olarak görüntü analizi ve çıkarılan özellikler önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Nesne tanıma, elde edilen görüntüde tespit edilen nesnelerin, bir veritabanındaki nesnelerin daha önce depolanan görüntüleri ile karşılaştırıldığı bilgisayarlı görme uygulamalarında kullanılmaktadır. Keşfedilen görsel nesne özellikleri, 3 boyutlu tanıma ve yeniden oluşturma için modellenebilmektedir [20]. İncelenen verilerin doğası, zorluklarla başa çıkmak için kullanılan metodolojileri ve stratejileri belirlemektedir.

3. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE YAPAY ZEKA

Görüntü sınıflandırma, dünya çapında sıcak bir konu ve görüntülerin tamamına etiket veya kategori atamak için kullanılmaktadır. Bir sınıflandırma sisteminin temel amacı, görüntü verilerinin temsilini geliştirmek için girdi görüntülerini çıktı kategorileriyle eşleştirmektir. Özellikle görüntü sınıflandırma teknolojisi, ön teorik araştırmalardan klinik tanıya kadar çok sayıda hastalığın tanısına olanak sağlamıştır. Görüntü sınıflandırma son zamanlarda e-ticaret, otomotiv, sağlık ve oyun gibi çeşitli sektörlerdeki verilerin büyümesiyle birlikte teknoloji geliştiricileri arasında popülerlik kazanmıştır [21, 22].

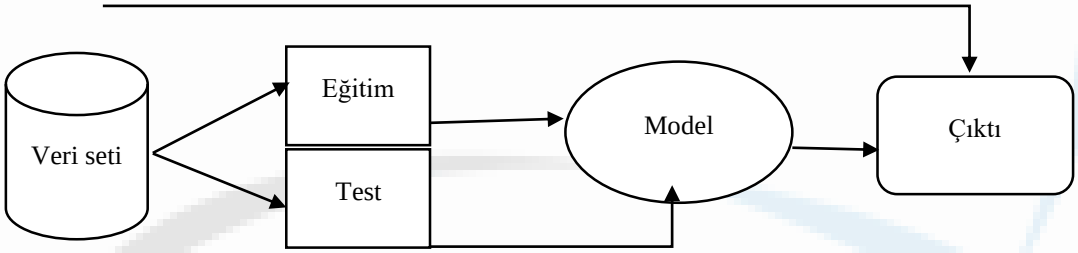
Sınıflandırma, gelecekteki veri eğilimlerini tahmin edebilecek modeller oluşturmak için bir veri kümesindeki önemli verileri dikkate alan, tahmine dayalı bir veri analiz yöntemidir. Verilerin ortak özelliklere göre gruplara ayrıştırılmasına sınıflandırma olarak ifade edilmektedir [23]. Görüntü

sınıflandırılmasında kullanılan standart yöntemler, parametrik sınıflandırma algoritmaları grubuna dahildir. Özel bir sınıfın istatistik dağılıma sahip olduğu varsayılarak, sınıflandırma işleminde bu dağılımın parametreleri tahmin edilmektedir. Görüntü işlemenin bilimsel ve teknolojik alanda yaygınlaşması ve insanların görüntü işleme uygulamalarına yönelik beklentilerinin artması, yapay zekanın görüntü işleme sürecine girmesini zorunlu hale getirmiştir.

3.1. Makine Öğrenme Sınıflandırmaları

Makine öğreniminde sınıflandırıcı, verileri bir veya daha fazla gruba akıllıca sıralayan veya karakterize eden bir algoritmadır. Makine öğrenimi, çeşitli alanlarda sınıflandırma performansının iyileştirilmesine yardımcı olan, yapay zekâ alanında iyi bilinen ve kapsamlı bir şekilde araştırılan bir disiplindir. Veri problemlerini çözmek için çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır [24, 25]. Ancak denetimli makine öğrenme algoritmaları, makine öğrenmesinde en sık kullanılan algoritmalardır. Destek Vektör Makinesi, Naive Bayes, Sınıflandırma Algoritması veya Lojistik Regresyon, Doğrusal Regresyon, Karar Ağaçları ve Sinir Ağları, denetimli makine öğrenimi yöntemlerinin türleridir (Şekil 2).

Şekil 2. Denetimli makine öğrenimi algoritmasının iş akışı



3.1.1. Destek Vektör Makineleri

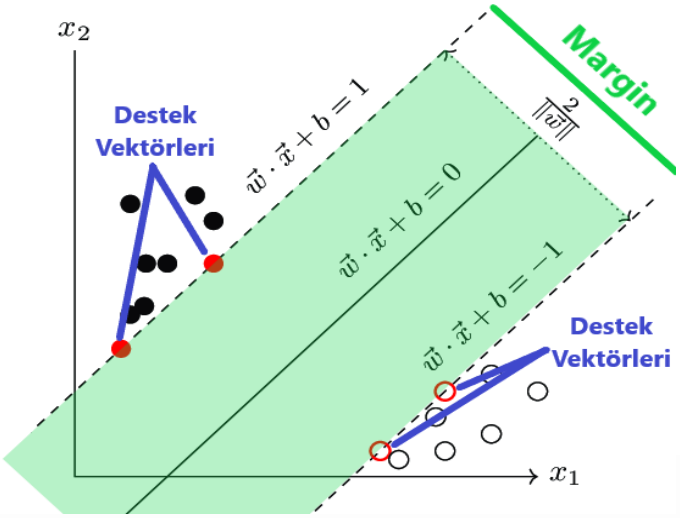
En popüler denetimli öğrenme algoritmalarından biri Destek Vektör Makinesidir (DVM). Sınıflandırma ve regresyonla ilgili problemleri çözmek için kullanılmaktadır. Ancak asıl kullanımı, sınıflandırma sorunları için makine öğrenmesindedir [26].

Destek Vektör Makinesi (DVM) tekniği, n boyutlu bir alanı kategorize etmek için optimum karar sınırını veya çizgisini üretmeyi amaçlar. Bu, gelecekte yeni veri noktalarını sınıflandırmamızı kolaylaştıracaktır. Hiperdüzlem, bu optimal karar sınırını tanımlamak için kullanılan bir terimdir.

DVM, hiperdüzlemi oluşturan uç noktaları ve vektörleri seçmek için kullanılır. Destek Vektör Makinesi olarak bilinen teknoloji, adını destek vektörleri olarak adlandırılan bu nadir durumlardan almıştır.

DVM, ilk etapta düşük performans gösterecektir [27]. Karar sınırı, destek vektörleri ve maksimum marj ile SVM mimarisi, iki farklı sınıflandırma kategorisinin bulunduğu durum Şekil 3' te gösterilmiştir.

Şekil 3. İki hedef sınıf için SVM sınıflandırma mimarisi [28]



3.1.2. Naive Bayes Sınıflandırması

Naive Bayes algoritması, hızlı varsayımlar veya tahminler yapmaya yönelik nitelikli hızlı makine öğrenimi modelleri oluşturmaya yardımcı olan temel ve etkili bir sınıflandırma yöntemidir. Tahminlerin bir öğenin olasılığına bağlı olduğunu gösteren bir sınıflandırma algoritmasıdır. Naive Bayes algoritması, spam ve spam olmayan e-postaların sınıflandırılması gibi karakter tanıma için sık kullanılan desenleri özellik vektörleri olarak kullanan yaygın bir tekniktir. Basit tasarımları göz önüne alındığında, gerçek dünyada pek çok kullanıma sahiptirler. Naive Bayes modeli, aşağıdaki gibi verilen olasılıkla "x" özellik vektörüne "Ck" etiketini atar (Eşitlik 1):

$$Pr\,(Ck|x1, x2\ ...xn) \qquad \text{(Eşitlik 1)}$$

Bu tür bir model, özellik vektörüne dayalı olarak her bir "k" sınıfı için koşullu olasılığı tahmin edecektir. Bu, eğer özellik vektörü gerçekten büyükse bu prosedürün başarısız olacağını gösterir. Öte yandan bu sınıflandırıcının kullanımı basit ve hızlıdır. Aynı zamanda çok sınıflı sınıflandırmada bile iyi performans gösterebilmektedir [29]. Verilerde bağımsızlık varsayımı korunsa da bu metodoloji diğer sınıflandırma tekniklerinden daha üstün çalışmakta ve minimum düzeyde eğitim verisi gerektirmektedir.

3.1.3. K-En Yakın Komşu

Makine öğreniminin en basit tekniklerinden biri olan k-En Yakın Komşu (kNN) sınıflandırma algoritmasıdır. Bu yöntem, yöntemin ilgili olması için belirli bir örneğin aynı zamanda kendisiyle en çok karşılaştırılabilir diğer k örnekle (yani özellik uzayında ona en yakın örnekler) aynı kategoriye girmesi gerektiği varsayımına dayanmaktadır [30-31].

Parametrik olmadığı için gerçek hayat senaryolarında geniş çapta tek kullanımlıktır, yani veri dağıtımı hakkında herhangi bir temel varsayımda bulunmaz (verilen verilerin Gauss dağılımını varsayan GMM gibi diğer algoritmaların aksine). Koordinatları bir öznitelik tarafından tanımlanan gruplar halinde sınıflandıran bazı ön veriler (eğitim verileri de denir) bize vermektedir.

3.2. Derin Öğrenme Sınıflandırması

Derin Öğrenme, performans açısından normal makine öğreniminden daha fazla güce ve esnekliğe sahip olmasına rağmen, Derin Öğrenme, makine öğreniminin bir alt kümesi olarak yer almaktadır. Geleneksel makine öğrenimi yöntemleri, özellikleri manuel olarak çıkarır, ancak derin öğrenme algoritmaları, birden fazla gizli katman kullanarak yüksek seviyeli verilere ilişkin bilgiyi artımlı olarak elde etmeye çalışır. Derin öğrenme, çok büyük bir veri setine ve yeterli hesaplama yeteneklerine sahip olduğumuzda önerilen bir stratejidir. Görüntü sınıflandırma, doğal dilin işlenmesi ve konuşma tanıma gibi karmaşık görevlerde iyi performans synmaktadır.

Derin Evrişimli Sinir Ağı (CNN), etiketli verilerle çalışan denetimli bir derin öğrenme yöntemidir. Derin tekrarlayan sinir ağları (RNN'ler), derin evrişimli sinir ağları (CNN'ler) ve derin sinir ağları (DNN'ler), derin öğrenmeye yönelik denetimli öğrenme yaklaşımları ve algoritmalarının örnekleridir. Geçitli Tekrarlayan Birimler (GRU'lar) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) teknikleri de RNN kategorisine dahildir. Önceki bilgilerden veri çıktısı oluşturulabilmesi bu prosedürün en önemli faydasıdır. Ayrıca, yüksek performansla öğrenme kapasitesi nedeniyle derin öğrenme, önceki tekniklere göre daha kolaydır. Bu stratejinin dezavantajı, eğitim verilerinde test verilerinde bulunması gereken örnekler bulunmadığında karar sınırının aşırı zorlanabilmesidir.

3.3. Sınıflandırma Değerlendirme Yöntemleri

3.3.1. Doğruluk

Sınıflandırma performansını ölçmek için en sık kullanılan parametre doğruluktur. Hem doğru sınıflandırmayı hem de doğru sınıflandırmamayı içeren tahminlerin toplam sayısından doğru tahminlerin genel sayısının çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır [32]. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir (Eşitlik 2):

$$\text{Doğruluk} = TP + TN / TP + TN + FP + FN \quad \text{(Eşitlik 1)}$$

3.3.2. Duyarlılık

Doğru olarak tahmin edilen sınıflandırmaların, belirli bir sınıfın üyelerinin tüm sınıflandırmalarına bölünmesi, hatırlamayı tanımlamaktadır.

3.3.3. Kesinlik

Kesinlik, doğru olarak tahmin edilen sınıfların miktarının tahmin edilen sınıflandırmaların toplam miktarına bölünmesiyle elde edilir. Öğrenme kurulumundaki hassasiyet/geri çağırma kombinasyonu, sınıflandırıcının performansı hakkında değerli bilgiler içermektedir.

3.3.4. Karmaşıklık Matrisi

Karmaşıklık matris parametresi, doğru bilgi verilerinin mevcut olduğu bir dizi örnek veri üzerinde bir sınıflandırma modeli performansını karakterize etmek için sıklıkla kullanılan bir tablodur ve modellerin doğruluğunu ölçmek için derin ve makine öğreniminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.3.5. F1-Skoru

F1 puanı, bir algoritmanın performansını hesaplarken hem hassasiyeti hem de geri çağırmayı dikkate alan bir performans parametresidir.

3.3.6. Eğri Altındaki Alan (AUC)

AUC, ayrım eşiği değiştirildiğinde bir modelin sınıflandırma etkinliğinin bir parametresinin istatistiksel bir eğrisi veya grafiksel temsilidir. Bu eğri, gerçek pozitif oran (duyarlılık veya hatırlama) ile yanlış pozitif oran arasındaki korelasyonu temsil etmektedir.

4. SONUÇ

Görüntü işleme ve analiz teknolojisi başta askeri alan olmak üzere çeşitli alanlarda başlamış, daha sonra çeşitli mühendislik alanlarına yayılmıştır. Bu teknikleri kullanan çalışmaların doğruluk düzeyi uzun yıllardır farklı sonuçlarla araştırılmaktadır. Görüntü işleme tekniklerinin yapay zekâ teknolojilerinin üstünlüğünü de sahip olması nedeniyle bu gelişmelerin artarak devam edeceği tahmin edilmektedir.

Görüntülü işleme kamerası teknolojisi de gelişmeye devam etmektedir. Artık daha küçük, daha ucuz ve daha yüksek çözünürlüklü kameralar mevcut. Bu, durum akıllı cihazlar ve uygulamalar için daha yüksek kaliteli görüntü verileri sağlamaktadır. Tüm bu gelişmeler, bu işleme teknolojisinin gelecekte daha da önemli hale geleceğini gösteriyor. Bu teknolojinin kullanım alanları daha da genişleyecek ve özellikle yapay zekâ ile birleştirildiğinde, birçok yeni ve heyecan verici uygulamaların ortaya çıkması muhtemel olacak.

Görüntü işleme teknolojisi ve yapay zekâ, birlikte kullanıldığında daha karmaşık ve zeki sistemlerin geliştirilmesine imkân tanıyacaktır. Derin öğrenme, özellikle büyük veri setleri ve karmaşık görevlerle ilgili olan yapay zekâ uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır.

5. KAYNAKLAR

[1] Sandoval, E. M., Rosas, M. E. M., Sandoval, J. R. M., Velasco, M. M. M., & Avila, H. C. D. (2018). Machine Vision Systems-A Tool for Automatic Color Analysis in Agriculure. Automation in Agriculture: Securing Food Supplies for Future Generations, 125.

[2] Timmermans, A. J. M. (1995, August). Computer vision system for on-line sorting of pot plants based on learning techniques. In II International Symposium On Sensors in Horticulture 421 (pp. 91-98).

[3] Pinto, N., Cox, D. D., & DiCarlo, J. J. (2008). Why is real-world visual object recognition hard?. PLoS computational biology, 4(1), e27.

[4] Naik, S., & Patel, B. (2017). Machine vision based fruit classification and grading-a review. International Journal of Computer Applications, 170(9), 22-34.

[5] Rao, K. M. M. (1989). Overview of Image Processing. Readings in Image Processing Fundamentals Of Digital Image Processing-Anil K. Jain.

[6] Novini, A. R. (1995). The latest in vision technology in today's food and beverage container manufacturing industry. Technıcal Papers-Socıety Of Manufacturıng Engıneers-All Serıes.

[7] Brosnan, T., & Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. Journal of food engineering, 61(1), 3-16.

[8] Jhawar, J. (2016). Orange sorting by applying pattern recognition on colour image. Procedia Computer Science, 78, 691-697.

[9] Steinmetz, V., Roger, J. M., Molto, E., & Blasco, J. (1999). On-line fusion of colour camera and spectrophotometer for sugar content prediction of apples. Journal of Agricultural Engineering Research, 73(2), 207-216.

[10] Narendra, V. G., & Hareesha, K. S. (2010). Prospects of computer vision automated grading and sorting systems in agricultural and food products for quality evaluation. International Journal of Computer Applications, 1(4), 1-9.

[11] Kumar, G., & Bhatia, P. K. (2014, February). A detailed review of feature extraction in image processing systems. In 2014 Fourth international conference on advanced computing & communication technologies (pp. 5-12). IEEE.

[12] Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., ... & Sánchez, C. I. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. Medical image analysis, 42, 60-88.

[13] Chen, L. C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2018). Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation. In Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV) (pp. 801-818).

[14] Abd Warif, N. B., Wahab, A. W. A., Idris, M. Y. I., Ramli, R., Salleh, R., Shamshirband, S., & Choo, K. K. R. (2016). Copy-move forgery detection: survey, challenges and future directions. Journal of Network and Computer Applications, 75, 259-278.

[15] Chumerin, N., & Van Hulle, M. M. (2006, September). Comparison of two feature extraction methods based on maximization of mutual information. In 2006 16th IEEE signal processing society workshop on machine learning for signal processing (pp. 343-348). IEEE.

[16] Khalid, S., Khalil, T., & Nasreen, S. (2014, August). A survey of feature selection and feature extraction techniques in machine learning. In 2014 science and information conference (pp. 372-378). IEEE.

[17] Moreels, P., & Perona, P. (2007). Evaluation of features detectors and descriptors based on 3d objects. International journal of computer vision, 73, 263-284.

[18] Liu, S., & Bai, X. (2012). Discriminative features for image classification and retrieval. Pattern Recognition Letters, 33(6), 744-751.

[19] Zhang, Y., Tian, T., Tian, J., Gong, J., & Ming, D. (2014). A novel biologically inspired local feature descriptor. Biological cybernetics, 108, 275-290.

[20] Mansourpour, M., Rajabi, M. A., & Blais, J. A. R. (2006, February). Effects and performance of speckle noise reduction filters on active radar and SAR images. In Proc. Isprs (Vol. 36, No. 1, p. W41).

[21] Xin, M., & Wang, Y. (2019). Research on image classification model based on deep convolution neural network. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2019, 1-11.

[22] Abu, M. A., Indra, N. H., Rahman, A. H. A., Sapiee, N. A., & Ahmad, I. (2019). A study on Image Classification based on Deep Learning and Tensorflow. International Journal of Engineering Research and Technology, 12(4), 563-569.

[23] Köse, İ. (2018). Veri madenciliği teori uygulama ve felsefesi. Papatya Yayıncılık Eğitim.

[24] Abro, A. A., Khan, A. A., Talpur, M. S. H., Kayijuka, I., & Yaşar, E. (2021). Machine learning classifiers: a brief primer. University of Sindh Journal of Information and Communication Technology, 5(2), 63-68.

[25] Mahesh, B. (2020). Machine learning algorithms-a review. International Journal of Science and Research (IJSR).[Internet], 9(1), 381-386.

[26] Ma, Y., & Guo, G. (Eds.). (2014). Support vector machines applications (Vol. 649). New York: Springer.

[27] Kok, Z. H., Shariff, A. R. M., Alfatni, M. S. M., & Khairunniza-Bejo, S. (2021). Support vector machine in precision agriculture: a review. Computers and Electronics in Agriculture, 191, 106546.

[28] Suthaharan, S. (2016). Support Vector Machine: Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classfication. Integrated Series in Information Systems, 36.

[29] Arlot, S., & Celisse, A. (2010). A survey of cross-validation procedures for model selection.

[30] Dang, Y., Jiang, N., Hu, H., Ji, Z., & Zhang, W. (2018). Image classification based on quantum K-Nearest-Neighbor algorithm. Quantum Information Processing, 17, 1-18.

[31] Anchalia, P. P., & Roy, K. (2014, January). The k-nearest neighbor algorithm using MapReduce paradigm. In 2014 5th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (pp. 513-518). IEEE.

[32] Tharwat, A. (2020). Classification assessment methods. Applied computing and informatics, 17(1), 168-192.

Makale id= 60

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0009-0009-9677-6578

Paralel Bir Eksen Etrafında Dönen Bir Kanaldaki Akış Rejiminin Sayısal Olarak İncelenmesi

Araştırmacı Yalçın Solak[1] , Prof.Dr. Yakup Erhan Böke[2]
[1]RUTE
[2]İTÜ

*Corresponding author: Yalçın Solak

Özet: *Demiryolu taşımacılığında kullanılan elektrik makinelerinin rotorları, elektrik jeneratörleri yüksek elektromanyetik kayıplardan dolayı iç ısınmaya maruz kalırlar. Bu, dönen düz kanallar içeren dahili hava soğutma sistemlerinin kurulumunu içerir. Farklı geometrilere sahip hava kanalları farklı ısı transfer katsayılarına neden olur ve ısı transferi doğrudan kanal geometrisine bağlıdır. Paralel bir eksen etrafında dönen bir kanaldaki akış rejimi hesaplamalı olarak incelenmiştir. Üç boyutlu sayısal simülasyonlar, sonlu hacim metodunu kullanan ticari yazılımlar olan ANSYS Fluent ve Solidworks Flow Simülation yazılım paketleri ile yapılmıştır. Türbülansın modellenmesi için farklı Reynolds Ortalama Navier-Stokes modelleme yaklaşımları uygulanır. Re-Normalizasyon Grubu k-ε türbülans modeli, Reynolds Ortalama Navier-Stokes denklemlerine kapanış sağlamak için kullanılmıştır. Modelin güvenilirliği literatürdeki deneysel sonuçlar arasında iyi bir uyum olmasıyla doğrulanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Paralel, Dönme, Türbülanslı Akış*

Numerical Study of Flow Pattern in a Channel Rotating Around a Parallel Axis

Abstract: *Rotors of electrical machines used in railway transport, electric generators are subject to internal heating due to high electromagnetic losses. This involves installation of internal air cooling systems incorporating rotating straight channels. Air channels with different geometries cause different heat transfer coefficients, and heat transfer directly depends on the duct geometry. Flow pattern in a channel rotating around a parallel axis is computationally investigated. Three-dimensional numerical simulations were performed with ANSYS Fluent and Solidworks Flow Simulation software packages, which are commercial software that use the finite volume method. For modelling turbulence, different Reynolds Average Navier-Stokes modelling approaches are applied. The Re-Normalization Group k-ε turbulence model is used to provide closure to the Reynolds Average Navier-Stokes equations. The reliability of the model has been validated by a good agreement between the experimental results in literature.*

Keywords: *Parallel, Rotating, Turbulent Flow*

1.INTRODUCTION

Rotating circular straight channels are wide-spread in air cooling systems of many industrial applications, for instance, in electrical machines used in railway transport, aircraft electric generators etc [1].

Rotors of electrical machines used in railway transport, electric generators are subject to internal heating due to high electromagnetic losses [2].

This involves installation of internal air cooling systems incorporating rotating straight channels. Air channels with different geometries cause different heat transfer coefficients, and heat transfer directly depends on the duct geometry.

In rail transportation, all vehicles with electric drive systems are driven by an electric machine. The source of energy can be diesel fuel or electrical energy in the catenary line. While high-speed trains, tramways and

subways are fed directly from the electric catenary line, locomotives and train sets can be electric or diesel-electric type. Electric machines are used in the drive systems of both electric and diesel-electric rail vehicles.

The electrical machines may have different structures. Asynchronous machines, permanent magnet synchronous machines or direct current brushed machines are used in subways, trams, train sets and locomotives. The cooling methods of the electrical machines vary. Air-cooled, liquid-cooled or air/liquid-cooled machines are available in vehicles used in rail transportation.

The asynchronous machine, whose rotor bars are copper and whose rotor and stator are air-cooled, is a preferred machine in rail transportation. 28 of the 29 electric machines of different powers and sizes in the different types of rail transportation vehicles produced by SKODA are asynchronous machines, and one of the 29 electric machine is a permanent magnet synchronous machine. Of the 28 asynchronous machines, 26 are air-cooled and 2 are liquid-cooled. The permanent magnet synchronous machine is also liquid cooled. In liquid-cooled machines, the rotor package is cooled directly by air flow [3].

Of the 15 electric machines of different powers and sizes in the different types of rail transportation vehicles produced by TOSHIBA, 10 are asynchronous machines and 5 machines are permanent magnet synchronous machines. All 15 electric machines are air-cooled, some machines are self-cooled, some are forced air-cooled. All permanent magnet synchronous machines are air-cooled, closed to the external environment, and dirty air from the external environment does not enter the stator and rotor package of the electric machine. One of the asynchronous machines has air cooling closed to the outside environment. The rotor package of all asynchronous machines and permanent magnet synchronous machines are air cooled [4].

Since asynchronous machines have some important advantages over other types of electrical machines, it is not a coincidence that they are preferred. The main advantage of asynchronous machines is that they do not require electrical connection between the fixed and rotating parts of the machine. Therefore, they do not require a mechanical commutator and brushes, making it a virtually maintenance-free machine. Asynchronous machines have low weight and inertia, high efficiency and high overload capacity. Therefore, asynchronous motors are inexpensive to purchase and operate. Additionally, since no sparks occur, the machine can also work in explosive environments. [5].

In electrical machines, the temperature limits of the materials used determine the machine power performance. The copper bars in the rotor package are the areas that reach the highest temperature in the machine in a steady state regime, and preventing the heat from being carried to the windings of the machine can be possible with rotor package cooling. The power and efficiency of the electric machine can be increased by improving rotor package cooling. The same volume of power increase in the asynchronous machine, which is widely used in rail transportation today, will increase the usability range and preferability. The efficiency increase will result in significant energy savings at locomotive level.

Within the scope of this study, the circular form, the most commonly used rotor package cooling channel geometry, was modeled with different mesh type, mesh size and different turbulence models, and the obtained results were compared with the experimental results obtained in the same geometry.

2. EXPERIMENTAL AND NUMERICAL LITERATURE RESEARCH

Flow and heat analysis in channels rotating around a parallel axis started with Morris in 1965 [6]. Morris's work is an analytical study, he solved the conservation equations for laminar flow by the series expansion method. The flow cross section is circular. The pipe (duct/tube) stands vertically. The pipe rotates parallel to the axis of rotation with a constant angular velocity. Morris did not give a correlation regarding the Nusselt number.

A theoretical study was conducted by Mori and Nakayama in 1967 [7]. Forced convective heat transfer in a straight pipe rotating around a parallel axis with a constant angular velocity; It was examined assuming that there is an effective secondary flow due to buoyancy.

The flow and temperature fields were analyzed by dividing the flow into a core region and a thin boundary layer along the wall. The constant wall temperature gradient is assumed. The analysis made in this study; It is a fully developed laminar flow analysis.

An experimental study was conducted by Le Feuvre in 1967 [8]. This article is about heat transfer through the axial cooling channels of the rotor to air. Experimental measurements have been made, providing a series of data from axial flow rate to rotation speed and channel spacing, circle diameter and length-to-

diameter ratio.

The results show important parameters governing the increase in heat transfer due to rotation. Under certain conditions, % 100 percent increase in heat transfer has been achieved.

A theoretical study was conducted by Nakayama in 1968 [9]. Turbulent heat transfers in a pipe rotating with a large angular velocity around a parallel axis has been studied theoretically, assuming an effective secondary flow resulting from the density difference.

An experimental study was conducted by Sakamoto and Fukui in 1970 [10]. The flow cross section is circular. The pipe (channel/tube) stands parallel to the axis of rotation. The pipe axis is a fixed distance away from the axis of rotation. Tests were carried out between 420 rpm and 2700 rpm. The axial Reynolds number is between 162 and 2700, the flow is laminar.

Measurements were taken in the thermally fully developed region. The authors presented the Nusselt number as a function of the rotational Reynolds number and the Graetz number.

In 1978, a study was conducted in turbulent flow by Woods and Morris [11]. By increasing the flow rate of the fluid in the test setup, they increased the axial Reynolds number and thus examined the heat transfer in the inlet region in turbulent flow in the same test setup. The results obtained from their experiments showed that rotation increases the heat transfer coefficient in the entrance region.

A numerical study was conducted by Woods and Morris in 1980 [12]. Fully developed laminar flow in a tube rotating around a parallel axis has been studied. Numerical analysis was performed for flow and heat transfer. Eccentricity and Coriolis effects are included in the analysis. The results cover a very wide Prandtl range.

An experimental study was conducted by Morris and Dias in 1980 [13]. Morris and Dias (1980) conducted an experimental study on a square-section tube around a parallel axis in a test setup previously created by W.D. Morris.

The channel has a square cross section. The channel length is 610 mm, the square section inner edge length is 9.525 mm, and the wall thickness is 1.59 mm. The channel axis can be placed at 2 different distances from the rotation axis. The first eccentricity value is 304.8 mm, the second is 447.2 mm.

The authors studied two different layouts to see the effect of the eccentricity parameter.

A numerical study was conducted by Mahadevappa, Rao, and Sastri in 1994 [14]. A numerical study was carried out using the finite difference method to obtain the flow shape and heat transfer characteristics of rectangular and elliptical channels rotating around a parallel axis.

Multiple channel geometries were studied for different aspect ratios and different Prandtl number values. The authors found the elliptical channel to be advantageous in terms of heat transfer under fully developed laminar flow conditions.

An experimental study was conducted by Shevchuk and Khalatov in 1996 [15]. In this study, heat transfer and hydrodynamics were investigated in rotating straight channels (mainly those with circular or rectangular cross-sections) parallel to the rotation axis or inclined relative to the horizontal.

The basic mass forces arising in such channels are discussed, including centrifugal, coriolis and buoyant forces in the centrifugal force field. The flow structure and the main resulting flow modes (including macrovortex motion) were analyzed. Empirical equations characterizing the boundaries of these modes are given.

The axial Reynolds number is between 8000 and 19000. For the Rossby number, also expressed as the rotation parameter, a separate empirical equation was obtained for values less than 0.03, and a separate equation was obtained for values between 0 and 0.2.

An experimental study was conducted by Mori, Shiobara and Hattori in 2000 [16]. The heat transfer characteristic of a rectangular channel rotating around a parallel axis in a high centrifugal acceleration area used for coil end cooling of a turbine generator was measured.

The eccentricity parameter of the channel is 6, 30 and 60. It is found that the heat transfer is mainly controlled by the axial velocity and is weakly affected by the buoyancy force near the wall, represented by the Rayleigh number.

The correlations presented by the authors of studies [7] to [16] are given in Table 1. Correlations refer to the Nusselt number.

Table 1 Nusselt number correlations

[7]	$Nu/Nu_0 = f(\gamma, Ra_r, Re, Pr)$ (1) $Pr \geq 1 \rightarrow \frac{Nu}{Nu_0} = \frac{0.191}{\gamma} \cdot (3\gamma - 1)^{1/5} \cdot (Ra_r Re)^{1/5} \cdot \frac{1}{1 + [1/10\gamma \cdot Pr]}$ (2) $\gamma = \frac{\delta_T}{\delta} \rightarrow \gamma = \frac{2}{11} \cdot \left[1 + \sqrt{\left(1 + \frac{77}{4}\frac{1}{Pr^2}\right)}\right]$ (3) $Pr \leq 1 \rightarrow \frac{Nu}{Nu_0} = \frac{0.273}{\gamma} \cdot \left(\gamma - 1 + \frac{1}{3\gamma}\right)^{1/5} \cdot (Ra_r Re)^{1/5} \cdot \frac{1}{1 + [1/10\gamma \cdot Pr]}$ (4) $\gamma = \frac{\delta_T}{\delta} \rightarrow \gamma = \frac{1}{5} \cdot \left[2 + \sqrt{\left(\frac{10}{Pr^2} - 1\right)}\right]$ (5)	[11]	Pipe A (12.7 mm) $\frac{L}{d} = 34.65\ ve \frac{H}{d} = 24.02$ (24) $Nu = 0.016 \cdot Re^{0.78} \cdot \left(\frac{Re_r}{8}\right)^{0.25}$ (25) Pipe B (6.35 mm) $\frac{L}{d} = 69.30\ ve \frac{H}{d} = 48.03$ (26) $Nu = 0.013 \cdot Re^{0.78} \cdot \left(\frac{Re_r}{8}\right)^{0.25}$ (27)
[8]	$Nu/Nu_0 = f\left(\frac{L}{d}, \frac{\pi H}{n_k d}, \frac{d}{H}, \frac{1}{Ro}, A\right)$ (6) $\frac{L}{d} = 6.4$ (7) $\frac{Nu}{Nu_0} = 1.48 \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{n_k d}\right)^{-0,30} \cdot \left(\frac{1}{Ro}\right)^{0.21} \left(\frac{H}{d}\right)^{0.21}$ (8) $\frac{L}{d} = 10.7$ (9) $\frac{Nu}{Nu_0} = 1.43 \cdot \left(\frac{\pi \cdot H}{n_k d}\right)^{-0,20} \cdot \left(\frac{1}{Ro}\right)^{0.19} \cdot \left(\frac{H}{d}\right)^{0.19}$ (10) $5.10^3 \leq Re \leq 4.10^4$ (11) $0.1275 \leq \left(\frac{1}{Ro} \cdot \frac{H}{d}\right) \leq 1.535$ (12) $0.70 \leq \left(\frac{\pi \cdot H}{n_k d}\right) \leq 1.045$ (13)	[12]	$\frac{Nu}{Nu_0} = 0.262 \cdot (Ra_r RePr)^{0.173}$ (28) $4.10^3 \leq Ra_r RePr \leq 10^8$ (29) $0.7 \leq Pr \leq 10^4$ (30)
[9]	$Nu_0 = 0.023.Re^{0.8}.Pr^{0.4}$ (14) $Nu = \frac{0.043.Pr}{Pr^{2/3} - 0.050} \cdot \frac{Re^{4/5}}{\Gamma^{1/10}} \cdot \left[1 + \frac{0.061}{\left(\frac{Re}{\Gamma^2}\right)^{1/5}}\right]$ (15)	[13]	$Nu = 0.012 \cdot Re^{0.78} \cdot Re_r{}^{0.1}$ (31) $Re = 10000, 15000\ and\ 20000$ (32) $100 < Re_r < 1000$ $\frac{L}{d} = 60\ and\ 32 < \frac{H}{d} < 48$ (33)
		[14]	Elliptic $\frac{Nu}{Nu_0} = 0.27 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^{-0.108} \cdot (RaRePr)^{0.175}$ (34) Rectangle $\frac{Nu}{Nu_0} = 0.5 \cdot \left(\frac{a}{b} + \frac{1}{\frac{a}{b}}\right)^{-0.25} \cdot (RaRePr)^{0.12}$ (35)
		[15]	$Ro < 0.03 \rightarrow \frac{Nu}{Nu_0} = 1 + 14.Ro$ (36) $0 < Ro < 0.2 \rightarrow \frac{Nu}{Nu_0} = (1 + 28.Ro)^{0.5}$ (37) $8000 < Re < 19000$ (38)

	$\Gamma = \frac{Inertia\ force}{Body\ force} = \left[\frac{Re^{2m+1}}{(Gr.Pr^{1-K})^{m+1}}\right]^{2/(2m+3)}$ (16) For laminar flow: $m = 1, K = 0 \rightarrow \Gamma = \left[\frac{Re^3}{Ra^2}\right]^{2/5}$ (17) For turbulent flow: $m = 4, K = 0.4 \rightarrow \Gamma = \frac{Re^{18/11}}{Gr^{10/11}.Pr^{6/11}}$ (18)
[10]	$\frac{L}{d} = 20$ (19) $420 < w < 2700\ d/dk$ (20) $162 < Re < 2700$ (21) $Gz = \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \left(\frac{L}{d}\right)^{-1} \cdot Pe \rightarrow Pe = Re.Pr$ (22) $\frac{Nu}{Nu_0} = (1 + 0.03 \cdot Re_r \cdot Gz^{-1})^{1/3}$ (23)

[16]	$Nu = 2.1 \cdot Re_r^{0.11} \cdot \left\{Re \cdot \left(\frac{d}{L}\right)^{1.6}\right\}^{0.43} \cdot Ra_r^{0.021}$ (39) $800 < \Omega < 3000\ d/dk$ (40) $5000 < Re < 20000$ (41) $6 < \frac{L}{d} < 60$ (42) $1.5 \cdot 10^{10} < Ra_\Omega < 3.0 \cdot 10^{10}$ (43)

3.NUMERICAL STUDY

The cross-section in the direction of the shaft axis and the cross-section perpendicular to the shaft axis of a rotor package air-cooled electric motor used in railway transportation vehicles are shown in Figure 1 and 2.

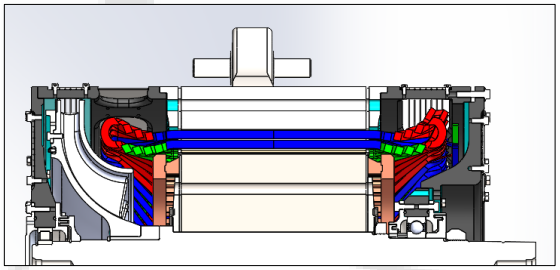


Figure 1 Electrical motor cross-section in the direction of the shaft axis

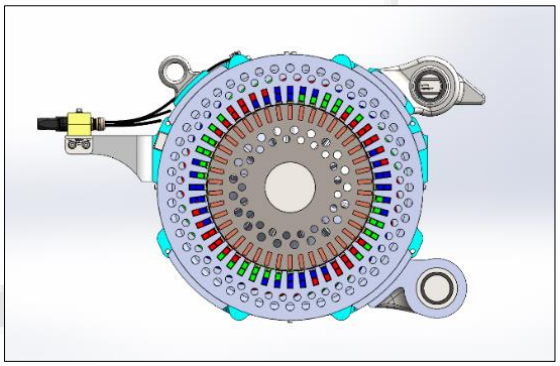


Figure 2 Electrical motor cross-section perpendicular to the shaft axis

Circular air ducts can generally be located in 1, 2 or 3 different circles within the rotor package, with the same or different duct diameter sizes.

As the air ducts rotate with the rotor package, the flow pattern inside them differs and secondary flows occur, which do not occur in fixed air ducts with the same boundary conditions.

An experimental study with dimensions closest to the stator and rotor ventilation ducts in traction motors used in rail transportation was carried out by Humpreys, Morris and Barrow.

The geometric structure of the testing system established by Humpreys, Morris and Barrow is shown in Figure 3. The dimensions and material of the pipe used in this test system are given in Table 2.

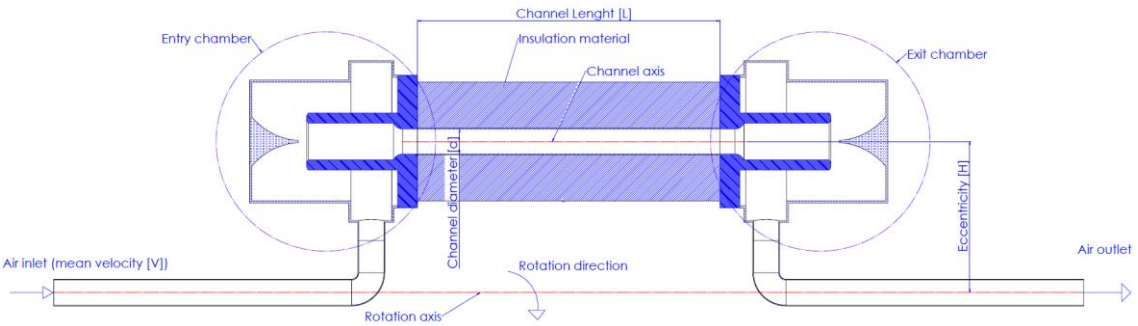


Figure 3 Geometric structure

The density and thermal capacity of the pipe material are not included in Table 2. Density and thermal capacity of the material, which affect the results of time-dependent analysis, will not affect the results under steady-state conditions.

Table 2 Geometric and physical data (Humpreys, Morris and Barrow)

Geometric and physical data					
d	Pipe inner diameter	25.4	mm	1	inch
H	Eccentricity value	152.4	mm	6	inch
L	Pipe length	304.8	mm	12	inch
t	Pipe wall thickness	0.8	mm	1/32	inch
Brass	Pipe material	111	W/mK		

The results obtained in the experimental studies by Humphreys, Morris and Barrow were done under steady-state conditions.

The air flow inside the traction motor can be solved with CFD software, there are many studies dealing with the solution of flow within the traction motor. However, the winding structure inside the motor and the parts on the rotor increase the number of mesh elements and increase the solution time. The evaluation of a numerical study conducted in this way is not easy in terms of testing infrastructure.

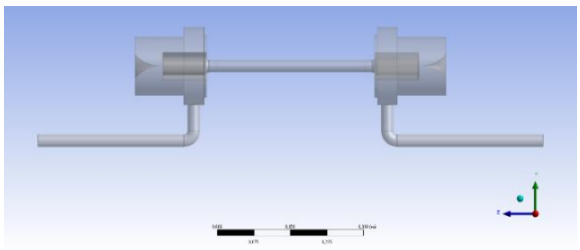


Figure 4 CFD Model (Gravity in y direction)

The test structure of the experimental study carried out by Humpreys, Morris and Barrow in 1966 [17] was modeled with Solidworks and Ansys software and is shown in Figure 4.

The results and graphs of the experimental studies conducted by Humpreys, Morris and Barrow were transferred to the "Microsoft Excel" software using the "Web Plot Digitizer" software. These transferred graphics are shown in Figure 5 and Figure 6.

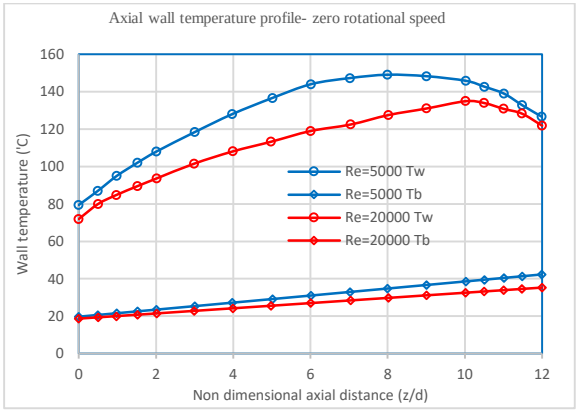


Figure 5 Experimental results carried out by Humpreys, Morris and Barrow [zero rotational speed]

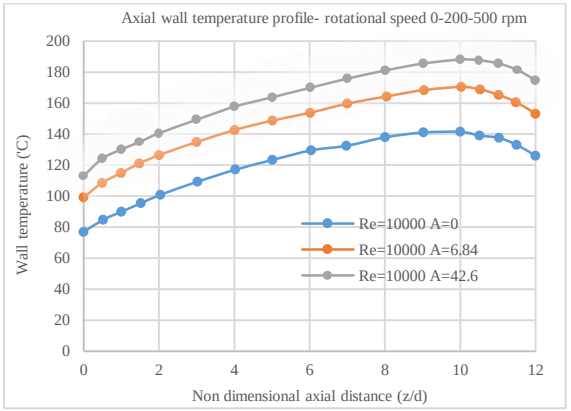


Figure 6 Experimental results carried out by Humpreys, Morris and Barrow [0-200-500 rpm with Re=10000]

Flow in the pipe where there is no rotation, fully developed velocity/temperature profiles are obtained practically after a distance of 10 times the pipe diameter. However, due to the structure of the test system, elbows, inlet chamber and outlet chamber cause secondary flow.

In non-rotating pipe flows where constant heat flux is applied, in the fully developed region, the difference between the pipe inner surface temperature and the bulk temperature of the fluid is constant and independent of the axial position.

Figure 5 shows that the difference between the pipe inner surface temperature and the bulk temperature of the fluid is not constant. And even the exit effect (increase of turbulence and decrease of temperature) is seen between 10 inches and 12 inches of the pipe length. Since the pipe inner diameter is 1 inch, this effect is between 10 and 12 in the x-axis dimensionless z/d value in Figure 5 and Figure 6.

3.1. Boundary Conditions

Adiabatic boundary conditions are assumed to for all surfaces which are in contact with the external environment. The heat flux is transferred from the brass pipe surface to the fluid.

Information on inlet, outlet and surface boundary conditions is given in Table 3, Table 4 and Table 5.

- Boundary conditions of the fluid:
  - "0" speed on solid surfaces, stationary fluid
  - Constant mass flow rate
  - Atmospheric pressure at outlet surface
- Boundary conditions of the solid:
  - $q'' = 0\ W/m^2$ heat flux on all surfaces in contact with the external environment
- Surface conditions
  - Homogeneous constant heat flux on the outer (inner) surface of the brass pipe

Table 3 Inlet boundary conditions

Boundary conditions	
Inlet	
Fluid	Air
Fluid physical properties	$\rho = f(T), \mu = f(T), C_p = f(T), k = f(T), \beta = f(T)$

Flow	Fully developed		
$\dot{m}$	Mass flowrate	0.00361	kg/s
T_g	Inlet bulk temperature	19.7	℃
P_g	Inlet pressure	≈101325	Pa

Table 4 Outlet boundary conditions

Boundary conditions			
Outlet			
Fluid	Air		
Fluid physical properties	$\rho = f(T), \mu = f(T), C_p = f(T), k = f(T), \beta = f(T)$		
Flow	Fully developed		
T_∞	Enviromental temperature	19.7	℃
P_∞	Enviromental pressure	≈101325	Pa

Table 5 Surface (wall) boundary conditions

Boundary conditions							
Pipe surface							
q''	Heat flux	3043	W/m^2K	0	rpm	Ra_Ω	$\cong 1.5 \cdot 10^5$
q''	Heat flux	4444	W/m^2K	200	rpm	Ra_Ω	$\cong 1.5 \cdot 10^5$
q''	Heat flux	5758	W/m^2K	500	rpm	Ra_Ω	$\cong 1.5 \cdot 10^5$
Outer surface							
q''	Heat flux	0	W/m^2K	0-200-500	rpm		

3.2. Mesh Structure

The mesh structure was created in ANSYS Fluent Meshing software. Detailed information about the mesh structure is given in Table 6 to evaluate the mesh structure. In Table 4, terms included in ANSYS Fluent software were used.

Table 6 Detail information of mesh structure

Input geometry			
M2		Add Boundary Layers	
Add Local Sizing		Add Boundary Layers	yes
facesize_1		Name	smooth-transition_1
Name	facesize_1	Offset method type	smooth-transition
Growth Rate	1.2	Number of layers	20
Size control type	Face size	Transition ration	0.1
Target mesh size	0.5	Growth rate	1.02

		Add in	fluid-regions
Generate the surface mesh		Grow on	only-walls
Minimum size	0.5		
Maximum size	10	Generate the volume mesh	
Growth rate	1.1	Fill with	poly-hexcore
Size functions	Curvature&Proximity	Buffer layers	4
Curvature normal angle	18	Peel layers	1
Cells per gap	1	Min Cell length	0.5
		Max Cell length	8

Simulations were made with 15 different numbers of mesh elements between 481,426 and 8,332,853. It was found that when the number of mesh elements exceeds 1,100,000, the results become independent of the mesh. However, it must be said that analyzes that are independent of the mesh element number, that is, the number of mesh elements is more than or equal to 1,100,000, but the mesh element structure is different, have given different results under the same turbulence models and the same boundary conditions.

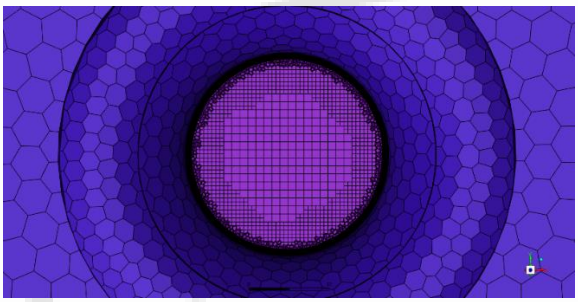


Figure 7 Mesh structure in cross-section inside the pipe

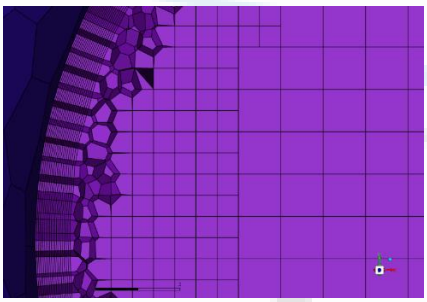


Figure 8 Zoomed-in view of the mesh structure in pipe cross-section

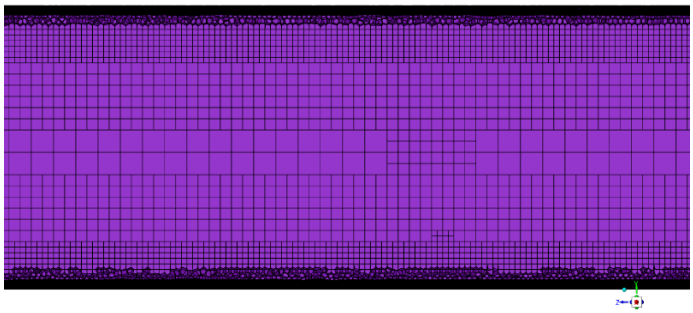


Figure 9 Zoomed-in view of the mesh structure in longitudinal section inside the pipe

Table 7 Mesh structure information

Mesh structure information “M2”	
Nodes	7.967.211
Edges	3.278

Mesh structure information "M2"	
Faces	14.848.064
Cells	3.614.856

In particular, the growth rate value when creating a surface mesh element, the transition ration and growth rate when creating a mesh element in the boundary layer are important determining values of the mesh structure.

Many different mesh structures have been tried and the mesh structure named "M2" has been used in the analyzes to be presented here.

The number of points, edges, surfaces and cells of the M2 network structure are given in Table 7.

With the M2 mesh structure, 16 different turbulence models with options were run.

Figures 7 and 9 show the mesh structure in the cross-section and longitudinal section of the pipe. Figure 8 shows the mesh structure within the velocity boundary layer near the inner (wall) surface of the pipe. The mesh structure seen in Figure 8 was created with the smooth transition method parameters in Table 6.

Table 8 contains information about 7 different mesh structures.

Table 8 Different mesh structures

Simulation number	800-900-1000-1100-1200-1300-1400-1500-1600	1700-1800-1900-2000-2100-2200-2300-2400-2500-2600-2700-2800-2900-4600-4700-4800-6200	3.000	3.100	3.200	3.300	3.400
Mesh number	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Nodes	5.445.464	7.967.211	8.029.839	8.879.669	10.293.107	9.089.964	17.754.193
Edges	3.278	3.278	3.278	7.504	7.504	7.822	7.824
Faces	9.814.681	14.848.064	14.982.854	16.648.927	20.698.711	16.449.465	33.834.282
Cells	**2.361.067**	**3.614.856**	**3.655.907**	**4.056.080**	**5.353.638**	**3.968.357**	**8.332.853**
Facesize_1							
Growth rate	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Target mesh size	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Generate the surface mesh							
Minimum size	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Maximum size	10,0	10,0	10,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Growth rate	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Size functions	Cur.Prox	Cur.Prox	Cur.Prox	Cur.Prox	Cur.Prox	Cur.Prox	Cur.Prox
Curvature normal angle	18	18	18	18	18	18	18
Cells per gap	1	1	1	1	1	1	1
Scope proximity to	Edges	Edges	Edges	Edges	Edges	Edges	Edges
Separate out boundary zones	No	No	No	No	No	No	No

Add boundary layers							
Add boundary layers	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Name	sm0	sm1	sm1	sm1	uni1	sm1	sm2
Offset method type	smooth-transition	smooth-transition	smooth-transition	smooth-transition	uniform	smooth-transition	smooth-transition
Number of layers	10	20	20	20	20	10	30
Transition ratio	0,100	0,100	0,100	0,272		0,100	0,100
Growth rate					1,100		
Growth rate	1,100	1,020	1,100	1,100		1,100	1,100
First height					0,100		
Add in	fluid regions	fluid regions	fluid regions	fluid regions	fluid regions	fluid regions	fluid regions
Grow on	only walls	only walls	only walls	only walls	only walls	only walls	only walls
Generate the volume mesh							
Fill with	poly hex core	poly hex core	poly hex core	poly hex core	poly hex core	poly hex core	poly hex core
Buffer layers	4	4	4	4	4	4	4
Peel layers	1	1	1	1	1	1	1
Min cell length	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Max cell length	8,0	8,0	8,0	4,0	1,0	2,0	2,0
Boundary layer thickness	0.5 mm	1.0 mm	1.0 mm	2.5 mm	6 mm	0.5 mm	0.5 mm

The solid model in Figure 4 was formed with the M2 mesh structure in ANSYS software. Conservation equations were solved under the same boundary conditions with different turbulence models in ANSYS Fluent. There are three computational approaches used to characterize turbulence.

These approaches:

- Direct Numerical Simulation
- Large Eddy Simulation
- Reynolds averaged Navier-Stokes models.

The Reynolds Averaged Navier Stokes approach models the entire spectrum of turbulence scales (both large and small eddies). This method is widely used in many engineering applications as it is less computationally costly, RANS approach was also used in this study. The RANS approach solves the time-averaged Navier-Stokes equation.

The purpose of turbulence models is to calculate the Reynolds stress tensor, which can be done by three main categories of RANS-based turbulence models.

Reynolds stresses can be modeled with a linear eddy viscosity model, a nonlinear eddy viscosity model, or a Reynolds Stress Model.

Although there are three different linear eddy viscosity models: numerical, 1-equation and 2-equation, the most common are the 2-equation k-epsilon (k-ε) model or the k-omega (k-ω) model.

The k-epsilon model has different formulations such as standard, realizable and RNG. Also the k-w model has different formulations such as Wilcox's k-omega model, Wilcox's modified k-omega model,

SST k-omega model and GEKO model.

The single reference frame approach is used to model the rotating domain. Gravity is included in the numerical study in y direction. The pressure-velocity coupling (solution method) in the equations is handled with the Coupled algorithm. The turbulent kinetic energy and turbulent dissipation rate are discretized with the second-order upwind scheme. Pressure and energy terms are discretized with the first-order upwind scheme. The convergent criterion is set as 1,00E-05 for all scaled residuals except residual of energy.

Table 9 contains the M2 mesh structure and analysis information of two examples of different turbulence models. Turbulence models are different in the numerical studies in Table 9, and ANSYS Fluent software also includes options for turbulence models such as viscous heating, curvature correction, corner flow correction, production limiter, enhanced wall treatment, pressure gradient effects and thermal effects.

Table 9 Numerical study information in ANSYS Fluent software

	MESH			M2 (1700)	M2 (1900)
				Re=10000 A=42.6 (500rpm) ṁ=0.00361 kg/s q=140 W q"=5758 W/m² Tinlet=292.85 K (19.7'C)	Re=10000 A=42.6 (500rpm) ṁ=0.00361 kg/s q=140 W q"=5758 W/m² Tinlet=292.85 K (19.7'C)
SETUP	General	Mesh		M2	M2
		Solver	Type	Pressure-Based	Pressure-Based
			Velocity Formulation	Absolute	Absolute
			Time	Steady	Steady
		Gravity		x=-0 m/s2 y=-9.81 m/s2 z=-0 m/s2	x=-0 m/s2 y=-9.81 m/s2 z=-0 m/s2
	Models	Energy		On	On
	Models	Viscous		k-w SST Viscous heating Curvature correction Corner flow correction Production limiter	k-e RNG Swirl dominated flow Enhanced wall treatment Pressure gradient effects Thermal effects Curvature correction Corner flow correction Production limiter
	Materials	Fluid		Air	Air
		Solid		Brass	Brass
	Cell Zone Conditions	Fluid			
	Cell Zone Conditions		volume-volume	Frame motion Rotation axis (x,y,z)=(0,0,0) Rotation axis direction (x,y,z)=(0,0,1) Rotational velocity (52.36 rad/s)	Frame motion Rotation axis (x,y,z)=(0,0,0) Rotation axis direction (x,y,z)=(0,0,1) Rotational velocity (52.36 rad/s)
	Boundary Conditions	Inlet			
			Mass Flow Rate Thermal	0.00361 kg/s (Re=10000) 292.85 K	0.00361 kg/s

					(Re=10000) 292.85 K
		Internal			
		Outlet			
			Pressure Outlet	Absolute Gauge pressure (0 Pa) Normal to boundary Total pressure Target mass flow rate	Absolute Gauge pressure (0 Pa) Normal to boundary Total pressure Target mass flow rate
		Wall			
			Pipe	Heat flux (5758 W/m2) Stationary wall No slip	Heat flux (5758 W/m2) Stationary wall No slip
			volume-volume	Heat flux (0 W/m2) Stationary wall No slip	Heat flux (0 W/m2) Stationary wall No slip
SOLUTION	Methods	Pressure Velocity Coupling			
			Scheme	SIMPLE	SIMPLE
			Flux Type	Rhie-Chow: momentum based	Rhie-Chow: momentum based
		Spatial discretization			
			Gradient	Least Squares Cells Based	Least Squares Cells Based
			Pressure	PRESTO!	PRESTO!
			Momentum	First Order Upwind	First Order Upwind
			Turbulent Kinetic Energy	Second Order Upwind	Second Order Upwind
			Turbulent Dissipation Rate	Second Order Upwind	Second Order Upwind
			Energy	First Order Upwind	First Order Upwind
	Monitor	Residuals			
			continuity	1,00E-05	1,00E-05
			x-velocity	1,00E-05	1,00E-05
			y-velocity	1,00E-05	1,00E-05
			z-velocity	1,00E-05	1,00E-05
			energy	1,00E-06	1,00E-06
			k	1,00E-05	1,00E-05
			epsilon	1,00E-05	1,00E-05

4. RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of the analyzes will be by comparing the wall temperatures in the experimental data obtained along the pipe with the numerical results. The local Nusselt number along the pipe will be calculated. The average Nusselt number throughout the pipe will be calculated and compared with experimental results.

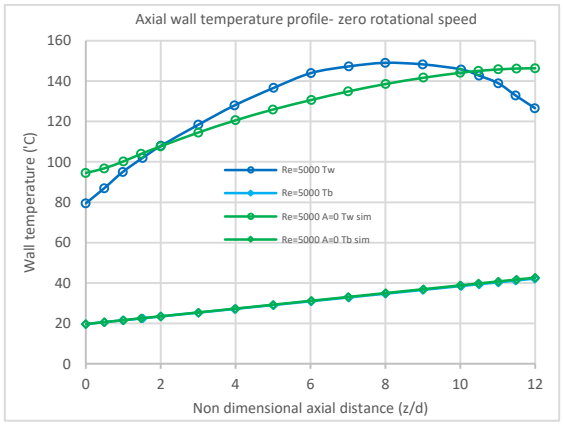


Figure 10 Re=5000 k-e turbulence model zero rotational speed

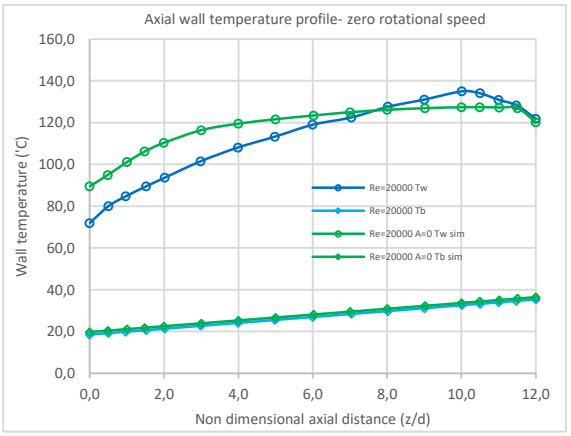


Figure 11 Re=20000 k-e turbulence model zero rotational speed

It is seen that the analysis studies where the axial Reynolds number is 5000 and 20000 and there is no rotation are compatible with the experimental results. Graphs for the k-e turbulence model are given in Figure 10 and Figure 11. One issue that emerges from the graphs is that analysis studies at the pipe entrance calculate higher temperatures than experimental data, and the mixing and rotation of the flow at the pipe entrance cannot be well calculated by turbulence models. At the pipe exit, as the axial velocity decreases, the error in the analysis becomes apparent. It is understood that at high axial flow velocities, such as the Reynolds number of 20000, the outlet has less effect.

In subsequent analysis studies, the results will be presented at a dimensionless axial distance of z/d 2-10.

The change of the bulk temperature of the fluid along the axial length of the pipe was accurately calculated by turbulence models analysis studies.

The red dashed line in Figure 12 is the experimental data. The axial Reynolds number is 10000. The tube rotates at 500 rpm. Numerical analysis studies were carried out with different turbulence models.

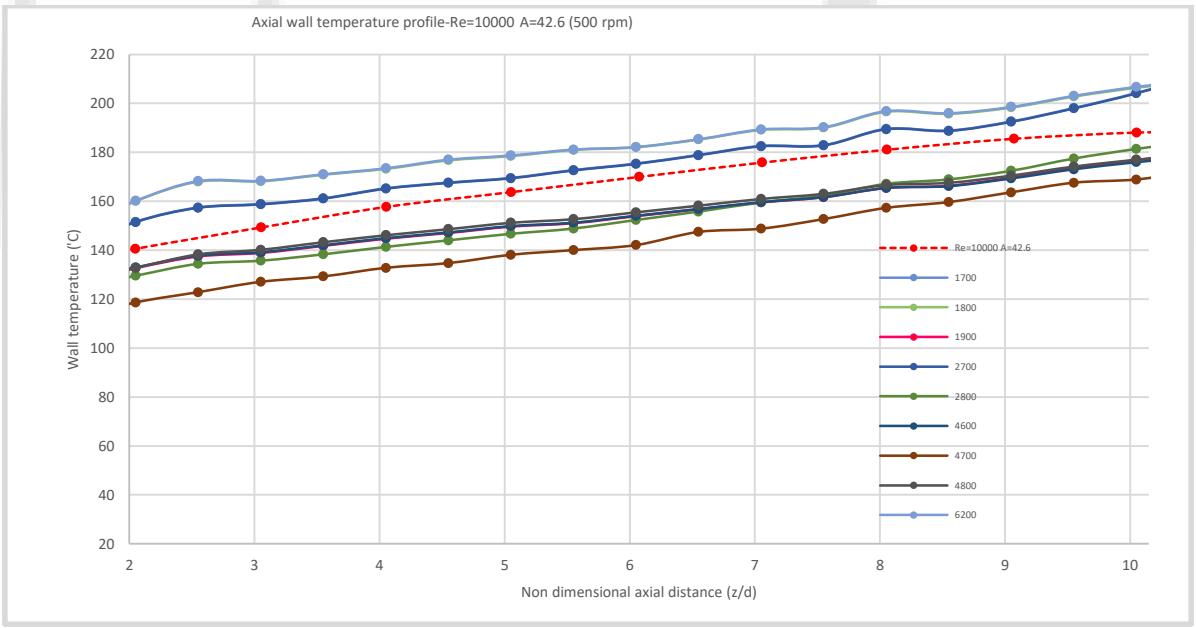


Figure 12 Re=10000 different turbulence models 500 rpm

The mean Nusselt number along the pipe was calculated from the logarithmic temperature difference, assuming that all the heat flux given from the pipe surface passes to the fluid. The heat conduction coefficient of the fluid was taken at the average bulk temperature value.

$$\overline{\mathrm{Nu}} = \frac{\mathrm{hd}}{k} \tag{44}$$

$$\mathrm{q}^{"} = \mathrm{h}\Delta\mathrm{T}_{lm} \tag{45}$$

$$\overline{\mathrm{Nu}} = \left(\mathrm{q}^{"}\mathrm{d}/\mathrm{k}\Delta\mathrm{T}_{lm}\right) \tag{46}$$

$$\Delta\mathrm{T}_{lm} = \frac{\Delta\mathrm{T}_o - \Delta\mathrm{T}_i}{ln\left(\frac{\Delta\mathrm{T}_o}{\Delta\mathrm{T}_i}\right)} \rightarrow \Delta\mathrm{T}_o = T_{w_10} - T_{b_{10}}\ and\ \Delta\mathrm{T}_i = T_{w_2} - T_{b_2} \tag{47}$$

The experimentally calculated Nusselt number and the experimental data used in the calculation are given in Table 10.

Table 10 Average Nusselt number- Humpreys, Morris and Barrow experiment

Re=10000 n=500 rpm	
T_{b_2}	26.1°C
T_{w_2}	140.5°C
$T_{b_{10}}$	51.7°C
T_{w_10}	188.1°C
$\Delta\mathrm{T}_{lm}$	125.1°C
$\mathrm{q}^{"}$	5738
k	0.02727
d	25.4 mm
$\overline{\mathrm{Nu}}$	**42.7**

The mean Nusselt number in the pipe was calculated from the temperature distribution obtained from the numerical analysis study with different turbulence models.

$$Difference\ \% = 100 \cdot \left|1 - \left(\frac{\overline{\mathrm{Nu}}_{Sim}}{\overline{Nu}}\right)\right| \tag{48}$$

The Nusselt number calculated from the experimental data and the Nusselt numbers obtained from the analysis studies were compared using Equation 48. The results are presented in Table 11.

Table 11 Comparison of the mean Nusselt numbers between experiment (Re=10000 different turbulence models 500 rpm)

Simulation number	Mesh	Turbulence model	Turbulence model options	Nusselt number $\overline{\mathrm{Nu}}_{Sim}$	Difference %
1700	M2	k-w SST	Viscous heating-Curvature correction-Corner flow correction-	38.5	9.9
1800	M2	k-w SST	~~Viscous heating-Curvature correction-Corner flow correction-~~	37.0	13.4
1900	M2	k-e RNG	Swirl dominated flow-Enhanced wall treatment Swirl factor (0.07	46.1	7.9
2700	M2	k-w SST	Buoyancy effects :Full-~~Viscous heating-~~Curvature correction-	38.5	9.8

Simulation number	Mesh	Turbulence model	Turbulence model options	Nusselt number $\overline{\mathrm{Nu}}_{sim}$	Difference %
2800	M2	k-w SST	Low Re corrections-Buoyancy effects :Only Turbulence	46.0	7.5
4600	M2	k-e RNG	Swirl dominated flow -Enhanced	46.2	8.2
4800	M2	k-e RNG	Swirl dominated flow Enhanced	46.1	7.8
4700	M2	k-e RNG	Swirl dominated flow -Enhanced	51.1	19.6
6200	M2	k-w SST	Viscous heating-Curvature	37.0	13.5
Humpreys, Morris and Barrow experiment				42.7	

Except for the studies conducted with the k-w SST turbulence model numbered 1800-6200 and the study conducted with the k-e RNG turbulence model numbered 4700 by entering the rotation factor as 0.2, the error margins in the remaining 6 studies are between 7-10%. The turbulence model that is graphically more compatible with the experimental data is the k-e RNG model for this rotation speed (not in a saw tooth shape, with less ups and downs).

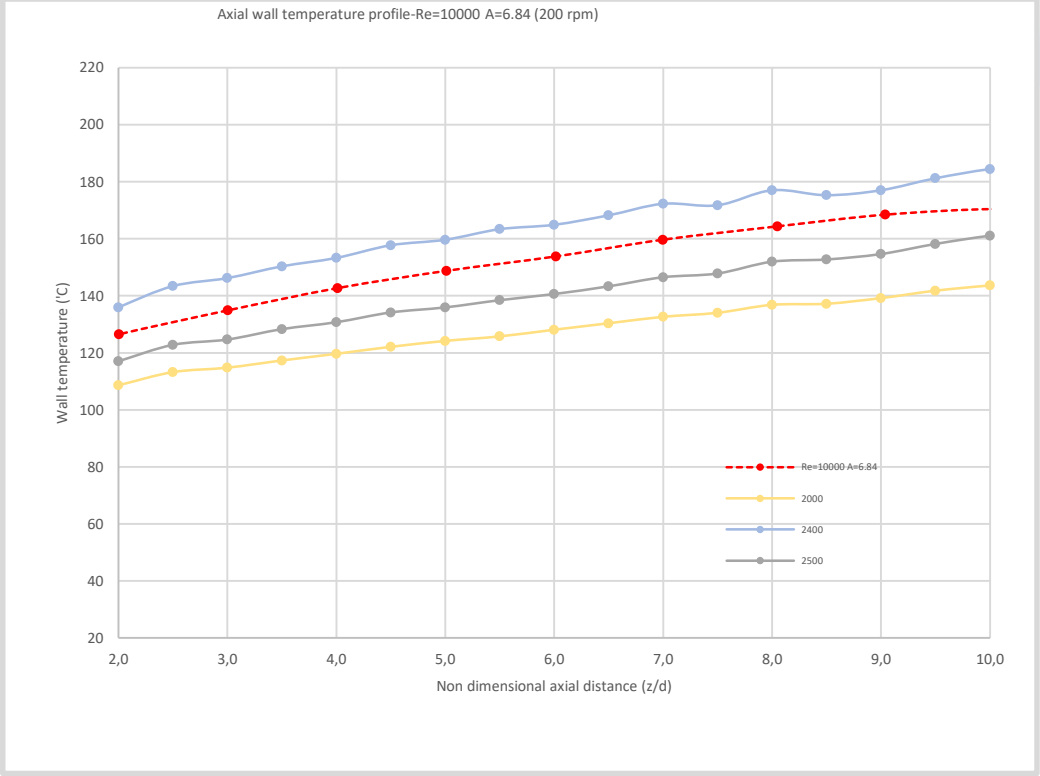


Figure 13 Re=10000 different turbulence models 200 rpm

The red dashed line in Figure 13 is the experimental data. The axial Reynolds number is 10000. The tube rotates at 200 rpm. Numerical analysis studies were carried out with k-e RNG, k-w SST and k-w GEKO turbulence models.

Table 12 Comparison of the mean Nusselt numbers between experiment (Re=10000 different turbulence models 200 rpm)

Simulation number	Mesh	Turbulence model	Turbulence model options	Nusselt number	Difference %
2000	M2	k-e RNG	Swirl dominated flow-	42.1	14.6
2400	M2	k-w SST	Viscous heating-Curvature	35.4	3.8
2500	M2	k-w GEKO	Viscous heating-Curvature	43.3	17.7
Humpreys, Morris and Barrow experiment				36.7	

The mean Nusselt numbers obtained from analysis studies for Re=10000 and 200 rpm were compared with the Nusselt number calculated from experimental data. The results are presented in Table 12.

5. CONCLUSION

- It is predicted that the margin of error in k-w turbulence models will increase as the rotation speed increases. However, for non-rotating condition or low speed (200 rpm), the error in k-w turbulence models is at an acceptable level, less than 10%.
- It is predicted that the margin of error in the k-e RNG turbulence model will decrease as the rotation speed increases. However, it has a higher margin of error than k-w turbulence models for non-rotation or low speed (200 rpm).

In asynchronous machines used in rail transportation, when the speed spectrum of the vehicle on the route is examined, generally 80% of the speed spectrum is between 1500-3000 rpm.

It is thought that it would be more appropriate to use the k-e RNG turbulence model in high rotational flows.

Nomenclature

a	Width of the channel [m]
A	Rotational non dimensional parameter
b	Height of the channel [m]
d	Diameter of the circular channels [m]
Gr	Grashof number
Gr_r	Rotational Grashof number
H	Radius of rotating circle or eccentricity [m]
L	Length of the pipe or channel [m]
N_r	Swirl number
Nu	Nusselt number
Nu_0	Nusselt number nonrotating
$\overline{Nu}$	Mean Nusselt number calculated from experimental data
$\overline{Nu}_{Sim}$	Mean Nusselt number calculated from simulation
Pr	Prandtl number
Ra	Rayleigh number
Ra_r	Rotational Rayleigh number
Re	Reynolds number
Re_r	Rotational Reynolds number
Ro	Rosby number
t	Thickness of the pipe [m]
T	Temperature [K]
T_w	Wall temperature (Pipe inner surface temperature) [°C]
T_{w-sim}	Wall temperature calculated in simulation [°C]
T_b	Fluid bulk temperature [°C]
T_{b-sim}	Fluid bulk temperature calculated in simulation
V	Axial velocity or mean axial velocity [m/s]

Greek Symbols

β	Coefficient of thermal expansion $[1/K]$
c_p	Specific heat capacity of fluid [J/kgK]
ε	Dissipation rate of turb. kin. energy

k Coefficient of heat conductivity $[W/m^2K]$

μ Dynamic viscosity of fluid $[kg/ms]$

ρ Density of fluid $[kg/m^3]$

ϑ Kinematic viscosity of fluid $[m^2/s]$

ω Angular velocity $[rad/s]$

Abbreviations

CFD Computational Fluid Dynamics

DNS Direct Numerical Simulation

FDM Finite Difference Method

GEKO Generalized k-ω Turbulence Model

LES Large Eddy Simulation

M2 Mesh 2

RANS Reynolds Averaged Navier-Stokes

RSM Reynolds Stress Model

RNG Renormalization Group

SST Shear Stress Transport k-ω model

REFERENCES

[1] Fasquelle, A., Pelle, J., Harmand, S., Shevchuk, I.V., (2014). Numerical study of convective heat transfer enhancement in a pipe rotating around a parallel axis. Journal of Heat Transfer Vol. 136, pp. 051901-1-14.

[2] Igor V. Shevchuk, (2016). Modelling of convective heat and mass transfer in rotating flows. London, UK: Springer

[3] Skoda electric product catalog 2012 traction motors

[4] Toshiba Traction and auxilary power systems

[5] Lüdtke, I., 1998, "The direct torque control of induction motors", Ph.D. thesis, University of Glamorgan, Canada

[6] Morris, W.D. (1965). Laminar convection in a heated vertical tube rotating about a parallel axis. J.Fluid Mechanics, vol. 21, part 3,pp 453-464

[7] Mori, Y., Nakayama, W., (1967). Forced convective heat transfer in a straight pipe rotating around a parallel axis. Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 10, pp1179-1194

[8] Le Feuvre. R.F., (1967). Heat transfer in rotor cooling ducts. Proc. Instn. Mech. Engrs, vol. 182, Pt 3H

[9] Nakayama, W., (1968). Forced convection heat transfer in a straight pipe rotating around a parallel axis. Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 11, pp1185-1201

[10] Sakamoto, M., Fukui, S., (1970). Convective heat transfer of a rotating tube revolving about an axis parallel to itself. International heat transfer conference 4, vol. 12

[11] Morris, W.D., Woods, J.L., (1978). Heat transfer in the entrance region of tubes that rotate about a parallel axis. Journal Mechanical Engineering Science, vol. 20, No. 6

[12] Woods, J.L., Morris, W.D., (1980). A Study of heat transfer in a rotating cylindrical tube. Journal of Heat Transfer, vol. 102, pp612-616

[13] Morris, W.D., Dias, F.M., (1980). Turbulent heat transfer in a revolving square sectioned tube. Journal Mechanical Engineering Science, vol. 22, pp95-101

[14] Mahadevappa, M., Rao, V.R., Sastri, V.M.K., (1994). Numerical study of steady laminar fully developed fluid flow and heat transfer in rectangular and elliptical ducts rotating about a parallel axis. Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 39, No. 4, pp. 867-875

[15] Shevchuk, I.V., Khalatov, A.A., (1995). Heat transfer and hydrodynamics in straight channels rotating about a parallel or inclined axis. High Temperature, Vol. 34, No. 3, 1996, pp. 455–467. Translated from Teplofizika Vysokikh Temperatur, Vol. 34, No. 3, 1996, pp. 461–473.

[16] Mori, H., Shiobara, R., Hattori, K., (2000). Heat transfer characteristic of a rectangular channel rotating on a parallel axis. The Japan Society of Mechanical Engineers, vol. 66, pp138-142

[17] Humphreys, J.F.; Morris, W.D.;Barrow, H; (1966). Convection heat transfer in the entry region of a tube which revolves about an axis parallel to itself. Int. J. Heat Mass Transfer, vol. 10, pp333-347

Makale id= 65

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-1104-8352

İlkokul Dersliklerinin Akustik Performansında Yutucu Gereç Yerleşiminin Etkisi

Araştırmacı Rabia Sarıoğlu[1] , Prof.Dr. Neşe Yüğrük Akdağ[1]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi

*Corresponding author: Rabia Sarıoğlu

Özet: *Öğrenmenin büyük ölçüde sözlü olarak gerçekleştirildiği ilkokul dersliklerinde iyi bir sınıf akustiğinin sağlanması, konuşmanın anlaşılabilirliği ve ders öğrenimi açısından büyük bir önem taşımaktadır. Akustik açıdan iyi tasarlanmamış sınıflarda öğrencilerin derslere katılım ve dikkat düzeyleri azalabilir. Sınıf akustiğinin belirleyicileri arasında, hacmin geometrik özelliklerinin yanı sıra, hacim iç yüzeylerinin ses yutuculuk özellikleri yer almaktadır. Bu doğrultuda dersliklerin akustik koşullarını denetlemek ve iyileştirmek amacıyla dersliklerin tavan ve duvarlarında ses yutucu gereçler kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, tipik bir ilkokul dersliğinde yutucu gereçlerin farklı konumlara yerleştirilmesi durumunda akustik parametrelerin nasıl farklılık göstereceğine dair bir karşılaştırma yaparak yutucu gereçlerin optimum yerleşim durumunu belirlemektir. Söz konusu karşılaştırma, bir hacmin akustik durumunu belirten akustik parametrelerden Yansışım Süresi (RT), Erken Düşme Süresi (EDT), Konuşmanın Anlaşılabilirlik İndeksi (STI) ve Belirginlik (D50) parametreleri incelenerek yapılmıştır. Belirlenen derslikte, hangi yerleşim durumunda en iyi akustik değerlerin elde edileceğini belirlemek amacıyla frekansa göre dengeli değerlere sahip belirli bir yutucu malzeme seçilmiş ve aynı yüzey alanına sahip olacak şekilde dokuz farklı yutucu yüzey yerleşim senaryosu oluşturulmuştur. Odeon yazılımında gerçekleştirilen hesaplar sonucunda, en ideal yerleşimin, yutucu malzemenin hacmin genelinde ve mümkün olan en homojen şekilde yerleştirilmesi durumunda sağlandığı görülmüştür. Hacmin akustik açıdan optimum koşulları sağlamasında, gerekli ses yutucu gereçlerin kullanım yerlerinin seçiminin önemi, bu çalışma kapsamında derslik örneği için elde edilen sonuçlardan da açıkça görülmektedir. Bu nedenle, hacimlerin akustik açıdan etkin ve ekonomik tasarımları ve uygulamaları açısından, yutucu gereç yerlerinin seçimi konusu üzerinde titizlikle durulması son derece önem taşımaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *İlkokul Sınıfları, Hacim Akustiği Parametreleri, Yutucu Gereçler, Akustik Modelleme*

The Effect of Absorbing Material Placement On the Acoustic Performance of Primary School Classrooms

Abstract: *Providing good classroom acoustics in primary school classrooms, where learning is largely accomplished by speaking, is of great importance in terms of speech intelligibility and lesson learning. In classrooms that are not well designed acoustically, students' participation and attention levels may decrease. Determinants of classroom acoustics include the sound absorbing properties of the interior surfaces of the room, as well as the geometric properties of the volume. In this study, sound absorbing materials were used on the ceilings and walls of the classrooms in order to both control and improve the acoustic conditions of the classrooms. The aim of this study is to determine the optimum placement of sound absorbing materials by making a comparison of how the acoustic parameters will differ if the sound absorbing materials are placed in different locations in a typical primary school classroom. The comparison in question was made by examining the acoustic parameters that indicate the acoustic status of a room: Reverberation Time (RT), Early Decay Time (EDT), Speech Transmission Index (STI) and Definition (D50). In order to determine which placement situation would yield the best acoustic values in the specified classroom, a specific absorber material with balanced values according to frequency was selected and nine different scenarios were created to have the same surface area. As a result of calculations made in Odeon software, it was seen that the most ideal placement was achieved if the sound absorber material was placed throughout the room and in the most homogeneous way possible. The importance of choosing*

the places of use of the necessary sound absorbing materials in ensuring that the room provides optimum conditions in terms of acoustics is clearly seen from the results obtained for the classroom example within the scope of this study. For this reason, it is extremely important to pay attention to the selection of absorbing material locations in terms of acoustic efficiency, economical design and applications of rooms.

Keywords: *Primary School Classrooms, Room Acoustic Parameters, Sound Absorbing Materials, Acoustic Modelling*

1. GİRİŞ

İlkokul sınıflarında öğrencilerin ders öğrenimi için öğretmenin söylediklerinin tamamını iyi bir şekilde duyması beklenmektedir. Bu nedenle ilkokul sınıflarında iyi bir akustik ortam sağlanması gerektiği açıktır. Çalışmalar, akustik açıdan yeterli koşulların sağlanmadığı sınıflarda yalnızca konuşma anlaşılırlığının değil öğrencilerin başarılarının ve davranışlarının da kötü etkilenebileceğini göstermektedir [1-5]. Nabelek ve Rabinson çalışmalarında 10 yaş grubundaki ilkokul çocuklarının genç yetişkin insanlara göre düşük yansışım süresi ve daha yüksek yararlı ses seviyelerine ihtiyaç duyduğunu belirtmiştir [6].

Bir hacimde konuşmanın anlaşılabilirliğini belirleyen akustik parametreler yansıyan ses ile doğrudan ilişkilidir. Sesin yansıması hacim içerisinde karşılaştığı tüm yüzeyler ile meydana gelir. Yansıyan sesin miktarı ve özellikleri hacim içerisindeki yüzeylerin ses yutuculuk performansıyla belirlenir. Bu amaçla dersliklerde akustik koşulları düzenlemek ve iyileştirmek için duvar ve tavanlarda ses yutucu gereçler kullanılmaktadır.

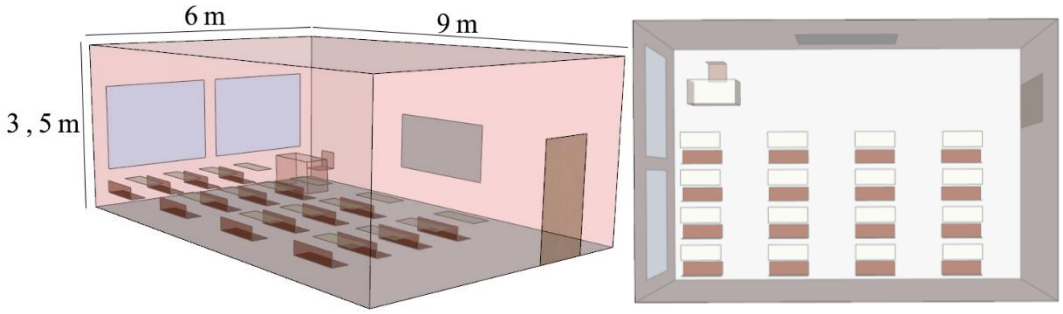
Yansıyan sesin az, yutulan sesin fazla olması düşük bir yansışım süresi olduğunu göstermektedir. Yüksek konuşma anlaşılırlığı, düşük yansışım süresi ve yüksek sinyal/gürültü oranı ile elde edilir. Bu nedenle konuşma işlevli hacimlerde düşük yansışım süresi istenmektedir. Duvar ve tavanlarda kullanılan yutucu gereçlerin üzerine gelen sesin yutulma miktarları gerecin yüzey alanına ve yutma katsayısına bağlıdır. Bununla birlikte gerecin yerleşiminin aynı yüzey alanına sahip gereçler kullanılsa bile yansışım süresini etkilediği birçok yazar tarafından çalışılmıştır [7-11]. Parkinson, yutucu malzemenin düzeninin ses emilimini etkilediğini belirtmiş ve dağılmış bir modelin diğer birçok modelden daha iyi performansa sahip olduğu sonucuna varmıştır [12].

Bu çalışmada belirlenen bir ilkokul sınıfında yutucu gereçlerin sınıf içerisinde kulanım yerlerinin akustik parametrelere etkisini değerlendirmek ve optimum yerleşim yerini belirlemek amacıyla 9 farklı yerleşim senaryosu oluşturulmuştur. Yalnızca yerleşim yerinin etkisini inceleyebilmek adına toplam yüzey alanı aynı olacak şekilde yutucu gereçler tavanda, duvarda ve hem duvar hem tavanda olmak üzere farklı konumlarda kullanılarak oluşturulmuş modeller Odeon yazılımında incelenmiş ve her durum için belirlenen hacim akustiği parametrelerinin karşılaştırılmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın, optimum akustik koşulların sağlanması için tasarımcılara, daha az gereç kullanarak uygulanabilir ve ekonomik bir yol gösterici olması hedeflenmiştir.

2. DERSLİĞİN MİMARİ ÖZELLİKLERİ VE AKUSTİK MODELLEME ÇALIŞMALARI

Çalışma kapsamında, Millî Eğitim Bakanlığı'na ait tipik bir derslik değerlendirmeye alınmıştır. 3,5 metre yüksekliğe ve 9x6 metre taban alanına sahip dikdörtgen planlı dersliğin hacmi 189 m3'tür. Sınıfın içindeki sıralar sınıfın uzun duvarına bakacak şekilde konumlandırılmıştır. 32 kişilik olan sınıfta, 2 kişilik toplam 16 sıra ve masa bulunmaktadır.

Derslik Sketchup programında üç boyutlu olarak modellenmiş ve Odeon akustik yazılımına aktarılmıştır. Odeon yazılımında gerçekleştirilen hesaplamalarda mümkün olduğunda küçük yüzeylerden kaçınılmalıdır. Bu nedenle modelde yer alan yüzeylerde küçük detaylar işlenmemiş ve model olabildiğince sade tutulmuştur. Masa ve sandalye gibi mobilyaların ayak kısımları modele dahil edilmemiş yalnızca üst tablaları iki boyutlu yüzeyler halinde modellenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Sınıfın 3 boyutlu modeli.

3 boyutlu model Odeon yazılımına aktarıldıktan sonra yazılım kütüphanesinden her yüzey için Tablo 1'de yutuculuk değerleri belirtilen malzemeler atanmıştır. Sınıfın dolu olduğu kabul edilmiş ve sandalye yüzeylerine Odeon yazılımı kütüphanesinde belirtilen ahşap sandalye üzerinde oturan insan yutuculuk değerleri atanmıştır [13].

Ses kaynağı olarak insan konuşma sesi frekans dağılımına yakın olduğu için BB93_RAISED_NATURAL.SO8 kaynağı seçilmiştir. Öğretmenin hem otururak hem de ayakta ders anlattığı düşünülerek ses kaynağı için iki konum belirlenmiş ve her iki konum için de hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Ses kaynağı ayaktayken yerden yükseklik 1,60 metre, ses kaynağı oturuyorken yerden yükseklik 1,10 metredir.

Alıcı noktaları sıraların bulunduğu alanlar için 0,5 x 0,5 metre ölçülerinde grid olarak atanmıştır. Alıcı noktaları için yerden yükseklik oturan bir öğrenci için kulak hizası seviyesi 0,9 metre olarak belirlenmiştir.

Tablo 1: Sınıfın iç yüzeylerinde kullanılan malzemeler ve 63-8000 Hz oktav bant frekans aralığındaki ses yutma katsayıları [13].

No	Yüzey	Malzeme Tanımı	Malzeme Kodu	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
1	Zemin	Seramik Karo	400	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
2	Duvar	Duvar Sert Yüzey	2311	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
3	Tavan	Çıtalar Üzerinde	2294	0,15	0,15	0,12	0,11	0,1	0,07	0,08	0,08
4	Kapı	Masif Ahşap Kapı	603	0,14	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,1	0,1
5	Pencere	Çift Cam	601	0,1	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02
6	Yazı Tahtası	Pürüzsüz Sert Yüzey	102	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
7	Sandalye	Ahşap Sandalye	904	0,24	0,24	0,4	0,78	0,98	0,96	0,87	0,87
8	Masa	Masif Ahşap	603	0,14	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,1	0,1

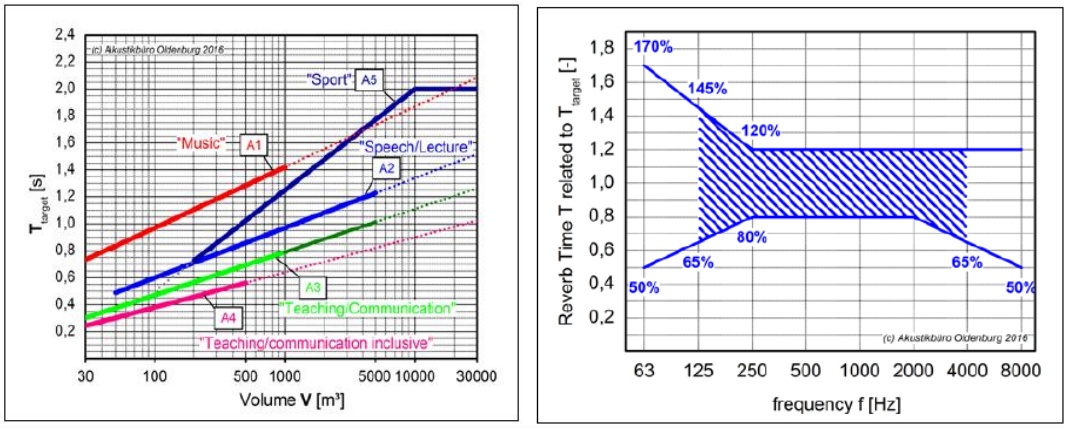
3. MEVCUT DURUM İÇİN AKUSTİK PARAMETRE DEĞERLENDİRMELERİ

Alıcı konumları öğrencilerin bulunduğu sıralar üzerinde yerden 0,9 metre yükseklikte ızgara düzlemi olarak tanımlanmıştır. Değerlendirmeye alınan akustik parametre sonuçları bu ızgara düzlemi içindir.

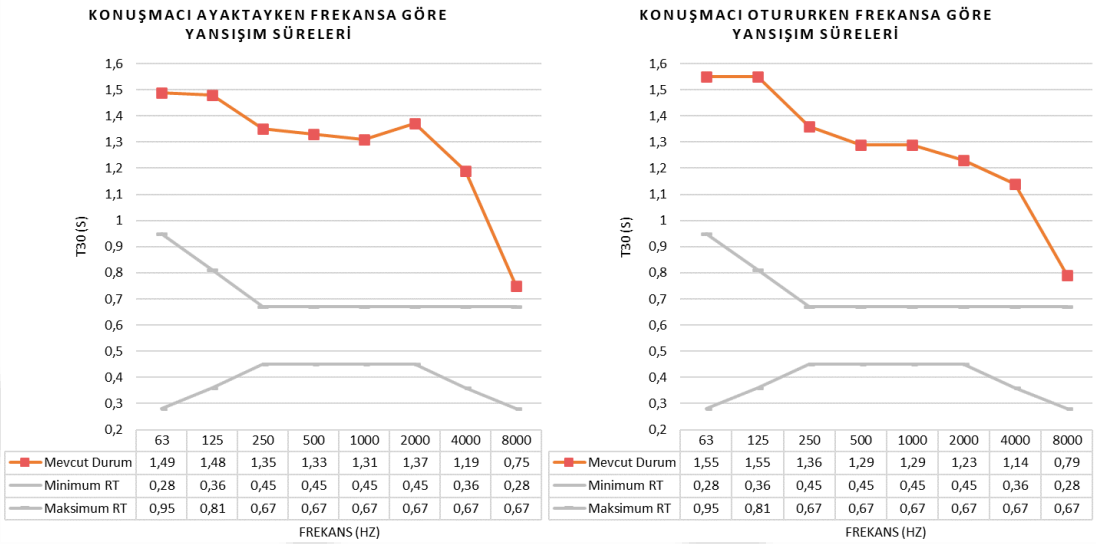
3.1. Mevcut Durum İçin Yansışım Süresi RT, T30

Kapalı hacimlerde, ses kaynağı sustuktan sonra ses enerjisinin 60 dB azalması için geçen süre yansışım süresi olarak tanımlanır. Optimum yansışım süresi, hacmin işlevine ve büyüklüğüne göre değişir. Çalışmada, optimum yansışım süresi belirlenmesinde, DIN 18041 standardından yararlanılmıştır [14].

Şekil 2'de yer alan referans grafikler kullanılarak, derslik için frekans fonksiyonundaki optimum yansışım süresi değerleri belirlenmiştir.



Şekil 2. Hacmin fonksiyonuna bağlı optimum RT ve frekansa bağlı değer aralığı [13].



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mevcut Durum	1,49	1,48	1,35	1,33	1,31	1,37	1,19	0,75
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mevcut Durum	1,55	1,55	1,36	1,29	1,29	1,23	1,14	0,79
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

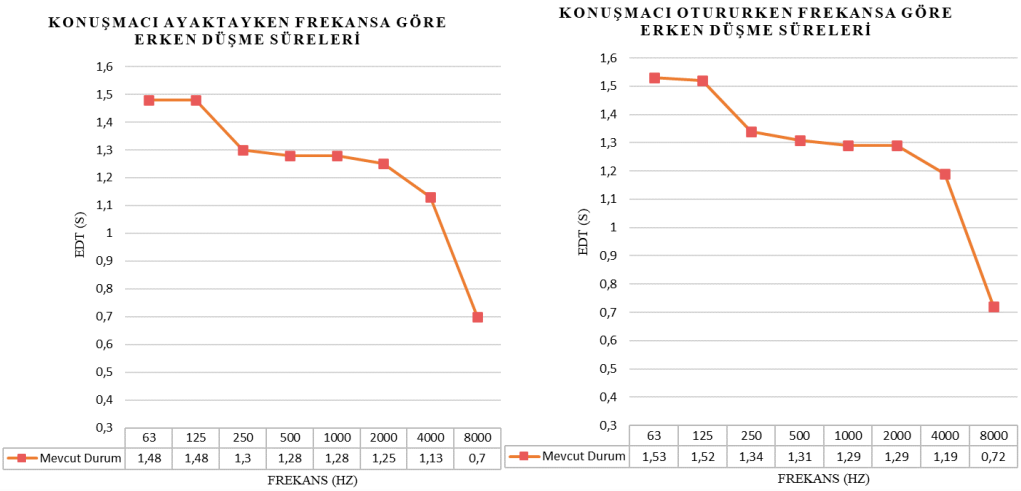
Şekil 3: Mevcut durum için (solda) konuşmacı ayaktayken ve (sağda) konuşmacı otururken frekansa göre yansışım sürelerinin kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması.

Mevcut durumda her iki kaynak durumu için de, dinleyici platformu üzerinde elde edilen frekansa bağlı ortalama yansışım süresi değerleri Sekil 3'teki grafikte gösterilmiştir. Kaynak durumuna göre yansışım süreleri birbirine yakındır ve her iki durumda da kabul edilebilir değerlerin çok üzerinde olduğu görülmektedir.

3.2. Mevcut Durum İçin Erken Düşme Süresi, EDT

Erken Düşme Süresi, EDT, dinleyicilerin belirli dinleme konumlarında konuşma veya müziğin yankılanmasını nasıl algıladıklarını gösteren bir ölçüdür [15]. Ses kaynağı kapatıldıktan sonra ses seviyesinin 10 dB azaldığı sürenin altı katı olarak tanımlanır [15]. EDT/T30 oranının 1'e yakın olması kapalı mekanlar için arzu edilen bir durumdur.

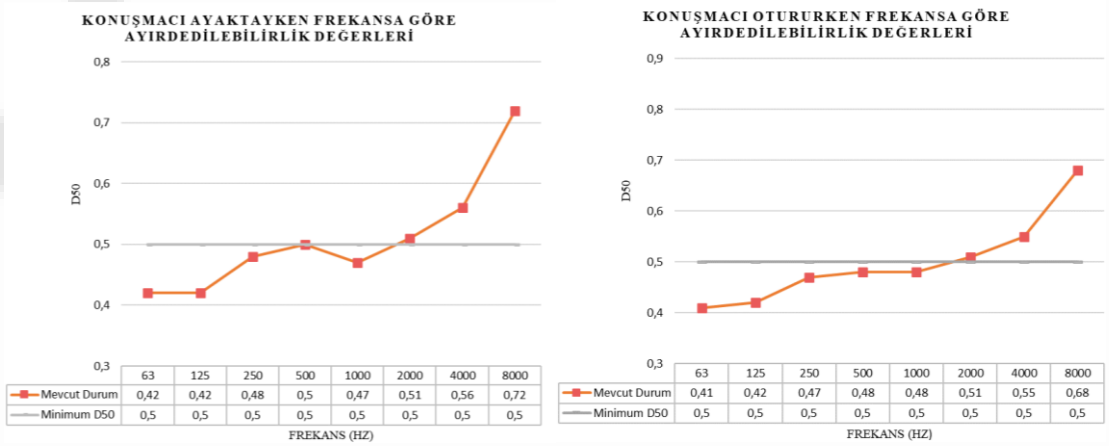
Belirlenen sınıfta yutucu gereç kullanılmadığı durumda Erken Düşme Sürelerinin iki kaynak durumu için de Yanışım Süreleri ile yakın değerlerde olduğu söylenebilir.



Şekil 4: Mevcut durum için (solda) konuşmacı ayaktayken ve (sağda) konuşmacı otururken frekansa göre Erken Düşme Süreleri.

3.3. Mevcut Durum İçin Ayırdedilebilirlik, D50

Kaynaktan doğrudan gelen sesten sonraki ilk 50 ms içinde alıcıya ulaşan yansımaların yani yararlı yansımaların enerjisinin alıcıya ulaşan toplam ses enerjisine oranı D50 parametrerini ifade eder. İnsan algısı bu ilk gelen yansımaları dolaysız ses ile etkili bir şekilde bütünleştirdiğinden anlaşılırlığın artmasına katkıda bulunur. D50 değerinin %50'den büyük olması beklenmektedir.



Şekil 5: Mevcut durum için (solda) konuşmacı ayaktayken ve (sağda) konuşmacı otururken frekansa göre Ayırdedilebilirlik (D50) parametresinin minimum D50 değeri ile karşılaştırılması.

Konuşmanın anlaşılırlığı açısından çok önemli olan ilk 50 ms içerisinde alıcıya ulaşan yararlı yansımaların oranını ifade eden D50 değerlerinin mevcut durumda alçak ve orta frekanslarda kabul edilebilir minimum değerin altında kaldığı görülmektedir.

3.4. Mevcut Durum İçin Konuşmanın Anlaşılabilirlik İndeksi, STI

STI parametresi konuşma anlaşılırlığının niceliksel bir ifadesidir [16]. Erken gelen konuşma sesinin, geç gelen konuşma sesi ve ortam gürültüsü toplamına oranından türetilmiştir ve 0,00 ila 1,00 arasında ondalık sayılar olarak ifade edilir. 0,00–0,30, 0,30–0,45, 0,45–0,60, 0,60–0,75 ve 0,75–1,00 aralığındaki değerler sırasıyla kötü, zayıf, orta, iyi ve mükemmel konuşma anlaşılırlığına karşılık gelir.

Tablo 2: Konuşma anlaşılırlığı ve STI değerlerinin ilişkisi.

KONUŞMA ANLAŞILIRLIĞI	STI
KÖTÜ	0,00 - 0,30
ZAYIF	0,30 - 0,45
ORTA	0,45 - 0,60
İYİ	0,60 - 0,75
MÜKEMMEL	0,75 - 1,00

Sınıfta yutucu gereç kullanılmadığı durumda her iki kaynak durumunda da STI oranları 0,57 olarak hesaplanmıştır ve orta derecede anlaşılabilirliği ifade etmektedir. Kaynak durumuna göre kaynağa yakın konumlardaki anlaşılabilirlik düzeyinin de daha yüksek olduğu ızgara düzleminden anlaşılmaktadır.

4. YUTUCU GEREÇ VE YERLEŞİM DURUMLARI

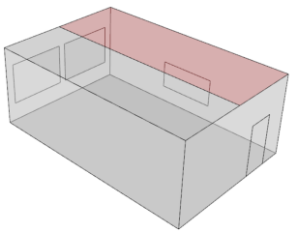
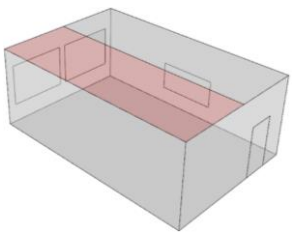
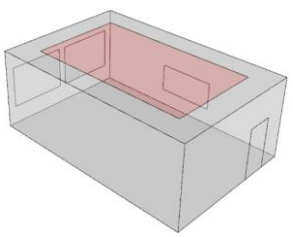
Özellikle bas seslerde daha yüksek yansışım süresine sahip sınıfın akustik koşullarının iyileştirilmesinde frekans bazında dengeli değerlere sahip bir yutucu gereç tercih edilmiştir. Seçilen yutucu gereç, delik çapı 1 mm, delik derinliği 18 mm, perforasyon oranı %10 olan, arkasında taş yünü ile 200 mm derinliğe sahip ahşap akustik paneldir.

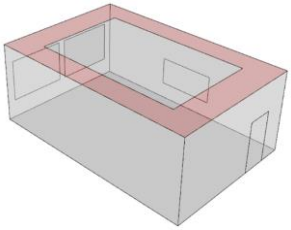
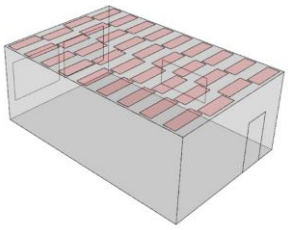
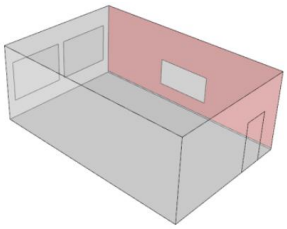
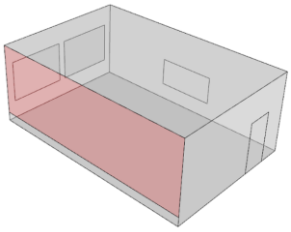
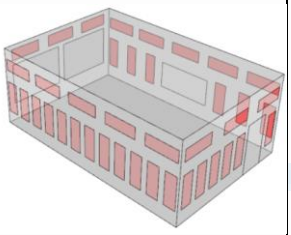
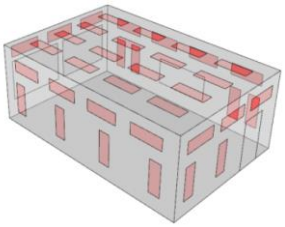
NRC değeri 0,80 olan akustik panelin frekanslara göre yutma katsayıları Tablo 3'te görülmektedir [17].

Tablo 3: Değerlendirmeye alınan yutucu gerecin frekansa göre ses yutma değerleri [16].

FREKANS (HZ)	125	250	500	1000	2000	4000
SES YUTMA DEĞERLERİ	0,62	0,74	0,83	0,82	0,77	0,77

Belirlenen sınıftaki hacim akustiği parametrelerini yalnızca yerleşim durumuna göre değerlendirmek amacıyla her durum için yutucu gerecin cinsi ve toplam yüzey alanı sabit tutulmuştur. Yutucu gereç yüzey alanı her durum için toplam 28 m2'dir. Durum 5, Durum 8 ve Durum 9 yerleşimlerinde dağılmış bir şekilde yerleşim yapabilmek için 1,4 m x 0,5 m ölçülerinde paneller halinde belirli aralıklarla yerleşim gerçekleştirilmiştir.

YUTUCU GEREÇ YERLEŞİM DURUMU	DURUM 1 Tavanda, sınıfın önüne doğru	DURUM 2 Tavanda, sınıfın arkasına doğru	DURUM 3 Tavanda, orta bölümde
YERLEŞİM ŞEMASI			

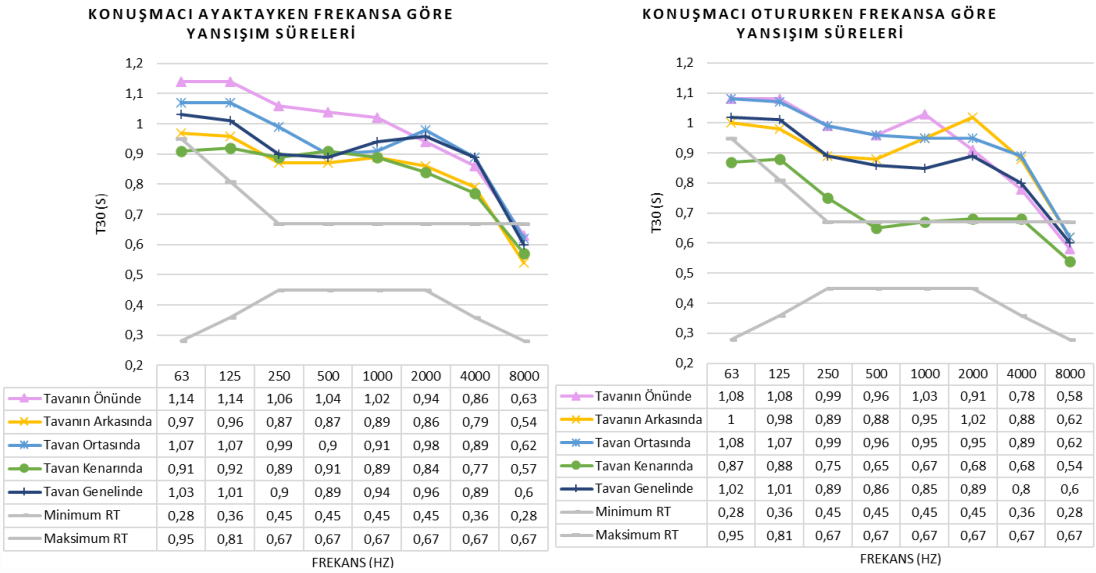
YUTUCU GEREÇ YERLEŞİM DURUMU	DURUM 4 Tavan kenarlarında	DURUM 5 Tavanda aralıklı kullanım	DURUM 6 Ön duvarda
YERLEŞİM ŞEMASI			
YUTUCU GEREÇ YERLEŞİM DURUMU	DURUM 7 Arka duvarda	DURUM 8 Tüm duvarlarda aralıklı kullanım	DURUM 9 Tüm duvarlar ve tavanda aralıklı kullanım
YERLEŞİM ŞEMASI			

Şekil 6: Yutucu gereç yerleşim durumları.

5. YUTUCU GEREÇ YERLEŞİMLERİNE GÖRE AKUSTİK PARAMETRE DEĞERLENDİRMELERİ

5.1. Yutucu Gereç Yerleşimlerine Göre Yansışım Süresi RT, T30 Karşılaştırması

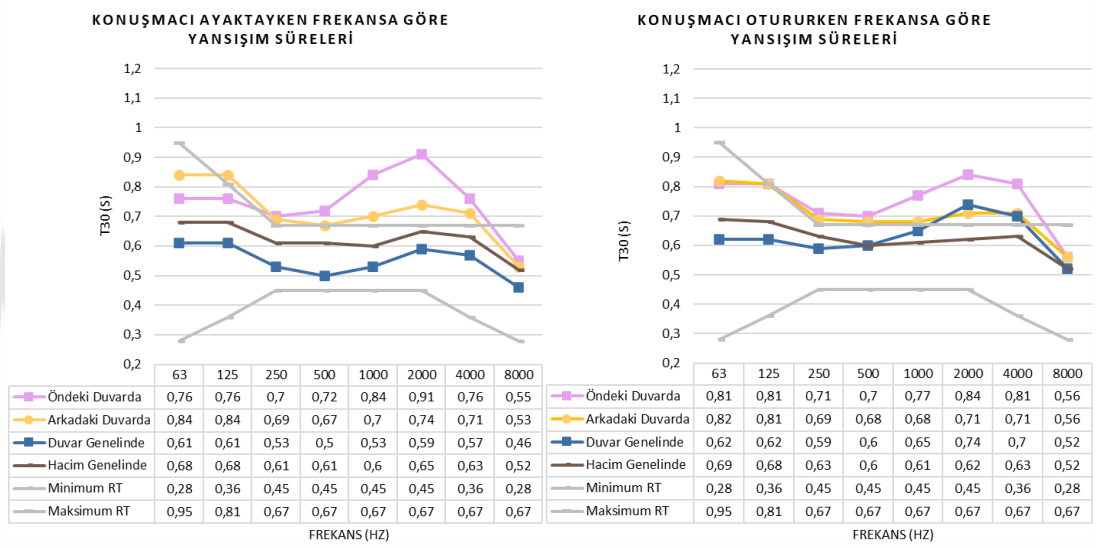
Yutucu gerecin tavanda kullanıldığı durumların hepsinde sağlanması gereken yansışım süresi değerlerinin üzerinde yansışım süreleri elde edildiği Şekil 7'deki grafikte görülmektedir. Sağdaki grafikte kaynak yani öğretmenin oturduğu durum için tavan kenarlarında yutucu gereç kullanıldığında sağlanması gereken değer aralığına çok yaklaşıldığı ve yansışım süresinin diğer tavan durumlarına göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin yutucu gereçlerin kaynak konumunun tam üzerinde olması ve kaynaktan çıkan ilk ses enerjilerinin daha fazla oranda yutulmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	1,14	1,14	1,06	1,04	1,02	0,94	0,86	0,63
Tavanın Arkasında	0,97	0,96	0,87	0,87	0,89	0,86	0,79	0,54
Tavan Ortasında	1,07	1,07	0,99	0,9	0,91	0,98	0,89	0,62
Tavan Kenarında	0,91	0,92	0,89	0,91	0,89	0,84	0,77	0,57
Tavan Genelinde	1,03	1,01	0,9	0,89	0,94	0,96	0,89	0,6
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	1,08	1,08	0,99	0,96	1,03	0,91	0,78	0,58
Tavanın Arkasında	1	0,98	0,89	0,88	0,95	1,02	0,88	0,62
Tavan Ortasında	1,08	1,07	0,99	0,96	0,95	0,95	0,89	0,62
Tavan Kenarında	0,87	0,88	0,75	0,65	0,67	0,68	0,68	0,54
Tavan Genelinde	1,02	1,01	0,89	0,86	0,85	0,89	0,8	0,6
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

Şekil 7: Yutucu gerecin tavanda kullanıldığı durumlar (Durum 1,2,3,4,5) için frekansa göre yansışım sürelerinin kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.



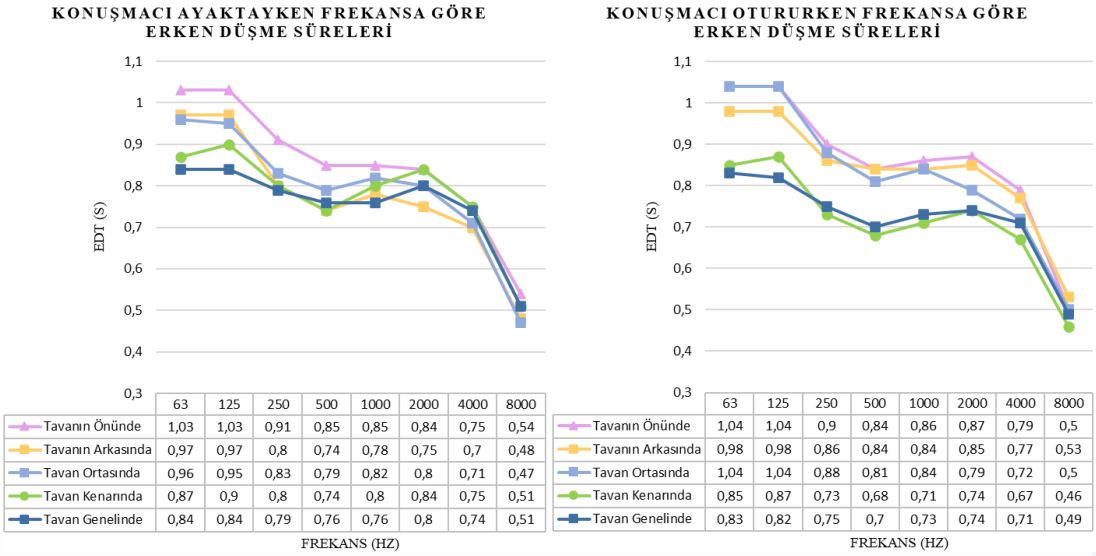
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,76	0,76	0,7	0,72	0,84	0,91	0,76	0,55
Arkadaki Duvarda	0,84	0,84	0,69	0,67	0,7	0,74	0,71	0,53
Duvar Genelinde	0,61	0,61	0,53	0,5	0,53	0,59	0,57	0,46
Hacim Genelinde	0,68	0,68	0,61	0,61	0,6	0,65	0,63	0,52
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,81	0,81	0,71	0,7	0,77	0,84	0,81	0,56
Arkadaki Duvarda	0,82	0,81	0,69	0,68	0,68	0,71	0,71	0,56
Duvar Genelinde	0,62	0,62	0,59	0,6	0,65	0,74	0,7	0,52
Hacim Genelinde	0,69	0,68	0,63	0,6	0,61	0,62	0,63	0,52
Minimum RT	0,28	0,36	0,45	0,45	0,45	0,45	0,36	0,28
Maksimum RT	0,95	0,81	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67

Şekil 8: Yutucu gerecin duvarda ve hem tavan hem duvarlarda kullanıldığı durumlar (Durum 6,7,8,9) için frekansa göre yansışım sürelerinin kabul edilebilir değerler ile karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.

Yutucu gereçlerin duvarlarda (Durum 6,7,8) ve hem duvar hem de tavanda kullanıldığı durumlar (Durum 9) Şekil 3'teki grafikte karşılaştırılmıştır. Yutucu gereçlerin duvarda kullanıldığı tüm durumların tavanda kullanıldığı durumlara göre yansışım sürelerinin daha düşük olduğu söylenebilir. Konuşmacının ayakta ve oturduğu her iki kaynak konumunda da yutucu gereçlerin hacim genelinde yani hem duvar hem de tavanda kullanılması halinde (Durum 9), yansışım süresi değerlerinin optimum aralıkta olduğu görülmektedir. Yutucu gereçlerin duvar genelinde kullanıldığı Durum 8'de konuşmacı ayaktayken optimum değerler sağlanmış ancak konuşmacı oturuyorken yalnızca 2000 ve 4000 Hz frekanslarında optimum değerin aşıldığı, diğer frekanslarda yine kabul edilebilir değerlerin sağlandığı görülmektedir.

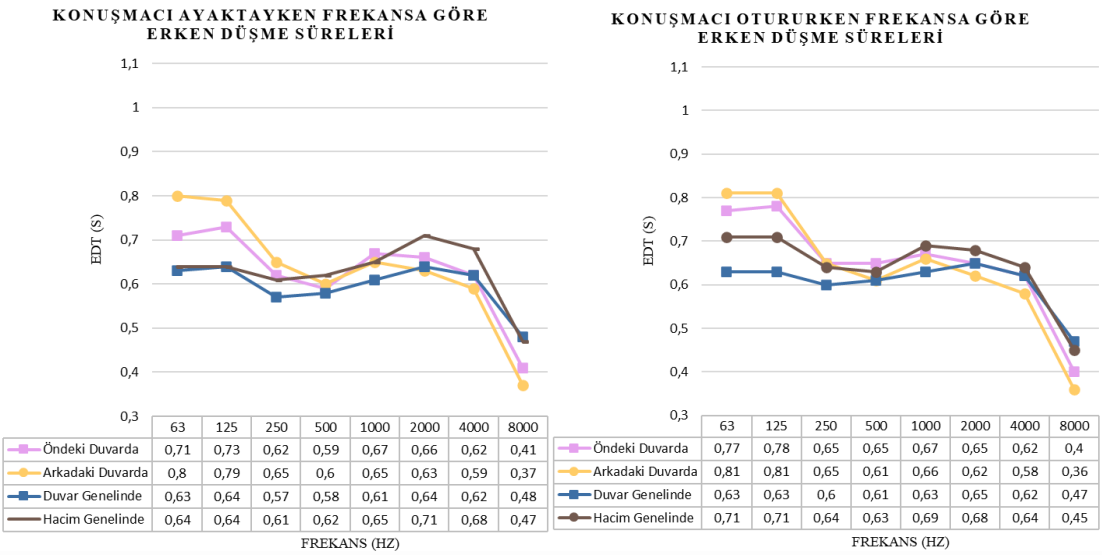
5.2. Yutucu Gereç Yerleşimlerine Göre Erken Düşme Süresi, EDT Karşılaştırması



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	1,03	1,03	0,91	0,85	0,85	0,84	0,75	0,54
Tavanın Arkasında	0,97	0,97	0,8	0,74	0,78	0,75	0,7	0,48
Tavan Ortasında	0,96	0,95	0,83	0,79	0,82	0,8	0,71	0,47
Tavan Kenarında	0,87	0,9	0,8	0,74	0,8	0,84	0,75	0,51
Tavan Genelinde	0,84	0,84	0,79	0,76	0,76	0,8	0,74	0,51

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	1,04	1,04	0,9	0,84	0,86	0,87	0,79	0,5
Tavanın Arkasında	0,98	0,98	0,86	0,84	0,84	0,85	0,77	0,53
Tavan Ortasında	1,04	1,04	0,88	0,81	0,84	0,79	0,72	0,5
Tavan Kenarında	0,85	0,87	0,73	0,68	0,71	0,74	0,67	0,46
Tavan Genelinde	0,83	0,82	0,75	0,7	0,73	0,74	0,71	0,49

Şekil 9: Yutucu gerecin tavanda kullanıldığı durumlar (Durum 1,2,3,4,5) için frekansa göre Erken Düşme Sürelerinin karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,71	0,73	0,62	0,59	0,67	0,66	0,62	0,41
Arkadaki Duvarda	0,8	0,79	0,65	0,6	0,65	0,63	0,59	0,37
Duvar Genelinde	0,63	0,64	0,57	0,58	0,61	0,64	0,62	0,48
Hacim Genelinde	0,64	0,64	0,61	0,62	0,65	0,71	0,68	0,47

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,77	0,78	0,65	0,65	0,67	0,65	0,62	0,4
Arkadaki Duvarda	0,81	0,81	0,65	0,61	0,66	0,62	0,58	0,36
Duvar Genelinde	0,63	0,63	0,6	0,61	0,63	0,65	0,62	0,47
Hacim Genelinde	0,71	0,71	0,64	0,63	0,69	0,68	0,64	0,45

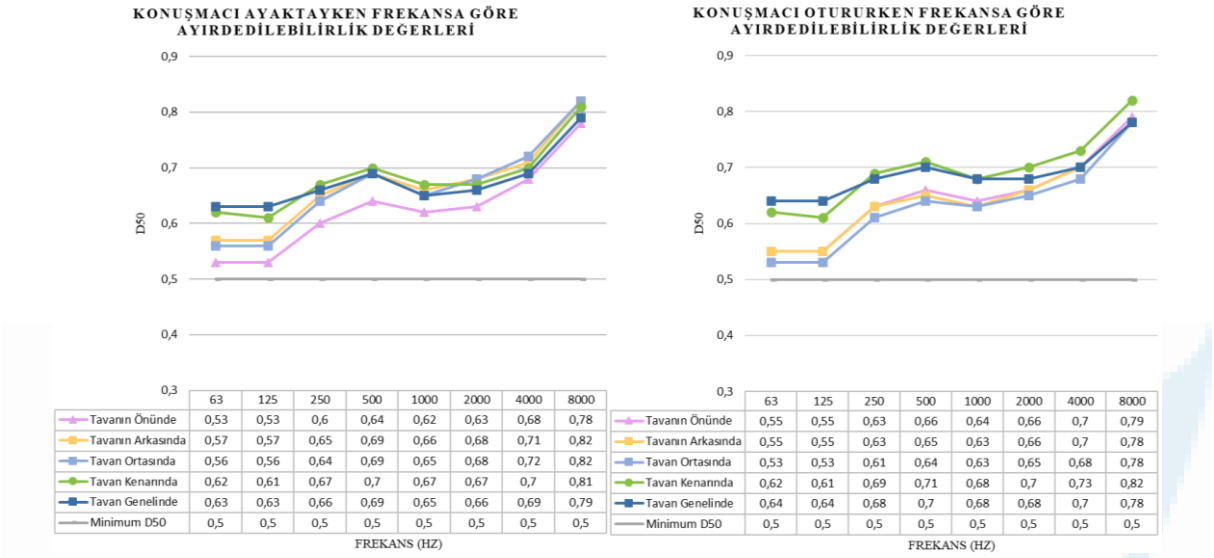
Şekil 10: Yutucu gerecin duvarda ve hem tavan hem duvarlarda kullanıldığı durumlar (Durum 6,7,8,9) için frekansa göre Erken Düşme Sürelerinin karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.

Yutucu gerecin farklı yüzeylerde kullanıldığı durumlara baktığımızda T30 karşılaştırmasında olduğu gibi Erken Düşme Sürelerinin de yutucu gerecin sadece tavanda kullanıldığı durumlarda diğer durumlara göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Burada dikkat çeken durum her iki kaynak noktası için de frekansa göre EDT sürelerinin, T30 sürelerinin aksine yutucu gereçlerin tüm duvar genelinde kullanıldığı Durum 8'de, hacim genelinde kullanıldığı Durum 9'a göre daha düşük olmasıdır.

5.3. Yutucu Gereç Yerleşimlerine Göre Ayırdedilebilirlik, D50 Karşılaştırması

Yutucu gereç kullanılan tüm durumlarda yutucu gerecin kullanılmadığı duruma göre D50 oranı artış göstermiş ve tüm frekanslarda kabul edilebilir minimum değerin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Genel anlamda her iki kaynak durumu için de yutucu gerecin sadece tavanda kullanıldığı durumlarda (Durum 1,2,3,4,5) diğer durumlara göre daha düşük D50 oranına sahip olduğu Şekil 15 ve Şekil 16'daki grafiklerde görülmektedir. Her iki kaynak durumunda da yutucu gerecin duvarda ve hem tavan hem

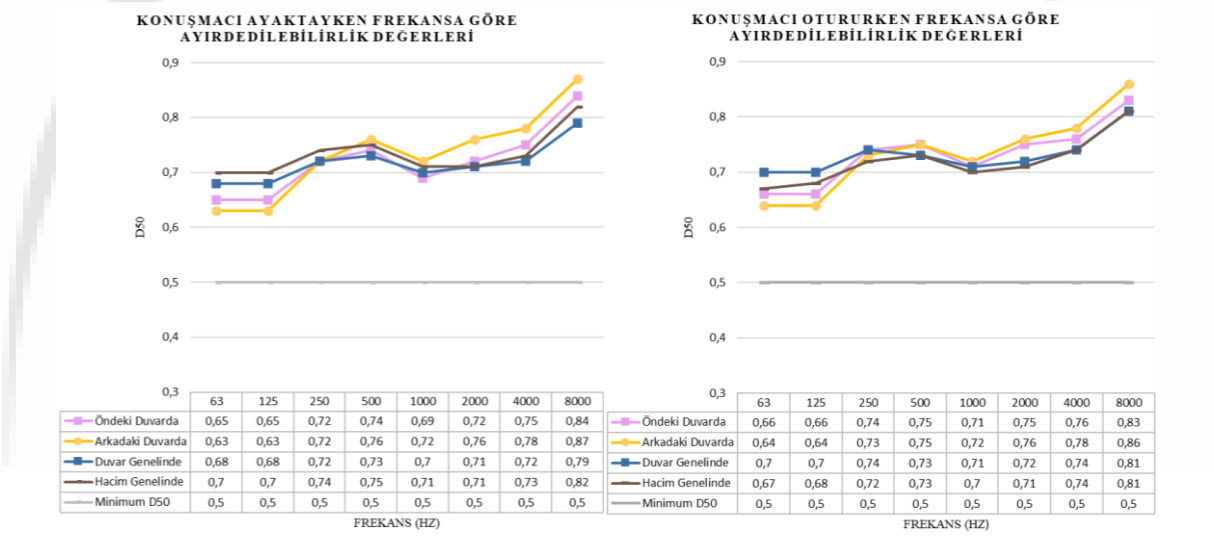
duvarda kullanıldığı durumlar (Durum 6,7,8,9) için Ayırdedilebilirlik (D50) parametresinin birbirine yakın değerlerde olduğu söylenebilir. Ancak frekansa göre değerler değişiklik gösterdiği için tüm frekanslarda en yüksek D50 değerinin hangi durumda elde edildiğinden söz edilememektedir.



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	0,53	0,53	0,6	0,64	0,62	0,63	0,68	0,78
Tavanın Arkasında	0,57	0,57	0,65	0,69	0,66	0,68	0,71	0,82
Tavan Ortasında	0,56	0,56	0,64	0,69	0,65	0,68	0,72	0,82
Tavan Kenarında	0,62	0,61	0,67	0,7	0,67	0,67	0,7	0,81
Tavan Genelinde	0,63	0,63	0,66	0,69	0,65	0,66	0,69	0,79
Minimum D50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Tavanın Önünde	0,55	0,55	0,63	0,66	0,64	0,66	0,7	0,79
Tavanın Arkasında	0,55	0,55	0,63	0,65	0,63	0,66	0,7	0,78
Tavan Ortasında	0,53	0,53	0,61	0,64	0,63	0,65	0,68	0,78
Tavan Kenarında	0,62	0,61	0,69	0,71	0,68	0,7	0,73	0,82
Tavan Genelinde	0,64	0,64	0,68	0,7	0,68	0,68	0,7	0,78
Minimum D50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Şekil 11: Yutucu gerecin tavanda kullanıldığı durumlar (Durum 1,2,3,4,5) için frekansa göre Ayırdedilebiirlik (D50) parametresinin minimum D50 değeri ile karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,65	0,65	0,72	0,74	0,69	0,72	0,75	0,84
Arkadaki Duvarda	0,63	0,63	0,72	0,76	0,72	0,76	0,78	0,87
Duvar Genelinde	0,68	0,68	0,72	0,73	0,7	0,71	0,72	0,79
Hacim Genelinde	0,7	0,7	0,74	0,75	0,71	0,71	0,73	0,82
Minimum D50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Öndeki Duvarda	0,66	0,66	0,74	0,75	0,71	0,75	0,76	0,83
Arkadaki Duvarda	0,64	0,64	0,73	0,75	0,72	0,76	0,78	0,86
Duvar Genelinde	0,7	0,7	0,74	0,73	0,71	0,72	0,74	0,81
Hacim Genelinde	0,67	0,68	0,72	0,73	0,7	0,71	0,74	0,81
Minimum D50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Şekil 12: Yutucu gerecin duvarda ve hem tavan hem duvarda kullanıldığı durumlar (Durum 6,7,8,9) için frekansa göre Ayırdedilebiirlik (D50) parametresinin minimum D50 değeri ile karşılaştırılması. Solda konuşmacı ayaktayken ve sağda konuşmacı otururken.

Yutucu gereç kullanılan tüm durumlarda yutucu gerecin kullanılmadığı duruma göre D50 oranı artış göstermiş ve tüm frekanslarda kabul edilebilir minimum değerin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Genel anlamda her iki kaynak durumu için de yutucu gerecin sadece tavanda kullanıldığı durumlarda (Durum 1,2,3,4,5) diğer durumlara göre daha düşük D50 oranına sahip olduğu Şekil 15 ve Şekil 16'daki grafiklerde görülmektedir. Her iki kaynak durumunda da yutucu gerecin duvarda ve hem tavan hem duvarda kullanıldığı durumlar (Durum 6,7,8,9) için Ayırdedilebilirlik (D50) parametresinin birbirine

yakın değerlerde olduğu söylenebilir. Ancak frekansa göre değerler değişiklik gösterdiği için tüm frekanslarda en yüksek D50 değerinin hangi durumda elde edildiğinden söz edilememektedir.

5.4. Yutucu Gereç Yerleşimlerine Göre Konuşmanın Anlaşılabilirlik İndeksi, STI Karşılaştırması

Konuşmanın anlaşılabilirlik indeksi kaynak konumuna göre farklı noktalardaki alıcı konumlarında değişse bile ortalama STI değerinin her iki konum için de aynı veya çok yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Tüm durumlar için STI oranları, yutucunun olmadığı duruma göre artmış ve tüm durumlar iyi derecede anlaşılabilirlik oranına sahiptir. STI parametresi açısından en yüksek değer Durum 9 için sağlanmakla birlikte yutucu gerecin duvarda kullanıldığı Durum 6,7 ve 8'le çok yakın STI oranlarına sahip olduğu görülmektedir. Yutucu gerecin tavanda kullanıldığı durumlarda STI değerleri diğer durumlara görece daha düşüktür. Tavan durumları içerisinde ise anlaşılırlık açısından en iyi durumun yutucu gerecin tavan kenarında kullanıldığı Durum 4 olduğu söylenebilir.

Tablo 4: Kaynak (konuşmacı) ayaktayken ve otururken yutucu gereç kullanılan durumlar için alıcı konumlarında sağlanan ortalama STI değerleri.

KAYNAK AYAKTAYKEN		KAYNAK OTURURKEN	
YUTUCU GEREÇ YERLEŞİM DURUMU	STI	YUTUCU GEREÇ YERLEŞİM DURUMU	STI
Durum 1 - Tavan Önünde	0,65	Durum 1 - Tavan Önünde	0,66
Durum 2 - Tavan Arkasında	0,67	Durum 2 - Tavan Arkasında	0,66
Durum 3 - Tavan Ortasında	0,67	Durum 3 - Tavan Ortasında	0,66
Durum 4 - Tavan Kenarında	0,68	Durum 4 - Tavan Kenarında	0,69
Durum 5 - Tavan Genelinde	0,67	Durum 5 - Tavan Genelinde	0,68
Durum 6 - Ön Duvarda	0,71	Durum 6 - Ön Duvarda	0,71
Durum 7 - Arka Duvarda	0,71	Durum 7 - Arka Duvarda	0,71
Durum 8 - Duvar Genelinde	0,71	Durum 8 - Duvar Genelinde	0,71
Durum 9 - Hacim Genelinde	0,72	Durum 9 - Hacim Genelinde	0,72

Durum 9, en yüksek STI oranına sahip olmakla birlikte Şekil 17'de görülen ızgara düzleminde alıcı konumlarına göre değerlendirdiğimizde yine kaynağa yakın noktalarda daha yüksek STI oranları olsa da alıcı konumlarına göre daha yayınık bir ses alanı olduğunu söyleyebiliriz. Bunun sebebinin yutucu gerecin hacim genelinde daha homojen bir kullanımda, tavan ve duvar yüzeylerinde dağınık olarak kullanılmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yutucu gereç kullanılmayan ilk durumda kaynak yani konuşmacının hem ayakta hem de oturduğu durumlarda Yansışım süresi, T30 değeri kabul edilebilir aralığın çok üzerindedir. Bu durumda EDT değerleri T30 değeri ile yakınlık göstermektedir. Konuşmanın anlaşılırlığı açısından çok önemli olan ilk 50 ms içerisinde alıcıya ulaşan yararlı yansımaların oranını ifade eden D50 değerlerinin yüksek frekanslarda 0,5'ten yüksek olsa da diğer frekanslarda kabul edilebilir değeri sağlayamadığı görülmektedir. Konuşmanın Anlaşılabilirliği İndeksi, STI oranı ise her iki kaynak konumu içinde alıcı noktalarında ortalama 0,57 ile orta derecede anlaşılabilirliği ifade etmektedir. Mevcut durum için akustik parametre değerlendirmelerine bakıldığında belirlenen sınıfta yutucu gereç kullanılması gerektiği açıktır.

Yutucu gereç yerleşimleri incelendiğinde tüm parametrelerde ortak olarak duvarda veya hem tavan hem de duvarlarda yutucu gereç kullanılan durumlarda sadece tavanda yutucu gereç kullanıldığı durumlara göre daha iyi sonuçlar elde edildiği söylenebilir. T30, STI parametreleri için en ideal durum, Durum 9 olmakla birlikte STI parametresinde diğer durumlarla oldukça yakın değerler elde edilmiştir. EDT ve D50 parametrelerinde tüm frekanslarda en ideal durumdan söz edilememektedir.

Tüm parametreler değerlendirildiğinde uygulanabilir en ekonomik yerleşim durumunu belirlemek amacıyla karşılaştırma yapılan 9 farklı senaryodan belirlenen sınıf için en ideal durumun Durum 9 yani hem tavan hem de duvarlarda dağılmış bir şekilde kullanıldığı durum olduğu söylenebilir. Eğer mümkünse yutucu gereçlerin belli büyüklükteki paneller halinde tavanda ve dört duvarda da mümkün olan en homojen şekilde kullanılması önerilmektedir.

Elde edilen sonuçların dikdörtgen prizma şeklinde, 189 m3 hacminde, orta boyutlu ve öğrencilerin odanın kısa kenarı doğrultusunda yerleştiği bir sınıf için elde edildiği unutulmamalıdır. Öğrenci yerleşiminin farklı olduğu, daha küçük ya da daha büyük hacimli sınıflarda yutucu gereçlerin optimum yerleşim durumu değişebilir. Bunun için daha farklı özelliklerdeki hacimler için çalışmalar devam ettirilmelidir.

7. KAYNAKÇA

[1] Shield, B.M.; Dockrell, J.E. (2003). "The Effects Of Noise On Children At School: A Review.", Build. Acoust. 10, 97–116.

[2] Lubman, D.; Sutherland, L.C. (2007) "Classroom Acoustics For The 21st Century.", 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain.

[3] Bradley, J.S.; Sato, H. (2008) "The Intelligibility Of Speech In Elementary School Classrooms." J. Acoust. Soc. Am., 123, 2078–2086.

[4] Shield, B.; Conetta, R.; Dockrell, J.; Connolly, D.; Cox, T.; Mydlarz, C. A (2015) "Survey Of Acoustic Conditions And Noise Levels In Secondary School Classrooms In England." J. Acoust. Soc. Am. 137, 177–188.

[5] Savcı Özgüven İ. Z. (2015). İlköğretim Binalarında Konuşma Anlaşılabilirliği Ve Ses Kalitesini İncelemek Üzerine Bir Alan Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[6] A. K. Nabelek, P. K. Robinson, (1982), "Monaural and Binaural Speech Perception in Reverberation for Listeners of Various Ages", J. Acoust. Soc Am., 71, 1242-1248.

[7] Çelik, E. (1998), Yutucu Gereçlerin Hacim İçindeki Kullanım Yerlerinin Akustiğe Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[8] Bailescu, C., Iordache V. (2019). "Influence Of The Acoustic Insulation Position On The Reverberation Time And Noise Level In A Large Classroom", Romanian Journal of Civil Engineering, Vol. 10 Issue 1, 51-62.

[9] Cho W.H., Ih, J.G , Katsumata T, Toi T. (2018). "Best Practice For Positioning Sound Absorbers At Room Surface", Applied Acoustics, 129, 306–315

[10] Cucharero, J , Hänninen T, Lokki T. (2019) "Influence of Sound-Absorbing Material Placement on Room Acoustical Parameters", Acoustics, 3, 644-660.

[11] Kurtay C., Ulukavak Harputlugil G. ve Yaman M., (2021), "Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University", 36:4, 2069-2079.

[12] Parkinson JS. (1930) "Area And Pattern Effects İn The Measurement Of Sound Absorption." J. Acoust Soc Am, 2, 112–22.

[13] Odeon Room Acoustics Program Verison 9.22 Global Material Library (Material.Li8)

[14] Nocke C., (2018) "DIN 18041 - a German view". Euronoise 2018, Greece.

[15] ISO 3382-1 (2009). Acoustics – Measurement of Room Acoustic Parameters – Part 1: Performance Spaces. Geneva: International Organization for Standardization.

[16] Houtgast T., Steeneken H. J. (1973). "The Modulation Transfer Function İn Room Acoustics As A Predictor Of Speech İntelligibility." Acta Acust. United Acust. 28, 66–73.

[17] Pefopan Akustik Panel Sistemleri, Teknik Veri Dosyası Micro 4x4x1mm DS 128000, https://www.perfopan.com/images/urun/micro/4/Micro4x4x1mm.pdf

Makale id= 82

Sözlü Sunum

ORCID ID:

İsfahan Safevi Cami Mimarisi- Mescid-İ Şah Cami

Dr. Öğretim Üyesi Birgül Çakıroğlu[1] , Doç.Dr. Reyhan Akat[2] , Dr. İsmail Raci Bayer[3]
[1]Artvin Çoruh Üniversitesi
[2]Yozgat Bozok Üniversitesi
[3]Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

*Corresponding author: Birgül Çakıroğlu

Özet: *Mimariyi etkileyen etmenlerin fiziksel faktörler (yerleşim, iklim, malzeme v.s.) ve kültürel faktörler (halk özellikleri, ekonomi, gelenekler, dini inanışlar, aile ve toplum, temel ihtiyaçlar, bina yapım teknikleri v.s.) olduğu bilinmektedir. Mimarinin biçimleniş ve kuruluşunda bu faktörleri birbirinden ayırmak oldukça zordur. Mimari mekanın görülen, duyulan, algılanan, ölçülebilen, hissedilebilen faktörleri yanında, biçimlenmede etkili tanımlayamadığımız, göremediğimiz, hissedemediğimiz, ama var olduğunu tahmin ettiğimiz faktörler de bulunmaktadır. Geçmişin değerlerine eğilmek, onların yaratılmasındaki bileşenleri gözden geçirmek, onların yaratılma ortamlarını açıklıkla ortaya koymak gelecek için aydınlık bir yol bulmayı kolaylaştırır. İnsanlık tarihinde ne kadar gerilere gidilirse gidilsin, dini inançlardan yoksun bir topluma rastlanmamaktadır. Din insanlık tarihinin ayrılmaz bir parçasıdır. Literatürde Tanrı kavramlarına göre yapılan sınıflandırmada tek tanrılı dinlerden olan İslam dini çalışmanın kapsamıdır. İslam mimarisi öncelikle İslam dinindeki kavramların, dini kuralların, duygu ve ifadelerin yansımasıdır. Yerel farklılıklara rağmen insan kendisini aynı sanatsal ve manevi atmosfer içinde bulur. İslam Mimarisinin gelişmesinde Arapların, İranlıların, Türklerin, Hintlilerin ve Afrikalıların katkısı büyüktür. Çalışma alanı olarak İran'da Safevi Dönemi ele alınmıştır. Çalışmanın giriş bölümünde İslam sanatı, İran tarihi ve Safevi Dönemi mimarisi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yüzlerce yıl geçmiş olmasına rağmen değerlerinden bir şey kaybetmediği gibi günümüzde dahi pek çok yapıyı etkilemeye devam eden, İslam mimarisinin en önemli eserlerden biri olan 17.yy Safevi dönemi İsfahan' da ki Mescid-i Şah cami incelenerek günümüz islam mimarisinde kullanılabilecek bazı özellikleri ortaya koyulmuştur.*

Anahtar Kelimeler: *Mimari Mekan, Form, Kültür, Malzeme, Gelenek, Geleneksel Yapı, Algı, İnanç, Din, İslam Mimarisi*

The Architecture of Isfahan Safevi Mosques Mosque of Masjid-i Shah

Abstract: *It is well known that the factors which affect architecture are the physical factors (settlement, climate, construction materials, etc.) and the cultural factors (characteristics of the folk, economy, traditions, religious beleives, family and society, basic needs, construction methods, etc.) However it is quite difficult to differentiate these factors in the formation and settlement of architecture. Besides the seen, heard, perceived and measurable factors of the architectural space; there are also factors which are unidentified, unseen, insensible but predicted to exist, that have effect on formation. Concentration on past values, review of the combinations in their creation and exploring clearly the environment of their creation will ease to find a bright way for the future. How past the history of humanity is searched, no society without any religious belief is encountered. Religion is an integral part of the human history. Islam, one of the monotheistic religions in the literature, is the scope of this study. Islamic archtiecture is firstly the reflection of concepts, rules, feelings and expressions in Islam. Despite the regional differences, one finds himself/herself in the same atmosphere of art and spirit. The contributions of Arabs, Iranians, The Turks, Indians and Africans in the development of Islamic architecture are significant. As the field of this study, the period of Safevi in Iran has been selected. In the introduction part of the study, general information about Islamic art, history of Iran and architecture of Safevi period have been given. By examining the Mosque of*

Masjid-i Shah in Isfahan from the 17th century period of Safevi, which is one of the most important examples of Islamic architecture and which still affects many constructions in the current period after so many centuries.

Keywords: *Architectural Space, Form, Culture, Material, Tradition, Traditional Building, Perception, Belief, Religion, Islamic Architecture*

1.Giriş

Din insanlık tarihinin ayrılmaz bir parçasıdır. İnsanlık tarihinde ne kadar gerilere gidilirse gidilsin, dini inançlardan yoksun bir topluma rastlanmamaktadır. Bütün bunlar, toplumu ayakta tutan temel esasların başında dinin geldiğini ortaya koymaktadır. Victor Cousin "Her şey, din etrafında, din için, dinle teşkil olundu" diyerek dinin konusunu ve alanını daha da genişletmektedir. Bir dinde tanrı, inanç, ibadet, ahlak, kutsal kitap, vahiy-ilham, peygamber-kurucu ve cemaat kavramları yer almaktadır (Tümer, Küçük, 1997: 1-7). Din, bir temsiller sistemini (inançlar, mitler, dogmalar, v.s.v), bir örgütü (kiliseler, tarikatlar, mezhepler, v.s.) ve ritüelleri bir araya getirir. Aşkın veya kozmik bir düzene ait inançları, yaşam kurallarını ve ibadet biçimlerini içinde toplayan örgütlenme olarak tanımlanır (Dumortier, 2007).

İslam; kelime olarak, teslim olmak, itaat etmek, boyun eğmek; terim olarak, Peygamber'in haber verdiği şeyleri kabul ve onlara bütün varlığıyla teslim olmak demektir. İslam ilahi dinlerin genel adı iken, Hz. Muhammed'e yirmi üç yıllık bir sürede gelen vahiylerle en son şeklini almış ve kıyamete kadar insanlığın ihtiyaçlarına cevap verecek bir muhtevaya kavuşmuş, tamamlanmış dinin özel adıdır (Tümer, Küçük, 1997).

İslam mimarisi, İslami tutum, duygu ve ifadelerin yansımasıdır (Cansever, 1997). İnsan, kendisini, kullanılan malzemede, yapısal tekniklerde ve benzerlerinde görülen yerel farklılıklara rağmen, aynı sanatsal ve manevi evrenin içerisinde hisseder. İslam sanatının kökeni İslam'ın dünya görüşüyle ilişkilendirilmelidir (Nasr, 2019).

Merkezi, içe dönük mekânsal şemalar; birbirini bütünleyen ve birbiriyle ilişkili birimlerden oluşan örüntüler; merkezi şemaların egemenliği, çevre koşullarına uyum sağlayan yalın çözümler ve sınırlı sayıda malzeme kullanan, gösterişten kaçınan bir mimari dil; mimariyle bütünleşme ve aynı geometrik soyutlama seçimini paylaşan bir bezeme anlayışı; Tanrı karşısında tevazunun da malzeme kullanımı ve ölçeğe yansıdığını söylemek olasıdır (Yücel, 1981).

İslam sanatının gelişmesine etki eden faktörler; İslam dininin kendi bünyesinden doğan faktörler (kelami, fıkhi, tasavvufi), komşu ve eski kültürlerle temas, iklim ve malzeme durumu, tecrübe ve teknolojik gelişme, milli, mahalli ve şahsi estetik anlayışlar olarak sınıflandırılmıştır (Çam, 2019).

İslam sanatında, sanatçı ister boyayı, ağacı, tuğlaları, taşı, metali, kili ya da kumaşı kullansın sonuçlar etkileri açısından benzerdir. İslami kültürde mekân sanatları, İslami sanatlarla ilgili temel özelliklere dayanmaktadır. Bu temel özellikler aşağıda sıralanmıştır.

1-Soyutlama; tabiatın değiştirilmesi, mekân sanatlarında örneklendiği kadarıyla en azından beş büyük kategoriye ayrılır. Bunlar;

•Kaplama,

•Malzemelerin değişime uğraması,

•Yapıların değişime uğraması,

•Muhtevanın (içeriğin) değişime uğraması,

•Fonksiyonun belirsizliğinin değişime uğramasıdır.

2-Birlik/Modüller

3-Birbirini takip eden kombinasyonlar

4-Tekrar

5-Dinamizm

6-Karmaşıklık (Faruki, Faruki, 1999)

Cami; içinde Cuma ve bayram namazı da kılınan büyük Müslüman tapınağı. Başlangıçta secde edilen, topluca namaz kılınan yer anlamında mescidül cami denilen ibadet mekanının adı giderek kısaca "cami" olmuştur. Bütün dünyayı büyük bir cami olarak tanımlayan Hz. Muhammed'in evinin, kerpiçten duvarlarla çevrili avlusu ilk cami sayılır (Hasol, 2017). Cami sözcüğü Osmanlılara özgüdür. Türkiye dışındaki İslam ülkelerinde namaz kılınan yere mescid denilmektedir. Osmanlı döneminde Cuma namazı kılınmayan minbersiz ibadet yapısına mescit adı verilmiştir. Müslümanların en önemli yapısı olan cami dinsel gereksinmelere bağlı olarak biçimlenmiştir. Camiler genellikle, dış avlu (harim), cami içi (kubbe altı veya sahın) olmak üzere üç ana bölüme ayrılmaktadır (Keleş Usta vd., 2001).

İran, MÖ 4000'lere dayanan tarihiyle ve var olan yerleşmeleriyle dünyadaki en eski uygarlıklara ev sahipliği yapmıştır. Medler, Ahamenişler, Makedonyalılar, Sasani İmparatorluğu, Emeviler, Abbasiler, Samaniler, Gazneliler, Selçuklular, Harzemşahlar, Moğollar, Timurlular ve Safeviler gibi birçok devleti topraklarında barındırmış, zengin bir tarihi kültüre sahip olmuştur (URL 1).

Safeviler; İran'da 1501-1736 yılları arasında hüküm süren bir hanedandır. Adını merkezi Erdebil'de bulunan Safeviyye tarikatının pîri Şeyh Safiyyüddin'den almıştır (Gündüz, 2008).

Safevi Sufi tarikatı önderleri, 16. Yüzyılda İran'ın batısında kendi devletlerini kurmuştur. Liderleri İsmail I, 1501'de şah unvanı alarak ülkenin sınırlarını genişletmiştir. İran'da ilk Şiî İslâm devleti, Şah İsmail tarafından Safevî Hanedanı (1501 ile 1736 arası) yönetiminde kuruldu. İlerleyen zaman içinde büyük bir politik güç haline geldi ve çift taraflı devlet antlaşmaları yapmaya başladı. Safevîlerin en güçlü oldukları zaman, I. Abbas'ın hükmettiği dönemdir (1588-1629). Safevîler başkentlerini Tebriz'den alarak önce Kazvin'e, sonra da dönemlerinde sanata verdikleri destek ile İran estetik düzeyi yüksek üretim dönemlerinden birini yaşadığı İsfahan'a taşıdılar. Dönemlerinde ülke yönetiminde merkezileşme arttı; ordunun modernleştirilmesinde ilk adımlar atıldı ve mimaride İsfahânî tarzı gelişti. 1722'de Afgan isyancılar, I. Hüseyin'i yendi ve Safevî Hanedanı'na son verdi. (Berghorn, 2010 ve URL 1)

Safevî devri gösterişli sanat eserleriyle temsil edilmekte, bunlar, gerek mimaride gerekse küçük sanat eserlerinde meydana getirildikleri çevrenin zenginliğini ve gücünü aksettirmektedir. İsfahan özellikle başşehir olduktan sonra Safevî sanatının merkezi haline gelmiştir. Bu devirde İran'ın yabancılarla ilişkilerinin artması sanat faaliyetlerine önemli desteklerin sağlanmasına imkân vermiş, böylece ihtişamlı örnekler ortaya konmuştur. Safevî mimarisinin önemli örnekleri Şah I. Abbas döneminden kalmadır. Şah Abbas, hem şehir planlaması bakımından hem de çok sayıda âbidevî yapının kurucusu olarak büyük bir şöhret kazanmıştır. İsfahan'daki eserler sadece o dönemin değil İran sanatının en güzel eserleri arasında yer almaktadır. Şah I. Abbas'ın 1597-1611 yılları arasında yaptırdığı Meydân-ı Şâh, etrafında bulunan dükkânlarla birlikte saray binaları arasında yer alan Mescid-i Şâh (1612-1630), bu devrin şaheseri ve İslâm mimarisinin en güzel eserlerinden kabul edilmektedir. Meydân-ı Şâh'a göre tanzim edilmiş plan düzeniyle dikkat çeken bir başka eser Şeyh Lutfullah Camii'dir. Safevî dinî mimarisinin en muhteşem eserlerinden biri olan yapının inşası 1602-1618 yılları arasında tamamlanmıştır. Meydân-ı Şâh etrafında bulunan en güzel eserlerden biri de XVII. yüzyıl içinde yapıldığı bilinen yedi katlı Âlî Kapu Sarayı'dır. Safevî köprüleri arasında en meşhur eser, Şah II. Abbas tarafından İsfahan'da yaptırılan 1650 tarihli Pül-i Hâcû'dur. İsfahan'da yer alan ve Sultan Hüseyin Mirza tarafından yaptırılan Mâder-i Şâh Medresesi 1704-1714 yıllarında inşa edilmiş çini tezyinatlı, dört eyvanlı olup Safevî mimarisinin son önemli eseridir (Beksaç, 2008, Şekil 1).



Şekil 1. Pül-i Hâcû Köprüsü, Âlî Kapu Sarayı, Şeyh Lutfullah Cami

Safevi Hanedanlığı zamanında İran'ın başkenti İsfahan'a taşındı. Şah Büyük Abbas'ın birbirleriyle bağlantılı bir dizi cami, meydan ve anıt yaptırması şehre "dünyanın yarısı" adının takılmasına neden oldu (Borden vd, 2010).

2.Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı:

Çalışma alanı olarak İran'da Safevi Dönemi ele alınmıştır. İran, Kuzeybatıda Azerbaycan ve Ermenistan, kuzeyde Hazar Denizi, kuzeydoğuda Türkmenistan, doğuda Pakistan ve Afganistan, batıda Türkiye ve Irak ve ve son olarak güneyde Basra Körfezi ve Umman Körfezi ile sınırlara sahiptir. Yüzlerce yıl geçmiş olmasına rağmen değerlerinden bir şey kaybetmediği gibi günümüzde dahi pek çok yapıyı etkilemeye devam eden, İslam mimarisinin en önemli eserlerden biri olan 17.yy Safevi dönemi İsfahan' da ki Mescid-i Şah cami incelenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İran konumu (URL 2), İsfahan'ın konumu (URL 3), incelenen cami konumu (Google earth, 13.12.2023)

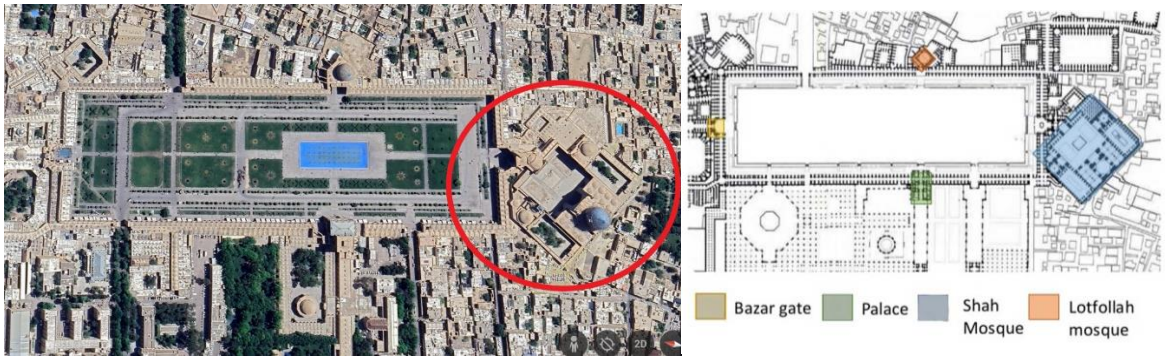
Araştırmada seçilen cami örneği üzerinde yapılan tespit, fotoğraflar yardımıyla görsel, biçimsel incelemeye dayalı bir yöntem kullanılmıştır. Araştırma, yayınlara dayalı tespit çalışması, dış gözlem tekniği, mülakat tekniği, alan çalışması, literatür çalışması ile gerçekleştirilmiştir. Mescid-i Şah yapıldığı dönemin özelliklerini gösteren, hakkında çeşitli mimari bilgilere sahip olunan, günümüze kadar ulaşabilmiş, özelliğini yitirmemiş camidir.

3. Isfahan Mescid-i Şah

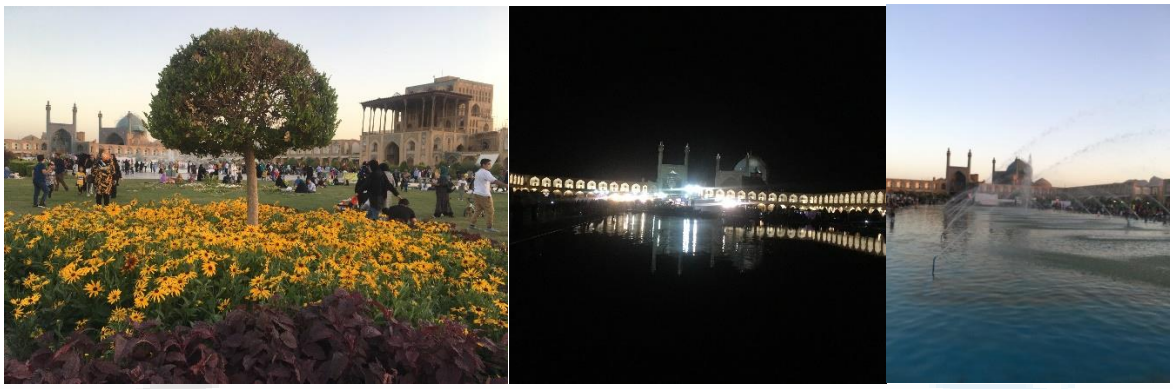
İran'ın İsfahan şehrinde XVII. yüzyıla ait cami, Safevî devri mimari eserlerinin ve İran camilerinin en güzellerinden biridir. Mescid-i İmâm, Mescid-i Sultânî-i Cedîd ve Câmi-i Abbâsî isimleriyle de tanınır. Şah I. Abbas Safevî'nin İsfahan'ı yeniden imar etme faaliyeti çerçevesinde, tamamlanan Meydân-ı Şâh'ın güneyinde bulunan Mescid-i Şâh'ın yapımına aynı yıl başlanmış, Şah Safî döneminde tamamlanmıştır. Fakat diğer kitâbelerden de anlaşıldığı üzere daha sonraki tarihlerde de bina içinde imar faaliyetleri olmuş ve özellikle mimari tezyinatın teşekkülünde ve ana binanın ek kısımlarında çalışmalar yapılmıştır (Beksaç, 2004).

Kudretini göstermek isteyen her padişah gibi, Safevi padişahları da yaptıracakları eserlerin en dikkati çeken, şehre hâkim bir noktada olmasını istemişlerdir. Bu tür anıtsal yapılar şehrin en hâkim tepelerine yaptırılırken, Safeviler, başkentleri Isfahan şehrinin düz bir yerde kurulması sebebiyle buna imkân bulamamışlardır. Fakat I. Şah Abbas bu sorunu eski şehrin hemen kenarına inşa ettirdiği medrese, meydan, Kapalıçarşı ve saraydan meydana gelen muazzam bir binalar topluluğunun merkezine camiyi yerleştirmek suretiyle çözmüştür (URL 4). Şehir dokusu içine yerleştirilen boyu 512m eni 159m olan dikdörtgen biçiminde Şah meydanı çevresinde birbirinin eşi 180 dükkân vardır (Stierlin, 2015).

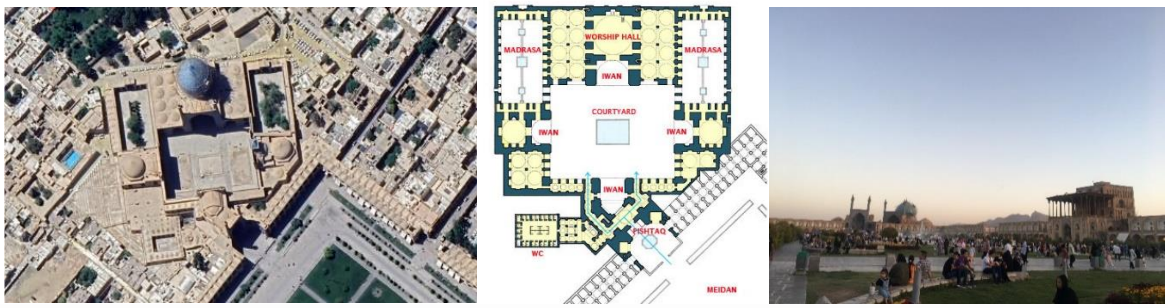
Nakş-ı Cihan Meydanı **dünyanın en büyük meydanlardan biridir.** Mescid-i Şah, Şeyh Lütfullah Cami**,** Âli Kapı Sarayı, Qeysarieh Kapısı, Büyük Pazar ile tüm İsfahan'ın en güzel yapılarıyla çevrelenmektedir (Şekil 3 ve Şekil 4, Şekil 5).



Şekil 3. Nakş-ı Cihan Meydanında Mescid-i Şah cami (Google eart), Meydan planı (URL 5)



Şekil 4. Nakş-ı Cihan Meydanında Mescid-i Şah cami



Şekil 5. Mescid-i Şah cami (Google eart), cami planı (URL 6), Nakş-ı Cihan Meydanı,

Cami, İranlı filozofların ve mutasavvıfların metinlerine dayanarak, Şiilerin dinsel düşüncesinin özünü ifade ediyor. Eni 130, derinliği 150m olan bir alanı kaplıyor (Stierlin, 2015).

Nakş-ı Cihan Meydanı'nın güney tarafında bulunan Mescid-i Şah kompleksi; simetrik bir plan üzerinde, dört eyvanlı merkezi bir avlu (ortasında dikdörtgen bir havuz), ana ibadet mekânının yanlarında iki medreseden oluşuyor. Medreseler de dikdörtgen avlular vardır. Medreseye giriş ana avludan, yan eyvanlar ve onların arkasındaki kubbeli mekânlardan geçilmektedir. Ana avlunun çevresinde iki katlı ve sivri kemerli revaklar yer almaktadır. Caminin kıble istikametinden dolayı meydana bağlantı binanın taç kapısı ile açılı olacak şekilde tanzim edilmiştir. Meydandan camiye yanlarında iki yüksek minare bulunan taç kapıdan girilir. Meydana bakan bu cephede mavi mukarnaslarla kaplı sivri kemerli taçkapı dış dünya ile cami arasındaki bağlantıyı sağlıyordu. Dış cepheler ve iç mekanlar boşluk kalmayacak şekilde zengin çini tezyinatıyla kaplanmıştır. Renkli sırlı çiniler ve sırlı tuğlalarla ana ibadet mekânı, iç kısımlar, iç avlu cepheleri, kapılar, minareler, dış kubbe kaplanmış, zengin bir görüntü sergilemektedir. Hat sanatının tezyinat unsuru olarak kullanılması da zenginlikte ve mükemmeliyettedir. Yüksek kıble

eyvanı ve onun arkasında yer alan yüksek kubbesiyle cami meydandan algılanır. Mescid-i Şah'ın minberi çok sadedir. Kıble duvarına yaslanmış bir dayama merdiven görünümündedir. Mihrap küçük bir eyvan genişliğinde, derin olup son derece sadedir. Hem form, hem de tezyinat olarak binanın diğer duvarlarından ayrılmaz.

***Planlama:** Dört eyvanlı plana sahip olan eser bu tipin en gelişmiş örneği olarak kabul edilmektedir. Selçuklular devrinden başlayarak İran'daki mimarinin esasını teşkil eden bu merkezî avlu etrafında teşkilâtlandırılmış dört eyvan ve bunlara bağlı ikinci derecede önemi olan mimari bölümlerden meydana gelen plan tipi, İran dışında Hint-İslâm ve Orta Asya mimari anlayışlarına da tesir ederek önemli bir yayılma göstermiştir (Beksaç, 2004). Cami ile medrese çok sıkı bir organik bütünlük arz eder. Medrese caminin değil, cami medresenin bir parçası gibidir. Dört eyvan dört yöne siyasi bakımdan hâkim olma imgesi bir bakıma simgesel olarak verilmiş olmaktadır. Burada dikkati çeken "vahdette kesret ve kesrette vahdet" ilkesinin ve tasavvurunun mimaride dört yandan merkeze doğru gelişen mimari elemanlarla temin edilmiş olmasıdır. Tasavvufta çok derin anlam taşıyan ve tamamen ilahî tasavvurlardan ibaret olan bu merkezî planlama anlayışı, beşerî olarak da dünyanın dört bir yanına hâkim olma arzusunun ifadesi olarak da kabul edilebilir (URL 4). Çini kaplı kubbeyle örtülü harimin iki tarafında, her biri sekizer küçük kubbeyle örtülü iki hipostil salon bulunuyor (Stierlin, 2015), (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8).

Hem abdest almak, hem de camiye gelen insanların su ihtiyacını karşılamak maksadıyla bütün camilerde selsebil, havuz, şadırvan veya zenbil şadırvan adlarıyla bilinen bir su tesisi mevcuttur. Bu su tesisi Safevi eserlerinde dikdörtgen planlı havuz şeklindedir. Safevilerdeki bu büyük havuz, saraylardaki havuzların devamı gibi olup, cami siluetini yansıtarak onun daha ruhani ve güzel görünmesini de sağlar (URL 4). Avlunun tam ortasında bulunan ve sularına hem eyvanların hem de merkezcil cephelerin sıra kemerlerinin akislerinin düştüğü abdest havuzu, mekânın odak noktasını oluşturuyordu. Mescidin suretinin abdes havuzunda yansıması da bu dünya ile öteki dünya, diriliş toprağı arasındaki geçit yerine gönderme yapar (Stierlin, 2015).

***Harim ve kubbe:** Safevilerin en önemli iki camiinde de mihrap önü mekânını örten ana kubbe yapıya hâkim olup genişliği 25, dıştan yüksekliği 52 metredir. Yüksek bir silindirik kasnak üzerine oturan Safevilerin soğanvari kubbeleri iki kabuklu olup içten ve dıştan çiniyle kaplanmıştır (URL 4). Arkasında ana ibadet mekânının bulunduğu kıble eyvanı da bütün ilgiyi kıble istikametine çekmektedir. Kıble eyvanının ardında bulunan ana ibadet mekânı kare bir plana sahiptir. Dış kubbe 54 m., minareleri ise 48 m. yüksekliğindedir. Kıble eyvanı ile 27,40 m. yüksekliğinde meydana bakan taçkapı tam bir âhenk göstermektedir. İç kubbe 38 m. yüksekliğindedir (Beksaç, 2004), (Şekil 6, Şekil 7). (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

Safevî camilerinin eyvanlarında ve avluya bakan sıra eyvanlarında örtü biçimi mutlak şekilde, dip tarafı yarım kubbe şeklinde tertiplenen beşik tonoz olmakla birlikte harim kısmındaki sütunların taşıdığı hacimlerde çok farklı tonoz tipleri ile karşılaşmaktayız. Bu tonozlar dıştan basık kubbe biçiminde ve çok sade görünseler de içten bakıldığında insanı hayrette bırakan estetiğe ve çeşitliliğe sahiptir. Safevi kubbelerinde geçişler köşe kemerleri içinde kalan üçgen boşlukların, eşkenar dörtgenler halinde bölümlenmesi suretiyle halledilmiştir (URL 4), (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

***Minare:** Safevilerin, avlu portalinin ve harime açılan ana taçkapının iki köşesine yerleştirdikleri minarelerini, Selçuklular gibi yuvarlak gövdeli yapmalarına rağmen onu kısaltıp, tek şerefe haline getirip tamamen çini ile kaplayıp şerefelerini ahşap bir şemsiye ile örttüklerini görürüz. Safevilerde mutlak surette bir olan şerefe sayısı selatin camilerinde ana kubbenin yüksekliğiyle orantılı olarak ikiye, üçe kadar yükselebilir (URL 4). Mekke doğrultusunu belirten en büyük eyvanın iki kenarındaki çifte minare yüksek bir kasnağa bindirilmiş soğan biçiminde ahenkli bir kubbeyi çerçeveliyordu (Stierlin, 2015), (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

*** Tezyinat:** Safevi eserlerindeki bütünlük ve ihtişam renk ve desenlerdeki uyum ve incelik ile gerçekleştirilir. Süslemelerin malzemesi, kullanıldığı yerler, kullanım hacmi, motifler ve renkler Safevi eserlerin farklılığını sağlar. Safevilerde başlıca tezyinat malzemesi çinidir. Malzeme ne olursa olsun tezyinatın ana unsuru bitkisel motiflerdir (URL 4). Avluya gelen ziyaretçi, çiniyle kaplı yüzeylerden başka bir şey göremez olur; bu çinilerin çiçekli motifleri müminlere vaat edilen cennetin ezeli, ebedi bitki örtüsünü çağrıştırır (Stierlin, 2015). Duvar süslemelerinde dikkati çeken bir husus Isfahan Mescid-

i Şah'ın kıble duvarında diğer çinilerden farklı renkte yapılmış olan bir panoda çok miktarda fakat küçük ebatta kuş ve hayvan motifi nakşedilmiştir. Bu kısım, cemaatin kalabalık olduğu durumlarda namaz kılınan bir bölümdür (URL 4 ve Doğan, 2020), (Şekil 6, Şekil 7). (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10).

Sonuç olarak;

- Mescidi Şah Cami örneğinde mimariyi etkileyen etmenlerin fiziksel faktörler (yerleşim, iklim, malzeme v.s.) ve
- kültürel faktörler (halk özellikleri, ekonomi, gelenekler, dini inanışlar, aile ve toplum, temel ihtiyaçlar, bina yapım teknikleri v.s.)

ki bu faktörleri,

- Mimarinin biçimleniş ve kuruluşunda birbirinden ayırmak oldukça zordur.

Dini Mimari mekânında görülen, duyulan, algılanan, ölçülebilen, hissedilebilen faktörleri yanında, biçimlenmede etkili tanımlayamadığımız, göremediğimiz, hissedemediğimiz, ama var olduğunu tahmin ettiğimiz faktörler de oldukça etkili olmaktadır.



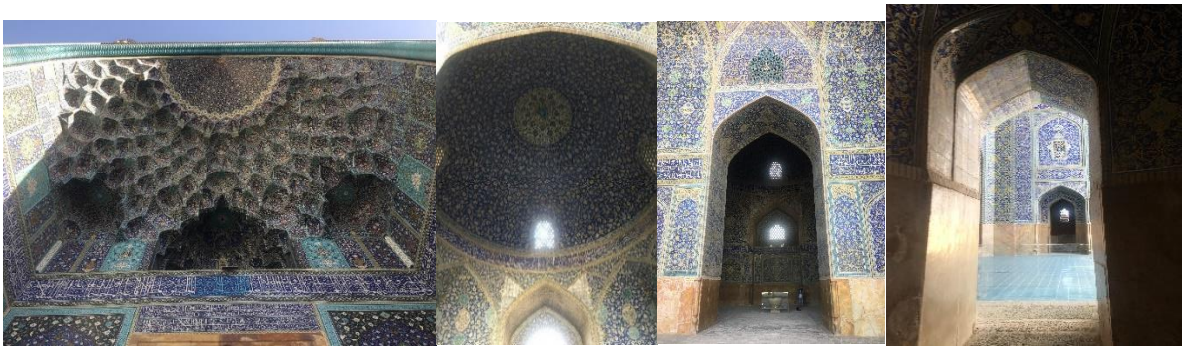
Şekil 6. Mescid-i Şah cami taç kapısı ve avluya geçiş



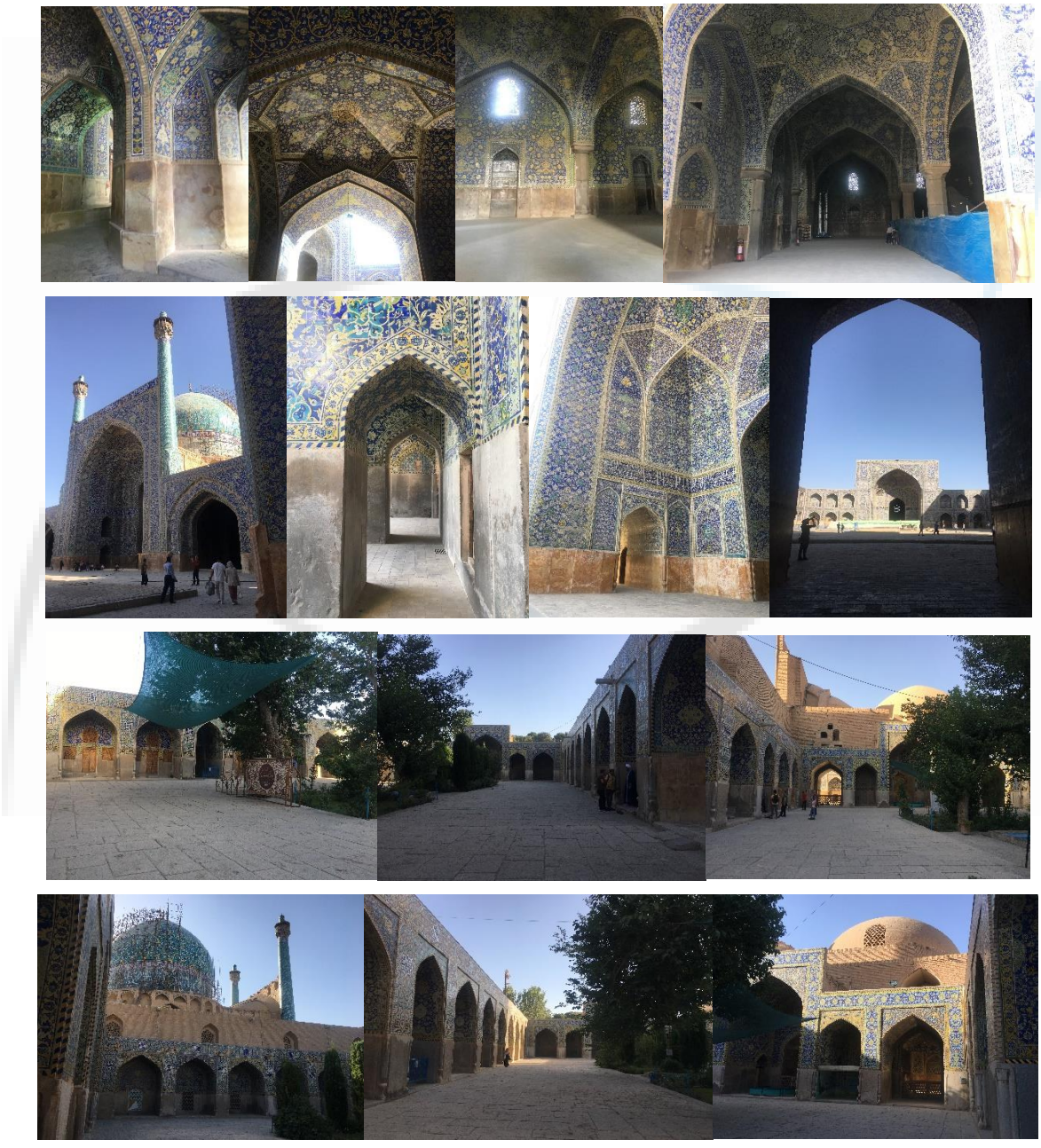
Şekil 7. Mescid-i Şah cami avlu ve eyvanlar



Şekil 8. Mescid-i Şah cami mihrap, minber ve iç mekan



Şekil 9. Mescid-i Şah cami iç mekan



Şekil 10. Mescid-i Şah cami medreseleri ve avlusundan detaylar

Kaynaklar

Berghorn, Detlef. Dünya Tarihi. İstanbul: NTV Yayınları, 2010.

Beksaç, Engin. Mescid-i Şah. Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 29. Cilt, S: 291-293, 2004.

Beksaç, Engin. Safeviler, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 35. Cilt, S: 457-459, 2008.

Borden, Daniel vd., Başvuru Kitapları Mimarlık. İstanbul: NTV Yayınları, 2010.

Cansever, Turgut. İslam'da Şehir ve Mimari. İstanbul: İz yayıncılık, 1997.

Çakıroğlu, Birgül. İslam dinindeki temel kavramların Osmanlı dönemi (13 yy.-17 yy.) dini mimarisine yansımaları. Trabzon: KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2006.

Çam, Nusret. İslam'da Sanat Sanatta İslam. Ankara: Akçağ Yayın, 2019.

Dumortier, Brigitte. Dinler Atlası, İnançlar, İbadetler ve Ülkeler. Çev. Özgür Aladağ. İstanbul: NTV Yayınları, 2007.

Doğan, Belkıs. Isfahan Mescid-i Şah'ta Hayvan Tasvirli Çini Pano – İslam Sanatı mı Hıristiyan Sanatı mı? İran Çalışmaları Dergisi. Cilt: 4, Sayı: 1, ss. 65-98, 2020.

Faruki, Raci – Faruki, Lamia . İslam Kültür Atlası. Çev. Mustafa Okan Kibaroğlu – Zerrin Kibaroğlu. İstanbul: İnkılap Yayınları, 1999.

Gündüz, Tufan. Safeviler, Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 35. Cilt, S: 451-457, 2008.

Hasol, Doğan. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. İstanbul: Yem Yayın, 2017.

Tümer, Günay – Küçük, Abdurrahman. Dinler Tarihi. Ankara: Ocak Yayınları, 1997.

Keleş, G., Usta, A. ve Tuluk, Ö.İ., Anadolu Türk Mimarlığı İçin Görsel Sözlük. Trabzon: Sonhaber Matbaacılık, 2001

Nasr, Seyyid Hüseyin. İslam Sanatı ve Maneviyatı. çev. Ahmet Demirhan. İstanbul: İnsan Yayınları, 2019.

Stierlin, Henri. İmanın ve İktidarın Hizmetinde İslam Mimarisi. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, 2015

Yücel, Atilla. "İslam Mimarlığı Üzerine". Mimarlık 5(1981), 4-6.

URL 1. https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0ran. (Erişim Tarihi: 10.12.2023)

URL 2 . https://www.haberler.com/haberler/iran-hangi-yarim-kurede-iran-in-konumu-ve-harita-16324802-haberi/, (Erişim Tarihi: 10.12.2023)

URL 3. https://en.wikipedia.org/wiki/Isfahan_province#/media/File:IranEsfahan-SVG.svg, (Erişim Tarihi: 10.12.2023)

URL 4. Çam, Nusret. Klasik Osmanlı ve Safevi Cami Mimarisinde Benzerlikler ve Aykırılıklar. http://www.xxortacag.sakarya.edu.tr/pdf/45ncam.pdf, (Erişim Tarihi: 10.12.2023)

URL 5. Naghsh-e Jahan square | Facts and Attractions | Video+info[updated 2018] (irantourismer.com) (Erişim Tarihi: 5.12.2023)

URL 6. THE ROYAL MOSQUE (MASJED-e-EMAM) in Isfahan, Iran (www.ne.jp), (Erişim Tarihi: 5.12.2023)

Makale id= 84

Sözlü Sunum

ORCID ID:

Adezyon Değiştiren Malzemeler Bağlamında Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi ve Palazzo Italia Yapı Cephelerinin İncelenmesi

Researcher Elçin Çam Şenocak[1] , Prof.Dr. Müjde Altın[2] , Doç.Dr. Neslihan Onat Güzel[3]
[1]Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
[2]Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi
[3] Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi

*Corresponding author: Elçin ÇAM ŞENOCAK

Özet: *Sanayi devrimi ile geleneksel malzemelere alternatif olarak akıllı malzeme arayışı başlamıştır. Bu arayışla birlikte yapılan araştırmalar yardımıyla akıllı malzemeler kullanılmaya başlanmış ancak günümüzde yeterli seviyeye ulaşamamıştır. Bu çalışmanın amacı akıllı malzemelerin alt grubu olan adezyon değiştiren akıllı malzemelerin irdelenmesidir. Bu çalışmada ilk olarak akıllı malzemelere yönelik genel bilgiler verilmiş ve akıllı malzemelerden biri olan adezyon değiştiren akıllı malzemeler araştırılmıştır. Bu bağlamda Suudi Arabistan'da bulunan ve cephesinde adezyon değiştiren akıllı malzeme katkılı PTFE membran bulunan Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi ile cephesinde adezyon değiştiren akıllı malzeme katkılı beton paneller bulunan Expo 2015 İtalya Pavyonu incelenmiştir. Sonuç olarak; bu çalışma ile yapı cephelerinde akıllı yapı malzeme kullanımının yaygınlaşması, doğal kaynak kullanımının azaltılması ve sürdürülebilir mimariye katkıda bulunulmuş olacaktır.*

Anahtar Kelimeler: *Adezyon Değiştiren Malzeme, Titanyumdioksit, Fotokatalitik, Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi, Palazzo İtalia*

Examination of the King Fahd National Library and Palazzo Italia Building Facades in the Context of Adhesion-Changing Materials

Abstract: *With the industrial revolution, the search for smart materials as an alternative to traditional materials began. With the help of research carried out in this search, smart materials have begun to be used, but today they have not reached a sufficient level. The aim of this study is to examine adhesion-changing smart materials, which are a subgroup of smart materials. In this study, firstly, general information about smart materials was given and adhesion-changing smart materials, one of the smart materials, were investigated. In this context, the King Fahd National Library in Saudi Arabia, which has adhesion-changing smart material-added PTFE membrane on its facade, and the Expo 2015 Italy Pavilion, which has adhesion-changing smart material-added concrete panels on its facade, were examined. In conclusion; This study will contribute to the widespread use of smart building materials on building facades, reducing the use of natural resources and sustainable architecture.*

Keywords: *Adhesion-Changing Material, Titanium Dioxide, Photocatalytic, King Fahd National Library, Palazzo Italia*

1. GİRİŞ

Günümüzde, sürdürülebilir mimari, küresel ısınmanın azaltılması ve fosil yakıt kullanımının azalması gibi hedefler doğrultusunda her gün çeşitli alternatiflere yönelmektedir. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik dış etkenlere karşı tepki veren, özelliklerini otomatik olarak değiştiren ve enerji ile madde alışverişi

yapabilen malzemeler, akıllı malzemeler olarak adlandırılır; bu malzemelerin tepkileri önceden tahmin edilebilir.

Bu çalışma, gün geçtikçe günlük hayatta da öne çıkan ve sağladığı avatanjlarla dikkat çeken akıllı malzemelerin ve adezyonun tanımını yapmayı, fiziksel adezyon, kimyasal adezyon, mekanik adezyon kavramlarına dair bilgi sunmayı, aynı zamanda adezyon özellikleri değiştirilen malzemelere sahip Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi ve Palazzo Italia yapılarının bu bağlamdaki incelemesini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır.

2. AKILLI MALZEME KAVRAMI

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, her dönemde yeni malzeme arayışları ortaya çıkmış ve kullanıcı ihtiyacını karşılama odaklı olarak düşünülmüştür; bu yaklaşım, yapı malzemelerinde de çeşitli gelişmelere yol açmıştır. Geçmişte geleneksel malzemeler arasında yoğun olarak kullanılan taş ve ahşap gibi materyaller; zaman içinde kompozit malzemelerin, sürdürülebilir ve modern malzemelerin yapılara entegre edilmesiyle birlikte çeşitlenmiştir.

Akıllı malzemeler, dış uyaranlara -fiziksel, kimyasal, biyolojik vb.- karşı bir veya birkaç niteliğini (renk, şekil, iletkenlik, faz vb.) değiştirerek ve/veya enerji dönüşümü yaparak yanıt veren malzemelerdir [1].

Akıllı malzemelere özelliklerini kazandıran etki mekanizmaları, 18. yüzyılın sonlarından itibaren fark edilip araştırılmaya başlanmış fakat bu mekanizmaların etkili bir şekilde anlaşılıp tasarlanmış malzemelerle günlük yaşama entegre edilmesi, ancak 1900'lü yılların sonlarında gerçekleşmiştir.

Akıllı malzemeler, dışarıdan gelen ısı, ışık, elektrik gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilere kısa sürede tepki vererek özellik değiştirebilen malzemelerdir. Örneğin inşaat demiri gibi bazı geleneksel malzemeler de çevresel etkilere maruz kaldıklarında özellik değiştirebilir, gerilme ve/veya büzülme hareketi yaparak fiziksel değişime uğrayabilir. Bu sebeple belki de geleneksel malzeme sınıfı içinde yer alan bazı malzemeler için 'ilkel akıllı malzemeler' denilebilir.

Bir malzemenin akıllı malzeme olarak nitelendirilmesi için gerekli özellikler nitelik değişimi, enerji dönüşümü ve tersinirliktir.

- Nitelik değişimi: Dış uyaran etkisiyle mikrostrüktürde oluşan değişiklikler malzemenin bir veya birkaç niteliğini (şekil, renk, sertlik, akışkanlık, hal vb.) değiştirir.
- Enerji dönüşümü: Malzemenin mikrostrüktüründe oluşan değişiklikler (faz değişimi) sırasında enerji bir formdan diğerine dönüşür.
- Tersinirlik: malzemede oluşan 'nitelik değişimi' veya 'enerji dönüşümü' tersinebilirdir [2].

2.1 Akıllı Malzemelerin Sınıflandırılması

Mimarlık bağlamında akıllı malzeme kavramı düşünüldüğünde, malzemelerin sadece ortam şartlarıyla mücadele etmeyi değil, aynı zamanda çevresel uyaranlara yanıt vererek ortam şartlarına uyum sağlamayı amaçlayan bir anlayışa evrilmektedir.

Akıllı malzemeler, sıcaklık, ışık yoğunluğu, elektriksel ve manyetik alan gibi uyarıcıların etkisiyle bir veya birkaç özelliklerini değiştirebilen yapıda olup, bu özelliklere göre sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda mimaride kullanılan akıllı malzemeler;

1. Özellik Değiştiren Akıllı Malzemeler

    Renk ve Optik Özelliklerini Değiştiren Akıllı Malzemeler

    Adezyon Değiştiren Akıllı Malzemeler

    Şekil Değiştiren Akıllı Malzemeler

2. Enerji Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

    Faz Değiştiren Akıllı Malzemeler

    Elektrik Üreten Akıllı Malzemeler

3. Madde Alışverişi Yapan Akıllı Malzemeler

Gaz/Su Depolayan Akıllı Malzemeler

olarak sınıflandırılmaktadır [3] [4].

3. ADEZYON DEĞİŞTİREN MALZEMELER

Adezyon, moleküller arasındaki çekim kuvvetini ifade eder ve bu, farklı bileşenlere sahip moleküller arasındaki çekim gücünü belirtir; aynı zamanda bir malzemenin başka bir türdeki maddeye yapışma sürecini ifade eder. "Adeziv" terimi, adezyonu sağlayan maddeyi ifade ederken, bu maddeyi uyguladığımız maddeye ise "adherend" adı verilir. Kohezyon, benzer türdeki moleküller arasındaki çekme kuvvetini temsil eder ve bu kuvvet, bir maddenin kendi moleküllerinin birbirine bağlı kalması anlamına gelir.

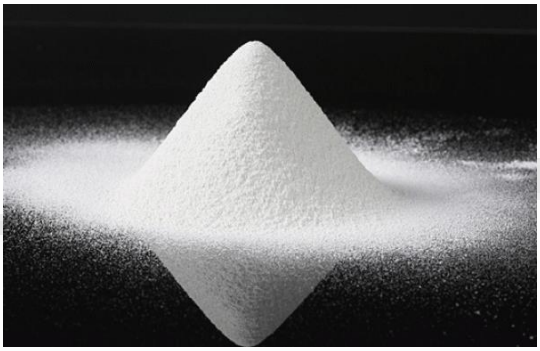
Adezyon kuvveti, moleküller arasındaki yapışma şekillerine göre üç farklı türde olabilir.

- Fiziksel Adezyon: Adeziv ve adherend arasındaki bağlanma, malzemelerin birbirine yapışmanı ifade eder.
- Kimyasal Adezyon: Kimyasal bağ, çeşitli bileşenler arasında temel çekim kuvvetleri kurar.
- Mekanik Adezyon: Genelde farklı bileşenlerin birbirine bağlanması ile oluşur.

3.1 TiO2 (Titanyum Dioksit) Katkılı Akıllı Malzemeler

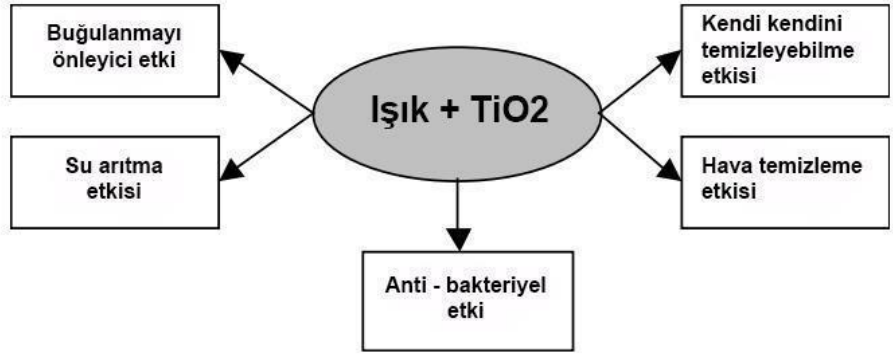
Titanyum dioksit (TiO2), kendisine yapışan kirletici maddeleri emme veya yüzeye tutunma yoluyla alır ve ışığın etkisi altında bu kirleticileri su ve karbondioksit haline getirerek, foto yapışma etkisi gösterir. (Şekil 1). Mimari uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanan TiO2, ticari olarak 1909 yılından bu yana kullanılmaktadır; ancak mimari uygulamalara ilk adımını 1995 yılında Japonya'da seramik yüzey kaplamalarında atmıştır.

Şekil 1 : Toz Haldeki TiO2 [5]



Çeşitli yapı malzemelerine, ince filmler, kaplama veya pigment olarak entegre edilen TiO2 sayesinde foto katalitik özellikler kazandırılmıştır. Bu özellikler sayesinde özellikle dış mekanda; beton yüzeyler, camlar, boyalar, paneller, membranlar gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Şekil 2'de TiO2 foto katalizinde ana faaliyet alanları şeması görülmektedir.

Şekil 2: Titanyum Dioksit Foto Katalizinde Ana Faaliyet Alanları [6]



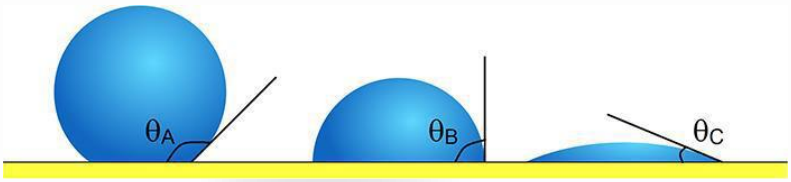
3.2 Fotokataltik Malzemeler

Fotokatalizm, bir fotoreaksiyonun hızını artıran bir katalistin varlığıyla ilişkilendirilebilir. Fotokatalitik özellik, özel bir kaplamanın içinde bulunan nano partiküller, oksijen ve doğal güneş ışığının UV ışınları arasındaki kimyasal reaksiyon sonucunda, yüzeydeki organik kirlerin parçalanıp ortadan kaldırılmasıdır.

TiO2, toz veya ince film halde kullanılmaktadır. Toz haldeki TiO2 fotokatalitik aktiviteyi gösterdikten sonra ortamdan süzülerek uzaklaştırılmaktadır. Ancak bu işlem oldukça zordur. Son yıllarda hemen tüm çalışmalar "fotokatalitik ince filmler" üzerine yoğunlaşmıştır [7].

Fotokatalik malzemerleri araştıran Fujishima ve ekibi, 1995 yılında TiO2 içeren malzemelerde, fotokatalitik özelliklere ek olarak süperhidrofilik özelliklerin de mevcut olduğunu görmüştür. akışındaki eğim yüzdeliklerine bağlı olarak, θ değeri 30°'den küçükse hidrofilik, θ değeri 10°'den küçükse süperhidrofilik olarak tanımlanır. (Şekil 2). Yüzeyin hidrofilik niteliği, su parçacıklarının film tabakasında yayılmasını sağlar.

Şekil 3 : Su parçacıklarının katı yüzeyde oluşturduğu açılar (θc=süperhidrofilik) [8]



Fotokatalitik malzemelerin avantajları alt başlıklara indirgenerek analiz edilmiştir.

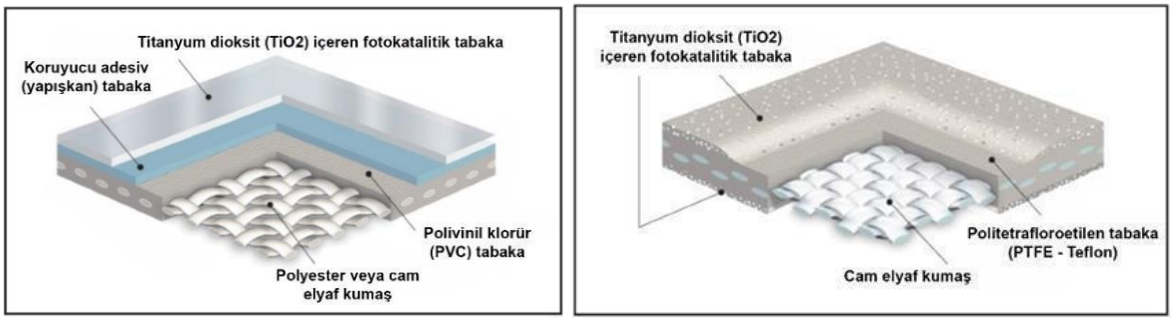
Titanyum dioksit (TiO2);

- Fotokatalitik malzeme, kullanıcının yapacağı temizliğe daha az ihtiyaç duyduğundan, geleneksel malzemelere göre daha uzun süre temiz kalma özelliğine sahiptir.
- Diğer malzemelere göre öne çıkmasını sağlayan faktör, ekonomik açıdan daha kolay elde edilebilmesidir, bu da fayda-maliyet analiziyle değerlendirildiğinde belirgin hale gelir.
- Kararlılık oranı yüksektir.
- Özelliklerini uzun süre muhafaza edebilmesi, fiziksel ve kimyasal değişimlere karşı direnç gösterdiğini gösterir.

3.3 Titanyum Dioksit (TiO2) Katkılı Membran

Günümüzde, kendini temizleme özelliği için fotokatalitik membran malzemeler, TiO2 kaplama teknolojisi kullanmaktadır. Bu teknoloji, PVC veya PTFE membran tabakalarına uygulanabilmektedir. (Şekil 4).

Şekil 4 : TiO2 içerikli PVC ve PTFE membran tabakaları [9]

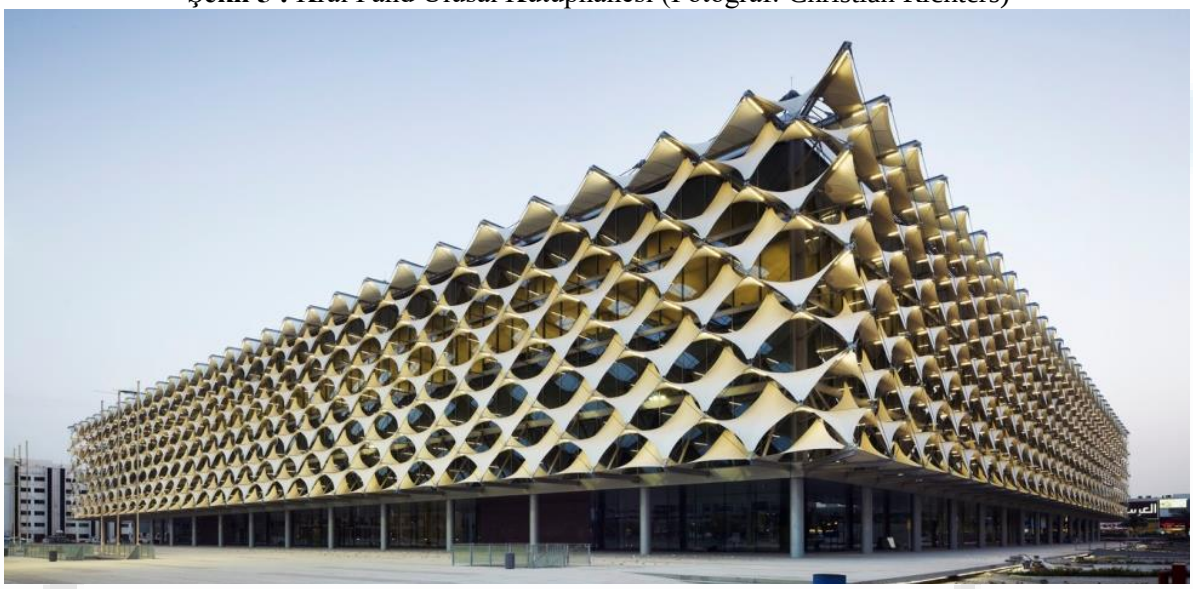


4. YAPI ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

4.1 Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi

Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi, Suudi Arabistan Krallığı'ndaki en önemli kültürel yapılardan biri ve aynı zamanda başkent Riyad'daki en önemli kentsel gelişim ve kültür projelerinden biridir (Şekil 5). Almanya merkezli Gerber Architekten tarafından kentsel dönüşüm projesi olarak tasarlanan cephe, 2013 yılında uygulanmıştır. 68.500 m² taban alanına sahip kare yeni yapı, orijinal 1970'lerin kütüphanesini canlı, geometrik bir düzenlemeyle kaplar ve bu da heterojen şehir silüetinin üzerinde belirgin bir şekilde yükselmesine neden olur. Kentsel park alanının ortasında yer alan yeni kütüphane açık ve şeffaftır ve boyutuna rağmen yakın çevreye zarif bir şekilde uyum sağlar.

Şekil 5 : Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi (Fotoğraf: Christian Richters)



Suudi Arabistan, Riyad'ın aşırı kurak ikliminde bulunan binanın cephesi, kullanıcı görüşünü engellemeden binaya doğal ışık girmesini sağlar, kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahiptir. Kütüphane, 440.000 m2'lik alanı yenileme çalışması olarak tasarlanmıştır [10].

Cephe, Arap kültüründeki muhafazakarlıkla uyumlu bir şekilde, aynı zamanda bina içinden sokak hayatını gözlemleme olanağı sunmakta ve göçebe geleneği sembolize etmektedir (Şekil 6). Ayrıca, karmaşık geometrik cephe deseni, zengin bir İslami süsleme geleneğini yansıtmaktadır. Suudi Arabistan'da değerli nesneleri örtme geleneğiyle entegre bir tasarım oluşturmaktadır.

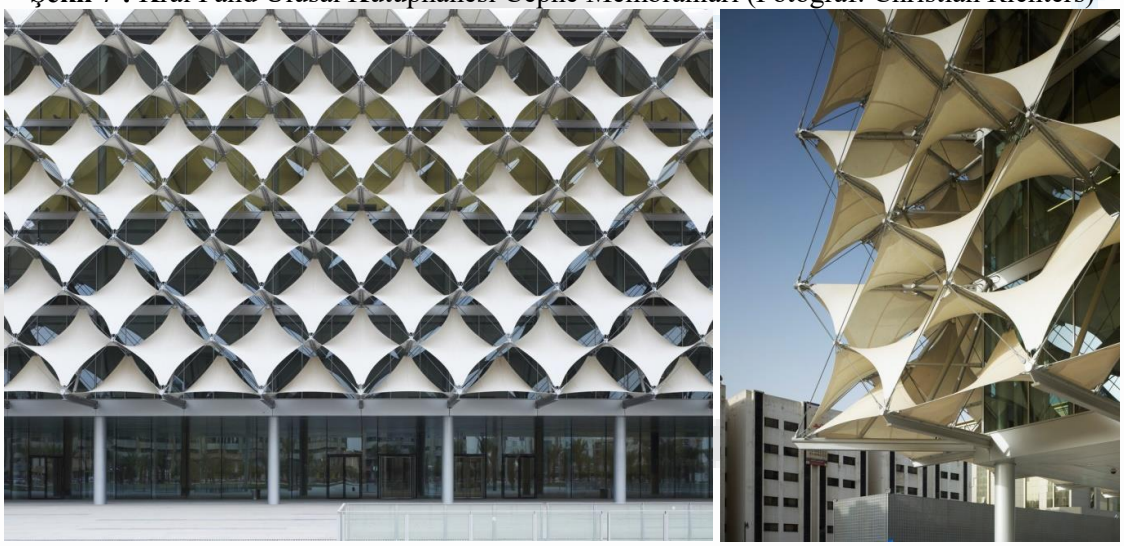
Şekil 6 : Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi İç Mekan Görseli (Fotoğraf: ChristianRichters)



Eski binayı çevreleyen kare şeklindeki yeni bina, geleneksel Orta Doğu mimari desenlerini takip eden ve bunları en son teknoloji ile birleştiren hafif bir tekstil cephe ile kaplanmıştır (Şekil 7).

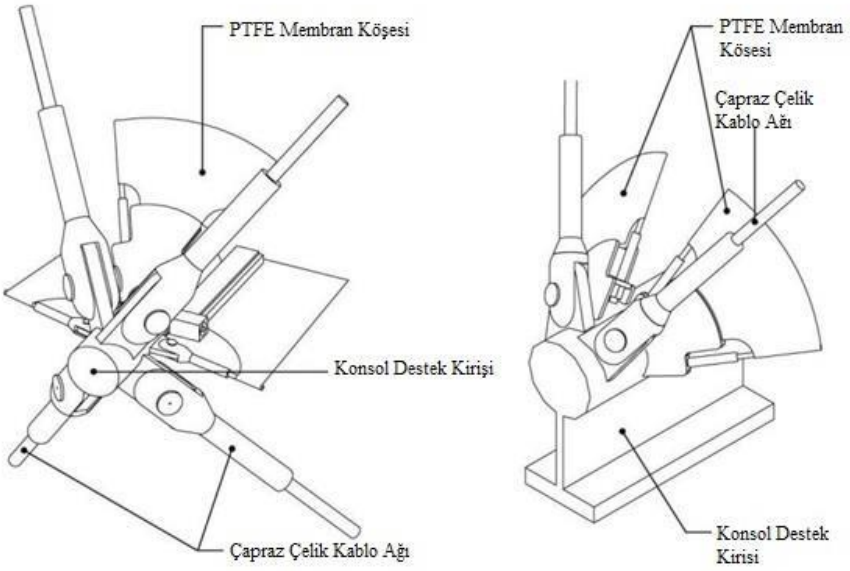
Bu şehirdeki sıcaklıkların 38°C'yi aşmasının etkisiyle, binanın cephesinde kendini temizleme özelliğine sahip membran malzeme kullanımına karar verilmiştir.

Şekil 7 : Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi Cephe Membranları (Fotoğraf: Christian Richters)



Binanın cephesi, 1000 adet modüler sistemle gerilen membran bölümlerinden meydana gelir. Güneşin etkisiyle bej renkli membranın zaman içinde sararması ve sonunda beyazlaşması gözlemlenir. Membran tabakalarını, çelik kablo ağlarına gererek ve kablo ağlarını konsol kirişlere dayayarak, Mimar Gerber cephe tentesinin tasarımını oluşturmuştur. (Şekil 8).

Şekil 8 : Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi Cephe Birleşim Detayı [10]



Karmaşık, üç boyutlu ışık kırılması yoluyla yerel güneş yoluna göre optimize edilen membran cephe, güneşten gerekli korumayı maksimum ışık penetrasyonu ve şeffaflıkla birleştirir.

4.2 Palazzo Italia

Milano'da düzenlenen Expo 2015 için 68 adet öneri tasarım arasından seçilen İtalya Pavyonu Palazzo Italia, Nemesi & Partners tarafından tasarlanmıştır. İtalya Pavyonunda konsept olarak 'kent ormanı' kavramı kullanılmıştır.

2012 yılında, kötü hava kalitesine bağlı olarak Avrupa'da en yüksek ölüm oranının kaydedildiği ülke İtalya olmuştur. O dönemde, ülkede 84.000'den fazla kişi, hava kirliliğinin etkisi nedeniyle genç yaşta hayatını kaybetmiştir. Milano, sadece ülke içinde değil, kıtası genelinde de en kirli şehirlerden biri olarak varlığını sürdürmektedir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan çalışmalarda, şehir sakinlerinin %80'i kirli hava solumakta olup, bu durum solunum yolları ile kalp-damar hastalıklarının artışına neden olmaktadır. Bu sorunla başa çıkmak adına sembolik bir tasarıma sahip olan yapıda, kirleticileri zararsız tuzlara dönüştürebilen fotokatalitik çimento kullanılmıştır.

Yapı taşlaşmış bir ormana benzetilmek istenmiştir. 35 metre yüksekliğe sahip olan bu yapıda, fotokatalitik betonun kullanıldığı bölümler arasında etkinlik alanları, ofisler, restoranlar ve teraslar bulunmaktadır.

Şekil 9 : Palazzo Italia [11]



Yaklaşık 10.000 metrekarelik cephenin %80'i, yaklaşık 2.200 ton çimento kullanılarak geri dönüştürülmüş malzemeden üretilmiştir. Klasik harçla karşılaştırıldığında, yeni malzemenin işlenmesi çok kolaydır ve dayanıklıdır. Toplam 9.000 metrekarelik cephe yüzeyi, 900 adet patentli hava temizleme çimentosu paneli kullanılarak oluşturulmaktadır. Bu ürün, özel bir duman emici beton özelliğine sahiptir ve havayı temizleme amacını taşımaktadır. Bu karışım, havanın geçişine izin verirken eş zamanlı olarak dumanın ana bileşeni olan azot-oksit parçacıklarını yakalayan bir karışımdır. Hava filtrelemekle sınırlı olmayıp, aynı zamanda biriken duman kalıntıları hafif bir yağmur ile temizlenir.

9.000 metrekarelik aktif beton kullanılan bina cephesi, NOx'ı temizleme kapasitesiyle 100 dizel aracın veya 300 benzinli aracın salımından etkilenen çevreyi temizlemektir. Cepheye monte edilen beton paneller, alüminyum giydirme cephenin ön yüzeyine çift katmanlı bir düzenleme ile yerleştirilmiştir. Cephe panellerinin taşıyıcı çelik elemanları, beton yüzeylere ankrajlar yardımı ile yerleştirildikten sonra panellerin montajı yapılmıştır.

Şekil 10 : Palazzo Italia Cephesi (Fotoğraf: Nemesi & Partner)



6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Tablo 1: Kral FahdUlusal Kütüphanesi ve Palazzo Italia Karşılaştırması

	KRAL FAHD ULUSAL KÜTÜPHANESİ	**PALAZZO ITALIA**
TASARIMCI	GERBER ARCHITEKTEN	NEMESI & PARTNERS
YAPIM YERİ VE YILI	SUUDİ ARABİSTAN, 2013	İTALYA, 2015
ADEZYON DEĞİŞTİRENAKILLI MALZEMENİN KULLANIM YERİ	CEPHE	CEPHE
ADEZYON DEĞİŞTİREN AKILLI MALZEMENİN KULLANIM ŞEKLİ	PTFE MEMBRAN KATMANI OLARAK	CEPHE PANELİNE BETON KATKISI İLE
AKILLI MALZEMENİN HAVAYI TEMİZLEME ÖZELLİĞİ	VAR	VAR
AKILLI MALZEMENİN KENDİNİ TEMİZLEME ÖZELLİĞİ	VAR	VAR

Teknolojinin sürekli gelişimi ile birlikte, akıllı malzemeler, mimari uygulamaların yanı sıra birçok farklı alanda da popüler bir malzeme olarak öne çıkmıştır. Artan insan nüfusu, doğal kaynakların bilinçsizce kullanımına yol açarak ekosistemin dengesini bozmuştur.

Sanayi devrimi ve sanayi devrimi sonrasında doğa yasalarına uygun yaşam tarzından fazlasıyla uzaklaşan insanoğlu, doğal enerji kaynaklarının tükenmesi gerçeği karşısında çözümü arayışlarına girmiştir. Bu arayış ve araştırmalar yardımıyla oldukça faydalı malzemeler keşfedilmiş ve keşfedilmeye devam etmektedir. Keşfedilen akıllı malzemeler gelişen teknolojinin de yardımıyla geliştirilmektedir.

Mimari tasarımların günümüzde arzu edilen niteliklere sahip olabilmesi için değişken, çevresel etkenlere uyum sağlayan ve kullanıcıya kolaylık sağlayan bir yaklaşım benimsenmektedir ve bu yaklaşıma uygun olarak, mimari tasarımlarda akıllı malzeme kavramı daha da artarak yer bulmaktadır.

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik dış etkenlere tepki gösteren, özelliklerini değiştiren ve enerji ile madde alışverişi yaparak cevap veren malzemelere akıllı malzemeler denilmektedir. Bu malzemelerin tepkileri önceden tahmin edilebilir.

Çalışma kapsamında incelenen Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi ve Palazzo Italia yapılarının cepheleri incelenmiştir. Kral Fahd Ulusal Kütüphanesi cephesinde kullanılan TiO2 katkılı PTFE membranlar, gölgeleme elemanı olmanın yanı sıra kendini ve havayı temizleyebilmektedir.

Expo 2015 İtalya Pavyonu olarak tasarlanan ve inşa edilen Palazzo Italia binası cephesinde ise beyaz çimento ile TiO2 karıştırılarak elde edilen beton cephe panelleri kullanılmıştır. TiO2 katkılı beton paneller kendini ve havayı temizleme özelliğine sahiptir.

İncelenen iki yapı örneğinde de görüldüğü üzere adezyon değiştiren akıllı malzemeler, doğal kaynak tüketiminin azaltılmasına ek olarak havayı da temizleyerek çevrenin korunmasına katkıda bulunmaktadır.

Gün geçtikçe akıllı malzeme çeşitliliği artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Akıllı malzemelerin yaygın olarak kullanılması, sürdürülebilir özelliklere sahip malzemelerin de içinde bulunduğu doğal kaynakların kullanımında bir azalmayı sağlayacaktır. Akıllı malzemenin özelliklerinin kullanıcının ihtiyacına/isteğine göre uyarlanabilir olması, ilerleyen süreçte ortaya çıkabilecek sorunlara çözüm sağlama kapasitesini sürdürecektir. Gelecekte mimariyi daha üretken ve bütünleştirici kılmak için geliştirilen akıllı malzemeler, günümüzde üretimleri devam eden önemli bir bileşen olacak ve ek işlevlerle donatılan yeni nesil akıllı malzemeler, hayatımızda daha yaygın bir yer bulacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Orhon, A. V., 2013, Sürdürülebilir Mimaride Akıllı Malzeme Kullanımı, 8. Uluslararası Sinan Sempozyumu, Edirne.

[2] Orhon, A.V.,2012. Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı, Ege Mimarlık, 82,18-21

[3] Ritter, A., 2007. Smart Materials in Architecture, İnterior Architecture and Design., A. Müller, Dü., Basel: Birkhäuser.

[4] Casini, M., 2016. Smart Buildings: Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy Efficiency and Environmental Performance, Elsevier Ltd., Cambridge, 384.

[5] Çetinkaya, E. (b.t.), TİTANYUM DİOKSİT (TiO2) NEDİR?, Erişim Tarihi: 15.12.2023, https://haliccevre.com/titanyum-dioksit/

[6] Benedix, R., Dehn, F., Quaas, J., & Orgass, M., (2000). "Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials", Article, in Lace 5(7) ·January 2000, Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, Universität Leipzig, 157-166.

[7] Çakıroğlu, E., 2011., Titanyım Dioksti Esaslı (TiO2) Fotokatalizör Kullanılarak Toksik Madde İçerikli Atık Suların Detoksifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[8] İnovatif Kimya Dergisi, Erişim Tarihi:15.12.2023, https://inovatifkimyadergisi.com/sivilarin-islatma-yetenekleri-ve-temas-acisi

[9] Birdair Umbrella Brochure, Erişim Tarihi: 14.12.2023 https://www.birdair.com/files/Birdair%20Umbrella%20Brochure-Current.pdf?download=1

[10] Ward, L., 2014. Gerber Architekten Unveils Both Form and Function, Erişim Tarihi : 12.12.2023 .https://www.architectmagazine.com/technology/detail/gerber-architekten-unveils-both-form-and-function_o

[11] https://worldarchitecture.org/architecture-projects/hffzm/palazzo-italia--human-technopole-foundation-project-pages.html 14.12.2023.

Makale id= 41

Poster Sunum

ORCID ID: 0009-0000-1764-4206

Asit Yıkamalarda Kullanılan Perlit Yerine Çevre Dostu Malzemeler İle Efektli Ürünlerin Elde Edilmesi

Araştırmacı Funda Sever[1] , Araştırmacı Ali Sevim[1] , Araştırmacı Yağmur Halıcıoğlu[1] , Araştırmacı Hasan Sabri Ceylan[1]
[1] Akar Tekstil A.Ş.

*Corresponding author: Funda Sever

Özet: *Proje kapsamında, tekstilde yıkama işlemlerinde ağartıcı olarak kullanılan ve doğal bir maden olan Perlit' in yerine, bilinen en çevre dostu gaz olan Ozon gazı ile parça boyalı ürünlerde ağartma işlemi yapılmak istenmektedir. Perlit' in inşaat sektörü başta olmak üzere, kullanım alanlarının çok geniş olması göz önüne alındığında madenin sürdürülebilir olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan depolamada kapladığı alan ve taşımada harcanan maliyetin yanı sıra karbon ayak izinin azaltılması önemlidir. Bu bağlamda ozon gazı ile yapılacak ağartma işlemleri bu problemlerin önüne geçecektir. Ozon gazının parça boyamada örme kumaşların efektlendirme işlemlerinde kullanılması sayesinde çevreye zararlı atıkların salınımının azaltılması ve enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi bir teknoloji geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, çalışma kapsamında temin edilen ozon jeneratörlü numune kumaş boyama makinesi (laboratuvar tipi tekstil terbiye makinesi) kullanılmıştır. Bu makine ile, pamuklu ürünlerde ağartılmış görüntünün, perlit yerine ozonlama çalışması yapılarak elde edilmesi hedeflenmiştir. Ozonlama proses parametreleri optimize edilerek endüstriyel boyutta kullanılabilir bir proses geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yenilikçi proses ile su, enerji ve zaman tasarrufu ile birlikte çevresel yükte azalmalar sağlanması hedeflenmiştir*

Anahtar Kelimeler: *Ozon Gazı, Perlit, Ağartma İşlemi, Ozon Jeneratörü*

Obtaining Bleached Products With Environmentally Friendly Materials Instead of Perlite Used in Acid Washing

Abstract: *Within the scope of the project, it is desired to bleach piece dyed products with Ozone gas, the most environmentally friendly gas known, instead of Perlite, which is a natural mineral used as bleach in textile washing processes. Considering the wide range of uses of perlite, especially in the construction industry, it seems that the mine is not sustainable. On the other hand, it is important to reduce the carbon footprint as well as the space occupied in storage and the cost spent in transportation. In this context, bleaching processes with ozone gas will prevent these problems. By using ozone gas in the effecting processes of knitted fabrics in piece dyeing, it is aimed to reduce the release of harmful waste to the environment and to develop an innovative technology that saves energy. For this purpose, a sample fabric dyeing machine with ozone generator (laboratory type textile finishing machine) provided within the scope of the study was used. With this machine, it is aimed to obtain the bleached appearance of cotton products by using ozonation instead of perlite. It is aimed to develop a process that can be used on an industrial scale by optimizing the ozonation process parameters. With the innovative process, it is aimed to save water, energy and time, as well as reduce environmental load.*

Keywords: *Ozone Gas, Perlite, Bleaching Process, Ozone Generator*

GİRİŞ

Tekstilde üretim aşamasında her proses için ayrı ayrı Ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Günümüze kadar gelinen süreçte, çevresel faktörlere önem veren, kullanılan doğal ve yenilenemeyen kaynaklara (sürdürülebilir olmayan kaynak) alternatif bulma arayışına girilmiştir. Bu süreçte bulunan işlemlerin sanayileri zorlamaması ve mali açıdan teşvik etmesi yapılan ar-ge projelerinin kullanılabilir olması açısından çok önem taşımaktadır.

Ozon gazının parça boyamada örme kumaşların efektlendirme işlemlerinde kullanılması sayesinde çevreye zararlı atıkların salınımının azaltılması ve enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi bir teknoloji geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, çalışma kapsamında temin edilen ozon jeneratörlü numune kumaş boyama makinesi (laboratuvar tipi tekstil terbiye makinesi) kullanılmıştır. Bu makine ile, pamuklu ürünlerde ağartılmış görüntünün, perlit yerine ozonlama çalışması yapılarak elde edilmesi hedeflenmiştir. Ozonlama proses parametreleri optimize edilerek endüstriyel boyutta kullanılabilir bir proses geliştirilmesi hedeflenmiştir. Yenilikçi proses ile su, enerji ve zaman tasarrufu ile birlikte çevresel yükte azalmalar sağlanması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

- Yıkama efektli ürünlerin elde edilebilmesi için kazan tipi belirlenmiştir.
- Daha sonrasında yıkamaların kaçar kiloluk numunelerde deneneceği planlanmıştır.
- Yıkama işlemi sırasında kazan içerisine beslenecek su miktarı ve sıcaklığı belirlenmiştir.
- Yıkama makinesi içerisine beslenecek ozon miktarı belirlenerek uygun reçeteler hazırlanmıştır.
- Hazırlanan reçeteler numunelere uygulanmıştır.
- Proje kapsamında aşağıdaki malzemeler kullanılmıştır.
    - Ozon Jeneratörlü Numune Kumaş Boyama Makinesi
    - Örme Pamuklu Kumaş

BULGULAR

Geliştirilen proses sayesinde önceden kumaşa perlit ile kazandırılan ağartılmış görüntüyü ozon jeneratöründe hazırlanan reçeteler ile elde edilebildiği görülmüştür. Elde edilen kumaşların testleri yapılmış olup tablo 1' de ki değerler elde edilmiştir.

Tablo 1: Ozon ile ağartılmış kumaşa uygulanan test sonuçları

Numune Adı	Ph	Su Haslığı	Asidik Ter Haslığı	Alkali Ter Haslığı	Haslık
Hedef Değer	6,5-8	>4	>4	>4	
Numune 1.1	7,54	4	4	4	OK
Numune 1.2	7,54	4	4	4	OK
Numune 1.3	7,61	4	4	4	OK
Numune 2.1	7,74	4	4	4	OK
Numune 2.2	7,52	4	4	4	OK
Numune 2.3	7,51	4	4	4	OK
Numune 3.1	7,92	4	4	4	OK
Numune 3.2	7,88	4	4	4	OK
Numune 3.3	7,70	4	4	4	OK

Numune Adı	Ph	Su Haslığı	Asidik Ter Haslığı	Alkali Ter Haslığı	Haslık
Numune 4.1	7,65	4	4	4	OK
Numune 4.2	7,59	4	4	4	OK
Numune 4.3	7,74	4	4	4	OK



Şekil 1: Proje sonunda tasarlanan ürün

SONUÇ

Mevcut durumda perlit kullanımı ile yapılan ağartma işleminde 20 kg kapasiteli makine ile çalışılmaktadır. Her bir proses toplam 4 aşamadan oluşmaktadır. (sülfit yıkama, enzim yıkama, fiksatör yıkama ve yumuşatma). Proses süresi toplamda 90 dk' dır.

Geliştirilecek olan yeni projede, ozon gazı kullanımı ile yapılan ağartma işlemi sonucunda, 90 dk süren işlem süresi içerisinde 20 dk'lık sülfit yıkama işlemine gerek kalmadığı için, toplam proses süresi 70 dk' ya düşecektir.

20 kg'lık makinenin günlük ürün kapasitesi perlit kullanımında 800 adet iken, geliştirilen yeni proseste 1029 olmasıyla birlikte kapasitede %29 oranında artış sağlanacaktır (Günlük çalışma süresi ise 540 dk üzerinden hesaplanmıştır).

Bu avantajların yanında, proses süresinin 20 dk kısaltılmasıyla birlikte enerji ve su tasarrufu sağlanmıştır.

Tablo 2: Perlit kullanımı ve Ozon kullanımı ile kapasitelerinin karşılaştırılması

Perlit Kullanımı	**Makine ürün kapasitesi (kg)**	**Günlük Çalışma (dk)**	**Eski Yöntem Çalışma (dk)**	**Günlük Yıkanan Ürün Kapasitesi (Kg)**	**Günlük Yıkanan Ürün Adet**	**AVANTAJ**
	20	540	90	120	800	

Ozon Gazı Kullanımı	Makine ürün kapasitesi (kg)	Günlük Çalışma (dk)	Eski Yöntem Çalışma (dk)	Günlük Yıkanan Ürün Kapasitesi(Kg)	Günlük Yıkanan Ürün Adet	29%
	20	540	70	154	1029	

REFERANSLAR

Moore, S.B., Ausley, L.A., (2004), Systems thinking and green chemistry in the textile industry: concepts, technologies and benefits, Cleaner Production, 12(6), 585-601

Streng, A.G., (1961), Tables of Ozone Properties, Journal of Chemical and Engineering Data, 6(3), 431-436

Rakovsky, S., Anachkov, M., Zaikov, G., (2009), Fields of Ozone Applications, Chemistry & Chemical Technology, 3(2), 139-161

Balousek, P.J., (1979), The Effects of Ozone Upon A Lignin-Related

Model Compound Containing a β-Aryl Ether Linkage, University of Wisconsin, Platteville, M.S. 1976, Lawrence University, the degree of Doctor of Philosophy

Prabaharan, M., Rao, J.V., (2003), Combined desizing, scouring and bleaching of cotton using ozone, Indian Journal of Fibre & Textile Research, 28(4), 437-443

Perincek, D.S., Duran, K., Körlü, A.E., Bahtiyari, M.İ., (2007), An Investigation in the Use of Ozone Gas in the Bleaching of Cotton

Fabrics, Ozone: Science and Engineering, 29(5), 325-333

İnkaya, T., Eren, H.A., Aniş, P., (2008), Pamuk Ağartılmasında Lakkaz/Mediatör Sistemlerinin Oksijen Ve Ozon İle Kombine Edilmesi, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1), 77-82

Eren, H.A., Ozturk, D., (2011), The evaluation of ozonation as an environmentally friendly alternative for cotton preparation, Textile Research Journal, 81(5), 512-519

Makale id= 64

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0763-3487

Yıllara Göre Dünya'da ve Türkiye'de Baklagil Bitkilerinin Durumu

Arş.Gör. Duygu Uskutoğlu[1] , Prof.Dr. Leyla İdikut[1]
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi

*Corresponding author: Duygu Uskutoğlu

Özet: *Baklagiller içerdiği protein ve aminoasit bakımından besin değeri yüksek, ekim nöbetine uygun, insan ve hayvan beslenmesine uygun, kazık kökleri sayesinde toprağın derinlerine inen bitkilerdir. Derine inebilen kök sistemleri sayesinde, toprağın alt katmanlarına kadar inip topraktaki azotu tutarak toprak verimliliğini artırmaktadırlar. Bu sebeplerden dolayı üreticiler ve tüketiciler tarafından tercih edilen temel bir gıda ürünüdür. İnsan beslenmesinde bitkisel kaynaklı proteinlerin %22'sinin, karbonhidratların %7'sinin, hayvan beslenmesinde ise proteinlerin %38'inin, karbonhidratların %5'inin yemeklik tane baklagiller tarafından karşılandığı belirtilmektedir. Dünyada ve ülkemizde tahıllardan sonra en fazla üretimi yapılan bitki grubu baklagil bitkileridir. Dünyada 2021 yılında toplam 95.438.847 ha alanda ekimi yapılan baklagil bitkileri, toplam 88.966.861ton üretilmiş ve verimi 932.2 kg ha -1 olarak kaydedilmiştir. Dünyada en fazla üretimi yapılan baklagil bitkisi yaklaşık 27 milyon ton üretim ile fasulye olurken, onu 15 milyon ton üretimle nohut takip etmiştir. Türkiye'de 2021 yılında 912.325 hektar alan kuru baklagil üretimi yapılmış olup toplam işlenen tarım alanları içerisindeki payı % 4.60'dır. Kuru baklagiller içerisinde nohut 487.886 hektar alan ve %53.48'lik pay ile ilk sırada yer almaktadır. Nohudu sırasıyla; kırmızı mercimek 260.200 hektar alan ve %28.52 pay, fasulye 107.796 hektar alan ve %11.82'lik pay, yeşil mercimek 48.159 hektar alan ve %5.28'lik pay, bakla 2.796 hektar alan ve %0.31'lik pay, börülce 1.245 hektar alan ve % 0.14'lük pay, bezelye 679 hektar alan ve %0.07'lik pay ile takip etmektedir. Bu çalışmada Dünya'da ve Türkiye'de yıllar içerisinde baklagil bitkilerinin ekim alanı, verim değeri ve üretim miktarlarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Baklagiller, Ekim Alanı, Üretim, Verim.*

Situation of Legume Plants in the World and Türkiye Over the Years

Abstract: *Legumes are plants that are high in protein and amino acids, suitable for crop rotation, suitable for human and animal nutrition, and have deep roots. Thanks to their deep-penetrating root systems, they penetrate into the lower layers of the soil and retain the nitrogen in the soil, increasing soil fertility. For these reasons, it is a basic food product that is preferred by producers and consumers. It is stated that 22% of plant-based proteins, 7% of carbohydrates, 38% of proteins, and 5% of carbohydrates in human nutrition are provided by edible legume crops. Legume crops are the most produced plant group after cereals in the world and in Türkiye. In 2021, a total of 95.438.847 hectares of legume crops were planted in the world, a total of 88.966.861 tons were produced, and the yield was recorded as 932.2 kg ha-1. The most produced legume crop in the world is beans, with a production of approximately 27 million tons, followed by chickpeas with a production of 15 million tons. In Türkiye, 912.325 hectares of dry legume production was made in 2021, and its share in the total cultivated agricultural areas is 4.60%. In dry legumes, chickpeas rank first with 487.886 hectares of land and a 53.48% share. Chickpeas are followed by; red lentils with 260.200 hectares of land and a 28.52% share, beans with 107.796 hectares of land and a 11.82 % share, green lentils with 48.159 hectares of land and a 5.28% share, broad beans with 2.796 hectares of land and a 0.31% share, cowbeans with 1.245 hectares of land and a 0.14% share, and peas with 679 hectares of land and a 0.07% share. In this study, it is aimed to compare the planting area, yield value, and production quantities of legume crops over the years in Türkiye and the world.*

Keywords: *Legumes, Planting Area, Production, Yield.*

1. INTRODUCTION

Legumes (*Leguminosae*) are one of the crowded families of the plant universe. Legumes, a very rich family, vary greatly in terms of ecological, morphological and agricultural characters. Edible legumes have had an important place in human nutrition for many years. Dating back to 8-10 thousand years ago, edible legumes are rich in protein, calcium, phosphorus, iron and other minerals. In countries where access to animal-derived proteins is difficult, edible legumes are an important source of protein. (Kün et al, 2005). For millions of people living in the developing countries of the Asian and African continents, edible legumes are an indispensable part of the daily diet. In recent years, there has been an increase in demand for legumes in the United States and some rich western European countries. The reason for this demand is that the superior properties of legumes, such as containing high amounts of absolutely necessary amino acids, not containing cholesterol, being low in fat, and being rich in microelements and vitamins, are becoming more evident (Geçit and Adak, 1999). 22% of plant proteins and 7% of carbohydrates in human nutrition in the world; 38% of the proteins and 5% of the carbohydrates in animal nutrition are provided by legumes. Thus, edible legumes, which contain 18–31.6% protein in their composition, play an important role in solving the nutritional problem of countries and eliminating the protein deficit in nutrition (Şehirali, 1988). In other words, legumes are the protein source for 2 billion people in the world. Edible legumes have an important place in human nutrition. It is one of the most important herbal products produced in the world and in our country. With its rich protein content, it meets a significant part of the vegetable protein needs. It helps to increase productivity and reduce fallow areas by taking part in crop rotation in arid and semi-arid areas. Turkey is the most important part of the fertile crescent, which is considered the gene center of legumes (Şehirali et al., 2000).

In Türkiye, an average of 3-4 kg of beans, 4-5 kg of lentils and 5-6 kg of chickpeas are consumed per person annually, and this consumption amount is above the world average. It is a source of vegetable protein with high nutritional value. It helps to increase productivity and reduce fallow areas by taking part in crop rotation in arid and semi-arid areas. The consumption amount in our country is above the world average. They fix free nitrogen in the air to the soil with the help of bacteria. In this way, they meet the nitrogen need of the soil and increase the fertility of the soil. They have positive effects on the soil structure and content with their root structure and functioning. They increase the amount of organic matter in the soil, loosen the soil and increase its water retention capacity. They benefit the plants that will be planted after them(Özdemir, 2002).

Since they enrich the soil with nitrogen, they increase the productivity of the plants to be planted after them. They reduce the harmful effects of chemicals used in growing other plants. They reduce the use of chemical fertilizers because they meet the nitrogen need in the soil. Edible legumes are mostly summer plants and are more resistant to cold than other types of lentils and broad beans. Beans, black-eyed peas, chickpeas, peas, broad beans and lentils have the highest temperature requirements, in that order. Beans, cowpeas, broad beans and peas are the species that require the most water during the production phase. Chickpeas and lentils can be produced without irrigation. Grains of edible legumes are used in human nutrition. However, the remaining parts are used as animal feed. This is because the remaining parts of legumes are easily digested and have good nutritional value. Harvest waste of edible legumes contains low amounts of cellulose. However, grain processing waste contains 10-25% protein. This rate is twice as high as the protein content of grain stalks, which are used extensively in animal nutrition in our country.In addition to being rich in nutritional values, edible legumes also have positive effects on the soil in which they are grown (Pekşen and Artık, 2005).

One of these positive effects is that legumes fix free nitrogen in the air into the soil. Legumes live a symbiotic relationship with Rhizobium type bacteria. These bacteria fix nitrogen, which is free in the air, in the nodules on the roots of legumes. In this way, legumes meet their own nitrogen needs while also enriching the soil with nitrogen. Although the amount of nitrogen fixed by edible legumes in the soil varies depending on the plant type and environmental conditions, it is generally around 5-20 kg da-1 per year. (Anlarsal, 2013). This amount meets a significant part of the nitrogen need in the soil. The fact that legumes fix nitrogen in the soil is also important in terms of environmentalism and sustainable

agriculture. In this way, the use of chemical fertilizers is reduced, environmental pollution is prevented and agriculture becomes more sustainable. As a result, edible legumes are important plants for human and animal nutrition, as well as for soil health and sustainable agriculture.

2. STATUS OF EDİBLE LEGUMS IN THE WORLD BY YEARS

According to FAO data for 2021, the total cultivation area of dry legumes in the world was 95.438.847 hectares, the production value was 88.966.861 tons, and the yield was recorded as 93.22 kg per da^{-1}. While the most cultivated legume plant in the world is the bean, with a cultivation area of approximately 36 million hectares, the highest production value was obtained from beans with approximately 28 million tons (2023, FAO).

Beans are one of the most produced legume plants in the world. During the production period covering 2000/2021, increases in the cultivation area were observed over the years. There is an increasing trend in bean production over the years, parallel to the cultivation area. During the period examined, the highest cultivation area was 37 million hectares in 2017, and the highest yield was recorded with 29 million tons in 2017. Today, in 2021, beans were planted on an area of 35,920,593 million hectares in the world, 27.715.023 tons were produced and the yield per decare was recorded as 77.16 kg per decare.

Chickpea is the most grown legume plant in the world after beans, with a cultivation area of 15 million hectares. Although there was a fluctuation in terms of cultivation area between 2000 and 2021, there was an increase in the cultivation area of chickpeas in the world from 2000 to 2021. In parallel with the cultivation area, there is an increasing picture in production and efficiency. According to 2023 FAO data, chickpea cultivation area in the world is approximately 15 million hectares. The production value for 2021 was recorded as 15.871.845,65 tons and the yield value was recorded as 105.78 kg per decare.

Table 1. Bean and Chickpea Production in the World by Years

	BEAN			CHİCKPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	23.866.240	17.635.082,17	73.89	10.164.905	8.036.706,32	79.06
2001	24.006.213	18.273.186,82	76.12	9.509.456	7.030.615,55	73.93
2002	27.691.954	19.923.293,03	71.95	10.384.946	8.287.104,42	79.80
2003	28.544.736	21.169.634,43	74.16	9.633.371	7.108.461,11	73.79
2004	27.334.354	18.454.476,38	67.51	10.442.336	8.394.502,78	80.39
2005	26.829.974	19.067.924,45	71.07	10.196.955	8.455.058,65	82.92
2006	27.928.882	20.973.725,85	75.10	10.540.344	8.508.541,17	80.72
2007	29.521.573	21.646.545,19	73.32	11.266.332	9.746.059,25	86.51
2008	26.977.246	21.889.991,73	81.14	11.069.550	8.621.557,97	77.89
2009	25.774.280	21.962.688,47	85.21	11.552.815	10.416.680,19	90.17
2010	31.087.466	24.780.792,47	79.71	12.011.683	10.836.652,10	90.22
2011	30.761.528	24.155.058,26	78.52	12.809.877	11.721.521,73	91.50
2012	29.464.117	24.622.426,33	83.57	12.369.037	11.630.711,79	94.03
2013	29.731.983	25.106.810,18	84.44	12.434.651	13.038.219,16	104.85
2014	30.998.608	25.409.164,93	81.97	13.736.839	13.303.958,95	96.85
2015	31.604.515	26.291.934,88	83.19	11.819.315	10.940.449,19	92.56
2016	35.422.500	27.108.372,88	76.53	12.915.145	11.623.456,67	90.00

BEAN				CHİCKPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2017	37.163.941	29.170.468,16	78.49	14.567.096	15.152.266,12	104.02
2018	36.303.277	27.487.536,79	75.72	16.189.864	16.940.224,67	104.63
2019	33.086.417	25.553.121,76	77.23	13.840.338	14.219.490,74	102.74
2020	34.466.620	27.412.685,76	79.53	13.561.629	15.065.906,08	111.09
2021	35.920.593	27.715.023,70	77.16	15.004.885	15.871.845,65	105.78

Source: FAO 2023

When we examine the lentil production in the world, there has been an increase in the cultivation areas compared to the starting point in the period from 2000 to 2021. The highest cultivation area was recorded in 2017. In parallel with this situation, the production value reached its highest value in 2017. According to 2021 FAO data, the lentil cultivation area in the world is 5.585.879 hectares, the production value is 5.610.103,65 tons and the yield is recorded as 100.43 kg per decare.

When broad bean production values were examined by year in the examined periods, there was an increase in broad bean production in the world. Broad bean yield has gradually increased in the years examined, and broad bean cultivation areas are in a stable condition. According to FAO values for 2021, the broad bean cultivation area was recorded as 2.722.690 hectares. Broad bean production value was recorded as 5.964.383,66 tons and yield value as 219.06 kg da^{-1}.

When we look at cowpea production in the world, there has been an increase in the cultivation areas compared to the starting point in the period from 2000 to 2021. The highest cultivation area was recorded in 2020. In parallel with this situation, the production value reached its highest value in 2020. According to 2021 FAO data, the cowpea cultivation area in the world is 14.911.307 hectares, the production value is 5.610.103,65 tons and the yield is recorded as 60.26 kg da^{-1}.

Table 2. Lentil and Broad Beans Production in the World by Years

LENTIL				BROAD BEANS		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	3.881.715	3.394.605,79	87.45	2.520.020	3.788.072,69	150.32
2001	4.008.915	3.276.527,73	81.73	2.769.680	4.161.299,28	150.24
2002	3.669.999	2.909.283,91	79.27	2.697.540	4.340.570,39	160.91
2003	3.574.158	3.005.654,93	84.09	2.694.364	4.554.594,65	169.04
2004	3.873.878	3.615.205,11	93.32	2.632.127	4.329.616,51	164.49
2005	4.151.018	4.164.721,66	100.33	2.615.903	4.464.026,35	170.65
2006	3.908.840	3.360.932,61	85.98	2.398.763	4.108.025,44	171.26
2007	3.725.201	3.323.138,82	89.21	2.507.562	4.017.056,16	160.20
2008	3.337.466	2.835.379,78	84.96	2.495.562	4.223.082,53	169.22
2009	3.681.234	3.937.490,80	106.96	2.436.137	4.358.865,43	178.93
2010	4.375.018	4.980.910,64	113.85	2.556.437	4.485.400,73	175.46
2011	4.118.896	4.382.444,88	106.40	2.456.783	4.597.636,52	187.14

LENTIL				BROAD BEANS		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2012	4.162.332	4.431.590,30	106.47	2.501.879	4.651.995,83	185.94
2013	4.084.325	5.298.705,85	129.73	2.337.027	4.496.251,63	192.39
2014	4.079.508	4.781.394,99	117.21	2.246.593	4.460.898,53	198.56
2015	4.709.640	5.547.489,99	117.79	2.400.901	4.651.045,95	193.72
2016	5.463.000	6.693.339,26	122.52	2.579.742	5.068.899,37	196.49
2017	6.156.884	7.130.547,84	115.81	2.550.646	5.677.359,21	222.59
2018	5.512.261	6.580.218,62	119.37	2.847.938	5.551.623,25	194.93
2019	4.863.292	5.787.579,49	119.01	2.610.543	5.364.568,03	205.50
2020	4.958.876	6.471.039,20	130.49	2.659.233	5.675.212,01	213.42
2021	5.585.879	5.610.103,65	100.43	2.722.690	5.964.383,66	219.06

Source: FAO 2023

According to pea production data in the world, there has been an increase in the field of pea cultivation over the years. In parallel with the increase in cultivation areas, production also increases. According to 2021 FAO data, peas were planted in 7,043,605 hectares of land in the world. While the pea production value was 12,403,521.85 tons, the yield was recorded as 176.10 kg da^{-1}.

Table 3. Pea and Cowpea Production in the World by Years

PEA				COWPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	6.006.061	10.712.850,69	178.37	8.930.208	3.298.760,27	36.94
2001	6.891.899	10.352.985,63	150.22	9.202.707	3.847.613,07	41.81
2002	6.001.180	9.616.650,67	160.25	9.915.354	4.257.031,83	42.93
2003	6.128.492	9.887.112,81	161.33	10.439.455	4.384.207,63	42.00
2004	6.327.160	11.744.206,13	185.62	9.164.479	4.153.684,82	45.32
2005	6.531.076	11.279.450,22	172.70	10.380.313	4.767.707,18	45.93
2006	6.342.957	9.775.465,98	154.12	11.299.324	5.202.149,79	46.04
2007	6.236.814	9.134.982,99	146.47	11.713.816	5.333.415,19	45.53
2008	6.059.314	9.768.669,33	161.22	12.626.331	6.162.899,18	48.81
2009	6.402.256	10.395.952,59	162.38	9.491.176	4.833.794,15	50.93
2010	6.603.134	10.502.924,08	159.06	11.608.895	6.837.587,87	58.90
2011	6.178.118	10.278.737,75	166.37	10.706.537	4.983.975,48	46.55
2012	6.712.406	10.638.145,19	158.48	11.550.906	8.582.520,06	74.30
2013	6.413.637	11.276.816,88	175.83	12.427.741	8.486.145,84	68.28
2014	6.807.590	11.709.552,01	172.01	12.779.426	5.872.465,24	45.95
2015	6.900.983	11.930.104,34	172.88	12.136.213	6.088.930,67	50.17

PEA				COWPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2016	7.450.581	14.916.778,28	200.21	13.755.662	7.967.435,84	57.92
2017	8.053.776	16.310.356,10	202.52	14.504.625	8.068.324,54	55.63
2018	7.511.375	13.436.002,15	178.88	14.272.402	8.387.065,42	58.76
2019	7.174.402	14.034.340,63	195.62	14.392.658	8.530.931,78	59.27
2020	7.219.781	14.742.987,25	204.20	15.311.192	9.044.302,20	59.07
2021	7.043.605	12.403.521,85	176.10	14.911.307	8.986.191,25	60.26

Source: FAO 2023

3. STATUS OF EDİBLE LEGUMS IN TURKEY BY YEARS

According to 2022 TUIK data in Türkiye, the total agricultural area is recorded as 38.482 hectares, cultivated agricultural areas are 16.510 hectares and fallow areas are 2.960 hectares. Approximately 74% of the total cultivated area is covered by grains and approximately 8% by edible legumes. In 2022, Türkiye's edible legume cultivation area was recorded as 9.050.952 decares and production as 1.310.646 tons.

Table 4. Bean and Chickpea Production in the Türkiye by Years

BEAN				CHİCKPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	1 760 000	230 000	131	6 360 000	548 000	86
2001	1 750 000	225 000	129	6 450 000	535 000	83
2002	1 800 000	250 000	139	6 600 000	650 000	98
2003	1 620 000	250 000	154	6 300 000	600 000	95
2004	1 550 000	250 000	161	6 060 000	620 000	102
2005	1 412 000	210 000	149	5 578 000	600 000	108
2006	1 290 515	195 970	152	5 243 672	551 746	105
2007	1 092 497	154 243	141	5 036 745	505 366	100
2008	982 326	154 630	157	5 051 654	518 026	103
2009	949 280	181 205	191	4 559 344	562 564	123
2010	1 033 811	212 758	206	4 556 900	530 634	116
2011	946 254	200 673	212	4 464 129	487 477	109
2012	931 740	200 000	215	4 162 416	518 000	124
2013	847 630	195 000	230	4 235 570	506 000	119
2014	911 103	215 000	236	3 885 175	450 000	116
2015	935 840	235 000	251	3 593 042	460 000	128
2016	898 197	235 000	262	3 595 289	455 000	127
2017	897 221	239 000	266	3 953 099	470 000	119

BEAN				CHİCKPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2018	848 045	220 000	259	5 144 159	630 000	122
2019	889 385	225 000	253	5 205 951	630 000	121
2020	1 029 857	279 518	271	5 115 607	630 000	123
2021	1 077 964	305 000	283	4 878 857	475 000	97
2022	970 520	270 000	278	4 568 339	580 000	127

Source: TÜİK 2023

When we examine the total bean production in Turkey between 2000 and 2022, a wavy graph in the cultivation areas stands out. Beans were cultivated in an area of 1.760.000 decares in 2000, and by 2022, the cultivation area decreased to 970.520 decares. Chickpea production in 2022 was recorded as 270.000 thousand tons and its yield was recorded as 278 kg per decare. Dried beans constitute 10.5% of our country's total legume cultivation area. Beans are among the warm climate legumes. It requires cool weather and low humidity during the flowering period. In bean cultivation, temperatures above 30ºC, excessive rainfall and humidity during the flowering period cause flower drop, increase the spread of diseases, and thus reduce yield. For this reason, the coastal areas of Mediterranean region are not suitable for dry bean farming. Dried bean farming is mostly done in the Black Sea and the Central Southern and Central Northern regions.

The most cultivated legume plant in Türkiye has been recorded as chickpea. According to 2022 TÜİK data, chickpeas were planted in an area of 4.568.339 decares in Turkey, 580.000 tons were produced, and its yield was reported as 127 kg per decare. According to latest year statistics, chickpea is the plant with the highest cultivation area among edible legumes in our country, with a share of 55%. Chickpea is the plant most resistant to low temperatures and drought after lentils. Constant rainfall, high humidity and temperature, especially during the flowering period, cause diseases to increase and yield to be low. Although chickpea cultivation is done in all our regions, it is widely done in the Mediterranean and Central Anatolia regions. In terms of production, the provinces of Konya, Yozgat, Diyarbakır, Uşak, Isparta and Kahramanmaraş are at the top. Chickpeas are grown without irrigation in different soil types with sufficient moisture. It can also be cultivated in barren lands and arid climates.

Table 5. Pea and Cowpea Production in the Türkiye by Years

PEA				COWPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	13 300	3 100	233	30 000	2 600	87
2001	12 500	2 700	216	29 000	2 000	69
2002	14 500	4 000	276	29 500	2 200	75
2003	11 500	3 500	304	30 000	2 400	80
2004	13 500	3 500	259	29 000	2 300	79
2005	14 000	3 600	257	30 000	2 500	83
2006	15 658	4 373	279	29 254	2 937	100
2007	12 967	3 503	270	29 405	1 845	63
2008	13 647	3 920	287	30 405	3 072	101

PEA				COWPEA		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2009	12 282	3 604	293	29 349	3 017	103
2010	11 815	3 200	271	22 020	2 290	104
2011	13 048	3 628	278	20 323	2 149	106
2012	12 193	2 686	220	24 221	2 111	87
2013	12 618	3 235	256	20 624	2 112	102
2014	11 490	2 987	260	19 408	2 006	103
2015	11 118	3 125	281	16 000	1 609	101
2016	10 882	2 919	268	18 079	1 860	103
2017	9 415	2 673	284	14 129	1 511	107
2018	9 065	2 603	287	13 553	1 443	106
2019	7 813	2 193	281	13 084	1 392	106
2020	5 517	1 538	279	13 227	1 324	100
2021	6 786	1 805	266	12 445	1 281	103
2022	8 873	2 392	270	11 521	1 161	101

Source: TÜİK 2023

While developments in the canned and frozen food industry in Türkiye, especially in recent years, have increased the importance of peas, the cultivation areas of broad beans and black-eyed peas have gradually decreased. Broad beans and peas are mostly produced in the provinces of Balıkesir, Çanakkale and Yalova in the Aegean and Marmara regions. In our country, pea and cowpea cultivation for dry grain production is not very common and its export is almost non-existent. According to 2022 TÜİK data, the cultivation area of peas is 8.873 decares, the production is 2.392 tons and the yield is 270 kg per decare.

Fresh cowpea contains 24.8 % protein. Additionally, in the composition of cowpea grains; It contains 1.9 % fat, 6.3% fiber, 63.6% carbohydrates, 0.00074% Thiamin, 0.00042% Riboflavin, 0.00281% Niacin. Although the protein in cowpea seeds are insufficient in Methionine and Cystine compared to animal proteins, it is rich in amino acids, Lysine and Tryptophan compared to cereal seeds. Additionally, cowpeas are rich in Carotene and Vitamin B1. As a result of the low cowpea cultivation area in Türkiye; This plant is not well known in Türkiye as human food, the product removed from the unit area is low, the unit price drops due to the low domestic demand for cowpeas, the villagers give up the culture of this plant and turn to more profitable plants, and the lack of export opportunities. According to 2022 TÜİK data, the cultivation area of cowpea is 11.521 decares, its production is 1.161 tons and the yield is 101 kg per decare.

Table 6. Lentil and Broad Bean Production in the Türkiye by Years

LENTIL				BROAD BEANS		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2000	3 900 000	280 000	72	200 000	37 000	185
2001	4 000 000	460 000	115	190 000	35 000	184

LENTIL				BROAD BEANS		
Years	Cultivation Area	Production	Yield	Cultivation Area	Production	Yield
2002	4 200 000	500 000	119	180 000	32 000	178
2003	3 800 000	485 000	128	170 000	33 000	194
2004	3 790 000	480 000	127	151 000	30 000	199
2005	3 867 000	520 000	134	124 000	28 000	226
2006	3 787 075	580 298	153	105 389	21 316	202
2007	3 572 328	508 378	142	108 461	21 043	194
2008	2 909 766	106 361	37	102 634	20 668	201
2009	1 893 780	275 050	145	93 870	21 150	225
2010	2 116 000	422 000	199	82 970	19 898	240
2011	1 923 225	380 000	198	74 417	19 678	264
2012	2 147 875	410 000	191	85 334	18 406	216
2013	2 605 000	395 000	152	70 751	17 826	252
2014	2 324 461	325 000	140	59 114	14 927	253
2015	2 074 690	340 000	164	54 140	13 856	256
2016	2 354 743	345 000	147	52 922	14 489	274
2017	2 693 181	400 000	149	53 123	14 746	278
2018	2 430 652	310 000	128	47 722	13 198	277
2019	2 427 761	310 000	128	43 316	12 346	285
2020	2 098 215	328 418	157	34 884	9 135	262
2021	2 601 995	228 000	88	27 955	7 049	252
2022	2 998 118	400 000	133	25 805	6 686	259

Source: TÜİK 2023

Among the edible legumes inTürkiye, chickpeas are followed by lentils with a rate of 31.4% in terms of cultivation area. 90% of Türkiye's lentil cultivation areas consist of red lentils. Among the edible legumes, lentils are the plant most resistant to low temperatures and drought. Türkiye's coastal regions, where March and April are rainy, are not suitable for lentil farming. Lentils are grown mostly in the Southeastern Anatolia and Central Anatolia regions of our country. Red lentils are widely cultivated in Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin and Gaziantep provinces, and green lentils are widely cultivated in Yozgat, Çorum and Konya provinces. It is not selective in terms of soil requirements. Although it can grow in many different soil types, from sandy soil to clay soil, heavy and water-retaining soils are not suitable for lentil cultivation. According to 2022 TÜİK data, the cultivation area of red lentils is 2.998.118 decares, its production is 400.000 tons per decare, and the yield is recorded as 133 kg. The cultivation area of green lentils is recorded as 428.249 decares, the production is 45.000 tons and the yield is 105 kg per decare.

CONCLUSION

The main edible legumes produced commercially in our country are chickpeas, lentils, beans and broad beans, followed by peas and black-eyed peas. Chickpea ranks first among edible legumes in terms of cultivation area in our country, followed by lentils, beans and broad beans, respectively. Green lentil cultivation areas have a very small share among lentil cultivation areas. According to 2023 statistics,

chickpeas take the first place in terms of production, as in cultivation area, followed by lentils. 80% of our edible legume production consists of chickpeas and lentils. These products are followed by beans and broad beans. This order is the same in all years, but in some years chickpeas and lentils may change places. Decreases in edible legumes production generally occurred due to decreases in cultivation areas. The decreases in the cultivation areas are due to high production inputs, the producer's inability to find a satisfactory income for his product, not growing products of standard size in accordance with the quality requirements of the importing countries, the lack of widespread use of mechanized agriculture, the insufficient use of certified seeds, not fully applying the cultivation technique, and adequate protection against diseases and pests. It is due to reasons such as lack of struggle. Although the yield of edible legumes fluctuates over the years, there is no significant increase. Yield has fallen behind countries where edible legume agriculture is developed. Since chickpea and lentil cultivation is based on rainfall in our country, the yield decreases significantly in dry years. In addition, the inadequacy in the production and distribution of certified seeds of newly developed legume varieties is one of the other reasons for the low yield. As mentioned before, it seems possible to grow edible legumes in crop rotation systems because they contribute to nitrogen fixation and maintenance of soil fertility and increase the productivity of the next plant. In order to utilize this production potential, importance should be given to exports. For this purpose, standard size, high quality and high yield varieties should be produced in line with the demands of foreign markets. In addition, production should be carried out using appropriate cultivation techniques, importance should be given to mechanized harvesting, and our productivity level should be increased by fighting against diseases and pests very well.

REFERENCE

Anlarsal, A. E. 2013. Yemeklik Tane Baklagiller. www. musiad. org. tr.araştırmalaryayın/pdf. Türkiye'nin Tarımsal Gücü ve Geleceği. MUSİAD.139-144.

The Food and Agriculture Organization (FAO). Data. 16.11.2023. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV

Geçit, H. H., ve Adak, M. S. (1999). Yemeklik Dane Baklagiller Ders Notları.

Kün E, Çiftçi GY, Birsin M, Ülger AC, Karahan S, Zencici N, Öktem A, Güler M, Yılmaz N, Atak M. 2005. Tahıl Ve Yemeklik Dane Baklagil Üretimi: Yemeklik Dane Baklagiller. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005. Ankara, S: 396-407.

Özdemir S. 2002. Yemeklik Baklagiller, 142, Hasad Yayıncılık, İstanbul.

Pekşen, E. ve Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2), 110-120.

Şehirali S. 1988.Yemeklik Dane Baklagiller A.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları: 1089, Derskitabı: 314. 435s

Şehirali, S., Gençtan, T., Birsin, M. A., Zencirci, N., ve Uçkesen, B. (2000). Türkiye tahıl ve yemeklik tane baklagil üretiminin bugünkü ve gelecekteki boyutları. Erişim adresi:(https://www. Researchgate.

TÜİK. 2013. Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. Kuru Baklagiller. www.tüik.gov.tr.

Makale id= 66

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-0763-3487

Türkiye'de ve Dünyada Yıllara Göre Mısır Üretimi

Arş.Gör. Duygu Uskutoğlu[1] , Prof.Dr. Leyla İdikut[1]
[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi

*Corresponding author: Duygu Uskutoğlu

Özet: *Buğdaygiller (Gramineae) familyasının Maydea oymağına giren mısır, Türiye'de ve dünyada tarımı yapılan önemli bir tahıl bitkisidir. Gerek insan beslenmesinde, gerek hayvan yemi olarak ve gerekse sanayinin değişik kollarında hammadde olarak kullanılabilmesinden dolayı, pek çok ülkenin tarımsal ürün deseninde kolayca yerini bulabilmiştir. Dünyada üretilen mısırların yaklaşık % 90' ı insan beslenmesinde ve hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Bunun % 65-70'i hayvan yemi olarak, % 20'si ise direkt olarak insanlar tarafından tüketilmektedir. Geri kalan % 8-10' luk kısım ise, sanayide değerlendirilmektedir. Mısır, dünyada buğday ve çeltikten sonra en fazla tarımı yapılan bir tahıl bitkisidir. FAO'nun 2021 yılı verilerine göre, 205.870.016 hektarlık ekim alanı ile dünyada buğdaydan sonra en fazla ekilen tahıldır. Toplam üretim dikkate alındığında ise, yine aynı verilere göre, 1.210.235.135 tonluk üretimi ile, buğday ve çeltiğin önünde birinci sırada yer almaktadır. Ayrıca, dekara 587,8 kg ile, tahıllar içerisinde en fazla verim sağlayan bitki durumundadır. Tüik'in 2022 yılı verilerine göre mısır Türkiye'de 9.118.849 dekar alanda ekilmiştir. Ülkemizde tahıllar içerisinde buğday ve arpadan sonra en geniş ekim alanına sahip olan mısır, ana ürün ve ikinci ürün olarak üretilmektedir. Mısır ülkemizde 2022 yılında 8.500.000 ton üretimi ile buğdaydan sonra en yüksek üretim miktarına sahip tahıl bitkisi durumundadır. Bu çalışmada, beslenme ve sanayide kullanılma olanakları bakımından geniş bir alanda değerlendirilebilen ve önemli bir tahıl bitkisi olan mısırın Türkiye'de ve dünyada üretiminin yıllar içindeki gelişimini incelemek amaçlanmıştır.*

Anahtar Kelimeler: *Mısır, Verim, Üretim, Ekim Alanı.*

Corn Productıon in Türkiye and in the World by Years

Abstract: *Corn, which belongs to the Maydea tribe of the Gramineae family, is an important grain plant cultivated in Türkiye and the world. Since it can be used both in human nutrition, as animal feed and as raw material in various branches of industry, it has easily found its place in the agricultural product patterns of many countries. Approximately 90% of the corn produced in the world is used in human nutrition and animal feed. 65-70% of this is consumed as animal feed and 20% is consumed directly by humans. The remaining 8-10% is used in industry. Corn is the most cultivated cereal plant in the world after wheat and rice. According to FAO's 2021 data, it is the most planted grain in the world after wheat, with a cultivation area of 205.870.016 hectares. Considering the total production, according to the same data, it ranks first, ahead of wheat and rice, with its production of 1.210.235.135 tons. In addition, it is the plant that provides the highest yield among grains, with 587.8 kg per decare. According to TUIK's 2022 data, corn was planted in an area of 9.118.849 decares in Türkiye. Corn, which has the largest cultivation area among grains in Türkiye after wheat and barley, is produced as the main product and secondary product. Corn is the cereal plant with the highest production amount after wheat in Türkiye, with a production of 8.500.000 tons in 2022. In this study, it was aimed to examine the development of corn production in Türkiye and the world over the years, which is an important cereal plant that can be evaluated in a wide range of areas in terms of its nutritional and industrial use opportunities.*

Keywords: *Corn, Yield, Production, Cultivation Area.*

1. INTRODUCTION

Corn is the plant with the largest cultivation area among grains in Türkiye, after wheat and barley. Corn is an important plant used both in human nutrition and as animal feed. Corn plant is used in two ways. These are its grain and herbaceous stem. Corn grains are used directly in human nutrition (as bread making and snack foods) It is also used in edible oil, starch, glucose and feed industries. Its herbaceous stem is used as animal feed. When corn cultivation area is mentioned, it is understood that the area where both grain is obtained and the stem part is grown. In other words, corn is obtained from the same area as both grain and forage crops.

Various opinions are put forward about the homeland of the corn plant. However, many sources state that the homeland of this plant is the American continent (Kün, 1997:147-149). The spread of corn to the world happened after the discovery of this continent. It is stated that it was first brought to our country in 1600 (ElçiKolsarıcı-Geçit, 1987: 53). Among the countries that grow corn in the world, the USA is takes first place. Moreover; China, Brazil, Argentina, Mexico and France are also the leading countries in corn production. So much so that, although it varies from year to year, half of the world's corn production comes from the American continent.

Corn varieties grown in the world are examined in seven main groups. These; horse tooth corn, hard corn, popcorn, sweet corn, spelled corn, floury corn, and waxy corn. The most commonly grown of these are horse tooth corn and hard corn. Popcorn and sweet corn varieties are generally considered as snacks. Others do not have much economic value (Elçi-Kolsarıcı-Geçit, 1987: 55). Almost 80% of the corn produced in Türkiye consists of hard corn varieties. In addition, horse tooth corn is grown especially in Samsun, Sakarya and a small amount in Antalya and Kocaeli provinces. The productivity of this species is higher in good soil conditions.

Corn is generally grown in hot and humid regions. Since there are many different species, its growing area is wide. Being an annual plant, the growing period of the corn plant varies between 70-150 days. Although it varies depending on the type and the area grown, it requires a temperature of 10-13 °C during the germination period and 10-20 °C during the growing period. Temperatures outside these values negatively affect the development of plants and cause low productivity (Türkoğlu, 1971: 55-56). In order for corn cultivation to be carried out without irrigation, annual rainfall must be approximately 600-1200 mm. In our country, corn is sometimes grown even in places where the annual rainfall is 500-600 mm. However, in such areas, attempts are made to compensate for the rainfall deficit through irrigation. In addition, the amount of moisture required by the corn plant during its growing period is different from other grains. For this reason, unlike other grains, rainfall must be intermittent and a significant part of it must be in the ripening period. Therefore, summer rainfalls are of great importance. Corn generally grows in all types of soil. However, it likes soils with high water retention capacity, deep, humus, well-ventilated and rich in nutrients. In addition, the soil where corn will be grown is expected to be rich in nitrogen and phosphorus. In order to achieve the desired yield from the corn plant, it should not be planted consecutively in the same field and especially nitrogen fertilizer should be applied. Various crop rotations are applied according to different regions of the country. Agricultural activities are still not carried out with modern methods in our country. On the other hand, agricultural activities are heavily influenced by climatic conditions in Türkiye. For these reasons, the productivity of agricultural plants decreases or varies greatly from year to year. The same applies to the corn plant.

1.1. Uses of Corn Plant

Corn is an important agricultural product in the world and in Turkey due to its consumption both as a food product and its demand in industrial production, and it is widely produced. The corn plant has around 4,000 different products that are directly or indirectly involved in production. The main usage areas of corn are; fresh consumption (boiling and roasting), canned food, corn flour, starch, chips, snacks, grains and animal feed produced from green plants, oil, sweetener, confectionery, chewing gum, chocolate products, baby foods, salad dressings, high fructose corn syrup, toothpaste, alcohol, ethanol (gasoline additive), cleaning materials, textile and cosmetics industry (Özcan, 2009). There is an increase in demand in the feed sector due to the increasing modern livestock facilities despite the limited pasture areas in Turkey. Therefore, the demand for corn is increasing day by day. Following the feed industry, the food industry is one of the areas where corn demand is high. Use of corn for food purposes;

NBS (starch-based sugar) production, corn oil and direct consumption (Taşdan, 2016). Another area of use of corn is industrial use for bioethanol production. According to the regulation issued by the Energy Market Regulatory Authority on September 27, 2011, the inclusion of a bioethanol blend in gasoline, starting from 2% in 2013 and increasing by 1% every year, including 2015, and the obligation that this must be domestically sourced, directly hinders the industrial use of corn. and created a new market area for corn (Taşdan, 2016). The unit area yield of corn, the most produced grain in the world (785 million tons), is twice that of wheat and barley. In Turkey, 3.5 million tons of corn are produced annually on an average area of 550 thousand hectares, and approximately half of this production is made in the Mediterranean Region. The share of second product corn in production in the Mediterranean Region is quite high. In recent years, corn has become the modern world's food plant and the most versatile grain product. It is one of the most used plants in human nutrition after wheat and rice. There have been significant increases in the unit area yield of corn, which has the highest energy stock, with the use of hybrid varieties and modern agricultural technologies. Its development rate and productivity are much higher than wheat.

Corn is a versatile plant that has a wide range of uses. It is the third most important cereal crop in the world, after wheat and rice. Corn is grown for human food, animal feed, and industrial purposes. Corn is a major source of calories and nutrients for humans. It is a good source of carbohydrates, fiber, vitamins, and minerals. Corn is a major source of feed for livestock, poultry, and other animals. It is a good source of energy and protein for animals. Corn is used to make a variety of animal feed products, such as corn meal, corn gluten meal, and corn distillers' dried grains with solubles.

Corn has an important economic value as it ranks third among the most produced cereal products. The production areas, production amounts and productivity of agricultural products have generally increased over the years in the world and in Turkey, depending on some basic developments and the economic policies of the countries. After the 1960s, with the influence of industrialization; As a result of the increase in the demand for agricultural raw materials and food products due to population growth, there was a need to develop agricultural policies. In this context, in the agricultural sector; Qualified workforce, use of chemical inputs and mechanization have begun to become widespread in agricultural areas, and as a result of the improvement of production materials, increases in the efficiency of production have been achieved. Although these developments in the agricultural sector affect all agricultural products, they have been more effective on products with industrial use such as corn, sugar beet, soybean and sunflower.

Although the origin of corn (Zea mays L.), a member of the Poaceae = Gramineae family, has been a matter of debate for years, it is widely accepted that it originates from wild teosinte (Zea mays ssp. parviglumis). Today, cultivated corn varieties are classified under the same species name as annual teosinte types that grow naturally in Mexico and Central America. Native American peoples have made selection on corn for more than 7000 years, turning a wild plant into a cultivated plant that is vital for them. After the discovery of the American continent (1493), corn was first brought to Spain and then spread to Africa and Asia. The prevailing opinion is that corn entered our country through Egypt and Syria.

1.2. Nutritional Importance of Corn Plant

Corn is an important grain type, ranking third among grains in the world in terms of cultivated area and first in terms of production. The unit area yield is approximately twice that of wheat and barley. While it ranks after wheat and paddy in developing Asian countries, it ranks first especially in Latin America and Africa. Corn, which is used in many different areas as animal feed and human food in Türkiye, is an important plant that is the most produced after wheat and barley in terms of cultivation area and production amount. Today, corn, which has great economic importance and high energy value, has an important place in human nutrition in the world. Corn grain contains high amounts of carbohydrates (starch), protein, different sugar derivatives, fiber and fat as well as significant amounts of iron, magnesium, potassium, vitamins A, B1, B3, B9 and C. In terms of nutritional value, there is some deficiency in its protein in terms of the amino acids lysine and tryptophan. With the breeding studies carried out to eliminate the deficiency of these amino acids, the proportions of both amino acids in the seed have been approximately doubled.

Corn is a hot climate plant with high economic value that is cultivated all over the world due to its high variety and high adaptability (Sezer and Yanbeyi 1997). In addition to its extensive use in human and animal nutrition, as an industrial raw material, the corn plant's use in biofuel-bioethanol production has also been increasing in recent years. According to 2019 data, 1.109 million tons of corn were produced in the world, and the USA ranks first as the exporting country, with a share of 27% in corn consumption (FAO, 2020). In our country, corn comes after wheat and barley among grains in terms of cultivation area as the main product and second product. Corn grain is very important in terms of its nutritional elements and is used extensively in nutrition. In terms of corn cultivation, it is widely grown as the main crop or second crop in the Aegean, Mediterranean and Southeastern Anatolia regions. Significant increases in corn production have been achieved in recent years with the start of growing hybrid corn varieties suitable for the regions.

2.CORN PRODUCTION IN THE WORLD

It seems that there has been stagnation in corn production, in which the northern hemisphere countries, especially the USA, have a large share, as of the last few marketing years. On the demand side, it is seen that the increase in feed use, which has the largest share, continues, although not at a high rate. Although biofuel production, which is another important area of use, has reached high volumes in some countries, it is thought that the automotive industry's tendency towards hybrid and electric engines may affect the use of agricultural products for fuel purposes, including corn. China is the country with the largest share in the world corn cultivation area, reaching 198 million hectares, with a cultivation area exceeding 41 million hectares. While the USA has 20% less cultivation area than China with 33 million hectares, it becomes the world's largest corn producer with its high productivity. While the world average corn yield is in the range of 5.6-6.0 tons/ha in the last 5 marketing years, this amount can reach up to 11 tons/ha in a few countries, including the USA and Turkey. The USA maintains its position as the largest producer by producing approximately 100 million tons more corn than its closest rival, China, and it does not seem possible to lose this position in the near future.

Table 1. Corn cultivation area, production and yield values in the world.

Years	Cultivation area (ha)	Production (ton)	Yield (kg da^{-1})
2000	136.926.264	592.019.783,27	432.36
2001	137.382.774	615.141.882,45	447.76
2002	137.461.737	603.538.096,67	439.06
2003	144.596.727	645.044.432,38	446.10
2004	147.530.593	729.503.048,63	494.48
2005	148.203.332	714.160.291,01	481.88
2006	148.246.783	707.922.647,68	477.53
2007	159.254.575	793.514.523,75	498.27
2008	163.678.393	829.772.911,33	506.95
2009	159.390.660	820.799.960,40	514.96
2010	165.329.613	852.757.847,23	515.79
2011	172.741.712	887.754.711,16	513.92
2012	180.367.174	875.548.703,39	485.43
2013	187.557.426	1.016.799.083,71	542.13
2014	186.492.181	1.040.718.155,97	558.05
2015	191.056.099	1.053.891.010,12	551.61

Years	Cultivation area (ha)	Production (ton)	Yield (kg da^{-1})
2016	194.262.790	1.123.728.793,33	578.46
2017	198.506.330	1.139.704.589,93	574.14
2018	195.423.561	1.124.172.165,21	575.25
2019	194.555.227	1.137.617.353,20	584.73
2020	199.994.407	1.162.997.554,78	581.52
2021	205.870.016	1.210.235.135,14	587.86

Source: FAO 2023

In the period from 2000 to 2021, there has been a continuous increase in the planted area of corn in the world. In parallel with this increase in the cultivation area, an increase is observed in the production and yield values of corn in the world. According to 2021 statistics, the total cultivation area of corn in the world was recorded as 205.870.016 hectares. The world corn production amount in 2021 was reported as 1.210.235.135,14 tons, and the yield per decare was recorded as 587.86 kilograms (Table 1.).

3. CORN PRODUCTION IN TÜRKİYE

Corn, which has the largest cultivation area among grains in Türkiye after wheat and barley, is produced as the main product and secondary product. Sweetcorn; mainly as the first product in Adana, Konya, Karaman, Sakarya, Osmaniye, Manisa, Diyarbakır,

Kahramanmaraş, Eskişehir, Denizli, Bursa, Mersin, İzmir, Hatay, Aydın, Samsun and Balıkesir; It is produced mostly as a second product in Şanlıurfa and Mardin provinces.

First crop corn planting starts in mid-February in Çukurova and is completed at the end of March, and in other provinces it starts at the beginning of April. The second crop, corn, is planted in June-July after the grain harvest. The first crop is harvested in August, in parallel with the harvest; The second product is released to the market in October-November.

In recent years, second crop corn planting has decreased significantly, especially in Adana in the Mediterranean Region and in other provinces in the Aegean Region except Denizli. The main reasons for the decrease are; These are the increase in cob and stem borer pests, the moisture in the grains not falling as a result of the harvest being postponed to rainy periods, the harvest being extended into the winter months, and the excessive use of water resources.

Table 2. Corn cultivation area, production and yield values in the Türkiye.

Years	Cultivation area (ha)	Production (ton)	Yield (kg da^{-1})
2000	5.550.000	2.300.000	414
2001	5.500.000	2.200.000	400
2002	5.000.000	2.100.000	420
2003	5.600.000	2.800.000	500
2004	5.450.000	3.000.000	550
2005	6.000.000	4.200.000	700
2006	5.360.000	3.811.000	711
2007	5.175.000	3.535.000	683
2008	5.950.000	4.274.000	718

Years	Cultivation area (ha)	Production (ton)	Yield (kg da^{-1})
2009	5.920.000	4.250.000	718
2010	5.940.000	4.310.000	726
2011	5.890.000	4.200.000	713
2012	6.226.094	4.600.000	739
2013	6.599.980	5.900.000	894
2014	6.586.450	5.950.000	903
2015	6.881.699	6.400.000	930
2016	6.800.192	6.400.000	941
2017	6.390.844	5.900.000	923
2018	5.919.003	5.700.000	963
2019	6.388.287	6.000.000	939
2020	6.916.324	6.500.000	940
2021	7.582.370	6.750.000	890
2022	9.118.849	8.500.000	932

Source: TÜİK 2023

In the period from 2000 to 2021, there has been a continuous increase in the planted area of corn in the Türkiye. In parallel with this increase in the cultivation area, an increase is observed in the production and yield values of corn in the world. According to 2021 statistics, the total cultivation area of corn in the Türkiye was recorded as 205.870.016 hectares. The Türkiye corn production amount in 2021 was reported as 1.210.235.135,14 tons, and the yield per decare was recorded as 587.86 kilograms (Table 2.).

Despite the population growth rate in our country, the increase in the number of animals and increasing needs, the fact that corn production has remained constant at 6.000.000 tons in recent years is a problem area. Accelerating irrigation investments in areas with large lands suitable for corn will increase corn planting, as well as the planting and production of oil crops will increase as a result of crop rotation practices.

Due to the support given to cotton, wheat and oil crops that are in crop rotation with corn and changes in prices, fluctuations are observed in the corn cultivation areas of the production provinces from year to year. In the significant increase in the production, which was 2.300.000 tons in the early 2000s, in recent years; The introduction of high-yielding hybrid varieties into production, positive developments in cultivation technique applications, the inclusion of grain and silage corn in the scope of support, and the spread of corn plantings in the Mediterranean, Aegean, Southeastern Anatolia and Central Anatolia Regions have an important role.

CONCLUSION

Corn is a very important agricultural product in terms of its use in both the food and industrial sectors in the world and in Turkey. The increases in the production areas, production amount and productivity of corn since the 1950s have both created an alternative for the food and industrial sectors in domestic consumption and have led to a decrease in the proportion of corn imported from other countries, despite the expanding usage areas of corn. Corn is one of the important food products to meet the food needs of the increasing world population. The rapid increase in population in the world and in Turkey and the high amount of grain consumption per capita necessitates continuity and efficiency in agricultural products. For this reason, ensuring the effectiveness of the inputs used and determining market

conditions according to the quality of the product grown is economically inevitable. Corn, which is a very diverse agricultural product whose cultivation principles change according to climatic conditions, is also important in terms of being a subject to foreign trade. Corn, one of the grain types with the highest import and export value, contributes to national income and contributes to determining the production level and income of producers through prices. Corn is of great importance in terms of direct consumption and creating raw materials for the industrial sector, and its usage area will expand over time and its importance will increase even more. Population growth in the world, the development of industrialization, the search for alternative energy sources, and the increase in demand for processed food products will all increase the demand for corn. Corn, which is among the most produced grains in the world and used in a wide range of areas, especially feed and biofuel, can be affected by market factors and events at global and national levels. These days it is time to plant corn in our country, especially in the Çukurova region. The production conditions of our farmers, who are already trying to produce under difficult conditions with high input costs and insufficient support, have become even more difficult due to the impact of the Covid-19 epidemic. Although we have achieved yields in corn far above the world's yields, our production cannot meet our consumption. In Egypt, we are not a self-sufficient country, but an "importer country". Our corn stocks are not sufficient for 2020 and beyond. It is very important for our producers to take the necessary health precautions and foresee the future during planting and harvesting in order to continue corn production. This is possible with realistic public agricultural policies and concrete supports that will be paid on time.

REFFERENCES

Kanburoğlu, S. ve Öğretir, K. (1980). Mısır, Toprak Su Genel Müdürlüğü, Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müd. Yay. Genel Yay. No: 146, Çiftçi Bülteni seri no: 26, Eskişehir.

Kün, E. ve Emekliler, Y. (1987). İklim Faktörleri Bakımından Türkiye'de Mısır Üretim Olanakları, Türkiye'de Mısır Üretiminin Geliştirilmesi, Problemler ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 23-26 Mart 1987, Ankara.

Kün, E. (1997) Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları), Ank. Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1452, Ders Kitabı No: 432, Ankara.

Özcan, S. (2009). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (2), 1-34.

Şahin, S. (2001). Türkiyede Mısır Ekim Alanlarının Dağılışı Ve Mısır Üretimi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21(1).

Taşdan, K. (2016). TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Mısır Durum/Tahmin (2016/2017) Yayın, (280).

The Food and Agriculture Organization (FAO). Data. 16.11.2023. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV

TÜİK. 2013. Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı. Mısır. www.tüik.gov.tr.

Türkoğlu, A.1971, Gıda Maddeleri İktisadi Coğrafya 1. Kitap, İst Matbaası, S:44-52, İstanbul.

Makale id= 33

Sözlü Sunum

ORCID ID: 0000-0003-3757-0528 , 0000-0001-9823-3184

Astofiziksel Disklerde Eğrilik

Araştırmacı Anahita Yavarı[1] , Doç.Dr. Suzan Doğan[1]
[1]Ege Üniversitesi

*Corresponding author: Anahita Yavarı

Özet: *Toplanma diskleri, merkezi bir gök cismi etrafında sarmal yörüngelerde dolanan gazın oluşturduğu astrofiziksel yapılardır. Diskler, evrende birçok gök cisminde gözlemlenir. Gezegen ve yıldız oluşum süreçlerinde ve beyaz cüce, nötron yıldızı, kara delik gibi sıkışık cisimleri içeren çift sistemlerin evriminde kritik rol oynamalarının yanı sıra, evrenin en parlak gök cisimleri olan ve merkezlerinde süper kütleli kara delik barındıran etkin gökada özeklerinin de enerji kaynağını oluştururlar. Bu nedenle, toplanma diskleri Astrofizik alanında büyük bir öneme sahiptir. Toplanma sürecinde, açısal momentumunu yitiren maddenin potansiyel enerjisi verimli bir şekilde elektromanyetik ışınıma dönüştürülür. Toplanma diskleri genellikle düzlemsel olmayan bir yapıya sahiptir. Bazen oluşumları sırasında bazen de evrimlerinin sonraki aşamalarında dış torklar nedeniyle eğrilik kazanabildikleri bilinmektedir. Diski oluşturan halkalar düz disklerde tek bir düzlemde yer alırken, eğri disklerde diski oluşturan halkaların yönelimi radyal doğrultuda değişir. Bu çalışmada, eğri bir disk üzerinde kararsızlık analizi gerçekleştirildi. Bunun için, eğri disklerin evrimini betimleyen eşitliklerden yola çıkılarak dağılma bağıntısı türetildi. Dağılma bağıntısının yüksek çözünürlüklü nümerik çözümleri yapıldı. Kararsızlığın büyüme oranları (alpha, ψ) (disk viskozitesi, disk eğriliği) parametre uzayında sık aralıklarla hesaplandı. Elde edilen çözümlerle kararsızlığın büyüme oranlarının disk viskozitesi ve eğriliğine bağlı olarak değişimini ortaya koyan üç boyutlu grafikler oluşturuldu. Eğri disk kararsızlığı, disklerde açısal momentumun doğrudan yitimine neden olan parçalanma sürecinin özünü oluşturmaktadır. Disklerde parçalanma süreci, gezegen ve yıldız oluşum disklerinde gözlenen halkalı yapılar ile X-ışın çiftleri ve dev kütleli karadelik çiftlerinde gözlenen kısa dönemli değişimleri açıklama potansiyeli taşınmaktadır. Kararsızlığa ait en yüksek büyüme oranları, düşük viskoziteli disklerde ve dikine viskoz torkların baskın olduğu eğriliklerde gözlenmektedir.*

Anahtar Kelimeler: *Toplanma Diskleri, Hidrodinamik, Kararsızlıklar, Kara Delikler.*

1.GİRİŞ

Toplanma diskleri, evrende yaygın olarak bulunan ve çeşitli ölçeklerde ortaya çıkan önemli astrofiziksel yapılardır. En küçük ölçekte, gezegenöncülü diskler, gezegen ve yıldız oluşumu süreçlerinde kilit rol oynar. Daha büyük ölçekte, çift sistemlerde (örneğin, kataklismik değişenler ve X-ışın çiftlerinde) yoldaş bileşenden madde transferi sonucu oluşan diskler, çiftin evrimi ve dinamiği bağlamında önem kazanır. En büyük ölçekte ise, galaksiler ve özellikle aktif galaktik çekirdeklerde (Active Galactic Nuclei) süper kütleli kara delikleri saran diskler, evrendeki en büyük enerji kaynakları olarak bilinir (Balbus ve Hawley, 1998; Frank vd. 2002).

Astrofiziksel disklere ilişkin son yıllarda yapılan gözlem, model ve simülasyonlar, disklerin çoğunlukla eğri bir yapı sergilediğini doğrulamaktadır. Bu bağlamda, disklerde eğrilme sürecinin farklı nedenleri olabilir: *i)* Diske etki eden dış torklar, toplanma disklerinde diferansiyel presesyon hareketine yol açar. Bu da diskin eğrilik kazanmasına neden olur. Örneğin, açısal momentum vektörü, merkezi kara deliğin spin vektörü ile çakışık olmayan disk durumunda, Lense-Thirring etkisi nedeniyle disk eğrilik kazanır (Lense ve Thirring, 1918; Bardeen ve Petterson, 1975). Benzer şekilde, çift sistemin yörünge düzlemi ile çakışık olmayan diskler, yoldaş bileşenin uyguladığı gravitasyonel tork nedeniyle (Doğan vd., 2015) ya da eğik manyetik dipol varlığında manyetik torklar nedeniyle disk eğrilik kazanabilir (Lai, 1999). *ii)*

Disk kararsızlıkları (örneğin ışınım basıncındaki asimetrik etkiler (Pringle, 1996, 1997)) eğriliğe yol açabilir. *iii)* Diskler daha oluşum sürecinde iken, başlangıç koşullarının kaotik doğası nedeniyle eğriliğe sahip olabilir (Bate vd., 2010).

Eğri disklere ilişkin hem dolaylı hem de doğrudan gözlemler mevcuttur. Uzun dönemli periyodik davranışlar (Tananbaum vd., 1972; Katz, 1973) ve yalpalayan jetler (Margot, 1984) diskin eğri olduğuna işaret eden gözlemsel bulgulardan bazılarıdır. Doğrudan gözlemler için en çarpıcı örneklerden biri ise, NGC 4258 galaksisidir. Bu galaksi, aktif bir galaktik çekirdek içerir ve diskindeki su moleküllerinin maser ışınımından eğri disk profili belirlenmiştir (Miyoshi vd., 1995). β Pictoris'i saran diske ilişkin gözlemler, iç diskin dış diske göre ~5° eğik olduğunu ortaya koymuştur (Heap vd., 2000). Günümüzde, özellikle ALMA (Atacama Large Millimeter Array) tarafından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler, gezegen oluşum disklerindeki eğri geometriye ve halkalı yapılara ilişkin sayısız örnek sunmaktadır (Andrews, 2020; Kraus vd., 2020).

Toplanma disklerinin dinamiği, açısal momentumun taşınması sürecine bağlıdır. Bir parçacık, merkezi bir cisim etrafında dairesel bir yörüngeye yerleştirildiğinde, yörüngesini sürdürmeye devam edecektir. Ancak, parçacıktan açısal momentum koparılırsa, sarmal bir yörünge ile merkezi cisme doğru hareket edecektir. Disk akışkanında açısal momentum kaybına yol açan süreçler, uzun yıllar toplanma disklerine ilişkin en temel sorun olmayı sürdürmüştür. Konuya ilk yaklaşım, açısal momentum taşınımını sağlayan sürecin kesme (shear) viskozitesine dayandığı biçiminde olmuştur (Shakura & Sunyaev, 1973). Bu model, maddenin kara delikler ve nötron yıldızları gibi gök cisimleri etrafında nasıl toplandığını açıklamak için geliştirilmiştir. Bu çalışmada, açısal momentum kaybına yol açan, dolayısıyla maddenin toplanmasına neden olan viskozitenin etkinliği, boyutsuz bir parametre ile (α – formalizmi) ifade edilmiştir. Toplanma disklerinin klasik teorisi, 1981'de James M. Pringle'ın katkılarıyla şekillenmiştir. Kepler diski bağlamında, kinematik viskozite ν, astronomik nesnelerin evriminde kritik bir rol oynar. Boyutsuz viskozite parametresi α, dikey ölçek yüksekliği (H) ve ses hızı c_s ile orantılı olan kinematik viskozite ($\nu = \alpha c_s H$), disk içinde açısal momentumu etkili bir şekilde taşır (Pringle, 1981). Ancak, açısal momentum aktarımı sadece moleküler viskozite aracılığıyla gerçekleşirse, bu süreç örneğin, gezegenöncülü diskler için ~10^{16} yıl alacaktır. Bu zaman ölçeği, evrenin yaşından daha uzundur. Bu nedenle, disk içinde anormal viskozite kaynağına gereksinim duyulur (Latter et al., 2018). Balbus & Hawley (1991) disk maddesinde açısal momentum taşınımı için çalkantılı viskozite önerisini getirmiş ve bu öneri günümüzde yaygın bir biçimde kabul görmüştür. Bu araştırmacılar, zayıf manyetik alan içeren ve diferansiyel dönme gösteren disklerin kararsız olduğunu ve açısal momentumun dışa doğru etkin bir biçimde taşındığını göstermişlerdir.

Disklerde parçalanma süreci, disklerin yapı ve evrimini dramatik bir biçimde değiştirerek klasik modellere göre çok daha yeğin ve değişken bir toplanma sürecine izin vermektedir. Bu çalışmada, eğri disklerin kararsızlık özellikleri incelenmiştir. Parçalanmaya neden olan kararsızlığın farklı parametrelere bağlılığı ele alınmıştır. Elde edilen dağılma bağıntısının nümerik çözümleri yapılarak kararsızlığın büyüme oranlarının disk viskozitesi (α) ve disk eğriliğine (|ψ|) bağlılığı irdelenmiştir.

2. EĞRİ DİSKLERDE KARARSIZLIK ANALİZİ

2.1. Temel Eşitlikler ve Dağılma Bağıntısı

Eğri toplanma disklerinin karmaşık geometrisi, diski oluşturan her bir halkanın sahip olduğu iki euler açısı ile betimlenir. Bunlardan ilki disk halkasının z-eksenine göre eğikliğini temsil eden $\beta(r,t)$ açısı, ikincisi ise disk halkasının azimutal doğrultudaki dönme miktarını temsil eden $\gamma(r,t)$ açısıdır (Bechev, 1999). Eğri disklerin profilini betimlemede önemli bir parametre, $l(R,t)$ birim eğiklik vektörüdür ve bu vektör, Euler açıları ile tanımlanır:

$$l(R,t) = (cos\gamma\ sin\beta, sin\gamma\ sin\beta, cos\beta) \quad (1)$$

Birim eğiklik vektörü, disk akışkanının sahip olduğu açısal momentum vektörü ile aynı yönlü birim vektördür. Böylelikle disklerde açısal momentum, $L = R^2 \Sigma \Omega l$ şeklinde ifade edilir. Eğri toplanma disklerinde eğriliğin mertebesini temsil eden parametre, eğrilik genliği $|\psi| = r|\partial l/\partial r|$ olarak adlandırılır (Ogilvie, 2000).

İnce ($H \ll R$) ve Keplerian disklerde, kütlenin korunumu ve açısal momentumun korunumu eşitlikleri sırayla

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial t} + \frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial R}(R v_R \Sigma) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\Sigma r^2 \Omega l) + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(v_R \Sigma r^3 \Omega) = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(Q_1 \Sigma c_s^2 r^2 l) + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(Q_2 c_s^2 \Sigma r^3 \frac{\partial l}{\partial r}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(Q_3 \Sigma c_s^2 r^3 \, l \times \frac{\partial l}{\partial r}\right) \quad (3)$$

olarak ifade edilir (Ogilvie, 2000). Burada v_R radyal ortalama hızı ve $\Omega = \sqrt{GM/R^3}$, açısal hızı, Σ yüzey yoğunluğunu, c_s ses hızını, Q_1 azimutal yöndeki viskoz torku, Q_2 dikey viskoz tork bileşenini ve Q_3 ise eğik halkaların presesyonu ile oluşan presesyon torkunu temsil eder. İç tork bileşenleri g_i, kesme viskozitesi (α), diskin dönme profili (Kepler diski için q=3/2) ve eğrilik genliğine (ψ) bağlıdır. İç tork (g_i) boyutsuz tork katsayıları (Q_i) cinsinden şu şekilde ifade edilebilir (Ogilvie, 2000):

$$g_i = Q_i(\alpha, \alpha_b, q, |\psi|)\Sigma c_s^2 \quad (4)$$

Tedirginliklerin zamansal ve uzaysal olarak aşağıdaki formda yayıldığını varsayıyoruz:

$$exp(-i\int \omega \, dt + i\int k dr) \quad (5)$$

Burada ω, dalganın frekansını ve k dalga sayısını ifade eder. Gerekli cebirsel işlemler sonucunda dağılma bağıntısı

$$s^3 - s^2[aQ_1 - 2Q^2 + |\Psi|(aQ_1' - Q_2')] - s[2aQ_1Q_2 - Q_2^2 - Q_3^2 + |\Psi|(aQ_1Q_2' - Q_2Q_2' - Q^3Q_3')] - a[Q_1(Q_2^2 + Q_3^2) + |\Psi|(Q_1Q_2Q_2' - Q_1'Q_2^2 + Q_1'Q_3^2 + Q_1Q_3Q_3')] = 0 \quad (6)$$

olarak elde edilir (Doğan vd., 2018). Burada, $a = h/rh' = 1/(2-q) = 2$ ve $s = \frac{-i\omega}{\Omega}(\frac{\Omega}{c_s k})^2$ boyutsuz büyüme oranıdır. Büyüme oranı, doğrusal kararlılık analizinde belirleyici parametredir. Bu parametre, diskteki tedirginliklerin genliğinin zamanla büyüyüp büyümeyeceğini belirler. Tedirginlikler büyürse (Re[s]>0), disk kararsızdır. Tedirginlikler zamanla sönümleniyorsa (Re[s]<0) disk kararlıdır (Doğan vd., 2018).

2.2. Nümerik Çözümler

Bu bölümde, farklı parametrelere sahip disklerin kararsızlık davranışlarını inceleyebilmek için dağılma bağıntısının nümerik çözümleri yapılmıştır. Öncellikle, disk viskozitesi (α) 0.01-0.1 aralığında 0.002'lik adımlarla değiştirilerek her bir α değeri için boyutsuz tork katsayıları (Q_1, Q_2, Q_3) ve bunların eğriliğe göre türevleri hesaplanmıştır. Hesaplamalar, disk eğriliğinin 0 < |□□□< 5 aralığı için yapılmıştır. Elde edilen veriler, dağılma bağıntısının analitik çözümlerinde $s_1(Q_1, Q_2, Q_3)$ kullanılarak analiz edilmiştir. Dağılma bağıntısının çözümü tedirginliklerin zamanla evrimini betimler:

$$s_1(Q_1, Q_2, Q_3) = \left(\frac{1}{6}\right)\left[2C_1 + 2^{\frac{2}{3}}\left(C_2 + C_3^{1/2}\right)^{\left(\frac{1}{3}\right)} + 2^{\frac{4}{3}}\left(C_2 + C_3^{1/2}\right)^{\left(-\frac{1}{3}\right)} C_4\right] \quad (7)$$

(Doğan vd., 2018). Burada (C_1, C_2, C_3, C_4) ile ifade edilen kısaltmalar şöyle elde edilir:

$$C_1 = a(Q_1 + Q_1'|\Psi|) - 2(Q_2 + Q_2'|\Psi|) \quad (8)$$

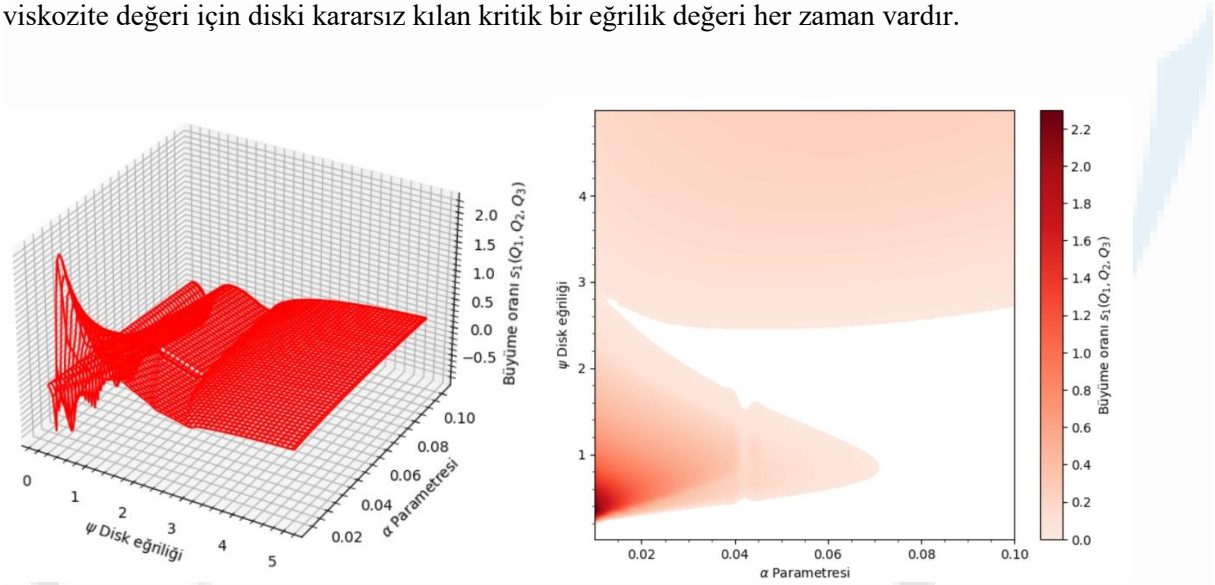
$$C_2 = 3a\left[Q_1'|\Psi|\left(2Q_2'^2|\Psi|^2 + 5Q_2Q_2'|\Psi| - 4Q_2^2 - 3Q_3(QQ_3'|\Psi| + 4Q_3)\right) + Q_1\left(-Q_2'^2 + |\Psi|^2 2Q_2Q_2'|\Psi| + 2\left(Q_2^2 + 3Q_3(Q_3'|\Psi| + Q^3)\right)\right)\right] + 2a^3(Q_1 + Q_1'|\Psi|)^3 + 3a^2\left(Q_1^2 - 2Q_1'^2|\Psi|^2 - Q_1Q_1'|\Psi|\right)(2Q_2 + Q_2'|\Psi|) - (2Q_2 + Q'^2|\Psi|)\left(2Q_2'^2|\Psi|^2 - Q_2Q_2'|\Psi| - Q_2^2 - 9Q_3(Q_3'|\Psi| + Q_3)\right) \quad (9)$$

$$C_3 = 4[(3(Q_2^2 + Q'_2Q_2|\Psi| - aQ_1(2Q_2 + Q'_2|\Psi|) + Q_3(Q_3 + Q'_3|\Psi|)) - (2Q_2 + Q'_2|\Psi| - a(Q_1 + Q'_1|\Psi|))^2)^3 + \left[2a^3(Q_1 + Q_1'|\Psi|)^3 + (2Q^2 + Q_2'|\Psi|)\left(Q_2^2 + Q_2'Q_2|\Psi| + 9Q_3^2 - 2Q_2'^2|\Psi|^2 + 9Q_3'Q_3|\Psi|\right) + 3a\left(Q_1\left(2Q_2^2 + 2Q_2'Q_2|\Psi| + 6Q_3^2 - Q_2'^2|\Psi|^2 +\right.\right.$$

$$6Q_3'Q_3|\Psi| + Q'^1|\Psi|\big(-4{Q_2}^2 + 5Q_2'Q^2|\Psi| + 2{Q_2'}^2|\Psi|^2 - 12{Q_3}^2 - 3Q_3'|\Psi|\big)\Big) + 3a^2(2Q_2 + Q_2'|\Psi|)\big({Q_1}^2 - Q_1'Q_1|\Psi| - 2{Q_1'}^2|\Psi|^2\big)\Big]^2 \quad (10)$$

$$C_4 = a^2(Q_1 + Q_1'|\Psi|)^2 + {Q_2}^2 + Q_2'Q_2|\Psi| + {Q_2'}^2|\Psi|^2 + a(2Q_2 + Q_2'|\Psi|)(Q_1 - 2\,Q_1'|\Psi|) - 3({Q_3}^2 + Q'_3Q_3|\Psi|) \quad (11)$$

Nümerik hesaplamalar sonucunda elde edilen kararsızlığın büyüme oranlarının, (□, |ψ|) parametre uzayındaki değişimini ortaya koyan 3 boyutlu grafik, Şekil 1a'da görülmektedir. Büyüme oranlarının pozitif olduğu bölgeler bu parametre uzayında diskin kararsız olduğu bölgelere karşılık gelmektedir. Düşük viskoziteli disklerde büyüme oranlarının çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 1b'de ise, her bir viskozite değeri için diski kararsız kılan kritik eğrilik değerleri hesaplanmış olup, büyüme oranlarının viskozite ve kritik eğrilik değerinin bir fonksiyonu olarak dağılımı gösterilmektedir. Bu grafik, belirli bir viskozite ve eğrilik değerine sahip bir diskin kararsızlık durumundaki davranışını belirleme açısından önem taşır. Düz bir diskin her zaman kararlı olduğu görülmektedir. Ancak, her bir viskozite değeri için diski kararsız kılan kritik bir eğrilik değeri her zaman vardır.



Şekil 1. (a) Kararsızlığın büyüme oranları (z-ekseni) disk viskozitesi ve disk eğriliğinin bir fonksiyonu olarak gösterilmektedir. **(b)** Kararsızlığın büyüme oranlarının renk haritası, disk viskozitesi ve kritik disk eğriliğine bağlı olarak gösterilmektedir. Beyaz bölgeler, diskin kararlı olduğu bölgelere karşılık gelmektedir. Kararsızlık genel olarak dinamik zaman ölçeklerinde gerçekleşmektedir. Her viskozite değeri için, diski kararsız kılan bir eğrilik değeri mutlaka bulunmaktadır. Viskozitesi düşük diskler, çok küçük eğrilik değerlerinde bile kararsız davranış sergilemektedir.

3. SONUÇLAR

Elde ettiğimiz sonuçlar, kararsızlığın büyüme oranı, disk viskozitesi ve disk eğriliği arasındaki ilişkileri göstermektedir. Öne çıkan bazı önemli bulgular şöyle sıralanabilir:

1) Herhangi bir viskozite değeri için her zaman diskin kararsız kaldığı bir eğrilik değeri vardır.
2) Düşük viskoziteli diskler, çok küçük eğrilik değerlerinde bile kararsız davranış sergilemektedir.

3) Düşük viskoziteli diskler, daha yüksek büyüme oranlarına sahip olmaktadır. Bu disklerde kararsızlık daha güçlüdür ve kritik eğriliğe sahip olduklarında çok kısa zaman ölçeklerinde parçalanmaları beklenir.

Bu çalışmada incelenen kararsızlık, hem yoğunluğun hem de eğriliğin anti-difüzyonu nedeniyle diskin halkalara ayrılmasına yol açar. Eğri disk kararsızlığı, disklerde açısal momentumun doğrudan yitimine neden olan parçalanma sürecinin özünü oluşturmaktadır. Parçalanma süreci, toplanma oranlarının hem

kaydadeğer bir biçimde artmasına, hem de kısa zaman ölçeklerinde gözlenebilir değişkenlikler göstermesine neden olur.

Kaynaklar

- Andrews, S. M., 2020, "Observations of Protoplanetary Disk Structures", 58, 483–528.
- Balbus, S.A., ve Hawley, J.F., 1991, "A Powerful Local Shear Instability in Weakly Magnetized Disks. I. Linear Analysis", The Astrophysical Journal, 376, 214, doi:10.1086/170270.
- Balbus, S.A., ve Hawley, J.F., 1998, "Instability, turbulence, and enhanced transport in accretion disks", Reviews of Modern Physics, 70(1), 1–53, doi:10.1103/RevModPhys.70.1.
- Bachev, R., 1999, "Emission lines from illuminated warped accretion disks in AGN", Astronomy and Astrophysics, 348, 71–76, doi:10.48550/arXiv.astro-ph/9905310.
- Bate, M.R., Bonnell, I.A., ve Bromm, V., 2003, "The formation of a star cluster: predicting the properties of stars and brown dwarfs", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 339(3), 577–599, doi:10.1046/j.1365-8711.2003.06210.x.
- Bardeen, J.M., ve Petterson, J.A., 1975, "The Lense-Thirring Effect and Accretion Disks around Kerr Black Holes", Astrophysical Journal Letters, 195, L65, doi:10.1086/181711.
- Doğan, S., Nixon, C., King, A., ve Price, D.J., 2015, "Tearing up a misaligned accretion disc with a binary companion", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 449(2), 1251–1258, ISSN 0035-8711, doi:10.1093/mnras/stv347.
- Doğan, S., ve Nixon, C.J., 2020, "Instability of non-Keplerian warped discs", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 495(1), 1148–1157, doi: 10.1093/mnras/staa1239.
- Frank, J., vd. 2002. "Accretion Power in Astrophysics: Third Edition ". Cambridge University Press, 398
- Heap, S.R., Lindler, D.J., Lanz, T.M., Cornett, R.H., Hubeny, I., Maran, S.P., ve Woodgate, B., 2000, "Space Telescope Imaging Spectrograph Coronagraphic Observations of β Pictoris", 539(1), 435–444, doi:10.1086/309188.
- Katz, J.I., 1973, "Thirty-five-day Periodicity in Her X-1", Nature Physical Science, 246(154), 87–89, doi:10.1038/physci246087a0.
- Kraus, S., Kreplin, A., Young, A. K., Bate, M. R., Monnier, J. D., Harries, T. J., Avenhaus, H., Kluska, J., Laws, A. S. E., Rich, E. A., Willson, M., Aarnio, A. N., Adams, F. C., Andrews, S. M., Anugu, N., Bae, J., ten Brummelaar, T., Calvet, N., Curé, M., Davies, C. L., Ennis, J., Espaillat, C., Gardner, T., Hartmann, L., Hinkley, S., Labdon, A., Lanthermann, C., LeBouquin, J.-B., Schaefer, G. H., Setterholm, B. R., Wilner, D., & Zhu, Z. 2020. "A triple-star system with a misaligned and warped circumstellar disk shaped by disk tearing". Science, 369(6508), 1233–1238.
- Latter, H.N., Ogilvie, G.I., ve Rein, H., 2018, "Planetary Rings and Other Astrophysical Disks", Cambridge University Press, pages 549–576, doi:10.1017/9781316286791.020.
- Lai, D., 1999, "Magnetically Driven Warping, Precession, and Resonances in Accretion Disks", Astrophysical Journal, 524(2), 1030–1047, doi:10.1086/307850.
- Lense, J., ve Thirring, H. 1918. "Uber den Einfluß der Eigenrotation der Zen- tralkörper auf die Bewegung der Planeten und Monde nach der Einsteinschen Gravitationstheorie". Physikalische Zeitschrift, 19, 156.

- Margot, B., 1984, "Observations of SS433", Annual review of astronomy and astrophysics, 22, 507-536, doi:10.1146/annurev.aa.22.090184.002451.
- Miyoshi, M., Moran, J., Herrnstein, J., Greenhill, L., Nakai, N., Diamond, P., ve Inoue, M., 1995, "Evidence for a black hole from high rotation velocities in a sub-parsec region of NGC4258", Nature, 373(6510), 127–129, doi:10.1038/373127a0.
- Ogilvie, G.I., 2000, "An alpha theory of time-dependent warped accretion discs", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 317(3), 607–622, doi:10.1046/j.1365-8711.2000.03654.x.
- Pringle, J.E., 1981, "Accretion discs in astrophysics, Annual Review of Astronomy and Astrophysics", 19, 137–162, doi:10.1146/annurev.aa.19.090181.001033.
- Pringle, J.E., 1996, "Self-induced warping of accretion discs", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 281(1), 357–361, doi:10.1093/mnras/281.1.357.
- Pringle, J.E., 1997, "Self-induced warping of accretion discs: non-linear evolution and application to AGN", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 292(1), 136–147, doi:10.1093/mnras/292.1.136.
- Shakura, N.I., ve Sunyaev, R.A., 1973, "Black hole in binary Systems. observational appearance", Astronomy and Astrophysics, 24, 337–355.
- Tananbaum, H., Gursky, H., Kellogg, E.M., Levinson, R., Schreier,E., ve Giacconi, R., 1972, "Discovery of a Periodic Pulsating Binary X- Ray Source in Hercules from UHURU", Astrophysical Journal, 174, L143, doi:10.1086/180968.