

ISSN 2587-1943

#13

VOLUME 7, 1
JUNE 2023

Editor-in-Chief
Niyazi Özdemir
Hikmet Esen

Deputy Editor-in-Chief
Abdullah Kapıcıoğlu

Managing Editor
Cihangir Kale

A

E

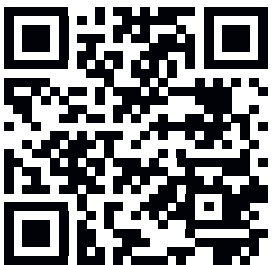
I

J

R

JOURNAL

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE ENGINEERING APPLICATIONS



Editor-in-Chief

Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR

Prof. Dr. Hikmet ESEN

Deputy Editor-in-Chief

Asst. Prof. Dr. Abdullah KAPICIOĞLU

Executive Editors

Prof. Dr. Messaoud SAIDANI

Prof. Dr. Niyazi BULUT

Prof. Dr. Kemal LEBLEBİCİOĞLU

Asst. Prof. Dr. Salwa BOUADILA

Managing Editor

Res. Asst. Cihangir KALE

Subject Editors

Prof. Dr. Arif HEPBAŞLI

Prof. Dr. Asaf VAROL

Prof. Dr. Asım BALBAY

Prof. Dr. Elhoussine AZROUL

Prof. Dr. Engin AVCI

Prof. Dr. Fatih POYRAZ

Prof. Dr. Hacı Mehmet BAŞKONUŞ

Prof. Dr. Hasan TOĞRUL

Prof. Dr. İbrahim CAN

Prof. Dr. İnanç ÖZGEN

Prof. Dr. Mehmet EROĞLU

Prof. Dr. Murat KÖKSAL

Prof. Dr. Ömer YILDIRIM

Prof. Dr. Resul ÇÖTELİ

Prof. Dr. Şükrü TALAŞ

Prof. Dr. Tahir KHAN

Assoc. Prof. Dr. Alper POLAT

Assoc. Prof. Dr. Erkan BAHÇE

Assoc. Prof. Dr. Faruk KARACA

Assoc. Prof. Dr. Fethi DAĞDELEN

Assoc. Prof. Dr. Filiz ÖZGEN

Assoc. Prof. Dr. Özen ÖZER

Assoc. Prof. Dr. Reza BAKHTIARI

Assoc. Prof. Dr. Serdar MERCAN

Asst. Prof. Dr. Berivan YILMAZER POLAT

Asst. Prof. Dr. Fehmi ASLAN

Asst. Prof. Dr. Nagihan KARAASLAN AYHAN

Asst. Prof. Dr. Üyesi Ferit AK

Asst. Prof. Dr. Üyesi Yusuf DOĞAN

Asst. Prof. Dr. Vembu ANANTHASWAMY

Layout / Language Editor

Res. Asst. Buğra ŞEN

Asst. Prof. Dr. Habip ŞAHİN

International Journal of Innovative Engineering Applications is published June and December.

Adress for the manuscripts and correspondence:

Uluslararası Yenilikçi Mühendislik Uygulamaları Dergisi
Firat Üniversitesi Kampüsü, Teknoloji Fakültesi, Merkez–Elazığ

Tel: +90 424 237 0000/ Ext.7655

e-mail: ijieatr@gmail.com

ISSN: 2587-1943

Elazığ-2023

#13

IJIEA

IJIEA

volume 7 issue 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Title / Başlık Author(s) / Yazar(lar)	Page(s) / Sayfa(lar)
THE STUBBLE BURNING PROBLEM IN SUSTAINABLE AGRICULTURE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIMDA ANIZ YAKMA PROBLEMİ Aytül Yıldırım <i>Review Article [en] Derleme Makalesi [tr]</i>	1-6
DESIGN AND ANALYSIS OF PERMANENT MAGNET DC MACHINES WITH FEM BASED ANSYS-MAXWELL SEY TABANLI ANSYS-MAXWELL İLE KALICI MAGNET DC MAKİNALARIN TASARIMI VE ANALİZİ Yıldırım Özüpak <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	7-12
APPLICATION OF PANORAMIC DENTAL X-RAY IMAGES DENOISING PANORAMİK DİŞ X-RAY GÖRÜNTÜLERİNİN GÜRÜLTÜ GİDERİLMESİ UYGULAMASI İclal Çetin Taş <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	13-20
DETERMINATION OF IN-SITU UNIT WEIGHT AND SWELL FACTOR IN MINE SITES BY UAV PHOTOGRAMMETRY MADEN SAHALARINDA YERİNDE BİRİM HACİM AĞIRLIK VE KABARMA FAKTÖRÜNÜN İHA FOTOGRAMETRİSİ İLE BELİRLENMESİ Yavuz Gül <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	21-26
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EFFICIENCY INCREASING IN SOLAR CHIMNEY GÜNEŞ BACASINDA VERİM ARTTIRILMASININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ Hasan Karakaya, Ali Serkan Avcı, Aytaç Çetinbaş, Aydın Durmuş <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	27-31

IJIEA

volume 7 issue 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Title / Başlık Author(s) / Yazar(lar)	Page(s) / Sayfa(lar)
<p>SYNTHESIS OF FLUORESCENT CARBON QUANTUM DOTS WITH HYDROTHERMAL AND SOLVOTHERMAL METHOD APPLICATION FOR ANTICOUNTERFEITING AND ENCRYPTION</p> <p>SAHTELİKLE MÜCADELE VE ŞİFRELEME UYGULAMASI İÇİN HİDROTHERMAL VE SOLVOTERMAL YÖNTEM İLE FLUORESAN KARBON KUANTUM NOKTALARININ SENTEZİ</p> <p><i>Mustafa Kavgaç, Hacı Veli Kalmış, Hasan Eskalen</i></p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	32-38
<p>INVESTIGATION OF CUTTING TOOL LIFE BY ULTRASONIC TURNING METHOD OF AISI 52100 BEARING STEEL</p> <p>AISI 52100 RULMAN ÇELİĞİNİN ULTRASONİK TORNALAMA YÖNTEMİ İLE KESİCİ TAKIM ÖMRÜNÜN İNCELENMESİ</p> <p><i>Salih Açar, Aybars Mahmat, Nihat Tosun</i></p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	39-43
<p>RISK ASSESSMENT FOR INTERNATIONAL CONSTRUCTION PROJECTS</p> <p>ULUSLARARASI İNŞAAT PROJELERİ İÇİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ</p> <p><i>Mehmet Nurettin Uğural</i></p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	44-51
<p>ANALYSIS OF WASTE HEAT RECOVERY WITH FINNED PIPE DESIGN IN CONDENSATE PAN FOR RDCs: EFFECTS ON ENERGY EFFICIENCY</p> <p>TTS'LER İÇİN YOĞUŞMA TAVASINDA KANATÇIKLI BORU TASARIMI İLE ATIK ISI GERİ KAZANIMININ ANALİZİ: ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ</p> <p><i>Zafer Deniz, Mustafa Aktaş, Süleyman Erten, Fatma Nur Erdoğan, Melis Öder</i></p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	52-61

IJIEA

volume 7 issue 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Title / Başlık Author(s) / Yazar(lar)	Page(s) / Sayfa(lar)
A COMPARISON OF TRADITIONAL AND CONTEMPORARY BUILDINGS BY ENERGY EFFICIENCY AND GREENHOUSE GAS EMISSION: A CASE STUDY FROM TABRIZ-IRAN <i>GELENEKSEL VE GÜNÜMÜZDEKİ BİNALARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SERA GAZI SALINIMI YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI: İRAN'IN TEBRİZ ŞEHRİNDEN BİR VAKA ÇALIŞMASI</i> Zahra Hemmatzadeh, Alpay Akgüç <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	62-75
ENVIRONMENTAL WASTE DETECTION FROM UAV IMAGES WITH YOLOV3 DEEP LEARNING ALGORITHM <i>YOLOV3 DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI İLE İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN ÇEVRESEL ATIK TESPİTİ</i> Serkan Çelik, Ayhan Altınörs <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	76-85
INVESTIGATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING METHODS IN PHOTOVOLTAIC SYTEMS <i>FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ</i> Leyla Karagözoğlu, Zeynep Bala Duranay <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	86-95
ACCURACY EVALUATION OF ORTHOPHOTO MAPS OBTAINED BY UAV SYSTEMS <i>İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN ORTOFOTO HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ</i> Rüştü Çallı, Samed İnyurt, Ömer Yıldırım <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	96-100

IJIEA

volume 7 issue 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Title / Başlık Author(s) / Yazar(lar)	Page(s) / Sayfa(lar)
<p>INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al_2O_3 AND SiC REINFORCED AA2024 BASED COMPOSITES</p> <p><i>Al₂O₃ ve SiC TAKVİYELİ AA2024 ESASLI KOMPOZİTLERİN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ</i></p> <p>Uğur Çalgülü, Aykut Çanakçı, Mustafa Türkmen, Nida Darcan, M. Vahittin Kaçmış</p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	101-112
<p>THE THERMAL ANALYSIS OF PLASTER WITH WASTE EXPANDED POLYSTYRENE GYPSUM AND RESIN</p> <p><i>ATIK GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN VE REÇİNELİ ALÇI SIVALARIN ISIL ANALİZİ</i></p> <p>Ayşe Bicer</p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	113-118
<p>ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF <i>FOENICULUM VULGARE</i> MILL AND <i>PIMPINELLA ANISUM</i> L (APIACEAE) SPECIES</p> <p><i>FOENİCULUM VULGARE MİLL. VE PİMPİNELLA ANİSUM L. (APIACEAE) TÜRLERİNİN UÇUCU YAĞLARININ ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ</i></p> <p>Neslihan Taşar, Ferit Can Yazdıç, Altuğ Karaman, Osman Gedik</p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	119-122
<p>AERODYNAMIC PERFORMANCE COMPARISON OF AIRFOILS IN FLYING WING UAV</p> <p><i>UÇAN KANAT TİPİ İHA'LARDA KULLANILAN KANAT PROFİLLERİNİN AERODİNAMİK PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI</i></p> <p>Seyhun Durmuş</p> <p><i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i></p>	123-127

IJIEA

volume 7 issue 1

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Title / Başlık Author(s) / Yazar(lar)	Page(s) / Sayfa(lar)
DESIGN OF CONICAL CHANNEL IN JOINING OF AA7075/AZ91 MATERIALS BY MECHANICAL LOCKING METHOD <i>MEKANİK KİLİTLEME YÖNTEMİ İLE BİRLEŞTİRİLEN AA7075/AZ91 MALZEMELERİN KONİK KANAL TASARIMI</i> Serdar Mercan <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	128-134
CFD ANALYSIS OF AN AIRCRAFT TURBOFAN ENGINE COMBUSTION PROCESS AND THE EFFECT ON TURBINE <i>BİR UÇAK TURBOFAN MOTORUNUN YANMA SÜRECİ VE TÜRBİN ÜZERİNE ETKİSİNİN HAD ANALİZİ</i> İbrahim Can, Doğan Engin Alnak, Muhammed Sipahi <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	135-139
OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN MILLING OF FLAX FIBER REINFORCED COMPOSITE BY FULL FACTORIAL DESIGN AND TOPSIS METHOD <i>KETEN FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİTİN FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN TAM FAKTÖRİYEL TASARIM VE TOPSİS YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU</i> Mehmet Suat Alp, Yahya Hışman Çelik, Erol Kılıçkap, Ahmet Yardımeden <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	140-149
DETERMINATION OF KNOWLEDGE LEVELS IN PLANT PROTECTION APPLICATIONS OF CHERRY PRODUCERS IN MARDİN <i>MARDİN İLİ KIRAZ ÜRETİCİLERİNİN BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA BİLİNÇ DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ</i> Mehmet Kaplan, Tarkan Ayaz <i>Research Article [en] Araştırma Makalesi [tr]</i>	150-157



THE STUBBLE BURNING PROBLEM IN SUSTAINABLE AGRICULTURE

Aytül Yıldırım*¹ 

¹Firat University, Baskil Vocational School, Department of Plant and Animal Production, Elazığ, Turkey

Abstract

Review paper

Stubble is the short stalks that remain after harvesting a crop such as wheat. The stubble, which makes up soil organic matter and provides nutrients for soil microorganisms, is important for agricultural production. But farmers are supposed that stubble burning provides convenience in tillage results and reduce diseases and pests, which achieve obtaining higher crop yields, and reduce the economic costs. As the result of burning stubble, soil organic matter is decreased, the soil structure is deteriorated, microbiological activity in the soil is regressed, soil moisture is decreased, the biological balance is deteriorated and the risk of erosion is increased. It is vital to use instruments that mix the stubble under the soil so that it does not interfere with the preparation of the seed bed after the harvest. In regions where there is too much stubble, nitrogen fertilizer should be applied to around 1% of the remaining stalk to ensure that the stubble breaks down and decomposes into organic matter.

In this review, the importance of stubble in agricultural production, stubble management, the reasons why farmers burn stubble, the negative effects of stubble burning on the soil fertility and environment, and solution suggestions are covered.

Keywords: Environmental pollution, stubble, stubble burning, sustainable agriculture.

1 Introduction

Grains are the most important source of human nutrition all over the world. Grains are mostly the main products produced in Turkey. In Turkey, grains having a wide range of uses for feed and industrial purposes constitute approximately 55% of the total crop production [1]. The stubble is the short stalks that remain after harvesting a crop such as wheat, barley, rye, and oats.

The stubbles of grains are the most important source of organic matter in the soil. The amount of organic matter in Turkey's soil is usually very small, ranging from about 1 to 4% [2]. The soil organic matter can be increased by mixing stubbles into the soil. The effect of organic matter is great in improving the physical, chemical and biological structure of the soil. The organic matter that acts as a food and a stop for soil organisms is involved in many processes such as bonding individual soil particles, ventilating the soil, increasing the water holding capacity of the soil, and the soil being resistant to erosion and drought [3]. Therefore, for crop production, stubble constituting soil organic matter is of great importance [4, 5].

In this study, the effects of stubble on soil productivity, stubble management, producer's reasons for burning stubble, adverse effects of burning stubble on soil, animals, and the environment were all investigated, with an emphasis on the results of burning stubble and solution proposals.

1.1 Effect of Stubble on Soil Productivity

Soils are one of the few natural resources that can't be created and are nearly impossible to replenish. The stubble is a key source of organic matter that has a significant impact on soil fertility.

Microorganisms play a vital part in soil formation by separating and disintegrating plant and animal tissues that fall to the ground. The major sources of soil formation are the decomposition of organic matter and the appearance of organic colloids, as well as the production of new humus compounds [6]. According to many studies, one gram of soil includes millions of bacteria, one kilometer long fungal micelles, thousands of protozoa, and algae cells [6].

With the protection of stubble in the soil, soil organic matter and related microbe activity increase, soil water holding capacity increases, resistance to wind and water erosion increases, and in short, soil fertility increases. Macro and microorganisms in the soil are critical for the natural ecosystem's long-term viability in terms of decomposing organic matter in the soil, converting nutrients back into the soil, and transforming nitrogen (N) in the air into plant-receivable forms [7].

Soil management practices such as increasing soil organic carbon content, reducing soil handling, fertilizing, mixing soil with plant residues, increasing biological diversity of the soil, and covering the soil surface with hays or dried leaves all help to keep carbon (C) in the soil [8]. The carbon (C) content of soil stubble

* Corresponding author.

E-mail address: aytulyildirim@firat.edu.tr (A. Yıldırım)

Received 11 May 2022; Received in revised form 28 December 2022; Accepted 16 March 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1115461>

is roughly 45 percent by weight, making it a substantial carbon (C) source for the soil. The number of microorganisms in the soil increases and becomes more active as organic carbon is added to the soil. The amount of CO₂ in the soil increases as a result of increased activities, and many organic acids are generated. Increased acidity aids in the solubilization of plant nutrients [9, 10, 5].

Simultaneously, soil organic matter ensures that soil particles are held together and aggregate stability is established. This is necessary for soil ventilation, increased water holding capacity, and the ability to hold nutrients. In dry seasons, stubble soils retain moisture due to the abundant organic matter in their structure and prevent yield loss by giving the necessary water to the plants growing on them. [11, 12].

Plant residues shield the soil from the direct impact of rain drops in stubble-covered agriculture, preventing the soil from being slapped and drifted. The benefits of stubble-covered agriculture include rainwater absorption, the establishment of a cool and wet soil environment, the reduction of evaporation, the increase of humus, and, as a result, the protection and productivity of the soil [11].

1.2 Negative Effects of Burning Stubbles on Soil

In Turkey, grain agriculture (wheat, barley, oats) was made in 15.723 hectares of land in 2015 [13]. So, huge amounts of stubbles are produced. Depending on the shape height of the wheat, it is reported that on average 3500 kg / ha is burned together with stubble and on average 1000 kg / ha is burned on average, depending on the shape height of the stubble. In general, it can be said that on average 1500-2000 kg / ha stalk, straw, herb, herbal material burned with wheat stubble and stalks which are burnt. If it is assumed that 30% of the total area allocated for grain farming is burned, it can be said that about 5.5-7.4 million tons of stubble are burned without organic matter [14, 4, 15]. When considering the effect of soil organic matter on the physical structure and especially the vitality of the soil, stubble burning is regarded as a considerable loss for soil fertility. Incorrect and unconscious use of agricultural land tends to tire and reduce soil's productivity. Stubble burning is considered as a wrong land use [7].

As a result of burning down the stubble on the soil, the soil loses its vitality for a certain period of time, the soil structure deteriorates, the soil fertility decreases and the biological equilibrium are affected negatively. Some plant nutrients found in stubble are transformed into oxides, which plants cannot use. These disrupt the physical, chemical and biological properties of the soil. The burning of stubble also promotes soil erosion and affects soil moisture and temperature values. 63% of the land in Turkey is exposed to very severe and powerful erosion [16].

During stubble burning, high temperature (80 °C) occurs at the top of the soil for a while. The occurring high temperature leads to the disappearance of the microorganisms in the soil and thus to the deterioration of the harmful-beneficial balance [5]. *Trissolcusspp.* species, which provide a natural biological struggle by leaving their eggs in the eggs of the sunn pests that

significantly reduce the quality of the wheat product, disappear with stubble burning. It is known that the bugs, which are useful in many biological struggles that survive on field borders, road edges, river edges, bushes life, are killed during stubble fires [11, 17].

At the same time, it has been reported that stubble burning causes decline in carbon dioxide release to the ground, which is caused largely by the reduction in the lives of microorganisms living at a depth of 0-3 cm [17].

In short, as a result of stubble burning, large changes occur in the flora and fauna of the soil.

1.3 Use of Stubble Areas in Livestock

Coarse feed production is gained when grain production is less than predicted, and the utilization of agriculture leftovers in animal feed acts as a form of herbal production insurance for animal husbandry [18]. Natural meadow and pasture lands, as well as feed plant farms, provide high-quality coarse feeds. Damage is unavoidable, however, because the grassland and pasture regions are grazed with timeless, unconscious, and more animals than the capacity allows. As a result, breeders typically supplement coarse feed deficiencies with stubble residues; concentrate feeds, and low-nutrient-value stem and straw [19].

Stubble benefits 80.5 percent of small cow breeding operations in the GAP region. Businesses benefiting from stubble in the provinces of Diyarbakır, Şanlıurfa, Gaziantep, and Adıyaman accounted for 67.1 percent, 92.1 percent, 83.7 percent, and 75.5 percent, respectively. In order to reap the benefits of stubble, grain fields in the provinces of Şanlıurfa and Gaziantep are evaluated by spreading as much as possible at the start of the winter. It has been claimed that stubble is generally used for 6 months in these two provinces, although it can be prolonged to 9 months if the weather is favourable during the winter months. Stubble is an extremely important feed source in the provinces where the research is conducted, and it has been discovered that Şanlıurfa, particularly Gaziantep and Diyarbakır provinces, is mostly utilized in places where there are no or insufficient meadow areas [20].

Sheep can be economically cultivated throughout pregnancy and lactation by grazing on wheat stubbles during the summer (December-April) if the increased protein and energy needs are satisfied by paying attention to the optimum settlement density [21]. Stubble and pasture grazing is one of the feeding patterns utilized in turkey breeding in Turkey. The turkey fowl supplied growth feed during the first 8-12 weeks are grown by grazing in these places where the stubble and pasture possibilities are sufficient [22, 23].

1.4 Negative Effects of Stubble Burning on Animals

Stubble fields are employed primarily to meet coarse feed requirements in small cattle breeding, resulting in economic gain. However, when the stubble is burned, the economic gain that can be obtained is reduced to ashes.

One of the biggest problems that animals can experience is the deterioration of their habitat. Many wild animals (rabbits, birds, foxes, etc.) are losing their

forests and living spaces, and even die with stubble burning and forest fires [4, 5, 7, 24, 25, 26]. It has been determined that the burning of stubble in the Kızılırmak valley completely destroyed the nutrients of the birds that feed on agricultural land in winter [27]. In the Kavak Delta, in a locus of spotted tortoise (*Emysorbicularis*), indicated to be in close threat under the IUCN criteria, 42 samples of them were reported to be killed due to spread of stubble fire in a 12789 m² area [28].

1.5 Negative Effects of Burning Stubbles on the Environment

The air is polluted by stubble fires. At the same time, traffic accidents occur because of the smokes from stubble fires block the view on land roads. Stubble fires can cause burning of forests and residential areas.

During the burning of the herbal material, some airborne particles, such as CO, NO₂, N₂O, O₃, CH₄, benzene and PAH₅ (Polycyclic aromatic hydrocarbons), are mixed into the air as a result of the complete ignition of the organic matter [16, 29, 30]. Contamination of the air that people, plants and animals breathe brings with it many health problems.

Stubble burning is a real environmental problem that is considered to be one of the agricultural activities that cause the release of greenhouse gases, which are seen as the cause of global warming [5, 7, 31, 32]. Global warming is triggered by stubble burning, which releases more carbon dioxide into the atmosphere [33].

Stubble fires sometimes burn live or inanimate fences, fruit gardens, not harvested crops in neighboring fields, and telephone poles on the field boundaries. Burned stubble causes the forests and residential areas to burn with the effect of the wind, rising smoke occasionally obstructing sight on the highways and causing traffic accidents.

In the areas of the most sensitive vegetation cover of the Salt Lake ecosystem, fires that are emerged by stubble burning damage the natural habitat and especially the areas formed by local endemics are severely damaged [34].

2 Stubble Management

All procedures altering the quantity of plant growth left on the soil surface are included in Stubble management [35]. In studies on the management of the residual stubble after grain harvesting, it has been discovered that there are five most regularly utilized ways. These are the following:

1. Spreading the stubble on the soil surface,
2. Making hays out of stubble,
3. Making bales out of stubble,
4. Burying stubble in the soil,
5. Burning stubble.

Stubble dissolving and dispersing systems mounted to the back of the harvester are required to disseminate the stubble to the soil surface. To turn the stubbles into hay, you'll need a hay producing machine. In recent years, simultaneous working hay production systems

with harvesters attached to the harvester's back have also been deployed. To make the stubble bales, you'll need a lot of time and effort. If you're replanting just after harvest, you'll need to gather the stubble using a bale machine and then plant it with a machine that plants directly on the stubble [36]. Plows are essential to allow the top soil to be tilted and processed in order for the soil to mingle under the ground and bury the stubble. However, sufficient time and humidity are required to break down the buried underground stubble and convert it to a valuable organic matter for the soil. When plantation happens under these conditions, plant residue makes the use of a planting equipment problematic [37, 32]. The burning of stubble is another option for stubble management. Burning stubble, on the other hand, has detrimental consequences for both the environment and agricultural production.

Alternative tillage methods for stubble management can be listed as follows [7].

- a) Use of chisels instead of plows, (amount of plants residue in the soil: 50-70%) [35].
- b) Use of disc harrow-cultivator (amount of plants residue in the soil: 40-80% for disc harrow, 30-80 for cultivator) [35]
- c) Stripe tillage, (amount of plants residue in the soil: 60-75%) [35].
- d) Back tillage, plantation to back (amount of plants residue in the soil: 30-50%) [38].
- e) Direct plantation to stubble (most of the stubble is on the soil surface since no tillage is done)

When tillage is reduced, the soil tightness, workforce and fuel consumption of the processing tools will also decrease.

Despite its disadvantageous, the most appropriate method for stubble management seems to be direct plantation to stubble for the healthy future of the soil.

3 Causes of Stubble Burn by Producers

Stubble burning is promoted for a variety of reasons, including easy and quick removal of stubble in the soil, convenient tillage, time savings for second planting, minimizing plantation problems with driller in zero-tillage agriculture, permanent solution to wild grass and seeds, and preventing herbal diseases by eliminating harmful bugs' eggs and larva [4, 5, 15, 32, 39, 40].

However, in humid and cold climates, it is more difficult to prepare fields for the next planting season since the decomposition of plant leftovers in the soil is slower and takes longer.

As a result, farmers in cold and humid climates choose to burn stubble [4, 5, 15, 32, 39].

3.1 Awareness Levels of Producer on Stubble Burning

According to a study conducted by producers to determine stubble burning and awareness levels, 51% of producers stated that stubble should not be burned due to the harm to the living and 11% stated that stubble should not be burned due to the harm to the soil, and only 13% of producers burn stubble. Almost all of the producers in

this study who had their opinions and remarks on the effects of stubble burning were of the opinion that burning stubble was bad (97.67 %).

According to the producers, the most substantial damage (75.58%) caused by the stubble fires was discovered in nature, while the economic loss was discovered to be loss of efficiency (71%). When asked about the producers' thoughts on the stubble burning penalty, 97.67% said they were aware of the penalty and 6.98% said they had been penalized [32]. The Environment Law No. 2872, as well as the corresponding provisions of Law No. 5491 and Forest Law No. 6831 modifying this law [41, 42], imposes penalties on individuals who violate the stubble burning laws. Although most farmers observe this regulation, there are still some farmers who burn stubbles. The location of the burning stubble, however, remains unknown [13].

According to a study done for environmental engineer candidates to apply their environmental knowledge to daily life, 89% of engineer candidates knew about the dangers of burning stubble and cases of burning stubble, and 100% of them showed positive behaviors.

As a result, it is believed that the engineer candidates are aware of environmental issues in the city where they reside and in the country where they live, and that this awareness is a result of their vocational education [43]. Another study in Tokat province found that 49.02% of farmers had a moderate degree of environmental consciousness, 27.45% of farmers had a low level of environmental awareness, and 23.53% of farmers had a high level of environmental awareness [44].

In another study, 71% of farmers said they prefer to mix the stubble into the soil rather than burn it, and when asked what method they prefer, 57.38% said they want to mix the stubble into the soil. Some farmers have reported that they manufacture hay and bales out of the stubble. None of the producers also said that they did not obtain alternative approach information from a consultant or agency [32].

4 Results

Remaining plant wastes are burned unconsciously in many parts of Turkey, especially after wheat harvest. The stubble should not be burned for any reason in order to boost the productivity of agricultural land, protect the life of the soil, raise the amount of organic matter in the soil, make the soil more resistant to erosion, and obtain more crops per unit area.

With stubble fires, animals' grazing areas are burned, fires spread to unharvested agricultural land, macro and micro living beings in the soil are killed, soil organic matter is burned, nutrient substances for plants in the soil are reduced, soil water capacity is reduced, water and wind erosion are increased, ecologic balance is disrupted with forest fires, and drinking water sources are contaminated. All scientific research on the subject concludes that burning stubble is an unintentional act committed without regard for the future. As a result, it has been determined that both farmers and all professions working in agricultural areas should be

aware of the problem of stubble burning and provide training to address it.

5 Suggestions

Instead of burning stubble, alternative stubble management strategies should be organized for farmers, with a focus on the importance of this matter, so that the soil's biological, chemical, and physical structures, as well as the environment's natural equilibrium, are conserved. It is anticipated that conducting practical research that would enhance awareness and knowledge levels by connected institutions would be advantageous in disseminating alternative ways in trainings.

It is vital to use instruments that mix the stubble under the soil so that it does not interfere with the preparation of the seed bed after the harvest. Harvesting should be done with a harvester close to the soil's surface. Following the wheat harvest, the second crop, corn, soybean, and sunflower cultivation, should be encouraged to employ direct sowing methods.

In regions where there is too much stubble, nitrogen fertilizer should be applied to around 1% of the remaining stalk to ensure that the stubble breaks down and decomposes into organic matter. This and other technical advantages should be passed on to farmers in the next training programs, and they should be led to stubble management approaches that are more effective, cost-efficient, simple, and helpful than stubble burning. In order to attain these goals, producers must be provided with technical assistance as well as training. Incentives and grant programs should be provided to producers in order to prevent a shortage of technical equipment, equipment, and machinery that will be required to put all of these recommendations into action. In the case of wild plants and insects, pesticides are recommended instead of stubble burning [11].

The Ministry of Environment and Forestry and the Ministry of Food, Agriculture, and Livestock have created recommendations and fines for stubble burning, which have greatly aided the fight against stubble fires. However, the number of trainings required to raise producer awareness of the negative effects of stubble burning on agricultural production should be increased and maintained.

Declaration of Competing Interest

The author declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper. Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Yavuz., G. G., Miran., B., & Özüdoğru., T. (2015). Türkiye'de Tahıl Üreticilerinin Tarımsal Amaçları ve Üretimlerini Sürdürme Eğilimleri. *International Conference on Eurasian Economies, 9-11 September 2015.243-249, Kazan, RUSSIA.*
- [2] Güçdemir, İ., H. (2006). Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, *Yayın No 231*, Ankara.
- [3] Özbek, H., Kaya Z., Gök, M., & Kaptan, H. (1993). *Toprak Bilimi. Çeviri, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.*

- [4] Korucu, T., & Mengeloğlu, F. (2007). Türkiye tarımsal artık potansiyeli ve alternatif kullanım olanakları, Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, 5(6), 297-307.
- [5] Akman, Z. (2015). Anız (ı) Yakma. *Dergi Ayrıntı*, 3(32):7-10.
- [6] Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., & Şenol, S. (1987). Toprak Genesisi ve Sınıflandırılması. *Çukurova Üniversitesi Yay. Ders Kitabı 7.1.3. Ç.Ü. Basımevi*, Adana.
- [7] Kılıç, Ş., Doğan, K., & Görücü Keskin, S. (2013). Yanlış arazi kullanımı ve anız yakma sorununa çözüm önerileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Tralleis Elektronik Dergisi*, 1, 36-44.
- [8] Rastogi, M., Singh S., & Pathak H. (2002). Toprakta Karbondioksit Emisyonu. *Current Science*, No:5.
- [9] Cangir C., & Boyraz D. (2008). İklim Değişikliği ve Çölleşme veya Toprak/ Arazi Bozulmasının Türkiye'deki Boyutları ve Çölleşme ile Mücadele. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5(2):169-186.
- [10] Gülersoy, A. E. (2014). Yanlış Arazi Kullanımı. *Elektronik Sosyal Bilgiler Eğitimi Dergisi*, 1(2), 49-128.
- [11] Süzer, S. (2003). Buğday Tarımında Azaltılmış Toprak İşlemesi Olanaklarının Araştırılması. *Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı*. No: 2, 108-121.
- [12] Saltalı, K. (2015). Toprak Verimliliğinde Organik Maddenin Önemi Retrieved January 27, 2017 from <http://www.gubretas.com.tr/tr/icerik/12/1834/toprak-verimliliğinde-organik-maddenin-onemi.aspx>
- [13] TÜİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu İstatistikleri. Retrieved October 28, 2016 from <http://www.tuik.gov.tr>
- [14] Çıtak, S., Sönmez, S., & Öktüren, F. (2006). Bitkisel Kökenli Atıkların Tarımda Kullanılabilir Olanakları. *Derim*, 23(1), 40-53.
- [15] Bulut, S. (2016). Sivas' ta Tahıl Tarımı, Verimlilik Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi/Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(5).
- [16] Savcı, S., & Bağdatlı, M. C. (2016). Anız Yakmanın Çevre Üzerine Olan Etkileri ve Çözüm Önerileri. *I. Uluslararası Şehir, Çevre ve Sağlık Kongresi*.
- [17] Yılmaz, G., Bilgili, A. V., Toprak, D., Almaca, A., & Mermut, A. R. (2014). Anız yakmanın karbondioksit salınımına etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(1), 25-31.
- [18] Sarı, M., Çerçi, İ. H., Deniz, S., Şahin, K., Seven, P. T., Şahin, N., ... & Bingöl, T. N. (2008). Hayvan besleme ve beslenme hastalıkları. *Medipress Matbaacılık ve Yayıncılık Ltd. Şti. Malatya*.
- [19] Turan, N., Özyazıcı, M. A., & Tantekin, G. Y. (2015). Siirt İlinde Çayır Mera Alanlarından ve Yem Bitkilerinden Elde Edilen Kaba Yem Üretim Potansiyeli. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 69-75.
- [20] Dellal, G., Eliçin, A., Tekel, N., & Dellal, İ. (2002). GAP bölgesinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapısal özellikleri. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Yayın*, (82).
- [21] Brand, T. S., Franck, F., Durand, A., & Coetzee, J. (1999). The intake and nutritional status of sheep grazing wheat stubble. *Small Ruminant Research*, 35(1), 29-38.
- [22] Konca, Y. (2001). Hindi besiciliği. *Tarımsal Araştırma ve Eğitim Koordinasyonu (TAYEK/TYUAP)*, 21-31.
- [23] Ergün, N. (2008). Tavukçuluk - Yumurta Tavukculuğu, Et Tavukculuğu, Hindicilik. Retrieved January 11, 2018 From <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Kanunlar/Forms/DispForm.aspx?ID=26>
- [24] Ceyhan, A., Şekeroğlu, A., Ünal, A., Çınar, M., Serbest, U., Akyol, E., & Yılmaz, E. (2015). Niğde ili koyunculuk işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları üzerine bir araştırma. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(2), 60-68.
- [25] Korucu, T., Arslan, S., Dikici, H., & Tanrıverdi, Ç. (2007). Hasat Sonrası Dönemin ve Anız Yakmanın Toprak Penetrasyonu ve Nem İçeriği Değişimine Etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(1), 41Korucu.
- [25] Alızadehasıl M., & Ünal N. (2011). Kilis, Norduz ve Honamlı Keçilerinde Bazı Morfolojik Özellikler. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 51(2): 81-92
- [25] Küçükosmanoğlu, A., & Arslangündoğdu, Z. (2009). Türkiye'de Avcılığın Geleceği. *ActaTurcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 1(1): 357-366.
- [26] Kumova, U., & Korkmaz, A. (2000). Türkiye Arı Yetiştiriciliğinde Çukurova Bölgesinin Yeri ve Önemi. *Hayvansal Üretim*, 41(1).
- [27] İliker, A., Albayrak, İ., & TABUR, M. (2015). Kızılırmak Vadisinde Kuşları Etkileyen Olumsuz Faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1), 98-102.
- [28] Uysal, İ., & Tosunoğlu, M. (2012). Kavak Deltası (Saroç Körfezi)'nin herpetofaunal zenginliği. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 3(2), 52-58.
- [29] Kumar, P., Kumar, S., & Joshi, L. (2015). Socioeconomic and environmental implications of agricultural residue burning: A case study of Punjab, India (p. 144). *Springer Nature*.
- [30] TÜİK (2011). Ulusal Seragazi Emisyon Envanteri Raporu 1990-2009. Yayın No:3607. Retrieved January 11, 2018 from <http://www.tuik.gov.tr>
- [31] Bayraç, N. H., & Doğan, E. (2016). Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım Sektörü Üzerine Etkileri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(1): 23- 48.
- [32] Erdal, G., Erdal, H., & Yavuz, H. (2016). Anız Yakma ve Çiftçi Bilinç Düzeyi. *Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(8): 662-667.
- [33] Cerit, O. (2012). Hava Kirliliği Ve Küresel Isınma. Çevre Mühendisliğine Giriş Ders Notları. Retrieved 18, 2018 from http://cerit.cumhuriyet.edu.tr/ders/cmğ/hafta_6/HavaKirliligiVeKureselIsınma.pdf
- [34] Karagöz A. (2013). Tuz Gölü Çevresindeki Bitkisel Biyolojik Çeşitlilik Unsurlarının Tarımsal Kullanım Potansiyelleri ve Tehdit Faktörleri Açısından Değerlendirilmesi. *I. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 13-14 Kasım 2013*, 172-181, Konya.
- [35] Buckingham, F., 1993. Tillage. In F. Buckingham, R.F. Espenschied, T.A. Hoerner, and K.R. Carlson (eds.). *Fundamentals of Machine Operation. 3rd edn. Deereand Company, Moline, IL, USA*.
- [36] Gürsoy, S. (2012). Diyarbakır ilinde uygulanan buğday anızı ve sapı yönetim sistemlerinin değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 173-179.
- [37] Akbolat, D., & Güzel, E. (1995). İki Farklı Toprak Frezesinin Tahıl Anızını Parçalama ve Toprağa Karıştırma Etkinliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. *Tarımsal Mekanizasyon*, 16, 384-393.
- [38] Jasa, P. J., Shelton, D. P., Jones, A. J., & Dickey, E. C. (1991). G91-1046 Conservation tillage and planting systems. *Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. Paper 729*.
- [39] Sönmez M.E. & Avcı S. (2011). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Kalkınmayı Geciktiren Beşeri Kökenli Sorunların Gökusu Çayı Havzası (Adıyaman) Özelinde Değerlendirilmesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2): 28-56.

- [40] Coşkan, A. (2006). Anız yakılmış ve yakılmamış parseller üzerine uygulanan tütün atığının soyada biyolojik azot fiksasyonuna ve verime etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 12(03).
- [41] Anonim (2016). 2872 sayılı Çevre Kanunu. 11.8.1983 tarihli ve 18132 Sayılı Resmi Gazete. Retrieved 27 October, 2016 from <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=264>
- [42] Anonim (2016). 6831 sayılı Orman Kanunu. 8.9.1956 tarihli ve 9402 Sayılı Resmi Gazete.
- [43] Kalıpcı, E., Öztaş, H., & Özdemir, C. (2009). Çevre Mühendisliği Öğrencilerinin Çevre ile İlgili Bilgilerini Günlük Yaşama Uygulayabilme Düzeyleri, *Fen, Sosyal ve Çevre Eğitiminde Son Gelişmeler Sempozyumu, Giresun Üniversitesi Eğitim Fakültesi, 18-20 Kasım 2009*, 73, Giresun.
- [44] Kızılaslan, H., & Kızılaslan, N. (2012). Çevre Konularında Kırsal Halkın Bilinç Düzeyi Ve Davranışları (Tokat ili Artova ilçesi örneği). *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1(1): 67-89.



DESIGN AND ANALYSIS OF PERMANENT MAGNET DC MACHINES WITH FEM BASED ANSYS-MAXWELL

Yıldırım Özüpak*¹ 

¹Dicle Üniversitesi, Silvan Meslek Yüksekokulu, Elektrik Enerjisi Bölümü, Diyarbakır

Abstract

Original scientific paper

In this paper, permanent magnet direct current (PMDC) motor was designed and analyzed; The obtained speed, efficiency, torque and air gap flux distributions were examined and the results were compared with literature for the motor type. In order to compare the designed machine with literature, magnets made of the same materials and having the same geometric dimensions were used, as well as the basic motor features. The rated current, voltage, speed, torque and efficiency of two surface magnet motors with different rotor structures, including the eddy current effect, torque-speed characteristics and magnetic analysis, were investigated using the ANSYS-MAXWELL program, which performs a solution based on the Finite Element Method (FEM). This study will be a useful study for the literature in terms of examining the basic structure, electromagnetic properties, speed-torque values, efficiency of motor with surface permanent magnet (PM) rotor and comparing with literature.

Keywords: Motor, permanent magnet (PM), FEM, maxwell.

SEY TABANLI ANSYS-MAXWELL İLE KALICI MAGNET DC MAKİNALARIN TASARIMI VE ANALİZİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu çalışmada, sabit mıknatıslı doğru akım (SMDA) motoru tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen hız, verim, tork ve hava aralığı akı dağılımları incelenmiş ve sonuçlar motor tipi için literatür ile karşılaştırılmıştır. Tasarlanan motoru literatürle karşılaştırmak için temel motor özelliklerinin yanı sıra aynı malzemelerden yapılmış ve aynı geometrik boyutlara sahip mıknatıslar kullanılmıştır. Farklı rotor yapılarına sahip iki yüzey mıknatıslı motorun anma akımı, gerilim, hız, tork ve verimleri, girdap akımı etkisi, tork-hız karakteristikleri ve manyetik analiz dahil olmak üzere, Sonlu Elemanlar Yöntemine (SEY) dayalı çözüm gerçekleştiren ANSYS-MAXWELL programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, yüzey sabit mıknatıslı (PM) rotorlu motorun temel yapısı, elektromanyetik özellikleri, hız-tork değerleri, veriminin incelenmesi ve literatürle karşılaştırılması açısından literatüre faydalı bir çalışma olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Motor, sabit mıknatıslı (SM), SEY, maxwell.

1 Introduction

With the developing technology, the number of high-performance products that make human life easier is increasing day by day. Along with the increasing smart technology, integrated products arising from the machinery and electronics sector are also being introduced. One of them is brushless direct current (DC) motor. It provides many advantages such as high torque density, absence of brush losses, low moments of inertia, good speed control, low maintenance costs, quiet operation and high efficiency compared to brushed DC and stepper motors, which are other stakeholders in the sector, and are used in many application areas in the sector

found. In addition, although there are disadvantages such as the complexity of the control circuits and their high costs, studies to reduce the cost in this direction continue.

Some of the usage areas of brushless DC motors with different power and dimensions can be counted as industrial, household appliances, office vehicles, automotive, transportation and transportation, defense systems, health, aviation, construction-building vehicles and renewable energy systems applications [1].

In the literature, it is seen that the studies on the subject are generally in the direction of the use of motors in engineering systems, control, design stages and production process. In a study, studies were carried out on the simulation of brushless DC motor using ANSYS

* Corresponding author.

E-mail address: yildirimoszapak@gmail.com (Y. Özüpak)

Received 14 June 2022; Received in revised form 27 March 2023; Accepted 10 May 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1130422>

Maxwell 3D program. In this paper, the temporary and steady state behavior of four different types of motors that can be used for high-performance electric bicycles are examined and the performances of the motors are evaluated [2]. In a study on the design and prototype production of an outer rotor brushless synchronous electric motor for electric bicycles, prototype tests were carried out using the experimental setup and it was found that it largely overlaps with the simulation results [3-5]. The importance of permanent magnet motors is increasing day by day, as important developments in permanent magnets and power electronics elements reduce the size of these elements, become cheaper and more efficient. PM motors are not the most common motors used today, but they will become the most common motors over time as their cost decreases due to their compactness, high power density, high torque, high acceleration/torque ratio, easy drive and high efficiency characteristics [6-8].

There are many different types of PM motor structures according to the usage area (constant torque, constant speed, constant power). Recent studies in the open literature show that many researchers and engineers have started working on this motor design. In a study by Dajaku and Gerling [9], the parameters and electromechanical moments of PM motors of different structures used in hybrid vehicles were investigated using the ANSYS program. In another study, a new approach to optimizing surface magnet PMDC (permanent magnet direct current motor) design was investigated. Other studies have been done on analytical calculation, modeling and optimization of PM motors.

In general, these motors are tolerated at small and medium powers. It has also been used for higher powers in recent years. These motors, which have a simple structure, have independent or integrated electronic commutation, produce high torque per ampere and do not change according to the operation, these motors have attracted motors to wide areas of use, including domestic and industrial applications. pushes to produce designs. One of the configurations is a slotted and slotless BLDC motor. A spotless BLDC is a motor that comes without a stator core.

Depending on the position of permanent magnets, motors with rotors mounted inside are called axial flux motors, and radial flux motors are motors with rotors mounted on the stator. The motor assembly is simplified by the internal structure, eliminating the problem of holding the magnets against centrifugal force. It is also possible to use rectangular magnets instead of arc-shaped magnets.

In general, rotational loss (friction + wind) in motor design can be neglected because it is low compared to other losses, but it should be avoided for best results. In 2016, Prathamesh Mukund Dusane used 3D ANSYS-Maxwell for these motors with different number of grooves and poles, their drawings and results were given in detail and the results of these motors were compared with each other [10].

Motor performance can be largely predicted even before production is confirmed. This is because multiple design iterations can be done faster at lower cost and new designs are created by optimizing the original parameters. Performance analysis can also be performed under faulty

conditions. Accurate calculation of motor parameters and characteristics is foreseen in terms of field calculation and result analysis [11-17].

Various design configurations exist in the literature with their advantages and disadvantages. Single-phase permanent magnet brushless DC motor with higher speed is described in [12]. This motor also has the disadvantage of high torque ripple and low torque/ampere. A two-phase motor with 100% copper usage and 67% magnet usage was investigated in [19]. In [17] it is stated that a three-phase BLDC motor is at least 15% more efficient than a two-phase BLDC motor with similar ratings.

The analysis of the machine using permanent magnetic circuit dimensions was carried out using the ANSYS-MAXWELL program. In order to make a comparison, the design of the PMDC motor has been compared with machines of different geometric structure and similar dimensions. In this study, the analysis and comparison of the magnet geometry were made together.

2 Material and Method

The benefits of using PMs in electrical machines can be summarized as follows:

- No energy is consumed for the excitation system and therefore there are no excitation losses that cause a decrease in efficiency,
- High torque and/or output power,
- Better dynamic performance,
- Simpler construction and easy maintenance,
- Cost reduction of some machine types.

There are conventional three-phase windings in the stator of the PM motor, and there are permanent magnets placed on the surface or embedded in the rotor in the rotor [2]. These motors require extensive speed control; They are widely used in devices such as computer disk drives, copiers, laser printers, scanners, office tools such as fans, industrial robots, robotic arms.

2.1 Permanent Magnets (PM)

Permanent magnets have the same effect as electromagnets in terms of magnetism; Therefore, they are widely used to provide excitation in electrical machines. These magnets are useful because they store magnetic energy and do not waste this energy during the operation of the machine. Today, the most commonly used PMs in electric motors are:

- Alnico: Al, Ni, Co, Fe;
- Ceramics (Ferites): Barium Ferite and Strontium;
- Rare earth magnets: Samarium-Cobalt (SmCo), Neodymium-Iron-Boron (NdFeB).

Alnico magnets are more advantageous than ceramic magnets in terms of high flux density and low temperature change. However; Although alnico magnets have lower resistance to demagnetization compared to ceramic magnets, their costs are higher. Rare earth magnets show very good magnetic properties but are generally more expensive than alnico and ceramic magnets.

2.2 Types of PM

Figure 1 shows the basic structures of three types of surface magnet PM motors. Basically, magnets can be embedded in the yoke and body of the rotor iron, as well as placed on the surface of the rotor. In addition, the magnet positions connected to the rotor can be changed as inner rotor and outer rotor. Internal surface rotor PM motor designs were made. Rotor structure and the position of the magnets placed on the rotor have important effects on the structure of the motor. In order to make the flux density in the air gap homogeneous and to obtain more uniform fluxes, the magnets to be placed on the rotor surface should be in the form of an arc. This increases the cost of manufacturing magnets. However, since rectangular magnets will be used in embedded type magnet rotors, the cost is cheaper.

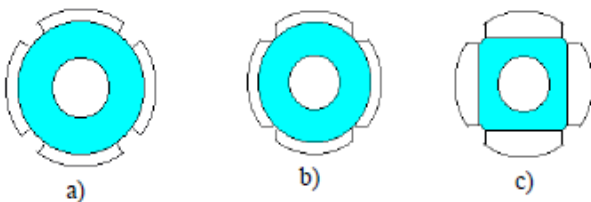


Figure 1. Different rotor structures of the surface magnet PM motor; a) surface magnets perpendicular to the rotor shaft, b) surface magnets parallel to the rotor shaft, c) bread-shaped magnets.

2.3 Mathematical Model

Magnetic energy plays a very important role in generating torque. Therefore, it is necessary to formulate the magnetic energy. In order to formulate this energy, the equation of the magnetic vector potential depending on the magnetic field strength must be known. The moment value can also be obtained from this equation. The velocity-dependent two-dimensional magnetic field equation can be expressed as follows [18]. The torque developed by the BLDC motor is expressed by equation (1).

$$T = 2NN_m B_g LR_{ro} I = k_t I \quad (1)$$

Where, N is the number of turns in the groove, N_m is the number of poles, B_g is the air gap flux density, L is the active length of the motor, R_{ro} is the rotor outer diameter, and I is the current through the conductor. The $2N$ factor is that the three-phase inverter is operated in 120° conduction mode, that is, 2 phases carry current at any given time.

The opposite MMF expression for the BLDC motor is given in equation (2) [18].

$$E_b = 2NN_m B_g LR_{ro} W_m = k_e I \quad (2)$$

Where W_m is the angular velocity of the rotor. When the torque and reverse MMF equations are compared, it is seen that the torque and back emf constants are equal in equation (3) [18].

$$k_t = k_e = 2NN_m B_g LR_{ro} \quad (3)$$

Results from the motor can be expressed in terms of main dimensions, specific electric and magnetic charges, and speed. The kVA value of the BLDC motor is given below.

$$Q = C_o R_{ro}^2 L W_m \quad (4)$$

Where, C_o is a constant and is expressed as given in equation (5).

$$C_o = 11 B_{av} a c k_w * 10^{-3} \quad (5)$$

Where, B_{av} is the magnetic charge, a is the electrical charge and k_w is the winding factor. Copper losses for two phases, P_{cu}

$$P_{cu} = 2I^2 \frac{\rho L N^2 N_c}{K_{wb} A_g} \quad (6)$$

It is expressed as Here, ρ is the density of the copper wire, N_c is the number of turns per phase, K_{wb} is the filling factor of the bare wire, and A_g is the air gap. Wind and friction losses [17]:

$$P_f = \frac{3}{100} P_{out} \quad (7)$$

The weight of the gears of the stator;

$$W_t = \rho_i A_t N_s L \quad (8)$$

is defined as. In the equation, ρ_i represents the density of iron, A_t represents the cross-sectional area of the teeth and N_s the number of grooves. The weight of the stator yoke is given by equation (9).

$$W_{sy} = \rho_i A_{sy} L \quad (9)$$

A_{sy} is the cross-sectional area of the stator yoke. The weight of the rotor yoke is expressed as follows [19].

$$W_{ry} = \rho_i A_{ry} L \quad (10)$$

Where A_{ry} is the cross-sectional area of the rotor yoke. Total iron weight;

$$W_{total} = W_{ry} + W_{sy} + W_t \quad (11)$$

it has been defined as.

Total iron loss is calculated by equation (12).

$$P_{iron} = L_{kg} * W_{total} \quad (12)$$

Where L_{kg} is the loss in Watts per kg of stator material. Power input to the motor is given by:

$$P_{in} = P_{out} + P_{cu} + P_{iron} + P_f \quad (13)$$

Machine efficiency η (%)

$$\eta (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (14)$$

Maxwell program based on FEM was used to solve the above equation. Thus, the torque value can be reached directly.

2.4 FEM Analysis of PMDC

The detailed knowledge of the flux distribution in the air gap of a PM motor plays a very important role in the accurate estimation of the torque and efficiency characteristics of the motor. For very simple geometries, the magnetic flux distribution can be calculated analytically. Magnetic flux distribution in most cases; It is obtained by numerical methods such as Finite Element Method (FEM). In this study, the magnetic analysis of the designed PMDC motors was investigated using the Maxwell 2D program. The simulation was completed using the following steps;

- Creating a geometric model,
- The assignment of the materials that make up the structure of the motor,
- Determination of boundary conditions and networking process,
- Identification of sources of electromagnetic excitation (assignment of currents to the windings),
- Determination of other quantities to be calculated (such as force, moment, and leakage flux),
- The start of the analysis process,
- Examining the results.

After the completion of these steps, the general motor structures given in Figure 2 are obtained and the path followed by the magnetic fluxes, flux densities, intensities and stored magnetic energies can be examined through the same Figs. The geometric dimensions of the slot are given in Table 1.

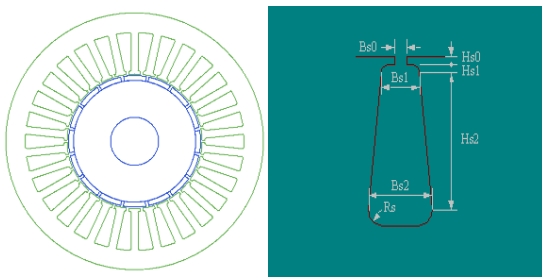


Figure 2. General view of the designed motor structure and slot type.

Table 1. The geometric dimensions of the slot.

Name	Value	Unit
Hs0	2	mm
Hs1	1	mm
Hs2	30	mm
Bs0	2	mm
Bs1	6	mm
Bs2	12	mm
Rs	0.6	mm

2.5 Parameters of Designed PM Machines

Rotor core is made of NdFeB magnets and stator core is made of M19_24G material and copper coils are placed in the stator slots. All analyzes were made according to constant power value (1500 W). For this reason, the speed

changes of the motors are between 500 and 550 rpm. Dimensions of the designed motors; It depends on the type of current, the rated speed, the motor winding coefficients and the power of the motor. The general geometry of the designed motors is given in Figure 2. Rated values, stator and rotor geometries of the designed motors are given in Table 1-3. The materials used for different parts of the motors are given in Table 4.

Table 2. Parameters of the designed motor.

Parameter	Value
Rated output power (W)	1500
Rated voltage (V)	48
Number of pole	36
Windage loss (W)	20
Frictional loss (W)	10

The values of the stator and rotor geometries of the designed machine are presented in Table 3 and Table 4, respectively.

Table 3. Stator geometry parameter.

Parameter	Value
Number of slots	30
Outer diameter	210 mm
Inner diameter	110 mm
Lenght	50 mm
Stacking factor	0.95
Material	M19_24G
Conductor type	Copper

Table 4. Rotor geometry parameter.

Parameter	Value
Outer diameter	108 mm
Inner diameter	40 mm
Stacking factor	0.95
Lenght	50 mm
Material	M19_24G
Magnet thickness	4 mm
Magnet type	NdFe35

2.6 Winding Topology

Working principle of electrical machines; It is based on the magnetic field created by the current flowing through the windings of the machine and the interaction of the magnetic fields with each other. A wide variety of winding types can be used, depending on the conductor dimensions, weight, efficiency and power density of the motor. In this study, a distributed two-layer winding type was used for all motors. One of the most important factors to be considered in the winding topology of the machine is; The magneto motor force (MMF) produced in the stator windings is as sinusoidal as possible.

For this paper the number of phases in the motors is designed as three and the number of windings in each slot is 40. Figure 3 clearly shows the stator coils and the bilayer structure of the coils. The designed motors are driven by a circuit consisting of six transistors. The purpose of these transistors used in the circuit is to provide commutation. During each commutation, only the first coil of the motor stator is charged with positive voltage and the second coil with negative voltage. With the square wave obtained thanks to this circuit, the motor works without interruption [11].

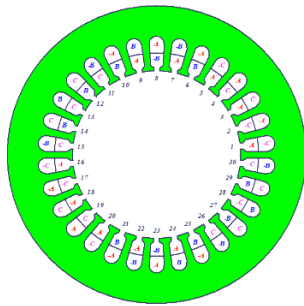


Figure 3. Stator and coil structure of motors.

3 Result and Discussion

Machine parameters and electromagnetic torque considerations are very important for the design and analysis of electrical machines.

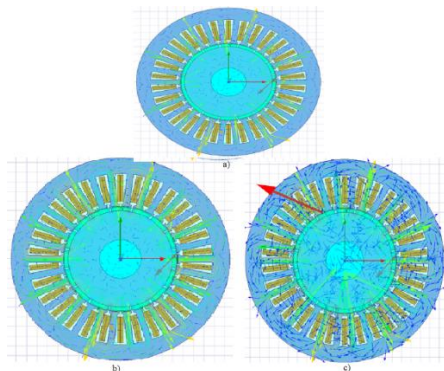


Figure 4. a) Magnetic flux lines of the designed machine, b) magnetic field strength, c) flux lines.

In the designed motor, permanent magnets of the same dimensions were placed according to the hair package structure of the rotor and magnetic analysis was performed accordingly (The flux lines of the designed motor are as in Figure 4). The simulation results are given with curves and graphs in order as in Figs. 4-8. And it has been understood that the rated operating limits are within acceptable values. The BH curves of the NdFeB magnet used in the rotor and the M19_24G materials used in the stator go into saturation at 2.46 T and 1.34 T points, respectively.

The flux distribution completes the circuit smoothly (without breaking in the air gap) over the rotor, air gap and stator. This means that the air gap area of the designed motors is at an appropriate value. In addition, it is understood from the performance curves of the motors and the tables that the air gap values left are in an acceptable range.

Table 5. Analysis results of the machine.

Parameter	Value
Rated speed (rpm)	920
Rated moment (N.m)	22.1
Output power (W)	1500.24
Input power (W)	1875.71
Total loss (W)	375.57
Efficiency (%)	79.2

The variation of the air gap flux density was obtained as in Figure 5. The air gap flux densities of the designed PM motor are trapezoidal and sinusoidal.

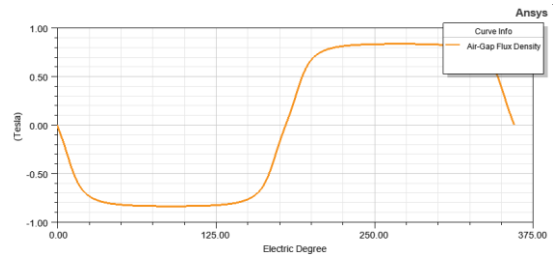


Figure 5. The air gap flux densities.

As seen in Figure 6 and Equation 2, while the motor is starting, it draws excessive current from the network since the speed is zero at the beginning.

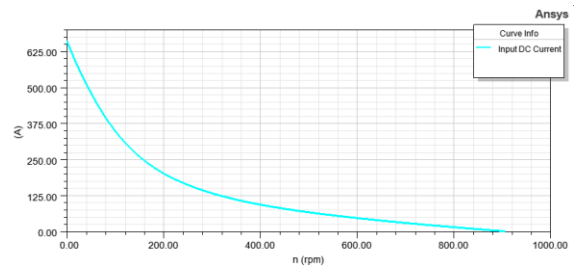


Figure 6. Current and speed curve.

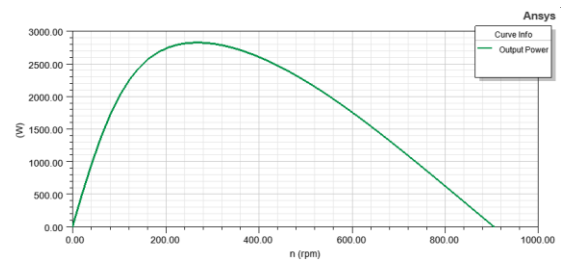


Figure 7. The rapid variation of the output power.

The rapid variation of the output power is shown in Figure 7. Where, the power-speed variation of type b motor is wider than other motor. Therefore, this type of motors are used in places that require power-speed variation in wide ranges. The efficiency-speed curves of the designed motor were obtained as in Figure 8.

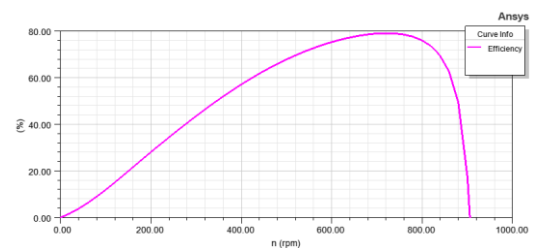


Figure 8. The efficiency-speed curves of the designed machine.

As mentioned before, torque and speed are inversely proportional to each other and the torque-speed curves of the designed motor are obtained as in Figure 9.

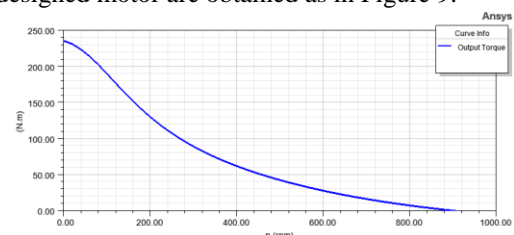


Figure 9. Torque-speed curves of the designed motor.

Output current and voltage curves are given in Figure 10 and Figure 11.

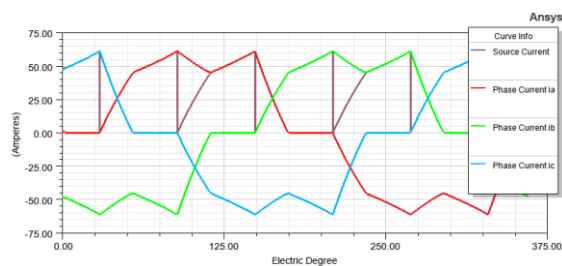


Figure 10. Current and electric degree curve

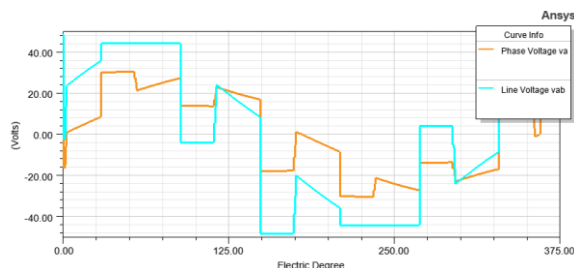


Figure 11. Voltage and electric degree curve

It is desirable that the moment-speed curve of an electrical machine is linear. It is seen that the torque-speed curves of the designed motor are approximately linear. As can be seen from the graphics obtained as a result of the study, the more the magnets spread over the rotor surface, the higher speeds they can reach with the same efficiency, by coating the rotor surface of the magnets. Similarly, higher output power can be obtained at the same speed if magnets are placed so that they cover the rotor surface.

4 Conclusion

In this paper, general and magnetic analysis of surface magnet PMDC motor was made using Maxwell program and analysis results; Topology, size, magnetic field, air gap flux, voltage, torque, velocity, losses, weight and efficiency were compared. Fundamentals of magnetic circuit and necessary basic equations used in electromagnetic field have been obtained. In this paper, Permanent magnet BLDC motor used in 1500 W and 550 rpm solar power vehicles is designed. In the study, it has been observed that the efficiency of the motor at nominal torque and nominal speed is very good. The efficiency of the motor was obtained as 79.2 %. When the analyzes are compared with the literature, it is understood that the efficiency of the machines in these structures and powers is close to each other. It is possible to design smaller and more economical machines by optimizing flux distributions and magnetic field strengths.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

[1] Dusane, P. M. (2016). *Simulation of a brushless dc motor in ansys-maxwell 3d*. (Master's dissertation, Czech Technical University).

- [2] Lequesne, B. (2015). Automotive electrification: The nonhybrid story. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 1(1), 40-53.
- [3] Chaudhari, A., Mahajan, G., & Chaudhari, A. P. (2015). Implementation of BLDC Motor Based Water Pump for Automotive Vehicle. *The International Journal of Engineering and Science*, 4(6), 34-41.
- [4] Ooshima, M., & Takeuchi, C. (2010). Magnetic suspension performance of a bearingless brushless DC motor for small liquid pumps. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 47(1), 72-78.
- [5] Hanselman, D. C. (2003). *Brushless permanent magnet motor design*. The Writers' Collective.
- [6] Gieras, J. F. (2002). *Permanent magnet motor technology: design and applications*. CRC press.
- [7] Jin, J. M. (2015). The finite element method in electromagnetics. *John Wiley & Sons*.
- [8] Ansys (2022). *User guide*
- [9] Dajaku, G., & Gerling, D. (2007, November). Design of permanent magnet machines for hybrid vehicles. In *Congress Center Dresden, Germany*.
- [10] Mujianto, A., & Nizam, M. (2014, November). Comparison of the slotless brushless DC motor (BLDC) and slotted BLDC using 2D modeling. In *2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS)* (pp. 212-214). IEEE.
- [11] Young, L. J., Lee, G. H., Hong, J. P., & Hur, J. (2003). comparative study of line start permanent magnet, skeleton type brushless and Snailcam type switched reluctance motor for a fan. In *Sixth International Conference on Electrical Machines and Systems* (pp. 183-186).
- [12] Li, Y., Walls, T. A., Lloyd, J. D., & Skinner, J. L. (1998). A novel two-phase BPM drive system with high power density and low cost. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 34(5), 1072-1080.
- [13] Xia, C. L. (2012). *Permanent magnet brushless DC motor drives and controls*. John Wiley & Sons.
- [14] Pathiyil, P. (2011, March). Design Optimisation using Genetic Algorithm and Finite Element Analysis Of a Three Phase Outer Spin Brushless DC Motor. In *International Conference on Mathematical Modeling and Application in Industrial Process*.
- [15] Waghmare, T., Choube, P. R., Dakre, A., Suryawanshi, A. M., & Holambe, P. (2016). Design of internal permanent magnet brushless DC motor using ANSYS. *JournalNX*, 2(4), 1-7.
- [16] Mujianto, A., & Nizam, M. (2014, November). Comparison of the slotless brushless DC motor (BLDC) and slotted BLDC using 2D modeling. In *2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS)* (pp. 212-214). IEEE.
- [17] Shrivastava, N., & Brahmin, A. (2014). Design of 3-phase BLDC motor for electric vehicle application by using finite element simulation. *International journal of emerging technology and advanced engineering*, 4(1), 140-145.
- [18] Sameullah, M., & Chandel, S. (2016, April). Design and analysis of solar electric rickshaw: A green transport model. In *2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS)* (pp. 206-211). IEEE.
- [19] Kommula, B. N., & Kota, V. R. (2020). Direct instantaneous torque control of Brushless DC motor using firefly Algorithm based fractional order PID controller. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 32(2), 133-140.



APPLICATION OF PANORAMIC DENTAL X-RAY IMAGES DENOISING

İclal Çetin Taş^{*I} 

^IDepartment of Electrical-Electronics Engineering, Engineering Faculty, Ostim Technical University, Ankara, Turkey

Abstract

Original scientific paper

Dental X-ray imaging helps dentists detect many problems such as caries, cysts, and jaw structure problems. Clinical diagnosis and preventive examinations of dental structures play an important role by providing a comprehensive imaging evaluation with panoramic x-rays for dentists. Therefore, researchers primarily use image processing methods to analyze and improve a dental X-ray image and increase its contribution to the diagnostic time. Image segmentation, classification, threshold-based analysis, artificial neural networks, and frequency-based methods are the most widely used image processing techniques to analyze medical images and assist in the development of computer aided medical diagnosis systems. In this study, images were analyzed in terms of noise removal by using convolutional neural networks and binary and wavelet filters to improve the images that were distorted and lost their clarity as a result of noise caused by various reasons during shooting. The performances of these methods were compared, and it was seen that successful results were obtained in different noise types by using convolutional neural networks.

Keywords: Convolutional neural network, denoising, panoramic radiograph, wavelet.

PANORAMİK DİŞ X-RAY GÖRÜNTÜLERİNİN GÜRÜLTÜ GİDERİLMESİ UYGULAMASI

Özet

Orijinal bilimsel makale

Dental röntgen görüntülemesi, diş hekimlerinin çürük, kist ve çene yapısı sorunları gibi birçok sorunu tespit etmesine yardımcı olur. Diş hekimleri için panoramik röntgenler ile kapsamlı bir görüntüleme değerlendirmesi sağlayarak diş yapılarının klinik teşhisi ve önleyici muayeneleri önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu sebeple, araştırmacılar öncelikle bir dental röntgen görüntüsünü analiz etmek, iyileştirmek ve teşhis süresine katkısını artırmak için görüntü işleme yöntemlerini kullanırlar. Görüntü bölütleme, sınıflandırma, eşik tabanlı analiz, yapay sinir ağları, frekans tabanlı yöntemler, tıbbi görüntüleri analiz etmek ve bilgisayar destekli tıbbi teşhis sistemlerinin geliştirilmesine yardımcı olmak için en yaygın kullanılan görüntü işleme teknikleridir. Bu çalışmada, çekim sırasında çeşitli nedenlerle oluşan gürültünün sonucunda bozulan ve netliğini kaybeden görüntülerin iyileştirilmesi için evrimsel sinir ağları, bilateral ve dalgacık filtreleri kullanılarak görüntüler gürültü giderme açısından analiz edilmiştir. Bu yöntemlerin performansları karşılaştırılmış olup evrimsel sinir ağları kullanılarak farklı gürültü türlerinde başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Evrimsel sinir ağları, gürültü giderme, panoramik röntgen, dalgacık.

1 Introduction

Medical images x-ray, computed tomography, magnetic resonance can be obtained by various methods X-ray images are used in many medical areas. Dental x-rays are one of them. Thanks to the x-ray and imaging applications performed within the scope of dentistry services, diagnosis and treatment processes can be carried out effectively. Dental radiology and imaging play a role in diagnosing oral and dental health problems and creating a treatment plan. Thus, it increases the success of the

dentists and the satisfaction of the patients directly in the follow-up of the treatment processes. In addition to these, X-ray imaging is generally preferred because it is a low-cost method [1].

Panoramic x-ray is an important factor in the definitive diagnosis of many dental applications that cannot be detected during physical examination, such as determining the position of the impacted tooth, diagnosis of jawbone fractures, implant planning, root canal treatment. Taking advantage of the developing technological opportunities contributes to better results from the treatments. Panoramic

* Corresponding author.

E-mail address: iclal.cetintas@ostimteknik.edu.tr (İ. Ç. Taş)

Received 22 June 2022; Received in revised form 03 November 2022; Accepted 06 March 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1134105>

x-ray application, which enables the visualization of pathological formations in the teeth, jaw bones, and jaw bones in a single film, is an important application that is frequently used to obtain effective results in dental treatments. The physician's imaging of all the details helps to carry out the correct diagnosis and treatment processes. Therefore, after the first examination of the patient, it is drawn to determine the treatment way.

X-rays were used as the material of many studies to increase the quality of images, classify or cluster certain features, and identification applications. Denoising operation for biomedical images is an important and challenging task as it requires the elimination of non-image components while preserving some details of diagnostic information, which can be done in many different ways [2]. The body region where medical imaging takes place and the image characteristics of this region affect the noise generation and noise removal success[3].

In recent studies, two types of image noise removal methods are used, these are traditional algorithms and neural network-based deep learning methods. Methods based on wavelet transform are among the traditional methods. The main advantages of the wavelet decomposition and reconstruction method are its simple algorithm and short processing time due to fast computation. However, in the removal of some types of noise, such as white noise, these methods yield not very good performances from this method [4].

In this study, noise removal processes were applied using wavelet and bilateral filters, especially convolutional neural networks (CNN), which can bring new approaches to noise removal and has a good performance.

The most important criterion in determining the model architecture is to determine the appropriate depth for better performance. The depth of the model should be decided depending on the effective patch size and noise level in the image. Usually, high noise level image noise removal task requires large effective patch size. The DeepCNN model proposed here now learns to predict the image and this process is aimed at distinguishing the main image and the noise according to the information it has learned[5].

With the development of deep learning, some methods have outperformed traditional image analysis and computer aided diagnostic technologies. It is seen in the studies that deep learning methods provide high performance in removing ambiguous noise types thanks to their higher level of feature representation capabilities than traditional methods. Deep convolutional neural networks, such as deep convolutional neural networks, have achieved great success in the field of image noise removal. DnCNN network is frequently used in the literature to remove Gaussian noise [6].

Deep convolutional neural networks have been popular in medical research in recent years due to their impressive results in detection, prediction, and classification. Analysis of panoramic dental radiographs helps professionals observe problems in areas where vision cannot be clear or in hard-to-reach areas. at the same time, poor image quality or fatigue can lead to deviations in the accuracy of the diagnosis, which can ultimately hinder treatment. For this reason, as in all other medical imaging fields, the use of panoramic X-Ray images, which can help medical personnel make decisions regarding the correct

diagnosis, is one of the most frequently applied methods in the dental field [7].

Wang et al., 3 different methods based on deep learning were used for noise removal and their performances were compared. It has been shown that deep learning-based methods can be used for noise removal both purely and hybridly [8].

Wavelet-based methods decompose the image into many sub-bands as low and high frequency components to form a filter bank using perpendicular wavelet coefficients and perform a thresholding operation on the coefficients [9], [10]. Many thresholds value estimation and thresholding methods have been proposed in this field. Thresholding is a method that accepts the noise component of the simple nonlinear wavelet-based transform coefficients and eliminates them as noise components. If the coefficients are less than the estimated threshold value, they take the value to zero, if they are larger, they are either kept as they are or changed. This process is called hard or soft thresholding, depending on how it is applied.

In spatial domain filtering from traditional methods, the image is separated into frames and each frame is filtered one by one. It is a kind of spatial domain filtering method in bilateral filtering. Bilateral filters are used to prevent image deterioration and they are non-linear edge-protecting and noise-reducing, smoothing filters [11].

Therefore, the aim of the present study is to evaluate the application of four noise reduction algorithms to 4 different noises for dental panoramic x-ray images and to perform a comparative analysis of the algorithms' performance.

Section II describes the materials and methods in other parts of this article. Section III includes the experimental procedure, the relevant results, and considerations of the results. The final general analysis of the article was made in section IV.

2 Material and Methods

2.1 Material

Images were taken from Dentanest Plus Dental Clinic in Ankara. The images used in this study include images taken for periodic controls of patients in the 0-12 age group. Images are obtained from Morita brand 2D/3D Imaging model device. All the methods are applied for 30 test images. Images size is 1536x2871x3. The dataset hasn't been used in an academic or scientific study before.

2.2 Methods

2.2.1 Convolution Neural Networks (CNN)

Convolutional neural networks entered the literature for the first time with the work of LeCun et al. [12]. It is frequently preferred for operations where feature extraction cannot be done manually in signal image and video based applications [13]. In literature, generally CNN is used for removing for gaussian [14]–[16] and salt&pepper [17]–[20] noise. In particular, it is seen that the studies on the elimination of gaussian noise are in the majority [11]. CNN is one of the deep learning methods that stand out with their speed and accuracy. CNN have

been used to solve problems encountered in many fields such as image processing and signal processing in recent years. Denoising convolutional neural network (DnCNN) is a method prepared to reduce noise in images and provide a high-performance solution. DnCNN has been preferred in many applications because it is a method that increases the processing performance by reducing the amount of data. However, it should be noted that CNN networks can also increase the amount of error as the depth of the network increases. [11]. Although DnCNN is used in the denoising processes of many different medical images, there are limited studies for panoramic x-rays.

CNNs like traditional neural networks at each layer. CNNs are used in many applications, but pattern recognition is one of the prominent ones [21].

The convolution layer includes the stages of convolution, activation function (relu) and pooling and provides extraction of low-dimensional features from high-dimensional data.

Therefore, basic layers of CNN architecture consists of three layer; these are convolutional layer, pooling layer and fully-connected layer.

Multiple convolution and pooling layers can be positioned in succession Next, several fully connected layers are lined up. With a fully-connected layer, it receives three-dimensional input by reducing it to one dimension and a class label is obtained. The softmax layer at the end of the solution architecture of multi-class classification problems performs the calculation of the probability distribution of the output classes. The sequential coupling depth of the convolutional layer varies, specific to the problem. The classification layer, on the other hand, provides the matching of low-dimensional features and categories and generally has a fully connected neural network architecture. The convolution operation (Eq. (1)) in the first stage of the convolution layer allows the image to be filtered with a mask. It aims to obtain images of the same size as the original image, such as horizontal edges, vertical edges, angular edges, softened image, sharpened image as a result of convolution [22]

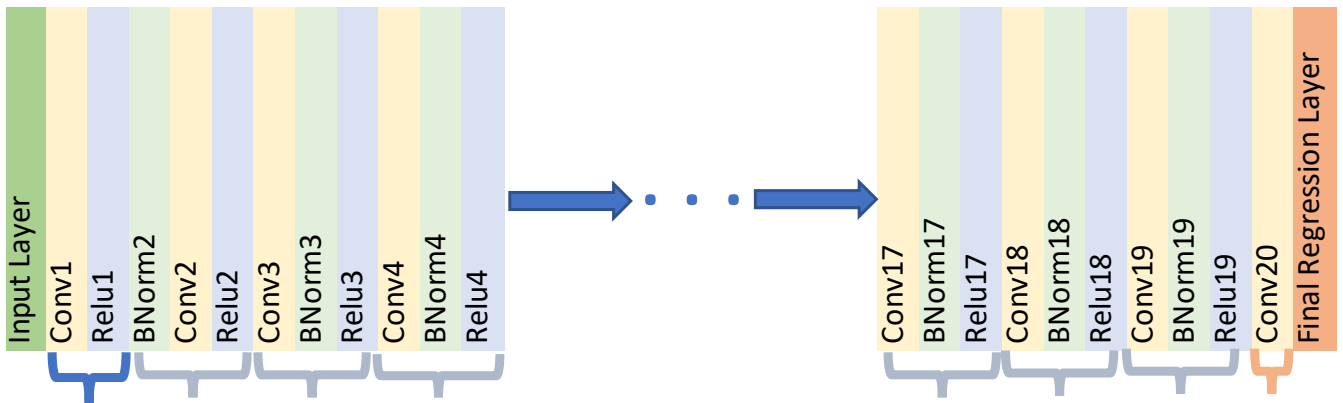


Figure 1. Applied DnCNN architecture.

$$x_{i,j}^l = \sum_a \sum_b w_{ab} y_{(i+a)(j+b)}^{l-1} \quad (1)$$

In the convolution layer, there is the activation phase after the convolution. Instead of activation functions such as sigmoid and tangent hyperbolic used in classical neural networks, the relu function in Eq. (2) is used in DnCNN. This non-linear function ensures that negative values in the image are eliminated.

$$y = \max(0, x) \quad (2)$$

In the last step in the convolution layer, the pooling process is performed. In this process, the low-dimensional images obtained after removing the maximum, minimum, sum or features on the local image matrix are transferred to the classification layer. The error value calculated at the output is used to update the convolution filter coefficients and the weights of the layers of the fully connected structure. This approach is typical feature of backpropagation networks. Hyperparameters of CNN are not learned directly, but define their properties. Selection of parameter is the most critical factor determining the performance of the method.

Table 1. DnCNN design parameters.

Network design feature	Value
Network depth	20
Convolution filter size	3x3x64
Stride	[1 1]
Padding	[1 1 1 1]
Error	Mean square error

Krizhevsky et. al. and his associates revealed the importance of convolution layers in design and the performance of architecture on big data [23]. For these reasons, it is observed that the correct determination of the design parameters is the most important criterion affecting the result.

2.2.2 Wavelet Denoising

The purpose of noise removal is to make the components that form the basis of the image much more distinguishable from the parts that do not belong to the image. In this way, the most important features of the image are preserved and the noise, which is not the main component of the image, is removed [24]. Since wavelet transform is a method that performs by separating the image into components, it provides success in removing

many noises. The noise removal operation with wavelet transform consists of 3 main steps, namely separation into components, thresholding and inverse transform. Firstly, the wavelet and decomposition level are selected. The wavelet transform is applied to the signal. And wavelet coefficients are obtained. The details and approximations of the signal are obtained from these wavelet coefficients.

In the second step, thresholding is selected for each decomposition level and soft thresholding is applied to the detail coefficients. Finally, the inverse wavelet transform is obtained by using the approximation coefficients of the signal at the last decomposition level and the thresholder detail coefficients from 1 to the last level[25].

2.2.3 Bilateral Filtering

Bilateral filtering is used Gaussian kernels for image filtering. Bilateral filter is a kind of anti-aliasing filter that protects the edges and reduces noise as a result of its non-linear application for images. The intensity of each pixel in the image is based on varying the neighboring pixel values by calculating the average intensity values. The intensity of each modified pixel here is not just dependent on the Euclidean distance between pixels. At the same time, it also changes with different features such as depth distance and color density in the image. Thus, it is ensured that the significant points in the image are preserved [26]. The bilateral filter creates an intensity value combination that takes into account both geometric proximity and visual similarity, while favoring near pixels away. Geometric proximity refers to spatial similarity, while visual similarity refers to spectral similarity. Therefore, a bilateral filter can be defined as a combination of two Gaussian filters, spatial and spectral.

$$Y_x = \frac{1}{w_p} \sum_{x_i \in \Omega} Y(x_i) f_r(\|Y(x_i) - Y(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (4)$$

Y_x : Output image

x : Input image

Ω : Window centered on the pixel to which the filter will be applied $x_i \in \Omega$:

f_r : Function used to smooth out the differences between pixels

g_s : Spatial function used to smooth out the differences between coordinates

2.2.3 Types of Noises

One of the most well-known noise models is Gaussian noise. this type of noise is sampling of the gauss distribution and therefore proceeds additively. To summarize, each pixel value in the noisy image in Gauss noise consists of the sum of the actual pixel value and the noise value generated as a random Gaussian distribution [27] (Eq. (3)).

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} * e^{-(x-\mu)^2} / 2\sigma^2 \quad (3)$$

σ : mean

μ : standard deviation

Impulse response, which is widely used in image and signal processing, models this type of noise. For this reason, it is used in the literature as impulse noise or salt&pepper noise. It is also called instantaneous noise, random noise or independent noise. Salt and pepper noise causes the image to deteriorate by changing the pixel values in an image to 0 or 255 at the minimum and maximum gray level. In salt and pepper noise, the value of 255 means salt noise and the value 0 means pepper noise[28]. This type of noise is observed as black and white dots on the image. For this reason, it appears as sharp and sudden changes on the image. Dust particles or overheated faulty components can cause this type of noise.

Poisson or shot photon noise is the noise that can occur when the number of photons detected by the sensor is not enough. This noise mathematically has a root mean square value proportional to the square root density of the image. Therefore, different pixels are affected by their individual noise values. It creates non-homogeneous decay in signals at different rates. Best results are obtained by using methods such as non-local averaging filter, bilateral filter, block-matching and 3D filtering (BM3D) algorithms [29] and wavelet applications to remove Poisson noise.

It is a type of noise that is more common in medical images. This noise is modeled by multiplying pixel values with random values.

$$P = I + n * I \quad (5)$$

N : speckle noise distribution image

I : input image

n : uniform noise image with mean and variance

In the case of ultrasound images, speckle noise arises when a sound wave arbitrarily hits small particles or wavelength that interferes with a scale equivalent to sound. Speckle noise is a random type of noise. Many different methods are used to fix it.

3 Results & Discussion

All images used in this study are images of pediatric patients. The most common difficulties faced by pedodontists are the movement of pediatric patients during the panoramic x-ray and the inability to control their breath during the extraction. For this reason, it causes several problems especially noise in the images. Two sample are shown in Fig. 1 and 2.

In this study, Gaussian, salt&pepper, speckle and poisson noises are frequently used in the literature. Noisy images are shown in Fig. 2.

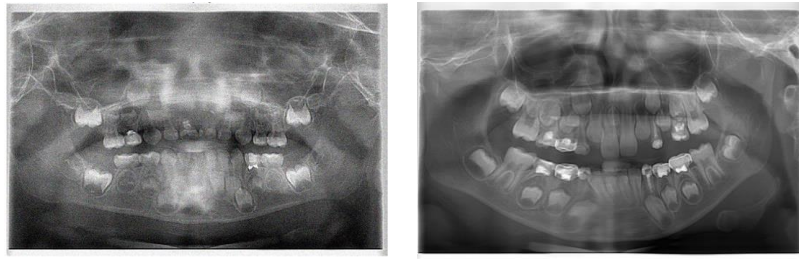


Figure 1. Sample 1 & 2 original images.

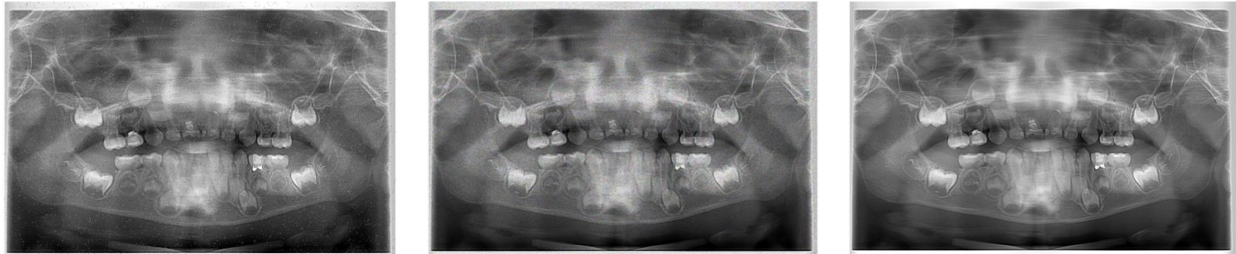


Figure 2. Noisy images for sample 1 a)Gaussian, b) Salt&Pepper, c) Speckle.

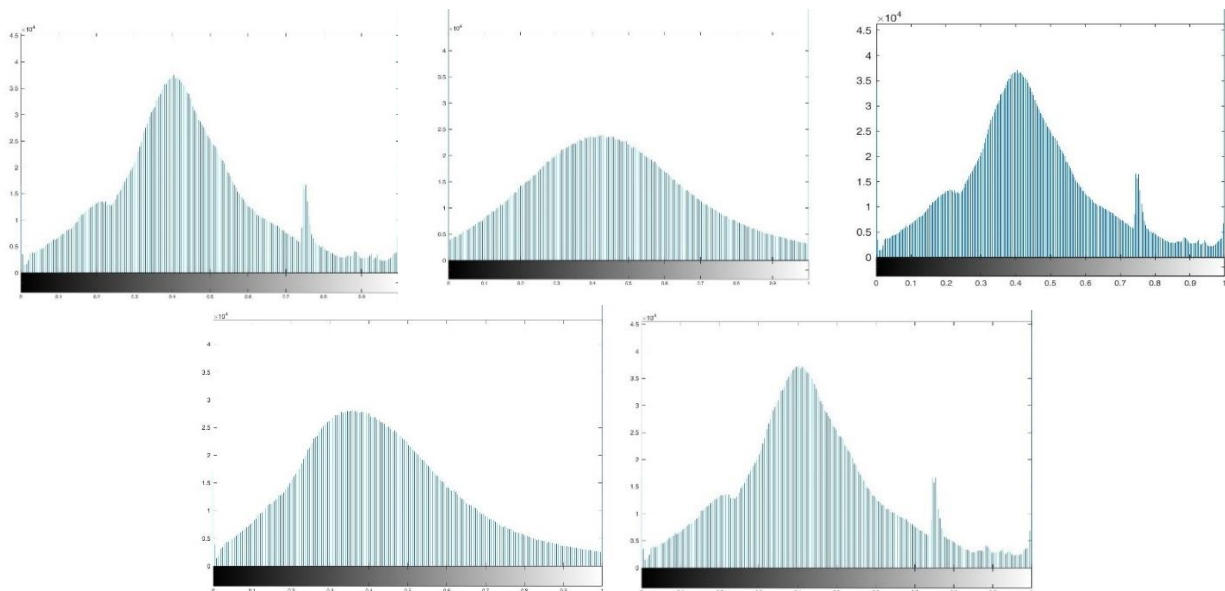


Figure 3. Original and different noisy images histograms for sample a) Original image b) Gaussian noisy image c) Salt&pepper noisy image d) Speckle noisy image e) Poisson.

Histograms are graphs that show the values of pixels containing images. The image histogram shows how many pixels are detected by detecting pixels at each point of the image. In this way, various information about the image is extracted from the histogram. Adding noise causes changes in the histograms of the images. Because the pixel values corresponding to the mathematical functions that make up the noise affect the distribution. The effects of different noise types on the histogram are shown in Fig. 3.

DnCNN, bilateral filtering and wavelet filtering were used to remove the noise from noisy image. The results obtained after applying all methods were compared by calculating peak signal to noise ratio (PSNR) and structural similarity index (SSIM) values.

PSNR and SSIM, which are the performance criteria commonly used in noise removal applications in the literature, were used to compare the results obtained from the methods used in this study. Firstly, we briefly explain these approaches [30]–[35]

The PSNR scale calculates the ratio of the peak signal to the power of noise between two images. The peak signal represents the actual value, and the noise represents the error. The higher the PSNR, the better the quality of the image. PSNR is expressed as shown in equation (4). In this equation, the max value represents the maximum peak signal value in the original image and the MSE scale value[30].

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |f(m, n) - f_n(m, n)| \quad (6)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{\max}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (7)$$

SSIM scale measures differences between original and reference images. The difference of PSNR is that it is based on visible structures. This scale can be computed via different image windows[30].

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y+c_1)(2\sigma_{xy}+c_2)}{(\mu_x^2+\mu_y^2+c_1)(\sigma_x^2+\sigma_y^2+c_2)} \quad (8)$$

x, y : windows
 σ : covariance
 σ^2 : variance
 c_1, c_2 : constants

SSIM scale should be (-1,1) range. If the SSIM value goes to 1, image quality increases. The SSIM scale

measures the perceptual difference between the original image and the reference image. Unlike PSNR, it relies on visible structures in the image. This scale is calculated in various windows of the image

Performance evaluations of the results obtained from all methods used were made by comparing PSNR and SSIM values. Tables 2 shows the averages PSNR and SSIM values of denoised images of 30 test images with four different noise types and three different methods.

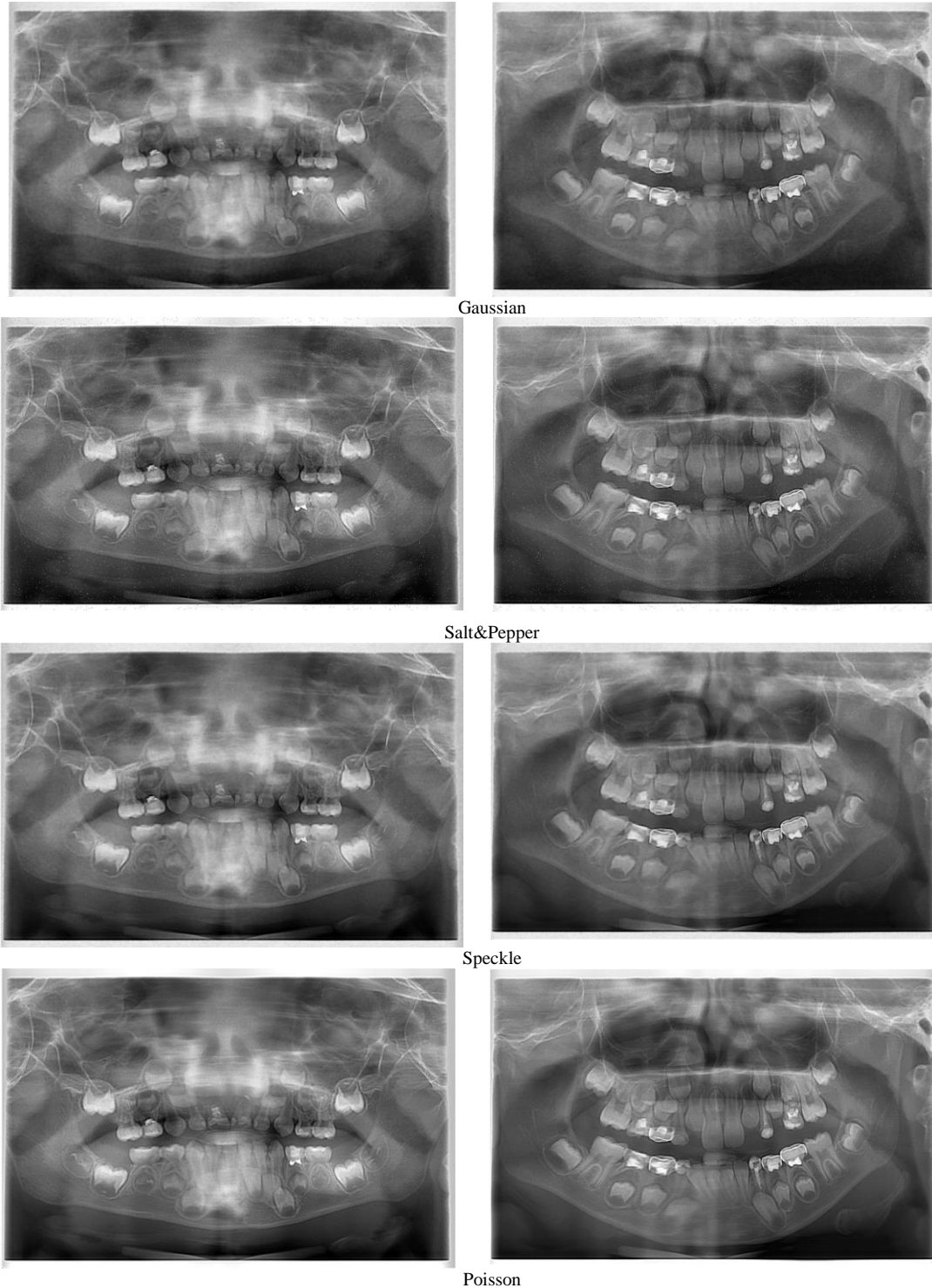


Figure 3. DCNN sample 1&2 result images for different noise.

The average of the values obtained after applying to 30 images was calculated. These samples used for evaluation not training process. These values are shown in Table 2.

When the values obtained because of the analyzes are examined, it is seen that the noise removal performance of

the DCNN method for all noise types used within the scope of the study surpasses other methods. Bilateral and wavelet-based methods, on the other hand, seem to lag in general, although they are more successful in eliminating Poisson noise in other noise types.

Table 2. Performance comparison PSNR&SSIM values for different noise.

	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM	PSNR	SSIM
	Gauss		Salt&Pepper		Speckle		Poisson	
DCNN	30.1000	0.7349	26.9511	0.7331	30.1628	0.7740	47.4974	0.9907
Wavelet	29.5358	0.7240	25.3221	0.6856	26.7186	0.5554	39.6794	0.9361
Bilateral	23.6552	0.3309	26.1371	0.7075	25.6357	0.4502	38.0243	0.9100

4 Conclusion

Deep learning-based image enhancement methods significantly reduce image noise. It has been observed that its performance is more prominent than traditional noise removal methods. It is thought that performance improvement can be achieved by trying different neural networks or newly created hybrid models in future studies. In addition to the existing processes, the performance of the method proposed in this study can be increased with different pre-processing methods.

In denoising, the absence of residual images after denoising and preserving the image's qualities such as smooth features and edges are important issues. Since traditional methods usually focus on a single noise type or one or several features in noise removal, the desired performances cannot be fully captured in the resulting images. This situation has been partially avoided in noise removal studies using deep learning. It has been observed that more successful results are obtained by using networks with a deeper architecture during noise removal.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Kirti, T., Jitendra, K., & Ashok, S. (2017). Poisson noise reduction from X-ray images by region classification and response median filtering. *Sādhanā*, 42, 855-863.
- [2] Shahmoradi, M., Lashgari, M., Rabbani, H., Qin, J., & Swain, M. (2016). A comparative study of new and current methods for dental micro-CT image denoising. *Dentomaxillofacial Radiology*, 45(3), 20150302.
- [3] Yaşar, H. (2015). *Medikal Görüntülerin Çoklu Çözünürlük Metotları İle Analizi* (Master's dissertation, Selcuk University).
- [4] Jin, Y., Jiang, X. B., Wei, Z. K., & Li, Y. (2019). Chest X-ray image denoising method based on deep convolution neural network. *IET Image Processing*, 13(11), 1970-1978.
- [5] Srinivas, B., & Rao, G. S. (2020). A Speckle Denoiser: Deep Convolutional Neural Network for MR Image Denoising. *International Journal for Innovative Engineering & Management Research*, 9(3).
- [6] Li, Y., Zhang, K., Shi, W., Miao, Y., & Jiang, Z. (2021). A Novel Medical Image Denoising Method Based on Conditional Generative Adversarial Network. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2021, 1-11.
- [7] Muresan, M. P., Barbura, A. R., & Nedevschi, S. (2020, September). Teeth detection and dental problem classification in panoramic X-ray images using deep learning and image processing techniques. *In 2020 IEEE 16th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)* (pp. 457-463). IEEE.
- [8] Wang, J., Cong, H., Wei, X., Qi, B., Li, J., & Cai, T. (2021, December). X-ray Image Blind Denoising in Hybrid Noise Based on Convolutional Neural Networks. *In IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology* (pp. 203-212).
- [9] Chang, J. S. (2017). Member, S.; Facchetti, AF; Reuss, R. A Circuits and Systems Perspective of Organic/Printed Electronics: Review, Challenges, and Contemporary and Emerging Design Approaches. *IEEE J. Emerg. Sel. Top. Circuits Syst*, 7, 7-26.
- [10] David, L. D., & Donoho, J. (1995). De-noising by soft-thresholding. *IEEE Transactions on information theory*, 41(3), 613-627.
- [11] Yapıcı, A., & Akcayol, M. A. (2022). Derin Öğrenme ile Görüntülerde Gürültü Azaltma Üzerine Kapsamlı Bir İnceleme. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(1), 65-90.
- [12] LeCun, Y., Boser, B., Denker, J., Henderson, D., Howard, R., Hubbard, W., & Jackel, L. (1989). Handwritten digit recognition with a back-propagation network. *Advances in neural information processing systems*, 2.

- [13] Yan, L. C., Yoshua, B., & Geoffrey, H. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- [14] K. Zhang, W. Zuo, Y. Chen, D. Meng, & L. Zhang (2017). "Beyond a Gaussian denoiser: Residual learning of deep CNN for image denoising," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 26, no. 7, pp. 3142-3155.
- [15] Remez, T., Litany, O., Giryas, R., & Bronstein, A. M. (2018). Class-aware fully convolutional Gaussian and Poisson denoising. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(11), 5707-5722.
- [16] Noor, A., Zhao, Y., Khan, R., Wu, L., & Abdalla, F. Y. (2020). Median filters combined with denoising convolutional neural network for Gaussian and impulse noises. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 18553-18568.
- [17] Chen, J., & Li, F. (2019). Denoising convolutional neural network with mask for salt and pepper noise. *IET Image Processing*, 13(13), 2604-2613.
- [18] Yang, R., & Liu, Y. (2022). A Two-stage Method for Non-extreme Value Salt-and-Pepper Noise Removal. *arXiv preprint arXiv:2206.05520*. Retrieved June. 21, 2022 from <http://arxiv.org/abs/2206.05520>.
- [19] Güdelek, M. U. (2019). *Zaman serisi analiz ve tahmini: Derin öğrenme yaklaşımı*. (Master's dissertation, TOBB University of Economics and Technology, Graduate School of Engineering and Science).
- [20] Xing, Y., Xu, J., Tan, J., Li, D., & Zha, W. (2019). Deep CNN for removal of salt and pepper noise. *IET Image Processing*, 13(9), 1550-1560.
- [21] O'Shea, K., & Nash, R. (2015). An introduction to convolutional neural networks. *arXiv preprint arXiv:1511.08458*.
- [22] Fırıldak, K., & Talu, M. F. (2019). Evrimsel sinir ağlarında kullanılan transfer öğrenme yaklaşımlarının incelenmesi. *Computer Science*, 4(2), 88-95.
- [23] Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90. Retrieved July 05, 2022 from <http://code.google.com/p/cuda-convnet/>.
- [24] Golilarz, N. A. (2017). *De-noising of Hyper-spectral Images in Wavelet Domain with Improved Soft Thresholding* (Master's dissertation, Eastern Mediterranean University EMU).
- [25] Tepe, C., & Sezgin, H. (2009). EKG Sinyalinde Gürültü Gidermede Ayrık Dalgacık ve Paket Dalgacık Yöntemlerinin Karşılaştırılması. In 13. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi*.
- [26] Kutan, F., & Aynur, Ö. (2020). Gürültü Filtreleme Uygulamalarının Medikal Görüntüler Üzerindeki Performanslarının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 265-271.
- [27] Verma, R., & Ali, J. (2013). A comparative study of various types of image noise and efficient noise removal techniques. *International Journal of advanced research in computer science and software engineering*, 3(10).
- [28] Sümer, A., & Çelebi, A. T. (2019). Öklid Mesafe Tabanlı Uyarlamalı Filtre Kullanılarak Tuz Biber Gürültüsü Giderimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 445-456.
- [29] Thakur, K. V., Damodare, O. H., & Sapkal, A. M. (2016). Poisson noise reducing bilateral filter. *Procedia Computer Science*, 79, 861-865.
- [30] Küpeli, C., & Bulut, F. (2020). Görüntüdeki Tuz Biber ve Gauss Gürültülerine Karşı Filtrelerin Performans Analizleri. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 211-239.
- [31] Noise Types and Various Removal Techniques | Semantic Scholar. Retrieved June 16, 2022 from <https://www.semanticscholar.org/paper/Noise-Types-and-Variou-Removal-Techniques-Kaur/59cd47ff1c6d5c61540ae81f6845a313eb66e54e>
- [32] Güraksın, G. E. (2018). Tuz Biber Gürültülerinin Giderilmesi için k-Ortalama Algoritması Tabanlı Filtre Tasarımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 972-978.
- [33] H. Boztoprak (2016). Kenar Geçişleri Kullanılarak Görüntüdeki Bulanıklığın Giderilmesi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 8(2), 28-36.
- [34] Rehman, A., Rostami, M., Wang, Z., Brunet, D., & Vrscay, E. R. (2012). SSIM-inspired image restoration using sparse representation. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2012(1), 1-12.
- [35] Hasan, M., & El-Sakka, M. R. (2018). Improved BM3D image denoising using SSIM-optimized Wiener filter. *EURASIP journal on image and video processing*, 2018, 1-12.



DETERMINATION OF IN-SITU UNIT WEIGHT AND SWELL FACTOR IN MINE SITES BY UAV PHOTOGRAMMETRY

Yavuz Gül^{*1} 

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

Finding a solution to accurately determine the in-situ volume and post excavation swell factor at mine sites is one of the challenges in the industry. These values are necessary and important parameters in many engineering calculations, from choosing the loader bucket size to determining the equipment capacities, sizing the waste dump and ore stock areas. In this study, the determination of in-situ volume, unit weight and swell factor, which are used as variables in many calculations in the detailed planning and projecting of mining activities, by UAV photogrammetry is presented as a new approach. For this application Kalburçayırı and Hamal coal fields of Kangal Thermal Power Plant Electricity Generation Co. were chosen. Using UAV photogrammetry, the volumes of 2 different coal stockpiles in the Kalburçayırı field and the in-situ unit weights for 5 different locations of a coal stockpile were determined. In addition, by the same method in-situ unit weights at 12 different locations of the overburden and coal benches and instantaneous swelling factors of the extracted materials were found out in the Hamal field.

Keywords: In-situ unit weight, swell factor, UAV photogrammetry, mine sites.

MADEN SAHALARINDA YERİNDE BİRİM HACİM AĞIRLIK VE KABARMA FAKTÖRÜNÜN İHA FOTOGRAMETRİSİ İLE BELİRLENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Maden sahalarında yerinde hacim ve kazı sonrası kabarma faktörünü doğru bir şekilde belirlemek için bir çözüm bulmak, sektördeki zorluklardan biridir. Bu değerler yükleyici kova büyüklüğü seçiminden ekipman kapasitelerinin belirlenmesine, pasa döküm ve cevher stok alanlarının boyutlandırılmasına kadar birçok mühendislik hesaplamalarında gerekli ve önemli parametrelerdir. Bu çalışmada, madencilik faaliyetlerinin detaylı planlanması ve projelendirilmesinde birçok hesaplamada değişken olarak kullanılan yerinde hacim, birim hacim ağırlık ve kabarma faktörünün İHA fotogrametrisiyle belirlenmesi yeni bir yaklaşım olarak sunulmuştur. Bunu uygulamak için Kangal Termik Santral Elektrik Üretim A.Ş.'nin Kalburçayırı ve Hamal kömür sahaları seçilmiştir. Kalburçayırı sahasında 2 değişik kömür stok yığınının hacimleri ve bir kömür stok yığınının 5 değişik lokasyonunda yerinde birim hacim ağırlıklar İHA fotogrametrisi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca Hamal sahasında dekapaj ve kömür basamaklarının 12 değişik lokasyonunda yerinde birim hacim ağırlıklar ve çıkarılan malzemelerin anlık kabarma faktörleri aynı yöntemle bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yerinde birim hacim ağırlık, kabarma faktörü, İHA fotogrametrisi, maden sahaları.

1 Giriş

Madencilik faaliyetlerinde karlılık, genellikle operasyonel ekibin maliyetlerini minimuma indirirken bu görevi optimize etme yeteneğine bağlıdır. Bunu yapabilmek için, taşınacak malzemenin (kaya/zemin) hacmini, ağırlığını ve kabarma miktarını doğru olarak belirlemek bir önkoşuldur. Bununla birlikte stok hacimlerini düzenli olarak bilmek, bir maden işletmesinin geleceğini planlamak için çok önemlidir. Hammaddenin ne kadarının üretildiğini ve sonraki adımların etkili bir

şekilde planlanıp planlanmadığını doğru bir şekilde belirtirler. Doğru hacim hesaplamaları ile maden işletmelerinin doğru optimizasyonu yapılabilir ve yılsonu finansal sonuçlarını daha iyi yansıtabilecek olan zararlar azaltılabilir. Madencilikte kazılacak veya taşınacak malzemenin yerinde ve/veya kabarmış hacmi, ağırlığı ve kabarma miktarı, yükleyici kova büyüklüğü seçiminden ekipman kapasitelerinin belirlenmesine, pasa döküm ve cevher stok alanlarının boyutlandırılmasına kadar birçok mühendislik hesaplamalarında değişken olarak kullanılan gerekli ve önemli parametrelerdir.

*Corresponding author.

E-mail address: ygul@cumhuriyet.edu.tr (Y. Gül)

Received 06 September 2022; Received in revised form 13 December 2022; Accepted 16 January 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1171519>

Yerinde ve/veya gevşek birim hacim ağırlık ile kabarma faktörü kum konisi, sürme silindir, su doldurma, balonlu hacim şişesi, nükleer ve elektromanyetik yöntemlerle belirlenebilmektedir [1–9]. Bu yöntemlerle genel olarak malzemelerin yerinde ve/veya gevşek hacmi ile ağırlığı tespit edilerek istenilen değerler hesaplanabilmektedir. Laboratuvar deneyleri için, söz konusu zemin tabakasından örselenmemiş numune alınması gerekmektedir. Laboratuvar sonuçları, yapılan deneyin yöntemine ve özellikle numunenin kalitesine bağlıdır. Her ne kadar örselenmemiş numune alındığı söylene de, birçok etkiden dolayı numune az ya da çok örselenmektedir. Yerinde yapılan deneylerde, malzeme özellikleri daha iyi temsil ve karakterize edilmektedir. Yerinde yapılan bu deneylerle örnek almadaki örselenme minimuma indirilmekte ve zemin, içinde bulunduğu çevre koşullarında (gerilme durumu, boşluk basıncı, doygunluk derecesi) deneye tabi tutulmaktadır. Yerinde yapılan deneyler ise özel amaçlı ekipman, yüksek düzeyde teknik denetim ve kalite kontrol değerlendirmesi gerektirmektedir [10–12]. Bu deney sonuçlarının temsil oranı deney sırasındaki hacmi ve ağırlığı belirlenen malzeme miktarlarıyla sınırlıdır. Temsil oranını artırmak için ya geniş alanlı deneyler ya da deney cihazı ve prosedürü gereği alan büyütülemiyorsa çok sayıda deney yapılmalıdır. Temsil oranını artırmak için bu çalışmada, geniş boyutlu çukurlar oluşturulmuş ve büyük hacimli yığınlar dikkate alınmış olup hacimleri İnsansız Hava Aracı (İHA) fotogrametrisiyle belirlenmiştir.

İHA platformları günümüzde inceleme, gözetleme, haritalama ve 3D modelleme konularında değerli bir veri kaynağıdır. İHA sistemleri, bir veri toplama platformu ve ölçüm aracı olarak maden mühendisliğindeki birçok ölçme uygulaması için çekici hale gelmiştir [13–34]. Madencilik sektöründe İHA ile zorlu arazi şartlarında kolay, hızlı, yüksek hassasiyetli ve ekonomik ölçümler yapılabilmektedir. Aynı zamanda iş güvenliği açısından da çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Gelişen fotogrametrik sensör, platform ve uzaktan algılama teknolojileri sayesinde İHA, birçok alışılmış yöntemlere göre yüksek mekansal ve zamansal çözünürlük olanaklarını sağladığından gittikçe yaygınlaşan bir platformdur.

İHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler, haritalanmış alanlar hakkında daha fazla ayrıntı vermektedir. Bir yığın ya da kazı hacmi ölçümü söz konusu olduğunda, bu alanlar mükemmel bir şekilde uymaz. Hassas bir yer örnekleme aralığına (GSD: Ground Sample Distance) sahip bir fotogrametrik araştırma, düzensiz alanları ayrıntılı olarak daha iyi tanımlayabilmektedir. GSD, görüntü dosyasındaki pikselin temsil ettiği yeryüzü alanı olarak tanımlanabilir. GSD değerinin küçülmesi, nesnelerin daha ayrıntılı görüntülenmesini sağlamaktadır. Yüksek çözünürlüklü fotogrametrik sonuçlar, daha hassas yığın ya da kazı alanı modellerinin oluşturulmasını sağlayabilmekte ve dolayısıyla belirli ölçülen noktalarından entropolasyon yapılanlardan daha iyi hacim ölçüm doğruluğu vermektedir. Maden işletmeleri hacim hesaplarında İHA fotogrametri yöntemi oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [21,35–37]. İHA fotogrametri yöntemi kullanılarak hesaplanan hacim değerlerinin doğruluğuna ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda

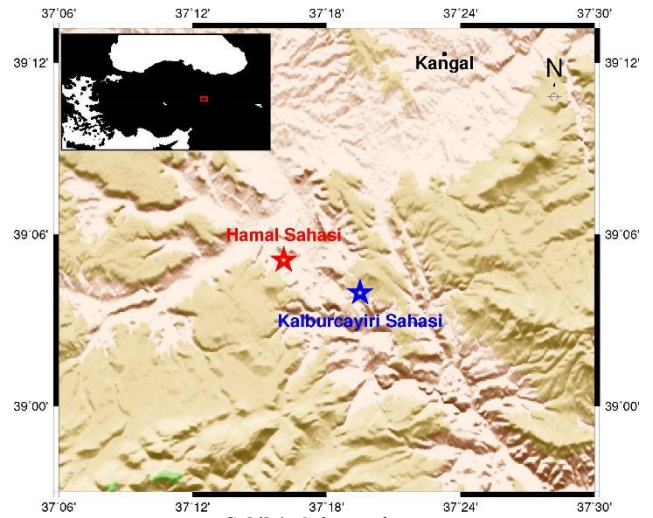
yöntemin başarı ile kullanılabileceği kanıtlanmıştır [15,16,18,19,21,29,32,38–40].

Bu çalışmanın amacı, maden sahalarında bakir kazı alanlarında yer alan birimlerin (örtü tabakaları, cevher), döküm ve stok alanlarında bulunan yığınların yerinde hacim, birim hacim ağırlık ve kabarma faktörünün yeni bir yaklaşım olarak İHA fotogrametrisiyle belirlenmesidir.

2 Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma Sahası

Çalışma sahası, Kangal Termik Santral Elektrik Üretim A.Ş.'nin Kalburçayırı ve Hamal kömür sahalarıdır (Şekil 1). Saha, Sivas ili Kangal ilçesinin sınırları içerisinde olup ilçe merkezinin güneyinde yaklaşık 30 km uzaklıktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı.

Kangal Termik Santrali'nin kömür ihtiyacının karşılandığı sahada ortalama kalınlığı 7 metre olan iki adet kömür damarı mevcut olup 5-10 derece eğimle Kuzeybatı – Güneydoğu yönünde uzanmaktadır. İki kömür tabakası arasında yaklaşık 20 metre kalınlıkta, bantlar halinde kil ve marndan oluşan ara kesme mevcuttur. Kömür tabakalarının üzerin de ise kireçtaşı, marn ve kilden oluşan örtü tabakası formasyonunun kalınlığı 40-45 metre arasında değişmektedir. Döküm sahası malzemeleri kil, marn ve kireçtaşı birimlerinden oluşmaktadır [41].

Bu çalışmada; Kalburçayırı sahası kömür stok alanında 2 farklı kömür yığınının hacimleri, 5 değişik lokasyon belirlenerek yığın halindeki kömürün yerinde birim hacim ağırlığı, Hamal sahasında ise kömür ve dekapaj kazı basamağında her iki birim için ayrı olmak üzere 6'şar değişik lokasyonda toplamda 12 lokasyonda yerinde birim hacim ağırlıklar ile kazılan malzemelerin (kömür ve dekapaj malzemesi) anlık/geçici kabarma faktörleri İHA fotogrametrisi yaklaşımıyla belirlenmiştir.

2.2 Yöntem

Yerinde birim hacim ağırlık belirlenirken öncelikle dekapaj basamağı, kömür basamağı, döküm sahasında dekapaj yığını ve stok sahasında kömür yığınlarında belirli alanlar bir kazıcı/yükleyici ile boşaltılmış ve boşaltılan malzemeler daha önceden boş ağırlığı

belirlenmiş kamyonlara yüklenmiştir. Daha sonra kamyonların yüklü ağırlığı ölçülmüş ve dolu-boş kamyon ağırlıklarının farkı alınarak her bir çukurdan çıkarılan malzemenin ağırlığı bulunmuştur. Son aşamada boşaltılan alanlar İHA fotogrametrisiyle haritalanmış ve malzeme boşaltılan çukurların hacimleri İHA haritalama uygulamaları için geliştirilmiş Pix4D Mapper profesyonel fotogrametri yazılımı [42] aracılığıyla tespit edilmiştir. Ağırlığın hacme oranlanmasıyla da yerinde birim hacim ağırlıklar bulunmuştur.

Bilindiği gibi kabarma faktörü, gevşek duruma gelen malzemede hacim artışıdır. Yerinde birim hacim ağırlığın gevşek birim hacim ağırlığa ya da malzeme ağırlığı sabit olduğundan gevşek hacmin yerinde hacme oranlanmasıyla belirlenmektedir. İlk kazı sonrası yüksek olan kabarma faktörü mevsimsel etki ve zamana bağlı olarak azalmaktadır. Yukarıda işaret edilen çukurlardan boşaltılan malzemelerin kabarma faktörlerini belirleyebilmek için dolu ağırlığı alınmış kamyonlardaki malzemeler bir düzen halinde söz konusu çukurların açıldığı bölgede yakın bir alana dökülmüş ve bu yığınların gevşek hacimleri İHA fotogrametrisi haritalaması sonrası yine Pix4D programı aracılığıyla tespit edilmiştir. Gevşek hacmin yerinde hacme oranlanmasıyla kabarma faktörleri (anlık/geçici) bulunmuştur. Kalburçayırı kömür stok sahasındaki sınırları belirlenmiş kömür yığınlarının hacimleri de yine yukarıda işaret edilen hacimlerin tespitinde olduğu gibi doğrudan İHA fotogrametrisi ile haritalanarak Pix4D yazılımı aracılığıyla belirlenmiştir.

2.3 İHA Uçuşları ve Fotogrametrik Değerlendirme

Uçuşlarda Geomine Arge Mühendislik Danışmanlık Yazılım İhr. İth. Tic. Ltd. Şti.'ne ait DJI Matrice 600 pro marka hexacopter, DJI Ronin MX Gimbal, Sony A7r (36,4 MP) kamera ve Sony Zeiss Vario-Tessar FE 16-35 mm f/4 lensten oluşan ekipman kullanılmıştır (Şekil 2). Tablo 1' de uçuş konfigürasyonlarına ait bilgiler verilmektedir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan İHA ve ekipmanları.

Tablo 1'den de açıkça görüleceği üzere Kalburçayırı sahası çalışmalarında GSD değeri 1,50, Hamal sahası çalışmalarında ise 0,97 olarak elde edilmiştir. Bu değerler sonuç hassasiyetinin oldukça yüksek olduğunu

göstermektedir. İHA ile çekilen görüntüler lisansı Geomine Arge Mühendislik Danışmanlık Yazılım İhr. İth. Tic. Ltd. Şti.'ne ait Pix4D yazılımı [42] kullanılarak değerlendirilmiştir. Pix4D programında fotoğraflar birleştirilerek bir ortofoto elde edilmiş daha sonra yer kontrol noktaları işaretlenerek nokta bulutu haline dönüştürülmüştür.

Tablo 1. Uçuş bilgileri.

Saha	Kalburçayırı	Hamal
Uçuş yüksekliği (m)	100	60
Kamera özellikleri	Sony A7R	Sony A7R
Görüntü biçimi	7360 × 4144	7360 × 4144
Odak uzaklığı (mm)	35	35
GSD (cm)	1,50	0,97
Bindirme oranı (%)	80/60	80/60
Görüntü sayısı	453	884
Çalışma alanı (ha)	42,72	18,06

3 Bulgular ve Tartışmalar

3.1 Kalburçayırı Sahası

Kalburçayırı sahası kömür stok alanı, alandaki kömür yığın hacimlerinin ve kömür yığnında yerinde birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla İHA fotogrametrisiyle haritalanmıştır. Kömür stok alanına ait sayısal yüzey modeli görünümü Şekil 3'de verilmiştir. Kömür yığın hacimleri ve kömür yığnında yerinde birim hacim ağırlıklar aşağıda izah edildiği gibi belirlenmiştir.

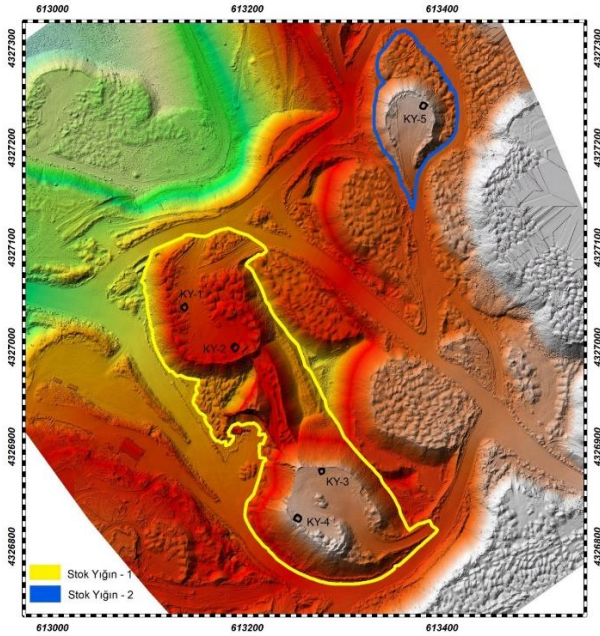
Stok alanında iki ayrı kömür yığını (Şekil 3: Yığın-1 (sarı) ve Yığın-2 (mavi)) bulunmakta olup yığın miktarı İHA fotogrametrisi çalışmalarından elde edilen topoğrafya (tavan) üzerinde yığın dış sınırları işaretlenerek Pix4D Mapper fotogrametri yazılımı aracılığıyla belirlenmiştir. Program, dış sınır çizgisi üzerindeki nokta koordinat verilerini kullanarak hacim hesaplamaya esas teşkil edecek taban topoğrafyasını kendisi oluşturmaktadır. Pix4D Mapper programı aracılığıyla bulunan toplam kömür yığın hacmi **414.821 m³**tür (Tablo 2).

Stok alanı kömür yığnının yerinde birim hacim ağırlığını (BHA) belirlemek için öncelikle 5 değişik lokasyonda çukur oluşturulmuş (Şekil 3) ve her bir çukurdan çıkan kömür miktarları (Dolu ve boş kamyon ağırlıklarının farkı alınarak) tartım yapılarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Daha sonra İHA fotogrametrisi çalışmalarından elde edilen topoğrafya üzerinde her bir çukurun dış sınırı işaretlenerek Pix4D Mapper fotogrametri yazılımı aracılığıyla çukurların hacimleri de bulunarak yerinde birim hacim ağırlıklar (ton/m³) hesaplanmıştır. Bulunan bu birim hacim ağırlıklar ölçüm zamanı ve örnekleme lokasyonları ile ilişkili olup lokasyonlar (yığın eteklerinde ve/veya yığın ortasında daha alt kotlarda yapılacak ölçümler) ve ölçüm zamanı (sıcaklık ve yağış gibi mevsimsel etki) değiştiğinde farklı değerler bulunması ihtimal dahilindedir. Yerinde birim hacim ağırlıklar aşağıda verilen parametrelere bağlı olarak değişiklik arz edebilecektir.

- Yığnının zamana bağlı oturması/sıkışması
- İş makinelerinin ağırlığı nedeniyle yığnının oturması/sıkışması

- Üst kotlara yapılan yeni dökümler nedeniyle özellikle yığın ortasında olmak üzere alt kotlardaki kömürün daha fazla sıkışması
- Sıcaklık ve yağış gibi mevsimsel etki nedeniyle anlık ve/veya uzun dönemde kömürün nemliliğinin değişmesi
- Yığın eteklerinde sıkışmanın/oturmanın yığın ortasına göre daha az olması
- Kömüre yantaş karışması/kirlenme

Stok alanı kömür yığnında yapılan ölçümler sonucunda yerinde birim hacim ağırlıklar; minimum 1,1389 ton/m³, maksimum 1,3926 ton/m³ ve hacim ağırlıklı ortalaması ise **1,2510 ton/m³** olarak bulunmuştur (Tablo 3). Ölçümler arasındaki farklılıklar yukarıda ifade edilen parametrelerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3. Kalburçayırı sahası kömür stok alanı sayısal yüzey modeli görünümü.

Tablo 2. Kalburçayırı sahası stok alanı kömür yığın hacimleri.

Tarih (Saat)	Yığın ID	Yığın miktarı (m ³)
22.06.2021 (16:05 - 16:20)	Stok Yığın-1 (Sarı)	377.639
	Stok Yığın-2 (Mavi)	37.182
Toplam Kömür yığımı (m³)		414.821

Tablo 3. Kalburçayırı sahası stok alanı kömür yığnında yerinde BHA ölçüm sonuçları.

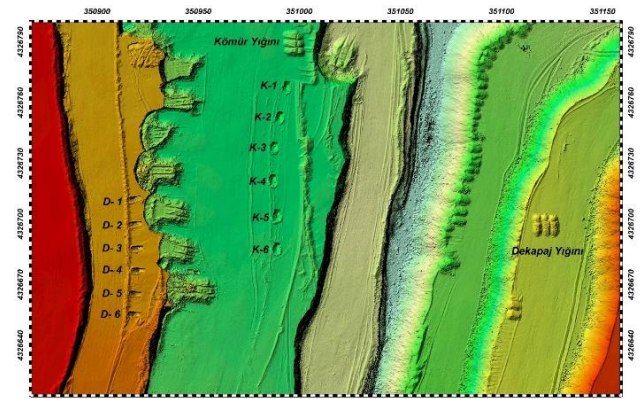
ID	İlk Tartım (ton)	Son Tartım (ton)	Net Miktar (ton)	Çukur Hacmi (m ³)	BHA (t/m ³)
KY-1	17,8	44,55	26,75	20,6	1,2985
KY-2	17,8	45,65	27,85	24,35	1,1437
KY-3	17,8	44,9	27,1	19,46	1,3926
KY-4	17,8	45,4	27,6	20,9	1,3206
KY-5	17,8	43,95	26,15	22,96	1,1389
Toplam	89,0	224,45	135,45	108,27	-
Ort. BHA (t/m³)					1,2589
Ağırlıklı Ort. BHA (t/m³)					1,2510

3.2 Hamal Sahası

Hamal sahasında belirlenen bir kazı alanı, kömür (en üst damar yüzeyi, ara kesmesiz) ve dekapaj (en üst damar örtü tabakası, killi seviye) kazı basamağında yerinde birim hacim ağırlıkların belirlenmesi amacıyla İHA fotogrametrisiyle haritalanmıştır. Kazı basamaklarına ait sayısal yüzey modeli görünümü Şekil 4'de verilmiştir. Kömür ve dekapaj basamağında yerinde birim hacim ağırlıklar ve kazılan malzemelerin kabarma faktörleri aşağıda izah edildiği gibi belirlenmiştir.

Kömür ve dekapaj kazı basamağında yerinde birim hacim ağırlıkları belirlemek için öncelikle 6 adet kömür basamağında 6 adet de dekapaj basamağında olmak üzere toplam 12 değişik lokasyonda çukur oluşturulmuş (Şekil 4) ve her bir çukurdan çıkan kömür ve dekapaj miktarları (Dolu ve boş kamyon ağırlıklarının farkı alınarak) tartım yapılarak ayrı ayrı belirlenmiştir. Daha sonra İHA fotogrametrisi çalışmalarından elde edilen topografya üzerinde her bir çukurun dış sınırı işaretlenerek Pix4D Mapper fotogrametri yazılımı aracılığıyla çukurların hacimleri de bulunarak yerinde birim hacim ağırlıklar hesaplanmıştır (Tablo 4, Tablo 5). Ayrıca kömür ve dekapajın kazı sonrası ortalama geçici kabarma faktörünü belirlemek için çukurlardan çıkarılan kömür ve dekapajlar farklı lokasyonlarda tek bir yığın haline getirilerek Pix4D Mapper fotogrametri yazılımı aracılığıyla kabarmış hacimleri belirlenmiş ve Kabarmış hacim / Yerinde hacim oranından kabarma faktörü hem kömür (Tablo 4) hem de dekapaj (Tablo 5) için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Kömür kazı basamağında yapılan ölçümler sonucunda yerinde birim hacim ağırlıklar; minimum 1,3069 ton/m³, maksimum 1,4715 ton/m³ ve hacim ağırlıklı ortalaması **1,3606 ton/m³**, Kabarma faktörü ise 1,60 olarak bulunmuştur (Tablo 4). Dekapaj kazı basamağında yapılan ölçümler sonucunda ise yerinde birim hacim ağırlıklar; minimum 1,6614 ton/m³, maksimum 1,8001 ton/m³ ve hacim ağırlıklı ortalaması **1,7324 ton/m³**, Kabarma faktörü ise 1,35 olarak hesaplanmıştır (Tablo 5). Ölçümler arasındaki farklılıklar hem kömür hem de dekapaj malzemesinin homojen bir yapıya sahip olmamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4. Hamal sahası kazı basamakları sayısal yüzey modeli görünümü.

Tablo 4. Hamal sahası kömür kazı basamağında yerinde BHA ölçüm sonuçları.

ID	İlk Tartım (ton)	Son Tartım (ton)	Net Miktar (ton)	Çukur Hacmi (m ³)	BHA (t/m ³)
K-1	19,55	37,45	17,9	12,9	1,3876
K-2	19,7	38,3	18,6	13,62	1,3656
K-3	19,55	38,65	19,1	12,98	1,4715
K-4	19,7	39,15	19,45	14,75	1,3186
K-5	19,55	40,0	20,45	15,39	1,3288
K-6	19,55	37,65	18,1	13,85	1,3069
Toplam	117,60	231,20	113,60	83,49	-
Ort. BHA (t/m³)					1,3632
Ağırlıklı Ort. BHA (t/m³)					1,3606
<i>Gevşek Yiğın Hacmi (m³)</i>					<i>133,69</i>
<i>Gevşek Yiğın Miktarı (ton)</i>					<i>113,6</i>
<i>Gevşek Yiğın BHA (t/m³)</i>					<i>0,8497</i>
<i>Kabarma Faktörü</i>					<i>1,60</i>

Tablo 5. Hamal sahası dekapaj kazı basamağında yerinde BHA ölçüm sonuçları.

ID	İlk Tartım (ton)	Son Tartım (ton)	Net Miktar (ton)	Çukur Hacmi (m ³)	BHA (t/m ³)
D-1	19,7	47,35	27,65	15,36	1,8001
D-2	19,55	46,5	26,95	15,44	1,7455
D-3	19,55	46,55	27	15,73	1,7165
D-4	19,7	47,1	27,4	15,38	1,7815
D-5	19,55	46,05	26,5	15,66	1,6922
D-6	19,55	45,75	26,2	15,77	1,6614
Toplam	117,60	279,30	161,70	93,34	-
Ort. BHA (t/m³)					1,7329
Ağırlıklı Ort. BHA (t/m³)					1,7324
<i>Gevşek Yiğın Hacmi (m³)</i>					<i>125,77</i>
<i>Gevşek Yiğın Miktarı (ton)</i>					<i>161,7</i>
<i>Gevşek Yiğın BHA (t/m³)</i>					<i>1,2857</i>
<i>Kabarma Faktörü</i>					<i>1,35</i>

4 Sonuçlar ve Öneriler

Madencilikte kazılacak ve taşınacak veya stoklanacak malzemelerin yerinde ve/veya gevşek hacimleri, birim hacim ağırlıkları ile kabarma faktörleri madencilik alanındaki planlama ve hesaplamalarda kullanılan değişkenlerdir. Birçok metot ve yaklaşım ile sonuca ulaşmak mümkündür. Bu parametrelerin tam ve kesin olarak bilinmesi önemli olup gerek makine ekipman seçimi gerekse maliyetlerin belirlenmesinde rolleri büyüktür.

Bu çalışmada önerilen İHA tabanlı yaklaşım ile birim hacim ağırlık ve kabarma faktörü kolay ve hızlı bir şekilde elde edilebilecektir. Hacimlerin hesaplanması işlemi yüksek kalite ve hassasiyete sahip olduğu gibi tekrarlı uçuş ile seri kontrol olanağı da sağlamaktadır. İstenilen büyüklükte alan ve istenilen miktarda malzeme dikkate alınabileceğinden temsil oranı artırılabilir. Projelerde yapılan maliyet ve hakkediş hesapları için büyük öneme sahip olan bu değerlerin, doğruluk hassasiyetinin yüksek olması hesaplamalarda hata oranını minimize edecektir. Hacim hesaplarında İHA fotogrametri yönteminin kolay, hızlı ve doğruluğu yüksek bir yöntem olması çalışmada önerilen yaklaşımın en büyük avantajı olarak değerlendirilebilir.

Teşekkür

Yazar, işbirlikleri için Kangal Kömür İşletmeleri yetkililerine, donanım ve yazılım desteğinden dolayı Geomine Arge Mühendislik Danışmanlık Yazılım İhr. İth. Tic. Ltd. Şti.'ne ve çalışanlarına teşekkür eder.

Yazar Katkıları

Makale tek yazarlıdır.

Bilgilendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Kaynaklar

- [1] Türk Standardı. (2006). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 1900-1).
- [2] Türk Standardı. (2006). İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri - Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. 1900-2).
- [3] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin yoğunluğunun ve birim hacim ağırlığının, kum konisi yöntemiyle belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13872).
- [4] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin yoğunluğunun sürme silindir ile belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13873).
- [5] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin yoğunluğunun ve birim hacim ağırlığının balonlu hacim şişesi kullanılarak belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13874).
- [6] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin ve kaya yoğunluğunun bir deney çukurunda su doldurma yöntemi ile belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13875).
- [7] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin yoğunluğunun, birim hacim ağırlığının ve su içeriğinin, elektromanyetik zemin yoğunluk ölçer ile belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13876).
- [8] Türk Standardı. (2019). Yerinde yapılan zemin kontrol deneyleri - Zemin ve zemin-agrega karışımlarının sığ derinliklerdeki yoğunluk ve su içeriğinin nükleer yöntemlerle belirlenmesi. In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS 13877).
- [9] Türk Standardı. (2014). Geoteknik etüt ve deneyler - Zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 2: Birim hacim kütlelen belirlenmesi (Patent No. TS Standard No. TS EN ISO 17892-2). In *Türk Standardları Enstitüsü* (TS Standard No. TS EN ISO 17892-2).
- [10] Ramasubbarao, G. V., & Sankar, S. (2013). Predicting Soaked CBR Value of Fine Grained Soils Using Index and Compaction Characteristics. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 7(3), 2013–2354.
- [11] Taskiran, T. (2010). Prediction of California bearing ratio (CBR) of fine grained soils by AI methods. *Advances in Engineering Software*, 41(6), 886–892.
- [12] Erol, O., & Çekinmez, Z. (2014). *Geoteknik mühendisliğinde saha deneyleri*. Yüksel Proje Yayınları.

- [13] Kekeç, B., Bilim, N., Dündar, S., & Ghiloufi, D. (2018). Madencilik Faaliyetlerinde İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Kullanımı. 2. Uluslararası Bilimsel Çalışmalarda Yenilikçi Yaklaşımlar Sempozyumu (ISAS 2018), November 30-December 2, 174–178.
- [14] Lee, S., & Choi, Y. (2016). Reviews of unmanned aerial vehicle (drone) technology trends and its applications in the mining industry. *Geosystem Engineering*, 19(4), 197–204.
- [15] Hastaoğlu, K. Ö., Gül, Y., Poyraz, F., & Kara, B. C. (2019). Monitoring 3D areal displacements by a new methodology and software using UAV photogrammetry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 83, 101916.
- [16] Gül, Y. (2019). Açık Maden İşletmelerinde İnsansız Hava Aracı (İHA) Uygulamaları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62(1), 99–112.
- [17] Yüksel, G. (2022). Açık Maden Sahalarında İnsansız Hava Araçlarının Kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 29–37.
- [18] Şahin, V., & Yılmaz, H. M. (2021). Hacim Hesaplarında İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(2), 36–48.
- [19] Kabadayı, A. (2022). Maden Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Fotogrametrik Yöntemle Haritalanması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 19–23.
- [20] Kun, M., & Özcan, B. (2019). Maden ocaklarında insansız hava aracı kullanımı: örnek bir saha çalışması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 554–564.
- [21] Kun, M., & Güler, Ö. (2019). İnsansız Görüntüleme Sistemleri ile Elde Edilen Sayısal Yüzey Modellerinin Mermer Madenciliğinde Kullanımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(63), 1005–1013.
- [22] Bagheri, N. (2016). Development of a high-resolution aerial remote-sensing system for precision agriculture. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8–10), 2053–2065.
- [23] Shahbazi, M., Sohn, G., Théau, J., Ménard, P., Shahbazi, M., Sohn, G., Théau, J., & Ménard, P. (2015). Uav-Based Point Cloud Generation for Open-Pit Mine Modelling. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, XLI(1W4), 313–320.
- [24] Ulusoy, İ., Şen, E., Tuncer, A., Sönmez, H., & Bayhan, H. (2017). 3D Multi-view Stereo Modelling of an Open Mine Pit Using a Lightweight UAV Hafif bir İHA ile bir Açık Maden Ocağının 3B Çok-bakılı Stereo Modellemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 223–241.
- [25] Kršák, B., Blišťan, P., Paulíková, A., Puškárová, P., Kovanič, L., Palková, J., & Zelizňáková, V. (2016). Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. *Measurement*, 91, 276–287.
- [26] Arango, C., & Morales, C. A. (2015). Comparison Between Multicopter Uav and Total Station for Estimating Stockpile Volumes. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, XLI(1W4), 131–135.
- [27] Seki, M., Tiryakioğlu, İ., Uysal, M., Üniversitesi, A. K., Fakültesi, M., & Bölümü, H. M. (2017). Farklı Veri Toplama Yöntemleriyle Yapılan Hacim Hesaplarının Karşılaştırılması. *Geomatik*, 2(2), 106–111.
- [28] Tercan, E. (2017). İnsansız hava aracı kullanılarak antik kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 633–642.
- [29] Cryderman, C., Bill Mah, S., & Shufletoski, A. (2015). Evaluation of UAV Photogrammetric Accuracy for Mapping and Earthworks Computations. *Geomatica*, 68(4), 309–317.
- [30] Gorkovchuk, D., Gorkovchuk, J., & Hutnyk, B. (2017). Low-cost UAS Photogrammetry for Mining. *GIM International, The Global Magazine For Geomatics*, 31(11), 20–23. Retrieved June 22, 2022 from <https://www.gim-international.com/content/article/low-cost-uas-photogrammetry-for-mining>
- [31] Beretta, F., Shibata, H., Cordova, R., Peroni, R. de L., Azambuja, J., & Costa, J. F. C. L. (2018). Topographic modelling using UAVs compared with traditional survey methods in mining. *REM - International Engineering Journal*, 71(3), 463–470.
- [32] Popescu, G., Iordan, D., & Păunescu, V. (2016). The Resultant Positional Accuracy for the Orthophotos Obtained with Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 10, 458–464.
- [33] Gül, Y., Hastaoğlu, K. Ö. K. Ö., & Poyraz, F. (2020). Using the GNSS method assisted with UAV photogrammetry to monitor and determine deformations of a dump site of three open-pit marble mines in Eliktekk region, Amasya province, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 79(11), 248.
- [34] Esposito, G., Mastrorocco, G., Salvini, R., Oliveti, M., & Starita, P. (2017). Application of UAV photogrammetry for the multi-temporal estimation of surface extent and volumetric excavation in the Sa Pigada Bianca open-pit mine, Sardinia, Italy. *Environmental Earth Sciences*, 76(3), 1–16.
- [35] da Silva, C. A., Duarte, C. R., Souto, M. V. S., dos Santos, A. L. S., Amaro, V. E., Bicho, C. P., & Sabadia, J. A. B. (2016). Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando vant, GNSS e LÍDAR. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 22(1), 73–94.
- [36] Cho, S.-J., & Kang, E.-S. B. & I.-M. (2015). Construction of Precise Digital Terrain Model for Nonmetal Open-pit Mine by Using Unmanned Aerial Photograph. *Economic and Environmental Geology*, 48(3), 205–212. Retrieved June 20, 2022 from <https://www.kseeg.org/journal/view.html?spage=205&volume=48&number=3>
- [37] Rahman, A. A. A., Maulud, K. N. A., Mohd, F. A., Jaafar, O., & Tahar, K. N. (2017). Volumetric calculation using low cost unmanned aerial vehicle (UAV) approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 270(1).
- [38] Mantey, S., & Aduah, M. S. (2021). Comparative Analysis of Stockpile Volume Estimation using UAV and GPS Techniques. *Ghana Mining Journal*, 21(1), 1–10.
- [39] Raeva, P. L., Filipova, S. L., & Filipov, D. G. (2016). Volume computation of a stockpile-a study case comparing GPS and UAV measurements in an open pit quarry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, XLI(B1), 999–1004.
- [40] Uysal, M., Toprak, A. S., & Polat, N. (2015). DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, 539–543.
- [41] Gül, Y. (2006). *Bazı Açık İşletmelerdeki Değişik Kaya Birimlerinin Taşıma Kapasitelerinin Araştırılması ve Kayaç Özellikleri ile İlişkilendirilmesi*. (Doctoral dissertation, Sivas Cumhuriyet University).
- [42] Pix4D. (n.d.). *PIX4Dmapper – Support*. Retrieved August 31, 2022, from <https://support.pix4d.com/hc/en-us/categories/360001503192>



EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EFFICIENCY INCREASING IN SOLAR CHIMNEY

Hasan Karakaya¹, Ali Serkan Avcı^{*2}, Aytaç Çetinbaş³, Aydın Durmuş⁴

¹Batman Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye

²Batman Üniversitesi, Beşiri Organize Sanayi Bölgesi MYO, Tekstil Teknolojisi Programı, Batman, Türkiye

³Antalya İl Millî Eğitim Müdürlüğü, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Antalya, Türkiye

⁴İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

In this study, remedial arrangements were made to increase the efficiency of the solar chimney and it was examined experimentally. The solar chimney used in the experimental study is a prototype with a chimney length of 12 m and a collector area of 128 m², which was previously installed in the province of Batman. For measurements, temperature, velocity and radiation data were taken simultaneously in four different geographical directions and compared with the initial state of the system. First of all, the floor of the collector area was painted black in order to absorb solar radiation. Then, hot water pipes were added to the floor so that the system could work at night, and the turbine was divided into four zones with steel plates to increase the inlet air velocity. According to the data obtained, it was observed that the average temperature increase under the collector glass surface increased by 17.4%, the turbine inlet temperature increased by 11.2%, the turbine inlet speed by 9.94% and the system power output by 9.4%.

Keywords: Solar chimney, solar energy, efficiency, efficiency improvement.

GÜNEŞ BACASINDA VERİM ARTTIRILMASININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu çalışma, güneş bacasının etkinliğinin artırılması için iyileştirici düzenlemeler yapılarak deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan güneş bacası daha önce Batman ilinde kurulan 12 m baca uzunluğuna ve 128 m² toplayıcı alanına sahip bir prototiptir. Ölçümler için dört farklı coğrafi yönde eş zamanlı sıcaklık, hız ve radyasyon verileri alınarak sistemin ilk hali ile karşılaştırılmıştır. Öncelikle toplayıcının güneş ışınımını absorbe etmesi için zemini siyah renge boyanmıştır. Daha sonra sistemin gece saatlerinde çalışabilmesi için zemine sıcak su boruları eklenmiş ve türbin giriş hava hızının artırılması için çelik plakalar ile dört bölgeye ayrılmıştır. Elde edilen verilere göre toplayıcı cam yüzeyi altında ortalama sıcaklık artışının 17.4 %, türbin giriş sıcaklığının % 11.2 türbün giriş hızının % 9.94 ve sistem güç çıkışını % 9.4 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş bacası, güneş enerjisi, etkinlik, verim iyileştirme.

1 Giriş

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kolay uygulanabilirliği ile fosil yakıtlardan daha düşük bir etkiye sahip olması, son dönemlerde üzerinde giderek yoğunlaşan çalışmaların yapılmasına teşvik etmiştir. Bu teknolojilerden biride radyasyonu farklı yöntemlerle elektrige dönüştüren güneş enerjisi üretim teknolojileridir. Güneş ışınımını toplama ve yoğunlaştırma durumlarına göre adlandırılan bu üçlü sistemde, güneş çanak sistemleri, parabolik oluk enerji santralleri ve güneş kuleleridir.

Güneş bacaları ise güneş enerjisi teknolojisi kullanarak türbin vasıtasıyla elektrik üreten yenilenebilir bir enerji santralidir. Sistemin ana toplayıcı elemanı olarak çalışan kolektör; içindeki havayı ısıtmak için güneş radyasyonu toplamaktır. Toplayıcının ortasına dikilen bacanın yardımı ile sürekli bir hava akışı, sistem ve çevre arasında büyük bir basınç farkı oluşturur. Böylece toplayıcı çevresine daha fazla hava çekilir ve zorlanmış konveksiyon başlatılır. Isınan hava daha sonra büyük bir hızla bacaya yükselir. Güneş bacasının merkezine veya basınç düşüşünün gerçekleştiği toplayıcının çıkışına yakın eksen tabanlı bir türbin konumlandırılırsa, havanın ısı ve

* Corresponding author.

E-mail address: aliserkan.avci@batman.edu.tr (A. S. Avcı)

Received 12 October 2022; Received in revised form 25 January 2023; Accepted 27 April 2022

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1187370>

potansiyel enerjisi kinetik enerjiye daha sonrada elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Güneş bacası sistemleri gelişmekte olan ve enerji üretimi açısından ticarileşmeye geçmiş bir güneş enerjisi teknolojisidir [1].

Araştırmacılar güneş bacası prototiplerinde entegre sistemlerin ve prototip elemanlarının boyutsal ve yapısal değişikliklerinin sistem performansına olan etkilerini incelemiştir. Sakonidou ve ark. [2] güneş bacası içerisindeki hava yoğunluğunu, sıcaklığını ve siyaha boyanmış absorber yüzey tarafından emilen ısının sıcaklığını belirlemek için bir model geliştirmişlerdir. Yabuz ve Delikanlı [3] güneş bacası prototipinin performansının artırılması için bir takım konstrüksiyon düzenlemeleri yapmışlardır. Bouhdjar ve ark. [4] farklı geometrik ölçülerde güneş bacası sistem tasarımının verim analizi için akış ve enerji hesaplamaları üretmişlerdir. Haydan [5] güneş bacalarının sistem performansını arttırmak için bir takım sayısal simülasyon ile teorik analiz yaparak sistemden elde edilen deneysel verileri kıyaslamışlardır. Jemli ve ark. [6] güneş bacasının farklı geometrik tasarımlarında sıcaklık değişimi ile elde edilen elektrik enerjisini belirlemişlerdir. Aurybi ve ark. [7] güneş baca santralini bir hibrit modele dönüştürerek, güneşin olmadığı bulutlu günler ve gece vakitleri için harici bir ısı kaynağını sisteme entegre ederek sistemin genel verimini arttırmışlardır. Ahmed ve Hussein [8] güneş bacası tesisi için PV panelleri sisteme entegre etmiş ve yenilikçi bir güneş bacası tasarlamışlardır. Ayadi ve ark. [9] baca uzunluğunun yükselen hava akışı üzerine etkisini araştırmak için çeşitli güneş bacası geometrileri belirlemişlerdir. Hoseini ve Mehdipour [10] güneş ışınımından daha iyi yararlanabilmek için farklı açılarda toplayıcı tasarımları sunmuşlardır. Khashan ve ark. [11] güneş bacası sisteminin performansını arttırmak için su depolarını entegre ederek sistemin aralıksız çalışabilmesini sağlamışlardır. Cottam [12] kolay üretilebilir ve yüksek verimlilikte çalışabilen yeni bir toplayıcı tasarımı sunmuştur. Bu çalışmada güneş bacasının ısı tutma kapasitesini artırma maksadıyla güneşin olmadığı gece saatlerinde sistemin çalışabilme kabiliyetinin geliştirilmesi için toplayıcı zemininin siyaha boyanması ve zeminden güneş enerjili sıcak su dolaştırılması gibi ön işlemler yapılarak deneysel olarak incelenmiştir.

2 Materyal ve Yöntem

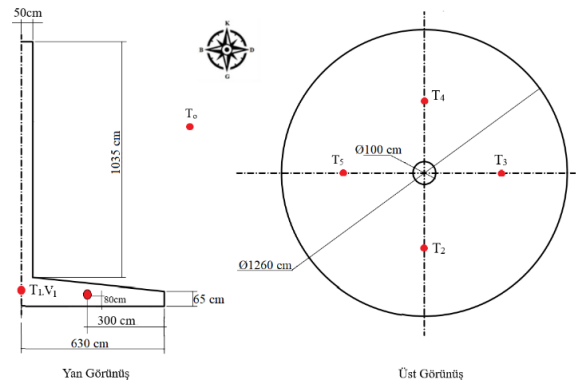
Deneylerin yapıldığı güneş bacası prototipi Batman Üniversitesi'nin Batı Raman kampüsünde düz ve geniş bir araziye 2017 yılında kurulmuştur. Bu yerleşke Akdeniz sıcak yaz iklimi olarak sınıflandırılmıştır. Batman'ın ortalama ışınım değeri ise $51640 \text{ W/m}^2/\text{gün}$ 'dür.

Prototip radyasyon emilimini arttırmak için beton zemine kurulmuştur. Baca, zeminden yukarı yönlü bir hava akışı için merkez noktaya konumlandırılmıştır ve malzemesi 8 mm kalınlığında çeliktir. Baca girişine 22 kanata sahip, 0.9 m çapında bir adet türbin konumlandırılmıştır. Toplayıcı giriş ağzı 0.65 m yüksekliğinden baca merkezine doğru yukarı 1 m yüksekliğe ulaşmaktadır. Böylece havanın akışı yukarı yönlü radyal olacaktır. Sistemin, uzun ömürlü olması ve radyasyonu emilimini artırması için 2 mm kalınlığında şeffaf cam, örtü malzemesi olarak kullanılmıştır [13].

Şekil 1'de prototipin ilk hali Şekil 2'de ise prototipe ait fiziksel büyüklükler ile ölçüm noktaları verilmiştir.



Şekil 1. Prototipin ilk hali [13].



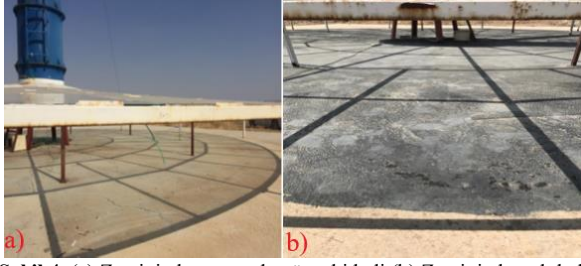
Şekil 2. Prototipe ait fiziksel büyüklükler ve ölçüm noktaları.

Güneş bacası verimini arttırmak için 2021 yılının ağustos ayında yapılan deneyler herhangi bir iyileştirme işlemi yapılmayan 2018 yılının ağustos ayı verileri [13] ile kıyaslanmıştır. Deneyler sabah 06:30'da başlayıp 21:00'a kadar 30 dk'lık aralıklarla devam etmiştir. Sıcaklık ölçümleri için 6 farklı noktada Elimko 602 model dataloger ile, baca girişindeki hava hızı ölçümleri için Unit UT362 marka anemometre ve günlük global güneş radyasyonu için SM602 cihazı kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Ölçüm cihazları.

Bu deneysel çalışmada ilk olarak kurutma alanı olan toplayıcı alanının ısı tutma kapasitesinin artırılması için zemin siyah boya ile boyanmıştır. Şekil 4 (a)'da toplayıcı alanının zeminin siyaha boyanmadan önceki hali ve Şekil 4 (b)'de zemin mat siyaha boyandıktan sonraki hali görülmektedir [14].



Şekil 4. (a) Zeminin boyanmadan önceki hali (b) Zeminin boyalı hali [14].

Güneş bacası toplayıcı alanının ısı tutma kapasitesinin artırılması ve geceleri azalan hava sıcaklığına bağlı olarak sıcaklığı düşen toplayıcı alanının sıcaklığını artırmak amacıyla toplayıcı zemininden su boruları yardımıyla güneş enerjili sıcak su dolaştırılmıştır. Şekil 5'te toplayıcı alanına döşenen güneş enerjili sıcak su döşemesi gösterilmiştir.



Şekil 5. Güneş enerjili sıcak su sistemi döşenmiş toplayıcı alanı [14].

Toplayıcı alanındaki kurutma performansının en iyi hangi yönde olacağını belirlemek ve türbin girişindeki havanın hızını arttırmak ve sabit duruma getirmek amacıyla toplayıcı alanı coğrafi yöne bağlı 4 bölgeye ayrılmıştır. Şekil 6'da bölmelere ayrılmış toplayıcı alanı gösterilmektedir.



Şekil 6. Toplayıcı alanının bölümlendirilmiş hali [14].

2.1 Güneş Bacası Sisteminin Analitik Denklemleri

Enerji akışının hesaplanabilmesi için termodinamiğin I. yasası kullanılmıştır. Güç hesaplama denklemleri için Cottam [12] tarafından geliştirilen model uygulanmıştır. Baca içerisindeki hava tek boyutlu eksenel akış,

toplayıcıdan bacaya doğru giden havada tek boyutlu radyal akış olarak varsayılmıştır.

$$IA_k\eta_k = \dot{m}_{cp}\Delta T + \frac{1}{2}\dot{m}\Delta v^2 \quad (1)$$

Burada toplayıcı içinde havanın aktarılan ısısı, I ve toplayıcı alanı A_k 'dir. Toplayıcı verimliliği ise η_k 'dir. Prototip içindeki kütle akış hızı \dot{m} 'dir. Sabit basınçta çalışma havasının özgül ısı değeri c_p 'dir. Toplayıcı girişi ve çıkışı arasındaki hava sıcaklığı farkı ise ΔT 'dir; Toplayıcıya giren çalışma havası ile çıkan arasındaki fark ise v 'dir.

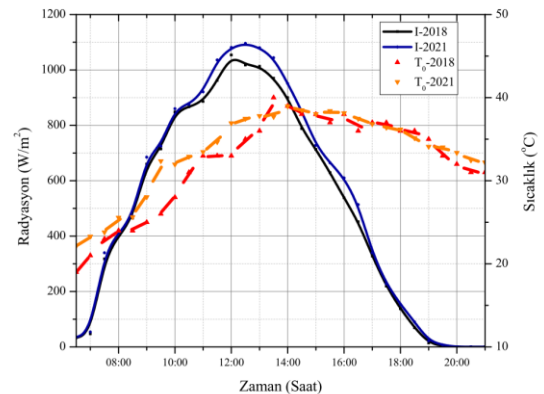
$$\dot{m} = \rho_{\infty}A_{baca}v_{baca} \quad (2)$$

Güneş bacası sisteminde türbinden elde edilebilecek verim önceki çalışmalarda [15] belirlendiği gibi %80 oranındadır. Sistemden elde edilebilecek en fazla güç için ise tüm basınç farkının 2/3'ünün türbinden düşmesi gerekmektedir. Böylece güç:

$$P = \frac{\eta_t\eta_k x I \pi R_k^2 g H_{baca}}{c_p T_{\infty} + (1-x)g H_{baca}\beta} \quad (3)$$

3 Tartışma ve Bulgular

Güneş bacası sisteminde verim artırıcı düzenlemelere ait sıcaklık, hız ve radyasyon ölçümleri Avcı [13]'nın 2018 yılında elde ettiği ölçüm verileri ile kıyaslanmıştır. Karşılaştırmalı ölçümlerde hata payını minimize etmek amacıyla öncelikle 2018 ve 2021 Ağustos ayına ait radyasyon, ortam sıcaklığı ve hava hızına ait değerler incelenmiştir. Şekil 7'de 2018-2021 dış ortam verilerinin birbirilerine yakın değerler olduğu görülmektedir. Elde edilen parametreler için istatistiksel olarak ölçüm sayısı, ortalama, medyan, minimum ve maksimum ele alınmıştır (Tablo 1).



Şekil 7. 2018 ile 2021 Ağustos ayı radyasyon ve ortam sıcaklıkları ölçümleri.

Tablo 1. Radyasyon ve ortam sıcaklıklarına ait istatistiksel veriler.

Parametreler	R-2018	R-2021	T ₀ -2018	T ₀ -2021	V ₀ -2018	V ₀ -2021
Ölçüm Sayısı(N)	30	30	30	30	30	30
Ortalama	501.5	529.2	32.1	33.4	0.89	0.91
Medyan	501.5	562	33	34.3	0.8	0.8
Maksimum	1054	1096	40	38.9	1.15	1.21
Minimum	0	0	19	22.1	0.6	0.61

Dört coğrafi (Güney, Doğu, Kuzey, Batı) bölge için sıcaklık verileri incelendiğinde zeminin siyaha boyanması ile güney bölgesinde (T_2) ortalama sıcaklık $4.3\text{ }^\circ\text{C}$, doğu bölgesinde (T_3) $2.8\text{ }^\circ\text{C}$, kuzey bölgesinde (T_4) $4.1\text{ }^\circ\text{C}$ ve batı bölgesinde (T_5) $4.1\text{ }^\circ\text{C}$ arttığı tespit edilmiştir. Boyama işlemi sonrası zeminde sıcak su boruları gezdirilmiştir. Bu iyileştirme ile sıcaklık güney ve doğu bölgelerinde $3.2\text{ }^\circ\text{C}$ artmıştır (Şekil 8 ve Şekil 9). Kuzey ve batı bölgelerinde ise $1.8\text{ }^\circ\text{C}$ 'lık bir artış görülmektedir (Şekil 10 ve Şekil 11). 2018 verileri ile kıyaslandığında ortalama toplam sıcaklık artış oranı güney bölgesinde %20.2 doğu bölgesinde % 15.5 kuzey bölgesinde % 17.5 ve batı bölgesinde % 16.5 olarak bulunmuştur. En yüksek sıcaklık artışının güney, en düşük sıcaklık artışının ise doğu bölgesinde olduğu gözlemlenmiştir. Güney bölgesi kolektör alt yüzeyi güneş ışınımına en çok maruz kalan bölge olması sebebiyle en yüksek sıcaklık farklılıklarının olduğu kısımdır. Ayrıca kolektör alt yüzeyinin kuzey ve batı bölgelerindeki sıcaklık artış farkının doğu bölgesinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Hâlihazırda en az ışınım alan bu bölgelerin en düşük sıcaklık verilerine de sahip olmaları, verim iyileştirmeleri ile sistemin genel

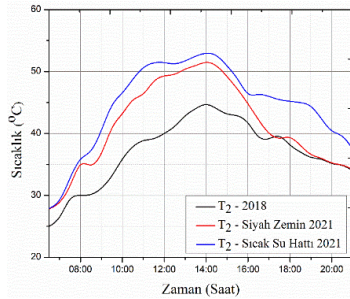
bir ısıl dengeye ulaşabilmesi yönünden daha fazla bir sıcaklık farkı yaratacaktır. Sistemin doğu tarafı yüksek ve dengeli bir sıcaklıkta işlevini sürdürdüğü için en düşük sıcaklık artışı da burada gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere ait tanımlayıcı istatistiksel değerler Tablo 2'de verilmiştir. Son olarak sistem çelik plakalar ile coğrafi bölgelere ayrılmıştır. Ancak bu işlem sonrası sıcaklık artışlarında kayda değer bir artış görülmemiştir. Plaka işlemi hava hızlarını arttırmak ve sabit duruma getirmek için uygulanmıştır.

Baca giriş noktasında ölçülen hava sıcaklığı türbin girişinin ölçüm noktasıdır. Bu alanın gölgelik kısımda bulunması sıcaklık ölçüm ucunun radyasyon ile birebir temasını engellemektedir. Bu nedenle sıcaklık verileri toplayıcı yüzey alanına göre daha düşüktür. Tablo 3'te 2021 yılına ait sıcaklık artışının %11,2, hız artışının ise %9,94 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12).

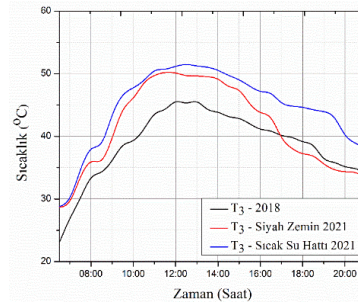
Şekil 13'te elde edilen güç değerinin gün içerisindeki değişimleri kıyaslanmıştır. Elde edilen güç miktarları boyutsuzlaştırılmıştır. 2021 yılı iyileştirme düzenlemeleri sonucu ortalama sistem güç performansının %9,4 arttığı gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Dört coğrafi bölgede verim arttırıcı düzenlemelerin sıcaklıklarına ait istatistiksel veriler.

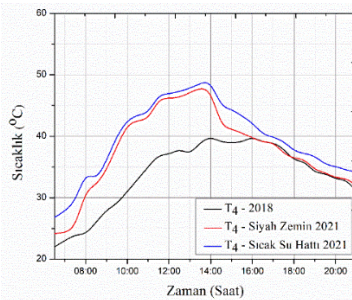
Parametreler	T_2			T_3			T_4			T_5		
	T_2 2018	Siyah Zemin	T_2 Su Boruları	T_3 2018	Siyah Zemin	T_3 Su Boruları	T_4 2018	Siyah Zemin	T_4 Su Boruları	T_5 2018	Siyah Zemin	T_5 Su Boruları
Ölçüm Sayısı(N)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Ortalama	37	41.3	44.5	38.6	41.4	44.6	33.7	37.8	39.6	35.6	39.7	41.5
Medyan	38	40.6	45.6	39.5	41.6	46.0	35.5	38.7	40	37.5	40.2	43.2
Maksimum	45	51.7	53.1	46	50.3	51.6	40	47.9	49	44	49.2	50
Minimum	25	27.8	27.9	23	28.7	28.8	22	24.2	26.8	23	24.6	24.7



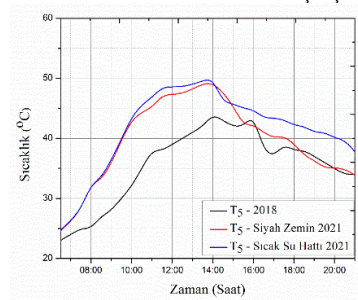
Şekil 8. Güney bölgesi 2018 ile 2021 verim arttırıcı düzenlemelerin sıcaklık verilerinin karşılaştırılması.



Şekil 9. Doğu bölgesi 2018 ile 2021 verim arttırıcı düzenlemelerin sıcaklık verilerinin karşılaştırılması.



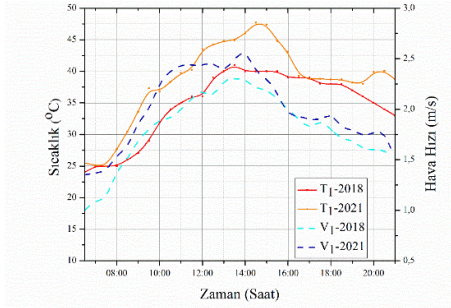
Şekil 10. Kuzey bölgesi 2018 ile 2021 verim arttırıcı düzenlemelerin sıcaklık verilerinin karşılaştırılması.



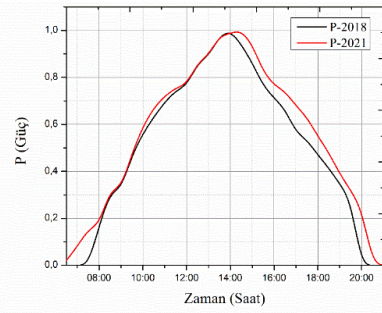
Şekil 11. Batı bölgesi 2018 ile 2021 verim arttırıcı düzenlemelerin sıcaklık verilerinin karşılaştırılması.

Tablo 3. Türbin girişinde sıcaklık ve hava hızlarına ait istatistiksel veriler.

Parametreler	T_1 -2018	T_1 -2021	V_1 -2018	V_1 -2021
Ölçüm Sayısı(N)	30	30	30	30
Ortalama	34.6	38.5	1.81	1.99
Medyan	36	38.8	1.85	1.93
Maksimum	41	47.7	2.3	2.6
Minimum	24	25	1	1.35



Şekil 12. Türbin girişinde 2018 ile 2021 sıcaklık ve hava hızı ölçümlerinin karşılaştırılması.



Şekil 13. 2018 ile 2021 boyutsuz güç değerlerinin karşılaştırılması.

4 Sonuçlar

Bu çalışma ile güneş bacası sisteminde yapılan iyileştirmelerin verimi önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. 2018 yılına ait verilere göre toplayıcı girişinden merkez noktada bulunan bacaya doğru sıcaklık artışı ortalama 8 °C iken 2021 yılı verilerine göre bu sıcaklık artışı ortalama 14 °C olmuştur. En yüksek sıcaklık artışı 7.5 °C ve en yüksek sıcaklık değeri 53.1 °C ile güney bölgesinde ölçülmüştür. Ayrıca 2018 yılına ait dış ortam verilerinin (radyasyon, ortam sıcaklığı ve hava hızı) 2021 yılına ait dış ortam verileri ile neredeyse benzer olmasına rağmen sisteme eklenen iyileştirici düzenlemeler ile güç performansının %9.4 arttığı tespit edilmiştir. Sistem verimini daha fazla arttırmak için baca yüksekliği ve toplayıcı alanı artırılabilir ayrıca güneş ışınımının geliş açısına göre en uygun konum belirlenerek toplayıcının eğim açısı farklı bölgelere göre değiştirilebilir. Baca geometrisi eğimli veya kavisli olarak tasarlanabilir. Buna ek olarak güneş bacası toplayıcı alanında kullanılan şeffaf cam yerine, saydam fotovoltaik paneller kullanılabilir ve buna benzer hibrit birçok yenilikçi metot ile sistem güç performansı artırılabilir.

Açıklamalar

Bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Teşekkür

Bu çalışma Batman Üniversitesi Proje Ofisi Koordinatörlüğünün BTÜBAP-2021-YL-07, BTÜBAP-2013-MMF-2 nolu projeleri ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Ming, T. (Ed.). (2016). *Solar chimney power plant generating technology*. Academic Press.
- [2] Sakonidou, E. P., Karapantsios, T. D., Balouktsis, A. I., & Chassapis, D. (2008). Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow. *Solar Energy*, 82(1), 80-94.
- [3] Yabuz, Z. R. (2009). *Güneş bacasında konstrüktif iyileştirme çalışmaları ve performans artırıcı yöntemlerin araştırılması* (Doctoral dissertation, Suleyman Demirel University).
- [4] Bouhdjar, A., Larbi, S., Chergui, T., & Gahgah, M. (2011). Influence of fluid flow regimes on the performances analysis of solar chimney power

plants. *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 19(5), 431.

- [5] Hadyan, H. (2015). *Theoretical Analysis and Experimental Optimization of Solar Updraft Power Generator*.
- [6] Jemli, M. R., Naili, N., Farhat, A., & Guizani, A. (2017). Experimental investigation of solar tower with chimney effect installed in CRTEn, Tunisia. *International journal of hydrogen energy*, 42(13), 8650-8660.
- [7] Aurybi, M. A., Al-Kayiem, H. H., Gilani, S. I., & Ismaeel, A. A. (2017). Numerical analysis of solar updraft power plant integrated with external heat source. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 131, p. 01004). EDP Sciences.
- [8] Ahmed, O. K., & Hussein, A. S. (2018). New design of solar chimney (case study). *Case studies in thermal engineering*, 11, 105-112.
- [9] Ayadi, A., Driss, Z., Bouabidi, A., Nasraoui, H., Bsis, M., & Abid, M. S. (2018). A computational and an experimental study on the effect of the chimney height on the thermal characteristics of a solar chimney power plant. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 232(4), 503-516.
- [10] Hoseini, H., & Mehdipour, R. (2018). Evaluation of solar-chimney power plants with multiple-angle collectors. *Journal of Computational & Applied Research in Mechanical Engineering (JCARME)*, 8(1), 85-96.
- [11] Khashan, M.K., Tilefih, R.J., Al-Khateeb, A. (2018). The effect of upper tank surface property on solar chimney power plant performance. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 11 (3), pp. 383-402.
- [12] Cottam, P. J. (2018). *Innovation in Solar Thermal Chimney Power Plants* (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).
- [13] Avcı, A. S. (2021). *Güneş bacası sistem performansının sayısal ve deneysel olarak araştırılması* (Doctoral dissertation, Batman University).
- [14] Çetinbaş, A. (2022). *Güneş bacası sera örtüsü altında tarım ürünlerinin kurutulması; Batman Sason çileği örneği* (Master's thesis, Batman University).
- [15] Gannon, A. J., & Von Backstro'm, T. W. (2003). Solar chimney turbine performance. *J. Sol. Energy Eng.*, 125(1), 101-106.



SYNTHESIS OF FLUORESCENT CARBON QUANTUM DOTS WITH HYDROTHERMAL AND SOLVOTHERMAL METHOD APPLICATION FOR ANTICOUNTERFEITING AND ENCRYPTION

Mustafa Kavgacı^{*1,2} , Hacı Veli Kalmış² , Hasan Eskalen^{2,3} 

¹Kahramanmaraş İstiklal University, Elbistan Vocational School of Health Services, Department of Opticianry, Kahramanmaraş, Turkey

²Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Material Science and Engineering Department, Kahramanmaraş, Turkey

³Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Vocational School of Health Services, Department of Opticianry, Kahramanmaraş, Turkey

Abstract

Original scientific paper

The objective of this work was to compare the optical performance of hydrothermally and solvothermal synthesized unique fluorescent carbon quantum dots (FCQDs) from organic material and use it as a fluorescent ink for one of the significant information encryption applications. The goji berry and sucrose were used as carbon sources for the experiment. FCQDs are obtained by simple hydrothermal and solvothermal methods using water, isopropanol and acetone as a solvent. The crystal structure and optical properties of the obtained carbon dots are investigated. All obtained FCQDs are amorphous phases. The maximum emission of the obtained FCQDs was found at 465 nm when excited at 386 nm. Among the carbon dot samples synthesized using three different solvents, the sample with the highest PL peak value was found in the sample synthesized with acetone solvent. The morphology of the carbon dot sample produced with acetone solution was examined by TEM and the average diameter of the carbon dots was calculated as 7.2 nm. The fluorescent ink potential of the synthesized FCQDs was compared and the best result found at the carbon dot that was synthesized from solvothermal methods with an acetone solution.

Keywords: Carbon dots; fluorescence ink; goji berry; information encryption; XRD.

SAHTECİLİKLE MÜCADELE VE ŞİFRELEME UYGULAMASI İÇİN HİDROTHERMAL VE SOLVOTERMAL YÖNTEM İLE FLUORESAN KARBON KUANTUM NOKTALARININ SENTEZİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu çalışmanın amacı, organik bir malzemeden hidrotermal ve solvotermal yöntemle sentezlenen floresan karbon kuantum noktalarının (FCQDs) optik performanslarını karşılaştırmak ve bunları önemli bilgi şifreleme uygulamalarından biri için bir floresan mürekkep olarak kullanmaktır. Goji berry ve sakkaroz, çalışmada karbon kaynağı olarak kullanılmıştır. FCQD'ler, çözücü olarak su, izopropanol ve aseton kullanılarak hidrotermal ve solvotermal yöntemlerle elde edildi. Elde edilen karbon noktalarının kristal yapıları ve optiksel özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen bütün FCQD'ler amorf fazdadır. FCQD'ler 386 nm'de uyarıldığında maksimum emisyonu 465 nm'de elde edilmiştir. Üç farklı çözücü kullanılarak sentezlenen karbon nokta örnekleri arasında en yüksek PL pik değeri aseton çözücü ile sentezlenen örnekte bulunmuştur. Aseton solüsyonu ile üretilen karbon nokta örneğinin morfolojisi TEM ile incelenmiş ve karbon noktalarının ortalama çapı 7,2 nm olarak hesaplanmıştır. Sentezlenmiş FCQD'lerin floresan mürekkep olarak kullanılabilme potansiyeli karşılaştırılmış ve en iyi sonuç aseton çözücüsünde solvotermal yöntemle sentezlenen karbon noktaları için bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Karbon noktası; bilgi şifreleme; Floresans mürekkep; goji berry; XRD.

1 Introduction

Today, with the growth in scientific studies, there has been a significant increase in the development of new materials with superior properties. Among them, nanostructured materials are known as one of the most researched and studied groups. Although there are various

types of nanostructured materials, carbon based nanostructured materials have attracted specific interest. The newest members of carbon nanostructures are called CDs (carbon dots) or CQDs (carbon quantum dots). Carbon dots were found by chance in 2004 during the purification of carbon nanotubes and were subsequently obtained using laser ablation of graphite [1,2]. After this

* Corresponding author.

E-mail address: mkavgaci@gmail.com (M. Kavgacı)

Received 29 September 2022; Received in revised form 19 January 2023; Accepted 02 March 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1182009>

discovery, the attractive, impressive, superior and unique properties of carbon dots were revealed and a new era began in terms of engineering science [3].

The size of the carbon dots is 10 nm or less. They have superior fluorescence properties in terms of their characteristics [4]. Carbon dots have superior fluorescence and optical properties as well as biocompatibility. Moreover, they have easy synthesis routes and pollution free precursors. Carbon dots, which have been studied by many scientists in recent years, have been found to have a number of exciting properties [5]. Carbon dots find a place in the theoretical and application areas in many fields such as science, engineering and health, thanks to their strength, optical, mechanical and electrical properties [6–8]. The most important feature of carbon dots is surface functionality that exhibits strong PL (photoluminescence), according to their size and excitation wavelength [6]. In addition to these properties, it is very valuable for its excellent biocompatibility, water solubility, low cost, low toxicity, easy synthesis, photostability and chemical stability. Considering these advantages, it has applications in many fields, such as bioimaging, sensor, solar cells, photocatalysis and drug delivery [9]. Carbon dots can be obtained from many natural sources such as food, waste and nutrients with the advantage of low cost [10].

Different organic sources have been used as carbon precursors for CD synthesis. For example, tangerine juice/onion Shell [11] turnip juice [12], rosemary leaves [13], pigeon manure [14], cowberry [15], blueberry [16], blackberry and raspberry [17]. The most known name of the goji berry is “wolfberry”. This name is based on the root “gou” meaning wolf [18]. The name goji is derived from several local words and was first coined by TBRI (Tanaduk Botanical Research Institute) researchers in 1973 [19]. Goji Berry, Latin name *Lycium barbarum*, is a shrub of the Solanaceae family from Southeast Asia and grows in China, Tibet and other parts of Asia. Its fruits are

1-2 cm long. It is bright red in color and elliptical in shape [20,21]. Goji Berry fruit is highly nutritious. It has become more popular in the last few years due to its recognition as a “superfood” among people.

Due to its nutritional value, it has become more preferred by people today. The fruit contains sugar [19]. Goji berry has several important biological functions, such as boosting immunity, anti-aging, anti-tumor and antioxidant [18]. Digital security is crucial in the information era because counterfeiting not only results in significant economic losses but also has negative effects on people's physical and mental health. Luminescent inks have drawn a lot of interest among the many anti-counterfeiting substances due to their numerous uses in information coding, information storage, and information security. A significant barrier still exists in the production of high anti-counterfeiting strategies and aqueous luminous anti-counterfeiting nanomaterials [22–25].

Sucrose was also added to the goji berry to strengthen the PL peaks of the synthesized carbon spots, based on a related work in the literature [26,27]. Precursors, synthesis procedures, particle size, fundamental PL characteristics, applications, and findings from this work are summarized in Table 1. In this study, goji berry (*Lycium barbarum*) was used as a natural carbon source. CDs were synthesized by hydrothermal and solvothermal methods. While synthesizing carbon dots, acetone, ultrapure water and isopropyl alcohol were used as solvents, and carbon dot samples synthesized using this solvent were compared. The structural properties of carbon dots were researched by XRD analysis. In addition, the optical properties of the synthesized materials were investigated in UV-Vis spectroscopy. The photoluminescence properties of the obtained nanoparticles with carbon dots were researched by photoluminescence spectrometry. FTIR spectrometer was used to analyze its chemical structure.

Table 1. Carbon source, size, PL properties and application examples used in preparing carbon dots.

Carbon precursors	Synthesis methods	Size (nm)	PL features	Application	Reference
Tea residue/ Choline chloride/ Urea	Hydrothermal	< 10	Ex: 330 nm Em: 410 nm	Sensing	[28]
Chia seed	Hydrothermal	5.4	Ex: 310 nm Em: 415 nm	Cell imaging	[29]
Aconitic acid/ PEI	Thermal carbonization	11.12	Ex: 440 nm Em: 485 nm	Sensing	[30]
Citric Acid/ m-PD	Hydrothermal	3.03 to 3.73	Ex: 320 nm Em: 466 nm	Information encryption, Anti-Counterfeiting	[31]
<i>Laurus nobilis</i> leaves	Hydrothermal	< 10	Ex: 344 nm Em: 425 nm	Fluorescent ink	[32]
Waste corn husk	Hydrothermal	5.39	Ex: 342 nm Em: 428 nm	Composite material	[33]
Rosemary leaves	Hydrothermal	16.13	Ex: 332 nm Em: 422 nm	Food storage, fingerprint detection, antibacterial activity	[13]
Citric Acid/ PEI	Microwave-assisted	12	Ex: 354 nm Em: 442 nm	TNT determination	[34]
Citric Acid	Microwave-assisted	3	Ex: 350 nm Em ~ 440 nm	Fish gelatin films	[35]
Cowberry	Hydrothermal		Ex: 350 nm Em ~ 440 nm	Composite material	[15]
Blueberry	Facile liquid N ₂ treatment method		Ex: 340 nm Em: 450 nm	Sensing	[16]
Goji berry	Hydrothermal Solvothermal	7.2	Ex: 386 nm Em: 465 nm	Information encryption, Anti-Counterfeiting	This work

2 Materials and Methods

2.1 Material

Goji berry was obtained in the personal garden of the author Hacı Veli Kalmış. Solvents purchased from standard manufacturers were used in the experiments. The ultrapure water used in the experiments was supplied from the KSÜ ÜSKİM unit. All materials were used in their current form without purification.

2.2 Preparation of CD Nanoparticles

Goji berry was chosen as a natural carbon source. Goji berry was cleaned by washing with tap water. It was then washed with pure water. Then, the goji berry was kept in an oven at 60°C for 96 hours to be dried. The dried goji berry was sieved after grinding. 1.25 g of goji berry powder and 1.25 g of sucrose were mixed in 150 ml of solvent in an ultrasonic treatment. Ultrapure water, acetone and isopropyl alcohol were used as solvents. The carbon dots were synthesized using three different solvents. The homogenized mixture was transferred to a teflon box. The Teflon box was then placed in an autoclave made of stainless steel. After being placed in the autoclave oven, it was subjected to hydrothermal and solvothermal treatment at 175°C for 8 hours. At the end of the process, the autoclave was taken from the oven to cool itself to room temperature. The resulting solution was filtered. It was centrifuged and dried. It was stored at 4 °C for experiments. The final concentration of the carbon dots in solution for measurements was 0.25 mg mL⁻¹. The schematic representation of the experimental setup is given in Figure 1. While synthesizing carbon dots, acetone, ultrapure water and isopropyl alcohol were used as solvents, and carbon dot samples synthesized using this solvent were named as GCDa, GCDw and GCDi, respectively.

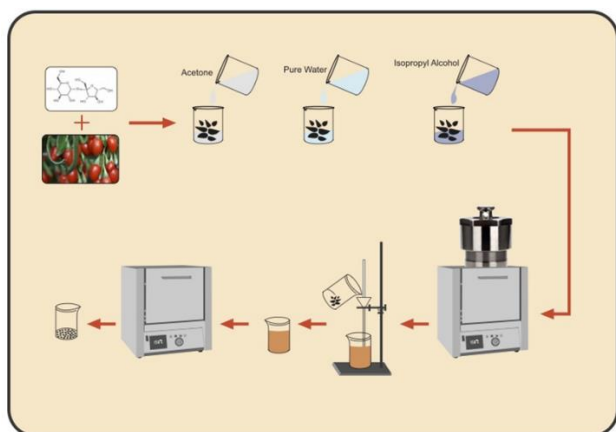


Figure 1. Symbolic representation of obtaining carbon dots from Goji berry.

2.3 Characterization

Structural characterization of the synthesized Carbon dots samples was examined by XRD (X-ray diffraction). Philips X'Pert PRO XRD device with Cu K α radiation ($\lambda = 0,154056$ nm, tuned at 40 kV and 30 mA) was used to detect the XRD pattern. The optical properties of the

synthesized carbon dot samples were obtained by UV-Visible Spectrophotometer (Shimadzu UV 1800) at room temperature. FTIR Spectroscopy: Measured with a Perkin Elmer Spectrum 400 instrument in the 4000–450 cm⁻¹ range. The PL spectra of the CD samples were scanned with the Varian Cary Eclipse spectrometer.

3 Results and Discussion

The XRD pattern showing the crystal structures of the carbon dots synthesized from Goji berry is presented in Figure 2. CDs synthesized in the XRD plot appear to have flat amorphous peaks similar to the structure of 2 θ =23° graphene. Pure graphite has a significant peak at 2 θ =26.42° that corresponds to the (002) plane in the X-ray pattern, while GO has two distinctive peaks at 2 θ =11° and 2 θ =42° that correlate to the (001) and (100) planes [36]. For multi-walled carbon nanotubes, two diffraction peaks with centers at 26° and 45° are often seen. These peaks are designated as (002) and (001) planes [37]. Generally, amorphous carbons with graphitic domains are indicative of carbonaceous materials (sp² domains). The two broad Bragg peaks at 22.0 and 43.7 were indexed to the graphite hexagonal structure's (002) and (100) planes, respectively [38]. This broad and amorphous peak has also been detected in XRD plots of CDs in many studies [32,39,40].

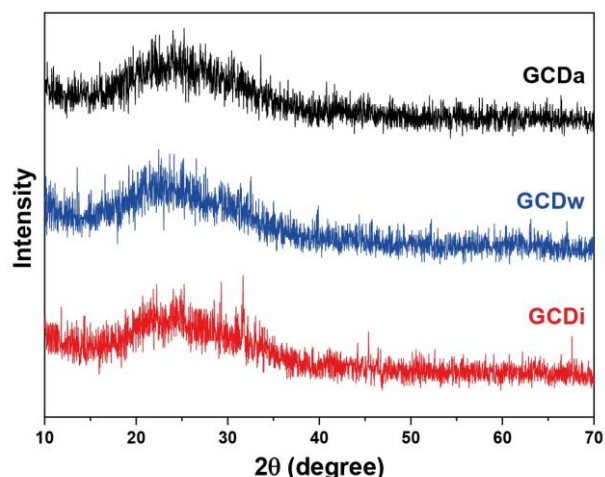


Figure 2 XRD pattern of CDs

UV-Visible spectroscopy can be used to observe what changes nanoparticles undergo as time passes. Carbon nanoparticles can be characterized by UV-Visible spectroscopy [41]. Carbon dots synthesized from Goji berry were examined by UV-Visible spectroscopy. The UV-Visible absorption graph is given in Figure 3. A sharp absorption peak similar to a π - π^* transition was seen in the UV-Visible spectrum at 282 nm [42]. Figure 4a illustrates PL spectra of the obtained carbon dots in different solvents and when the samples are excited at 386 nm wavelength, they exhibit maximum emission at 465 nm (Figure 4b). The maximum PL intensity was found in the carbon dots sample which is dissolved in acetone. Photoluminescence spectra of carbon dot sample (GCDa) dissolved in water were investigated using PL spectrometry by varying the wavelength between 400–600 nm (Figure 5). It was observed that the synthesized CD samples gave excitation-induced emission. When the

excitation wavelength was changed from 386 nm to 456 nm with 5 nm intervals, the emission peak was redshifted from 465 nm to 508 nm. The observed redshift in the emission spectrum indicates the possibility of tunability of the PL emission color. Depending on the increase in the excitation wavelength, the intensity of the fluorescence peak decreases and exhibits attenuation [33]. This result is due to electron and hole recombination produced on the surface of CDs. The redshift observed with the difference in excitation wavelengths can be attributed to the difference in the surface sizes of the CDs [42].

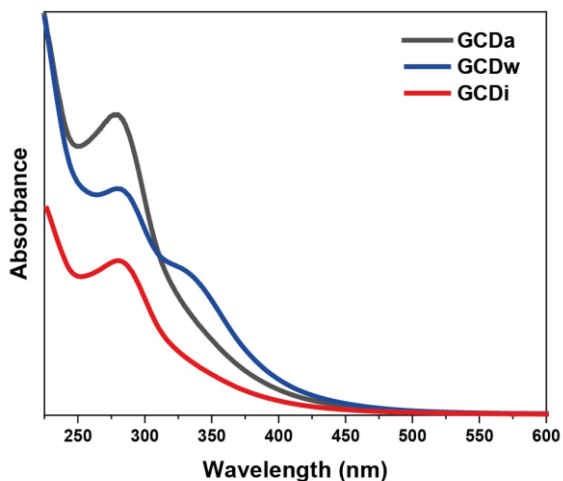


Figure 3. UV-Vis spectrum of synthesized carbon dots from Goji berry.

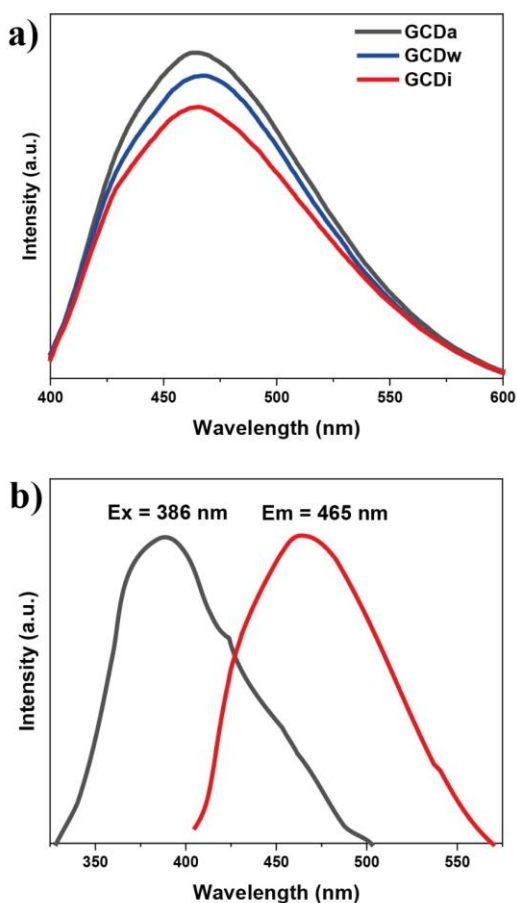


Figure 4. a) PL spectra of CDs synthesized in different solvents b) Excitation and emission spectrum of product GCDa.

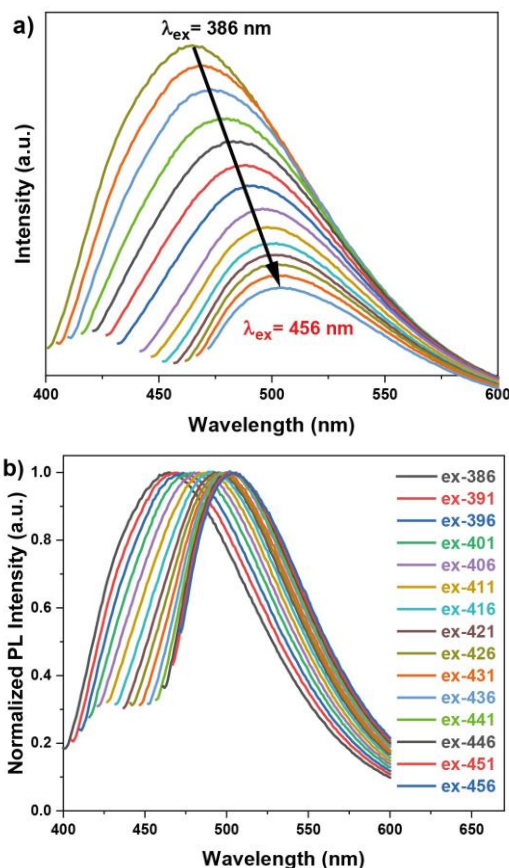


Figure 5. a) Excitation dependent PL spectra of GCDa, b) after normalization.

FTIR measurements were taken in the 450-4000 cm^{-1} range to examine the chemical structure of the synthesized samples. FTIR results are presented in Figure 6. The broad peak seen at 3324 cm^{-1} is attributable to O-H or N-H stretching vibrations [43]. The absorbance peak of the samples at 2924 cm^{-1} and 2846 cm^{-1} coincides with the C-H bonds [44-46]. The 1706-1605 cm^{-1} double peak can be attributed to the stretching vibrations of the C-N and C-O bonds, respectively [44]. The C-N bonds observed in the FTIR analysis may be due to the amino groups in the proteins found in the structure of the goji berry [47]. The peaks of stretching vibration of the C-C, C-N, and C-O groups can be seen at 1372 cm^{-1} , 1200 cm^{-1} and 1100 cm^{-1} , respectively [48].

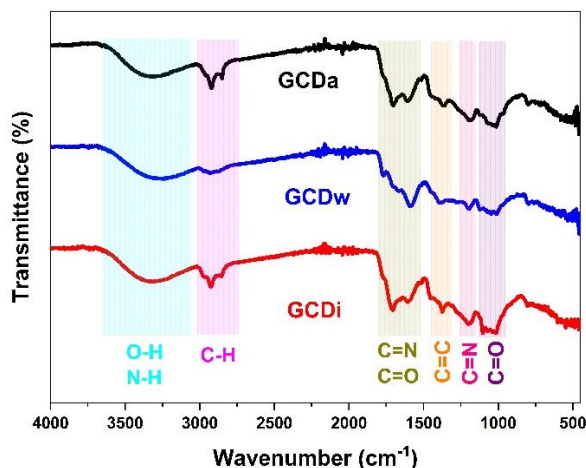


Figure 6. FT-IR spectrum of the CDs.

The morphological properties of synthesized CDs were studied, and Figure 7 depicts the form and size distribution of the carbon dots sample produced in acetone solution. GCDa sample have homogeneous size and distribution, as observed in the TEM picture. The average diameter of the studied carbon dots was calculated to be 7.2 nm.

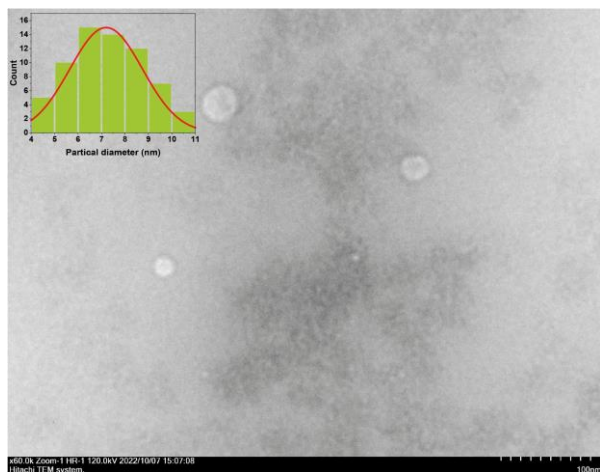


Figure 7. TEM image of GCDa sample.

Carbon dot samples were dissolved in distilled water. Then the carbon dots were centrifuged to separate large particles. The fluorescent abilities of the CDs obtained in Figure 8 are observed at a distance of 10-15 cm under UV light (365 nm). Under UV light, GCDa and GCDw carbon dot samples glowed turquoise. When the synthesized samples were compared, it was observed that the fluorescence irradiation was ordered as PGDa > PGDw > PGDi [14].

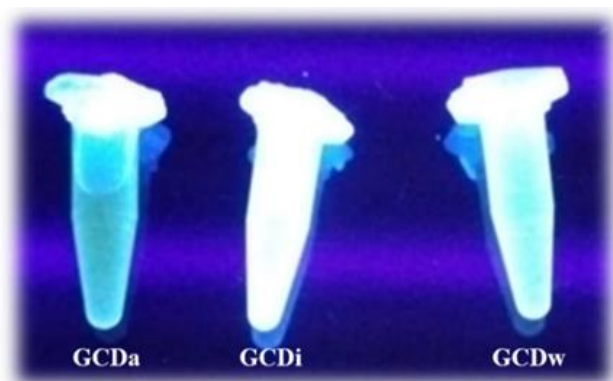


Figure 8. Image of GCDa, GCDi and GCDw samples under UV light, respectively.

CQDs are materials with serious potential as fluorescent inks that can be used in various applications due to their non-toxicity, fluorescent stability and similar properties. Fluorescent inks obtained using CQDs are environmentally friendly and permanent. Additionally, such fluorescent inks can be used in anti-fraud and encryption applications [14]. Interestingly, some luminescent materials with exceptional invisible transparency capabilities may be used spontaneously as luminescent inks (Figure 8). A brush and commercial papers without any background luminescence were used. The similar pattern may be readily obtained, as shown in

Figure 9, by utilizing obtained GCDa, GCDw, and GCDi labeled carbon dots as luminous inks. This pattern was invisible in the daylight but was immediately visible under UV light. The best outcome for the GCDa carbon dot sample was produced, and it may be utilized as direct anti-counterfeiting luminescent inks. Utilizing carbon dots with a higher PL peak intensity can help luminescent inks' anti-counterfeiting capabilities.

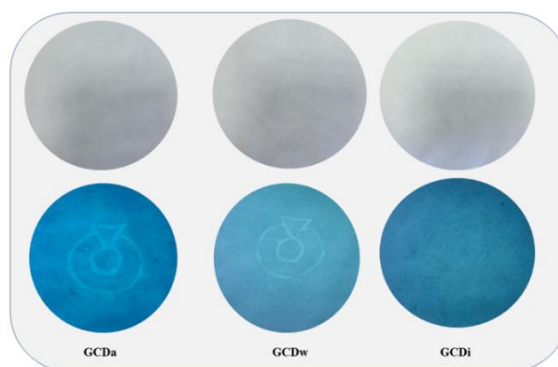


Figure 9. Images drawn with fluorescent ink created from CQDs in daylight and under UV light (365 nm).

4 Conclusion

Fluorescent carbon dots were synthesized from Goji berry simply, non-toxic, environmentally friendly and cost-effective. CDs were obtained by the hydrothermal and solvothermal methods using Goji berry and sucrose as a precursors and water, isopropanol and acetone as a solvent. The crystal structures of carbon quantum dots synthesized using different solvents were investigated by XRD and the crystal structure of obtained carbon dots consists of amorphous phases. The obtained peaks in the UV spectrum of carbon dots are attributed to $\pi-\pi^*$ electronic transitions. As a result of the excitation of the samples at a wavelength of 386 nm, it was observed that they exhibited maximum emission at a wavelength of 465 nm. By increasing the excitation wavelength, a redshift of the emission peak was detected. The sample with the highest PL peak value among the carbon dot samples generated using three different solvents was discovered in the sample synthesized using acetone solvent. TEM was used to study the morphology of the carbon dot sample synthesized with acetone solution, and the average diameter of the carbon dots was determined to be 7.2 nm. Obtained GCDa, GCDw, and GCDi carbon dots was utilized as luminous inks. This pattern was invisible in the daylight but was immediately visible under UV light. The best outcome for the GCDa carbon dot sample was produced, and it may be utilized as direct anti-counterfeiting luminescent inks.

Acknowledgements

This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Kahramanmaraş Sütçü İmam University. Project number 2021/1-7 YLS.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Xu, X., Ray, R., Gu, Y., Ploehn, H.J., Gearheart, L., Raker, K., & Scrivens, W.A. (2004). Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments. *Journal of the American Chemical Society*, 126(40), 12736–12737.
- [2] Sun, Y.P., Zhou, B., Lin, Y., Wang, W., Fernando, K.A.S., Pathak, P., et al. (2006). Quantum-sized carbon dots for bright and colorful photoluminescence. *Journal of the American Chemical Society*, 128(24), 7756–7757.
- [3] Bhartiya, P., Singh, A., Kumar, H., Jain, T., Singh, B.K., & Dutta, P.K. (2016). Carbon dots: Chemistry, properties and applications. *Journal of the Indian Chemical Society*, 93(7), 759–766.
- [4] Zhang, J. & Yu, S.H. (2016). Carbon dots: large-scale synthesis, sensing and bioimaging. *Materials Today*, 19 (7), 382–393.
- [5] Wang, T., Wang, A., Wang, R., Liu, Z., Sun, Y., Shan, G., Chen, Y., & Liu, Y. (2019). Carbon dots with molecular fluorescence and their application as a “turn-off” fluorescent probe for ferricyanide detection. *Scientific Reports*, 9(1), 1–9.
- [6] Wang, Y. & Hu, A. (2014). Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34), 6921–6939.
- [7] Xu, Y., Liu, J., Gao, C., & Wang, E. (2014). Applications of carbon quantum dots in electrochemiluminescence: A mini review. *Electrochemistry Communications*, 48, 151–154.
- [8] Ibrayev, N., Dzhanabekova, R., Seliverstova, E., & Amanzholova, G. (2022). Optical properties of N- and S-doped carbon dots based on citric acid and L-cysteine. *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures*, 30(1), 22–26.
- [9] Dinc, S. & Kara, M. (2018). Synthesis and Applications of Carbon Dots from Food and Natural Products. *Journal of Apitherapy and Nature/Apiterapi ve Doğa Dergisi*, 1(1), 33–37.
- [10] Bag, P., Maurya, R. K., Dadwal, A., Sarkar, M., Chawla, P. A., Narang, R. K., & Kumar, B. (2021). Recent Development in Synthesis of Carbon Dots from Natural Resources and Their Applications in Biomedicine and Multi-Sensing Platform. *ChemistrySelect*, 6(11), 2774–2789.
- [11] Başkaya, S.K. & Çeşme, M. (2021). Synthesis of N-Doped Carbon Quantum Dots by Hydrothermal Synthesis Method and Investigation of Optical Properties. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10(2), 206–211.
- [12] Eskalen, H. & Çeşme, M. (2021). Carbon Dots from Turnip Juice: Synthesis, Characterization and Investigation of pH-Dependent Optical Properties. *Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science*, 8(2), 924–930.
- [13] Eskalen, H., Çeşme, M., Kerli, S., & Özgan, Ş. (2021). Green synthesis of water-soluble fluorescent carbon dots from rosemary leaves: Applications in food storage capacity, fingerprint detection, and antibacterial activity. *Journal of Chemical Research*, 45(5-6), 428–435.
- [14] Başkaya, K., Tahta, B., Uruş, S., Eskalen, H., Çeşme, M., & Özgan, Ş. (2022). Multifunctional B, N, P, and S-doped fluorescent carbon quantum dot synthesis from pigeon manure: highly effective Hg (II) sensor and fluorescent ink properties. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1, 1–15.
- [15] Kapitonov, A. N., Egorova, M. N., Tomskaya, A. E., Smagulova, S. A., & Alekseev, A. A. (2018). Hydrothermal synthesis of carbon dots and their luminescence. *AIP Conference Proceedings*, 2041(1), 030003.
- [16] Aslandaş, A. M., Balci, N., Arik, M., Şakiroglu, H., Onganer, Y., & Meral, K. (2015). Liquid nitrogen-assisted synthesis of fluorescent carbon dots from Blueberry and their performance in Fe³⁺ detection. *Applied Surface Science*, 356, 747–752.
- [17] Yang, Z., Xu, M., Wang, T., Wei, H., & Zhang, Y. (2015). Method for hydro-thermal synthesis of carbon quantum dots based on fruits. CN105366659A.
- [18] Potterat, O. (2010). Goji (*Lycium barbarum* and *L. chinense*): Phytochemistry, pharmacology and safety in the perspective of traditional uses and recent popularity. *Planta Medica*, 76(1), 7–19.
- [19] Amagase, H. & Farnsworth, N. R. (2011). A review of botanical characteristics, phytochemistry, clinical relevance in efficacy and safety of *Lycium barbarum* fruit (Goji). *Food Research International*, 44(7), 1702–1717.
- [20] Donno, D., Beccaro, G. L., Mellano, M. G., Cerutti, A. K., & Bounous, G. (2015). Goji berry fruit (*Lycium* spp.): Antioxidant compound fingerprint and bioactivity evaluation. *Journal of Functional Foods*, 18, 1070–1085.
- [21] Montesano, D., Cossignani, L., Giua, L., Urbani, E., Simonetti, M. S., & Blasi, F. (2016). A Simple HPLC-ELSD Method for Sugar Analysis in Goji Berry. *Journal of Chemistry*, 1-5.
- [22] Wang, T., Yang, J., Li, H., & Wang, Y. (2019). Aminoclay decorated with lanthanide complexes and carbon dots: Tunable emission and information encryption. *Journal of Rare Earths*, 37(9), 995–1001.
- [23] Li, J., Xia, D., Gao, M., Jiang, L., Zhao, S., & Li, G. (2021). Invisible luminescent inks and luminescent films based on lanthanides for anti-counterfeiting. *Inorganica Chimica Acta*, 526, 120541.
- [24] Siddique, A.B., Singh, V. P., Chatterjee, S., Pramanik, A. K., & Ray, M. (2018). Facile synthesis and versatile applications of amorphous carbon dot. *Materials Today: Proceedings*, 5(3), 10077–10083.
- [25] Kumar, P., Dwivedi, J., & Gupta, B. K. (2014). Highly luminescent dual mode rare-earth nanorod assisted multi-stage excitable security ink for anti-counterfeiting applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(48), 10468–10475.
- [26] Li, Q., Du, H., Li, J., Deng, J., Wang, R., & Chen, Y. (2022). Sulfur-rich carbon quantum dots based on *Alternanthera philoxeroides* and thiourea for the detection of tartrazine. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 33(16), 12808–12818.
- [27] Krishnaiah, P., Atchudan, R., Perumal, S., Salama, E. S., Lee, Y. R., & Jeon, B. H. (2022). Utilization of waste biomass of *Poa pratensis* for green synthesis of n-doped carbon dots and its application in detection of Mn²⁺ and Fe³⁺. *Chemosphere*, 286, 131764.
- [28] Huang, Z. Y., Wu, W. Z., Li, Z. X., Wu, Y., Wu, C.-B., Gao, J., Guo, J., Chen, Y., Hu, Y., & Huang, C. (2022). Solvothermal production of tea residue derived carbon dots by the pretreatment of choline chloride/urea and its application for cadmium detection. *Industrial Crops and Products*, 184, 115085.
- [29] Marouzi, S., Darroudi, M., Hekmat, A., Sadri, K., & Oskuee, R. K. (2021). One-pot hydrothermal synthesis of carbon quantum dots from *Salvia hispanica* L. seeds and investigation of their biodistribution, and cytotoxicity effects. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105461.
- [30] Ge, L., Hu, G., Zhao, F., Wang, X., Ma, Z., & Liu, R. (2021). Carbon dots prepared by thermal reactions and selective detections of copper and mercury ions in visible spectrum. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 127(5), 388.

- [31] Wang, H. Y., Zhou, L., Yu, H. M., Tang, X. D., Xing, C., Nie, G., Akafzade, H., Wang, S. Y., & Chen, W. (2022). Exploration of Room-Temperature Phosphorescence and New Mechanism on Carbon Dots in a Polyacrylamide Platform and their Applications for Anti-Counterfeiting and Information Encryption. *Advanced Optical Materials*, 2200678, 1–11.
- [32] Eskalen, H., Kavgacı, M., Kayış, A., & Özgan, Ş. (2021). One-Pot Synthesis of Carbon Quantum Dots and Their Application As a Fluorescent Inks. *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A - Applied Sciences and Engineering*, 22(4), 366–377.
- [33] Eskalen, H., Yaykaşlı, H., Kavgacı, M., & Kayış, A. (2022). Investigating the PVA/TiO₂/CDs polymer nanocomposites: effect of carbon dots for photocatalytic degradation of Rhodamine B. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 33(7), 4643–4658.
- [34] Şen, F. B., Beğic, N., Bener, M., & Apak, R. (2022). Fluorescence turn-off sensing of TNT by polyethylenimine capped carbon quantum dots. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 271, 120884.
- [35] Kilic, B., Dogan, V., Kilic, V., & Kahyaoglu, L. N. (2022). Colorimetric food spoilage monitoring with carbon dot and UV light reinforced fish gelatin films using a smartphone application. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209, 1562–1572.
- [36] Uruş, S., Çaylar, M., Eskalen, H., & Özgan, Ş. (2022). Synthesis of GO@Fe₃O₄@TiO₂ type organic–inorganic nanohybrid material: Investigation of the effect of nanohybrid doped liquid crystal E7 and the photocatalytic degradation of ciprofloxacin. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 33(7), 4314–4329.
- [37] Eskalen, H., Uruş, S., & Özgan, Ş. (2021). Microwave-Assisted Synthesis of Mushrooms Like MWCNT/SiO₂@ZnO Nanocomposite: Influence on Nematic Liquid Crystal E7 and Highly Effective Photocatalytic Activity in Degradation of Methyl Blue. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31(2), 763–775.
- [38] Marino, C., Cabanero, J., Povia, M., & Villeveille, C. (2018). Biowaste Lignin-Based Carbonaceous Materials as Anodes for Na-Ion Batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 165(7), 1400–1408.
- [39] Rai, S., Singh, B. K., Bhartiya, P., Singh, A., Kumar, H., Dutta, P. K., & Mehrotra, G. K. (2017). Lignin derived reduced fluorescence carbon dots with theranostic approaches: Nano-drug-carrier and bioimaging. *Journal of Luminescence*, 190, 492–503.
- [40] Das, P., Bhattacharyya, S. K., Banerji, P., & Das, N. C. (2021). Acoustic cavitation assisted synthesis and characterization of photoluminescent carbon quantum dots for biological applications and their future prospective. *Nano-Structures and Nano-Objects*, 25, 100641.
- [41] Swapna, M. S. & Sankararaman, S. (2017). Carbon Nanonecklaces with Carbon Nanotubes and Carbon Dots. *International Journal of Materials Science*, 12(4), 541–548.
- [42] Sivanandhan, M., Parasuraman, A., Surya, C., Lakshminarayanan, K., Krishnakumar, B., Mani, D., & Ahn, Y. H. (2022). Facile approach for green synthesis of fluorescent carbon dots from *Manihot esculenta* and their potential applications as sensor and bio-imaging agents. *Inorganic Chemistry Communications*, 137, 109219.
- [43] Xu, D., Lei, F., Chen, H., Yin, L., Shi, Y., & Xie, J. (2019). One-step hydrothermal synthesis and optical properties of self-quenching-resistant carbon dots towards fluorescent ink and as nanosensors for Fe³⁺ detection. *RSC Advances*, 9(15), 8290–8299.
- [44] Taspika, M., Permatasari, F. A., Nuryadin, B. W., Mayangsari, T. R., Aimon, A. H., & Iskandar, F. (2019). Simultaneous ultraviolet and first near-infrared window absorption of luminescent carbon dots/PVA composite film. *RSC Advances*, 9(13), 7375–7381.
- [45] Kayış, A., Kavgacı, M., Yaykaşlı, H., Kerli, S., & Eskalen, H. (2021). Investigation of Structural, Morphological, Mechanical, Thermal and Optical Properties of PVA-ZnO Nanocomposites. *Glass Physics and Chemistry*, 47(5), 451–461.
- [46] Pandiyan, S., Arumugam, L., Srirengan, S. P., Pitchan, R., Sevugan, P., Kannan, K., Pitchan, G., Hegde, T. A., & Gandhirajan, V. (2020). Biocompatible Carbon Quantum Dots Derived from Sugarcane Industrial Wastes for Effective Nonlinear Optical Behavior and Antimicrobial Activity Applications. *ACS Omega*, 5(47), 30363–30372.
- [47] Gezici, S. (2022). Molecular Mechanisms, Biological and Pharmacological Properties of Goji Berries as a Potential Natural Antioxidant Medicine. *Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi*, 12(1), 67–76.
- [48] Beker, S. A., Truskewycz, A., Cole, I., & Ball, A. S. (2020). Green synthesis of: *Opuntia*-derived carbon nanodots for the catalytic decolourization of cationic dyes. *New Journal of Chemistry*, 44(46), 20001–20012.



INVESTIGATION OF CUTTING TOOL LIFE BY ULTRASONIC TURNING METHOD OF AISI 52100 BEARING STEEL

Salih Açar^{*1}, Aybars Mahmat², Nihat Tosun³

¹Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

²Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

³Furat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

In this study, the machinability of the independent variables AISI 52100 bearing steel with ultrasonic and conventional turning was investigated. In this study, the effects of machining method and cutting speed, which are independent variables, on tool life were examined while examining machinability. Variables such as constant feed of 0.1 mm/rev, cutting speeds of 50, 100 and 150 m/min and a constant depth of cut of 0.5 mm were used in the experimental studies. Cemented carbide and cubic boron nitride (CBN) cutting tools were used as cutting tools. In ultrasonic turning, which is one of the machining methods, two different vibration frequencies (20 and 30 kHz) and constant vibration amplitudes (10 μ m) were applied to the cutting tool. Machining operations were carried out under dry machining. As a result, the increase in cutting speed in all machining methods caused a decrease in cutting tool life. Increasing vibration frequency values in ultrasonic turning caused an increase in cutting tool life. CBN cutting tool exhibited longer tool life than carbide cutting tool in all machining methods and cutting speed values. In addition, the highest tool life at all cutting speeds is seen in ultrasonic turning at 30 kHz, while the lowest tool life is in conventional turning.

Keywords: AISI 52100 bearing steel, machining, tool life, ultrasonic turning.

AISI 52100 RULMAN ÇELİĞİNİN ULTRASONİK TORNALAMA YÖNTEMİ İLE KESİCİ TAKIM ÖMRÜNÜN İNCELENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Yapılan bu çalışma ile ultrasonik ve geleneksel tornalama ile bağımsız değişkenlerin AISI 52100 rulman çeliğinin işlenebilirliği araştırıldı. Bu çalışmada işlenebilirlik incelenirken bağımsız değişkenler olan işleme yönteminin ve kesme hızının takım ömrüne olan etkisi incelendi. Deneysel çalışmalarda, 0.1 mm/devir sabit ilerleme, 50, 100 ve 150 m/dak kesme hızları ve 0.5 mm sabit talaş derinliği gibi değişkenler kullanıldı. Kesici takım olarak sementit karbür ve kübik bor nitrid (CBN) kesici takımlar kullanıldı. İşleme yöntemlerinden biri olan ultrasonik tornalamada, iki farklı titreşim frekansı (20 ve 30 kHz) ve sabit titreşim genliği (10 μ m) kesici takıma uygulandı. Talaş kaldırma işlemleri kuru işleme altında gerçekleştirildi. Sonuç olarak tüm işleme yöntemlerinde kesme hızının artışı, kesici takım ömrünün azalmasına neden olmuştur. Ultrasonik tornalamada artan titreşim frekans değerleri kesici takım ömrünün artışına neden olmuştur. Tüm işleme yöntemlerinde ve kesme hızı değerlerinde CBN kesici takım karbür kesici takıma göre daha uzun takım ömrü sergilemiştir. Ayrıca tüm kesme hızlarında en yüksek takım ömrü 30 kHz ile yapılan ultrasonik tornalamada görülürken, en düşük takım ömrü geleneksel tornalamada oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: AISI 52100 rulman çeliği, takım ömrü, talaşlı imalat, ultrasonik tornalama.

1 Giriş

Geleneksel tornalama işlemi, imalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan talaş kaldırma yöntemlerinin başında gelmektedir. Talaş kaldırma işlemlerinde iş parçası ve kesici takım arasındaki nispi hareketlerden dolayı bu bölgede sürtünme oluşmakta ve yüksek kesme sıcaklıkları meydana gelmektedir. Oluşan bu yüksek kesme

sıcaklıkları takım ömrünü azaltarak, işlenebilirliği etkilemektedir [1]. Sert ve kırılğan malzemeler üstün mekanik özelliklerinden dolayı uzay, havacılık, otomotiv vb. gibi sektörlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu malzemelerin talaşlı işlenebilirliği üzerine artan talepler karşısında geleneksel tornalama yetersiz kalmaktadır [2]. Bu malzemelerden biri de yüksek karbon içeren krom alaşımli AISI 52100 çeliği freze çakıllarında,

* Corresponding author.

E-mail address: salihagar@munzur.edu.tr (S. Açar)

Received 23 August 2022; Received in revised form 31 January 2023; Accepted 05 February 2023

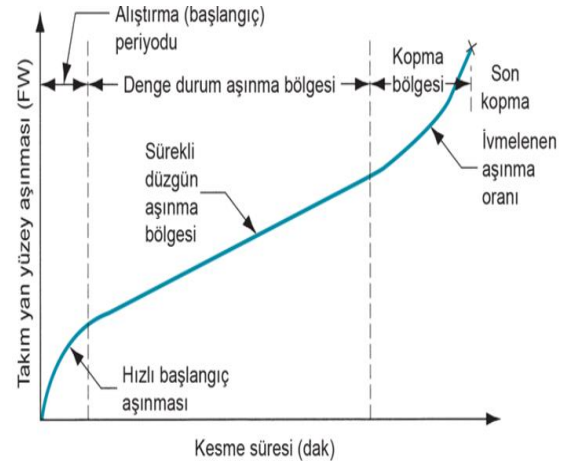
2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1165371>

dişli takımlarda pimlerde, vidalarda, makaralarda, hidrolik ekipman parçalarında, kollu kılavuzlarda, millerde ve yataklarda kullanılır [3].

Hızlı takım aşınması, kesici takım değiştirme zamanı, ön ısıl işlem ve taşlama operasyonunun da dâhil edilmesi nihai ürün maliyetinde yüksek artışlara neden olmaktadır. Dolayısıyla en uzun takım ömrü ve iyi yüzey kalitesi sağlayan işleme koşullarının belirlenmesi amacıyla yapılacak bir iyileştirmeyle işleme zamanı ve üretim maliyeti düşecektir. Ultrasonik tormalama yüzey pürüzlülüğünü azaltırken takım aşınması ve kesme kuvvetlerini iyileştirdiği ve uygun talaş formlarının oluşmasını sağladığı için, bu tür malzemelerin işlenmesinde tercih edilmektedir [4]. Ultrasonik tormalama yöntemi, kesici takım-iş parçası ara yüzeyindeki sürtünme katsayısını önemli derecede azaltmaktadır [5]. Son yıllarda popüler olan ultrasonik tormalama yöntemi kesici takıma düşük genlikte (4-10 μm) ve yüksek frekanslarda (17-40 kHz) titreşim uygulanarak yapılan bir talaş kaldırma işlemidir. Ancak ultrasonik tormalama yönteminin, işleme esnasında kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde geleneksel tormalama yöntemine göre yüksek sıcaklık oluşturması ultrasonik tormalama yöntemin dezavantajı olarak görülmektedir [6].

Takım ömrü, talaş kaldırma esnasında kesici takımın kesme kriterlerine göre kullanılamayacak şekilde aşınması için gereken zaman olarak tanımlanmaktadır. Kesici takım ömrü, talaşlı işlemeye etki eden en önemli ekonomik faktörlerden biridir [7]. Talaş kaldırma süresince çeşitli aşınma mekanizmaları ile kesici takımda aşınmalar meydana gelmektedir. Takım aşınması ile işleme süresi arasındaki zamana bağlı aşınma eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Zamana bağımlı aşınma eğrisinde üç bölge bulunmaktadır. Birinci bölge, kesici takım hızlı başlangıç aşınması olarak tanımlanır ve işlemenin ilk birkaç dakikalık süresinde hızlı bir aşınma meydana gelir. Denge ya da kararlı bölge olarak adlandırılan ikinci bölgede ise oldukça düzenli aşınma görülür. Son olarak aşınma hızının arttığı bölgede ise kesme sıcaklığının ani yükseliş gösterdiği, işleme verimliliğinin azaldığı bölgede takım ömrü sona ermiştir[8]



Şekil 1. Kesici takımda meydana gelen zamana bağımlı serbest yüzey aşınma eğrisi [7].

Bu çalışmanın amacı, yüksek mekanik özelliklere sahip AISI 52100 çeliğinin geleneksel tormalama ve ultrasonik tormalama yöntemi ile kuru işleme altında, işleme parametrelerinin takım ömrü üzerindeki etkilerini ve önem derecesini deneysel, sayısal ve istatistiksel olarak araştırmaktır. Çalışmada iş parçası olarak geniş bir kullanım alanına sahip olan ve genellikle rulman ve kalıp yapımında kullanılan AISI 52100 çeliğinin seçilmesinin amacı, bu tür çelikler yüksek mukavemete sahip olduklarından, geleneksel talaşlı imalat yöntemleriyle işlenmesinin zor ve kısıtlı olmasıdır.

2 Materyal ve Metot

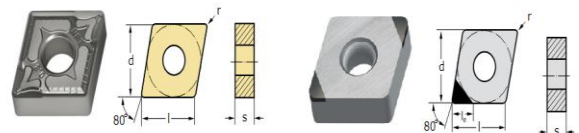
Çalışmada, iş parçası olarak AISI 52100 (100Cr6) çeliği kullanılmıştır. AISI 52100 rulman çeliği ısıl işlemsiz ve $\text{Ø}60\text{X}600$ mm boyutlarında ticari olarak temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan iş parçalarının ortalama sertlik değeri 60 HRC olarak belirlenmiştir. İşleme sırasında iş parçasında oluşabilecek salınımların önlenmesi amacıyla, deneylerden önce iş parçalarına punta deliği açıldı ve iş parçaları yüzeyindeki muhtemel korozyon tabakasının kaldırılması amacıyla tüm iş parçalarına deneylerden önce 0.3 mm talaş derinliğinde işleme yapıldı. AISI 52100 çeliğinin kimyasal bileşimi ile mekanik ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. AISI 52100 çeliğinin kimyasal bileşimi, mekanik ve fiziksel özellikleri [9].

Kimyasal Bileşim (%)						
Element	C	Cr	Mn	Si	Cu	Ni
% içeriği	1	1.49	0.34	0.24	0.16	0.1
Mekanik ve Fiziksel Özellikleri						
Yoğunluk (gr/cm ³)	Sertlik (HRC)	Çekme dayanımı (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Kopma uzaması (%)	Elastisite modülü (GPa)	Isıl iletkenlik (W/m. ^o K)
7.80	60-66	520	415	2.7	80	42.4

Talaş kaldırma deneylerinde CNGA 120404 (l=12 mm, s= 4 mm, r=0.4 mm) ISO standardında, S10 kalitede değiştirilebilir karbür ve CBN kesici takımlar kullanılmıştır. Kullanılan takımların geometrik özellikleri Şekil 2'de verilmiştir. Takım tutucu olarak ISO 5608 standardında, değiştirilebilir kesici takımlara uygun DCLNR 2020 K12 normunda kater kullanılmıştır. Deneyler 10 HP gücünde, 9-1600 dev/dak hız aralığına ve 93 adet ilerleme sayısına sahip YUNNAN marka

CY6250B model üniversal torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir.



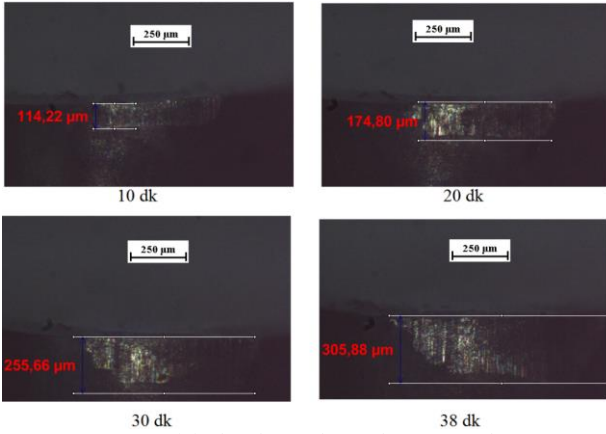
Şekil 2. Deneylerde kullanılan kesici takımın geometrisi.

Çalışmada kullanılan parametreler ve değerleri, yapılan literatür araştırmaları doğrultusunda, kullanılan tezgah ve ekipmanların özellikleri de dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, Tablo 2’de belirtilen değişkenler kullanılarak talaş kaldırma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler tam faktöriyel deney tasarımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tam faktöriyel deney tasarımında, tüm faktörlerin birbiriyle olan etkileşimleri göz önüne alınmaktadır. Tablo 2’de işleme parametreleri ve seviyeleri verilmiştir.

Tablo 2. İşleme parametreleri ve seviyeleri.

Parametreler	Seviyeler
Kesme Hızı (m/dak)	50-100-150
İlerleme (mm/dev)	0.1
Talaş Derinliği (mm)	0.5
Titreşim Frekansı (kHz)	20-30
Titreşim Genliği (μm)	10

Takım ömrü ölçümlerinde NİKON marka ECLİPSE MA100 model optik mikroskobu kullanılmıştır. Ölçümler 5X büyütmede yapılmıştır. Takım ömrü çalışmaları ISO 3685 standardına göre gerçekleştirilerek, kesici takımda meydana gelen serbest yüzey aşınma (Vb) miktarı 0.3 mm ulaşmaya kadar işleme devam edilmiştir. Takımda meydana gelen aşınma optik mikroskobunda zamana bağımlı olarak ölçülmüştür. Şekil 3’de kesici takımın zamanla meydana gelen serbest yüzey aşınma ölçümü görülmektedir.

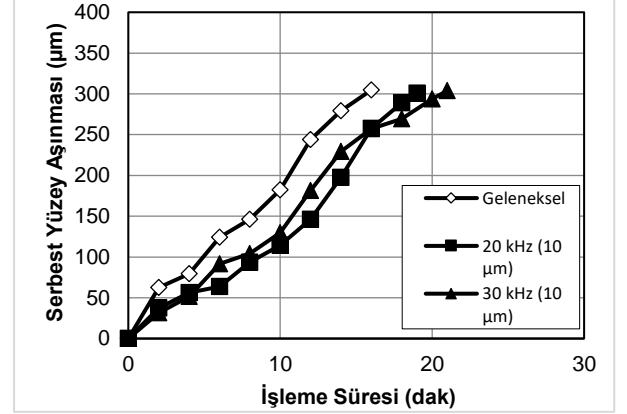


Şekil 3. Kesici takımın meydana gelen aşınma ölçümü.

3 Araştırma Sonuçları ve Tartışma

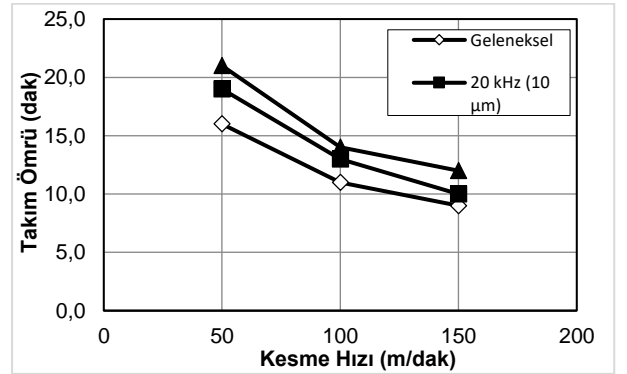
Takım ömrü çalışmaları, farklı işleme yöntemleri altında, CBN kesici ve sementit karbür takımları ile kuru işleme altında 3 farklı kesme hızı (50, 100, 150 m/dak), sabit talaş derinliği (0.5 mm) ve sabit ilerlemede (0.1 mm/dev) iş parçasından talaş kaldırılarak yapılmıştır. Takım ömrünün işleme yöntemine göre belirlenmesinde geleneksel tornalamaya ek olarak, 10 μm sabit titreşim genliği altında 20 ve 30 kHz ultrasonik tornalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Takım ömrü deneylerinde kesici takımın serbest yüzey aşınması (VB) 0.3 mm’ye ulaşmaya kadar talaş kaldırılmıştır. Kesici takımın birim

zamanda meydana gelen aşınma miktarı tespit edilmiştir. Birim zamanda oluşan aşınma miktarının ölçülmesi ile zamana bağımlı aşınma karakteristik eğrisinin oluşturulması amaçlanmıştır [10]. Şekil 4’de karbür kesici takımın 50 m/dak kesme hızında oluşan aşınma-zaman grafiği, Şekil 5’de ise kesme hızına bağlı aşınma grafiği verilmiştir. Şekil 6 ve Şekil 7’de sırasıyla CBN kesici takımın 50 m/dak kesme hızında oluşan aşınma-zaman grafiği ve kesme hızına bağlı aşınma grafiği verilmiştir.



Şekil 4. Karbür kesici takımın zamana bağlı aşınması.

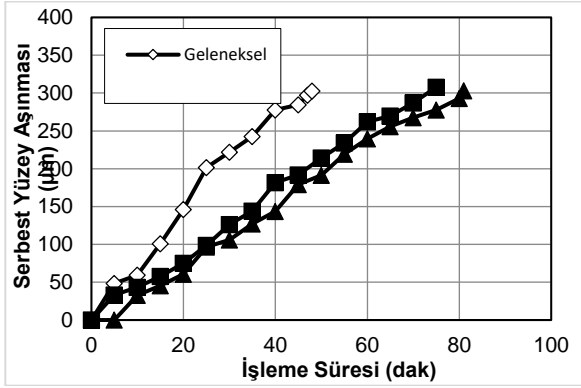
Şekil 4’de işleme yöntemlerinin 50 m/dak kesme hızında ve kuru işleme altında karbür kesici takımın ömrüne olan etkileri görülmektedir. Şekil 4’e göre geleneksel tornalamada kesici takım hızlı bir şekilde aşınmıştır. Ancak 20 kHz ve 30 kHz titreşim frekansı ve 10 μm altında gerçekleştirilen ultrasonik tornalama deneylerinde gerçekleşen takım ömrü geleneksel tornalamaya göre daha yüksek olmuştur. Ayrıca CBN kesici takımlarda oluşan takım ömrü karbür kesici takım ömrüne göre oldukça yüksektir. Bunun nedeni sementit karbürün, CBN kesici takıma göre daha düşük aşınma direnci sahip olmasından kaynaklanmaktadır [11].



Şekil 5. Karbür kesici takım kesme hızı-ömür ilişkisi.

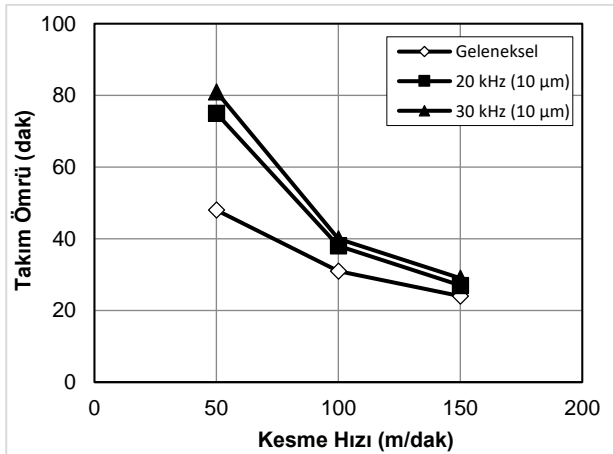
İşleme yöntemlerinin karbür kesici takım ömrüne olan etkisi Şekil 5’de kesme hızına bağlı olarak verilmiştir. Şekil 5’e göre artan kesme hızı ile kesici takım ömrünün kısaldığı görülmektedir. Yüksek kesme hızlarının düşük kesme hızlarına göre serbest yüzey aşınmasını hızlandırdığı belirtilmiştir [12]. Kesme hızının artışı ile beraber artan kesme bölgesi sıcaklığı aşınma mekanizmalarının etkisini artırarak kesici takımın ömrünü azalttığı belirtilmiştir [13]. Kesme hızındaki artış, işleme bölgesi sıcaklığını artırması nedeniyle takımın oluşan

termal etki, takım aşınmasının hızlanmasına ve takım ömrünün kısılmasına neden olur [14]. Karbür kesici takım kullanılarak yapılan geleneksel tornalamada 50 m/dak kesme hızında kesici takım ömrü 16 dak olarak gerçekleşirken 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 11 dakika ve 9 dakika olarak gerçekleşmiştir. 20 kHz titreşim frekansında yapılan ultrasonik tornalamada, 50 m/dak kesme hızında kesici takım ömrü 19 dakika olarak gerçekleşirken 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 13 dakika ve 10 dakika olarak gerçekleşmiştir. 30 kHz titreşim frekansında yapılan ultrasonik tornalamada ise, 50 m/dak kesme hızında kesici takım ömrü 21 dakika olarak gerçekleşen takım ömrü 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında takım ömrü sırasıyla 14 dakika ve 12 dakikaya düşmüştür. 50 m/dak kesme hızında işleme yöntemleri kıyaslandığında, 30 kHz ile yapılan ultrasonik tornalama deneylerinde 20 kHz ultrasonik tornalamaya göre kesici takım ömründe %9.52 ve geleneksel tornalamaya göre ise %23.8 oranında iyileşme görülmüştür. 100 m/dak kesme hızında bu oranlar %7.14 ve %21.42 olarak gerçekleşirken 150m/dak kesme hızında ise sırasıyla %16.66 ve %25 oranında takım ömründe iyileşme görülmüştür.



Şekil 6. CBN kesici takımın zamana bağlı aşınması.

Şekil 6'da işleme yöntemlerinin 50 m/dak kesme hızında ve kuru işleme altında CBN kesici takımın ömrüne olan etkileri görülmektedir. Şekil 6'ya göre geleneksel tornalamada en düşük takım ömrü oluşurken, farklı frekanslarda gerçekleştirilen ultrasonik tornalamada ise takım ömrünün arttığı belirlenmiştir. Karbür kesici takıma benzer şekilde artan kesme hızlarında kesici takımın hızlı bir şekilde aşındığı belirlenmiştir.



Şekil 7. CBN kesici takım kesme hızı-ömür ilişkisi.

İşleme yöntemlerinin CBN kesici takım ömrüne olan etkisi Şekil 7'de kesme hızına bağlı olarak verilmiştir. CBN kesici takım kullanılarak yapılan deneylerde ise, geleneksel tornalamada 50 m/dak kesme hızında kesici takım ömrü 48 dakika olarak gerçekleşirken 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 31 dakika ve 24 dakika olarak gerçekleşmiştir. 20 kHz titreşim frekansında yapılan ultrasonik tornalamada, 50 m/dak kesme hızında kesici takım ömrü 75 dakika olarak gerçekleşirken 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 38 dakika ve 27 dakika olarak gerçekleşmiştir. 30 kHz titreşim frekansında yapılan ultrasonik tornalamada ise, 50 m/dak kesme hızında 81 dakika olarak gerçekleşen takım ömrü, 100 m/dak ve 150 m/dak kesme hızlarında sırasıyla 40 dakika ve 29 dakika olarak belirlenmiştir. 50 m/dak kesme hızında işleme yöntemleri kıyaslandığında, 30 kHz ile yapılan ultrasonik tornalama deneylerinde 20 kHz ultrasonik tornalamaya göre kesici takım ömründe %7.4 ve geleneksel tornalamaya göre ise %38.3 oranında iyileşme görülmüştür. 100 m/dak kesme hızında bu oranlar %5 ve %22.5 olarak gerçekleşirken 150m/dak kesme hızında ise sırasıyla %6.9 ve %17.2 oranında kesici takım ömründe iyileşme olduğu belirlenmiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışma sonucunda AISI 52100 rulman çeliğinin ultrasonik ve geleneksel tornalama sonucunda kesici takım ömrü deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Tüm işleme yöntemlerinde kesme hızının artışı, kesici takım ömrünün azalmasına neden olmuştur.
- Tüm kesme hızlarında en yüksek takım ömrü 30 kHz ile yapılan ultrasonik tornalamada görülürken, en düşük takım ömrü geleneksel tornalamada oluşmuştur.
- Ultrasonik tornalamada artan titreşim frekans değerleri kesici takım ömrünün artışına neden olmuştur.
- Tüm işleme yöntemlerinde ve kesme hızı değerlerinde CBN kesici takım karbür kesici takıma göre daha uzun takım ömrü sergilemiştir.

İleriye dönük olarak elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, AISI 52100 rulman çeliğinin ultrasonik ve geleneksel tornalama sonucunda elde edilen sonuçlar gelecekte yapılacak olan farklı çalışmalara ışık tutacaktır.

Bilgilendirme

Bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Teşekkür

Yapılan bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından Proje Numarası: MF.17.61 ile desteklenmiştir. Çalışmanın yazarları Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne desteklerinden ötürü teşekkür etmektedir.

Referanslar

- [1] Sahin H. M., & Acır A. (2003). Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım ve talaş arasında oluşan sıcaklık dağılımının sonlu farklar metodu ile analizi. *Politek. Derg.*, vol. 6, pp. 541–549.
- [2] Babitsky, V. I., Mitrofanov, A. A., & Silberschmidt, V. V. (2004). Ultrasonically assisted turning of aviation materials: simulations and experimental study. *Ultrasonics*, 42(1-9), 81-86.
- [3] Xiao, S., Yan, J., Farajtabar, M., Song, L., Yang, X., & Zha, H. (2017). Joint modeling of event sequence and time series with attentional twin recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1703.08524*.
- [4] Sanlitürk I., & Tosun N. (2013). “Ultrasonik Tornalamada İşlem Parametrelerinin Performans Karakteristiklerine Etkilerinin Araştırılması,” 4. Ulus. Talaşlı İmalat Sempozyumu, pp. 519–531.
- [5] Zhang, J., Cui, T., Ge, C., Sui, Y., & Yang, H. (2016). Review of micro/nano machining by utilizing elliptical vibration cutting. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 106, 109-126.
- [6] Pujana, J., Rivero, A., Celaya, A., & De Lacalle, L. L. (2009). Analysis of ultrasonic-assisted drilling of Ti6Al4V. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 49(6), 500-508.
- [7] Çiçek, A., Ekici, E., Uygur, İ., Akıncıoğlu, S., & Kıvık, T. (2012). AISI D2 Soğuk İş Takım Çeliğinin Delinmesinde Derin Kriyojenik İşlemin Takım Ömrü Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 4(1), 1-9.
- [8] Groover, M. P. (2020). Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems. John Wiley & Sons.
- [9] Nie, G. C., Zhang, X. M., Zhang, D., & Ding, H. (2018). An experimental study of the white layer formation during cryogenic assisted hard machining of AISI 52100 steel. *Procedia Cirp*, 77, 223-226.
- [10] Kıyak, M., Eraslan, M., & Altan, E. (2011). Tornalamada Kesici Takım Aşınmasını İşlem Esnasında Sıcaklık Ölçümü İle Saptama. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 893-900.
- [11] Pul M. & Seker U. (2010). An investigation of wear behaviors of different cutting tools in machining by means of turning Al-MgO composites produced by vacuum infiltration method. *J. Eng. Nat. Sci.*, vol. 28, pp. 179–187.
- [12] Çelik, Y. H., Kilickap, E., & Güney, M. (2017). Investigation of cutting parameters affecting on tool wear and surface roughness in dry turning of Ti-6Al-4V using CVD and PVD coated tools. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 39, 2085-2093.
- [13] Özdemir, K., & Çakır, M. C. (2008). Kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına etkisinin deneysel olarak incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Derg.*, vol. 13, no. 2, pp. 99–109, 2008.
- [14] Parlak, N., Ozler, L., & Dogru, N. (2013). Investigation of tool life in turning of AISI D6 steel. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 404, pp. 10-15). Trans Tech Publications Ltd.



RISK ASSESSMENT FOR INTERNATIONAL CONSTRUCTION PROJECTS

Mehmet Nurettin Uğural*¹ 

¹Dept. of Civil Engineering, Istanbul Kultur University, 34158 Istanbul, Turkey.

Abstract

Original scientific paper

International projects are inherently vulnerable to unforeseen and complex risk scenarios. This study aimed to assess and identify the most significant risk factors in international construction projects using the analytic hierarchy process (AHP) methodology. Initially, by employing Meta-analysis, the most significant threats to Afghanistan's construction industry were identified. Based on the findings of the analysis, the AHP method is utilized to determine the relative severity and priority of the risks. According to the findings of the study, security and financial concerns are high-risk, while operational and geographical concerns are low-risk. Afghanistan's lack of integration into international law and the trade system is deemed to pose significant risks. This study contributes to the existing body of knowledge concerning the potential dangers investors face in high-risk construction markets. The study's findings may also help contractors develop "bid or no-bid" strategies for high-risk markets.

Keywords: International construction, project management, risk assessment, AHP.

ULUSLARARASI İNŞAAT PROJELERİ İÇİN RİSK DEĞERLENDİRMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Uluslararası projeler doğası gereği öngörülemez ve karmaşık risk senaryolarına maruz kalmaktadır. Bu çalışma, analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemine dayanarak uluslararası müteahhlik projelerindeki kritik risk faktörlerini değerlendirmeyi ve tanımlamayı amaçlamıştır. Öncelikle örnek ülke olarak seçilen Afganistan pazarındaki inşaat firmalarının karşı karşıya kaldığı zorlayıcı riskler meta-analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz sonucu elde edilen verilere göre AHP yöntemi kullanılarak risklerin öncelikleri ve birbirleri arasındaki önem derecesi tespit edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, güvenlik ve finansal kaygıların yüksek, operasyonel ve coğrafi kaygıların ise düşük riskli olduğunu göstermektedir. Afganistan'ın uluslararası hukuka ve ticaret sistemine entegre olmaması yüksek risklerin temel nedeni olarak değerlendirilmektedir. Çalışmanın bulguları, yüksek riskli inşaat pazarlarına yatırım yapma kararı verirken karşılaşılan olası tehditler hakkında mevcut literatüre ve yatırımcılara güncel bilgiler vermektedir. Araştırma sonuçları yüklenicilerin yüksek riskli piyasalar için "teklif verme veya teklif vermeme kararları" stratejileri geliştirmelerine de yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası inşaat, proje yönetimi, risk değerlendirmesi, AHP.

1 Introduction

The rapid growth of economic globalization, coupled with volatile domestic markets and intensifying competition, has created lucrative opportunities for international contracting firms [1,2,3]. By capitalizing on these opportunities, a growing number of international contracting firms have expanded their operations on the international market to ensure their financial security through an increase in global revenue [4,5]. However, a major issue with this strategy is that international projects are inherently exposed to unpredictable and complex risk scenarios [6,7]. Also, difficulties arise when attempting to

implement international projects in countries with a high-risk profile. International construction projects have more complex structures than domestic construction projects [8]. Systematic, exhaustive, and applicable risk management for international construction projects, resulting from the dynamic interaction of country and project-based factors; processes are required to reduce the potential impacts of high-risk and unpredictable problems [9]. When firms enter these countries, they are likely to encounter a high level of uncertainty due to the political and economic stability, the strength of the legal system, and the strength of the host government's relations [10]. Political and economic instability likely prompt western

* Corresponding author.

E-mail address: m.ugural@iku.edu.tr (M. N. Uğural)

Received 10 May 2022; Received in revised form 06 January 2023; Accepted 12 January 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1114344>

contractors to withdraw from these markets in favor of the relatively stable western markets [11]. However, Turkish contracting firms tended to focus on high-risk markets, which were deemed unattractive by western companies [12]. Moreover, the fact that they operate in high-risk international markets, which has contributed to their enviable reputation, makes them especially susceptible to encountering serious risk issues in international construction projects. Therefore, the ability of Turkish contracting firms to avoid and manage these risks is crucial to their success when entering these markets. Afghanistan has been one of the leading markets for Turkish contractors operating in high-risk countries [13]. The Turkish Constructor Association estimated in August 2019 that the total value of projects undertaken by Turkish companies in South Asia and the Far East between 2002 and the third quarter of 2019 exceeded 12.1 billion USD, with Afghanistan accounting for 18.7% of the total [14].

This paper examines risk assessment for international business in Afghanistan from the perspective of Turkish international construction companies, as it is believed that risky markets provide an opportunity to move into emerging markets, and because Turkish companies rank first among foreign companies operating in the contracting business in Afghanistan. Based on the analytic hierarchy process (AHP) method, the purpose of this study is to assess and identify the critical risk factors in international contracting in Afghanistan country.

2 Theoretical Background and Literature Review

Risk is viewed as a factor that causes deviance from predetermined objectives [15]. The PMBOK Guide [16] defines risk as "an uncertain event or condition that, if it occurs, will have a positive or negative impact on the project's objective." The major part of this concept is that the impact of uncertainty on the planned initiative's objectives can be either positive or negative. Due to the fact that the success of international projects depends on country-specific risk factors as well as common risk factors, firms that wish to enter the international market should emphasize risk [17,18].

Entrepreneurs who wish to invest internationally must employ a proactive and comprehensive risk management system and assess the impact of market conditions on their projects. In addition, this system determines competition and profit potential during the planning and bidding phases [19]. Consequently, as a result of the alienation of environmental factors, the excess of uncertainties and the complexity of relations between the countries in which the contractors will invest become more crucial for predicting the risks in international projects.

Numerous studies on the risk assessment of international construction projects [20, 21, 22, 23, 24, 25] have been conducted in this field. Nonetheless, a very small number of studies have been conducted in high-risk markets, as observed. [26,27,28] Specifically for Afghanistan, only one study has been conducted [29].

Risk identification is the first and possibly most important step in the risk management process, as subsequent steps can only be taken in response to identified potential risks [30,31]. Identification and

analysis of risks are generally regarded as the most important project management practices, meaning they have the most influence on risk assessment. However, most studies do not focus on risk identification, but rather on risk assessment and mitigation strategies. Risk analysis and response are predicated on predefined risk elements [32]. Decomposition structures, risk registers, risk breakdown structure, brainstorming, nominal group technique, Delphi, historical records, influence diagram checklists, and decision-based support systems are widely used for risk identification [33,34]. Studies of risk assessment have emphasized quantitative evaluation for many years. Firstly, methods of evaluating probability impact (PI) were the most commonly employed in project risk assessment [35]. Cooper et al. [36] and Barnes [37] pioneered the PI method for project cost risks, which has since been improved by adding more criteria to this phase. by Han and Diekmann [38] and Sauli et.al [39], for instance, have utilized a variety of new variables, such as the value of the risk and vulnerability. Second, the Monte Carlo simulation (MCS) method was widely employed in risk assessment. Diekmann [40] and Cioffi and Khamooshi [41] used MCS to assess construction project cost risk estimation. Thirdly, the analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy sets were created to enhance the objectivity of subjective decision making [42, 43, 44]. AHP has garnered considerable interest in the construction industry over the past two decades. International construction contracting issues have been described as complex, poorly defined, and uncertain [45]. According to some scholars, there are numerous risk factors associated with building contracts, and the interrelationships between these risk factors are complex and sometimes nonlinear [46]. In order to ensure the success of international construction projects, it is crucial to correctly identify and evaluate potential risks. AHP is an effective method for prioritizing identified risks [47]. This enables decision-makers to use various quantitative parameters to analyze potential options and then select the best option. AHP was frequently favored in the construction industry [48,49,50,51,52] as a result of its inherent ability to deal with specific forms of decision-making. Therefore, it was determined to employ AHP in this study.

3 Research Methodology

This study's research methodology is composed of three distinct phases. The initial step is identifying the risks to be considered. Using a meta-analysis technique, a literature review is conducted in order to identify the country-based risk factors that influence the potential market for international construction projects in Afghanistan. The second step is the categorization of risks through semi-structured interviews. Based on the opinions of experts, they have attempted to eliminate less significant risk factors at this point. As a result of semi-structured interviews with experts, certain risks identified in the literature review were eliminated and the remaining risks were categorized. In the final phase, the evaluated data from the semi-structured interviews are analyzed using the Analytical Hierarchy Process (AHP) to rank and

prioritize the potential challenges for the Afghanistan market. As this study focuses primarily on the international experience and performance of Turkish contractors, these experts took the Turkish contractors' perspectives into account when identifying risk factors. Figure 1 illustrates the problem-structuring model that was developed. The study's findings will then be evaluated and compared to those of prior research.

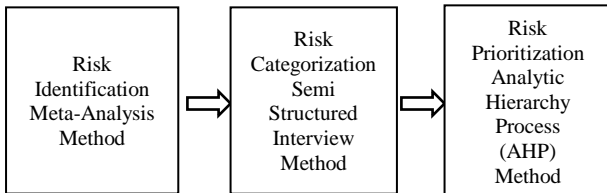


Figure 1. Proposed Research Model.

3.1 Risk Identification with Meta-Analysis

The earlier literature review on identifying risk factors for construction projects is beyond the scope of this paper; for a comprehensive treatment of the topic, the reader is referred to Siraj and Fayek [53]. Because of that in order to assess the risk factors that affect international projects in developing countries, with an emphasis on construction projects in Afghanistan, we opted to focus on empirical literature reviews. With this scope, peer-reviewed journals that have published in the construction management literature within the last 15 years have been analyzed, and research has been conducted using the keywords "international construction risk" and "construction contracting risk." Using a meta-analysis technique, the databases of WoS, Scopus, ASCE, Science Direct, Taylor & Francis, and Emerald publishers were combed between 2005 and 2020 for 76 papers on country-based construction contract risk factors. As a result of the literature review, 36 of the most prominent "country-based" risk factors affecting international contracting in developing nations were selected from the defined publications.

3.2 Risk Categorization with Semi-Structured Interview

Rather than using the current risk breakdown framework for this study, a number of discussions were held with experts in the field of international construction in order to establish the most realistic risk analysis that represents the most frequently encountered problems faced by contractors operating on the global market. Four professionals were consulted for this purpose. With the aid of a semi-structured interview with these experts, the 36 risk factors that were believed to have a measurable impact on the project's success were assessed. Some of the identified sources of risk contained a source compound that was assumed to be better described under one category. The new model contained 24 sources of risk. At the conclusion of this procedure, the primary risk categories and risk occurrences are clarified. The identified risk sources are grouped into six major risk categories, including security, financial, market, geographical, legal, and operational issues. The proposed risk table for international construction projects is shown

in Table 1. In the final phase, the logic of the AHP method is explained to the experts, who are then asked to rank the market risk for Afghanistan.

Table 1. Prepared Risk Table on International Construction Projects.

Risk Categories	Uncertainty/Ambiguity
Security Risk	Security/absence of a security system
	Mafia, etc., a multiplicity of power groups
	Shortage of medical facilities
Financial Risk	Unpredictability of Economic Circumstances
	Variability of the Exchange Rate
	Lack of financial resources of the client
Market Risk	Insufficient Banking System
	Difficulties in Material Procurement
	Deficit in Infrastructure
	Variations in Quality Perception
	Insufficient Skilled Subcontractors
Geographical Risk	Lack of Corporate Clientele
	Administrative Corporate Weakness Regarding Customers
	Vulnerability to Natural Disasters
	Climate-Related Adverse Conditions
Legal Risk	Adverse Physical Conditions
	Corruption within the Political Hierarchy (bribery, theft, ethnicdiscrimination)
	Undevelopedness / Unreliability of the Legal System
Operating Risk	Risks Resulting from International Relations Instability
	Restriction on Foreign Corporations and Additional Fees
	Technology-related risk
	Human resource-related issues (capacity risk)
	Risks Arising from Contracts
	Cultural differences

Interviews with experts regarding the country-based risk factors of the construction industry in Afghanistan were compiled based on the experts' personal ideas and experiences, as well as the information obtained at the conclusion of the AHP method. Rather than forming a definitive opinion on the construction industry, the purpose of this study is to provide Turkish contracting firms that are considering working in Afghanistan with a general understanding of the market.

3.3 Risk Prioritization with AHP Process

The method is shaped by three fundamental principles: parsing, comparison, and prioritization synthesis. After determining the objective with AHP, it may be easier to comprehend the decision-making problem by dividing it into sub-problems, creating a hierarchy, and analyzing each sub-problem separately [54]. The AHP factors can be concerned with any viewpoint of the decision-making problems. If it is necessary to compare the n alternative risk elements (A1, A2, ..., An) after the creation of the hierarchy, an expert assigns a numerical value a_{ij} to each pair of alternatives (Ai, Aj) using the dual combination scale (Table 2).

Table 2. AHP Binary combination Scale [52].

Numeric Values	Description
1	Items are equally important or remains indifferent between them
3	1 st item is important or slightly more preferred than 2 nd item
5	1 st item is more important or more preferred than 2 nd item
7	1 st item is very important or too much preferred to 2 nd item
9	1 st item is extremely important or excessively preferred to 2 nd item
2, 4, 6, 8	Intermediate values
Opposing values (1/x)	If the numeric value of the 1 st item compared to the 2 nd item is x, then 2 nd item in comparison to the 1 st item, opposite value to the x will be attributed.

Using a binary comparison, numerical values determine the effects of the items on the element (project success) placed at a higher level. Aijk refers to the K expert's preference (opinion) between Ai and Aj alternatives (risks).

The geometrical mean (1) is determined by calculating and compiling all of the experts' verdicts, and then it is incorporated into the comparison matrix (2).

$$a_{ij} = \sqrt[n]{a_{ij1} X a_{ij2} X \dots X a_{ijn}} \tag{1}$$

$$D = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \tag{2}$$

D Matrix has a comparison matrix with potentially inconsistent judgments and the following characteristics (3):

$$a_{ij} > 0; \quad a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad \text{where } j = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

D matrix is considered consistent if all the factors satisfy (3) and (4) conditions:

$$a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}; \quad \forall i, j, k \text{ where } i, j, k = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

Consequently, the alternatives are considered herewith the approach of comparison matrix D by use of the matrix P:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} \dots & p_{nn} \end{pmatrix} \tag{5}$$

Elements of Matrix P are consistent decisions displayed as weight ratios between the alternatives.

$$P_{ij} = P_i / P_j \quad \text{Where } i, j = 1, 2, \dots, n \tag{6}$$

For the vector p, pi is used to represent the alternative weights.

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T \tag{7}$$

That after arithmetic normalization, the following is the standard layout vector:

$$p = (p^*_1, p^*_2, \dots, p^*_n)^T \tag{8}$$

Where:

$$p^*_i = \frac{p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \tag{9}$$

Saaty [53] approached the judicial matrix using the maximum value (eigenvalue) technique:

$$D \cdot P = \lambda_{\max} P \tag{10}$$

λ_{\max} is regarded as the greatest eigenvalue of the matrix D. If a comparison is conducted with confidence, the inconsistency of matrix D should be less than 10%. In other words, it is crucial to ensure that the number of cases in which condition (4) is not met is less than 10%. According to Saaty [53], the consistency of the judgments can also be calculated using the maximum eigenvalue, which is derived from the eigenvalue and the eigenvector, using the following equation: (11)

$$\text{Consistency Ratio} \quad CR = \frac{CI}{RI} \tag{11}$$

$$\text{Consistency Index} \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{12}$$

RC (Random consistency index) is obtained from Table 3.

Table 3. Random Consistency (RC) Index [n = size of opposing matrix] [53].

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RC	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

After explaining the fundamentals of the AHP method, the risk table developed based on the results of the semi-structured interviews was presented to the experts in order to compare their risk elements and determine their weight by conducting a double comparison. Using 25 distinct binary comparisons, each expert in the AHP process ranked the six distinct groups' risks from important to less important, from one to nine, respectively. Rank of the dimensions is displayed below (see Table 4-7). To determine the reliability of the comparisons, the consistency ratio (CR) of the matrices was determined by calculating the maximum eigenvalue; since all comparison matrices had an inconsistency rate of less than 10%, the comparison is accepted based on the lower inconsistency rate.

Table 4. First Expert Comparison Matrix.

	Security Risk	Legal Risk	Financial Risk	Market Risk	Operating Risk	Geographical Risk
Security Risk	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000
Legal Risk	0,500	1,000	0,800	3,000	2,000	3,000
Financial Risk	0,330	1,250	1,000	5,000	3,000	4,000
Marketing Risk	0,250	0,333	0,200	1,000	3,000	2,000
Operating Risk	0,200	0,500	0,333	0,333	1,000	3,000
Geographical Risk	0,166	0,333	0,250	0,500	0,333	1,000

$$\lambda_{max} = 6,43 \xrightarrow{\text{Yields}} \begin{cases} CI=0,096 \\ CR=0,077 < 10\% \end{cases}$$

Table 5. Second Expert Comparison Matrix.

	Security Risk	Legal Risk	Financial Risk	Market Risk	Operating Risk	Geographical Risk
Security Risk	1,0000	7,0000	2,0000	3,0000	8,0000	5,0000
Legal Risk	0,1420	1,0000	0,2500	0,1660	2,0000	1,0000
Financial Risk	0,5000	4,0000	1,0000	3,0000	5,0000	4,0000
Market Risk	0,3330	6,0000	0,3330	1,0000	4,0000	5,0000
Operating Risk	0,1250	0,5000	0,2500	0,2000	1,0000	0,3300
Geographical Risk	0,2000	1,0000	0,2500	0,2000	3,0000	1,0000

$$\lambda_{max} = 6,516 \xrightarrow{\text{Yields}} \begin{cases} CI=0,1034 \\ CR=0,083 < 10\% \end{cases}$$

Table 6. Third Expert Comparison Matrix.

	Security Risk	Legal Risk	Financial Risk	Market Risk	Operating Risk	Geographical Risk
Security Risk	1,000	6,000	0,500	3,000	5,000	2,000
Legal Risk	0,166	1,000	0,250	0,500	2,000	2,000
Financial Risk	2,000	4,000	1,000	2,000	5,000	3,000
Market Risk	0,333	2,000	0,500	0,500	4,000	3,000
Operating Risk	0,200	0,500	0,200	0,250	1,000	0,330
Geographical Risk	0,500	0,500	0,333	0,333	3,000	1,000

$$\lambda_{max} = 6,406 \xrightarrow{\text{Yields}} \begin{cases} CI=0,0812 \\ CR=0,06 < 10\% \end{cases}$$

Table 7. Fourth Expert Comparison Matrix.

	Security Risk	Legal Risk	Financial Risk	Market Risk	Operating Risk	Geographical Risk
Security Risk	1,000	5,000	0,500	3,000	3,000	2,000
Legal Risk	0,200	1,000	0,200	0,500	0,800	0,750
Financial Risk	1,000	4,000	1,000	5,000	3,000	2,000
Market Risk	0,333	2,000	0,200	1,000	2,000	1,500
Operating Risk	0,333	1,250	0,333	0,500	1,000	3,000
Geographical Risk	0,500	1,333	0,500	0,666	0,333	1,000

$$\lambda_{max} = 6,369 \xrightarrow{\text{Yields}} \begin{cases} CI=0,074 \\ CR=0,0059 < 10\% \end{cases}$$

After constructing the comparison matrices and computing the consistency ratios, the Eigenvector tool of each matrix was used to determine the weights of the risk elements. The weight of the risks was calculated using Table 8 and the comparison matrices that were evaluated by the experts. The average volume calculated to reach a consensus among the experts is shown in the final column of Table 8.

Table 8. Significance of Risk Element.

Risk Type	Severity of Risk Element				
	1 st Expert	2 nd Expert	3 rd Expert	4 th Expert	Average
Security Risk	0,39	0,29	0,27	0,38	0,33 1st Rank
Legal Risk	0,06	0,09	0,07	0,17	0,10 4th Rank
Financial Risk	0,25	0,32	0,32	0,22	0,28 2nd Rank
Market Risk	0,19	0,16	0,12	0,10	0,14 3rd Rank
Operating Risk	0,04	0,05	0,12	0,08	0,07 6th Rank
Geographical Risk	0,07	0,09	0,10	0,05	0,08 5th Rank
Total Risk	1,00	1,00	1,00	1,00	100%

As a result, the risk ranking is obtained on the basis of the average weights of the risk items. The first two risks are security and financial risks, and the last two are operational and geographical risks.

4 Results

4.1 Results of the Semi-Structured Interview

As stated previously, because construction projects are sensitive to internal and external conditions and have a high degree of uncertainty, identifying and ranking potential risks at the beginning of the project is one of the most important steps in international project management. In the semi-structured interview, the experts emphasized the first and most crucial point: Afghanistan has not yet been fully integrated into international law and the international trading system. Consequently, contracting companies' rights are governed solely by local law, which lacks international support. In addition, the country's unstable government creates an important level of unpredictability and danger. There is no established banking or secure money transfer system in Afghanistan. The lack of adequate safety facilities and a secure environment poses significant obstacles to the domestic and international supply of construction materials and equipment. Additionally, experts have identified bureaucratic issues as a challenge. This circumstance makes it difficult to obtain the required permits and documents, authorizations, payments, and temporary and final acceptance. Complexity of the state's organizational structure and the existence of instances of bribery are a further point of vulnerability in the administrative structure. There are very few experienced consultants, architects, and civil engineers working on large modern technology-based projects. Implementing project management, project control, and project delivery continues to present them with significant obstacles. The disparity between the country's calendar and the inefficiency of the labor force has also been raised as a problem for the builders.

4.2 Results of the AHP Application

The risk factors are divided into two main groups based on their relative importance during the AHP evaluation of the study results. Security and financial concerns have been deemed high-risk, whereas operational and geographical concerns have been deemed low risk. Due to the fact that the weights are calculated by comparing the risks in the study, it is important to note that the risks categorized as underestimated may have significant effects on the project and should not be neglected during the risk management process.

The number of participants in the semi-structured interviews and the inconsistencies between the AHP process and the issues raised in the semi-structured interviews revealed that the results were not sufficiently reliable. In the Afghan construction market, the first group of risks (security and finance, which account for 61 percent of the total rate) is without a doubt the most significant.

5 Discussion

When the research findings are discussed with experts, it becomes clear that security and financial risks

are essential Afghan market risks, with Afghanistan's lack of integration into international law and trade being the root cause of both risks. These results are consistent with finding of Ghulam and Painting [29]. They discovered the same results in their analysis of significant factors contributing to cost overruns in the Afghan construction industry. When the research findings are analyzed, it becomes evident that security is a significant contributor to financial risk.

6 Conclusion

In conclusion, the safe transportation of construction equipment and materials from the border to the construction site is one of the most pressing concerns if the security risk is examined from a variety of angles. Due to vulnerabilities and difficulties with border entry and exit (custom), the transfer of materials from the border to the construction site may be delayed for two to three weeks or more. Even when a time-cost analysis is conducted, it is possible to conclude that air transport is preferable for small equipment.

The construction site's safety is an additional important cost factor to consider. The budget for construction site security ranges between 10% and 15% of the total project cost, depending on the region in which the project is carried out. Contrary to widespread belief, the majority of construction site attacks are carried out by disgruntled workers or contractors whose contracts have been terminated, and not by the Taliban or other terrorist organizations. At this time, close relationships with local authorities and residents may be more effective than a large number of armed men. When construction workers are selected from the local populace, the security vulnerability will be reduced.

A lack of capacity in the local construction industry, which leads to defects in quality and delays, also affects project delivery and, by extension, financial costs. Local subcontractors can easily find inexpensive labor, but they have a difficult time finding qualified civil engineers and architects. In addition to design flaws and technical deficiencies, the most challenging aspects of working with subcontractors are construction and project management deficiencies.

Despite the fact that foreign companies provide consulting and training assistance, there are numerous debates in the country regarding the number and quality of engineering and architecture schools.

The government bureaucracy is an additional significant issue. Permits for construction are obtained through bilateral relationships or direct communication with local authorities. The key to the success of the project is communication with local executives about the project's success.

Local government engineers and architects have limited knowledge and training in their respective fields. This deficiency causes government officials to be indecisive when it comes to approving and granting permissions, resulting in a pointless extension of the projects.

Considering all of these factors, it was determined that Afghanistan should be viewed as a high-risk investment destination for construction companies.

This study has several limitations and flaws. The research was evaluated solely in the context of Kabul, and some of the findings are based on the opinions and experiences of individual experts. It is not anticipated that the study will produce conclusive findings regarding Afghanistan's general construction market. However, it can be said that this pioneering study will benefit construction companies operating in Afghanistan, and that it will serve as a foundation for future research.

Declaration

The authors declare that the ethics committee approval is not required for this study.

Authors' Contributions

All contributions belong to the authors in this paper.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

- [1] Bing, L., Tiong, R.L.-K., Fan, W.W. & Chew, D.A.-S. (1999) Risk management in international construction joint ventures *Journal of Construction Engineering and Management*, 125 (4), pp. 277-284.
- [2] Zhao, X., Hwang, B.-G., & Low, S.P (2014) Investigating enterprise risk management maturity in construction firms *Journal of Construction Engineering and Management*, 140 (8). art. No. 05014006.
- [3] Hwang, B.-G., Zhao, X., & Chin, E.W.Y. (2017) International construction joint ventures between Singapore and developing countries Risk assessment and allocation preferences *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24 (2), pp. 209-228.
- [4] Gunhan, S., & Arditi, D. (2005) "Factors affecting international construction." *J. Constr. Eng. Manage.*, pp. 273–282.
- [5] Deng, X., Low, S.P., Zhao, X., & Chang, T. (2018) Identifying micro variables contributing to political risks in international construction projects *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25 (3), pp. 317-334.
- [6] Ramcharran, H. (1998) "Obstacles and opportunities in international engineering services." *J. Manage. Eng.*, pp 38–47.
- [7] Diab, M.F., Varma, A., & Panthi, K. (2017) Modeling the Construction Risk Ratings to Estimate the Contingency in Highway Projects *Journal of Construction Engineering and Management*, 143 (8), art. No. 04017041.
- [8] Stephen, M., & Picken, D. (2000) Using risk analysis to determine construction project contingencies *Journal of Construction Engineering and Management*, 126 (2), pp. 130-136.
- [9] Mills, A. (2001) A systematic approach to risk management for construction *Structural Survey*, 19 (5), pp. 245-252.
- [10] Chang, T., Hwang, B.-G., Deng, X., & Zhao, X. (2018) Identifying Political Risk Management Strategies in International Construction Projects (Open Access) *Advances in Civil Engineering*, ,
- [11] Crosthwaite, D. (2000) The global construction market: a cross-sectional analysis, *Construction Management and Economics*, 18, issue 5, pp. 619-627,
- [12] Duman, D. U., & Green, S. D. (2018) Strategizing as Identity Work: Creating Heroes in International Contracting In: Gorse, C and Neilson, C J (Eds) *Proceeding of the 34th Annual ARCOM Conference*,
- [13] Tayanç, T. (2011) *Geography of Builders: Overseas Contracting Adventure of Turkish Construction Sector*, History Foundation, Ankara
- [14] TCA (2017) Turkish International Contracting- Retrieved 24 January, 2021 from <https://www.tmb.org.tr/eng>
- [15] Mak, S., & Picken, D. (2000) Using risk analysis to determine construction project contingencies. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(2). pp.130–136.
- [16] Project Management Institute (PMI) (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)* – Sixth edition. Newtown Square, PA: Author.
- [17] Park, H., Lee, K.-W., Jeong, H.D., & Han, S.H. (2014) Effect of institutional risks on the performance of international construction projects *Construction Research Congress 2014: Construction in a Global Network- Proceedings of the 2014 Construction Research Congress*, pp. 2126-2135.
- [18] Liu, J., Zhao, X., & Yan, P. (2016) Risk paths in international construction projects: Case study from Chinese contractors *Journal of Construction Engineering and Management*, 142 (6), art. No. 05016002.
- [19] Xiaopeng, D., & Pheng, L. (2013) "Understanding the critical variables affecting the level of political risks in international construction projects." *KSCE J. Civ. Eng.*, 17(5), pp.895–907.
- [20] Zhi, H. (1995) Risk management for overseas construction projects *International Journal of Project Management*, 13 (4), pp. 231-237.
- [21] Akintoye, A. S., & MacLeod, M. J. (1997) "Risk analysis and management in construction". *International Journal of Project Management*, 15(1), pp.31-38.
- [22] Wang, S. Q., Dulaimi M. F, & Aguria M. Y. (2004) Risk management framework for construction projects in developing countries, *Construction Management and Economics*, 22:3, pp. 237-252,
- [23] Taroun, A. (2014) Towards a better modelling and assessment of construction risk: Insights from a literature review *International Journal of Project Management*, 32 (1), pp. 101-115.
- [24] Zhao, X., Hwang, B. & Low, S., (2015) "Enterprise risk management in international construction firms: drivers and hindrances", *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 22 No. 3, pp. 347-366.
- [25] Lee, K.P.; Lee, H.S.; Park, M.; Kim, D.Y.; & Jung, M. (2017) Management-Reserve Estimation for International Construction Projects Based on Risk-Informed k-NN. *J. Manag. Eng.*, 33.
- [26] Hastak, M., & Shaked, A (2000). "ICRAM-1: Model for international construction risk assessment." *J. Manage. Eng.*, pp. 59–69.
- [27] El-Sayegh S. (2014) Project risk management practices in the UAE construction industry *International Journal of Project Organization and Management* 6(1/2): pp.121-137
- [28] Ruqaya A., Carol C & Hanna, A. (2014) Evaluating impact of construction risks in the Arabian Gulf Region from perspective of multinational architecture, engineering and construction firms, *Construction Management and Economics*, 32:4, pp. 382-402,
- [29] Ghulam A. N., & Painting N. (2017) Significant Factors Causing Cost Overruns in the Construction Industry in Afghanistan *Procedia Engineering* 182:510-517

- [30] Zou, P.X.W., Chen, Y., & Chan, T., (2010) Understanding and improving your risk management capability: assessment model for construction organizations. *J. Constr. Eng. Manage.* 136 (8), 854–863.
- [31] Deng, X., & Low, S.P. (2014) Exploring critical variables that affect political risk level in international construction projects: Case study from Chinese contractors *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 140 (1), art. No. 04013002.
- [32] Cano, A., & de la Cruz, M. P. (2002) “Integrated methodology for project risk management.” *J. Constr. Eng. Manage.*, 128 6, 473–485.
- [33] Ho, W. (2008) “Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications – A Literature Review.” *European Journal of Operational Research* 186: 211–228
- [34] Chai, J., J. N. K. Liu, & E. W. T. Ngai. (2013) “Application of Decision-making Techniques in Supplier Selection: A Systematic Review of Literature.” *Expert Systems with Applications* 40: 3872–3885.
- [35] Ashley, D.B., & Bonner, J.J. (1987) Political risks in international construction *Journal of Construction Engineering and Management*, 113 (3), pp. 447-467.
- [36] Cooper, D.F., MacDonald, D.H. & Chapman, C.B. (1985) “Risk analysis of a construction cost estimate” *International Journal of Project Management* 3(3), 141–149.
- [37] Barnes, NMI (1983). How to allocate risks in construction contracts. *Int. J. Project Manage.*, 1(1): 24-28.
- [38] Han, S.H., & Diekmann, J.E. (2001). “Approaches for Making Risk-Based Go/No-Go Decision for International Projects”, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 127(4), 300-308.
- [39] Sauli H., Matti H., & Mikko S. (2007) Comparison of Four Existing Concept Selection Methods Guidelines for a Decision Support Method Adapted to NPD Processes
- [40] Diekmann, J.E. (1983). Probabilistic estimating: mathematics and applications. *Journal of Construction Engineering and Management*, 109(3), 297-308.
- [41] Cioffi, D. F., & Khamooshi, H. (2008). “A Practical Method to Determine Project Risk Contingency Budget.” *Journal of the Operational Research Society*, Advance Online Publication 19 March 2008.
- [42] Skibniewski, M. J. & Chao, L. C. (1992). Evaluation of advanced construction technology with AHP method, *Journal of Construction Engineering and Management* 118: 577–593.
- [43] Wang, Y.-M., K.-S. Chin, & J. P.-F. Leung. (2009) “A Note on the Application of the Data Envelopment Analytic Hierarchy Process for Supplier Selection.” *International Journal of Production Research* 47: 3121–3138.
- [44] Muerza, V., D. de Arcocha, E. Larrodé, & Moreno-Jiménez J. M. (2014) “The Multicriteria Selection of Products in Technological Diversification Strategies: An Application to the Spanish Automotive Industry Based on AHP.” *Production Planning & Control* 25: 715–728.
- [45] Chan APC, Chan DWM, & Yeung JFY. (2009). Overview of the application of “fuzzy techniques” in construction management research. *J Constr Eng Manage.* 35(11):1241–1252.
- [46] Al-Harbi K. (2001). Application of the AHP in project management. *Int J Proj Manage.* 19(1):19–27.
- [47] Jato-Espino D, Castillo-Lopez E, Rodriguez-Hernandez J & Canteras-Jordana JC. (2014) A review of application of multicriteria decision making methods in construction. *Automat Constr.* 45:151–162.
- [48] Shapira, A. & Goldenberg, M. (2005) AHP – based equipment selection model for construction projects, *Journal of Construction Engineering and Management* 131: pp. 1263–1273.
- [49] Li J, Zou PXW. (2011) Fuzzy AHP-based risk assessment methodology for PPP projects. *J Constr Eng Manage.* 137 (12):1205–1209.
- [50] Polat, G. (2016). Subcontractor selection using the integration of the AHP and PROMETHEE methods, *Journal of Civil Engineering and Management* 22(8): pp.1042–1054.
- [51] Erdogan, S. A.; Šaparauskas, J.; & Turskis, Z. (2017). Decision making in construction management: AHP and Expert choice approach, *Procedia Engineering* 172: pp.270–276.
- [52] Kwast-Kotlarek, U. & Heldak, M. (2019) Evaluation of the Construction and Investment Process of a High-Pressure Gas Pipeline with Use of the Trenchless Method and Open Excavation Method. *Analytic Hierarchy Process (AHP). Sustainability*, 11, 2438.
- [53] Siraj N.B., & Fayek, A, R. (2019) Risk Identification and Common Risks in Construction: Literature Review and Content Analysis *Journal of Construction Engineering and Management* Volume 145 Issue 9- 2019
- [54] Saaty, T. L. (1994) “How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process.” *Interfaces* 24: pp. 19–43



ANALYSIS OF WASTE HEAT RECOVERY WITH FINNED PIPE DESIGN IN CONDENSATE PAN FOR RDCs: EFFECTS ON ENERGY EFFICIENCY

Zafer Deniz¹ , Mustafa Aktaş² , Süleyman Erten³ , Fatma Nur Erdoğan³ , Melis Öder^{*3} 

¹Gazi University, Institute of Science, Energy Systems Engineering, Ankara, Türkiye.

²Gazi University, Technology Faculty, Energy Systems Engineering, Ankara, Türkiye.

³Nurdil Refrigeration Inc., Ankara, Türkiye.

Abstract

Original scientific paper

Plug-in refrigerated display cabinets are widely used in supermarkets. Since these cabinets do not have a drainage system connected to the mains, the accumulated defrost water is removed with the help of PTC resistance. The energy consumption of the PTC resistor constitutes nearly 20% of the total energy consumption. Considering that the final energy consumption is met from primary energy sources; With the decrease in fossil fuels and the increase in energy costs, it is necessary to use the consumed energy more efficiently. In this study, the refrigerant in superheated vapor state at the compressor outlet was passed through the compressor discharge line pipes and the stagnant water in the condensation pan. By adding additional fins to the discharge pipes in the condensation pan, heat transfer is increased and energy consumption is reduced. In this way, the energy consumption of the cabinet was reduced, and the energy class, which was "E" in the current system, was upgraded to the "D" class with the new design. Thus, an environmentally friendly design has been introduced and 11.138 kg/day CO₂ emissions for 1 refrigerator have been reduced by reducing primary energy consumption.

Keywords: Refrigerated display cabinet, finned pipe, energy efficiency, energy labelling, carbon tax.

TTS'LER İÇİN YOĞUŞMA TAVASINDA KANATÇIKLI BORU TASARIMI İLE ATIK ISI GERİ KAZANIMININ ANALİZİ: ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Süpermarketlerde teşhir tipi plug-in soğutucular yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu soğutucularda şebekeye bağlı drenaj sistemi bulunmadığından, biriken yoğuşma suyu PTC rezistans yardımı ile uzaklaştırılmaktadır. PTC rezistansının enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Nihai enerji tüketiminin birincil enerji kaynaklarından karşılandığı düşünüldüğünde; fosil yakıtların azalması ve enerji maliyetlerinin artması ile tüketilen enerjinin daha verimli kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, kompresör çıkışında kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan kompresör basma hattı boruları ile yoğuşma tavaasında bulunan durgun su içerisinde geçirilmiştir. Yoğuşma tavaası içerisinde bulunan basma borularına ilave kanatçıklar eklenerek ısı transferi artırılmış ve enerji tüketimi azaltılmıştır. Bu sayede soğutucunun enerji tüketimi azaltılarak mevcut sistemde "E" olan enerji sınıfı yeni tasarım ile "D" sınıfına yükseltilmiştir. Böylece çevre dostu bir tasarım ortaya koyulmuş ve birincil enerji tüketimi düşürülerek 1 adet soğutucu için 11.138 kg/gün CO₂ emisyonu azaltılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Teşhir tipi soğutucu, kanatçıklı boru, enerji verimliliği, enerji etiketi, karbon vergisi.

1 Giriş

Enerji hayatımızda önemli yer tutmakta ve enerjiye olan ihtiyacımız her geçen gün artmaktadır. Günümüzde Türkiye'de ve dünyadaki tüm sektörlerde enerji kullanımı ve enerji birim fiyatları her geçen gün artış göstermektedir. Birim fiyatlardaki artışlar ve enerji kaynakları kısıtlı ve dışa bağımlı ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarına veya mevcut enerjinin en verimli şekilde kullanılması yoluna gitmektedirler. Enerji hayatımızdaki en önemli

faktörlerden biri olup, birçok sektörde enerji verimli sistemler tasarlanıp kullanılmaktadır [1]. Enerji tüketimindeki büyük paylardan bir tanesi de soğuk zincire aittir. Gıdanın üretiminden başlayıp depolama (soğuk depo), taşıma ve teşhir edilme yani satış süreçlerinde soğuk zincir halkalarına büyük görev düşmektedir. Bu çalışmada soğuk zincirin önemli halkalarından biri olan teşhir tipi soğutucular için enerji verimli bir tasarım yapılmış ve bu tasarımın etkileri incelenmiştir.

* Corresponding author.

E-mail address: melisoder@nurdil.com.tr (M. Öder)

Received 12 September 2022; Received in revised form 25 January 2023; Accepted 27 February 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1187987>

Günümüzde enerji fiyatlarındaki artış ve fosil kaynakların kısıtlı olmasından dolayı enerji verimliliği çalışmaları hız kazanmış, tüketilen enerjinin azaltılması ve verimlilik çalışmalarının artırılması gereklilik haline gelmiştir. 1 Mart 2021 tarihinde Avrupa Birliği'nde piyasaya sürülen endüstriyel teşhir tipi soğutucular için enerji etiketi uygulaması zorunlu hale getirilmiş ve enerji etiketlemesinde A'dan G'ye kadar sınıflandırma yapılmaya başlanmıştır [2].

Teşhir tipi soğutucular (TTS) süpermarket ve gıda sektöründe bozulabilir ürünlere erişimi kolaylaştırmak ve ürünlerin bozulmadan muhafazasını sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. TTS'ler temel olarak remote (kompresör ve kondenseri soğutucu kabin dışında bulunan) ve plug-in (kompresör ve kondenseri soğutucu kabin bünyesinde bulunan) olarak ikiye ayrılmaktadır [3]. İş mekanı sürekli değişen ticarethanelerde satış politikalarına göre yer değişimine olanak sağlayan plug-in TTS'ler süpermarketlerde sıklıkla tercih edilmektedir. Plug-in TTS'lerin avantajları olduğu gibi dezavantajları da mevcuttur.

TTS'lerde ortam havası içerisinde bulunan su taneçikleri havanın çiy noktası sıcaklığının altına düşmesiyle evaporatör yüzeyinde yoğunlaşma gerçekleşmektedir. Bu yoğunlaşma ile evaporatör yüzeyi kar veya buz ile kaplanmaktadır. Evaporatör yüzeyinde biriken kar veya buzun eritilmesi işlemine defrost adı verilmektedir. Açık tip TTS'lerin bulunduğu ortamın sıcaklık ve bağıl nemin yüksek olması durumunda defrost işleminin daha sık gerçekleşmesi gerekmektedir. Defrost işlemi hem merkezi hem de plug-in sistemlerde uygulanmaktadır. Plug-in soğutucular market içerisinde sabit olmadığı için atık su şebekesine bağlı drenaj sistemi mevcut değildir. Bu yüzden plug-in sistemlerde defrost sonrası oluşan suyun çeşitli teknikler ile uzaklaştırılması için yoğunlaşma tavaları kullanılmaktadır. TTS'lerde defrost işlemi sonrası yoğunlaşma tavaasında biriken suyun uzaklaştırılması için PTC rezistanslar kullanılmaktadır. PTC rezistanslar su sıcaklığına göre gün içerisinde devreye daha fazla girerek suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ancak soğutucunun enerji tüketimini ilave olarak artırmaktadır. Ayrıca bağıl nemin yüksek olduğu ortam koşullarında kullanılan TTS'lerde yoğunlaşma tavaasında biriken suyun mevcut rezistans ile uzaklaştırılması güçleşmekte ve yoğunlaşma tavaasındaki su taşabilmektedir. Bu gibi problemlerin önüne geçilebilmesi için sistemde verimlilik çalışmalarının yapılması gereklidir.

Bu konuda yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Mon ve ark. (2004) kanat aralığının, kademeli ve sıralı düzenlemelerde dört sıralı dairesel kanatlı boru demetleri üzerindeki etkilerini üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile sayısal olarak analiz etmişlerdir. Akış görselleştirme sonuçları, dairesel kanatlı boru demetlerinin yerel ısı transferi ve akış özelliklerinin önemli yönlerini ortaya koymaktadır. At nalı girdap etkisi, en büyük kanat aralığında ve yüksek hızda daha belirgindir. Kanat ve boru yüzeylerindeki hız ve sıcaklık sınır tabakaları, kanatlar arasındaki boşluğa ve karşılık gelen hıza büyük ölçüde bağlıdır. Sabit kanat yüksekliği 5 mm, boru çapı 24 mm ve her ikisinde üç farklı kanat aralığı 1.6, 2 ve 4 mm olarak belirlenmiştir. Isı transferi ve basınç düşüşü sonuçları, parametre olarak Re (Reynolds sayısı) sayısı ve kanat aralığı-yükseklik oranı (s / hf) ile karşılaştırılmıştır. Isı

transfer katsayısının $s / hf = 0.32$ 'ye kadar arttığı ve daha sonra, bir miktar azalma eğilimi ile (yaklaşık %1.4) sonraki artışlar için neredeyse sabit kaldığı bulunmuştur [4].

Ouyang ve ark. (2022) dairesel kanatlı borunun ısı transferi deneyini yapmışlardır. Modeli doğrulamak için aynı model ve sınır koşullarında sayısal simülasyon yapmışlardır. Kademeli oluklu kanatlı boruların ve eşit mesafeli oluklu kanatlı boruların hava tarafındaki ısı transferi ve akış özelliklerini simüle etmişlerdir. Oluk sayısı, oluk yüksekliği ve kabuk tarafındaki hava ısı transferi ve basınç düşüşü arasındaki ilişkiler elde edilmiştir. Simülasyonda kullanılan modelin koşulu altında, ısı transferi ve basınç düşüşü dikkate alındığında eşit mesafeli kanatlı boru için kapsamlı ısı transferi performansı oluk sayısı 21 adet ve oluk yüksekliği 1.504 mm olduğunda en iyisi, kademeli kanatlı boru için oluk sayısı 24 adet ve oluk yüksekliği 1.248 mm olduğunda kapsamlı ısı transfer performansı en iyisi olduğunu bildirmişlerdir. 69.14 mm boru çapına ve 0.38 mm kanat kalınlığına sahip simüle edilmiş oluklu kanatlı boru için, düz kanatlı boruya kıyasla, oluk sayısının 6–27 arasında ve yüksekliğin 0.992–1.76 mm arasında artmasıyla, ısı transferi yassı kanatlı borudan daha güçlüdür ve ısı transferi yassı kanatlı boru ile karşılaştırıldığında %1 - %68 oranında arttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, basınç düşüşü de düz kanatlı borununkinden daha yüksektir ve basınç düşüşü, düz kanatlı borununkinden %1 - %305 daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [5].

Okbaz ve ark. (2020) çalışmada, farklı boru sıra sayılarına, kanat aralıklarına ve çalışma koşullarına sahip panjurlu ve dalgalı kanatlı ısı eşanjörlerinin basınç düşüşü ve ısı transferi özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmak için deneysel araştırmalar yapmışlardır. Üretilen ısı eşanjörleri, şartlandırılmış bir odada rüzgar tüneline test edilmiştir. Isı transfer katsayısı, Stanton sayısı, Colburn (j) faktörü, boyutsuz basınç düşüşü katsayısı (C_p), Fanning sürtünme faktörü (f) incelemişlerdir. Panjurlu kanatlı ve yuvarlak borulu ısı eşanjörleri (LFRTHX) Colburn (j) faktörleri, Fanning sürtünme faktörleri (f) sırasıyla Reynolds sayısına bağlı olarak dalgalı kanatçıklı ve yuvarlak borulu ısı eşanjörlerine (WFRTHX) göre sırasıyla %6.9-16.4, %8.2-19.9, %4.1-9.6 oranında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [6].

Sadeghianjahromi ve ark. (2020) dalgalı kanatlı borulu ısı değiştiricinin hava tarafının büyütülmesini sayısal olarak incelemişlerdir. Yüksekliğin ve ondülasyon açısının 15° 'den az olacak şekilde kanat aralığına eşit veya daha az olmalı olduğunu belirtmişlerdir. Dalgalı kanatçıkların üzerine yarıkların açılması ile %10'a kadar iyileştirme sağlayabildiğini bildirmişlerdir. Boyuna girdap oluşturuca kullanmak, termal dirençte %7 azalma sağlamakta ve bileşik tasarımları kullanmak, orijinal kasaya göre yaklaşık %16 iyileştirme sağladığını belirtmişlerdir [7].

Zhang ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada depolama ortamı olarak su ve ısı transfer ortamı olarak etilen glikol ile katılma karakteristیکlerini ve ısı transfer oranlarını araştırmak için dairesel kanatlı boruda buz depolama ünitesinin iki boyutlu bir aksel simetrik geçici modelini kullanmışlardır. Modeli, deneysel verilerle doğrulamışlardır. Dairesel kanat yüksekliği ve kanat aralığının faz değişimi ve katılma ön hızı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Kanat yüksekliğinin artırılması ve kanat aralığının azaltılmasının hem buzun depolanma ve

katılaşma oranını arttırdığını hem de soğuk depolama kapasitesini iyileştirdiğini gözlemlemişlerdir. 50 mm'lik bir kanat yüksekliğinde katı faz fraksiyonu kanatsız borudan 4.96 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. 50 mm yüksekliğindeki kanatlarla buz depolama kapasitesi, 480 dakikada kanatsız borudan 3.68 katından fazla olduğunu belirtmişlerdir. 4 mm kanat aralığı 12 mm kanat aralığına göre %26.3 daha fazla soğuk depolama kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir [8].

Banu ve ark. (2022) kanat tarafı ısı transfer katsayıları ve kanat verimi gibi ısı transfer parametrelerinin kütle akış hızları ve geometrik parametreler ile değişimi gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar HAD analizi ile matematiksel simülasyon doğrulanmıştır. Tüplerin uzunluğunun artmasıyla kanat veriminin artacağı ve daha iyi ısı transfer katsayısı için optimum kanat aralığının 5 mm'den az olması gerektiğini belirtmişlerdir [9].

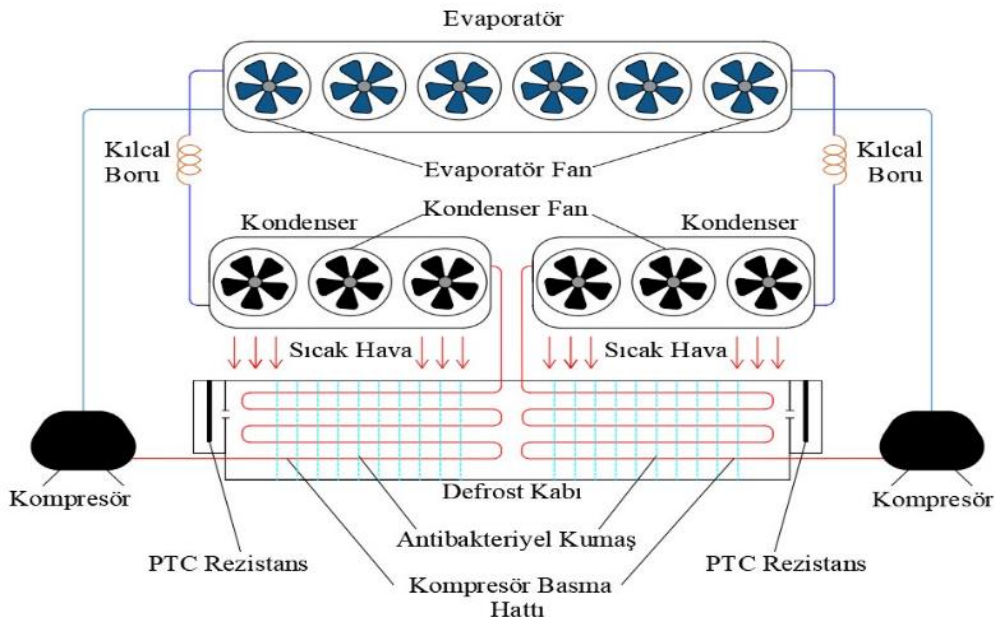
Tahrour ve ark. (2022) deniz araçlarında ve okyanuslardaki su altı elektrik santrallerinde ısı transferi problemlerinin artmasıyla, verimli bir kanatlı borulu ısı eşanjörü arayışının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Beş farklı kanat tasarımı arasındaki termal değişim ve akış özelliklerini analiz etmiş ve karşılaştırmışlardır. Eşmerkezli dairesel kanatlı boru, eksantrik dairesel kanatlı boru, delikli dairesel kanatlı boru, tırtıklı dairesel kanatlı boru ve yıldız şeklinde kanatlı boru yapılarını incelemişlerdir. Kanatçık aralığı 2 mm'den 7 mm'ye değiştirildiğinde incelenen tüm durumlar için Colburn faktöründe bir artış, sürtünme faktörü ve kanat performanslarında bir azalma gözlemlenmiştir. En verimli kanat tasarımını seçmek için üç kriteri kontrol etmişlerdir: performans değerlendirme kriteri, global performans kriteri ve kütle global performans kriteri. Reynolds sayısının değeri ne olursa olsun, geleneksel eşmerkezli dairesel kanatlı boru en düşük performans değerlendirme kriterini sağlarken, tırtıklı dairesel kanatlı boru en yüksek performans değerlendirme kriterini sağladığını bildirmişlerdir. Toplu küresel performans kriteri açısından yıldız şeklinde kanatlı boru en yüksek performansı sağlamıştır [10].

Kiatpachai ve ark. (2022), kanat desenlerinin, yeni bir tip ısı eşanjörünün panjurlu spiral kanatlı ve borulu ısı eşanjörlerinin hava tarafındaki performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Radyal, kavisli ve karışık panjurlu spiral kanatçıklar olmak üzere üç tip kanat deseni araştırılmış ve özelliklerini düz spiral kanatçıkla karşılaştırılmıştır. Kıvrımlı alüminyum kanat tabanlı, iki sıra çelik borulu ve kanat aralığı 8.45 mm olan ısı eşanjörleri üretilmiştir. Tüm ısı eşanjörleri hem çok geçişli paralel hem de karşı çapraz akış düzenlemelerine sahiptir. Ortalama ısı aktarım hızı, ısı aktarım katsayısı ve basınç düşüşü ön hava hızı ile artmıştır. Panjur-spiral kanatçık, düz-spiral kanattan ortalama ısı aktarım hızı ve ortalama ısı aktarım katsayısı bakımından yaklaşık %9.7-%15.6 ve %13.4-%27.1 daha fazladır. Panjur-spiral kanatçıkların Colburn faktörleri (j), düz kanatla karşılaştırıldığında yaklaşık %10.4-%13.1, karışık panjurlu spiral kanatçıklar için %7.7-%8.8 ve %2.1-%5.1 kavisli spiral kanatçıklar için daha büyük olduğunu belirtmişlerdir [11].

Plug-in soğutucularda defrost işleminden sonra oluşan su yoğunlaşma tavaasında toplanmaktadır. Burada kompresör basma hattı borularının yoğunlaşma tavaasından geçirilmesi, antibakteriyel kumaşlar ve kondenser atık havasının kullanılması veya PTC rezistans ile yoğunlaşma suyunun uzaklaştırılması gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Ancak bu teknikler enerji tüketimini olumsuz etkilemekte ve bazı koşullarda yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, yoğunlaşma tavaasındaki yoğunlaşma suyunun uzaklaştırılmasında yeni tasarımlar ile enerji verimliliği sağlanması, TTS'nin EVE (Enerji Verimlilik Endeksi) değerinin azaltılarak etiket sınıfının yükseltilmesi hedeflenmiştir.

2 Materyal ve Metod

Mevcut bir soğutucunun soğutma çevrimi Şekil 1'de verilmiştir. Bu sistem kompresör, kondenser, genişleme elemanı (kılcal boru) ve evaporatör olmak üzere 4 temel ekipmandan oluşmaktadır.



Şekil 1. Mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi ve deneysel verilerin alındığı yoğunlaşma tavaası görünümü.

Mevcut soğutucularda Şekil 1'de verilen kompresörden çıkan kızgın soğutucu akışkan, kompresör basma hattı boruları ile yoğuşma tavası içerisinde durgun haldeki suyun içerisinde geçirilmiştir. Bu sayede yoğuşma suyu ısıtılarak buharlaşma hızlandırılmıştır. Ayrıca antibakteriyel kumaşlar sayesinde yoğuşma suyunun bir kısmı kumaşlar tarafından emilmiş ve kondenserden çıkan atık sıcak hava ile kurutulmuştur. Bu sayede antibakteriyel kumaşlar daha hızlı kurutulmuş aynı zamanda kondenserden atılan ısı da değerlendirilmiştir. Ancak bu teknikler yetersiz kalmakta ve PTC rezistans devreye girecek kalan suyu uzaklaştırmaktadır.

Açık TTS'lerde farklı iklim şartları, ürün yükleme durumuna ve kullanım şekline göre yukarıda bahsedilen teknikler yetersiz kalmaktadır. Elektrikli rezistans devreye girmekte ve fazla miktarda güç tüketmektedir. Ayrıca havanın bağıl neminin yüksek olduğu iklim bölgelerinde yoğuşma suyunun miktarı daha fazla olmaktadır. Bu yüzden kullanılan rezistansın gücünün artırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, TTS'lerde enerji verimliliğinin artırılması, toplam enerji tüketiminin azaltılması, elektrikli ısıtıcının devreye girme süresinin düşürülmesi ve suyun taşmasının engellenmesi için kompresör basma hattında yeni bir tasarım yapılmıştır. Yoğuşma tavasındaki kompresör basma hattı borularına yüzey alanının artırılmasını sağlamak için boru dış yüzeyine kanat tasarımı yapılmıştır. Bu sayede kanatçıklı bakır boru ile ısı transferinin artırılabilmesi için yüzey alanı genişletilmiştir. Basma hattı borularında yoğuşma suyu daha fazla ısı transferi gerçekleşmiş ve buharlaşma hızlandırılmıştır. Bu sayede enerji verimliliği sağlanmış ve suyun taşıma probleminin de önüne geçilmiştir. Aynı zamanda kondenser öncesindeki basma hattı sıcaklığı düşürülerek, kondenserin ısı atımı performansına da katkı sağlanması amaçlanmıştır.

3 Matematiksel ve Deneysel Modelleme

Sistemde dolaşan soğutucu akışkan R290'ın kütleli debisi eşitlik 1 yardımı ile hesaplanır:

$$\dot{m} = \frac{\dot{W}_c}{(h_2 - h_1)} \quad (1)$$

Evaporatörün soğutma gücü eşitlik 2 ile bulunur [12].

$$\dot{Q}_E = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (2)$$

Yoğuşma tavasında bakır borudan suya aktarılan maksimum ısı ise eşitlik 3 yardımı ile bulunur.

$$\dot{Q}_{max} = \dot{m} c \Delta T \quad (3)$$

Yoğuşan su damlalarının yoğuşma tavasına düşmesi sonucu oluşan hareketler ihmal edilerek kap içerisindeki su, durgun ve hareketsiz kabul edilmiştir. Bu kabul doğrultusunda soğutucu akışkandan suya olan ısı transferi taşınım ile gerçekleşmektedir.

Newton'un soğuma kanuna göre denklem 4 bulunur.

$$\dot{Q} = h A \Delta T \quad (4)$$

Boru içerisindeki soğutucu akışkan ve su arasındaki ısı transferi sonucunda yoğuşma suyu sıcaklığında değişim olacağı için sıcaklık farkı yerine logaritmik sıcaklık değişimi eşitlik 5 yardımı ile bulunur [13].

$$\Delta T_{ln} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (5)$$

Silindirik cisimlerde ısı iletimi Fourier'in ısı iletimi denklem 6, 7 ve 8 kullanılarak hesaplanmaktadır [14].

$$\dot{Q}_{iletim} = -k A \frac{dr}{dr} \quad (6)$$

$$\dot{Q}_{iletim} = 2\pi Lk \frac{(T_1 - T_2)}{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)} \quad (7)$$

$$\dot{Q}_{iletim} = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{eş}} \quad (8)$$

Isıl direnci eşitlik 9 yardımı ile hesaplanabilmektedir.

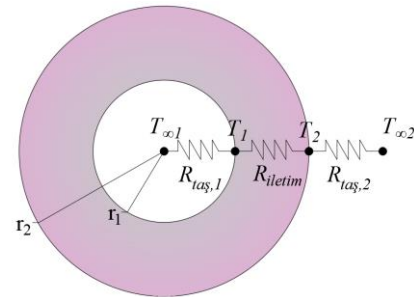
$$R_{eş} = \frac{(T_1 - T_2)}{hA} \quad (9)$$

Silindirik yüzeylerin ısı direnci eşitlik 10 yardımı ile bulunur [15].

$$R_{eş} = \frac{\ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) (T_1 - T_2)}{2\pi Lk} \quad (10)$$

Soğutucu akışkan ile yoğuşma suyu arasındaki toplam ısı transferini belirlerken Şekil 2'deki termal direnç yöntemi kullanılmaktadır. Soğutucu akışkan ile durgun su arasındaki direnç denklem 11 yardımı ile bulunabilmektedir [15].

$$R_{toplam} = R_{taş,1} + R_{iletim} + R_{taş,2} \quad (11)$$



Şekil 2. Isı transferinin hesaplanması için elektrik direnç yöntemi boru kesitinde gösterimi.

Denklem 10'da termal dirençler yerine yazılıp düzenlendiğinde denklem 12 elde edilir [16].

$$\frac{1}{U_0 A_0} = \frac{1}{h_{R290} A_{R290}} + \frac{1}{2\pi Lk} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right) + \frac{1}{h_{su} A_{su}} \quad (12)$$

Suyun ısı iletim katsayısı zorlanmış taşınım için 300-1000 W/m²K ve suyun hareketsiz olduğu durumda doğal taşınım ısı transferi katsayısı 30-300 W/m²K olarak deneysel olarak ölçülmüştür. Hesaplamalarda durgun

suyun ısı taşınım katsayısı 195 W/m²K olarak hesaplanmıştır.

Buhar halindeki soğutucu akışkan R290'dan durgun suya olan ısı transferi denklem 13'ten hesaplanmaktadır.

$$Q = h_2 \pi r_2 L \Delta T_{ln} \quad (13)$$

Isı taşınım katsayısı (h) değeri genellikle kanatçık tabanında kanat ucunda olduğundan çok daha düşüktür. Çünkü sıvı, kanat tabanının yakınında katı yüzeylerle çevrilidir. Bu durum sıvı hareketini ciddi şekilde etkilemektedir. Bir yüzeye çok fazla kanat eklemek, yüzey alanını artırmasına karşın akışkanın hareketini olumsuz etkilediğinden ısı transfer katsayısında azalmaya sebep olmaktadır [15].

$$\dot{Q}_{iletim,x} = \dot{Q}_{iletim,x+\Delta x} + \dot{Q}_{taşınım} \quad (14)$$

Burada x noktasındaki ısının iletim ile transferi, x+Δx mesafedeki iletim ve taşınım ile ısı transfer miktarına eşit olacaktır. Denklem düzenlenirse kanatçıktan oluşan ısı transferi eşitlik 15 ile hesaplanabilir [17].

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - \alpha^2\theta = 0 \quad (15)$$

Burada

$$\alpha = \frac{hp}{kA_c} \quad (16)$$

ve $\theta = T - T_\infty$ kanat tabanında $\theta_b = T_b - T_\infty$ şeklinde yazılır. 15 numaralı diferansiyel denklem çözümlerse aşağıdaki çözüm elde edilir [17];

$$\theta(x) = C_1 e^{\alpha x} + C_2 e^{-\alpha x} \quad (17)$$

Farklı durumlarda, farklı sınır şartları kullanılarak çözümlenirse uzun kanat, kısa kanat ve yalıtılmış kanat ucuna sahip kanatlar için sıcaklık dağılımı ve ısı transferi denklemleri elde edilir.

Uzun kanat için eşitlik 18 kullanılır.

$$\frac{T(x) - T_\infty}{T_b - T_\infty} = e^{-\alpha x} = e^{-x\sqrt{hp/kA_c}} \quad (18)$$

Adyabatik kanat ucu için eşitlik 19'dan faydalanılır.

$$\frac{T(x) - T_\infty}{T_b - T_\infty} = \frac{\cosh\alpha(L-x)}{\cosh\alpha L} = e^{-x\sqrt{hp/kA_c}} \quad (19)$$

T_b sıcaklığındaki bir yüzey T_∞ sıcaklığında yüzey sıcaklığındaki bir akışkana maruz bırakılırsa, h akışımın ısı transferi katsayısı ve yüzey alanı A_s=A_b kanat eklenecek alan ise yüzeyden radyasyon ile ısı transferi ihmal

edildiğinde, yüzeyden etrafına olan ısı transferi eşitlik 20'deki gibi ifade edilir [15].

$$\dot{Q} = h A_b (T_s - T_\infty) \quad (20)$$

A_b alanına L uzunluğunda ve A_b yüzey alanı kadar kanat eklenirse ve kanatın tüm noktalarında taban sıcaklığına eşit ise Denklem 20'deki gibi ifade edilebilir.

$$\dot{Q}_{kanat,max} = h A_{kanat} (T_b - T_\infty) \quad (21)$$

Gerçekte, kanatçık sıcaklığı kanat boyunca düşecek bu nedenle, kanat ucuna doğru azalan sıcaklık farkı T_(x) - T_∞ nedeniyle kanattan ısı transferi daha az olacaktır. Sıcaklıktaki bu düşüşün ısı transferi üzerindeki etkisini hesaplamak için kanat verimliliği olarak aşağıda verilen ifade kullanılır [18].

$$\eta_{kanat} = \frac{\dot{Q}_{kanat}}{\dot{Q}_{kanat,max}} \quad (22)$$

$$\dot{Q}_{kanat} = \eta_{kanat} \dot{Q}_{kanat,max} \quad (23)$$

$$\dot{Q}_{kanat} = \eta_{kanat} h A_{kanat} (T_b - T_\infty) \quad (24)$$

Kanatçıkların performansı kanatçıklı ve kanatçiksiz durumun ısı transferindeki artışı temelinde değerlendirilir. Kanat etkinlik katsayısı denklem 25 ile ifade edilir [19].

$$\varepsilon_{kanat} = \frac{\dot{Q}_{kanat}}{\dot{Q}_{kanatsiz}} \quad (25)$$

$\varepsilon_{kanat}=1$ ise eklenen kanatın yüzeyden olan ısı transferine etkisi olmadığını, $\varepsilon_{kanat}>1$ ise ısı transferine kanatın katkısının olduğunu ve artırdığını göstermektedir.

Enerji etiket sınıfı denklem 26, 27 ve 28 kullanılarak hesaplanmaktadır [2].

$$EVE = AE/SAE \quad (26)$$

$$AE = 365 x E_{günlük} \quad (27)$$

$$SAE = 365x Px (M + (Nx TDA))x C \quad (28)$$

3.1 Deneysel Verilerin Alındığı Açık Tip Soğutucu

Deneysel çalışmalarda açık tip TTS kullanılmıştır. Bu TTS çift sisteme (kompresör, kondenser ve kılcal boru 2'şer adet ve 2 giriş-çıkışa sahip evaporatör) sahip olup soğutucu akışkan olarak R290 kullanılmaktadır. TTS üzerinden kompresör çıkış sıcaklığı, soğutucu akışkan R290'ın yoğuşma tavasındaki durgun sudan geçirildikten sonraki soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı ölçümü yapılmıştır. Şekil 1'de kullanılan PTC rezistansın gücü 350 W'tır.

Deney düzeneğine ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Açık TTS ve deneysel parametreler.

Parametreler	Değerler
İklim sınıfı (Test Odası)	Sınıf 3 (25°C sıcaklık, % 60 bağıl nem şartlarında)
Soğutucu akışkan	Propan (R290)
Kompresör	2 adet; 0.9 kW x 2= 1.8 kW
Kondenser	2 adet; 2.5 kW x 2= 5 kW
Kondenser Fan	4 adet; 13 W x 4= 52 W
Soğutucu akışkan kompresör giriş /çıkış Sıcaklığı	15 °C / 80 °C
Yoğuşma tavaşı çıkış sıcaklığı	50 °C
Buharlaşma sıcaklığı	-10 °C
Enerji Verimlilik Endeksi Değeri (EVE)	50.1
Enerji sınıfı	E
Toplam enerji tüketimi	30 kWh/24h

Sistemde kanatçksız bakır boru kullanılması durumunda aktarılan ısı ile yoğuşma suyunun tamamının buharlaştırılmasında yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu yüzden PTC rezistans devreye girmektedir. Boru üzerine dairesel kanat tasarımı yapılarak ısı transfer yüzeyinin genişletilmesi ile ısı transferi daha hızlı gerçekleştirilecektir. Bu sayede elektrikli ısıtıcının devrede kalma süresi ve kondenser fanlarının çalışma periyodu azalacaktır.

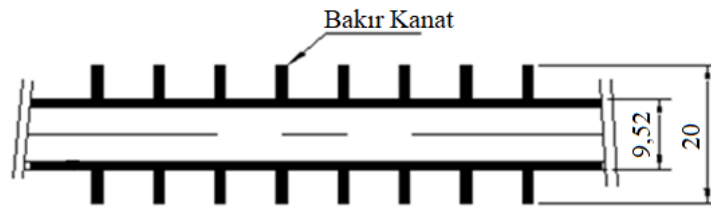
3.2 Isı Transferinin İyileştirilmesi ve Kanatçıklı Boru Kullanımı

Endüstriyel uygulamaların pek çoğunda ısı transferinin artırılması gerekmektedir. Fakat ısı transferinin artırılması için cismin boyutunun büyütülmesi mümkün olmayabilir. Bunun yerine cisim ile akışkan arasındaki temas alanının genişletilmesi için kanatçıklar kullanılmaktadır. Bu sayede ısı transferinin gerçekleşeceği yüzey alanının artırılması sağlanır.

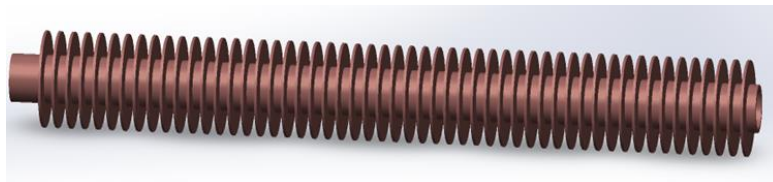
Kanatın başından sonuna kadar sıcaklık değişiminin az olması için kanat malzemesi olarak ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler tercih edilmelidir. Endüstriyel

uygulamalarda kanat geometrileri çok farklı olabildiği gibi kanatçık malzemesi ile yüzey malzemesi aynı malzemeden veya farklı malzemeler de kullanılabilir. Kanatçık ile yüzey malzemeleri birbirinden farklı olarak kullanıldığında kanatçığın yüzeye sıkı geçmesi için lehim ve kaynak ile tutturulmalıdır. Bu durumda da ısıl temasın iyi olması gereklidir. Aksi halde ısıl direnç yaratacaktır. Yapılan analizler neticesinde boru üzerine Şekil 3a ve 3b'de görüldüğü gibi 205 adet dairesel bakır kanat yerleştirilmiştir. Şekil 3c'de ise klasik ve 3d'de yeni tasarımın yoğuşma tavaşı içerisindeki yerleşimi görülmektedir.

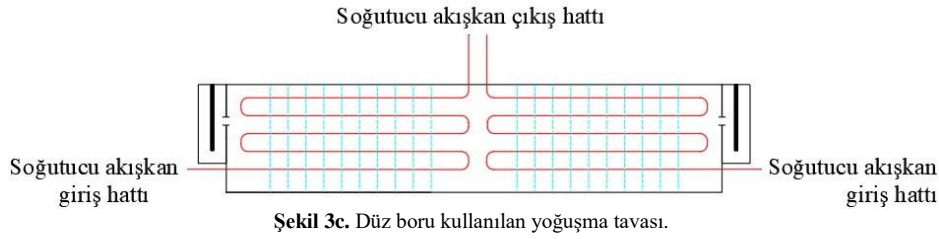
Analitik çözüm de kullanılan model Şekil 3d'de görülmektedir. Kompresörden çıkan soğutucu akışkan ($T_g=80^\circ\text{C}$), içerisinde durgun su ($T_{su}=5^\circ\text{C}$) bulunan yoğuşma tavaşına girmektedir. Soğutucu akışkan ısısını defrost kabındaki suya aktarmaktadır. Yoğuşma tavaşından çıkan soğutucu akışkan, sıcaklığı ($T_\phi=50^\circ\text{C}$), düşürülmüş bir şekilde kondensere girmektedir. Yoğuşma tavaşında bulunan durgun su içerisindeki 3/8" bakır borunun uzunluğu $L=1440$ mm ve boru üzerinde toplam 205 adet bakır kanat bulunmaktadır.



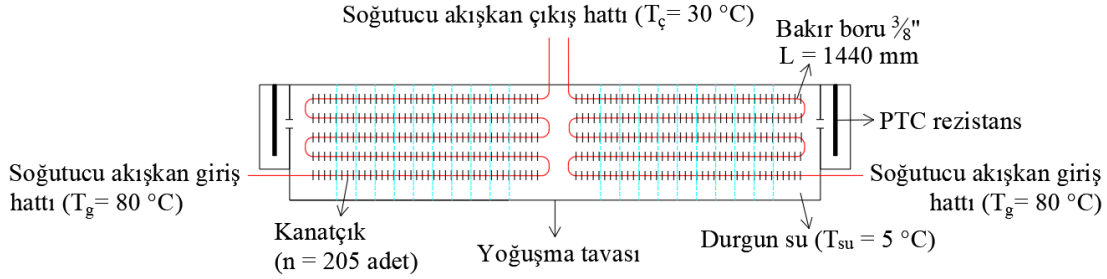
Şekil 3a. Kanatçık yerleşim bakır boru kesiti.



Şekil 3b. Boru üzerine kanatçık yerleşim görüntüsü.



Şekil 3c. Düz boru kullanılan yoğuşma tavası.



Şekil 3d. Kanatçıklı boru kullanılan yoğuşma tavası.

3.3 Enerji Etiket Sınıfının Tespiti

1 Mart 2021 tarihinde Avrupa Birliği'nde piyasaya sürülen TTS'ler için enerji etiketi uygulaması zorunlu hale getirilmiş ve A'dan G'ye kadar sınıflandırma yapılmaya başlanmıştır [2].

Doğrudan satış işlevli soğutma cihazlarının enerji verimliliği sınıfı Tablo 2'de görüldüğü gibi EVE değerine göre belirlenmektedir.

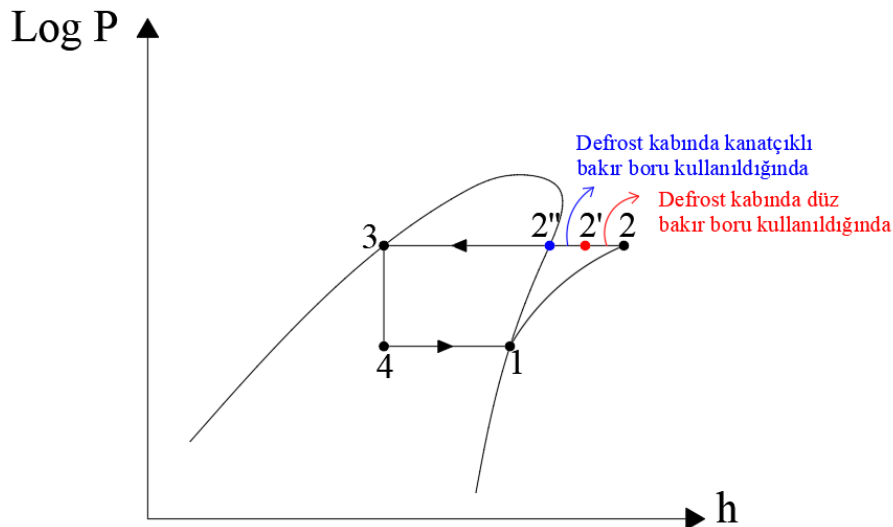
Tablo 2. Doğrudan Satış İşlevli Soğutma Cihazlarının Enerji Verimliliği Sınıfı [2].

Enerji verimlilik sınıfı	Enerji verimlilik endeksi (EVE) değeri
A	$EVE < 10$
B	$10 \leq EVE < 20$
C	$20 \leq EVE < 35$
D	$35 \leq EVE < 50$
E	$50 \leq EVE < 65$
F	$65 \leq EVE < 80$
G	$EVE \geq 80$

4 Bulgular

Şekil 4'te; 1- Kompresör girişi/Evaporatör çıkışı 2- Kompresör çıkışı /kondenser girişi 3- Kondenser çıkışı/Genleşme valfi girişi 4- Genleşme valfi çıkışı/Evaporatör girişidir. Yoğuşma tavasında bulunan

suyun miktarına bağlı olarak Şekil 4'te 2 noktasında yer alan soğutucu akışkan kondenser fanları çalıştırılmadan ıslak buhar bölgesine doğru ok yönünde kayacaktır.



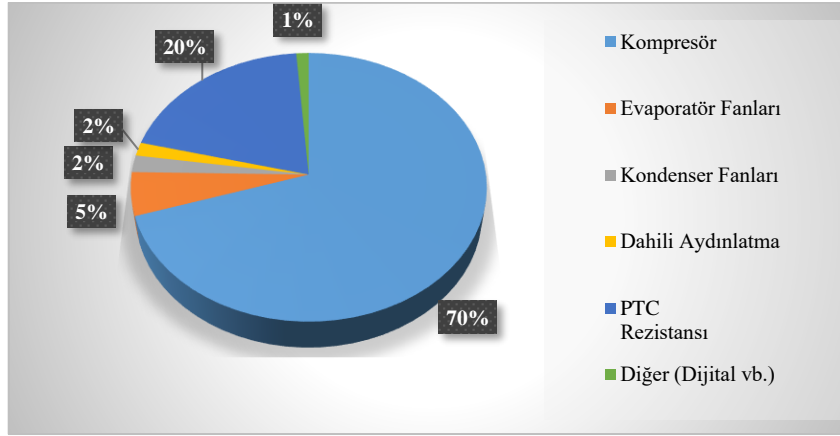
Şekil 4. Soğutma Çevrimi LogP - h diyagramı.

Soğutma sisteminde soğutucu akışkan kütleli debisi Eşitlik 1'den $6,4 \cdot 10^{-3}$ kg/s olarak hesaplanmıştır. Mevcut sistemde kompresör basma hattı bakır borusunun yoğuşma tavaşından geçirilmesiyle; deneysel ölçümlere dayanarak 357 W, teorik hesaplamalar sonucunda ise 348 W ısı transferinin gerçekleştiği belirlenmiştir. Teorik olarak hesaplanan değerlerin, deneysel sonuçlardan %2.5 oranında hata payına sahip olduğu görülmüştür. Fakat mevcut sistemde basma hattı borularının yoğuşma tavaşında dolaştırılması elektrikli ısıtıcının devreden çıkarılmasına yeterli olmamaktadır.

Kanatlı durumda 348 W ısı transferi sağlanırken boru üzerine 205 adet dairesel kanat yerleştirilmesi

durumunda ısı transferi 1164 W olarak hesaplanmıştır. Yeni tasarım için kanat etkinliği 3.347 olarak bulunmuştur.

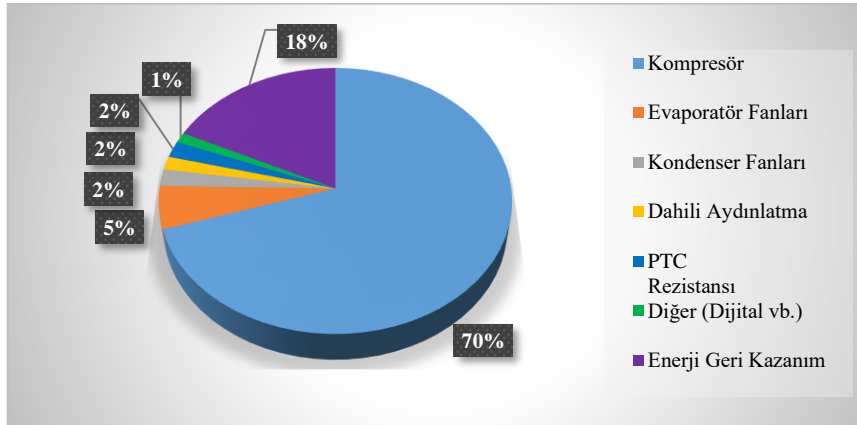
Mevcut açık TTS'nin günlük enerji tüketiminin ekipmanlara göre dağılımı Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde toplam enerji tüketiminin %70'lik kısmının kompresör tarafından harcadığı görülmekte, toplam tüketimin 30 kWh olduğu TTS'de, kompresörün harcadığı enerji 21.03 kWh/24h olmaktadır. Kompresör sonrasında ise %20 enerji tüketimi ile PTC rezistans takip etmektedir. Diğer sistemlerin enerji tüketimleri ise %1 ile %5 arasında değişmektedir.



Şekil 5. Kanatlıksız borulu sistemin enerji tüketimi dağılımı.

Kanatlı boru kullanımı ile ısı transferi hızı 816 W artırılmış ve bir günlük çalışma periyodunda 19.584 Wh'lik enerji aktarımı sağlanmıştır. Giriş gücü 350 W olan PTC rezistansın günlük 17 saat çalıştığı ve bu çalışma süresinde 5950 Wh'lik enerji tükettiği deneysel olarak belirlenmiştir. Kanatlı bakır boru kullanımı ile suya aktarılan enerjide %330 lük bir enerji artışı

sağlanabileceği hesaplanmıştır. Yeni tip kanatlı boru tasarımı uygulanarak test edilmiştir. Yapılan testlerde kanatlı borulu sistemde PTC elektrikli ısıtıcının daha az çalışarak günlük enerji tüketiminde 5.355 kWh tasarruf edilmiştir. Enerji tasarrufuna bağlı olarak günlük 11.138 kg/1 adet soğutucu CO₂ salımı engellenmiştir.



Şekil 6. Kanatlı borulu sistemin enerji tüketimi dağılımı ve enerji tasarrufu.

Kanatlı boru kullanıldığında soğutucunun enerji tüketiminin dağılımı ve yapılan enerji tasarrufu Şekil 6'da görülmektedir. Kanat kullanılmadığı durum Şekil 5 ile kıyaslandığında yaklaşık %18 tasarruf sağladığı görülmektedir. PTC ısıtıcının tüketim yüzdesi %2'ye düşürülmüştür.

Küresel ısınma, çevre kirliliği ve sera gazları gibi çevresel etkenler tüm dünyayı etkisi altına almaktadır. Bunlar arasında en fazla katkı yapan sera gazı ise %80 gibi

yüksek bir paya sahip olan karbondioksit gazıdır. Bu problemler ülkelerin alacakları önlemleri de etkilemiştir. Bazı ülkeler tarafından kullanılan karbon vergisi de bu önlemlerden birisidir [20].

Üreticiler çevreye saldıkları karbondioksit gazı için vergiye tabi tutulmaktadır. Böylelikle firmalar vergi mükellefi konumuna geçmişlerdir. Bu durum devlet bütçesine ek gelir sağlamakta ve firmalara sosyal sorumluluk yüklemektedir [20].

Bu çalışmada karbon vergisi uygulaması yürürlükte olan İngiltere üzerinden hesaplama yapılmıştır. İngiltere’de karbon vergisi 2022-2023 yılları arasında 24 ABD\$/tCO₂ olarak uygulanmaktadır [21]. PTC elektrikli ısıtıcı çalıştırılmayarak bir soğutucu için günlük 11.138 kg CO₂ salımının önüne geçildiği görülmüştür. Bu bilgilere dayanılarak yıllık karbon vergisi hesaplandığında 97.57 ABD\$’a tekabül etmektedir. Böylece yapılan tasarım ile karbon vergisi maliyetinden de tasarruf edilmiştir.

Deneysel ölçümlerde kullanılan açık TTS’nin enerji verimlilik endeksi (EVE) değeri 50.1 ve enerji sınıfı E olarak hesaplanmıştır. PTC rezistans devreden çıkarılarak EVE değeri 41.09 değerine düşürülmüştür. EVE değerine

göre açık TTS dolabı enerji sınıfı E’den D sınıfına yükselmiştir.

Enerji verimlilik çalışmalarında yaşam standartlarından taviz vermeden enerji tüketiminin azaltılması hedeflemektir. Yapılan çalışma sonrasında aynı kalite standartlarında cihazın enerji tüketiminde %18 tasarruf sağlanmıştır. Yapılan çalışmalar ile cihaz enerji sınıfı bir seviye yükselerek D sınıfına yükseltilmiştir.

Durgun suya aktarılan ısının deneysel verileri ile teorik sonuçları kıyaslandığında Tablo 3’te görüldüğü gibi %2.5 hata olduğu görülmüştür.

Tablo 3. Aktarılan ısının teorik ve deneysel verileri.

	Teorik	Deneysel	Hata Oranı
Durgun suya aktarılan ısı (Watt)	348	357	% 2.5

5 Sonuçlar

Bu çalışmada, açık tip TTS’lerde yoğuşma tavasındaki kompresör basma hattı boruları üzerine kanatlar yerleştirilerek ısı transferini artırabilmek için yapılan yeni kanatçıklı boru tasarımı ile;

- Soğutucu akışkandan suya aktarılan toplam ısı 357 Watt olarak hesaplanmıştır. Aktarılan ısı ile suyun sıcaklığının artması sağlanmış ve bu sayede buharlaşma hızı artırılmıştır.
- Yapılan testler neticesinde yoğuşma tavasında kullanılan elektrikli ısıtıcının çalışmadığı gözlemlenmiş ve cihazın toplam enerji tüketiminin %18 oranında azaltılmıştır. Bu sayede enerji verimliliği sağlanmıştır.
- İlave olarak suya aktarılan ısı ile yoğuşma tavasında biriken suyun buharlaştırma hızının artırılması ve bağıl nemin yüksek olduğu iklim bölgelerinde yoğuşma tavasında biriken suyun taşmasının önlenmesi sağlanmıştır.
- Kanatların kullanıldığı durumun kullanılmadığı mevcut duruma göre ısı transferi 3.347 kat artırılmıştır.
- Soğutucunun enerji tüketimi azaltılarak mevcut sistemde “E” olan enerji sınıfı yeni tasarım ile “D” sınıfına yükseltilmiştir.
- Nihai enerji tüketimi ve buna bağlı olarak birincil enerji kaynaklarının tüketiminde de tasarruf sağlanmıştır. Enerji tüketimi yanında 1 adet soğutucuda günlük 11.138 kg CO₂ emisyonu azaltılarak çevre dostu bir tasarım ortaya konulmuştur. Bu sayede bir soğutucu için yıllık 97.57 ABD\$ karbon vergisi de azaltılmıştır. Kanatçıklı boru kullanılarak enerjinin tüketimin azaltılması ekosistemin korunmasına da katkı sağlamış olacaktır.

Mekanik buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde hem kompresör basma hattının hem de kondenser ısısının geri kazanılarak gerektiğinde bu ısı depolanarak kullanılması enerji verimliliğine olumlu katkı sağlayacaktır. Bu noktada enerji depolama malzemeleri ve bu malzemelerin hızlı ısı şarjı ve deşarjı önerilmektedir.

Bu çalışma, enerji verimliliği konusunda olumlu katkılar sağlamıştır.

Simgeler

A	Alan (m ²)
A _{kanat}	Kanat alanı (m ²)
a	Isıl yayılım katsayısı (m ² /s)
C	Belirsiz integral sabiti
c	Özgül ısı (kJ/kg °C)
h	Entalpi (kJ/kg)
h	Isı taşınım katsayısı (W/m ² °C)
k	Isı iletim katsayısı (W/m °C)
L	Uzunluk (m)
\dot{m}	Kütleli debi (kg/s)
p	Kanat çevresi (m)
r	Boru çapı (m)
R _{eş}	Eşdeğer ısı direnci (°C/W)
R _{taş}	Taşınım ısı direnci (°C/W)
ΔT	Sıcaklık farkı (°C)
ΔT _{ln}	Logaritmik sıcaklık farkı (°C)
T _b	Kanat taban sıcaklığı (°C)
T _s	Yüzey sıcaklığı (°C)
T _∞	Akışkan sıcaklığı (°C)
U	Toplam ısı transfer katsayısı (W/m ² °C)
\dot{Q}	Isı transfer hızı (W)
\dot{Q}_e	Evaporatör soğutma gücü (W)
\dot{Q}_{iletim}	Isı iletim hızı (W)
$\dot{Q}_{iletim,x}$	x noktasındaki ısı iletim hızı (W)
$\dot{Q}_{iletim,x+\Delta x}$	x + Δx noktasındaki ısı iletim hızı (W)
\dot{Q}_{kanat}	Kanatta gerçekleşen ısı transferi (W)
$\dot{Q}_{kanat,max}$	Kanatta gerçekleşen maksimum ısı transferi (W)
$\dot{Q}_{kanatsız,max}$	Kanatsız yüzeyde gerçekleşen maksimum ısı transferi (W)
\dot{Q}_{max}	Soğutucu akışkandan suya aktarılan toplam ısı (W)
$\dot{Q}_{taşınım}$	Isı taşınım hızı (W)
ε _{kanat}	Kanat etkinlik katsayısı
η _{kanat}	Kanat verimi (%)
θ	Kanat ile ortam arasındaki sıcaklık farkı (°C)

Kısaltmalar

ABD\$	ABD doları
AE	Yıllık enerji tüketimi (kWh/yıl)
C	Sıcaklık katsayısı
EVE	Enerji Verimlilik Endeksi değeri
$E_{günlük}$	Günlük toplam enerji tüketimi kWh/24h
HAD	Hesaplamalı akışkanlar dinamiği
M	Teşhir alanı veya hacmini dikkate alan modelleme parametreleri
N	Teşhir alanı veya hacmini dikkate alan modelleme parametreleri
P	Erişebilir veya bütünlük dolaplar için düzeltme katsayısı
PTC	Pozitif sıcaklık katsayısı
SAE	Teşhir tipi soğutucu yıllık enerji tüketimi (kWh/yıl)
TDA	Toplam teşhir alanı (m ²)
TTS	Teşhir Tipi Soğutucu

İndisler

b	Taban
e	Evaporatör
eş	Eşdeğer
günlük	Günlük değer
iletim	İletim ile ısı transferi
iletim,x	x mesafede iletim ile ısı transferi
iletim,x+Δx	x+Δx mesafede iletim ile ısı transferi
kanat	Kanat yer alan sistem
kanatsız	Kanat yer almayan sistem
max	Maksimum
s	Yüzey
taş, taşınım	Taşınım ile ısı transferi

Bilgilendirme

Bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Çalışkan, S., Altunok, T., Başkaya, Ş., & Güngüneş, H. M. (2011). Numerical analysis of a commercial display cabinet with air curtain. *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26(2), 414-424.
- [2] Commission Delegated Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of refrigerating appliances with a direct sales function (Text with EEA relevance). *Office Journal of the European Union* (L 315). Retrieved June 11, 2021 from http://data.europa.eu/eli/reg_del/2019/2018/oj
- [3] International Standard (2015). *ISO 23953-1: Second edition, Refrigerated Display Cabinets*.
- [4] Mon, M. S., & Gross, U. (2004). Numerical study of fin-spacing effects in annular-finned tube heat exchangers. *International journal of heat and mass transfer*, 47(8-9), 1953-1964.
- [5] Ouyang X., Hu H., "Simulation Study on Optimal Structure of Circular Corrugated Finned Tube", *International Journal of Thermal Science*, 179, 107622, 2022.
- [6] Okbaz, A., Pınarbaşı, A., & Olcay, A. B. (2020). Experimental investigation of effect of different tube row-numbers, fin pitches and operating conditions on thermal and hydraulic performances of louvered and wavy finned heat exchangers. *International Journal of Thermal Sciences*, 151, 106256.
- [7] Sadeghianjahromi, A., Kheradmand, S., Nemati, H., & Wang, C. C. (2020). Heat transfer enhancement of wavy fin-and-tube heat exchangers via innovative compound designs. *International Journal of Thermal Sciences*, 149, 106211.
- [8] Zhang, Y., Yuan, G., Wang, Y., Gao, P., Fan, C., & Wang, Z. (2022). Solidification of an annular finned tube ice storage unit. *Applied Thermal Engineering*, 212, 118567.
- [9] Banu, P. A., Lohith, D. R., Kalyan, M. P., Vempati, D. S., & Sai, B. H. (2022). Simulation of fin and tube heat exchanger and validation with CFD analysis. *Materials Today: Proceedings*, 66, 1471-1476.
- [10] Tahrou, F., Ahmad, H., Ameer, H., Saeed, T., Abu-Zinadah, H., & Menni, Y. (2023). 3D numerical study and comparison of thermal-flow performance of various annular finned-tube designs. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 8(3), 294-307.
- [11] Kiatpachai, P., Keawkamrop, T., Asirvatham, L. G., Mesgarpour, M., Dalkılıç, A. S., Ahn, H. S., ... & Wongwises, S. (2022). An experimental study of the air-side performance of a novel louver spiral fin-and-tube heat exchanger. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 9811-9818.
- [12] Devocioğlu A. G., & Oruç V. (2021) "Soğutma sistemlerinde R454C kullanılmasının deneysel incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 1-1.
- [13] Balıkcı, A., Çeri, B., & Koca, T. (2022). Kendinden Kanatlı (Finli) Borulu Ekonomizerlerin Termal Performansa Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 400-406.
- [14] Bergman, T. L., Bergman, T. L., Incropera, F. P., Dewitt, D. P., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons.
- [15] Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2002). Heat Conduction Equation. Heat Transfer A Practical Approach, 2nd ed. McGraw-Hill Higher Education, 61-126.
- [16] Tawat S., Tanongkiat K., & Atipoang N. (2014). Enhancement of fin efficiency of a solid wire fin by oscillating heat pipe under forced convection. *Case Studies in Thermal Engineering* 2, 36-41.
- [17] Cuce E. (2020). Boyuna Uzatılmış Yüzeylerde Dikdörtgenel Oyukların Isı Atımına Etkisi: Bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5), 931-940.
- [18] Hussein, M. A., Hameed, V. M., & Dhaiban, H. T. (2022). An implementation study on a heat sink with different fin configurations under natural convective conditions. *Case Studies in Thermal Engineering*, 30, 101774.
- [19] Awad L., İbrahim Koç İ., & Jawad S. (2020). Farklı Malzemelerin Yüzey Şekli ve Pürüzlülüğünün Termal Temas İletkenliğine Etkisi İçin Deneysel Bir Çalışma. *AURUM Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 4(2), 185-199.
- [20] Organ, İ., & Çiftçi, T. E. (2013). Karbon vergisi. Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 6(1), 81-95.
- [21] The World Bank (2023). Carbon Pricing Dashboard Retrieved June 21, 2021 from https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data



A COMPARISON OF TRADITIONAL AND CONTEMPORARY BUILDINGS BY ENERGY EFFICIENCY AND GREENHOUSE GAS EMISSION: A CASE STUDY FROM TABRIZ-IRAN

Zahra Hemmatzadeh^{*1} , Alpay Akgüç¹ 

¹Istanbul Aydın University, Faculty of Architecture and Design, Sefakoy, Kucukcekmece, 34295, Istanbul, Turkey

Abstract

Original scientific paper

It is evident upon a comparison between the examples of contemporary and traditional buildings that climate-responsive building design strategies of traditional buildings find increasingly lesser use in contemporary architectural designs and that traditional building culture has begun to disappear. Due to the increasing building stock with the expansion of city centers over the years, a higher amount of energy is required for heating, cooling, and ventilation, which leads to a higher amount of greenhouse gas emissions. The ever-increasing greenhouse gas emission is inevitably involved in the emerging global climate crisis. The present study investigated the climate-responsive design approaches adopted in traditional and current buildings in Tabriz, Iran. The study aimed to evaluate the effect of passive system strategies used in the design of traditional buildings in Tabriz on energy efficiency and to analyze current buildings in terms of annual energy consumption and greenhouse gas emissions with a view to the changing building stock both architectural and mechanical design terms. The results of the study suggested that transferring the climate-responsive architectural design experiences of the past builders to new generations was crucially important and that it was necessary to reduce the greenhouse gas emissions in newly constructed buildings through energy efficiency regulations and building standards as promulgated by the government.

Keywords: Building energy efficiency, building envelope, building energy performance simulation, greenhouse gas emission, passive design strategies, vernacular architecture.

GELENEKSEL VE GÜNÜMÜZDEKİ BİNALARIN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SERA GAZI SALINIMI YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI: İRAN'IN TEBRİZ ŞEHRİNDEN BİR VAKA ÇALIŞMASI

Özet

Orijinal bilimsel makale

Günümüzdeki binalarla geleneksel bina örneklerini kıyasladığımızda, geleneksel binalarda kullanılan iklime bağlı bina tasarım stratejilerinin günümüzdeki mimari tasarımlarda kullanımının giderek azaldığı ve geleneksel yapı kültürünün kaybolmaya başladığı açıkça görülmektedir. Yıllar içinde şehir merkezlerinin büyümesiyle artan yapılaşma nedeniyle binaları ısıtmak, soğutmak ve havalandırmak için daha yüksek miktarda enerjiye gerek duyulmakta ve buna bağlı olarak daha yüksek miktarda sera gazı salınımının ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Artan sera gazı salınımının ise günümüze küresel iklim krizi olarak yansımaları kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu çalışma kapsamında, İran'ın Tebriz kentindeki geleneksel ve günümüz mevcut binaları dikkate alınarak bu binaların iklime bağlı tasarım yaklaşımları incelenmiştir. Bu araştırmanın amacı, Tebriz'deki geleneksel binaların tasarımında kullanılan pasif sistem stratejilerinin binaların enerji verimliliğine etkisini değerlendirmek ve yıllar içinde hem mimari hem de mekanik tasarım yönünden değişen yapı stoğunu dikkate alarak günümüzdeki yapıları yıllık enerji tüketimleri ve sera gazı salınımları yönünden analiz etmektir. Bu araştırmanın sonucunda, geçmişteki yapı ustalarının iklimle uyumlu mimari tasarım tecrübelerinin kuşaktan kuşağa aktarılmasının önemi ve yeni inşa edilecek binaların devlet tarafından yürürlüğe konulması gereken enerji verimliliği yönetmelikleriyle ve bina standartlarıyla sera gazı salınımının azaltılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bina enerji performans simülasyonu, bina enerji verimliliği, bina kabuğu, geleneksel mimari, pasif tasarım stratejileri, sera gazı salınımı.

*Corresponding author.

E-mail address: zahrahemmatzadeh@stu.aydin.edu.tr (Z. Hemmatzadeh)

Received 12 August 2022; Received in revised form 17 January 2023; Accepted 18 January 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1161259>

1 Introduction

Today, the efficient use of energy resources has become an important topic. Among those energy sources, fossil fuels are the most prevalently used type of fuel in the industrial, construction, transportation sectors, etc. today. Greenhouse gas emission as a result of the combustion of fossil fuels harms nature and all living organisms, causing adverse and irreversible global effects. There is a consensus among several scholars and scientists about the adverse effects of greenhouse gas emissions on a global scale.

Accordingly, the use of fossil fuels as an energy source increases the emission output of greenhouse gases such as CO₂ and leads to further warming of the atmosphere. It is of great importance to reduce greenhouse gas emissions, which are the main causes of global warming and climate change [1]. The cities expanded at an accelerated pace upon industrialization and rapid involvement of technology in daily life, and accordingly, there emerged a need for faster building construction due to the increased demand for residences. As the volume of building stock inflated the energy demand also increased to meet the comfort needs of the users. The rapidly evolved technology paved the way for the fact that the architectural features and building strategies of traditional buildings, which were a result of centuries of accumulation, lost their influence on newly constructed buildings. Furthermore, it is remarkable that new buildings are designed almost completely independent of climatic considerations due to modernization, technology, and several other reasons, and that the use of active systems aimed to provide user comfort is more popular in contemporary architecture [2].

Architects and engineers have a great responsibility in reducing the use of fossil resources in buildings. Countries that care about this responsibility adopt new standards and regulations each year as regards the energy efficiency and

sustainability of buildings. Accordingly, energy savings of up to 90% compared to existing buildings were achieved based on the passive house concept developed in Germany in 1991 and the ecological and energy-efficient building design criteria [1]. The main design strategies that are considered important for passive house design include site selection, building orientation, the distances between buildings, building form and interior layout, and optical and thermo-physical properties of the building envelope. The total amount of energy needed by the building for heating, cooling, ventilation, lighting, etc. is optimized as a result of the development of strategies in balance with the climate zone, where the building is located. In addition, in case the energy needs can be met throughout the year through natural and renewable energy resources (solar, wind, geothermal, water, biomass energy, etc.) available in the relevant climatic zone it might be possible to construct zero-energy and even energy-plus buildings. A closer review would indicate that the traditional building examples feature most of those standards and design principles and that the builders of the past prioritized climatic considerations in their design and construction techniques. As regards building design in balance with climate, it is possible to use energy efficiently and construct environmentally friendly buildings with due consideration of certain parameters, including site selection, building orientation, building form, building materials, interior layout, etc., which are almost totally independent from technology.

The use of fossil fuels, which is considered the main cause of the climate crisis affecting the entire world, has a significant increase in Iran in recent years, as seen in Figure 1 and Figure 2. The construction techniques and building technologies offered by contemporary approaches as adopted in architectural design are associated with increased energy consumption and thus lead to a rapidly increased energy demand for the building sector in Iran.

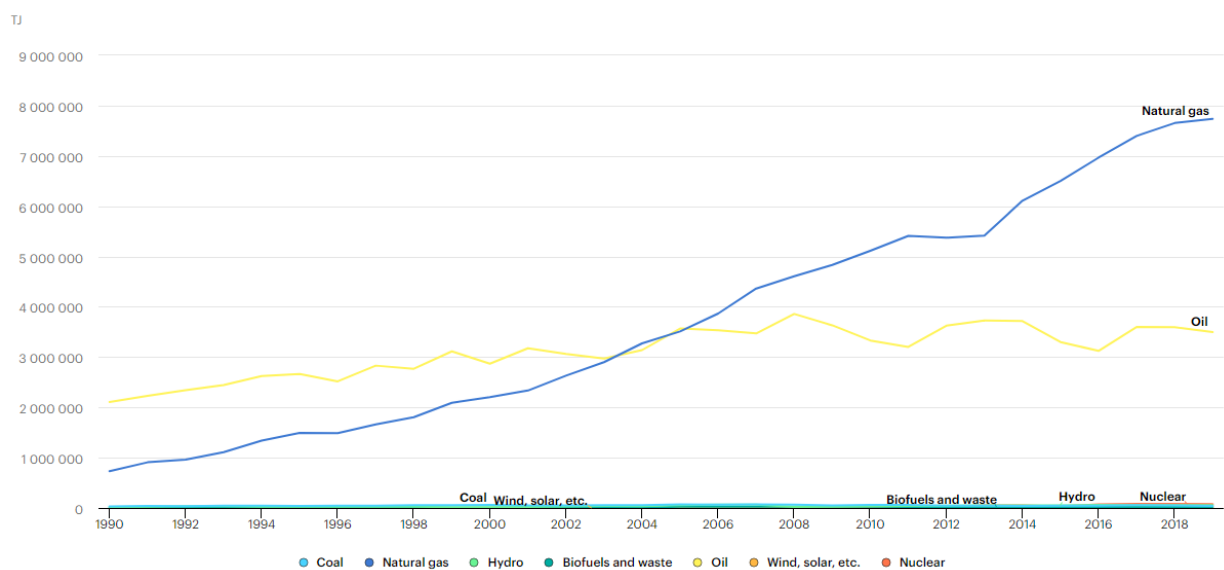


Figure 1. A distribution of Iran's total energy needs by energy resources [3].

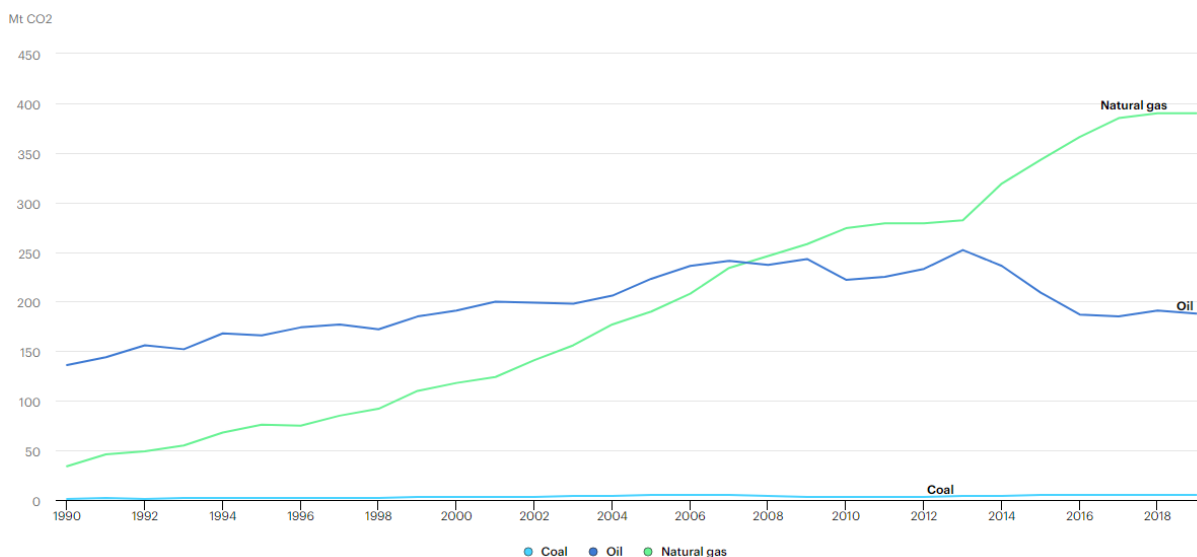


Figure 2. Distribution of CO₂ emission in Iran by energy sources [3].

Furthermore, climatic conditions are less regarded, if not entirely disregarded, in the design of new buildings [4]. Haeri's book titled: *Architecture, Culture, and Nature*, published in 2009 is one of the best research on Iran's traditional and contemporary residential buildings in the recent literature. [5]. Nevertheless, although the city of Tabriz, located in the northwest of Iran, has been one of the most important cities of Iran throughout history, it was excluded from the above book, and further, it has not been a subject of research except for a few theses [6]. Moreover, there are only a limited number of studies on the energy efficiency and environmental effects of buildings in Iran today.

As regards the energy requirement of buildings, it is very important to reduce greenhouse gas emissions by increasing the energy efficiency of buildings in certain climates, where fossil fuels are used extensively. Accordingly, the construction of energy-efficient buildings is of great importance in cold climate regions, where the heating need is high throughout the year, and a large amount of fossil fuel is used as a result. In this context, the city of Tabriz, located in the northwest region of Iran, is a good example for the present study. The present study compared the traditional and contemporary buildings in Tabriz by passive design strategies and construction techniques. The study aimed to analyze the climate-responsive design decisions in the construction of traditional buildings in Tabriz and to make suggestions for the efficient use of energy in new buildings. Therefore, the main objective of this research is to develop measures aimed to reduce the adverse effects on the environment through decreased CO₂ emission.

2 Research Methodology

The present study compared the energy performances of traditional and current buildings using the DesignBuilder simulation tool. In the context thereof, the Gedeki house and the apartment building shown in Figure 22 (b) were taken as cases. Taking into consideration the façade characteristics (external wall materials, material thickness, glass, and transparency ratios), the annual electricity and natural gas demand of

both buildings were compared. First, the climatic data of Tabriz region was used to analyze the energy performances of both buildings by using DesignBuilder building simulation tool. Thereafter, a building energy model of two sample buildings of 50 m² each, separately representing the facade features of both buildings. Despite long research in the scope of the present study, it was not possible to reach the information that should be incorporated to the energy model, including the floor and roof layers of the Gedeki house, the thickness of those layers, and the thermo-physical properties thereof. This was due to the fact the old sources did not provide sufficient technical information. As regards the new sources, there was no new research findings with respect to the technical features of the layers at the Gedeki house. Therefore, both buildings were assessed only as to their exterior walls, wall thicknesses, window properties and window to wall ratios, and accordingly the respective annual electricity and natural gas demands were compared upon analysis of their energy performances based on the aforementioned data. The annual electricity and natural gas demands for both buildings were multiplied by the Greenhouse gas emission conversion coefficients specified for Turkey, and the annual CO₂ emissions of the buildings were obtained. Consequently, considering the thermo-physical properties and window to wall ratios of the façades of the traditional and current buildings in Tabriz, the effects of those parameters on energy efficiency and CO₂ emission were analyzed.

DesignBuilder is a UK based building simulation tool that can be used to model all buildings with user friendly interface, which performs all of the energy analyzes by using the EnergyPlus infrastructure. Both of these simulation tools were tested by a number of other research studies, which confirmed their accuracy. Both of these tools are based on a detailed-dynamic methodology stated in EN 13790 - Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling [27].

This International Standard gives calculation methods for assessment of the annual energy use for space heating and cooling of a residential or a non-residential building, or a part of it, referred to as "the building".

This method includes the calculation of:

- a) the heat transfer by transmission and ventilation of the building zone when heated or cooled to constant internal temperature;
- b) the contribution of internal and solar heat gains to the building heat balance;
- c) the annual energy needs for heating and cooling, to maintain the specified set-point temperatures in the building – latent heat not included;
- d) the annual energy use for heating and cooling of the building, using input from the relevant system standards referred to in this International Standard.

In the dynamic methods, an instantaneous surplus of heat during the heating period has the effect that the internal temperature rises above the set-point, thus removing the surplus heat by extra transmission, ventilation and accumulation, if not mechanically cooled. Also, a thermostat set-back or switch-off might not lead directly to a drop in the internal temperature, due to the inertia of the building (heat released from the building mass). A similar situation applies to cooling. A dynamic method models thermal transmission, heat flow by

ventilation, thermal storage and internal and solar heat gains in the building zone.

Dynamic methods used for the calculation of energy need of heating and cooling shall have passed the validation tests in accordance with the relevant standards containing validation tests for detailed simulation methods as specified in Annex A of EN 13790.

In addition, for the aspects not covered by the validation tests, in the case of comparison of the energy performance level of buildings and/or for checking compliance with national or regional building regulations, the procedure shall be used as prescribed, or referred to, in this International Standard.

Consequently, the calculation shall be performed according to the following:

- partitioning into zones;
- transmission heat transfer characteristics;
- ventilation heat transfer characteristics;
- internal heat gains;
- solar heat gains;
- dynamic parameters;
- internal conditions [28].

In Figure 3, the main steps of methodology in this study are illustrated clearly.

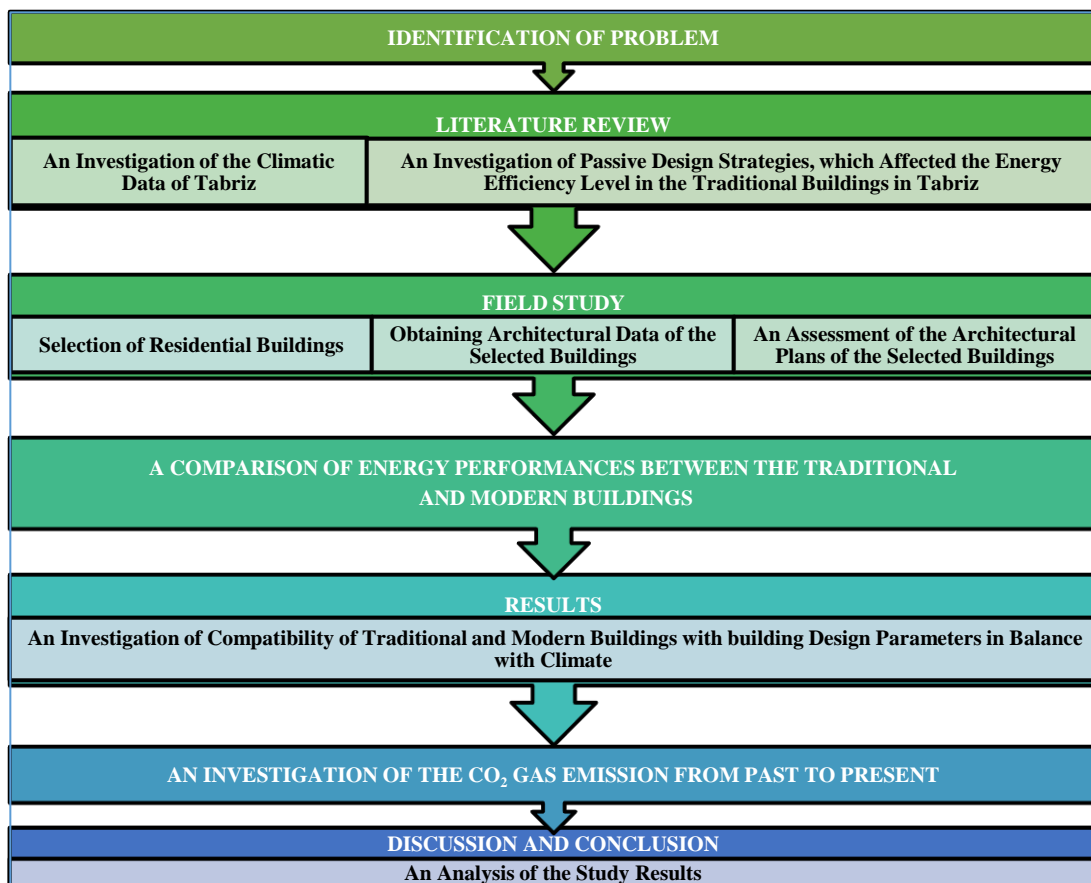


Figure 3. Methodological flow chart.

3 Architectural Design Parameters Affecting Energy Performance of Buildings

In building design, each design parameter has a different effect on the energy performance of the building [7]. The following parameters are of great importance in the design of buildings in balance with climate: building

location, building scale and form, building orientation, volume organization, building spacing, and optical and thermo-physical properties of the building envelope. In particular, the absorbency, reflectivity, and permeability properties of the materials used in the design of the building envelope are of great importance concerning the heat loads lost and gained by the building throughout the

year. Hereunder, brief information about the climatic conditions of the city of Tabriz was provided before the parameters in question are further scrutinized.

3.1 Climatic Data of Tabriz

Located in the northwest of Iran Tabriz city was established in a mountainous region with dominant cold climate characteristics. With a surface area of 2,167 km², the city is located at the coordinates of 38°1'15"N - 38°8"N and 46° 5'E - 46°22'E, and has an average altitude of 1,345 m above sea level. The land slope is in the range of 0-8 degrees towards the city center and to the western direction [9]. Figure 4 shows the location of Tabriz on the map of Iran.



Figure 4. Location of East Azerbaijan state and Tabriz city on Iran map [8].

As seen in Figure 5, the east, northeast, west, and south-west directions are the most important wind directions in Tabriz, where the dominant wind blows from the east and northeast directions (Central Asia and Siberia).

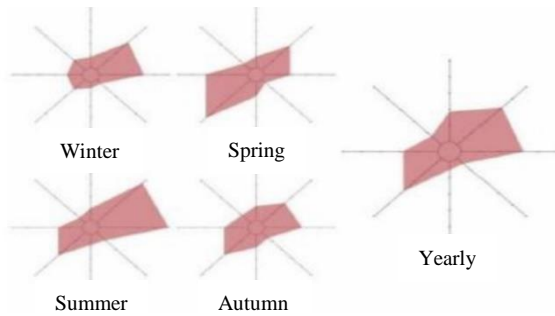


Figure 5. The wind direction in Tabriz [9].

The wind blowing from the northeast direction is associated with heavy snowfalls during the winter season. The wind blowing from the west and southwest, which is under the influence of the humid air of the Atlantic Ocean, the Mediterranean, and the Black Sea, is considered moderate throughout the year and leads to precipitation in the spring season [9-11].

The angle of the sun in Tabriz is almost vertical in summer and 40 degrees from the horizon in the winter. The sun angle is given in Figure 6 [9].

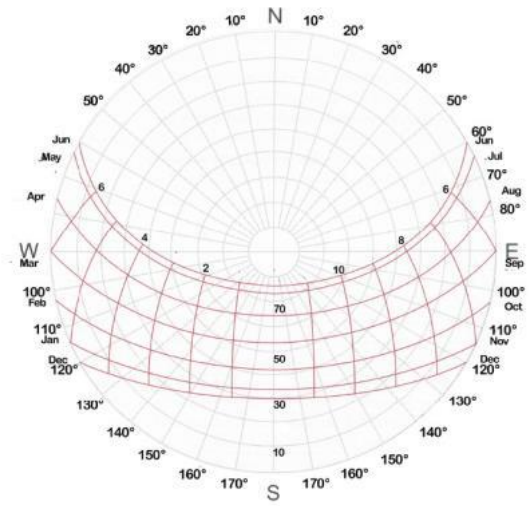


Figure 6. Sun angle in Tabriz [9].

3.2 Passive Design Strategies for Cold Climate Zone

3.2.1 Site Selection

In a cold climate zone, the building should be built on inclined land to leverage the high radiation of the sun and to be protected from cold winds. Accordingly, it is possible to benefit from the available solar radiation at a higher level by ensuring that the sun rays are perpendicular to the facade of the building, especially during the winter season.

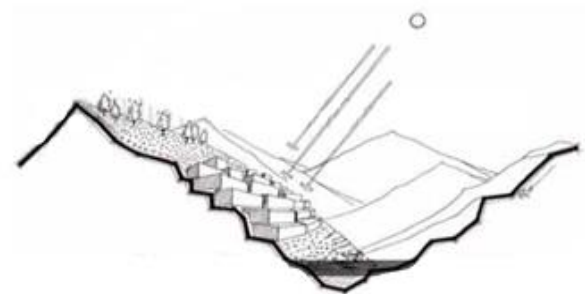


Figure 7. Positioning of the building in the cold climate zone [13].

3.2.2 Building Orientation

It is necessary to make due consideration of the building orientation to benefit or be protected from climatic conditions such as solar radiation and wind speed. As can be seen in Figure 8, different climate zones have particular effects on building orientation.

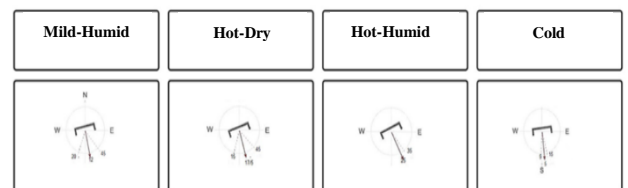


Figure 8. Suitable building orientations by climatic zones [9].

In the city of Tabriz with a cold and snowy climate, the most suitable building orientation was determined as

10° from the south to west and 15° to the east. The ideal building orientation was determined as 20° from the south to west and 45° from the east [12]. This orientation ensures that the buildings benefit from the sun and beneficial wind and are protected from the cold wind.

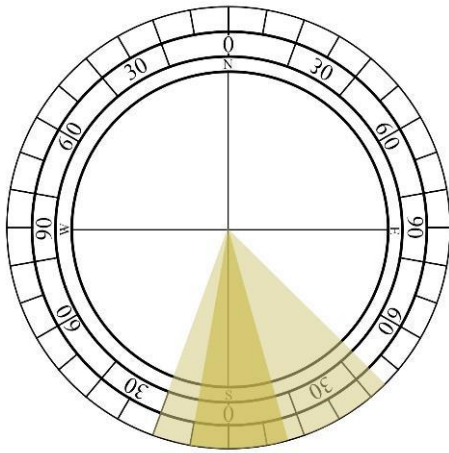


Figure 9. Orientation angles for suitable and ideal insolation for the city of Tabriz [12].

3.2.3 The Distances Between Buildings

Buildings should be constructed side by side or close to each other to protect each other from the east-west wind. Furthermore, the buildings should have distant spaces in-between in the south direction to benefit from the high solar radiation.

3.2.4 Building Form and Interior Layout

In the cold dry climate zone, buildings should be designed on a smaller scale and in a compact structure so they can be protected from the cold and the heat losses of the building envelope can be reduced. The walls should be thick, the windows should be small, and the interior spaces should be designed with low ceilings and small volumes across that region for heat protection.

It is possible to classify the interior layout criteria in a certain way in buildings. Those criteria are as follows:

- Spaces that generate and radiate heat due to their functional use should be positioned in line with the general space requirement.
- The places, which are desired to be constantly warm, should be surrounded by short-term heating spaces.
- The combinations of warm and less warm spaces should be separated from the external environment through buffer zones.

In addition, introverted architecture is used in traditional houses in that climate zone. Except for the windows facing the courtyard, there are no windows on the exterior of the building. In addition, the courtyard walls protect the building from the cold winds outside similar to a filter.

3.2.5 Material Properties of the Building Envelope

It is required to use materials with high heat capacity during the selection of materials that will be used in the building envelope across the cold climate regions. A review of traditional buildings in this climate zone, suggests that certain materials, including stone, adobe, and wood are mainly used on the facades of the buildings as seen in Figure 10.



Figure 10. The materials of the envelope of a traditional building located in Tabriz.

Moreover, it is necessary to pay due attention to the facade and dimensions of the windows and doors to be used. The traditional building examples of Tabriz are characterized by few or no windows on the eastern and western facades of the building to ensure the privacy of the family. Whereas, the windows on the south façade positioned in the courtyard are larger to benefit from the sun, and fewer windows are used on the north-facing façade.

4 Passive System Characteristics of Traditional Residential Buildings of Tabriz

4.1 Mojtahedi Residence

The Mojtahedi residence is an example of a traditional residential building from the late Qajar period and the early Pahlavi period. With a history that dates back to more than 100 years, the building was built on 1,400 m² land. The building was designed to include a basement, high entrance, and first floor [10].

4.1.1 Building Orientation

The Mojtahedi residence was positioned on the north-south axis on its plot as seen in Figure 11.

4.1.2 Building Form and Interior Layout

In this residential example, the volume was designed by choosing a compact form that would ensure the least contact with the outside atmosphere. As seen in Figure 12, the entrance to the building was through the outer courtyard on the north and south façades.

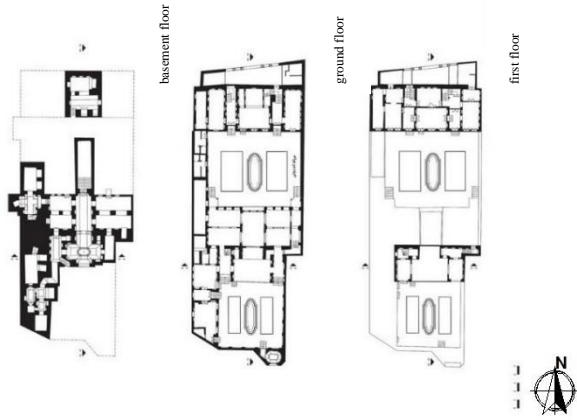


Figure 11. Floor plans of the Mojtabehi residence [10].

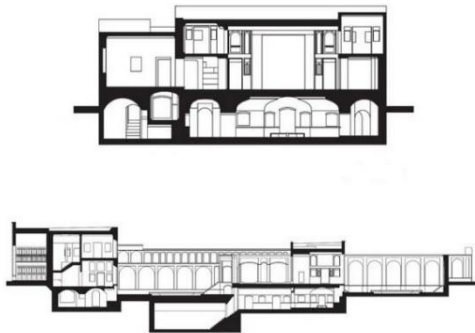


Figure 12. Sectional views of the Mojtabehi residence [10].

The windows of the building face the inner and outer courtyards. The largest room, which is called “Tenebi”, which is most frequently used by the residents and where the guests are received, is located on the south side of the building to benefit from the sun, while the other rooms are located on the north. As can be seen in Figure 13, the courtyard of the building was built 1-1.5 meters below the ground level. Therefore, heat loss from the ground-based walls and floors of the building envelope during the cold winter season was prevented. Furthermore, the courtyard protects the building from the effects of cold wind in winter, functioning as a buffer zone.

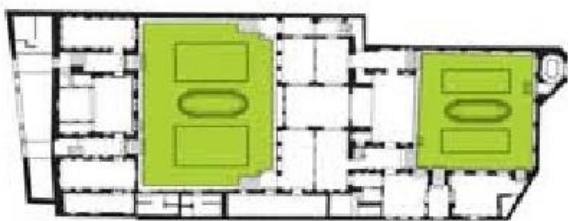


Figure 13. Plan view of the inner courtyards of the Mojtabehi residence [10].

There is a living room with a pool in the basement of the building as seen in Figure 14. During the summertime, the pool is filled with cold water, ensuring that the space is fresh and cool. Moreover, the pool is filled with hot water in winter, and the upper floors are heated thanks to the latent heat by evaporation.



Figure 14. Room with pool [10].

4.1.3 The Distances Between Buildings

Surrounded by neighboring buildings on the eastern and western facades, the building is protected from the cold winter wind coming from the east and west directions.



Figure 15. A View of Mojtabehi residence [14].

4.1.4 Material Properties of the Building Envelope

As seen in Figure 16, the façade of the building was made of materials with high heat capacities such as adobe and stones. North-facing windows were built in a narrow and long form to make use of the most of solar radiation. Stained glass windows called “Orosi” were used to protect from the higher amount of solar radiation during summer.



Figure 16. A view of the courtyard of Mojtabehi residence [10].

4.2 Gadeki residence

Gadeki residence was built during the Qajar period (160 years ago) as the personal residence of the Governor of Tabriz. The building was also used as an armory in the past, and it is now used as the Faculty of Architecture [10].

4.2.1 Building Orientation

The residence was constructed on land with 1,340 m² area throughout the north-south axis.

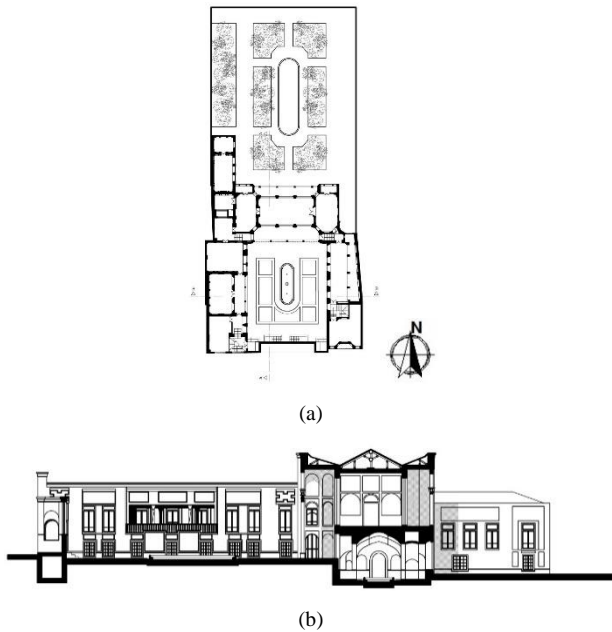


Figure 17. Floor plan and section of the Gedeki Residence [25].

4.2.2 Building Form and Interior Layout

This building was also built using an introverted architectural design approach. Entrance to the building was provided through passages called “Dalan” from the northern and southern directions. The guest room and bedrooms of the building were designed to face the iwan and the courtyard to the south and north to ensure maximum use of the sun. As can be seen in Figure 17, a part of the building was built at a lower elevation from the ground level.

4.2.3 The Distances Between Buildings

As seen in Figure 18, the heat losses were minimized by constructing the building in a compact form and adjacent to the surrounding buildings.

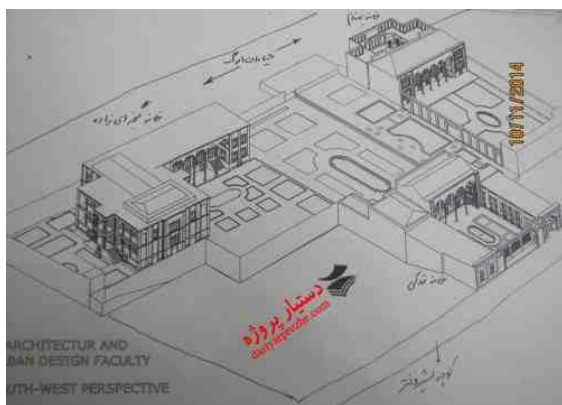


Figure 18. Three-dimensional view of the Gedeki Residence [15].

4.2.4 Material Properties of the Building Envelope

Generally, materials with high heat capacity were used in the building envelope. As in the Mojtabehi residence, stone, adobe, and wood materials were used in this residence, and wider and higher windows were used to benefit from the daylight in the guest room of the building, called "Tenebi", while the windows of the other rooms were narrower and longer.

The walls of the building are about 1 meter thick, protecting the building against cold and wind throughout the winter. A mortar material, namely “saruç”, was used for moisture control on the floor of the building. This mortar is a composition of certain materials, including lime, earth, fertilizer, and straw.



Figure 19. A view of the courtyard of Gedeki Residence [26].

5 Passive System Characteristics of Contemporaneous Residential Buildings in Tabriz

5.1 Building Orientation

The plans shown in Figure 20 belong to the examples of contemporary in Tabriz, and both buildings are placed on the north-south axis.



Figure 20. Floor plans of contemporary residences.

5.2 Building Form and Interior Layout

Both buildings are multi-floor reinforced concrete apartment buildings, unlike traditional residential buildings. The guest rooms in the buildings built in the rectangular form are placed on the south side, the

bedrooms are on the north and the kitchens are on the east. Both buildings are designed based on an open plan by combining the living room and kitchen, and the windows on the south side are long and high to provide a higher level of light into the halls.



(a)



(b)

Figure 21. Interior views of contemporary residences.

5.3 The Distance Between Buildings

Figure 22 (a) is the building of the plan seen in Figure 20 (b), and its surroundings are relatively open with windows facing north and south. Nevertheless, it is designed adjacent to the next building and therefore, heat loss from the west façade is reduced. Figure 22 (b) is the building of the plan shown in Figure 20 (a) and is adjacent to another building located on the western façade. The northern, southern, and eastern façades feature windows and are built at a distance from the surrounding buildings.



(a)



(b)

Figure 22. Building distances of contemporary residences.

5.4 Material Properties of the Building Envelope

The walls of these buildings are approximately 20 cm thick and were built using perforated bricks and reinforced concrete. It is well-established that insulation materials are not usually used in buildings.



(a)



(b)

Figure 23. A view of contemporary reinforced concrete apartment buildings.

6 Developments in Building Energy Efficiency in Iran (Regulation 19)

Iran is an energy-rich country and 40% of those resources are consumed by buildings in Iran [16]. Fossil fuel accounts for a large part of this consumption, and therefore, as the human population and the number of buildings in Iran increase, the volume of greenhouse gas emissions has increased over the years. As seen in Figure 24, greenhouse gas emissions from buildings in Iran have increased remarkably over the years, and greenhouse gas emissions of buildings increased by approximately 361% between 1990 and 2019. However, the steps taken by the Iranian government to improve building energy efficiency are rather premature.

There are 22 different regulations enacted by the Ministry of Roads and Urban Development Deputy for Housing and Construction of Iran. In that context, Regulation 19 includes provisions as regards energy savings in buildings. Although those regulations were executed by the ministry, it is well-established that new buildings mostly fail to comply with the relevant provisions, since they are not subject to inspection.

According to Regulation 19, the experience of industrialized countries urges the necessity of developing rules and regulations compatible with prevailing conditions in each country. In this context, in 1991, the first edition of Section 19 of the National Building Regulation was inked under the title of energy savings, and a large part of the said regulation included rules on thermal insulation of the outer shell of buildings. Unfortunately, the rules set out in that edition were disregarded in most of the construction projects, both public and private, due to the unpreparedness of the construction industry in Iran.

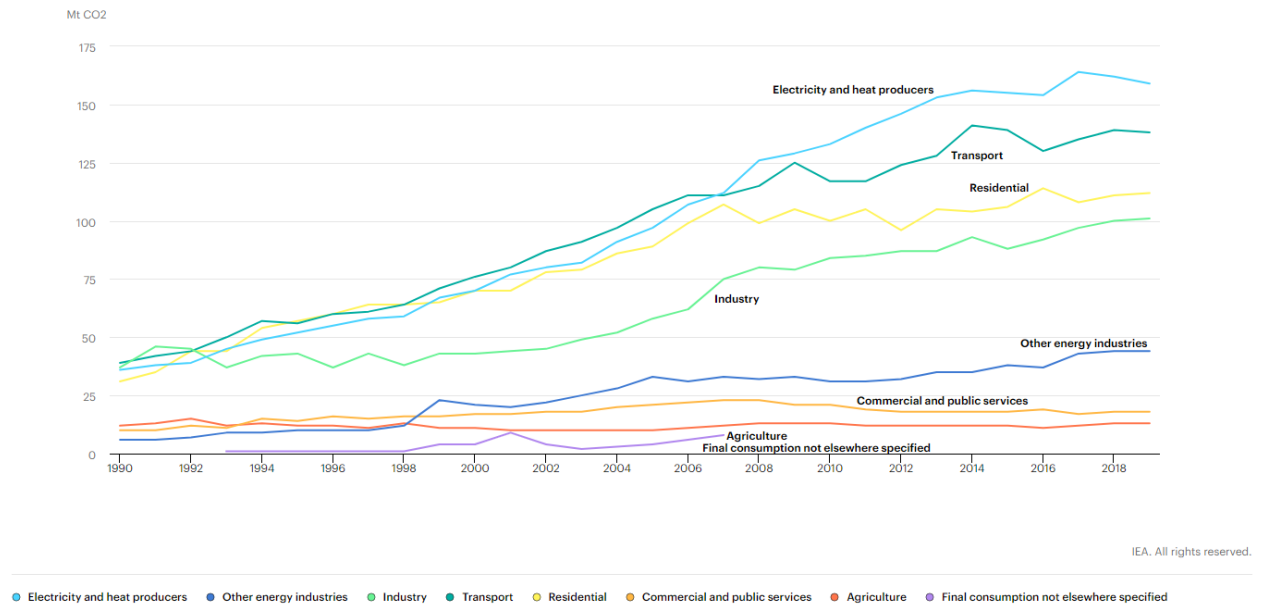


Figure 24: A distribution of the change in CO₂ emission in Iran by sectors (1990-2019) [3].

Subsequently, a guide containing the fundamentals of thermal insulation in buildings was published in 1999 according to the said regulation. Upon the second edition in 2002, it was anticipated that the construction sector and especially the government projects in Iran would better comply with energy-saving provisions than before, thanks to the elimination of uncertainties in the previous edition and the provision of necessary additional information. The criteria as prescribed in the 2nd edition were still premature compared to the relevant regulations in place in the industrialized countries. It is hoped that necessary steps would be taken to better meet international standards in the field of energy consumption in the not-too-distant future [16].

7 A Comparison of Energy Performances Between the Traditional and Modern Buildings

When traditional and new houses in Iran are compared in terms of the building envelope, the materials used in the facade, the size of the windows, the glass, and the window to wall ratios show great variability.

Considering the architectural features of Tabriz houses from past to present, it is noteworthy that some construction methods, cultural values, and spaces have disappeared [17].

When we compare the local materials used in the past with the materials of today, we can see that the use of local materials is superior in terms of environmental sustainability, building energy efficiency, and greenhouse gas emissions [18].

According to Jong Jin Kim, reducing the consumption of energy resources and designing according to the life cycle and humane design are considered the basic principles of sustainable architecture [19].

In this context, when we consider the life cycle stages, the use of local materials causes less energy consumption and ultimately less carbon emission in the acquisition of raw materials, production, transportation, and all stages of the material [18].

The energy used for heating, cooling, and lighting in buildings is directly related to the used building materials [20].

The contribution of building materials with high thermal mass to the reduction of energy consumption of the building in hot-dry and cold climates is quite high [21].

Considering the annual thermal gains and losses of the building, the heat transmission coefficients of the materials as well as the wall thickness of the building materials play an important role in the annual energy consumption of the building [22].

Thick walls, which are no longer used in today's architectural design, have provided acoustic and heat insulation in traditional architecture, allowing people to live a comfortable life indoors.

Architectural strategies used in traditional and local buildings are designed to use less energy, and traditional architecture aims to use the least energy for heating and cooling by developing in a balanced way with the climate [18].

Materials such as brick, plaster, lime, and mud brick are generally used on the exterior walls of traditional houses in Tabriz [23], and the wall thickness varies vis-a-vis the facade orientation (north, south, east and west) and floors of the building. For the purposes of the present study, the external wall thicknesses on each facade of the Gedeki house were calculated separately and the average wall thickness was taken in the energy model, namely "*traditional*". Whereas, the wall layers and wall thicknesses of the apartment building shown in Figure 22 (b) are the same on all facades. Accordingly, the layers on all facades were taken the same for the said building in the relevant energy model, namely "*modern*". Figure 25 shows the energy model views of the samples with an area of 50 m², representing traditional and modern buildings by façade characteristics.

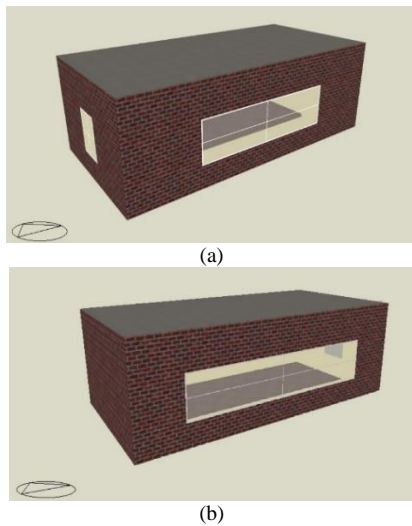


Figure 25. The views of energy models of traditional (a) and modern (b) buildings.

The exterior wall materials and material thicknesses of the traditional building case are shown in Figure 26. Table 1 shows the thermo-physical properties of the materials used in the construction of the traditional building.

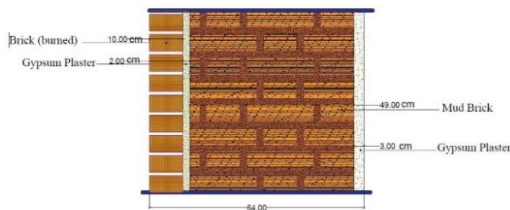


Figure 26. Exterior wall materials of the traditional building.

Table 1. Thermo-physical properties of the exterior wall materials of the traditional building.

Material	Thickness (m)	Conduction Coefficient (W/m.K)	Specific Heat (J/kg.K)	Density (kg/m ³)
Brick (burned)	0.100	0.85	840.00	1500.00
Gypsum Plaster	0.020	0.40	1000.00	1000.00
Mud Brick	0.500	0.75	880.00	1730.00
Gypsum Plaster	0.030	0.40	1000.00	1000.00

The materials of the exterior walls of current buildings in Tabriz are generally designed using such materials as brick, plaster, cement mortar, aerated BIMS and the thickness of the external walls of those structures generally does not exceed 20 cm. Figure 27 indicates the exterior wall materials and material thicknesses of the modern building case. Table 2 shows the thermo-physical properties of the materials used in the construction of the modern building.

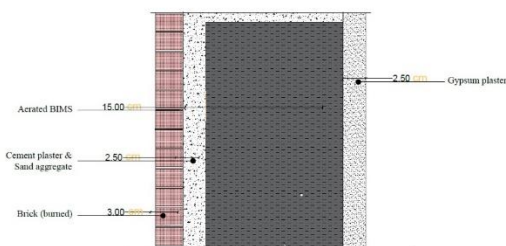


Figure 27. Exterior wall materials of the modern building.

Table 2. Thermo-physical properties of the exterior wall materials of the modern building.

Material	Thickness (m)	Conduction Coefficient (W/m.K)	Specific Heat (J/kg.K)	Density (kg/m ³)
Brick (burned)	0.030	0.85	840	1500
Cement plaster & Sand aggregate	0.025	0.81	840	1680
Aerated BIMS	0.150	0.30	840	1.000
Gypsum plaster	0.025	0.40	1.000	1.000

The form of the Gedeki house in question was designed in a U shape. Some of the southern, eastern and western facades face the inner courtyard, and there are no windows on those facades since Tabriz is exposed to the cold winds coming from the eastern and western directions. In the present study, the window to wall ratio of each facade of the Gedeki house was calculated and those window to wall ratios were used in the energy model of the traditional building representing the Gedeki house. As regards the apartment building, there are windows on the northern, southern, and eastern sides of the building, and since the west side is adjacent to another building, there are no windows on that façade. The window to wall ratios of the apartment building in question were used in the energy model of the modern building. Window to wall ratios of traditional and modern buildings are provided in the tables below.

Table 3. Window to wall ratios of the modern building.

Orientation	Window to Wall Ratio (%)
North	31
South	12
West	0
East	12

Table 4. Window to wall ratios of the traditional building.

Orientation	Window to Wall Ratio (%)
North	28
South	26
West	13
East	16

Large windows, known as 'Orosi', were used on the south and north facades of the Gedeki house. Those windows increased the window to wall ratios on the facades where they were located. Nevertheless, the windows on the east and west facades are much smaller compared to those windows.

The building envelope is a design element that separates the interiors from the exterior atmosphere and maintains a great impact on the energy conservation of the interiors. Thus, double façade strategy is considered one of the best choices in terms of managing the energy transfer between the interiors and the exterior atmosphere. Upon a review of the traditional houses in Tabriz, it was evident that the double-glazing technology as in the Gedeki house was used for centuries [24].

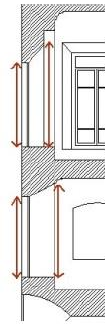


Figure 28. Cross sectional view of the Orosi windows in the Gedeki house [24].

The reviewed resources did not include any data with respect to the technical properties of these windows, except that the Orosi windows were double glazed and their frames were made of wood. The windows of the apartment building in the study were also double glazed and their frames were made of polyvinyl chloride (PVC). It was assumed for the purposes of the present study that the glazing used in the energy model of the traditional and modern buildings had the same properties, and their thermo-physical properties are shown in Table 5.

Table 5. Thermo-physical properties of the windows of the traditional and modern buildings.

Material	Thickness (m)	Conduction Coefficient (W/m.K)	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)
Generic Clear Glass	0.004	1.00	0.74
Air	0.010	-	-
Generic Clear Glass	0.004	1.00	0.74
Polyvinyl chloride (Frame)	0.020	0.17	-
Wooden (Frame)	0.020	0.19	-

Using the aforementioned building data, the building energy models of the traditional and modern buildings were generated and the energy performances of the buildings were simulated using the climatic data of Tabriz. For the purposes of simulation, the heating and cooling set-point temperatures of the indoors of both buildings were assumed 21°C and 24°C, respectively. The annual natural gas and electricity demands of the buildings are shown in the figures below.

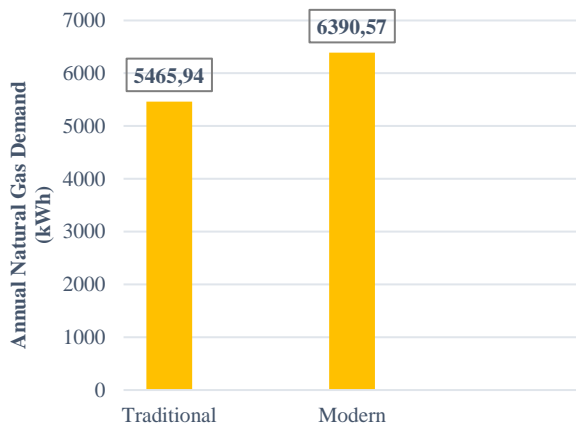


Figure 29. Annual natural gas demands of the traditional and modern buildings.

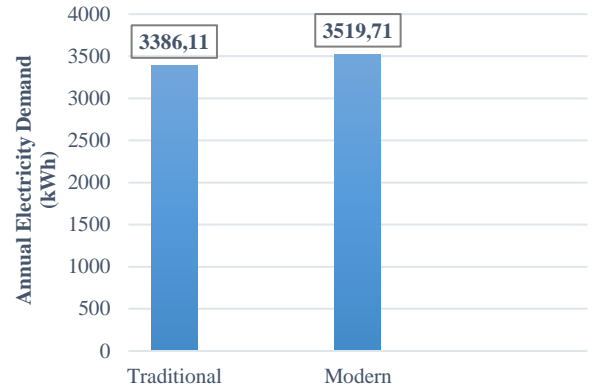


Figure 30. Annual electricity demands of the traditional and modern buildings.

As indicated in Figure 29, the annual natural gas demand of the modern building is higher compared to that of the traditional building. The fact that insulation materials are not used on the external walls of the current buildings in Tabriz may account for the foregoing. Therefore, the heat losses from the external walls during the heating period are higher compared to the traditional buildings. Accordingly, those buildings maintain a weaker performance compared to the traditional buildings in terms of heating energy performance. Figure 30 shows that the annual electricity demand of the traditional building is less compared to that of the modern building. The windows are the weakest components, where thermal changes associated with the building envelope are high. They can lead to major changes in the thermal behavior of the indoors by inducing high heat gains during the summer period and high heat losses during the winter period. The window to wall ratio should be less in order to reduce heat transfer in cold and dry climates. It is also recommended to use fewer or even no windows at all on facades that are exposed to cold winds.

For each kilowatt hour of electricity and natural gas, the respective emissions are 0.626 and 0.234 kg of CO₂ in Turkey. Figure 31 shows annual greenhouse gas emissions in traditional and modern buildings. Therefore, since the energy performance of the modern building is lower compared to that of the traditional building, it uses energy resources less efficiently and emits a higher amount of CO₂ per year.

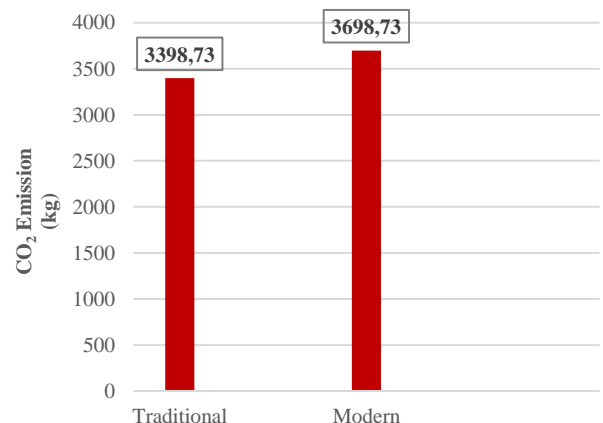


Figure 31. Annual CO₂ emission of traditional and modern buildings.

8 Conclusion

Upon a review of the traditional houses of Tabriz in question, both residential buildings had common features, which reflected the architectural design approaches compatible with cold climatic conditions. The buildings have a courtyard plan and adopt an introverted architectural style. The windows open to the courtyard and there are no windows on the exterior of the courtyard to ensure the privacy of the family. The buildings prevented heat losses substantially throughout the year through this Islamic culture. The buildings were designed to be approximately 1-1.5 meters below the ground level to take advantage of the heat of the soil during the cold winter season. In addition, the building façade was constructed with thick walls and with building materials featuring high heat capacity, ensuring heat preservation of the interior throughout the year. Buffer zones such as corridors and Dalans, which are placed next to the entrance of the building, protect the spaces such as the living room, kitchen, and bedroom in the interior of the building against dynamic changes in the external atmosphere.

Whereas, a review of the new building examples in Tabriz is indicative of the fact that, similar to the traditional buildings, the buildings were located on the north-south axis. The scale and direction of the land used do not change since the contemporary buildings in question were built in place of the demolished old buildings. Therefore, the building spacing did not change either. The interior design of the newly built buildings is generally based on an open plan and there are no buffer zones such as corridors, Dalans, and courtyards to prevent heat losses. The rate of transparency of the exterior facades of contemporary buildings is higher compared to the traditional buildings. Therefore, although the lighting level of the interior spaces is increased, the fact that the exterior walls are generally thinner compared to traditional houses is associated with increased heat loss throughout the year due to lack of due insulation. As a result, a higher amount of energy is required to heat and cool the building throughout the year.

In conclusion, the fact that the contemporary buildings in Tabriz, Iran, are built without due consideration for climatic conditions and the use of passive building design principles, increases the amount of energy required for heating, cooling, and ventilation in such buildings. The fact that the said need for energy is mainly met from fossil sources leads to higher volumes of greenhouse gas emissions, contributing to environmental pollution. The Iranian government should assume a critical duty in terms of building energy saving. The laws and regulations enacted by the government in the field of energy efficiency should improve the implementation and auditing mechanisms in both the private and public sectors, raise the awareness of the citizens, and reduce the use of fossil fuels upon increased investment in the field of renewable energy.

The present study analyzed the energy performances of building cases representing traditional and modern buildings in Tabriz using the DesignBuilder building simulation tool. As a result of the analysis, the annual natural gas and electricity demands of the traditional building was less compared to that of the modern building.

In a cold climate region, like where Tabriz is located, the thickness of the external walls of the traditional building and the thermo-physical properties of those walls, considerably increase the annual energy performance of the building and ensure more efficient use of energy resources. The fact that the walls of the modern building are much thinner and uninsulated compared to the traditional building, significantly reduces the annual energy performance. Furthermore, despite the fact that the thermo-physical properties of the window glazing in both buildings were the same, the heat transfer from the glasses differed between the buildings due to different window to wall ratios. Since Tabriz is located in the cold climate region, the most effective way to reduce the heat transfer from the building windows in the relevant region is to reduce the window to wall ratios. Consequently, the higher insulation of the external walls of the building and the lower window to wall ratios would visibly reduce the amount of greenhouse gas emissions in new constructions to be built under the climatic conditions of Tabriz.

Declaration

The authors declare that the ethics committee approval is not required for this study.

Acknowledgments

There is no conflict of interest between the authors.

References

- [1] Demirel B. (2013). *Pasif Ev Uygulamasının Türkiye İçin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma*. (Master's dissertation, Istanbul Technical University).
- [2] Dızdar H. (2009) *İklimsel Tasarım Parametreleri Açısından Geleneksel ve Yeni Konutların Değerlendirilmesi*: (Master's dissertation, Istanbul Technical University).
- [3] IEA, International Energy Agency, Retrieved March 09, 2022 from <https://www.iea.org/countries/iran/>.
- [4] Shadmand, A., & Arslan Selçuk, S. (2021). Tebriz Geleneksel Konutlarında İklimin Bina Yönlendirilişi Üzerindeki Etkileri: Behnam Konutu Örneği, *PLANARCH - Design and Planning Research*, 5(1), 15-26.
- [5] Haeri Mazandarani, M., R. (2009). Home, Culture, Nature. *Iran: Architect and Urban Planning Research Center*.
- [6] Mansauri A. (2018). İran Tebriz Konutlarında Ana Yaşam Mekanındaki Değişimin Sentaktik İrdelenmesi. (Master's dissertation, Istanbul Technical University).
- [7] Akgüç, A. (2017). EnergyPlus ve DesignBuilder Simülasyon Araçlarının İşlevi ve Kullanımına Yönelik Genel Bir Bakış, *TTMD Journal*, no 111, Addenda.
- [8] Ebrahimi, A. N., Rahimian, F. P., & Loron, M. S. (2013). Impacts of Climate on Genesis of Vernacular Architecture of Different Parts of Iran: Case Study of Cold and Dry Azerbaijan-Iran. *ALAM CIPTA. International Journal of Sustainable Tropical Design Research and Practice*, 6(1), 69-82.
- [9] Kasmaei, M. (2006) *Architecture and Climate. 4th Edition, Soil Publication*.
- [10] Esmaeili Sangari, H., & Omrani, B. (2014). History and Architecture of Old Tabriz Houses. *Tabriz, Iran: Foruzesh Publication*.
- [11] Shaterian, R. (2013). Climate and Architecture. *Tehran: Simaye Danesh Publication*.

- [12] Shadmand, A., & Arslan Selçuk, S. (2022). Lessons From Traditional Architecture In Energy Efficient Building Design: The Case of Traditional Tabriz Houses. *International Journal of Environmental Studies*, 79(2), 245-264.
- [13] Zamaniha, M. (2003), Architecture in Cold Climate, Retrieved May 24, 2022 from <https://nemoneh.com/architect/articles/paper0063/>.
- [14] Google Earth, Retrieved March 15, 2022 from <https://earth.google.com/>.
- [15] Dastyar Project, Retrieved April 22, 2022 from <https://dastyarprozhe.com/10558-2/>.
- [16] Ministry of Roads and Urban Development Deputy for Housing and Construction of Iran, Regulation 19, Retrieved July 22, 2022 from https://inbr.ir/?page_id=2032/.
- [17] Mehrfar, A. (2014). İran Geleneksel Konut Mimarlığının Modern Konut Mimarlığına Uzanan Süreklilikleri Üzerine Bir İrdeleme: Tebriz Örneği. (Master's dissertation, Dokuz Eylül University).
- [18] Akrami, G., Alipour, L. (2015). Nagshe masalehe boumi dar memariye paydar az didgahe mohitezist. *Maskan ve Mohite Rosta Journal*, 95(176), 29-48.
- [19] Gorciye Mehbelani, Y. (2010). Memariye Paydar ve Negde An der Hozeye Mohitezist. *Anjomane Elmiye Memari ve Şehrsaziye Iran Journal*, 10(1), 100.
- [20] Zimmermann, M., Althaus, H. ve Haas, A., (2005). Benchmarks for Sustainable Construction: A contribution to Development a Standard. *Energy and Buildings*, 37 (11), 1147-1157.
- [21] Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M., & Walker, P. (2001). Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Building and Environment*, 36(10), 1119-1126.
- [22] Lyons, A., (2007). Materials for Architects and Builders: Recycled and Ecological Materials, England: Routledge, 330-337.
- [23] Shadmand, A. (2021). Enerji Etkin Bina Tasarımında Yerel Mimarının Öğretileri: Geleneksel Tebriz Evleri Örneği. (Master's dissertation, Gazi University).
- [24] Larmayi, M. & Shahbazi, Y. (2015). Barrasiye amalkarde bazshohaye dopuste dar sakhtemanhayeh sonnatiye navahiye sardsir iran nomuneye moredi: khaneye gadaki va khaneye ganjeizade dar Tabriz. *Anjomane Elmiye Memari ve Şehrsaziye Iran Journal*, 6(1), 27-38.
- [25] Pourvahidi, P. (2010). Bioclimatic analysis of vernacular Iranian architecture. (Master's dissertation, Eastern Mediterranean University).
- [26] Gedeki house. Retrieved December 6, 2022, from https://koochita.com/show-place-details/amaken/%D8%AE%D8%A7%D9%86%D9%87_%D9%82%D8%AF%DA%A9%DB%8C
- [27] Akgüç, A., & Yılmaz, A. Z. (2022). Determining HVAC System Retrofit Measures To Improve Cost-Optimum Energy Efficiency Level of High-Rise Residential Buildings, *Journal of Building Engineering* 54 (2022) 104631.
- [28] European Committee for Standardization (CEN,) EN 13790 - Energy performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)



ENVIRONMENTAL WASTE DETECTION FROM UAV IMAGES WITH YOLOV3 DEEP LEARNING ALGORITHM

Serkan Çelik^{*1} , Ayhan Altınörs² 

¹100. Yıl Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Bilişim Teknolojileri Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Elazığ, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

Since plastic and glass bottles are generally disposable materials, they are thrown away carelessly after use. One of the main reasons of environmental pollution is plastic and glass bottle waste. Furthermore, glass bottles have a huge impact on forest fires. For these reasons, it is necessary to detect plastic and glass bottles and collect them without harming the environment. The fact that no similar study was found on the detection of pet and glass bottle waste in the literature review motivated us to carry out this study. In the study, due to the use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV), the images required for the test process were obtained more quickly and easily.

In this study, image processing techniques were used to detect plastic and glass bottles in images taken from UAVs. Principally, the images with the objects to be detected for training were determined. Objects in these images were labeled, necessary arrangements were made, then training and test data were obtained. Using these data, training was carried out with the YOLOv3 deep learning algorithm, and object detection test was applied with the obtained data. As a result of the study, pet and glass bottles in natural environments were successfully detected with an average accuracy rate (mAP) of 84.81%.

Keywords: Deep learning, ecosystem, image processing, object detection, UAV, YOLO.

YOLOV3 DERİN ÖĞRENME ALGORİTMASI İLE İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN ÇEVRESEL ATIK TESPİTİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Pet ve cam şişeler genellikle tek kullanımlık malzemeler olduklarından kullanıldıktan sonra uygun olmayan yerlere özensiz bir şekilde atılmaktadır. Pet ve cam şişe atıkları, çevre kirliliğinin önemli sebeplerinden biridir. Ayrıca cam şişelerin orman yangınlarının çıkmasında çok büyük etkileri vardır. Bu nedenlerden dolayı pet ve cam şişelerin tespit edilmesi ve çevreye zarar vermeden toplanması çok büyük önem arz etmektedir. Yapılan literatür taramasında pet ve cam şişe atıklarının tespiti ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmaması bu çalışmayı yapmak için bizi motive etmiştir. Yapılan çalışmada, test işlemi için gerekli olan görüntüler, İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak daha hızlı ve kolay bir şekilde elde edilmiştir.

İHA'dan alınan görüntülerdeki pet ve cam şişelerin tespit edilmesi için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Öncelikle, eğitim için, tespit edilecek nesnelere bulunduğu görüntüler belirlenmiş, bu görüntülerde tespit edilmesi istenen nesnelere etiketlenmiş, gerekli düzenlemeler yapılarak eğitim ve test verileri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak YOLOv3 derin öğrenme algoritması ile eğitim gerçekleştirilmiş, elde edilen veriler ile pet ve cam şişe atıklarının bulunduğu görüntülerden nesne tespit test işlemi yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, doğal ortamlardaki pet ve cam şişeler % 84.81 ortalama doğruluk oranı (mAP) ile başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Keywords: Çevre, derin öğrenme, görüntü işleme, İHA, nesne tespiti, YOLO.

1 Giriş

Çevre ve iklim sorunlarının sürekli arttığı günümüzde en büyük çevre sorunlarının başında ambalaj atıklarının çevrede oluşturdukları tahribat gelmektedir. Toplum olarak sürekli tüketmekte ve bu süreçte ambalaj atık miktarları sürekli artmaktadır. Tüketilen ürünlerin çoğu pet ve cam ambalajlar içerisinde bulunmaktadır.

Günümüz toplumu bu pet ve cam ambalaj atıklarını çoğu zaman atık toplama kutuları yerine doğaya rastgele atmaktadır. Pet ambalajlar günümüzde ve gelecekte üretildikleri malzemelerin yapısından dolayı çevre kirliliği ve canlı yaşamları için çok büyük sorunlar teşkil etmektedir. Cam ambalajlar ise buldukları yerlerde çok büyük oranda yangın riski oluşturduklarından ve yine

* Corresponding author.

E-mail address: aaltinors@firat.edu.tr (A. Altınörs)

Received 27 September 2022; Received in revised form 24 March 2023; Accepted 27 April 2023

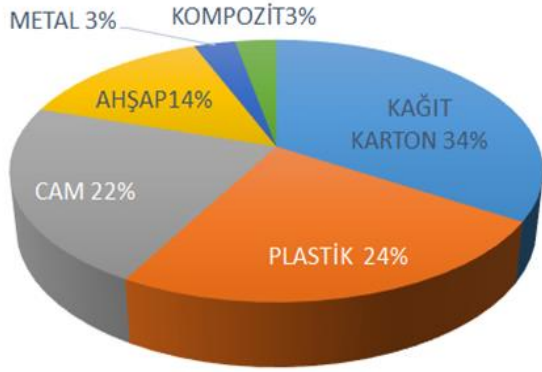
2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1195428>

uzun süre çözünmediklerinden çevre için sorun teşkil etmektedir [1].

Hem yaşadığımız çevreyi, dünyamızı ve enerji kaynaklarımızı korumak hem de üstün özelliklerinden sürekli faydalanabilmek için plastik ve cam malzemelerin geri dönüşümünü sağlamak gerekli ve önemlidir [2].

İnsanların gelir seviyesi arttıkça kullanım alışkanlıkları da değişmiştir. İnsanoğlu daha fazla tüketmeye ve buna paralel olarak da daha fazla atığa sebep olmuştur. Özellikle kullan-at kültürünün de yaygınlaşmasıyla birlikte atık miktarında oldukça hızlı bir artış meydana gelmiştir.



Şekil 1. Ambalaj atıklarının cinslerine göre oranları.

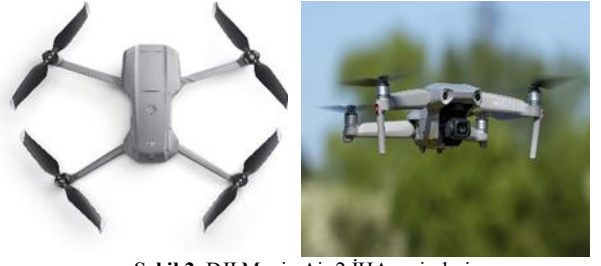
Şekil 1'de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2020 yılı verilerine göre ambalaj atıklarının %46'sını plastik ve cam ambalajların oluşturduğu görülmektedir. Bu ambalaj atıklarından plastik ambalaj atıklarının %66'sı, cam ambalaj atıklarının ise %30'u ancak geri dönüştürülebilmektedir. Bu oranlara dikkat edilirse geri dönüşüm oranının düşük olduğu görülmektedir [3].

Kullanımı oldukça yaygın olan pet ve cam şişelerin doğada uzun süre kalması hem ekonomik olarak hem de çevre kirliliği ve diğer etkilerinden dolayı istenmeyen bir durumdur. Bu atıkların tespit edilerek geri dönüşüme kazandırılması, hem çevre kirliliğinin ve orman yangınlarının önlenmesi hem de ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır.

İnsansız Hava Aracı (İHA), günümüz teknolojileri kullanılarak sürekli geliştirilen ve birçok alanda kullanılan hava aracıdır. Neredeyse tüm sektörlerde İHA'lar kullanılmaktadır. Bunun en önemli nedeni ise yapılan işleri daha hızlı ve daha güvenilir olarak yerine getirebilmeleridir. İlk üretildikleri zaman daha çok askeri alanda kullanılan İHA'lar teknolojinin gelişimi ve maliyetlerin düşmesiyle çok geniş bir kullanım alanı bulmuşlardır [4].

Bu çalışmamızda doğal ortamda çevreye atılmış pet ve cam şişe atıklarına ait resimlerin elde edilmesi için DJI firmasının üretmiş olduğu Mavic Air 2 model İHA kullanılmıştır.

Kullanılan İHA 570 gr ağırlığa sahip, maksimum 68 km/h hız yapabilen, uzun süre havada kalabilen, uzak mesafelerden görüntü iletebilen ve çok kaliteli resimler çekebilen gelişmiş bir İHA'dır. Şekil 2'de kullanılan DJI Mavic Air 2 İHA'sına ait resimler görülmektedir.



Şekil 2. DJI Mavic Air 2 İHA resimleri.

Çalışmamızda nesne tespitini gerçekleştirmek için derin öğrenme algoritmaları ile görüntü işleme yöntemi kullanılmıştır. Derin öğrenme, bir makine öğrenmesi tekniğidir. İnsanların beyninden ilham alınarak geliştirilmiştir. İnsan beyninin yapabildiği bazı işlemlerin makineler tarafından yapılabilmesi için günümüzde birçok çalışma yapılmaktadır. Nesne tanıma işlemi de bu çalışmalardandır. Bu çalışmalar ile belirlenen nesnelerin tespiti yapıp hızlı bir şekilde sınıflandırılması sağlanmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarla insanların yaptıkları birçok iş bu sayede makineler tarafından yapılacaktır [5].

Gerçekleştirilen çalışmada çevre için çok büyük sorun oluşturan pet ve cam şişelerin İHA tarafından çekilen görüntüler kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu işlem için bir derin öğrenme algoritması olan YOLOv3 algoritması kullanılmıştır. İnternet ortamından elde edilen birçok resim düzeltilmiş ve derin öğrenmede eğitim için kullanılmıştır. Uzun bir eğitim süreci sonunda makine tarafından nesnelerin algılanıp algılanmadığı test edilmiştir.

Yapılan test ile doğada çekilen görüntülerden pet ve cam şişelerin tespitinin yapılabildiği görülmüştür. Bu sonuçlar bize nesne tanıma işlemi makinelerin insan kadar hızlı ve doğru olmasa da gerçekleştirebildiğini göstermiştir. Bu tespit işlemi ile ekosistem içerisindeki sorunların çözümünde derin öğrenme algoritmalarının başarılı bir şekilde kullanılabileceği de görülmüştür.

2 Literatür Araştırması

Günümüzde İHA'lar birçok alanda etkin olarak kullanılmaktadır. İHA'lar ilk zamanlarda sadece askeri alanlarda kullanılırken günümüzde hem sivil hem de askeri alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. İHA ile insanların ulaşmakta zorluk çektiği bölgelere ulaşip bu bölgelerde amaca uygun görüntüler ve resimler alınıp görüntü işleme algoritmaları ile bu veriler değerlendirilmekte ve sorunlara çözümler üretilmektedir. Özellikle çevrenin korunması ile ilgili İHA kullanılarak yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar incelendiğinde genellikle tarım, hayvancılık ve çevrenin korunması ile ilgili görüntü işleme çalışmalarının yoğunlukta olduğu görülmektedir.

Kabadayı ve Uysal tarafından yapılan çalışmada, İHA'lar ile elde edilen verilerden binaların tespiti yapılmıştır. İHA ile havadan görüntüleme yapılarak bindirmeli bir şekilde 15 küçük, 13 orta ve 4 büyük olmak üzere 32 adet binanın bulunduğu bir alanda toplanan görüntü verileri fotogrametrik yöntem ile değerlendirilmiş ve çalışma alanına ait ortofoto ve sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur. Elde edilen veriler ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak bina detayları tespit

edilmiştir. Çalışma sonucunda 32 adet binadan 30 tanesi tespit edilerek %90 oranında bina tespiti yapılmıştır [6].

Yanık ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, orman yangınlarında görsel algılamaya yeni ve kesin bir bakış açısı getirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bir İHA sistemi geliştirilmiş, sistemde bulunan mikrodenetleyici, derin öğrenme yöntemleri ile eğitim verilerek programlanmış ve İHA'ya yangın algılamasının erken işareti olan dumanı tanıma özelliği kazandırılmıştır. Bu sayede yangın algılama sistemlerinin ortak sorunu olan yanlış alarm ve gözden kaçma oranlarının azaltılabileceği ve hızlı bir şekilde yangına müdahale edilebileceği öngörülmüştür. İHA'nın mobil görüş kabiliyeti sayesinde görüntülerin her açıdan net ve sürekli olarak kontrol edilmesi sonucu duman tespitinde %98 doğruluk oranında başarı sağlanmıştır [7].

Körez ve Barışçı tarafından yapılan çalışmada, Faster R-CNN algoritması kullanılarak yayaların tespiti için otomatik bir nesne tanıma yöntemi ortaya koyulmuştur. Bu yöntem ile 6 sınıf kullanılarak (insan, kaykay kullanan insan, bisiklet süren insan, araba, otobüs ve golf arabası) İHA ile 8 farklı sahneden çekilen 60 görüntü kullanılmıştır. 4 gün süren eğitim ve yaklaşık 7500 iterasyon sonucunda yayalar %58,02 doğruluk oranı ile tespit edilmiştir. Yayaların gölgeleri, tepeden bakış açısı ve veri setindeki resimlerin bulanık veya net olması gibi durumlar başarı oranının düşük olmasındaki etken olarak görülmüştür. Bu olumsuz durumlara rağmen R-CNN metodu kullanılarak diğer yöntemlerden %2 daha başarılı bir yöntem geliştirmiştir [8].

Kim ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, binalardaki yüzey çatlaklarının izlenmesi için yeni bir yöntem önerilmiştir. İnsansız Hava Aracı ile çekilen 40000 çatlak olan ve olmayan yüzey görüntüsü, Evrişimsel Sinir Ağı (CNN) tabanlı bir mimari kullanılarak analiz edilmiş ve binalardaki çatlakların tespiti ve sınıflandırılması sağlanmıştır. Bu yöntem sonucunda bina çatlaklarının %99,8 doğruluk oranı ile tespit edilebildiği görülmüştür [9].

Doğan tarafından bitkilerde görülen hastalıkların derin öğrenme yöntemleri ile tespiti ve sınıflandırılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada domates ve elma yapraklarındaki hastalıkların tespiti ve sınıflandırılması derin öğrenme yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Konvolüsyonel Sinir Ağı (KSA) modeli ve Learning Vector Quantization (LVQ) derin öğrenme algoritmaları kullanılarak deneysel çalışmalar domates ve elma yaprakları için ayrı ayrı yapılmıştır. Domates yapraklarından oluşan veri setinde 4 farklı hastalıklı yaprak ve 1 sağlıklı yaprak olmak üzere toplam 5 farklı sınıf için deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elma yaprakları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda ise Yalova ilinde bulunan elma bahçelerindeki yaprakların İHA kamerası ile görüntüleri alınmış ve deneysel çalışmalar ağaç üzerindeki yaprak görüntüleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucu konvolüsyonel sinir ağı tabanlı yöntemin yapraklardaki hastalıkların tespitinde başarılı olduğunu, tarımsal alanlarda hastalık tespiti ve sınıflandırma çalışmaları için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir [10].

Öztürk tarafından yapılan çalışmada makine öğrenmesi ve görüntü işleme tekniklerini kullanarak İHA ile çekilen resimler kullanılarak yaprakların

sınıflandırılması için bir yöntem geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada, İHA ile otonom bir şekilde yaprak çeşitleri tanıyarak bitkisel hastalıklar ve böceklenme gibi ortaya çıkabilecek sorunlar önceden tespit edilip gerekli tedbirler alınarak, kimyasal ve biyolojik iyileşme sağlanmıştır. Öncelikle çekilen resimlerden özellik çıkarımı yapılmış, çıkarılan özellikler öğretilerek SVM ile sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda belirli bir bölgede görüntü işleme teknikleri ve makine öğrenmesi ile %91,3 doğruluk oranı ile yaprak sınıflandırma işlemini gerçekleştiren bir sistem tasarlanmıştır [11].

Burgaz tarafından yapılan çalışmada, Derin öğrenme algoritmaları ve İHA kullanılarak silah tespiti için bir yöntem geliştirilmiştir. İHA ile çekilen resimlerden R-CNN ve ResNet algoritmaları ile silah tespiti yapılmıştır. İnsanoğlunun çıplak gözle bile görmekte zorlandığı bu nesnelere daha az zaman ve maliyetle tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 200 adet görüntü kullanılarak gerçekleştirilen eğitim sonucunda resimlerdeki silah %99 doğruluk oranı ile tespit edilmiştir [12].

Güzel tarafından İHA ile çekilen görüntüler kullanılarak yeşil alanları tespit etmek için bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada 159 adet görüntü kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Yıldız Teknik Üniversitesi kampüs alanında gölgede yer alan hem seyrek hem de sık yeşil alanlar 1217 adet görüntü ile yapılan 2,5 saatlik eğitimler sonucunda UNet-VGG19 derin öğrenme mimarisi ile %95 doğruluk oranı ile tespit edilmiştir [13].

Albayrak ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, İHA ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak araç tespiti üzerine bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde iki derin öğrenme modeli (R-CNN ve YOLO sinir ağı) kullanılmıştır. İHA ile çekilen görüntülerden her iki algoritmaya göre veri setleri oluşturulmuştur.

Bilecik ili Pazaryeri ilçesinde çekilen 80 adet görüntüden iki farklı algoritma kullanılarak araç tespiti yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda YOLO algoritması R-CNN algoritmasına göre daha hızlı sonuç vermiş, R-CNN algoritması ise YOLO algoritmasına göre daha doğru sonuç üretmiştir [14].

Arvas tarafından derin öğrenme algoritmaları kullanılarak İHA görüntülerinden haşhaş, kenevir ve tütün bitkilerinin tespiti için bir çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada İHA ile çekilen 300 haşhaş, 100 kenevir ve 100 tütün bitkisi olmak üzere 500 görüntü kullanılmıştır. Eğitim için ise 28774 haşhaş, 4172 kenevir ve 2902 tütün bitkisi olmak üzere 35848 görüntü etiketlenmiştir. Oluşturulan veri seti YOLOv5 algoritma ağı kullanılarak eğitilmiş ve eğitim sonucunda İHA ile çekilen görüntülerden %77,1 doğruluk oranı ile nesnelere tespiti yapılmıştır [15].

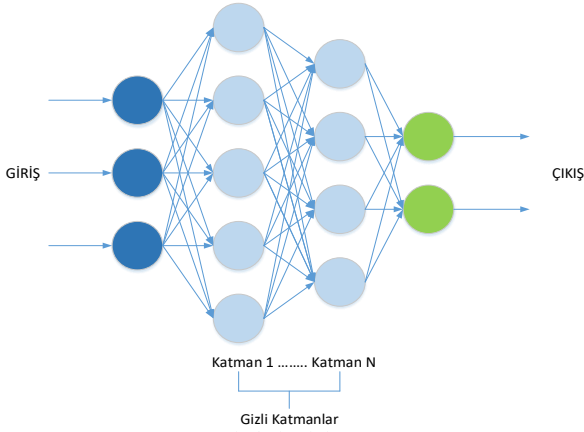
Baydoğan ve Alataş tarafından sosyal medyada sıklıkla kullanılan nefret söyleminin otomatik tespiti için yapay sinir ağı ve makine öğrenmesi yöntemlerinden oluşan yapay zeka temelli algoritmaların kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada Naive Bayes, Destek Vektör Makinesi, iki farklı Karar Ağacı ve Çok Katmanlı Algılayıcı olmak üzere beş farklı yapay zeka temelli algoritma kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda farklı eğitim ve test teknikleri kullanılarak performans değerlendirme metrikleri hesaplanmıştır. Çalışmada en yüksek doğruluk değeri %80 olarak Karar Ağaçları ve

Çok Katmanlı Algılayıcılar tarafından elde edilmiştir [16].

Yapılan literatür taramasında İHA'lar ile çekilen görüntüler kullanılarak görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmaları ile birçok farklı nesnenin tespiti ve sınıflandırılmasının yapılabildiği görülmüştür. Fakat bu çalışmada gerçekleştirilen pet ve cam şişe tespitine ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3 Derin Öğrenme ve YOLO Nesne Algılama Algoritması

Derin öğrenme, 2006 yılından itibaren popüler olarak kullanılmaya başlanmış makine öğrenmesi alanının en güncel alt dallarından biridir. Derin öğrenme yöntemlerinde insan beyninin yapısından esinlenerek oluşturulan yapay sinir ağı algoritmaları kullanılmıştır. İnsan beyni bir nöron ağıdır, derin öğrenmede ise nöronlar düğümlere karşılık gelir. Lineer cebire dayanan bu sistemde insan beynindeki nöronlara benzeyen düğüm adı verilen yapılar bulunur. Düğüm yapılarının birleştirilmesi ile katmanlar, katmanların birleştirilmesi ile de sinir ağı denilen yapılar oluşturulur. Şekil 3'te yapısı verilen bu ağlara derin sinir ağı da denir [5].



Şekil 3. Basit derin sinir ağı yapısı [5].

Derin öğrenme, makine öğrenimi alanında yapılan çalışmalar ile yapay zekâ kapsamının genişlemesine de öncülük etmiştir. Yüzeysel öğrenme ile karşılaştırıldığında derin öğrenme kavramı daha soyut bilgilere ulaşmak için derin (gizli) katmanlar inşa etme avantajına sahiptir. Bu sayede çok katmanlı mimarilerde çok boyutlu veriler ile çalışma imkânı sağlamıştır [17].

Derin öğrenme tabanlı yöntemler yüz tanıma, plaka tanıma, nesne algılama, pozisyon tanıma, hareket algılama, şerit tespiti, yaya algılama, duyu algılama, otomatik park etme, resim tanıma ve görüntü işleme gibi birçok alanda karmaşık problemleri çözmek için kullanılmış ve ciddi bir başarı oranı elde edilmiştir [18].

Görüntü işleme algoritmaları içerisinde en sık kullanılanlar Faster R-CNN algoritması, SSD algoritması ve YOLO algoritmasıdır. YOLO algoritması diğer 2 algoritmadan daha hızlı algılama işlemi yapabilmektedir. Bunun nedeni ise resme bir defa bakarak algılamayı gerçekleştirmesidir. Bu durum gerçek zamanlı nesne tespitinde YOLO algoritmasının kullanımının en önemli nedenidir [19].

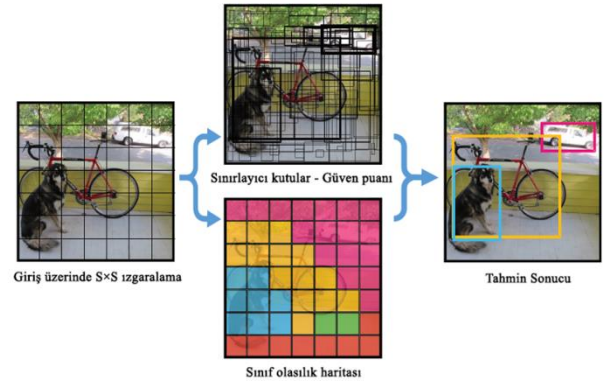
YOLO (You Look Only Once) "Sadece bir kere bak" kelimelerinin kısaltılmasından elde edilmiş, yüksek

performansa sahip derin öğrenmeye dayalı gelişmiş bir nesne algılama algoritmasıdır. Yakın zamanda geliştirilen YOLO, nesne tespitinde kullanılan bir algoritma olup özellikle gerçek zamanlı görüntü işleme uygulamalarında kullanılmaktadır [20].

Nesne tespiti için kullanılacak olan bir algoritma hem doğru hem de hızlı olmalı ayrıca birçok nesneyi de tanıyabilmelidir. Mevcut nesne algılama veri kümeleri, sınıflandırma ve etiketlendirme işlemleri için kullanılan veri kümelerine göre yetersizdir. Günümüzde kullanılan büyük boyutlardaki sınıflandırma verilerinden yararlanmak ve nesne dedektörlerini sadece sınıflandırma için değil aynı zamanda algılama konusunda da eğitmek için ortak bir eğitim algoritmasına ihtiyaç duyulmuş ve böylece YOLO algoritması ortaya çıkmıştır [21].

YOLOv1 algoritması ilk olarak 2015 yılında Joseph Redmon tarafından tasarlanmıştır. Daha sonra 2016 yılında Joseph Redmon ve Ali Farhadi YOLOv1 versiyonunda iyileştirmeler yaparak 9000 nesne tanıyabilen YOLOv2 versiyonunu, 2018 yılında da en son yöntemleri deneyerek diğer versiyonlardan daha kapsamlı, daha doğru sonuçlar veren ve daha hızlı bir versiyon olan YOLOv3'ü geliştirmişlerdir [22].

Bir resim üzerinde yapılan sınıflandırma işlemi sonucunda insan ya da giysiyi bulmak aşılması gereken bir problemdir. Ancak insan ve giysiyi aynı resimde yerleriyle beraber algılamak daha zor bir problemdir. Birinci problem sınıflandırma yöntemiyle yapay sinir ağlarıyla çözülebilirken, ikinci problemi çözmek daha farklıdır ve farklı bir yaklaşım gerektirmektedir. YOLO güçlü bir evrimsel sinir ağıdır ve bize resmin nerede olduğunu sınırlayıcı bir kutu çizerek göstermektedir [19].



Şekil 4. YOLO algoritmasının genel çalışma prensibi [23].

Şekil 4'te YOLO algoritmasının temel çalışma yapısı gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi YOLO giriş resmini öncelikle $S \times S$ boyutunda ızgaralara böler ve her bir ızgara hücresi o ızgara hücresinde ortalanmış nesneyi tahmin eder. Tahmin sonucunda tahmin değeri üretilir. Tahmin sonuçları toplanarak düşük olasılığa sahip sınırlayıcı kutular silinir. En yüksek tahmin olasılık değerlerine sahip sınırlayıcı kutu ise nihai sonuç olarak belirlenir [23].

4 YOLOv3

YOLOv2 algoritmasında 19 katman kullanılması, küçük nesnelerin tanınmasında meydana gelen sorunlar ayrıca gerçek zamanlı uygulamalardaki hız problemleri

YOLOv3 algoritmasının geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Geliştirilen YOLOv3 algoritmasında 53 katmanlı DarkNet kütüphanesi kullanılarak daha küçük nesnelere tespit performansı ve doğruluğu artırılmıştır [22].

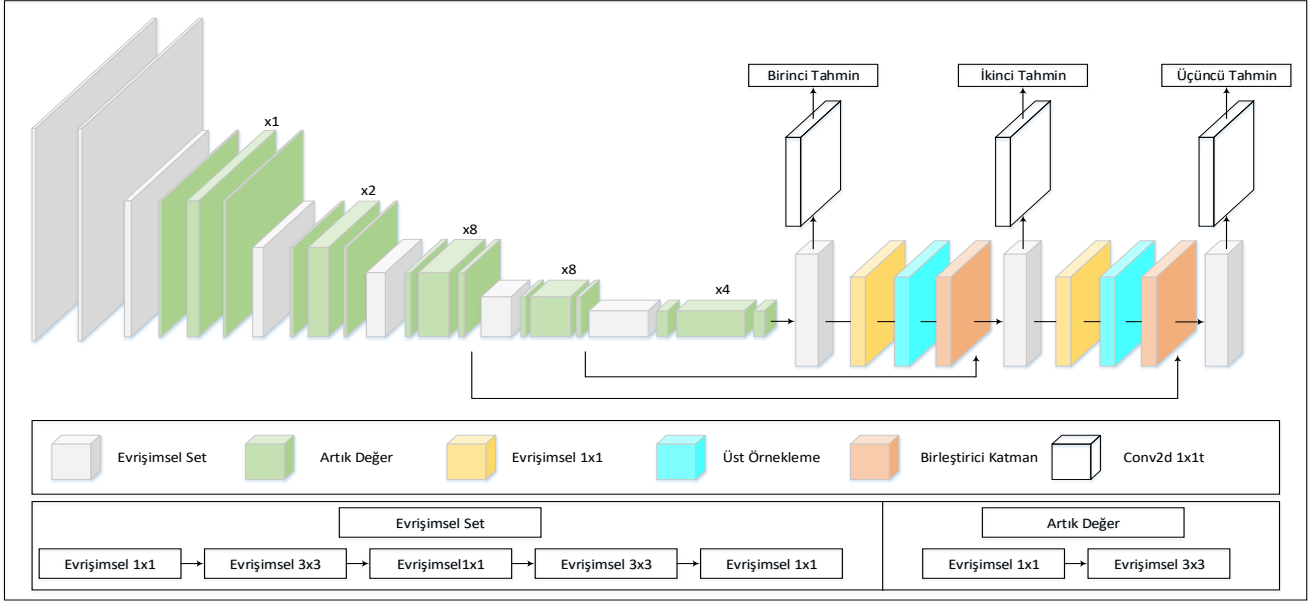
YOLOv3 algoritması çoklu kutu yapısı kullanarak birden çok nesneyi gerçek zamanlı olarak yüksek frame hızlarında tanıyabilmektedir [24].

YOLOv3 algoritmasında DarkNet-53 mimarisinin kullanılabilmesi için standart YOLO algoritmasında bulunan havuzlama, tam bağlantılı ve softmax katmanları kaldırılmıştır. YOLOv3 farklı boyutlardaki nesnelere algılamak için görüntüyü 3 farklı ölçekte ızgaralara böler.

Şekil 5'te bir görüntünün 3 farklı ölçekte ızgaralara bölünmüş hali görülmektedir.

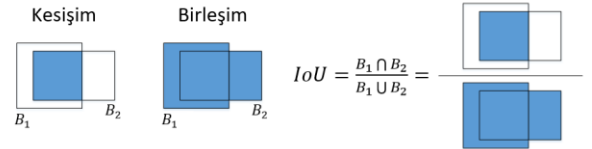


Şekil 5. Görüntüyü üç farklı ölçekte ızgaralar ile bölme.



Şekil 6. DarkNet-53 kullanılmış 3 ölçekli tahmin yapabilen YOLOv3 evrişimsel sinir ağı yapısı [25].

Şekil 6'da DarkNet-53 kullanılmış 3 ölçekli tahmin yapabilen YOLOv3 evrişimsel sinir ağı yapısı görülmektedir. Bu yapıda YOLOv3 algoritması çoklu ölçekler kullanıldığından tahmin doğruluğu da artmıştır. YOLOv3 evrişimsel sinir ağına kullanılan DarkNet-53 yapısı DarkNet-19 yapısından daha güçlü, ResNet-101 ve ResNet-152 yapılarından daha verimlidir. YOLOv3 test sürecinde ilk önce girişteki görüntü standart boyutlara dönüştürülür. Daha sonra giriş görüntüsü 3 farklı ölçekte (13×13, 26×26 ve 52×52) ızgaralara bölünür. Nesne sınırları belirlendikten sonra özellik çıkarımı için görüntü ağı girilir. Ağda öncelikle 13×13 küçük ölçekte özellik haritası çıkarılır. Özellik haritası ilk olarak evrişim setine tabi tutulur, 2 kez örneklendir ve 1. tahmin sonucu ortaya çıkar. Daha sonra 26×26 orta ölçekte özellik çıkarım aşamasına geçilir ve özellik haritası çıkarılır. Özellik haritası evrişim setine tabi tutulur, 2 kez örneklendir ve 2. tahmin sonucu ortaya çıkar. Son olarak 52×52 büyük ölçekte özellik çıkarım aşamasına geçilir ve özellik haritası çıkarılır. 3. tahmin sonucu da ortaya çıktıktan sonra 3 tahmin sonucu birleştirilir. Daha sonra tahmin sonuçları kullanılarak kutu güven puanı elde edilir. Kutu güven puanı (IoU), bir sınırlayıcı kutuda nesne bulunma olasılığı ve sınırlayıcı kutunun doğruluğunu temsil eden bir puandır [25]. Şekil 7'de en solda kesişim alanı, ortada birleşim alanı ve en sağda ise kutu görev puanının nasıl hesaplandığı görülmektedir.



Şekil 7. Kutu güven puanının (IoU) hesaplanması [26].

Şekil 7'deki B_1 gerçek nesne sınırlayıcı kutusunu, B_2 ise tahmin edilen nesne sınırlayıcı kutusunu göstermektedir. Hücre içerisinde hiçbir nesne yoksa kutu güven puanı sıfırdır. Kutu güven puanının nesne tespitinde 1 veya 1'e yakın olması istenir. YOLOv3 algoritmasında IoU (Intersection over Union) değeri %50'nin üzerinde tutulmaktadır [26].

Elde edilen sınırlayıcı kutuların büyük bir kısmı çok düşük kutu güven puanına sahip olacağından Non Maximum Suppression (NMS) yöntemiyle kutu güven puanı eşik değerinin altında olanlar silinir. NMS yönteminde nesne tanıma için belirlenen sınırlayıcı kutular için elde edilen kutu güven puanları en yüksekten en düşüğe doğru sıralanır ve kutu güven puanı en yüksek olan sınırlayıcı kutu belirlenir. Bu işlem sonucunda en yüksek kutu güven puanına sahip sınırlayıcı kutu nihai sonuç olarak elde edilir [25].

YOLOv3 algoritması dışındaki diğer derin öğrenme algoritmaları gerçek zamanlı nesne tespiti için gerekli 20 saniye başına kare (FPS) görüntü işleme hızına

ulaşamamışlardır. YOLOv3 algoritması ise görüntüleri 40-90 FPS aralığında işleyebilmektedir. Bu değerler, videonun gerçek zamanlı olarak birkaç milisaniye gecikme ile YOLOv3 algoritması tarafından işlenebileceğini ve YOLOv3 algoritmasının diğer evrimsel sinir ağı algoritmalarına göre oldukça hızlı çalıştığını göstermektedir. Anlık algılamaların önemli olduğu durumlarda algılama zamanının düşük olması çok büyük fayda sağlamaktadır [27].

Bu çalışmada hızlı işlem yapabilmesi ve tekrar eğitildiğinde yüksek nesne tespit doğruluğuna ulaşabilmesinden dolayı YOLOv3 evrimsel sinir ağı yapısı kullanılmıştır.

5 Materyal ve Metot

Yapılan literatür araştırmasına göre, son yıllarda sıklıkla kullanılan görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmalarının nesne tespitinde hız ve doğruluk açısından gösterdikleri üstün başarı, gerçek zamanlı nesne tespitinde tercih edilmelerinin en büyük sebeplerinden biridir. Bu çalışmada hız ve doğruluk açısından diğer algoritmalarından daha üstün performans gösteren YOLOv3 nesne tanıma algoritması kullanılarak pet ve cam şişe tespiti yapılmıştır.

5.1 Geliştirilen Sistem

Gerçekleştiren çalışmada Şekil 8’de gösterilen sistem mimarisi kullanılmıştır. Bu mimari genel olarak 3 bölümden oluşmaktadır.

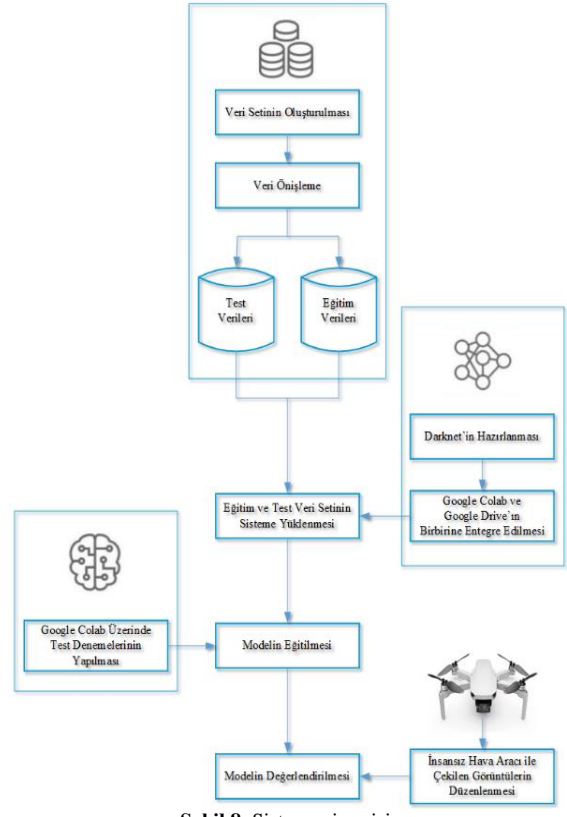
Birinci bölümde veri seti oluşturulmaktadır. İnternet ortamından elde edilen içerisinde pet ve cam şişelerin bulunduğu veri seti için kullanılacak 2250 görüntü belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada her bir görüntüye ait nesne etiketleme dosyaları YOLOv3 formatına uygun olarak düzenlenmiştir. Bu düzenleme işleminden sonra veri setinin %70’i eğitim, %30’u da test verisi olmak üzere ikiye ayrılarak sisteme yüklenmiştir.

İkinci bölümde DarkNet dizin kurulumu, Makefile konfigürasyonu ve NVIDIA ekran kartı için CUDA kurulumu yapıldıktan sonra Colab arayüzü ile Google Drive’ın birbirine entegre işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde ayrıca eğitim işlemine geçilmeden önce YOLOv3 standart ağırlıkları Colab ortamına yüklenmiş ve tüm veriler eğitim işlemine hazır hale getirilmiştir.

Üçüncü bölümde ise oluşturulan veri seti, YOLOv3 standart ağırlık dosyası ve diğer gerekli veriler kullanılarak evrimsel sinir ağı vasıtasıyla nesne tanıma için gerekli eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. Uzun süren eğitim işlemi ile değerlendirme işleminde kullanılacak ağırlıklar belirlenmiş ve değerlendirme işlemine geçilmiştir.

Değerlendirme işleminin gerçekleştirilmesi için İHA tarafından çekilen görüntüler kullanılmıştır. Bu görüntüler Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu kampüs alanında belirlenen coğrafi bölgede çekilmiştir. DJI firmasının ürettiği Mavic Air 2 İHA ile farklı yerlerde belirlenen yükseklikten çekilen içerisinde cam ve pet şişelerin bulunduğu görüntüler kullanılmıştır. Bu görüntüler incelenmiş, belirlenen 50 görüntü ve eğitim sonucunda bulunan ağırlıklar kullanılarak değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirme işlemi

sonucunda görüntülerdeki pet ve cam şişe nesnelerinin tespit işlemi yapılmıştır. Tüm görüntü dosyaları tek tek değerlendirme işlemine tabi tutulmuş ve değerlendirme sonuçları elde edilmiştir [28].



Şekil 8. Sistem mimarisi.

5.2 Kullanılan Veri Seti

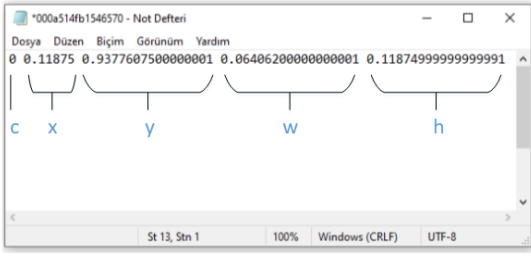
Evrimsel sinir ağları kullanılarak nesne tespiti çalışmaları için son yıllarda farklı veri setleri geliştirilmiştir. Nesne tanıma ve sınıflandırma işleminin başarılı olabilmesinin ön şartı kullanılan veri setleridir. Veri setlerindeki görüntü dosya sayısı arttıkça nesne tanıma doğruluğu da artmaktadır. Daha doğru sonuçlar elde etmek için çalışmamızda çok fazla görüntü dosyası kullanılarak veri seti oluşturulmuştur. Veri seti için çok fazla miktarda görüntü dosyasının toplanması ve etiketlenmesi uzun zaman alacağından bu işlem için kategori bazında hazırlanmış hazır veri seti kullanılmıştır.

Çalışmamızda, Google Open Image hazır veri setinden, içerisinde pet ve cam şişe bulunan 2250 görüntü ve bu görüntülere ait YOLOv3 formatına dönüştürülmüş etiketleme dosyaları kullanılarak veri seti oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri setinde rastgele olarak verilerin %70’i eğitim, %30’u ise test verisi olarak belirlenmiştir.

5.3 Veri Etiketleme

Veri setinde kullanılan her bir görüntü dosyası için oluşturulan txt uzantılı etiketleme dosyasında, görüntü dosyasında etiketlenen bir veya birden fazla nesneye ait koordinat ve sınıf bilgileri bulunmaktadır. Şekil 9’da “txt” uzantılı etiketleme yapılmış örnek veri dosyası içeriği gösterilmiştir.



Şekil 9. Etiketlenmiş örnek veri dosyası içeriği.

Şekil 9’da gösterilen dosya içeriğinde tespit edilecek nesneye ait beş bilgi rakamsal olarak görülmektedir. Bu bilgiler; **c**: ait olduğu sınıf, **x**: etiketlenen bölgenin merkez noktasının x koordinatı, **y**: etiketlenen bölgenin merkez noktasının y koordinatı, **w**: etiketlenen bölgenin genişliği, **h**: etiketlenen bölgenin yüksekliğidir.

5.4 Kullanılan Yöntem

Veri seti hazırlandıktan sonra eğitim işlemine geçmek için öncelikle eğitim ön işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Eğitim ön işlemleri ile gerekli tüm dosyalar yüklenip eğitim işlemi için gerekli ayarlar yapıldıktan sonra eğitim işlemi aşamasına geçilir.

Bu çalışmamızda eğitim işlemi gerçekleştirilmek için YOLOv3 derin öğrenme algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma ile eğitimin gerçekleşmesi için Google Research tarafından sağlanan Colabrotory (Colab) hizmeti kullanılmıştır. Colab vasıtasıyla eğitim işlemlerinde gerekli olan yüksek hızlı ram ve işlemci ile işlemlerin istenilen sürede ve sağlıklı gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.

5.5 Eğitim İşlemleri

Eğitim işlemi, evrimsel sinir ağı tarafından veri seti ve standart YOLOv3 ağırlıkları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sonunda son ağırlık değerleri hesaplanmış ve bu ağırlıklar değerlendirme işleminde kullanılmıştır. Eğitimin süresi, kullanılan grafik işlemci birimi (GPU) ve seçilen veri setinin büyüklüğüne göre değişir. Hızlı ve kaliteli grafik işlemci birimi kullanılması eğitim süresini kısaltırken, çok fazla görüntü dosyasından oluşan büyük veri seti kullanılması ise eğitim süresini uzatır. Eğitim süresini uzatan bir diğer etken ise ağırlıkların istenilen değere düşmemesi sonucunda eğitimin sürekli tekrarlanmasıdır.

Eğitim işleminin sonucunda toplam hata ve ortalama hata (avg loss) değerlerinin mümkün olduğunca sıfıra yakın olması istenmektedir. Eğer toplam hata ve ortalama hata değerleri sıfıra yakınsamıyorsa nesne tespitinde istenilen başarı elde edilemez. Bu çalışmada eğitim işlemi için 3000 iterasyon gerçekleştirilmiştir. Bu işlem ile ağırlıklar 3000 defa güncellenmiştir. İşlem sonucunda hesaplanan toplam hata ve ortalama hatanın sıfıra yaklaştığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda toplam hata ve ortalama hata değerlerinin 2’nin altına düşmesi durumunda yapılan eğitimin başarılı olduğu kabul edilmektedir.

Şekil 10’da tüm eğitim süreci boyunca hata değerlerinin değişim grafiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde başlangıçta yüksek olan hata değerlerinin eğitimin sonuna doğru sıfıra yaklaştığı görülmektedir.

Eğitim 3000 iterasyon sonucunda tamamlanmış ve nesne tespitinde kullanılacak ağırlık değerleri elde edilmiştir. Nesne tespiti için elde edilen bu ağırlık değerleri yolov3_custom_final isimli weight uzantılı bir dosya halinde kaydedilmiştir. Bu dosya gelecekte yapılacak test işlemlerinde uzun süren eğitim işlemine gerek kalmadan kullanılabilir [28].



Şekil 10. Eğitim süreci hata (loss) / iterasyon grafiği.

5.6 Nesne Tespit Test İşlemleri

Nesne tespit test işlemlerini gerçekleştirmek için eğitim işlemi sonucunda oluşturulan yolov3_custom_final isimli weight uzantılı dosya kullanılmıştır. Bulunan ağırlık değerleri doğal ortamlarda çekilen içerisinde cam ve pet şişelerin bulunduğu 50 adet görüntü dosyası ile test edilmiştir.



Şekil 11. Görüntü çekimlerinin yapıldığı coğrafi bölge.

Bu çalışmada, ekosistem için sorun teşkil eden pet ve cam şişe atıklarının tespiti için, Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO kampüs alanında belirlenen coğrafi bölge içerisinde üç farklı ortamda 3 metre yükseklikten çekilen görüntüler kullanılmıştır. Daha yüksekten görüntü elde edildiğinde nesnenin boyutu da buna bağlı olarak küçülmekte bu da nesne tespit işlemi sonucunda doğruluk oranını düşürmektedir. Şekil 11’de görüntü çekimlerinin yapıldığı coğrafi bölge görülmektedir.



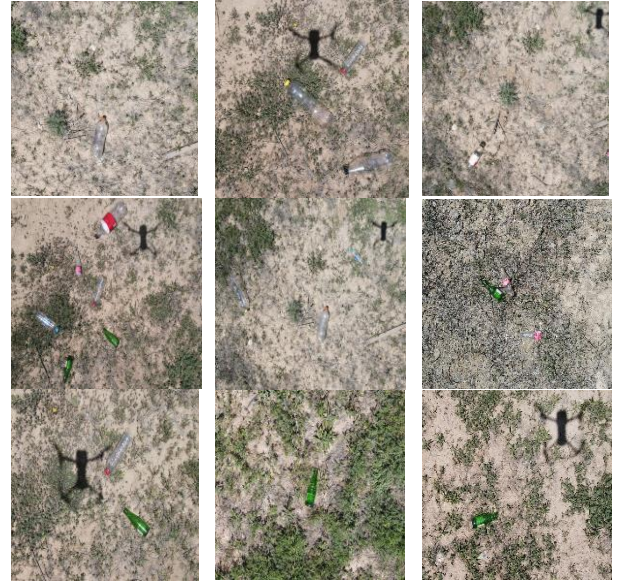
Şekil 12. Nesne tespit test görüntülerinin çekildiği ortamlar.

Şekil 12’de görüldüğü gibi nesne tespit test işlemleri için üç farklı ortam kullanılmıştır. 1. ortam yeşiliklerin fazla olduğu, 2. ortam toprak yapısının fazla olduğu, 3. ortam ise gri toprak yapısının olduğu ortamdır. Farklı ortamlar kullanılması nesne tespit işlemimizin güvenilirliğini ve doğruluğunu arttırmaktadır.

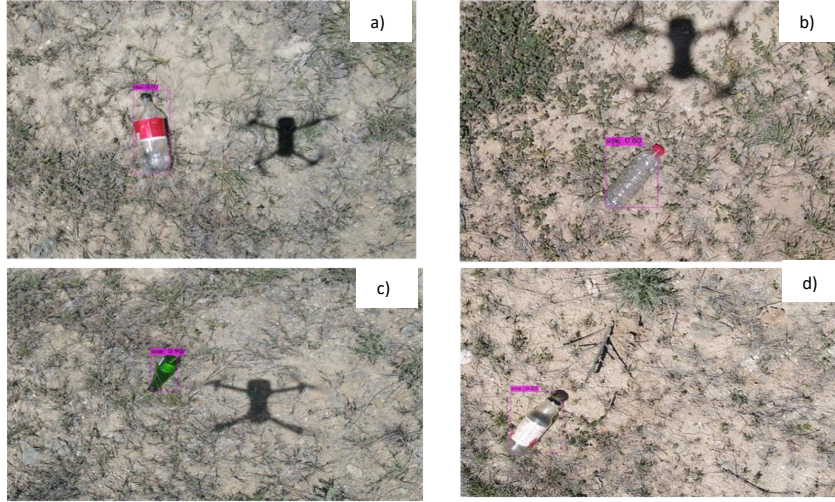
Üç farklı ortamda İHA tarafından çekilen görüntüler kullanılarak nesne tespit test işlemleri yapılmış ve test işlemleri sonucunda görüntülerdeki pet ve cam şişe nesnelerinin tespiti yüksek doğruluk oranlarıyla gerçekleştirilmiştir.

Nesne tespit işlemi için İHA ile doğal ortamda çekilen 50 görüntü kullanılmıştır. Bu görüntüler içerisinde seçilen örnekler Şekil 13’te görülmektedir.

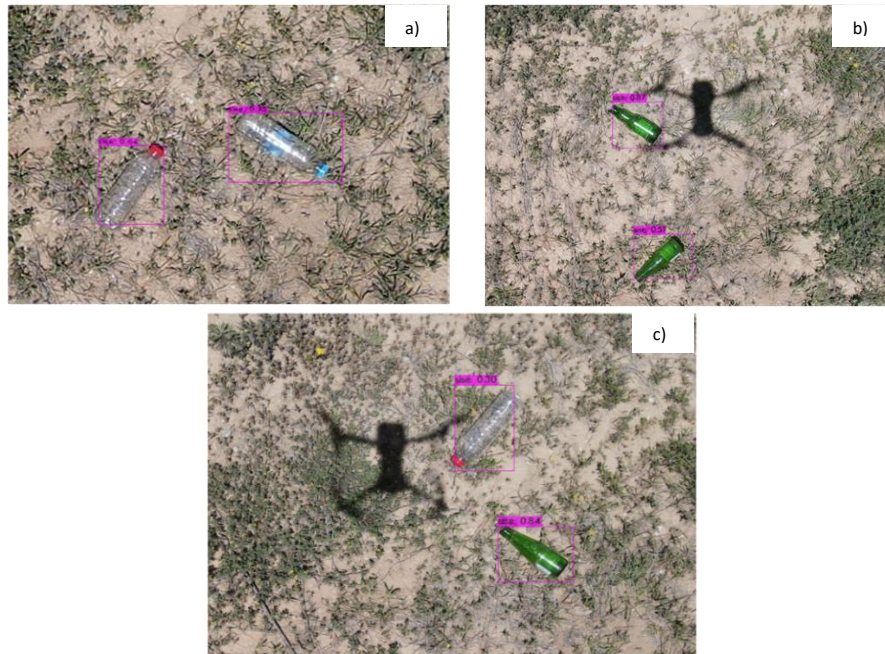
Şekil 14’te farklı ortamlarda bulunan cam ve pet şişelerin nesne tespit test sonuç görüntüleri verilmiştir. Çevreye atılmış cam ve pet şişelerin, Şekil 14(a)’da %90, Şekil 14(b)’de %80, Şekil 14(c)’de %90, Şekil 14(d)’de ise %85, doğruluk oranı ile tespiti gerçekleştirilmiştir.



Şekil 13. Nesne tespiti yapılan örnek görüntüler.



Şekil 14. Tek nesnenin bulunduğu farklı ortamlarda pet ve cam şişe tespiti.



Şekil 15. İki nesnenin bulunduğu farklı ortamlarda pet ve cam şişe tespiti.

Şekil 15’te iki nesnenin bulunduğu farklı ortamlarda cam ve pet şişelerin nesne tespit test sonuç görüntüleri verilmiştir. Çevreye atılmış birden fazla cam ve pet şişelerin, Şekil 15(a)’da %64 ve %73, Şekil 15(b)’de %87 ve %51, Şekil 15(c)’de ise %84 ve %30 doğruluk oranı ile tespiti gerçekleştirilmiştir.

Tüm nesne tespit test sonuçları incelendiğinde İHA ile çekilmiş 50 adet görüntüde bulunan 143 nesnenin 84 tanesi tespit edilerek %58.74 oranında tespit başarısı sağlanmıştır. İçerisinde tek bir nesnenin bulunduğu görüntülerde ise bu oran %100 dür. Ayrıca çekilen görüntülerin tamamına yakınında çok yüksek doğruluk oranıyla görüntüdeki nesnenin şişe olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde nesne tespitini belirleyen en önemli etkenlerin nesnenin yapısı, görüntünün çekildiği yerin yapısı, nesnenin boyutu ve görüntüde bulunan nesne sayıları olduğu görülmüştür. Bu etkenler değiştirilerek daha başarılı sonuçlar elde edilebilir [28].

6 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada YOLOv3 algoritması kullanılarak ekosistemin korunması için çevreye birçok açıdan zarar veren pet ve cam şişelerin tespit işlemi gerçekleştirilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda YOLOv3 algoritmasını değerlendirmek için değerlendirme metrikleri hesaplanmış ve ortalama doğruluk değeri (mAP) 0.84816, kesinlik değeri 0.87, duyarlılık değeri 0.76 ve F-Score değeri de 0.81 olarak bulunmuştur. Tablo 1’de performans değerlendirmesi için hesaplanan karmaşıklık metrikleri ve matematiksel denklemleri birlikte sunulmuştur [16].

Tablo 1. Karmaşıklık metrikleri ve performans kriterleri [16]

Performans Kriterleri	Denklem	Karmaşıklık Metrikleri
Doğruluk	$\frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$	TP:Doğru Pozitif TN:Doğru Negatif FP:Yanlış Pozitif FN:Yanlış Negatif
Kesinlik	$\frac{TP}{TP + FP}$	
Duyarlılık	$\frac{TP}{TP + FN}$	
F-Score	$2 \times \frac{TP}{TP + FP + FN}$	

Belirlenen coğrafi bölgede İHA ile çekilen görüntüler üzerinde yapılan tespitler YOLOv3 algoritmasının pet ve cam şişe tespitinde kullanılabilirliğini desteklemiştir. Yapılan değerlendirme sonuçlarında 50 adet görüntü dosyasında bulunan 143 pet ve cam şişe nesnesinin yaklaşık %60’ı tespit edilmiştir. Bu oranın yeni geliştiren algoritmalar kullanılarak gelecekte yapılan çalışmalarda daha yukarılara çıkarılabileceği öngörülmektedir. Ayrıca görüntülerin tamamında en az bir cam veya pet şişe tespiti yapılarak istenilen amaca uygun başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Günümüz grafik işlemci birimleri derin öğrenmede eğitimin yapılabilmesi için gerekli hız ve

kaliteye sahiptirler. Bu sebeple nesne tespit başarısının artmasını sağlamak için eğitim için çok fazla sayıda görüntü dosyası kullanılabilir. Ne kadar fazla görüntü dosyası kullanılabilirse nesne tespit başarısı da o kadar artacaktır. Sosyal medyanın oldukça yaygın kullanıldığı günümüzde istenilen sayıda görüntü dosyasına ve nesne tespiti için hazırlanmış farklı kategorilerde hazır veri setlerine internet üzerinden rahatlıkla ulaşılabilir. Bu çalışmada kullanılan görüntüler Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu kampüs alanında belirlenen coğrafi bölgede önceden belirlenen yükseklikte İHA kullanılarak çekilmiştir. Literatürde pet ve cam şişe atıklarının tespiti ile ilgili benzer bir çalışmaya rastlanmamış olması bu çalışmayı anlamlı hale getirmiştir. Gelecekte bu çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak farklı coğrafi bölgelerde, farklı zemin yapılarında, nesne tespitinin yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca bu çalışma ilerleyen zamanlarda geliştirilip, İHA ile gerçek zamanlı nesne tespit uygulamaları gerçekleştirilerek ekosisteme zarar veren nesnelere daha hızlı tespit edilip çevreye verdiği zararlar en aza indirgenbilir.

Bu çalışmada kullanılan görüntüler Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu kampüs alanında belirlenen coğrafi bölgede önceden belirlenen yükseklikte İHA kullanılarak çekilmiştir. Literatürde pet ve cam şişe atıklarının tespiti ile ilgili benzer bir çalışmaya rastlanmamış olması bu çalışmayı anlamlı hale getirmiştir. Gelecekte bu çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alınarak farklı coğrafi bölgelerde, farklı zemin yapılarında, nesne tespitinin yapılabileceği görülmüştür. Ayrıca bu çalışma ilerleyen zamanlarda geliştirilip, İHA ile gerçek zamanlı nesne tespit uygulamaları gerçekleştirilerek ekosisteme zarar veren nesnelere daha hızlı tespit edilip çevreye verdiği zararlar en aza indirgenbilir.

Bilgilendirme

Bu makale Serkan Çelik’in “Derin Öğrenme Yöntemlerini Kullanarak İHA Görüntülerinden Çevresel Atık Tespiti” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Türkmen, B. A. (2020). Cam Ambalaj Üretiminde Çevresel Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1026-1037.
- [2] Yüce, A.E., & Kılıç, M. (2014). PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29.2, ss. 79-94.
- [3] Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ambalaj Bülteni. Retrieved June 11, 2022 from <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/ambalajbult-en-2020-20220226105845.pdf>.
- [4] Çamoglu, K., Akbayır, D., Yücelar, F., & Bayraklı, S. (2010). İnsansız Hava Araçlarının Genetik Algoritma Yöntemiyle Çoklu Hedeflere Planlanması. *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4(3).
- [5] Ekici, E. (2022). *Deep Learning Based Fruit And Vegetable Recognition for Android Pos Devices*. (Master’s dissertation, Istanbul Technical University).
- [6] Kabadayı, A., & Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 8-14.
- [7] Yanık, A., Güzel, M. S., Yanık, M., & Bostancı, E. (2021). Machine Learning Based Early Fire Detection System using a Low-Cost Drone. *arXiv preprint arXiv:2101.09362*.
- [8] Körez, A., & Barış, N. (2018, October). İnsansız hava aracı (İHA) görüntülerindeki yayaların faster R-CNN algoritması ile otomatik tespiti. In *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) (pp. 1-4)*. IEEE.

- [9] Kim, B., Yuvaraj, N., Sri Preethaa, K. R., & Arun Pandian, R. (2021). Surface crack detection using deep learning with shallow CNN architecture for enhanced computation. *Neural Computing and Applications*, 33, 9289-9305.
- [10] Doğan, M. (2019). *Bitkilerde Görülen Hastalıkların Derin Öğrenme Yöntemleriyle Tespiti ve Sınıflandırılması*. (Master's dissertation, Yalova University).
- [11] Öztürk, M. (2018). *Makine Öğrenmesi ve Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanarak Drone ile Yaprak Sınıflandırma*. (Master's dissertation, Istanbul Technical University).
- [12] Burgaz, M. (2020). *Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak İnsansız Hava Araçları İle Silah Tespiti*. (Master's dissertation, Batman University).
- [13] Güzel, Y. (2021). *Derin Öğrenme ile Yeşil Alanların Çıkarımı*. (Master's dissertation, Yıldız Technical University).
- [14] Albayrak, E., Yayla, R., & Yüzgeç, U. (2021). Mask R-CNN ile İHA Görüntülerinden Araç Tespiti. *International Symposium of Scientific Research and Innovative Studies*, 3.1, ss. 326-335.
- [15] Arvas, M. (2022). *Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Döner Kanatlı İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Haşhaş, Kenevir ve Tütün Bitkilerinin Tespiti*. (Master's dissertation, Van Yuzuncu Yil University).
- [16] Baydoğan, C., & Alataş, B. (2021) Çevrimiçi Sosyal Ağlarda Nefret Söylemi Tespiti için Yapay Zeka Temelli Algoritmaların Performans Değerlendirmesi. *Firat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 33(2), ss.745-754..
- [17] Başaran, G., & Cagıl, G. (2021). Koruyucu Gözlük Kullanımının Görüntü İşleme Yöntemiyle Tespit Edilmesi. *El-Cezeri*, 9(1), 86-95.
- [18] Çalışkan, D. (2022). *Derin Öğrenme Yöntemleri ile Şüpheli Davranış Tespiti*. (Master's dissertation, Marmara University).
- [19] Evren, E. (2020). *Otomotiv Sektöründe Saha Çalışanlarının Dijital Dönüşüm Kapsamında Güvenlik Yeleği Ve Baretlerinin Yapay Sinir Ağı Yöntemi İle Algılanması*. (Master's dissertation, Sakarya University).
- [20] Yıldırım, B., & Cagıl, G. (2020). Bir montaj parçasının derin öğrenme ve görüntü işleme ile tespiti. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 3(2), 31-37.
- [21] Murat, S. (2021). *İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Derin Öğrenme Yöntemleriyle Nesne Tanıma*. (Master's dissertation, Maltepe University).
- [22] Thuan, D. (2021). *Evolution of Yolo algorithm and Yolov5: The State-of-the-Art object detention algorithm*. (Master's dissertation, Oulu University).
- [23] Ketua, T. (2020). *Facial Expression Detection and Recognition System with Yolo Algorithm and Convolutional Neural Network*. (Master's dissertation, Tarumanagara University).
- [24] İnkaya, M. F. (2021). *Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Güvenli Çocuk Oyun Alanlarında Karşılaştırmalı Tehlikeli Nesne Tespiti Yapılması*. (Master's dissertation, Bursa Technical University).
- [25] Mao, Q. C., Sun, H. M., Liu, Y. B., & Jia, R. S. (2019). Mini-YOLOv3: real-time object detector for embedded applications. *Ieee Access*, 7, 133529-133538.
- [26] Azimjonov, J. (2021). *Kavşak ve Karayollar için Gerçek Zamanlı Görüntü Tabanlı Trafik Akış Bilgisi Hesaplama Sistemlerinin Geliştirilmesi*. (Doctoral dissertation, Bursa Technical University).
- [27] Havuç, E., Alpak, Ş., Çakırel, G., & Baran, M. K. (2021). Derin Öğrenme Vasıtasıyla Masa Tenisi Topu Takibi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 629-635.
- [28] Çelik, S. (2022) *Derin Öğrenme Yöntemlerini Kullanarak İHA Görüntülerinden Çevresel Atık Tespiti*. (Master's dissertation, Firat University).



INVESTIGATION OF MAXIMUM POWER POINT TRACKING METHODS IN PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Leyla Karagözoğlu^{*1} , Zeynep Bala Duranay¹ 

¹Firat University, Technology Faculty, Electrical Electronics Engineering Department, 23119, Elazığ, Turkey

Abstract

Original scientific paper

Photovoltaic systems are one of the popular renewable energy sources as an alternative to fossil sources. Output power and efficiency of photovoltaic systems vary depending on changing environmental conditions. Finding the maximum power point during these changes has been an important problem. Because, operating the system at maximum power has a significant impact on overall system efficiency. Therefore, photovoltaic systems should be operated around the maximum power point to increase both power drawn and their efficiency. There are numerous methods for controlling the maximum power point. As input variables in these methods, factors such as open circuit voltage, short circuit current, radiation intensity, wind speed, and module temperature can be used. Furthermore, the complexity, cost, stability, convergence, and other characteristics of these maximum power point tracking methods vary. It has a variety of properties. As a result, determining the best maximum power point tracking method to use during the system's design phase is critical. Maximum power point tracking methods are classified into four categories in this study: traditional, smart, optimization, and hybrid. The benefits and drawbacks of these methods are determined, and their basic equations are provided. When these methods are examined, it is seen that the system efficiency approaches 100% when smart, optimization and hybrid methods are used.

Keywords: Photovoltaic, maximum power, maximum power point, renewable energy.

FOTOVOLTAİK SİSTEMLERDE MAKSİMUM GÜÇ NOKTASI İZLEME YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Fotovoltaik sistemler, fosil kaynaklara alternatif olan popüler yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. Fotovoltaik sistemlerin çıkış gücü ve verimlilikleri değişen çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Değişen çevre koşullarına bağlı olarak fotovoltaik sistemin çıkış gücünde de değişim meydana gelmektedir. Bu değişimler sırasında maksimum güç noktasını bulmak önemli bir sorun oluşturmuştur. Çünkü sistemin maksimum güç noktasında çalıştırılması verimi büyük ölçüde etkilemektedir. Bu yüzden fotovoltaik sistemler verimliliklerinin artırılması için maksimum güç noktası etrafında çalıştırılmalıdır. Maksimum güç noktasının kontrolü için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde giriş değişkeni olarak açık devre gerilimi, kısa devre akımı, ışınım şiddeti, rüzgar hızı, modülün sıcaklığı gibi faktörler kullanılabilir. Ayrıca bu maksimum güç noktası izleme yöntemleri karmaşıklık, maliyet, kararlılık durumu, yakınsama vb. birçok açıdan farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle sistemin tasarımı aşamasında kullanılacak maksimum güç noktası izleme yöntemi önem kazanmaktadır. Bu çalışmada maksimum güç noktası izleme yöntemleri geleneksel, akıllı, optimizasyon ve hibrit yöntemler olarak dört kategoride sınıflandırılmıştır. Bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları belirlenmiş ve temel denklemleri verilmiştir. Bu yöntemler incelendiğinde akıllı, optimizasyon ve hibrit yöntemler kullanıldığında sistem veriminin %100'e yaklaştığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, maksimum güç, maksimum güç noktası izleme, yenilenebilir enerji.

1 Giriş

Fotovoltaik (FV) sistemler, yüzeyine gelen güneş ışınlarını, doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bu enerji dönüşümü içerisinde herhangi bir hareketli parça bulunmamaktadır. FV sistemler diğer adıyla güneş pilleri olarak da adlandırılırlar [1].

Fotovoltaik kelimesi, Yunancada ışık kelimesini ifade eden 'photo' ve elektrik alanındaki öncü mucitlerden biri olan 'Alessandro Volta' nın adından ilham alınarak oluşturulmuş, voltaj anlamına gelen 'voltaic' kelimesinin birleşmesinden meydana gelmiştir [2].

İlk defa 1839 yılında Fransız bir fizikçi olan Alexandre Edmond Becquerel tarafından yapılan

*Corresponding author.

E-mail address: leylakaragozogl@gmail.com (L. Karagözoğlu)

Received 27 November 2022; Received in revised form 17 March 2023; Accepted 18 March 2023

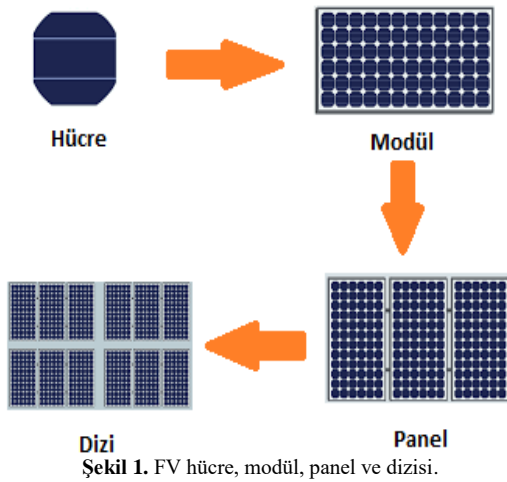
2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1210658>

deneyde, elektrolit içerisine daldırılan elektrotlar arası gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğu gözlemlenerek, FV etkisi keşfedilmiştir [3].

Kare, dikdörtgen ve daire şeklinde biçimlendirilmiş yüzeylere sahiptirler. Yaygın olarak kullanılan silisyum güneş pillerinin alanları yaklaşık 100cm^2 ' dir ve kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasında değişmektedir. FV sistemlerde verim güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5-70 arasında değişmektedir [4].

Sistem çıkışındaki gücün artırılması amacıyla, güneş pilleri paralel ya da seri olarak bağlanmaktadır. Oluşturulan bu yapılar FV modül olarak adlandırılmaktadır. Şekil 1' de gösterildiği gibi FV hücreler birleşerek FV modülleri oluştururlar. FV modüller de seri veya paralel bağlanarak panelleri, paneller de birleştirilerek dizileri oluşturmaktadır [4, 5].



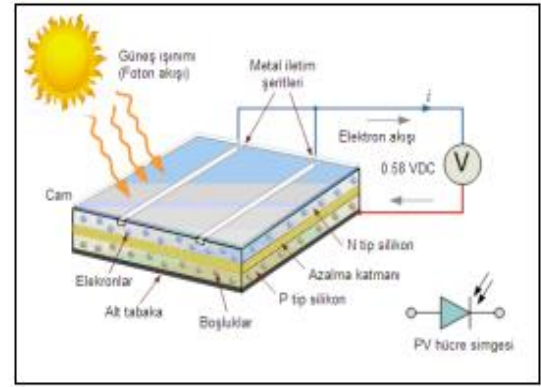
1.1 Fotovoltaik Sistemlerin Yapısı

Bu sistemlerin en küçük birimi güneş hücreleri olup, sistem yarı iletken malzemelerden meydana gelmektedir. Genellikle hücre yapımında silisyum (Si), amorf silisyum (a-Si), kadmium tellür (CdTe), bakır indiyum selenoid (CIS), bakır indiyum galyum selenoid (CIGS) yarı iletken malzemeler tercih edilmektedir [6, 7].

Bu malzemelerin tercihinde, verimlilik değeri önem arz etmektedir. Laboratuvar şartlarında, hücrelerin verim değerleri, kristal silikon %25, ince film teknolojisi %22 ve gelişmekte olan diğer hücreler %22 şeklindedir [8].

Bu yarı-iletken maddeler "n" ya da "p" tipi katkılandıktan sonra güneş pili olarak kullanılabilir. Şekil 2' de gösterilen güneş pillerinde, tercih edilen katkı maddeleri, saf yarı iletken eriyik içine ayarlı bir şekilde ilave edilerek katkılama işlemi gerçekleştirilir.

Katkı maddesi ile elde edilecek olan yarı-iletken maddenin "n" ya da "p" tipi olması belirlenmektedir. Güneş pillerinde yaygın olarak kullanılan silisyum maddesinden n tipi silisyumu oluşturmak için periyodik cetvelin 5. grubundaki bir element (fosfor, vs.) silisyum eriyiğine eklenmektedir. Silisyum ve fosfor elementleri, dış yörüngelerinde sırasıyla 4 ve 5 elektron bulundurmaktadır. Fosfor elementi fazla olan bir elektronunu kristal yapıya vermektedir. Bu sebeple 5.grup elementlerine "verici" ya da "n tipi" katkı maddesi denilmektedir.



Şekil 2. FV hücrenin yapısı [9]

Silisyum eriyiğine 3. grup elementlerinden (alüminyum, indiyum, bor vs.) biri ilave edildiğinde p tipi silisyum oluşmaktadır. 3. grup elementlerinin dış yörüngelerinde 3 elektron olduğu için kristalde bir elektron eksik olarak bulunur. Bu durumdaki elektron eksikliği hol ya da boşluk olarak adlandırılmaktadır ve pozitif yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu sebeple 3. grup elementlerine "alıcı" veya "p tipi" katkı maddesi denilmektedir.

"p" veya "n" tipi ana malzemeye, ihtiyaç duyulan katkı maddesinin eklenmesiyle yarı iletken eklemler oluşmaktadır. Çoğunluk taşıyıcıları, "n" tipi yarı iletken elektronlar, "p" tipi yarı iletken hollerdir. Başlangıçta p ve n tipi yarı iletken maddeler elektriksel bakımdan nötrdür.

Pn eklemi oluştuğunda, n tipi çoğunluk taşıyıcıları, p tipi çoğunluk taşıyıcılarına doğru akım oluşturmaktadır. Yük dengesinin oluşmasına kadar, her iki alanda da bu olay devam etmektedir. Pn tipi maddenin eklem bölgesinde, yani ara yüzeyinde p bölgesinde negatif yük birikirken, n bölgesinde pozitif yük birikmektedir. Bu eklem bölgesine "yükten arındırılmış bölge" veya "geçiş bölgesi" denilmektedir. Bu geçiş bölgesindeki elektrik alanı ise "yapısal elektrik alan" denilmektedir. Eklem bölgesinde FV dönüşüm sağlanarak yarı iletken eklem, güneş pili olarak çalıştırılmaktadır [10, 11].

FV dönüşüm iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk olarak eklem bölgesi üzerine düşen ışık, elektron-hol çiftlerinin oluşmasını sağlamaktadır. Daha sonra ise bu elektron-hol çiftleri, bölgedeki elektrik alan sayesinde birbirinden ayrılmaktadır [12].

1.2 Bağlantı Şekline Göre Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemleri

Şebekeye bağlanma durumlarına göre fotovoltaik elektrik enerjisi üretim sistemleri, şebeke bağlantılı ve şebekeden bağımsız olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir.

Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler, şebeke hatlarına yakın olan alanlarda kullanılmakta olup, güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi, mevcut elektrik şebekesine aktarılarak, sisteme katkı sağlanır.

Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistemler ise, şebekeye erişim sağlanamayan bölgelerde, elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılmaktadır.

Her iki fotovoltaik sistemde de, güneşten gelen fotonların, fotovoltaik panellere ulaşması ile DA enerji üretilir.

Şebeke bağlantılı sistemlerde, üretilen bu enerji inverterler yardımı ile AA güce çevrilip, şebekeye aktarılmaktadır.

Şebekeden bağımsız sistemlerde ise, üretilen enerji, şarj kontrol cihazı üzerinden akülerde DA olarak depolanmakta ve ihtiyaç duyulduğunda, inverter yardımı ile AA'ya dönüşürülerek kullanılmaktadır.

1.3 Fotovoltaik Panellerin Performansın Etkileyen Faktörler

FV sistemler, güneş enerjisinden elektrik enerjisinin üretilmesinde kullanılmaktadırlar. Bu sistemlerin performansı çevresel koşullara bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. FV sistemlerin verimleri sıcaklık, konum, temizlik, bakım, yüzey parametresi, gölgelenme gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Yarı iletken malzemenin güneş ışınlarıyla teması neticesinde, atom içerisindeki elektronlar serbest kalıp, elektrik akımına sebep olurlar. Fakat güneş ışınlarının elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ışık fotonlarının yarı iletken geçiş bölgesine düşürülmesi ile sağlanır. Bu sebeplerden ötürü, panel yüzeyine ulaşan ışınların yansıtma oranı, diğer bir deyişle yüzey parametresi önemli bir faktördür [1].

FV panel sıcaklığı artınca, güneş pilinin kısa devre akımı artar. Sıcaklık artışı panel performansını etkileyip, yarı iletken enerji bant aralıklarının düşüşüne sebep olur ve devrenin gerilimi de düşer. Gerilim değerindeki düşüş akım değerindeki artıştan daha fazla olduğu için çıkış gücünde azalır [1, 13].

Dünyanın kendine has şekli nedeniyle dolayı güneş ışınlarının yüzeye geliş açısı, konuma bağlı olarak değişir. Güneş kendi etrafında dönerken, dünyaya gelen güneş ışınlarının, kuzey ve güney yarımkürelere bakan yönleri farklı olur. Kuzey yarımkürede yön güneye tarafken, güney yarımkürede yön kuzey tarafıdır.

FV panel yüzeyine güneş ışınlarının düşmesi ile enerji dönüşümü gerçekleşmektedir. Bu nedenle sistem performansı, FV panellerin güneş ışınlarına maruz kaldığı süre ile paralel bir şekilde olumlu etkilenecektir [14, 15].

FV sistemlerde, paneller güneş ışınlarını dik ve homojen alacak şekilde yerleştirildiğinde en iyi performans elde edilmektedir. Bu sebeple, panellerin yerleşim yeri önemli olmaktadır. Ayrıca gölgelenmeyi önlemek ve panellerin güneş ışınlarından daha fazla yararlanmasını sağlayabilmek için paneller arka arkaya ya da yan yana yerleştirilebilmektedir [16].

Ön yüzeyleri cam olan FV sistemler rüzgar, yağmur, kar gibi kötü hava koşullarından etkilenirler. FV sistem yüzeyinde farklı çevresel koşullara bağlı olarak oluşan toz ve kirler, FV panelin güneş ışınlarından yararlanma alanını azaltmaktadır. Bu nedenle sistemde gölgelenme etkisi görülmektedir ve bu gölgelenmenin sisteme negatif etkisi bulunmaktadır [17, 18].

FV sistem performansını, hem FV panel yüzeyine düşen güneş ışınlarının miktarına, hem de bu ışınların geliş açısına bağlı olarak değiştiği yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, güneş ışınlarının FV panel yüzeyine dik açı ile düştüğü durumlarda,

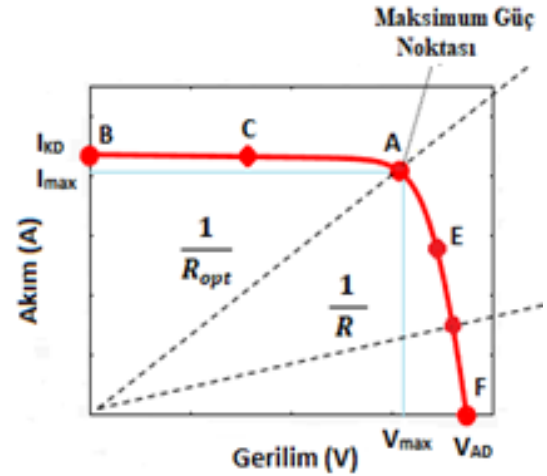
sistemden en yüksek üretim sağlanmaktadır. Bu yüzden, sistem performansını artırmak amacıyla FV panel yüzeyine düşen güneş ışınlarının dik olacak şekilde yönlendirilmesi gerekir. Fakat devamlı bir hareket halinde olan güneş ışınlarının, panel yüzeyine dik konumlandırılması mümkün olmamaktadır. Bu yüzden güneş takip sistemleri geliştirilmiştir.

Güneş takip sistemleri, güneşin konumunu takip eden ve FV panel yüzeyine düşen güneş ışınlarının, sürekli dik açıyla tutulmasını sağlayan sistemlerdir.

Bu çalışmada, panel performansını etkileyen parametreler göz önüne alınarak, güneş ışınından yüksek seviyede fayda elde edebilmek için kullanılan çeşitli maksimum güç noktası izleme yöntemleri (MGNİ) incelenerek, bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Böylece, tasarlanacak sisteme uygun MGNİ tekniğinin belirlenmesine katkı sağlanmış olacaktır.

2 Maksimum Güç Noktası

Bölüm 1.1' de bahsedildiği gibi, güneş ışımında FV sistem uçlarında pozitif bir potansiyel fark oluşmaktadır ve sistem pozitif bir akım verebilmektedir. FV panel uçlarına bir değişken direnç yükü bağlanırsa, bu yükün çalışma noktası, karakteristik eğrinin üzerinde olur. Şekil 3' de gösterilen FV panel karakteristik eğrisinin eğimi $I/V=1/R$ olmaktadır ve yüke aktarılan gücün miktarı yalnızca yük direncine bağlı olarak değişmektedir [19].



Şekil 3. FV modül akım-gerilim karakteristiği.

FV panelin akım-gerilim karakteristiğinde, R direncinin küçük olduğu değerlerde, FV sistem B-C noktaları arasında sabit bir akım kaynağının davranışını göstererek çalışmaktadır. R direncinin çok büyük olduğu değerlerde ise, FV sistem E-F noktaları arasında sabit bir gerilim kaynağının davranışını göstererek çalışmaktadır [20].

FV sistemlerde modül için en verimli çalışma noktası A noktasıdır. A noktası MGN olarak adlandırılmaktadır. MGN' da çalışma durumunda, panelden elde edilen verim de maksimum olmaktadır. Denklem 1' de sistemden çekilen MG değerinin akım ve gerileme bağlı denklemi gösterilmiştir.

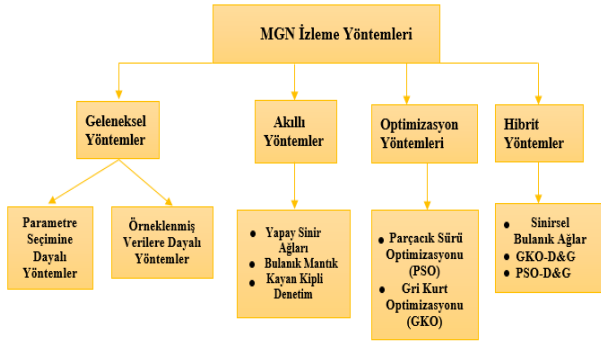
$$P_{max} = I_{max} \cdot V_{max} \quad (1)$$

3 Maksimum Güç Noktası İzleme Yöntemleri

Bir FV sistemin çıkış karakteristiği doğrusal değildir. FV panellerin maksimum güç noktası, Bölüm 1.2' de bahsedildiği gibi, FV güç üretim sistemlerinin verimliliklerini düşürmektedir. Yükün çalışma noktası, çevresel koşullara bağlı olarak değiştiği için, daima FV sistemin maksimum güç noktasını göstermemektedir. Yükün talep ettiği gücü sağlamak için, FV sistemlerde gerekenden fazla modül içeren sistem tasarlanmaktadır. Bu ise FV sistemin maliyetini artırmaktadır ve önemli miktarda enerji kayıplarına neden olmaktadır.

Hem bu olumsuzluğu gidermek hem de sistem çıkışında yüksek verim almak için, FV panel maksimum güç noktasında çalıştırılmalıdır. Belirli şartlar altında FV sistemden maksimum güç elde etmeyi sağlayan ve şarj kontrol cihazlarına dahil edilen algoritmalar ile sistem maksimum güç noktasında çalıştırılabilmektedir. Bu amaçla MGNİ yöntemleri kullanılmaktadır. MGNİ yöntemi, FV sistemin gerilim ve akımını izleyerek çıkış gücünü kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır [20, 21].

FV çıkış gücünü maksimum yapmak ve üretim verimliliğini iyileştirmek için Şekil 4' de gösterildiği gibi birçok farklı MGNİ yöntemi bulunmaktadır.



Şekil 4. Bazı MGNİ yöntemlerinin basitleştirilmiş sınıflandırılması.

3.1 Geleneksel MGNİ Yöntemleri

Yaygın olarak kullanılan, geleneksel MGNİ yöntemleri parametre seçimine dayalı kontrol yöntemleri ve örneklenmiş verilere dayalı kontrol yöntemleri olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir.

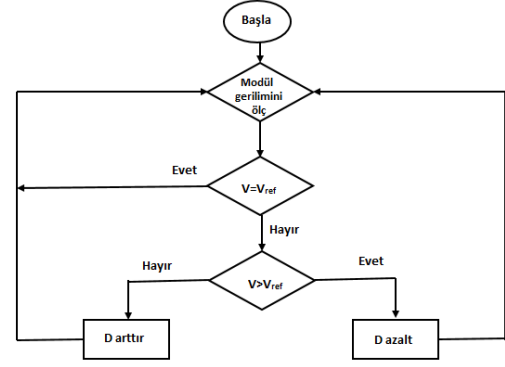
3.1.1 Parametre Seçimine Dayalı Yöntemler

Bir FV panelin kendine özgü fiziksel parametreleri, ışınlama ve çalışma sıcaklığı ölçümleriyle birlikte, optimize edilmiş bir matematiksel modelin kurulmasına izin vermektedir. Bu tür modeller, belirli çalışma koşullarında, panelin P-V ve I-V karakteristik eğrilerinin tahminini sağlamaktadır. Böylece maksimum güç noktasını da belirlemektedir. Bu kategorideki kontrol yöntemlerinden bazıları, sabit gerilim algoritması, açık devre gerilim algoritması, kısa devre akım algoritması vb. dir [22].

3.1.1.1 Sabit Gerilim Algoritması

Bu algoritma, MGNİ' yi izlemede kullanılan en basit kontrol yöntemlerinden biridir. Panel gerilimine ait geri besleme ile sabit bir referans gerilim (V_{ref})

karşılaştırılması sonucu oluşan sinyal, FV modülün çalışma noktasını MGN yakınında tutabilmek için DA-DA dönüştürücünün görev oranını ayarlamaktadır. Burada kullanılan referans gerilim değeri, modülün maksimum gerilim değerine ya da hesaplanmış en iyi sabit gerilim değerine eşit olabilecek şekilde ayarlanmaktadır. Bu yöntemlerde, maksimum güç noktasının, açık devre geriliminin %72-78 aralığında olması sağlanmaktadır [23]. Şekil 5' de sabit gerilim algoritmasının akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 5. Sabit gerilim algoritmasının akış diyagramı [23].

Denklem 2' de referans gerilim değerinin K_c ve V_{oc} değerleri ile olan bağlantısı gösterilmiştir. Burada K_c değeri 0.72-0.78 arasında değişen, panelin özelliklerine bağlı bir katsayıdır, V_{oc} ise açık devre gerilimini ifade etmektedir.

$$V_{ref} = K_c \times V_{oc} \quad (2)$$

$V=V_{ref}$ oranını ayarlayabilmek için K_c ve V_{ref} değerleri bir örnekleme periyodu boyunca hesaplanmaktadır ve sabit tutulmaktadır. Daha sonraki örneklemede tekrar V_{oc} ölçülmekte ve her ölçümde aynı işlem tekrarlanmaktadır. Bu yöntemin avantajı basit olmasıdır. Ayrıca yalnızca bir geri besleme kontrolü gerekmektedir [24].

Sabit gerilim algoritması, özellikle büyük sıcaklık değişimlerinde, etkili bir şekilde MGN' ye ulaşamaz [22].

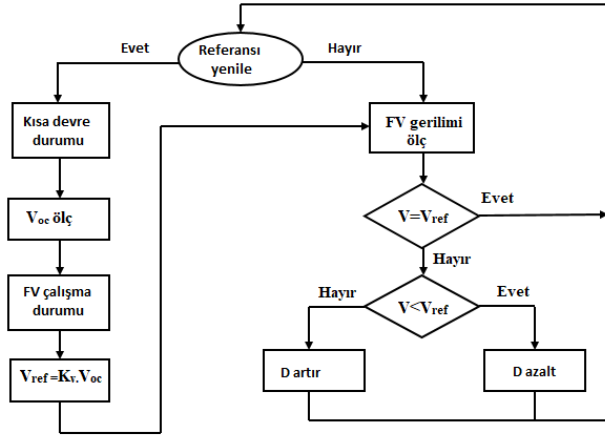
3.1.1.2 Açık Devre Gerilim Algoritması

FV panel geriliminin, sistemin MG gerilimine (V_{mg}) karşılık gelen referans gerilim değeri ile karşılaştırılmasıyla açık devre gerilim takibi gerçekleşmektedir. Burada gerilimin hatası, dönüştürücüde görev oranını kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır.

Denklem 3' de V_{mg} değerinin FV panelin açık devre gerilimi V_{oc} ile olan bağlantısı verilmektedir [8].

$$V_{mg} = K_v \times V_{oc} \quad (3)$$

Burada K_v panelin özelliklerine bağlı değişen bir katsayı olup, değeri 0.71 ve 0.78 aralığında değişmektedir. Hızlı takip etme özelliğine sahip bu yöntemin farklı hava şartlarındaki performansı zayıf kalmaktadır [22]. Şekil 6' da açık devre gerilimi algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 6. Açık devre geriliminin akış diyagramı [22].

3.1.1.3 Kısa Devre Akım Algoritması

FV panelin kısa devre akımı I_{sc} , çevresel koşullara bağlı olarak değiştiğinde, panelin MGN akımı I_m yaklaşık olarak I_{sc} ile doğrusal olarak değişmektedir. Denklem 4' te I_m akımı ve I_{sc} 'e akımı arasındaki doğrusal ilişki gösterilmiştir.

$$I_m = K_1 \times I_{sc} \quad (4)$$

Burada K_1 sabiti 1'den küçük bir değer olup, sıcaklık değerinden çok az etkilenmektedir. Literatürdeki K_1 değerleri 0.92 ile 0.94 arasında değişmektedir ve farklı FV paneller için bu değer farklı olmaktadır [25].

3.1.2 Örneklemiş Verilere Dayalı Kontrol Yöntemleri

Bu kategorideki yöntemler, maksimum güç noktasını, FV panelden aldığı gerilim, akım ve güç gibi örneklemiş verileri kullanarak izlemektedir. Bu yöntemler, herhangi bir FV modele dayanmaz ve pratikte uygulanması basittir. Bu yüzden yaygın olarak kullanılmaktadır.

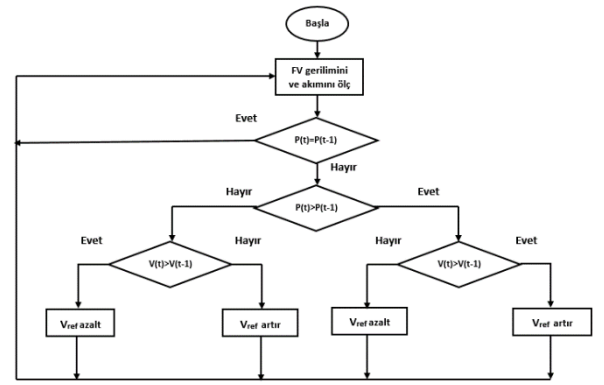
Örneklemiş verilere dayalı kontrol yönteminde en yaygın kullanılan algoritmalar, değiştir gözle ile artan iletkenlik algoritmasıdır [22, 26]. Genellikle bu yöntemler izleme doğruluğunu ve hızını daha da iyileştirmek için çeşitli akıllı algoritmalarla birleştirilmektedir.

3.1.2.1 Değiştir Gözle Algoritması

Değiştir Gözle (D&G) yönteminde ilk olarak güneş panelinin gerilimi ve akımı ölçülmekte ve buna bağlı olarak panel gücü (P_1) hesaplanmaktadır. Daha sonraki aşamada, gerilim değerindeki ya da görev oranındaki (D) küçük değişimler göz önünde bulundurularak yeniden güç (P_2) hesabı yapıp, hesaplanan P_1 ve P_2 güç değerleri birbiriyle karşılaştırılmaktadır.

Eğer P_2 gücü, P_1 gücünden daha büyükse, güç eğrisinin üzerinde hareket P_2 gücü tarafında devam edecektir. Fakat P_2 gücü, P_1 gücünden küçükse, bu durumda hareket ters yönde olacaktır.

Bu şekilde panele ait MGN (P_{mgn}) ve MGN' ye karşılık gelen gerilim (V_{mgn}) hesaplanmaktadır [26]. Şekil 7' de D&G algoritmasının akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 7. D&G algoritmasının akış diyagramı [26]

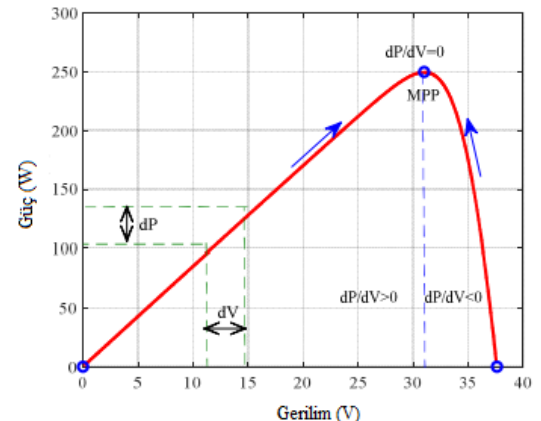
D&G yöntemi, hızlı değişen atmosferik şartlar altında (örneğin parçalı bulutlu bir havada), sapma gösterebilmektedir. Bu sapmanın nedeni, güç eğrisinin ani değişimlerinde yöntemin hareket yönünün bir önceki durum için seçilmiş olmasıdır. Bu nedenle eğri değişim gösterdikçe seçilen yön geçerliliğini yitirmektedir [26, 27].

D&G yönteminin diğer dezavantajı ise, MGN' nin gerçek yerinin belirlenememesidir. Ayrıca çalışma noktası, MGN' ye yakın bir yerde salınım yapmaktadır [26].

3.1.2.2 Artan İletkenlik Algoritması

Bu yöntemin çalışma prensibi FV panel çıkış gücünün, çıkış gerilimine göre türevinin sıfır olduğu noktanın MGN olduğu prensibine dayanmaktadır [8]. Şekil 8' de artan iletkenlik algoritmasına ait eğri gösterilmektedir. Şekil 8' de görüldüğü gibi türevin sonucu sıfırdan büyük ise ($dP/dV > 0$), sistemin o anda çalışma noktası MGN' nin sol tarafında bulunmaktadır. Türevin sonucu sıfırdan küçük olduğunda ise ($dP/dV < 0$), sistemin çalışma noktası, MGN' nin sağ tarafında bulunmaktadır [28].

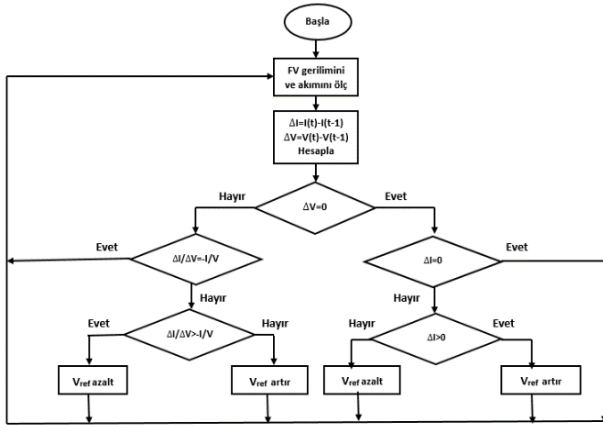
Artan iletkenlik algoritması, I/V değişimi ilkesine göre çalışmaktadır. Bu yöntemde, ölçülen anlık gerilim ve akım değerleri önceki gerilim ve akım değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Anlık iletkenlik (I/V) ile elde edilen artan iletkenlik ($\Delta I/\Delta V$) değeri karşılaştırılır ve MGN yakalanmaya çalışılır. Anlık iletkenliğin (I/V), artan iletkenliğe ($\Delta I/\Delta V$) eşit olduğu durumda MGN' ye ulaşılmış olur.



Şekil 8. Artan iletkenlik algoritmasının temel çalışma prensibi [28].

Algoritma, $\Delta I/\Delta V < -I/V$ durumunda MGN' nin sağında çalışmaktadır. Çalışma noktasını MGN' ye doğru hareket ettirebilmek amacıyla, çalışma geriliminde azaltma yapılmaktadır. $\Delta I/\Delta V > -I/V$ durumunda ise, algoritma MGN' nin solunda çalışmaktadır. Çalışma gerilimi artırılarak, MGN' ye doğru hareket amaçlanır. Panel çalışma gerilimi, yalnızca MGN' ye ulaşıldığında herhangi bir değişikliğe gerek duymaz.

Artan iletkenlik yöntemi, hızlı değişen çevre koşullarında, D&G yönteminden daha yüksek hassasiyete sahiptir. Bu yöntemin dezavantajı ise, kontrol devresinin diğer algoritmalara göre daha karmaşık yapıda olmasıdır [22-24]. Artan iletkenlik algoritmasının akış diyagramı Şekil 9' da gösterilmektedir.



Şekil 9. Artan iletkenlik algoritmasının akış diyagramı [23].

3.2 Akıllı MGNİ Yöntemleri

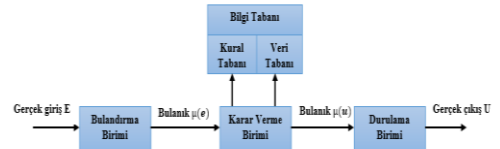
Bir FV panelin P-V karakteristik eğrisi doğrusal olmayıp, sıcaklık ve ışınlama ile değişmektedir. Dolayısıyla çevresel değişimler nedeniyle karakteristik eğrisi çoklu tepe noktaları sergileyebilir.

Bölüm 3.1' de bahsedilen Geleneksel MGNİ yöntemleri, düşük yakınsama hızına sahiptir ve çevresel koşulların ani değişiminde dinamik cevabı yavaştır [8]. Bu nedenle, Geleneksel MGNİ yönteminin bu dezavantajı ile başa çıkmak için, MGNİ yöntemleri akıllı algoritmalar ile birlikte önerilerek, uygulanmıştır. Bu yöntemler arasında bulanık mantık, yapay sinir ağları, kayan kipli denetim vb. yer almaktadır [22].

3.2.1 Bulanık Mantık Yöntemi

Bulanık mantık yöntemi, bir dizi bulanık kurala dayanan, yapay zeka algoritmasının yaygın bir türüdür. Karmaşık olan problemlerin matematiksel olarak ifade edilmesi zordur. Bulanık mantık yönteminde matematiksel modelin kesinliğe ihtiyacı yoktur. Sisteme uzman kararları dahil edildiği için avantaja sahiptir. Bu yüzden, bulanık mantık yöntemi, sistem modellerinin karmaşık ve kolayca elde edilemediği uygulamalarda kullanılmaktadır [29].

Şekil 10' da bulanık mantık kontrolör blok diyagramı gösterilmiştir. Şekil 10' da görüldüğü gibi bir bulanık sistem bulandırıcı, kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durultucu bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 10. Bulanık sistem blok diyagramı.

Bulanık mantık kontrolörün temel özelliği, uzman deneyimi ve sistem kontrolü için dilsel kuralları içeren bilgiyi bir araya getirmektir. Ayrıca bulanık mantık kontrolör, MGN' yi hızlı izleyebilir ve sabit koşullarda MGN' ye ulaştıktan sonra dalgalanma olmaz, yani daha iyi dinamik ve kararlı durum performansına sahiptir. Fakat ışınım değiştiğinde sapmaya neden olması ve uygulamasındaki karışıklık bulanık mantık kontrolörün başlıca dezavantajlarıdır. Bunun yanında, Bulanık küme tanımlamaları, üyelik fonksiyonunun şeklinin belirlenmesi ve kural tablolarının geliştirilmesi (doğruluk ve izleme hızını doğrudan etkileyen) için deneyim ve önsezi gerektirmektedir [22].

3.2.2 Kayan Kipli Denetim

Maksimum güç noktası takibinde kullanılan tekniklerden biridir. Bu teknikte sistem durum yörüngesi kayma veya anahtarlama yüzeyi olarak adlandırılan bir yüzeye doğru yönlendirilir. Uygun anahtarlama ile bu yüzey etrafında tutulur [30].

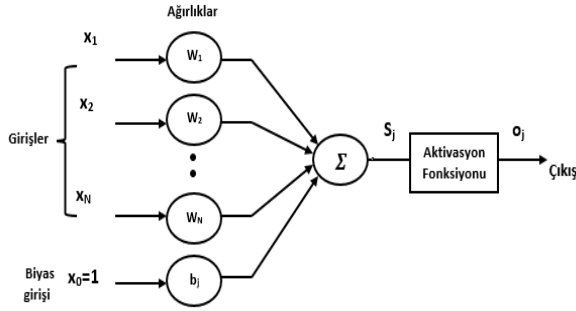
3.2.3 Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin işleyiş şekline ilham alınarak oluşturulmuş bir bilgisayar programıdır. Beynin çalışma şeklinin yapay olarak modellenmesi sonucunda ortaya çıkmış ve geliştirilmiştir. Bir FV sisteme uygulandığında ağırlıklar ve sapmaları gibi değişkenleri eğitmek için birçok girdi ve çıktı verisi örneği kullanılmaktadır [31].

Genellikle YSA model seçimi, işlev tahmini, veri sınıflandırma ve en uygun değeri bulma gibi işlerde başarılı olmaktadır. Model seçiminde verimsiz olan geleneksel bilgisayarlar ise yalnızca algoritma ile ilgili hesaplamalarda ve kesin aritmetik işlemlerde hızlı olmaktadır [32]. Bilgi yorumlama ve bilgi sınıflamanın bulunduğu farklı problemlerin çözümlerinde YSA kullanılabilmektedir. YSA sistem kontrolü ve modelleme, ses, el yazısı, parmak izi ve elektrik işareti tanıma, meteorolojik yorumlamalar, otomatik araç denetimi ve fizyolojik işaretleri izleme gibi bazı alanlarda kullanılmaktadır [33].

YSA' nın yapısı, biyolojik sinir ağlarının yapısıyla doğrudan benzerlik göstermektedir. YSA temel olarak girişler, ağırlıklar, toplama işlevi, etkinlik (aktivasyon) işlevi ve çıkış işlevinden oluşmaktadır [34].

Yapay sinir hücresinde giriş sinyalleri, sürekli değişken veya ayrık darbe biçiminde olabilmektedir. Şekil 11' de görüldüğü gibi her bir giriş sinyali bir kazanç veya ağırlık ile çarpıldıktan sonra toplayıcı düğümde giriş sinyallerinin ve bias sinyalinin toplamı alınmaktadır ve bir aktivasyon fonksiyonu boyunca çıkışa aktarılmaktadır [35].



Şekil 11. Yapay sinir hücresinin temel bileşenleri.

Denklem 5’ de görüldüğü gibi bir j’nci sinir hücresinin çıkışı matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir;

$$S_j = \sum_{i=1}^N w_{ji}x_i + b_j \quad (5)$$

Burada N, toplam giriş sayısını, w_{ji} çıkış sinir hücresi j ile önceki katmandaki x_i çıkış sinyaline sahip olan i’nci sinir hücresi arasındaki ağırlık değerini, b_j ise bias terimini göstermektedir. Aktivasyon fonksiyonunun uygulanması ile j’ nci sinir hücresinin çıkışı, Denklem 6’ da ifade edilmektedir;

$$o_j = f_j(S_j) = f(S_j) \quad (6)$$

YSA’ nın giriş değişkenleri, FV panelin kısa devre akımı ve açık devre gerilimi gibi değerler olabildiği gibi ışınım ve sıcaklık değerleri de kullanılabilir. Sistemin maksimum güç noktasında çalışması için çıkış ise, yükseltici dönüştürücünün yarı iletken anahtarın sinyalinin görev oranı ya da bir veya daha fazla referans sinyal olabilmektedir.

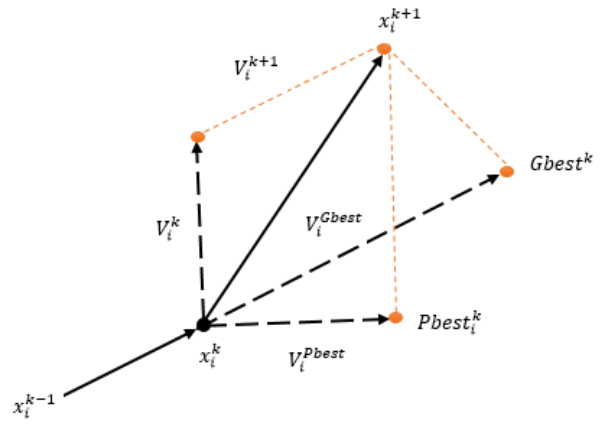
YSA’ nın eğitimi ve gizli katman algoritmaları, MGN’ yi yakalamada etkilidir [26].

3.3 Optimizasyon Yöntemleri

Optimizasyon yöntemleri, dinamik çevresel koşullarda doğru MGN’ yi arama için uygundur. Bu yöntemlerin uygulanması düşük maliyetli mikrodenetleyiciler yardımıyla daha da kolaylaşmaktadır.

3.3.1 Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) Algoritması

Parçacık Sürü Optimizasyon (PSO) algoritması 1995 yılında Eberhart ve Kennedy tarafından kuş ve balık sürülerinin davranışlarından ilham alınarak geliştirilmiş olan bir optimizasyon algoritmasıdır. PSO algoritması, sürü zekasının kullanıldığı bir sürü tabanlı algoritmadır. Bireyler arasında sosyal bilgi paylaşımının gerçekleştiği bu algortmada, her bir bireye parçacık ve bu parçacıklardan meydana gelen popülasyona da sürü denilmektedir. Bir parçacığın hız ve konumu bulunarak algoritma içerisindeki en uygun çözüm elde edilmektedir [36]. Şekil 12’ de PSO algoritmasının parçacık hareketi gösterilmiştir.



Şekil 12. PSO algoritmasının parçacık hareketi.

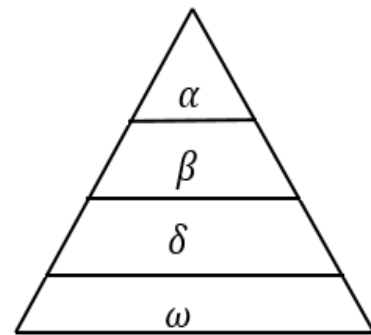
Burada i bireyi (parçacığı), k iterasyonu, x konumu, V hızı, G_{best} sürüdeki en iyi konuma sahip parçacığı ve P_{best} kişisel en iyi konumunu ifade etmektedir.

Parçacıklar ilk olarak rastgele hız ve pozisyon değerleri ile aramaya başlamaktadır. Daha sonra bu parçacıklar güncellenerek en uygun değer bulunmaya çalışılmaktadır. Her bir iterasyonda farklı hızlarda en iyi çözümü bulabilmek için parçacıklar arama alanında hareket etmektedir ve uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilmektedir [37].

3.3.2 Gri Kurt Optimizasyon Algoritması

Gri kurt optimizasyon (GKO) algoritması, Mirjalili ve arkadaşları tarafından önerilmiş bir sürü tabanlı optimizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma, gri kurtların avlanma davranışları taklit edilerek geliştirilmiştir.

İterasyon sayısı ve popülasyon büyüklüğünün kontrol parametresi olarak kullanıldığı bu algortmada, dört çeşit kurt bulunmaktadır. Bunlar alfa, beta, delta ve omega olarak adlandırılmaktadır. Şekil 13’te gri kurt algoritmasının hiyerarşisi gösterilmektedir.



Şekil 13. GKO algoritmasının hiyerarşisi.

Alfalar, en iyi çözüm olarak bilinen gruptur [38, 39]. Alfa grubundakiler genellikle avlanma, uyuma ve uyanma zamanları gibi olayları belirlemekle sorumludurlar. Sürüyü organize etmek ve disiplinini sağlamak, sürünün gücünden daha önemlidir. Bu nedenle alfaların sürüdeki en güçlü üye olması değil, sürüyü en iyi şekilde yönetmesi gerekmektedir.

Betarlar ise sürü faaliyetleri içerisinde alfalara yardımcı olmaktadır. Betalar, alfaların komutlarını

uygularken geri bildirim yaparlar. Betalar, alfalardan birinin ölmesi veya yaşlanması halinde en iyi alfa adaydır [40].

Bu algoritmada en iyi çözüm alfa, ikinci beta, üçüncü delta ve dördüncü omega olarak kabul edilmektedir.

3.4 Hibrit Yöntemler

MGNİ için hibrit yöntemlerin oluşturulması, iki adımda gerçekleşir. İlk aşamada MGN değeri için tahmin yapılırken, ikinci adımda deyim yerindeyse ince ayar yapılarak MGN geliştirilir. Yani, ilk olarak geleneksel yöntemler, P-V eğrisinde MGN' nin yerini belirlemek için kullanılır. Bu aşamada ayar noktası MGN' ye yakın yapılır. İkinci aşamada ise, gelişmiş teknikler kullanılarak gerçek MGN' ye ulaşılmaktadır.

3.4.1 Sinirsel Bulanık Ağlar Yöntemi

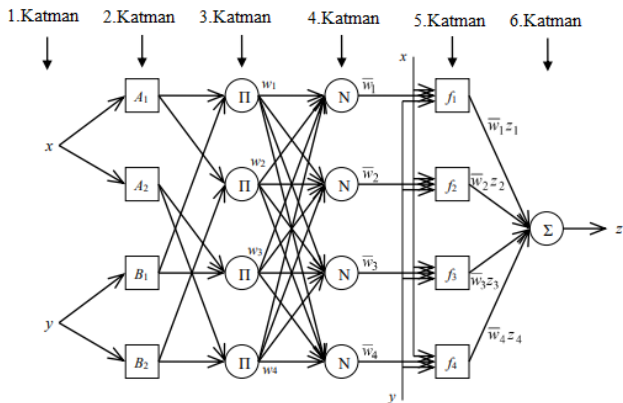
Sinirsel bulanık ağlar, hem YSA hem de bulanık mantıktan yararlanılarak oluşturulmuş hibrit sistemdir.

Bu sistemler, bulanık mantık uzman bilgisi kullanılarak sonuç çıkarma yeteneği ile YSA' nın paralel hesaplama ve öğrenme kabiliyetinin birleşmesinden oluşmuştur.

Sinirsel bulanık ağlar yöntemi tarafından problem için oluşturulmuş yapıda, bütün kurallar atanabilmekte veya bu kuralların veriler aracılığıyla uzman tarafından belirlenmesi sağlanmaktadır. Bu ise sistemin uzman görüşlerinden faydalandığını göstermektedir. Bu sayede sinirsel bulanık ağlar yöntemi, problemin tahmin aşamasında kullanılan YSA' ya uzman görüşlerinden yararlanma imkanı sağlayarak, ortalama kare hata kriterine göre daha iyi sonuç elde edilmesini sağlamaktadır [41].

Sinirsel bulanık ağlar yöntemi en küçük kare yönteminin geri yayımlı öğrenme algoritmasıyla beraber kullanılmasıyla oluşmuş hibrit bir yöntemdir.

FV sistemin MGN takibinde, sinirsel bulanık ağlar yöntemi, bulanık mantık yöntemine göre daha az salınım yapmaktadır ve daha hızlı sonuca ulaşmaktadır [42].



Şekil 14. Sinirsel bulanık ağlar yönteminin mimari yapısı

Bu sistemin sahip olduğu daha az matematiksel hesaplama, belirgin verimlilik ile tasarımı daha basit hale getirilmektedir. Bu yöntem özellikle FV sistem kararlılığını koruyarak şebekeye entegre edildiğinden, iyi dinamik yanıtlara sahiptir [43].

3.4.2 GKO-D&G

Bu hibrit yöntem kısmi gölgeleme koşullarında iyi sonuç vermektedir. Bu algoritmada, bir kurdun konumu DA-DA dönüştürücünün görev oranını ifade etmektedir ve bu durumda da PI kontrolöre gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla algoritmadaki hesaplama işlemi sadeleşmektedir [43, 44].

Kurt sayısının artırılması, daha yüksek MGN doğruluğu sağlamakta, fakat hesaplama yükünü de artırmaktadır. Bu nedenle, kurt sayısı hesaplama zamanını azaltmak için, genellikle üç olarak kabul edilmektedir.

Bu algoritma, MGN' yi salınım yapmadan takip etmektedir ve hızla değişen güneş ışınımlarında iyi performans göstererek yüksek verimliliğe ulaşmaktadır [44].

3.4.3 PSO-D&G

Klasik yöntemler kısmi gölgeleme koşullarında MGN' yi takip etmekte yetersiz kalmaktadır. PSO' nun D&G ile kombinasyonu, daha hızlı izleme algoritması ve daha basit bir mekanizma sağlamaktadır. Bu yöntem aynı zamanda kısmi gölgeleme koşullarında maksimum çıkış verimini sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında daha iyi geçici performansa ulaşmaktadır [44, 45].

Bu yöntem PSO ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir yakınsama hızına sahiptir ve izleme periyodundaki salınım süresini %70 oranında azaltmaktadır. Diğer hibrit algoritmalar ile karşılaştırıldığında ise bu yöntemin dezavantajı izleme süresidir [46].

4 Sonuç

Bu çalışmada dört farklı kategoriye ayrılan MGNİ yöntemleri incelenmiştir. Ayrıca farklı MGNİ teknikleri farklı parametreler dikkate alınarak literatür araştırması yapılarak sunulmuştur.

MGNİ algoritmalarının kullanılması sistem verimini etkileyen en önemli unsurdur. Bu nedenle sistemin tasarım aşamasında kullanılacak MGNİ algoritması önem kazanmaktadır.

Eşit dağılımlı ışınma koşullarında geleneksel yöntemlerin verimleri yüksektir. Ancak farklı ışınım koşullarında bu yöntemler düşük yakınsama hızına sahiptir ve dinamik cevapları yavaştır.

Akıllı yöntemler, matematiksel hesaplamalara bağımlı olmadan sistemi daha basit yapmaktadır. Ayrıca verilerin depolanabilip, algılanabilmesiyle izleme hızları artmaktadır. Bu yöntemler kısmi gölgeleme koşullarında MGN' yi izlemek için uygun tekniklerdendir.

Optimizasyon yöntemleri, değişen çevresel koşullarda MGN' yi izlemede FV sistemler ile uyumlu yöntemlerdir.

Hibrit teknikler, hesaplama yükünü önemli ölçüde azaltmaktadır ve bu tekniklerin izleme verimliliği yüksektir.

Sonuç olarak literatür verilerine göre, geleneksel yöntemler ile diğer (akıllı, optimizasyonlu ve hibrit) yöntemler kıyaslandığında; diğer yöntemlerin kullanıldığı MGNİ tekniklerinin veriminin %100'e yakın olduğu görülmektedir.

Bilgilendirme

Bu makale, Leyla Karagözoğlu' nun yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.




Referanslar

- [1] Karamanav, M. (2007). *Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*. (Master's dissertation, Sakarya University).
- [2] Turhan, S. & Çetiner, İ. (2012) Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirilmesi. 6. *Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu 12-13 Nisan 2012, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi*. Görükle Kampüsü-Bursa
- [3] Arı, M., Bilgin, G., & Özcan, O. (2017). Alternatif Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Günlük Hayatta Kullanılabilirliği ve Güneş Enerjisi ile Çalışan Piknik Sepeti Tasarımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Özel Sayı 1*,163-171
- [4] Esen, H. (2017). Fotovoltaik Paneller Kullanılarak Sisleme Sistemi ile Dış Ortamların Soğutulmasının Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 20 (2), 341-346
- [5] Polman A., and Atwater A., (2012). Photonic design principles for ultrahigh-efficiency photovoltaics. *Nature Materials*, 11, 174-177
- [6] Akman, E., & Karapinar, H. S. (2022). Electrochemically stable, cost-effective and facile produced selenium@ activated carbon composite counter electrodes for dye-sensitized solar cells. *Solar Energy*, 234, 368-376.
- [7] Gürgeç, E., Dıkıcı, A., & Aslan, F. (2022). Investigation of structural, electrical and photoresponse properties of composite based Al/NiO: CdO/p-Si/Al photodiodes. *Physica B: Condensed Matter*, 639, 413981.
- [8] Yasko, M. A. (2018). *Fotovoltaik Sistemlerde Düşürücü Tip DA-DA Dönüştürücülü Maksimum Güç Noktası İzleyicisinin Analizi, Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi*. (Master's dissertation, Koceli University).
- [9] Öztürk, H. H. (2019). *Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler*. Retrieved May 21, 2021 from www.emo.org.tr
- [10] Kayri, İ. (2017). *Güneş Panelleri ile Üretilen Enerjinin Ortam Bilgileri Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmini*. (Doctoral dissertation, Fırat University).
- [11] Bilü, A. C. (2018). *Fotovoltaik Sistemlerin Fizibilitesi için Yeni Bir Arayüzün Geliştirilmesi*. (Master's dissertation, Yıldız Technical University).
- [12] Turmuş, A. (2018). *Düzlemsel Yansıma Destekli Güneş Paneli Tasarımı-Elektrik Üretimi ve Veri Analizi*. (Master's dissertation, Fırat University).
- [13] Atmaca, M., & Pektemir, İ. Z. (2020). Pv panel sıcaklığı üzerinde etkili olan atmosferik parametrelerin araştırılması. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 32 (4), 458-466.
- [14] Duranay, M., Turmus, A., & Tanyildizi, V. (2021). Experimental efficiency analysis of a solar panel electricity generation system using planar reflection. *IET Renewable Power Generation*, 15 (3), 521-531.
- [15] Geliş, K., Akyürek, E.F., & Yoladı, M. (2020). Panel konumu ve açısının fotovoltaik panel karakteristiği üzerine etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3), 1899-1908.
- [16] Karagözoğlu, L., & Duranay, Z.B., (2021-April). Fotovoltaik Panel Performansını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. *2nd International Baku Conference On Scientific Research* (pp. 218-228)
- [17] Jaszczur, M., Koshti, A., Nawrot, W., & Şedor, P. (2020). An investigation of the dust accumulation on photovoltaic panels. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2001-2014.
- [18] Rao, A., Pillai, R., Mani, M., & Ramamurthy, P. (2014). Influence of dust deposition on photovoltaic panel performance. *Energy Procedia*, 54, 690-700.
- [19] Onat, N., & Ersöz, S., (2009). Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleyici Algoritmalarının Karşılaştırılması. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*,50-56
- [20] Köse, E. (2018). Fotovoltaik Sistemlerin Maksimum Güç Noktasında Çalıştırılması. *Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi 1* (2018), 8-27
- [21] Kurak, E., Erdemir, V., & Dursun, B. (2016). PV Sistemin İçin Maksimum Güç Noktası İzleyicisi Tasarım ve Uygulanması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (2016), 581-592
- [22] Mao, M., Cui, L., Zhang, Q., Guo, K., Zhou, L., & Huang, H. (2020). Classification and summarization of solar photovoltaic MPPT techniques: A review based on traditional and intelligent control strategies. *Energy Reports*, 6, 1312-1327
- [23] Verma D., Nema S., Shandilya A. M., & Dash S.K. (2016). Maximum Power Point Tracking (MPPT) Techniques: Recapitulation in Solar Photovoltaic Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54 (16), 1018-1034.
- [24] Faranda R., & Leva S. (2008). Energy Comparison of MPPT Techniques for PV Systems. *WSEAS Transactions on Power Systems*, 3(6), 446-455
- [25] Güngör, O., & Özdemir, A. (2018). Güneş panellerinde IC ve ANFIS tabanlı mppt algoritmalarının karşılaştırmalı performans analizi. *Journal of Institute of Science and Technology*, 34 (2), 50-59.
- [26] Keskin, Y. E. (2014). *Fotovoltaik Sistemlerde Maksimum Güç Noktası İzleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması*. (Master's dissertation, Koceli University).
- [27] Attalah M., Abdelaziz Y., & Jumah S. (2014). Implementation of Perturb and Observe MPPT of PV System with Direct Control Method using Buck and Buck-Boost Converters. *Emerging Trends in Electrical, Electronics & Instrumentation Engineering*, 1(1), 31-44
- [28] Duranay, Z.B., & Guldemir, H., (2021). Fuzzy Logic Based Maximum Point Tracking for Photovoltaic Systems. *ETAİ 2021 Conference Proceedings*, (pp. 2445-4889)
- [29] Duranay, Z. B., & Guldemir, H. (2019 - June). Modelling and Simulation of a Single Phase Standalone PV System. *International Conference-11th Edition, Electronics, Computers and Artificial Intelligence*, Pitesti, ROMANIA
- [30] Özbay, H. (2020). Comparasion of Sliding Mode and Fuzzy Logic MPPT Techniques for PV Systems. *Electronic Letters on Science & Engineering 16* (1), 26-35
- [31] Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. Papatya Yayıncılık,
- [32] Jain, A.K., Mao, J., & Mohiuddin, K. M. (1996) Artificial neural networks : a tutorial. *IEEE Comput.*, March 31-44.
- [33] Ensari, T., (2003). *Hücreli Yapay Sinir Ağları Uygulamaları*. (Master's dissertation, Istanbul Technical University).
- [34] Elmas, Ç. (2018). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık, Ankara
- [35] Kulaksız, A. A. (2007). *Maksimum Güç Noktası İzleyicili ve UVM İnverterli Fotovoltaik Sistemin Yapay Sinir Ağları Tabanlı Kontrolü*. (Doctoral dissertation, Selcuk University).
- [36] Kapukaya, O., & Güneş, M. (2019). Adaptif Parçacık Sürü Optimizasyon (APSO) ve Karınca Kolonisi Algoritması (KKA) Kullanarak Öz Ayarlamalı PID Kontrolör Tasarımı. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (4), 257-270

- [37] Aydoğan, D. (2019). *PSO Tabanlı Maksimum Güç Noktası Takip Algoritmasının Geliştirilmesi ve Uygulanması*. (Master's dissertation, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University).
- [38] Çolak, M., (2020). *Fotovoltaik Güç Tahmini için Metasezgisel Optimizasyon Tabanlı Hibrit Model Tasarımı ve Analizi*. (Doctoral dissertation, Gazi University).
- [39] Uzlu, E. (2019). Estimates of Energy Consumption Using Neural Networks with the Grey Wolf Optimizer Algorithm for Turkey. *Gazi Üniversitesi, Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (2), 245-262
- [40] Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46-61.
- [41] Hocaoğlu, F.O., & Kurban, M. (2018). Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi ile Eskişehir bölgesi için güneşlenme süreleri tahmini. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6 (3), 396-405
- [42] Hussaini, M., & Güngör, O. (2017). Uyarmalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi ve Bulanık Mantık Tabanlı MPPT Tasarımı ve Kıyaslanması. *EMO Bilimsel Dergi*, 7 (14), 21-27
- [43] Bollipo, R. B., Mikkili, S., & Bonthagorla, P. K. (2021). Hybrid, Optimal, Intelligent and Classical PV MPPT Techniques: A Review. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 7 (1), 9-33
- [44] Mohanty, S., Subudhi, B., & Ray K. P. (2017). A Grey Wolf –Assisted Perturb&Observe MPPT Algorithm for a PV System. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 32 (1), 340-347
- [45] Shetty, D., Jayalakshmi, N. S., Arjun, M., & P. Hebbar, P. (2022). Evaluation of MPPT Algorithms for PV System under Partial Shading Conditions. *2022 International Conference on Intelligent Controller and Computing for Smart Power (ICICCCSP)*, (pp. 1-6)
- [46] Figueiredo, S. N., & Aquino, R. N. A. L. S. (2021). Hybrid MPPT Technique PSO-P&O Applied to Photovoltaic Sytems Under Uniform and Partial Shading Conditions. *IEEE Latin America Transactions* 19 (10), 1610-1617



ACCURACY EVALUATION OF ORTHOPHOTO MAPS OBTAINED BY UAV SYSTEMS

Rüştü Çallı¹ , Samed İnyurt^{*1} , Ömer Yıldırım¹ 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, Tokat, Türkiye

Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAV), which is one of the most important gains of the developing technology, was firstly used for military purposes, but soon became an important issue of our daily life. In addition to the ability to produce three-dimensional spatial information with the UAV, it provides less labor, time and cost advantage compared to conventional measurement methods, playing an important role in the spread of UAV usage. UAV systems, whose usage are becoming widespread and diverse day by day, are in a continuous development to meet the high accuracy requirements, especially for surveying activities. For this reason, UAV hardware and software features are also constantly developing. In this study, firstly, the accuracy comparisons of the data sets based on the UAV with GNSS-RTK and the UAV without this feature were studied. Later, the accuracy comparisons of the data sets processed by Pix4D Mapper and Agisoft FotoScan photogrammetry software. As a result of the comparisons, it was seen that the horizontal and vertical accuracy values obtained for the UAV data with GNSS-RTK were better than the horizontal and vertical accuracy values obtained for other UAV data. When the software were evaluated among themselves, it was seen that the horizontal and vertical accuracy of the data sets obtained with Pix4D Mapper software was better. On the other hand, while Agisoft FotoScan software gives better results in horizontal position accuracy of data sets based on UAV without GNSS-RTK, Pix4D Mapper software gives better results in vertical position accuracy of those.

Keywords: Agisoft fotoScan, unmanned aerial vehicle (UAV), Pix4D mapper.

İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN ORTOFOTO HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

Özet

Gelişen teknolojinin en önemli kazançlarından biri olan İnsansız Hava Araçları (İHA) ilk önceleri askeri amaçla kullanılmaya başlanmakla birlikte kısa zamanda günlük hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. İHA ile üç boyutlu konumsal bilgi üretilebilmesinin yanı sıra klasik ölçüm yöntemlerine göre daha az iş gücü, zaman ve maliyet avantajı sağlaması, İHA kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Kullanımları her geçen gün çeşitlenerek yaygınlaşan İHA sistemleri, özellikle haritacılık faaliyetlerinin gereksinimi olan yüksek doğruluk ihtiyacının karşılanması için sürekli bir gelişim içerisindedir. Bu çalışmada, GNSS –RTK özellikli İHA ve bu özelliğe sahip olmayan İHA kullanılarak aynı koşullarda elde edilen resimler, Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametri yazılımları kullanılarak üretilen ortofotoların doğruluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, GNSS-RTK özellikli İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinin, diğer İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür. Yazılımlar kendi aralarında değerlendirildiğinde ise Pix4D Mapper yazılımı ile elde edilen veri setlerinin yatay ve düşey doğruluklarının daha iyi olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Agisoft FotoScan yazılımı, GNSS-RTK özellikli olmayan İHA odaklı veri setlerinin yatay konum doğrulukları konusunda daha iyi sonuç verirken, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Agisoft fotoScan, insansız hava aracı (İHA), Pix4D mapper.

1 Giriş

Son yıllarda teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler, havacılık, elektronik, haberleşme, navigasyon teknolojilerinde kendini göstermiş, hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Diğer yandan söz konusu bu alanlarda meydana gelen gelişmelerin entegrasyonu ile

sivil ve askeri amaçla kullanılmak üzere İnsansız Hava Araçlarının (İHA) gelişmesini sağlamıştır [1].

İHA'ların tarihi, hava araçlarının tarihi ile aynı yıllarda başlamıştır. Günümüzde İHA olarak tanımlanan hava araçlarının ilk örneği 19. yüzyıl sonlarında ABD'li Charles geliştirmiştir. Tarihsel gelişimine göre İnsansız hava araçları başlangıçta askeri amaçlar için kullanılmıştır [2].

* Corresponding author.

E-mail address: samed_inyurt@hotmail.com (S. İnyurt)

Received 03 February 2023; Received in revised form 09 May 2023; Accepted 12 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1247369>

Askeri alanda ABD tarafından Afganistan'da, keşif, gözetleme ve istihbarat faaliyetlerinde kullanılan İHA'lar, daha sonra silahlı olarak ve saldırı amacıyla kullanılmaya başlanmıştır [3]. Gelişen teknolojiye paralel olarak, son yıllarda Global Navigation Satellite System (GNSS), ve çözünürlüğü yüksek kameralar entegre edilerek kullanılmaya başlanan İHA'lar, uzaktan algılama (UA), sayısal harita üretimi ve fotogrametri amaçlı bilimsel çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır [4-6]. Uydu ve insanlı hava araçları ile 20-50 cm/pixel bandında yüksek çözünürlükte konumsal veriler elde edilebilmesine karşın İHA'lar daha düşük irtifalardan uçabildikleri için 1 cm/pixel yüksek çözünürlükte veri elde edebilmek mümkündür.

Akdeniz H. [7], "Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar" konulu çalışmasında sayısal ortofotoların acil durumlarda sağlayabileceği olanakları araştırmış ve bu kapsamda 1999 Gölcük depremi sonrası bölgenin harita genel komutanlığı tarafından yapılan sayısal ortofotolarını incelemiştir. Bunun için ortofoto üretim aşamaları olan, çalışma bölgesine nirengi noktası tesisi, hava görüntülerinin çekilmesi, sayısal arazi modeli oluşturulması işlem adımlarını gerçekleştirmiştir. Sonrasında bu ortofotoları birleştirilerek ortofoto mozaik görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu görüntüler hızlı bir şekilde ilgili kurumlara dağıtılmıştır. Bu çalışmada afetin hemen ardından ilk 30 saat içinde sayısal ortofotoların üretilerek çalışmaların kısa sürede etkin bir şekilde yapılacağı vurgulanmıştır.

Spreckels ve ark. [8] çalışmasında Vexcel UltraCamD dijital hava kamerası ile Almanya'da bir kömür madeninin hava görüntülerini çekmişlerdir. Uygulamada 45 adet yer kontrol noktası kullanılmış ve koordinatları GPS ile ölçülmüştür. Doğu-batı uçları 10 cm yer örnekleme aralığında çapraz uçları ise, 8 cm yer örnekleme aralığında gerçekleştirilmiştir. 10 cm GSD için 130 adet hava görüntüsü, 8 cm GSD için ise 77 adet hava görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra "Leica LPS" yazılımında blok dengeleme yapılmış ve yer kontrol noktaları için karesel ortalama hatalar x yönünde 2.15 cm, y yönünde ise 3.31 cm bulunmuştur. Daha sonra çalışma bölgesinin dijital yükseklik modeli ve ortofoto mozaik görüntüsü üretilmiştir.

Remondino [9], çalışmasında İHA ile yapılan haritacılık faaliyetlerinde yüksek çözünürlüklü görüntülere, az maliyetle hızlı ulaşılabilmesi ve elde edilen bu görüntülerin çeşitli programlarda işlenmesi sonucu kısa sürede sonuç ürünlerin elde edilmesi ve daha birçok avantajının olduğuna değinmiştir. İnsansız hava araçlarının meskun alanlarda kullanılabilirliğini artırmak için yönetmeliklerin bu sistemlere göre yenilenmesi ve yeni sistemlere uygun teknik şartnameler oluşturulması gerektiği görüşünü savunmuştur.

Aguera-Vega ve ark. [10] sayısal yüzey modelinde koordinatlandırma için kullanılan YKN'nin sayısının ve İHA fotogrametrisi ile elde edilen ortofoto doğruluklarının etkisini incelemiştir. Zemin seviyesinden 120 m yükseklikte, yaklaşık 17 hektarlık alanda gerçekleştirilen çalışmada, bölge yüzeyinin 160 adet fotoğrafı çekilmiş ve farklı YKN noktalarını dikkate alan fotogrametrik proje yapılmıştır. Çalışmada doğruluk ölçüm yöntemi olarak RMS kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan YKN sayısı arttıkça hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını

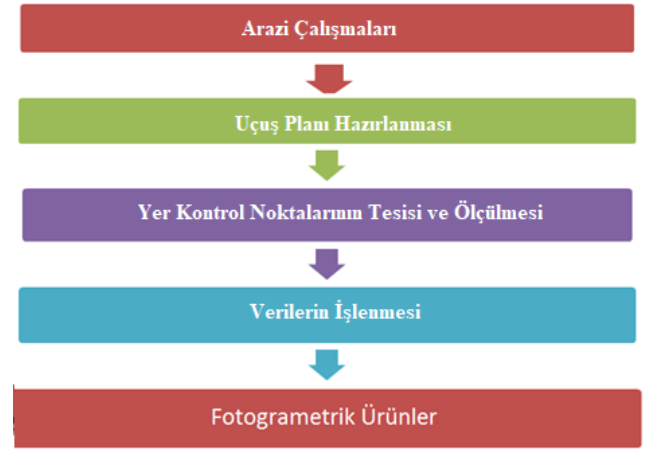
göstermiştir.

Tercan [11], İHA ile bir karayolu üzerinde yaptığı çalışmada, %85 enine, %65 boyuna bindirmeli 140 metre uçuş gerçekleştirmiştir. Bu uçuş sonrasında sayısal yüzey modeli ve ortofoto harita üretmeyi amaçlamıştır. Çalışma alanına Cors-RTK yöntemi ile 7 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Karayolu üzerinde yapılan jeodezik çalışmalar sonucunda yersel ölçümler ile karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçta mekânsal alanlarda 4.9 cm, toprak zeminde 7.32 cm ve sert zeminde 3.96 cm yatay doğruluk elde edilmiştir. Ortofoto, sayısal yüzey modeli üretimi düz arazi yapılarında ve bitki örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde kullanılabileceği belirtmiştir.

Bu çalışmada Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılarak RTK özelliğine sahip olan ve olmayan İHA kullanılarak üretilen ortofotoların doğruluk araştırması yapılmıştır. Bunun için çalışma alanında 100 metre yükseklikten ve %80-%60 boyuna-enine bindirmeli görüntüler İHA ile elde edilmiştir. Çalışma alan içerisinde yer alan 19 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) ve 50 adet detay noktasına ait koordinatların GNSS ölçümleri yapılmıştır.

2 Yöntem

İHA ile fotogrametrik çalışmalar, arazi çalışmaları, uçuş planlarının hazırlanması, yer kontrol noktalarının tesisi, verilerin işlenmesi olarak 4 temel aşamada oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. İHA ile görüntü elde edilmesi ve fotogrametrik olarak işlenmesi.

İnsansız Hava Aracı ile fotogrametrik yapmadan önce arazinin durumu tespit edilmelidir. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış yer kontrol noktaları yönetmeliklerde belirtildiği ölçüde tesis edilmelidir. Uçuş öncesi İHA için uygun iniş ve kalkış sahası ayarlanmalı ve İHA'nın görev yapacağı yükseklik göz önünde bulundurularak olası kazalara sebep olabilecek engellere (GSM istasyonu, enerji nakil hattı, yüksek binalar vb.) dikkat edilmelidir. Uçuş planlaması yapılan alanda planlanan haritanın nitelikleri göz önüne alınarak ve varsa ilgili mevzuata uygun uçuş yüksekliğine bağlı olarak fotoğraflarda görülebilecek boyutta yer noktaları tesis edilmelidir. Tesis edilen bu noktalar yine ilgili yönetmelikler ve hassasiyet doğrultusunda istenilen koordinat sisteminde 3 boyutlu koordinatları ölçülmelidir.

Uçuş sonrası elde edilen fotoğraflardan ortofoto harita ve sayısal arazi modeli oluşturmak için farklı fotogrametrik yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların en çok kullanılanları Pix4D Mapper, Agisoft FotoScan, 3D Survey, DroneDeploy 3D Mapping, AutoDesk ReCap vb. yazılımlardır. Bu tez çalışmasında Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılmıştır.

Pix4D Mapper yazılımı, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, ortofoto haritalar, doku modelleri, 3 boyutlu model üretmek için İHA ile çekilen fotoğrafları kullanır. Bu yazılım ürettiği tüm verileri istenilen koordinat sisteminde çıktı verisi olarak kullanıcıya sunar. Nokta bulutu verilerini “.las, .laz, .ply, .xyz” formatlarında, ortomozaik ve DSM görüntüleri “.tif, .jpg” formatlarında, 3 B modeli ise “.ply, .fbx, .obj” formatlarında çıktı verisi olarak üretebilir.

Agisoft FotoScan yazılımı, İHA ile bindirmeli çekilen fotoğraflardan profesyonel 3 B modeller, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli ve ortofoto haritalar üretmede kullanılan fotogrametrik yazılımlardandır. Bu yazılım fotogrametrik üçgenleme, yoğun nokta bulutu düzenleme ve sınıflandırma, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli üretimi, mesafe ölçme, hacim ve alan hesaplama, stereoskopik değerlendirme gibi birçok özelliği kullanıcılara sunar.

3 Uygulama

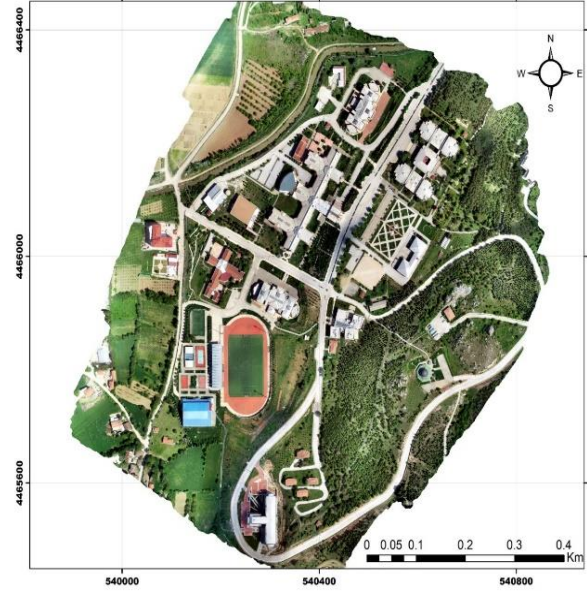
Bu çalışmada amaç insansız hava araçlarından elde edilen görüntüler koordinatlı (RTK çözümlü) ve koordinatsız (YKN koordinatları kullanılarak çözüm) olarak PIX4D ve Agisoft PhotoScan yazılımlarında değerlendirilmesi sonucu hassasiyetin irdelenmesidir. Yapılan değerlendirme sonrasında elde edilen sonuçlar üzerinde bir karşılaştırma yaparak sonuç ürünlerin hangisinin daha hassas olduğu tespiti yapılmıştır.

Çalışma bölgesi olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi belirlenmiştir. Çalışma bölgesinin alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli uçuş kolonları olacak şekilde otonom bir plan hazırlanmıştır. Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır.



Şekil 2. Projede Kullanılan Multicopter, GNSS Alıcısı, Kontrol birimi ve Kamera sistemi örneği.

Çalışma alanını kapsayan 19 adet yer kontrol noktasının konumsal bilgileri dört adet çift frekanslı Jeodezik GNSS alıcıları (Trimble, Topcon) ile ölçülmüştür. 2 saatlik statik GNSS ölçüleri TUSAGA Aktif sistemine bağlı olarak Leica LGO V.8.3 yazılımı ile üç boyutlu (3D) olarak değerlendirilmiştir. Uygulama alanının haritası, Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. GOP Üniversitesi Çalışma alanı.



Şekil 4. Yer Kontrol Noktası örneği.

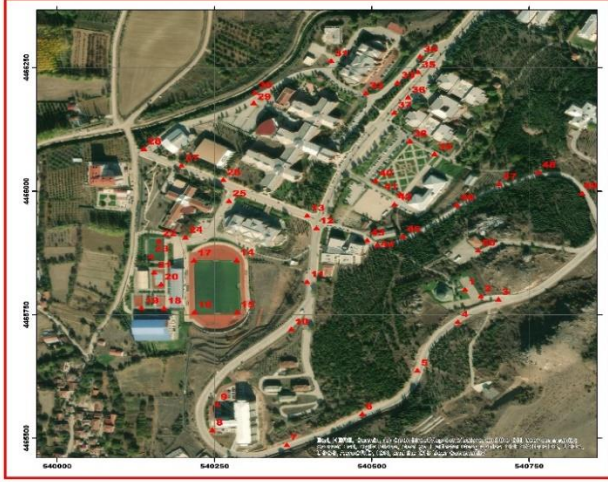
Çalışma alanı olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi seçilmiştir. Çalışma alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, uçuş kolonları %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli olarak planlanmıştır. Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir. Proje kapsamında ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış 19 adet Yer Kontrol Noktasının TUREF/TM36 koordinatları GNSS alıcısı ile elde edilmiştir.

Uygulama alanına homojen olarak dağılmış 50 adet nokta GNSS alıcısı ile CORS-TR ağı kullanılarak 12 epok ölçü ile her detay noktaya ait kullanılacak referans koordinatlar elde edilmiştir. Ölçülen noktalara ait örnek görüntü Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ortomosaik görüntüsü (YKN çözüm).

Ölçülen noktaların uygulama alanına dağılımı Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu noktalar arazi üzerinde ve Ortomosaik görüntülerde net bir şekilde belirlenebilen noktalarlardır.



Şekil 6. Arazi koordinatlarının uygulama alanına dağılımı.

Çalışma YKN noktalarından faydalanarak ve RTK özelliği olan İHA kullanılarak elde edilen koordinatların doğruluk değerlendirmesi Pix4D ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için çalışma alanı içerisine 19 adet YKN atılmış ve 50 adet detay noktasının nihai koordinatları bu YKN noktaları yardımıyla ve RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak ayrı ayrı farklı iki yazılım üzerinden üretilmiştir. Çalışmada referans değer olarak kullanılması düşünülen detay noktalara ait koordinatların ölçümleri GNSS ölçümleri yardımıyla elde edilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde Pix4D yazılımı kullanılarak RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak 50 adet detay noktasına ait koordinatlar üretilmiş ve her bir koordinat bileşenine karesel ortalama hata değerleri elde edilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{348}{49}} = \pm 2.66 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3056}{49}} = \pm 7.89 \text{ cm}$$

Çalışmanın ikinci bölümünde Pix4D yazılımı kullanılarak çalışma alanı içerisinde yer alan 19 adet YKN noktasından faydalanarak 50 adet detay noktasına koordinatlar üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen karesel ortalama değerleri aşağıda gösterilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{158}{49}} = \pm 1.80 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3506}{49}} = \pm 7.01 \text{ cm}$$

Çalışmanın üçüncü bölümünde Agisoft FotoScan yazılımı kullanılarak RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak 50 adet detay noktasına ait koordinatlar üretilmiş ve her bir koordinat bileşenine karesel ortalama hata değerleri elde edilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{254}{49}} = \pm 2.28 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{210}{49}} = \pm 2.07 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3506}{49}} = \pm 8.45 \text{ cm}$$

Çalışmanın son bölümünde ise Agisoft FotoScan yazılımı kullanılarak çalışma alanı içerisinde yer alan 19 adet YKN noktasından faydalanarak 50 adet detay noktasına koordinatlar üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen karesel ortalama değerleri aşağıda gösterilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{66.3}{49}} = \pm 1.16 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{87.4}{49}} = \pm 1.33 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{2769.01}{49}} = \pm 7.51 \text{ cm}$$

4 Sonuçlar

RTK sistemine sahip İHA ve RTK sistemine sahip olamayan iki farklı İHA aynı uçuş yüksekliği ve örtme oranları kullanılarak stereo fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğrafların değerlendirilmesinde Pix4 D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametrik yazılımları kullanılmıştır.

İlk değerlendirme her iki yazılımda, sadece İHA sistemi tarafından fotoğraflara atanan RTK koordinatları kullanılarak yapılmış ve Pix4D Mapper yazılımı değerlendirmesi sonucunda 3.03 cm/pix GSD değeri ile

çalışma alanının ortofoto haritası üretilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 0.39$ cm, $Y=\pm 0.34$ cm ve yükseklikte doğruluğu $h=\pm 1.74$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımı ile yapılan değerlendirme sonucunda ise GSD değeri 2.64 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 7.19$ cm, $Y=7.13$ cm olarak, yükseklikte doğruluk da $h=10.12$ cm olarak bulunmuştur.

İkinci değerlendirme ise RTK sistemi olmayan İHA ile elde edilen resimler ve uçuş öncesi çalışma alanına tesis edilen 19 adet YKN kullanılarak uygulanmıştır. Değerlendirme sonrasında oluşan veriler Pix4D Mapper yazılımında 3.02 cm/pix GSD değeri ile üretilmiştir. Bu değerlendirme sonucu oluşan verilerde yatayda konum doğruluğu $X=\pm 3.31$ cm, $Y=\pm 2.62$ cm ve yükseklikte doğruluğu $h=\pm 2.92$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımında ise GSD değeri 2.63 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 1.67$ cm, $Y=1.51$ cm olarak, yükseklikte doğruluğu $h=0.41$ cm olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemle elde edilen veri setlerinin doğruluklarının kıyaslanması amacıyla arazide tespit edilen elli adet belğin detay noktalarının GNSS ölçme yöntemlerinden CORS tekniği kullanılarak belirlenen koordinatları kullanılmıştır. Bu kıyaslama neticesinde Pix4D Mapper ile RTK koordinatları kullanılarak elde edilen verilerin yatayda konum doğrulukları $X=\pm 1.40$ cm, $Y=\pm 1.2$ cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise $h=\pm 1.6$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları $X=\pm 2.07$ cm, $Y=\pm 2.28$ cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise $h=\pm 8.45$ cm olarak bulunmuştur. YKN kullanılarak elde edilen verilerin doğrulukları ise Pix4D Mapper 'da yatayda konum doğrulukları $X=\pm 3.26$ cm, $Y=\pm 1.80$ cm olarak, yükseklik ise $h=\pm 7.01$ cm olarak bulunulmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları $X=\pm 1.33$ cm, $Y=\pm 1.16$ cm olarak, yükseklikte ise $h=\pm 7.51$ cm olarak bulunmuştur. Yapılan analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak daha yüksek doğruluklu konumsal bilgi elde edildiği tespit edilmiştir. Diğer yandan kullanılan yazılımların performans irdelemesi yapıldığında, Pix4D Mapper yazılımının çözüm işlem basamaklarının hızlı ve yüksek doğruluklu konum bilgisi ürettiği görülmüştür. Buna ek olarak uygulanan tüm yöntemlerde Büyük Ölçekli Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilmiş olan "0-10 cm/pix GSD değerinde ve detay noktaların yatay konum doğruluğu ± 7 cm ve yükseklik doğruluğu (σ_H) ± 7 cm" gerekliliğini sağladığı tespit edilmiştir.

Geçmişten günümüze konum bilgisi hayatımızın önemli bir parçası olmuş ve olmaya devam edecektir. Bu bilginin elde edilmesinde kullanılan araçlardan biri olan İHA teknolojisi beraberinde kullanılacak teknolojiler ile önemli bir araç haline gelmiştir. Diğer tüm alanlarda olduğu gibi, haritacılık alanında da ihtiyaç duyulan zaman, maliyet, insan gücü gibi etkenlerin minimuma indirilmesi ihtiyacı, kullanılması planlanan İHA'nın seçilmesinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla satın alınması planlanan İHA'nın sahip olduğu donanımsal özelliklerin, konumsal doğruluğa etki edebileceği göz önünde bulundurularak fayda-maliyet ilişkisi gözetilerek seçilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma, ikinci yazarın danışmanlığı, üçüncü yazarın eş danışmanlığı tarafından yürütülen, birinci yazarın "İHA Sistemleri ile Elde Edilen Ortofoto Haritaların Doğruluk Değerlendirmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir".

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Yıldırım, Ö., Susam, T., Yaprak, S., Delen, A., & İnyurt, S. (2016). UAV Sistemlerinin Tarımsal Amaçlar İçin Kullanılabilirliği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- [2] Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535.
- [3] Tarık, A. K., & Avaner, T. (2019). Silahlı insansız hava araçlarının uluslararası alanda ve iç güvenlikte sevk ve idaresine ilişkin hukuki saptamalar. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 18(36), 43-66.
- [4] Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S., & Raşit, U. L. U. G. (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 2(3), 135-142.
- [5] Doğan, Y., Başçıftçi, F. (2021). Determination of Karamanoglu Mehmetbey University Buildings by Unmanned Aerial Vehicle UAV. *ISPEC 11th International Conferences on Engineering & Natural Sciences*, Muş.
- [6] Başçıftçi, F., Doğan, Y., Karaağaç, A. (2022). Examining the Types of Unmanned Aerial Vehicles and Their Usage Areas. *Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, (20), 120-128.
- [7] Akdeniz H. (2004). Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (91), 13-20.
- [8] Spreckelsa, V., Fischer, C., Schlienkamp, A., & Syrek, L. (2005). Photogrammetric stereoplottling capabilities of Vexcel UltracamD digital aerial imagery. *Red*, 620, 690.
- [9] Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives. *International archives of the photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1), C22.
- [10] Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., & Martínez-Carricondo, P. (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement*, 98, 221-227.
- [11] Tercan, E. (2018). Karayolu ölçmelerinde insansız hava araçlarının kullanılması: Okurcalar şehir merkezi örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 649-660.



INVESTIGATION OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al₂O₃ AND SiC REINFORCED AA2024 BASED COMPOSITES

Uğur Çalığülü^{*1}, Aykut Çanakçır², Mustafa Türkmen³, Nida Darcan¹, M. Vahittin Kaçmış¹

¹Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Elazığ

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Trabzon

³Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

Abstract

Original scientific paper

Composite materials used in engineering fields such as the automotive and defense industries are produced by many methods due to their superior mechanical and physical properties. In addition to the advantages of forming powder-based composites produced by the powder metallurgy method, the problems that are less in number during production make this method more attractive. AA2024 aluminum alloy, chosen as the matrix, is preferred in the aerospace and automotive industries due to its high strength/weight ratio as it is alloyed with copper. In this study, Silicon Carbide (SiC) was preferred due to its high wear resistance and high heat resistance, and in addition, Aluminum Oxide (Al₂O₃) was preferred due to its suitable interface bonding ability with aluminum alloy (AA2024). The samples were produced by hot pressing method at 560 °C for 120 minutes and under 500 MPa pressure by preparing AA2024/Al₂O₃ and AA2024/SiC powder mixtures with different additive ratios. In order to examine the microstructure and mechanical properties of AA2024 matrix Al₂O₃ and SiC reinforced composites obtained by powder metallurgy method, in addition to SEM images, EDS and XRD analyzes, microhardness, density, tensile, corrosion and impact tests were performed. According to the test results, the best tensile and impact test results of AA2024/Al₂O₃ and AA2024/SiC composite materials were determined in 2% Al₂O₃ and SiC reinforced composite materials; At higher reinforcement ratios, there was a decrease in the impact test values. It has been determined that the increase in the Al₂O₃ and SiC reinforcement ratio causes an increase in the corrosion resistance and positively affects both the hardness and mechanical properties of the AA2024 matrix.

Keywords: AA2024, Al₂O₃, SiC, composites, mechanical properties.

Al₂O₃ ve SiC TAKVİYELİ AA2024 ESASLI KOMPOZİTLERİN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Üstün mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olması nedeniyle, otomotiv ve savunma sanayii gibi mühendislik alanlarında kullanılan kompozit malzemeler bir çok yöntemle üretilmektedirler. Toz metalürjisi yöntemi ile üretilen toz esaslı kompozitlerin şekil verme üstünlükleri yanında, üretim sırasındaki sayıca daha az olan problemler bu yöntemi daha çekici kılmaktadır. Matris olarak seçilen AA2024 alüminyum alaşımı, bakır ile alaşımlandırıldığı için yüksek dayanım/ağırlık oranına sahip olması nedeniyle havacılık ve otomotiv endüstrisinde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, bir çok kullanım alanı olan, yüksek aşınma direncine ve yüksek ısı dayanımına sahip olmasından dolayı Silisyum Karbür (SiC) ve ilave olarak, alüminyum alaşımı (AA2024) ile uygun ara yüzey bağlanma yeteneğine sahip olmasından dolayı Alüminyum Oksit (Al₂O₃) tercih edilmiştir. Numuneler, farklı katkı oranlarında AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC toz karışımları hazırlanarak, 560 °C sıcaklıkta, 120 dakika ve 500 MPa basınç altında sıcak presleme yöntemi ile üretilmiştir. Toz metalürjisi yöntemiyle elde edilen AA2024 matrisli Al₂O₃ ve SiC takviyeli kompozitlerin mikroyapılarını ve mekanik özelliklerini incelemek amacıyla, SEM görüntülerine ilave olarak, EDS ve XRD analizleri, mikrosertlik, yoğunluk, çekme, korozyon ve darbe testleri yapılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre, AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin en iyi çekme ve darbe testi sonuçları, % 2 Al₂O₃ ve SiC takviyeli kompozit malzemelerde tespit edilmiştir; daha yüksek takviye oranlarında ise darbe testi değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir. Al₂O₃ ve SiC takviye oranındaki artışın korozyon direncinin artmasına sebep olduğu ve AA2024 matrisinin hem sertlik ve hem de mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA2024, Al₂O₃, SiC, kompozitler, mekanik özellikler.

* Corresponding author.

E-mail address: ugurcaligulu@gmail.com (U. Çalığülü)

Received 31 December 2022; Received in revised form 22 March 2023; Accepted 22 March 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1227533>

1 Giriş

Günümüzde savunma, uzay, havacılık ve otomotiv gibi önemli alanlarda hızla gelişen teknoloji dolayısıyla geleneksel malzemeler yetersiz kalmış ve bu malzemelerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Hızla gelişen teknolojinin doğurduğu bu malzeme ihtiyacı yeni ve üstün özelliklere sahip olan kompozit malzemelerin üretilmesinin temel nedeni oluşturmaktadır [1].

Toz metalürjisi, karmaşık şekilli parçaların yanı sıra metal matrisli kompozit ve metal alaşımları üretimine olanak sağladığından dolayı tungsten lamba teli, zırh delici mermiler, diş dolguları ve otomotiv güç aktarma dişlileri gibi birçok alanda kullanılan önemli bir üretim yöntemidir. Toz metalürjisi üretim yöntemi kısaca; çok küçük parçacıkların birbirine bağlanmasıyla bir parça haline getirilmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem üstün mikro yapısal özelliklere sahip parça üretimi, belirli derecede gözeneklilik ve geçirgenlik sağlaması gibi avantajlarından dolayı kompozit malzeme üretimi için sıklıkla tercih edilmektedir [2].

Kompozit malzeme, birbiri içerisinde çözünmeyen ve birbirinden farklı iki ya da daha fazla malzemenin bir araya gelmesiyle oluşan yeni bir malzemedir. Bu malzemeler kendisini oluşturan malzemelerin tek başına sahip olamayacağı birçok özelliği diğer malzemelerle bir araya gelerek tek bir malzemede toplama olanağı sağlarlar. Kompozit malzemeler matris ve takviye elemanları olmak üzere iki ayrı kısımdan oluşmaktadır. Ayrıca bu malzemeler kendi içlerinde birbirlerinden ayrılmayı sağlayan ara yüzeylere sahip olduğundan dolayı kendilerine has özellikleri muhafaza etmektedirler [3].

Metal matrisli kompozitler, yüksek süneklik ve tokluk özelliklere sahip olan metaller ile yüksek mukavemetli seramik malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşur. Bu çalışmada, matris malzemesi olarak hafif ve sünek olduğu için AA2024 kullanılmıştır. AA2024 matrisli kompozitlerde takviye elemanı olarak genellikle TiC, B₄C, ZrO₂, Al₂O₃ ve SiC kullanılmaktadır [4]. SiC, kompozit imalatında sıklıkla kullanılan takviye elemanı olup yüksek aşınma direncine ve yüksek ısı dayanımına sahiptir ve benzer özellikleri taşıyan Al₂O₃'ün diğer bir avantajı ise AA2024 ile uygun ara yüzey bağlanma yeteneğine sahip olmasıdır [5].

Farklı SiC ve Al₂O₃ katkı oranlarına sahip alüminyum matrisli kompozit malzemeler üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Yüksek dayanıma sahip zırh çeliği ve Al-7017 alaşımının farklı ısı işlem parametreleri ve kalınlıklarda 7.62 mm'lik mermiler karşındaki balistik performanslarını incelenmiştir. Sonuç olarak merminin şekline bakarak hedefin balistik performansı hakkında yorum yapılabileceği, 200 °C 'de menevişleme işlemi görmüş çeliğin en yüksek balistik performans gösterdiği ve iyi dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir [6]. Yüksek mukavemete sahip alüminyum alaşımlarına SiC ilavesi sonucu, aşınma direncinin SiC parçacıkları etkisi ile yükselmiştir [7]. Alüminyum matrisli B₄C, SiC ve Al₂O₃ parçacık takviyeli kompozit köpük malzemeleri ramor 500 zırh çeliği ile bir araya getirerek 7,62x51 mm çelik zırh delici mermiler karşısındaki balistik performansını incelenmiş ve sonuç olarak SiC parçacıkları matris ile uyumlu ara yüzey oluşturmuş, Al₂O₃ parçacıkları ise kısmen iyi ara yüzey oluşturmuştur [8]. SiC ve B₄C takviyeli alüminyum esaslı

kompozit malzemeler üretilmiş ve kompozit yapı içerisinde takviye miktarının artmasıyla sertlik değerinin artmıştır [9]. Al-Mg/SiC kompozit malzemelerin korozyon davranışları testi sonucuna göre Al-Mg alaşımının SiC takviye malzemeleri arasında oluşan bileşiklerin korozyon dayanımını arttırmıştır [10]. ZA27 matris alaşımının grafen nano levha ile takviyelendirilen nanokompozit malzemeleri toz metalürjisi yöntemi kullanılarak üretilmiş ve artan grafen nanolevha miktarı nanokompozitin korozyon direncini arttırmıştır [11]. AA2024 matris malzemesinde B₄C ve TiC takviye malzemesi oranları arttıkça kompozit malzemelerin sertlik, nihai mukavemet ve akma mukavemeti artış gösterirken süneklik değerinde azalmalar olmuştur [12]. Alüminyum tozlarının içerisine farklı oranlarda SiC takviye ederek gerçekleştirilen kompozit malzeme üretimi sonucu takviye malzemesinin boyutu ve oranının artmasıyla üretilmiş olan numunelerin yoğunluklarının arttığını ve sertlik değerlerinde artış olduğunu tespit edilmiştir [13]. Toz metalürjisi yöntemiyle B₄C partikül takviyesi ile Al matrisli kompozit malzemede sertlik değerlerinin B₄C parçacıkları ile artış gösterdiği görülmüştür [14]. Mekanik alaşımlama yöntemiyle üretilen Al+%10 Al₂O₃ kompozit malzemelerin sertlik ve eğme değerlerinde katkısız olan numunelere göre artış meydana geldiği sonucuna varılmıştır [15]. SiC parçacıklarının dağılımı incelenmiş ve bu inceleme sonucuna göre SiC parçacıklarının düzgün bir şekilde dağıldığı görülmüştür [16].

Literatürde yer alan kompozit malzemelerle alakalı çalışmalar incelendiğinde birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen Al₂O₃ ve SiC katkısı ile ilgili büyük eksiklikler olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında değişik parametreler kullanılarak gelecekte yapılacak olan çalışmaların önünü açacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, Al₂O₃ ve SiC katkılanırılmış AA2024 esaslı kompozitlerin toz metalürjisi yöntemiyle üretilmesi ve üretilen malzemelerin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın bir diğer amacı ise otomotiv, savunma, havacılık ve makine imalatı gibi önemli alanlarda kompozitlere alternatif oluşturabilecek yeni bir seramik matrisli kompozit geliştirmektir.

2 Materyal ve Metot

Bu çalışmada, üstün mikro yapısal özelliklere sahip parça üretimine olanak sağlaması, metal alaşımları ve metal matrisli kompozit üretimi için uygun olması gibi birçok avantajından dolayı toz metalürjisi yöntemi kullanılmıştır. Matris malzemesi olarak toz boyutları 63 µm olan AA2024 (2.78 g/cm³) tozları kullanılmıştır. Seramik takviye elemanı olarak, yüksek aşınma direncine ve yüksek ısı dayanımına sahip olmasından dolayı malzemelerinin partikül boyutları 2-3 µm olan SiC tercih edilmiştir. Diğer bir takviye malzemesi olarak ise, AA2024 ile uygun ara yüzey bağlanma yeteneğine sahip olmasından dolayı malzemelerinin partikül boyutları 2-3 µm Al₂O₃ tercih edilmiştir [5]. AA2024, Al₂O₃ ve SiC tozlarının teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Toz karışımları için gezege tip bilyeli öğütücü (Retsch PM100)'de 400 dv/dk devir hızında ve 4 saat boyunca mekanik alaşımlama yapılmıştır. Öğütme işlemi tungsten karbür değirmen ve bilyeler kullanılarak yapılmıştır. Mekanik öğütme cihazının

hacmi 125 ml, bilye ebatı ise 10 mm ölçülerine sahiptir. Tozlar Tablo 2’de belirlenen oranlarda tartılmış ve homojen bir karışım elde etmek amacıyla mekanik alaşımlama cihazında karıştırılmıştır. Daha sonra 250 MPa basınçta ön sıkıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ön sıkıştırma işleminden sonra belirli bir yoğunluğa ulaşmış toz partiküllerinin ergime sıcaklığının altındaki bir sıcaklık olan 560 °C’ye kadar ısıtılıp tozlar arasındaki bağ yapılarının oluşturulması için sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Sinterlemenin asıl amacı malzemede oluşan gözeneklilik oranını azaltmak ve presleme işleminden sonra mekanik olarak birbirine bağlanan toz taneleri, sinterleme işleminden sonra ise kimyasal olarak birbirine bağlanmasını sağlamaktır. Bu bağ ile tozlar iyi bir mekanik dayanım kazanırlar. Daha sonra ise 500 MPa basınçta sıcak presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan toz metalürjisi yöntemi işlem akış şeması Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 1. AA2024, Al₂O₃ ve SiC tozlarının teknik özellikleri.

AA2024			
%Cu	3.8-4.9	Erime noktası °C	637
%Mg	1.2-1.8		
%Mn	0.3-0.9	Sertlik (Brinell)	120
%Fe	0.5		
%Si	0.5	Yoğunluk (g/cm ³)	2.78
%Zn	0.25		
%Cr	0.1	Çekme(MPa)	185
%Ti	0.15		
Al	Kalan		
Al ₂ O ₃			
Erime noktası °C	2072		
Sertlik (Brinell)	1440		
Yoğunluk (g/cm ³)	3.95		
Çekme(MPa)	240		
SiC			
Erime noktası °C	2730		
Sertlik (Brinell)	1800		
Yoğunluk (g/cm ³)	3.21		
Çekme(MPa)	250		

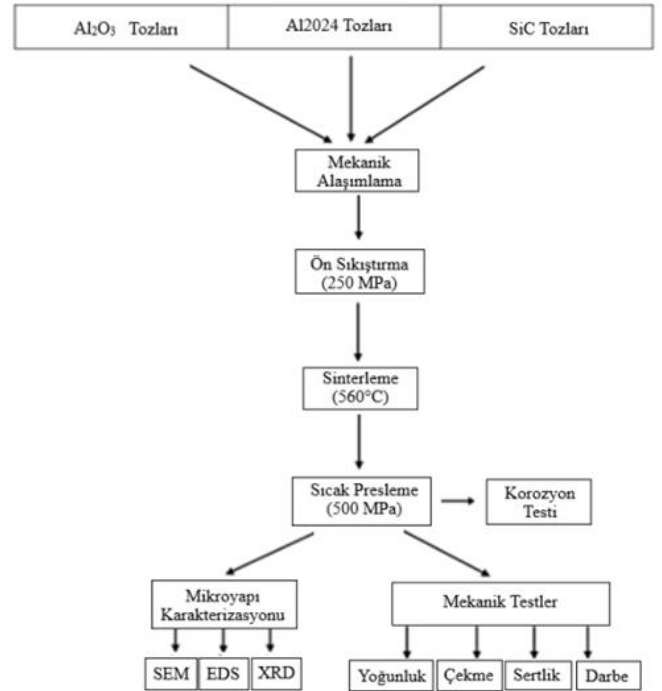
Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen kompozit malzemeler, içyapı incelemelerinin yapılması amacıyla bir dizi işleme tabi tutulmuştur. İlk olarak otomatik kesme makinası ile numuneler yüzeyi pürüzsüz olacak şekilde kesilmiştir. Kesim işlemi yapılan numuneler pürüzsüz bir yüzey elde etmek amacıyla bakalite alma işlemi uygulanmıştır. Bakalite alınan numuneler otomatik yüzey zımparalama ve parlatma işlemleri yapılmıştır. Zımparalama işleminde 400, 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2000 numaraya sahip zımpara kağıtları kullanılmıştır.

Yüzey zımparalama işlemi biten numuneler 0,5 µm ve 3 µm boyutları içeren parlatma sıvıları ile parlatılmıştır. Parlatma işleminde ise Eposil F parlatma sıvısı kullanarak yüzey parlatma işlemi yapılmıştır. Son olarak dağlama çözeltisi için Keller ayırıcı (2ml HF + 3ml HCl + 5ml

HNO₃ + 190ml saf su) çözeltisi kullanarak yüzey dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit numune karışım oranları ve sinterlenme süreleri.

Kompozit Numune Kodu	Takviye Oranları (%)	Sinterleme Süresi (min)
A _{0.5}	0.5 Al ₂ O ₃ + 99.50 AA2024	120
A _{1.0}	1 Al ₂ O ₃ + 99 AA2024	120
A _{2.0}	2 Al ₂ O ₃ + 98 AA2024	120
A _{3.0}	3 Al ₂ O ₃ + 97 AA2024	120
A _{5.0}	5 Al ₂ O ₃ + 95 AA2024	120
S _{0.5}	0.5 SiC + 99.50 AA2024	120
S _{1.0}	1 SiC + 99 AA2024	120
S _{2.0}	2 SiC + 98 AA2024	120
S _{3.0}	3 SiC + 97 AA2024	120
S _{5.0}	5 SiC + 95 AA2024	120



Şekil 1. Toz metalürjisi yöntemi işlem akış şeması.

AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin mikroyapı incelemeleri ZEISS marka LS 10 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılmıştır.

Ayrıca takviye malzemelerin, matris malzemesi içerisindeki dağılımları ve gözenek boyutu SEM yardımıyla detaylı şekilde yapılmıştır. Aynı cihaz yardımıyla EDS analizleri yapılarak haritalama metodu ile matris malzemesi ve takviye malzemelerinin dağılımları incelenmiştir. Bunların yanı sıra korzyon testi sonrası SEM ile alınan yüzey görüntülerine bakılarak korzyonun türü

araştırılmıştır. AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin XRD ışınları ile analizi yapılarak sinterleme işlemi sonrasında numunelerde oluşan faz yapılarının tanımı yapılmıştır. Bu araştırmalar ise PANalytical marka XRD cihazıyla gerçekleştirilmiştir.

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin yoğunluk hesapları karışım kuralına göre hesaplanmıştır. Çekme mukavemet testleri MTS 45 model çekme test cihazında ile 0.3 mm/sn çekme hızında yapılmıştır. Test sonuçları değerlerinin ortalaması sonuç olarak yazılmıştır. Çekme testi için üretilen numunelerin boyutları 5*10*80 mm'dir (ASTM E-8 standardına göre yapılmıştır). Sertlik testleri Innovatest Nemesis 9000 sertlik ölçüm test cihazında, Brinell sertlik ölçüm metodu ile yapılmıştır. Bu ölçüm 2.5mm çapına sahip batıcı uç yardımıyla, 31.25 kgf yük ile 10 saniye boyunca otomatik olarak yapılmıştır.

AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin korozyon davranışlarını incelemek amacıyla potansiyodinamik polarizasyon testi uygulanmıştır. Elektrolitik çözeltisi için %3.5 NaCl çözeltisi kullanılmıştır. Numuneler korozyon testi öncesi metanol ile yıkandıktan sonra kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

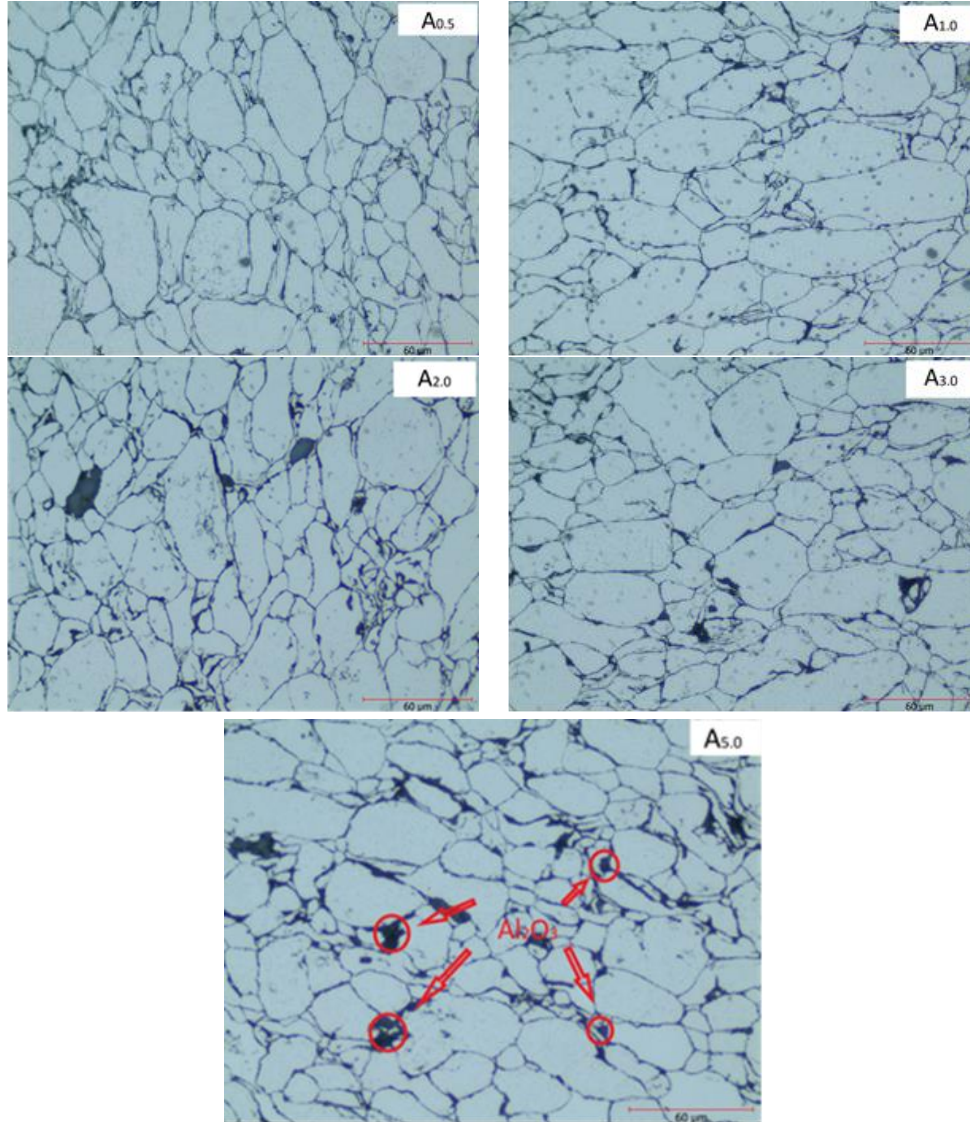
Potansiyodinamik polarizasyon ölçümleri -500 mV potansiyel ile başlayarak ölçümlere 1 mV/s tarama hızında +500 mV anodik potansiyele kadar devam edilerek işlem sonlandırılmıştır. Korozyon davranışı akımın yoğunluğuna ve korozyonun potansiyeline göre değerlendirilmiştir.

Düşen ağırlık darbe testi yönteminde, numune üzerine 6,5 kg yük bindirilmiş 9 mm çapında bir çarpma aleti 30 cm yükseklikten serbest düşme ile kompozit malzemelerin yüzeyine çarptırılmıştır. Çarpma anında 18 joule enerjiye sahiptir. Çarpma sonucu kompozit malzemelerde oluşan hasarlar kontrol edilmiştir. Bu deney için kullanılan numunelerin boyutları ise 10 mm çapında ortalama 5 mm kalınlığındadır.

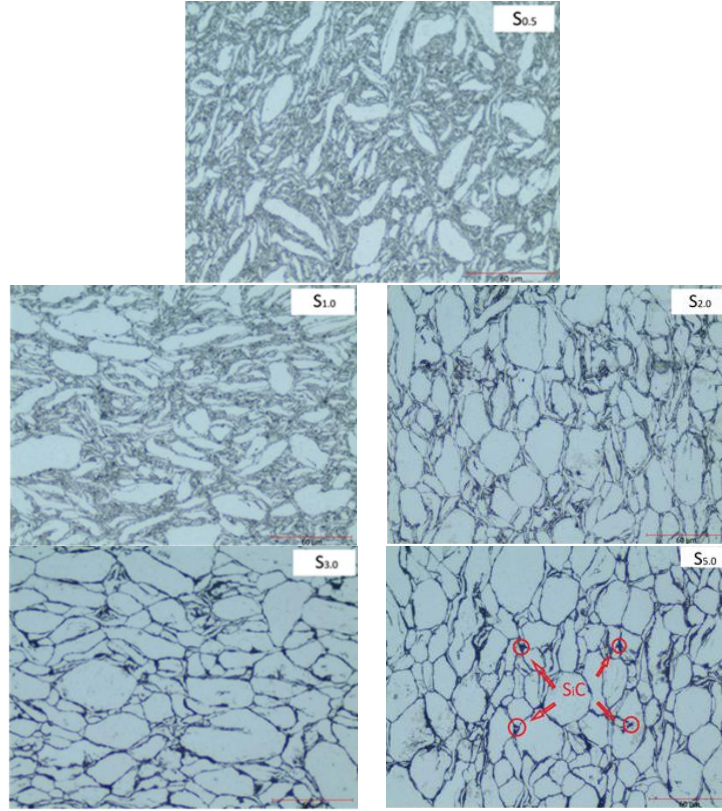
3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Optik Mikroskop Görüntüleri

AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozitlerinin mikro yapılarını değerlendirmek amacıyla, farklı takviye oranları ve ortalama değer olan 120 dakika sinterleme sürelerine ait optik mikroskop görüntüleri Şekil 2'de ve Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. AA2024/Al₂O₃ kompozit malzemelerin optik mikroskop görüntüleri.



Şekil 3. AA2024/SiC kompozit malzemelerin optik mikroskop görüntüleri.

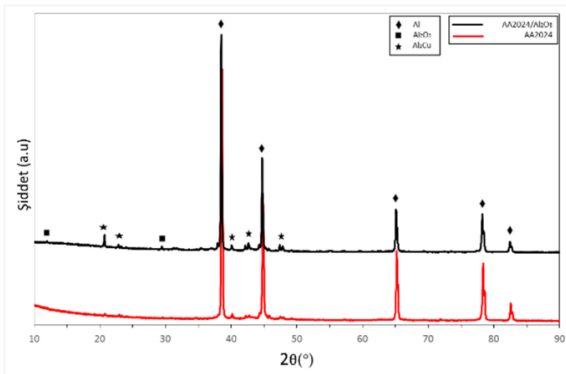
Şekil 2 ve 3'deki görüntüler incelendiğinde, Al₂O₃ ve SiC takviye oranının artmasına bağlı olarak parçacık dağılımındaki homojenliğin artış gösterdiği söylenebilir. Ancak takviye oranının artması ile bir miktar takviye topaklanmasının meydana geldiği görülmektedir. Yine aynı şekilde kompozit yapı içerisindeki boşluk miktarı da takviye oranındaki artışına bağlı olarak artmıştır. [13]

Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, faz parçacıkların büyük bir çoğunluğunun tane sınırlarında dağılım oluşturduğu görülmektedir. Özellikle toz metalurjisi yöntemiyle kompozit üretim teknolojilerinde, tane ve tane sınırlarına yakın bölgelerde dağılım gösteren takviye elemanları, gözeneklerin küçülmesine karşı

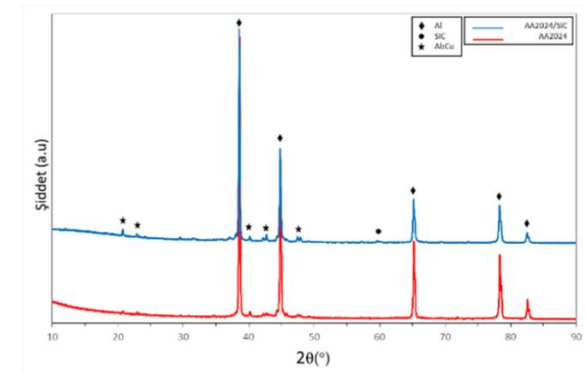
koyabilmektedir. Bu özellik dolayısıyla malzeme mekanik özellikleri ve malzeme performansı üzerinde çok etkili olabilmektedir. Al₂O₃ ve SiC takviyeli kompozitlerin mikroyapılarını değerlendirilirken bu konuyla alakalı benzer birçok çalışma incelenmiş ve bulunan sonuçların bu çalışma ile paralel olduğu görülmüştür [18-21].

3.2 XRD Analizleri

Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin XRD analizleri Şekil 4 ve 5'te verilmiştir. Şekil 4 ve 5 incelendiğinde yapıda Al, Al₂O₃, SiC, Al₂Cu fazlarına rastlanmıştır. [22].



Şekil 4. AA2024 ve AA2024/Al₂O₃ kompozit numunenin XRD analizi.

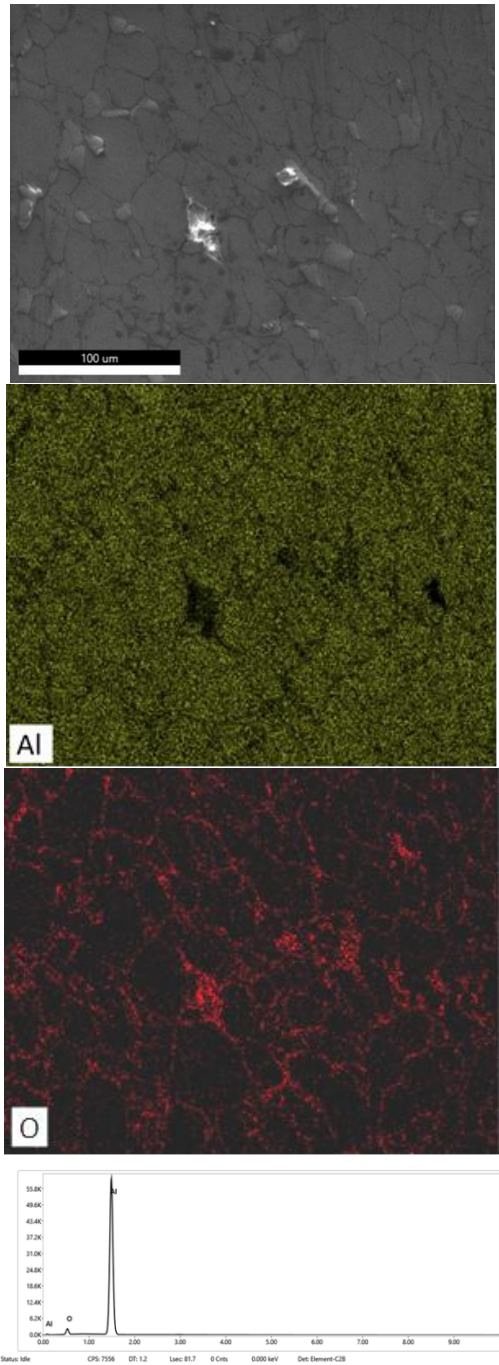


Şekil 5. AA2024 ve AA2024/SiC kompozit numunenin XRD analizi

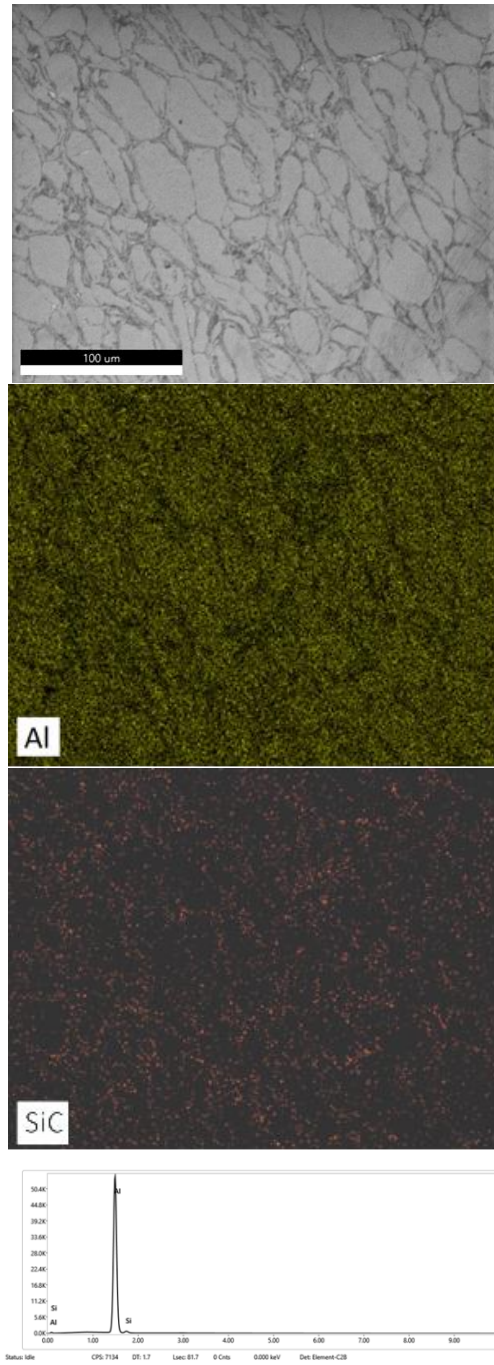
3.3 EDS Analizleri

AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin görüntüleri ve elementel dağılımları Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Şekil 6 ve 7 incelendiğinde takviye elemanlarının ana matris içerisinde homojen bir şekilde

dağıldığı görülmektedir. Al₂O₃ ve SiC takviyeli AA2024 kompozitinin barındırdığı tüm elementlerin pikleri de Şekil 6 ve 7'de net bir şekilde görülmektedir. Farklı herhangi bir yapıya rastlanmamış ve üretilen kompozitlerin atomik olarak literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür [23].



Şekil 6. AA2024/Al₂O₃ kompozit malzemelerin EDS analizleri.



Şekil 7. AA2024/SiC kompozit malzemelerin EDS analizleri.

3.4 Yoğunluk ve Porozite İncelemesi

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen kompozit malzemelerin yoğunluk hesapları karışım kuralına göre hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda deneysel yoğunluklarının teorik yoğunluklara bölünmesi sonucu bağıl yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$\delta t = [(\%W)_1 * \delta 1] + [(\%W)_2 * \delta 2] + \dots + [(\%W)_n * \delta n] \quad (1)$$

δt : Kompozit malzemelerin teorik yoğunluğu
 $(\%W)$: Her bir takviye malzemesinin karışım içinde ağırlık olarak yüzdesi
 δ : Her bir takviye malzemesinin yoğunluğu

$$\text{Bağıl yoğunluk} = [(\delta t - \delta d) / \delta t] \times 100 \quad (2)$$

δt : Teorik yoğunluk
 δd : Deneysel yoğunluk

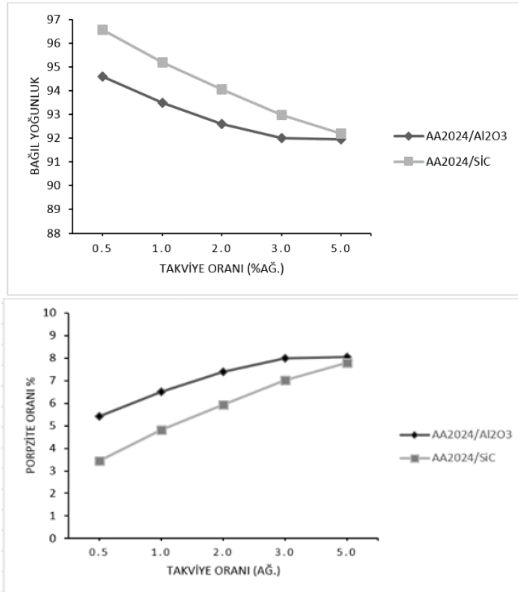
$$\% \text{Porozite} = \left(1 - \frac{\text{Deneysel Yoğunluk}}{\text{Teorik Yoğunluk}}\right) \times 100 \quad (3)$$

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin % poroziteyi, deneysel yoğunluğu, teorik yoğunluğu ve % bağıl yoğunluğu verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler Tablo 3'de verilmiştir. Elde edilen verilerden yararlanarak Şekil 8'de verilen bağıl yoğunluk-takviye oranı grafiği ve porozite-takviye oranı grafiği çizilmiştir [22].

Tablo 3. AA2024/Al₂O₃-SiC kompozit malzemelerinin porozite, deneysel yoğunluk, teorik yoğunluk, bağıl yoğunluk değerleri.

Sıra No	Alaşım Türü	Porozite %	Deneysel Yoğunluk (gr/cm ³)	Teorik Yoğunluk (gr/cm ³)	Bağıl Yoğunluk %
1	A _{0.5}	5,41	2,635	2,7858	94,59
2	A _{1.0}	6,51	2,61	2,7917	93,49
3	A _{2.0}	7,4	2,596	2,8034	92,6
4	A _{3.0}	8	2,59	2,8151	92
5	A _{5.0}	8,05	2,61	2,8385	91,95
6	S _{0.5}	3,45	2,686	2,782	96,55
7	S _{1.0}	4,82	2,65	2,7843	95,18
8	S _{2.0}	5,95	2,6228	2,7886	94,05
9	S _{3.0}	7,01	2,597	2,7929	92,99
10	S _{5.0}	7,8	2,583	2,8015	92,2

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait % porozite, deneysel yoğunluk, teorik yoğunluk ve % bağıl yoğunluk değerleri Tablo 3’de verilmiştir. Verilen % porozite değerleri incelendiğinde katkı oranındaki artışla orantılı olarak % porozite değerinin giderek arttığı görülmektedir. Şekil 8’de verilen porozite-takviye oranı grafiği de bunu destekler niteliktedir.

**Şekil 8.** AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin bağıl yoğunluk-takviye oranı grafiği ve porozite-takviye oranı grafiği.

Tablo 3’de verilen deneysel yoğunluk değerleri incelendiğinde, katkı oranının artmasıyla deneysel yoğunluk değerinin çok küçük miktarlarda düştüğü görülmektedir. Tablo 3’de verilen teorik yoğunluk değerleri incelendiğinde, katkı oranındaki artışa bağlı olarak teorik yoğunluk değerinin de giderek arttığı görülmektedir. Tablo 3’de verilen % bağıl yoğunluk değerleri incelendiğinde ise takviye oranındaki artışla orantılı olarak % bağıl yoğunluk değerinin giderek azaldığı görülmektedir. Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin % bağıl yoğunluk değerlerinde ortaya çıkan azalma üzerinde etkili olan durumun, AA2024 matris malzemesi ile Al₂O₃ ve SiC takviye elemanları arasındaki bağlanma ara yüzeylerinde oluşan boşluklardan kaynaklandığı söylenebilir. Katkı oranındaki artışa bağlı olarak ara yüzeyde oluşan boşluk miktarının arttığı ve buna bağlı

olarak yoğunlukta bir azalma meydana geldiği söylenebilir. Bunun yanı sıra AA2024 matris yapısı içerisinde yer alan bakırın, sinterleme sırasında meydana gelen şişme etkisinden dolayı, gözeneklerin küçülmesine karşı koyarak, yoğunluk artışı önüne geçmesi, bir diğer önemli etkileşim olarak gösterilebilir. Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait % porozite, deneysel yoğunluk, teorik yoğunluk ve % bağıl yoğunluk değerleri literatürde yapılan diğer benzer bir çalışmayla karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine paralel olduğu tespit edilmiştir [21].

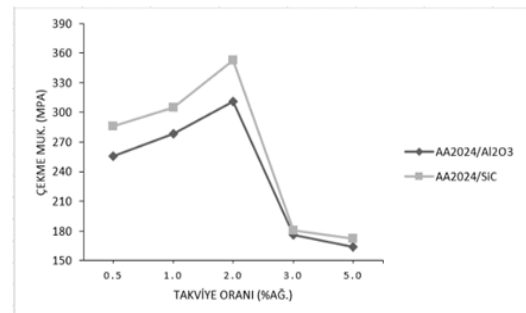
3.5 Çekme Mukavemeti

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait çekme testi sonuçları Tablo 4’te verilmiştir. Kompozit malzemelere ait çekme testi sonuçlarından elde edilen mukavemet değerlerinin takviye oranı ile değişim grafiği ise Şekil 9’ da verilmiştir.

Tablo 4. AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin mukavemet değerleri.

Numune Kodu	Çekme Mukavemet Değeri (MPa)
A _{0.5}	255,4
A _{1.0}	278,1
A _{2.0}	310,6
A _{3.0}	175,9
A _{5.0}	163,8
S _{0.5}	285,7
S _{1.0}	304,8
S _{2.0}	352,3
S _{3.0}	180,6
S _{5.0}	171,9

Tablo 4’de verilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait çekme mukavemet değerleri incelendiğinde %2’lik takviye oranına kadar çekme mukavemet değerleri artış gösterirken %2’den sonra çekme mukavemet değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür.

**Şekil 9.** AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin mukavemet değerlerinin takviye oranı ile değişim grafiği.

Şekil 9’da verilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait çekme mukavemet değerleri incelendiğinde %2’lik takviye oranına kadar çekme mukavemet değerleri artış gösterirken %2’den sonra çekme mukavemet değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Buradan Al₂O₃ ve SiC takviyesinin %2’ye kadar malzemenin mekanik özelliklerini iyi etkilediğini ancak %2’den sonra malzemeyi gevreklettiği sonucu çıkarılabilir. Tüm değerler arasında en iyi çekme

mukavemeti değerini $A_{2.0}$ ve $S_{2.0}$ numuneleri vermiştir. Tablo 4 ve Şekil 9'a göre, takviye oranının %2'nin üstüne çıkması ve buna bağlı olarak çekme dayanımında bir azalma meydana gelmesinin sebebinin artan takviye miktarıyla topaklanma miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Topaklanma miktarı arttıkça matris ile takviye malzemesinin arasındaki bağ kuvvetleri zayıflamaktadır. Bağların zayıflamasından dolayı çekme mukavemetlerinde sürekli olarak düşmeler meydana gelebilmektedir. Yapılan çekme mukavemeti testlerinden çıkarılan sonuçlar literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmış ve bu sonuçların literatürdeki sonuçlara paralel olduğu tespit edilmiştir [23-24].

3.6 Sertlik Değerleri

AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin Brinell Sertlik Değerleri (BSD) Tablo 5'de, takviye oranı ile sertlik değerlerindeki değişim ise Şekil 10'da verilmiştir.

Tablo 5. AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait Brinell Sertlik Değerleri (BSD).

Numune Kodu	Brinell Sertlik Değeri (BSD)
A _{0.5}	130
A _{1.0}	136
A _{2.0}	144
A _{3.0}	149
A _{5.0}	153
S _{0.5}	136
S _{1.0}	141
S _{2.0}	147
S _{3.0}	155
S _{5.0}	159

Tablo 5'de verilen AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait Brinell Sertlik Değerleri ve Şekil 10'da verilen sertlik-takviye oranı grafiği incelendiğinde, kompozit malzemelerin takviye oranlarının artmasıyla sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bunun sebebi takviye malzemelerinin matris malzemesinden daha sert bir yapıya sahip olmasıdır. AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemeler içerisinde en yüksek BSD'ye sahip numuneler $A_{5.0}$ ve $S_{5.0}$ kompozitleridir. $A_{5.0}$ ve $S_{5.0}$ kompozit numunelerin takviye miktarının yüksek olması sebebiyle AA2024 matrisinin toz partikülleri daha fazla plastik deformasyona maruz kalmıştır. Bu durum sonucunda matris malzemesi ile takviye malzemeleri arasında gerilmeler meydana gelmiştir. Meydana gelen gerilmeler dislokasyon mekanizması olarak bilinen pekleşme olarak adlandırılmaktadır. Yapılan sertlik ölçümleri değerlendirildiğinde, Al_2O_3 ve SiC takviyesinin AA2024 matrisinin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Bulunan BSD sonuçları literatürdeki sonuçlarla karşılaştırılmış ve bu sonuçların literatürdeki sonuçlara paralel olduğu tespit edilmiştir [18-19-22].

3.7 Korozyon Direnci

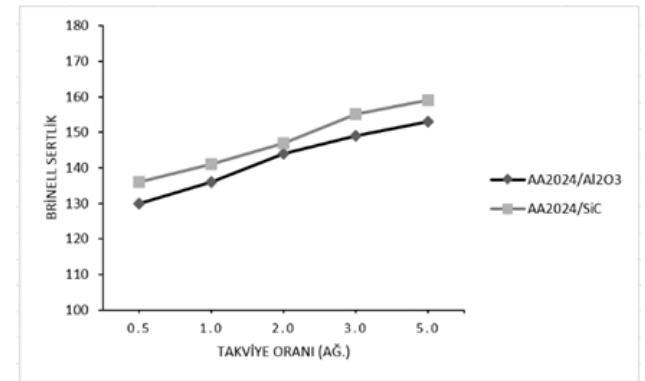
Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait korozyon deneyleri test sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'da verilen AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC

kompozit malzemelerine ait korozyon testi sonucu Ekor, İkor ve korozyon hızı değerleri incelendiğinde, Al_2O_3 -SiC takviyeli numuneler içerisinde en yüksek İkor ve korozyon hızı değerleri %0.5 takviyeye sahip kompozit numunelerde görülmüştür. Korozyon hızının yüksek olması o numunenin korozyon direncinin düşük olduğunu göstermektedir. Buna bağlı olarak en düşük korozyon direncine sahip olan numunelerin $A_{0.5}$ ve $S_{0.5}$ adlı numuneler olduğu söylenebilir. En düşük korozyon hızı değerine sahip numuneler ise $A_{5.0}$ ve $S_{5.0}$ numuneleridir. Bu da $A_{5.0}$ ve $S_{5.0}$ numunelerin en yüksek korozyon direncine sahip numuneler olduğunu göstermektedir.

Tablo 6. AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerinin korozyon testi sonucu.

Numune Kodu	Ekor (mV)	İkor (μA)	Korozyon Hızı (mpy)
A _{0.5}	-765	10,71	7,92
A _{1.0}	-720	6,32	4,63
A _{2.0}	-804	2,07	1,61
A _{3.0}	-918	1,14	0,83
A _{5.0}	-617	0,97	0,69
S _{0.5}	-1180	26,61	17,12
S _{1.0}	-693	10,11	7,32
S _{2.0}	-955	5,25	3,56
S _{3.0}	-642	2,54	1,87
S _{5.0}	-657	1,88	1,41

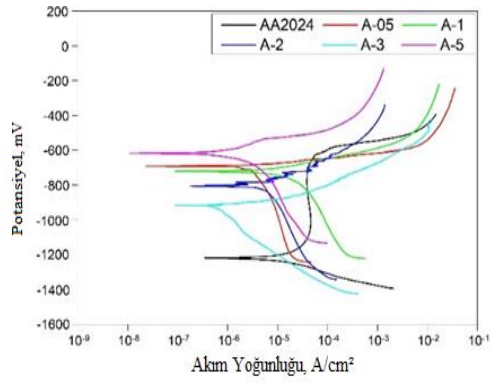


Şekil 10. AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerine ait sertlik-takviye oranı grafiği.

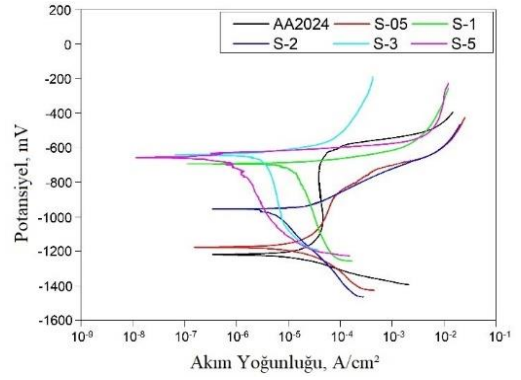
Yapılan değerlendirmeler sonucu Al_2O_3 ve SiC takviye oranındaki artışın korozyon direncinin artmasına sebep olduğu ve AA2024 matrisinin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Karacif K. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, takviyeli alüminyum kompozit malzemelerin korozyon davranışını incelemiş ve benzer sonuçlar bulmuştur [24].

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin potansiyodinamik polarizasyon eğrileri Şekil 11 ve 12'de verilmiştir.

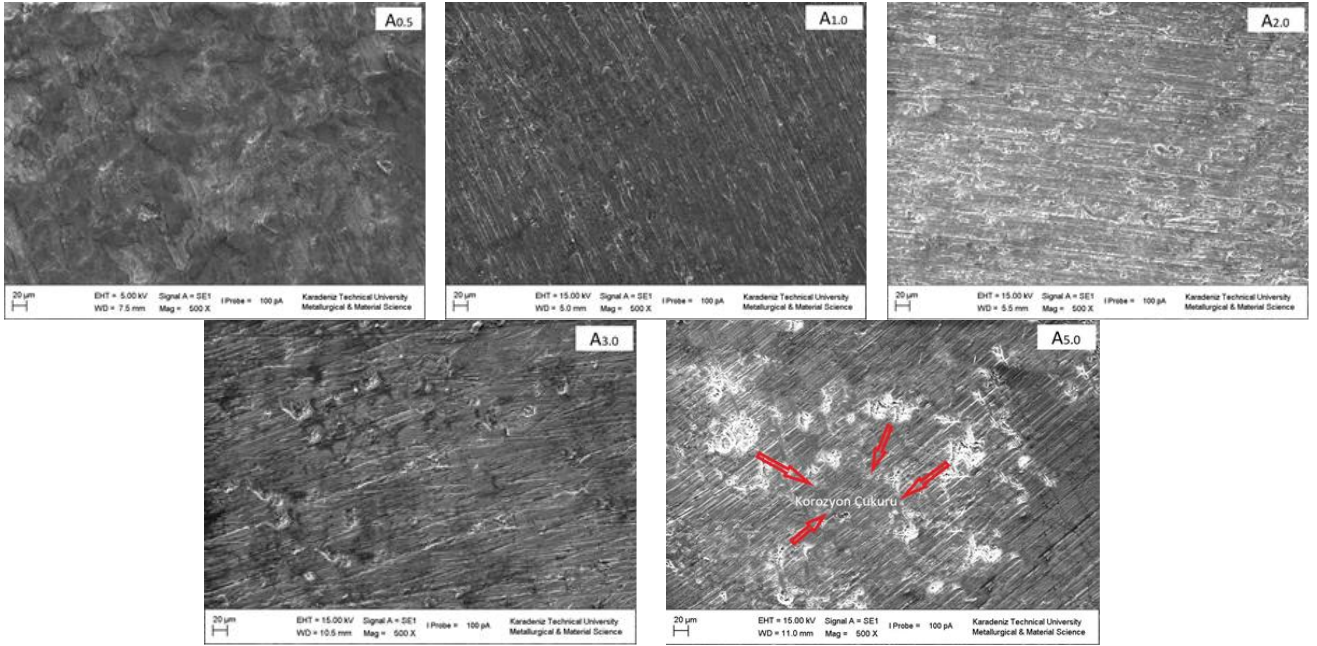
AA2024/ Al_2O_3 ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin Şekil 11 ve 12'de verilen potansiyodinamik polarizasyon eğrileri incelendiğinde, anodik çözümler sonucu anodik polarizasyon eğrisi oluşurken, katodik çözümler sonucu katodik polarizasyon eğrilerinin oluştuğu görülmektedir. Anodik çözünme oluşması bu kompozit malzemelerin pasif olmasının sonucu olarak potansiyel aralıklar içerisinde olduğunu ifade etmektedir. Bu durum pasif akıma göre daha büyük bir anodik çözünmenin meydana gelmesiyle çukurcuk korozyonunun başladığını ifade etmektedir [26].



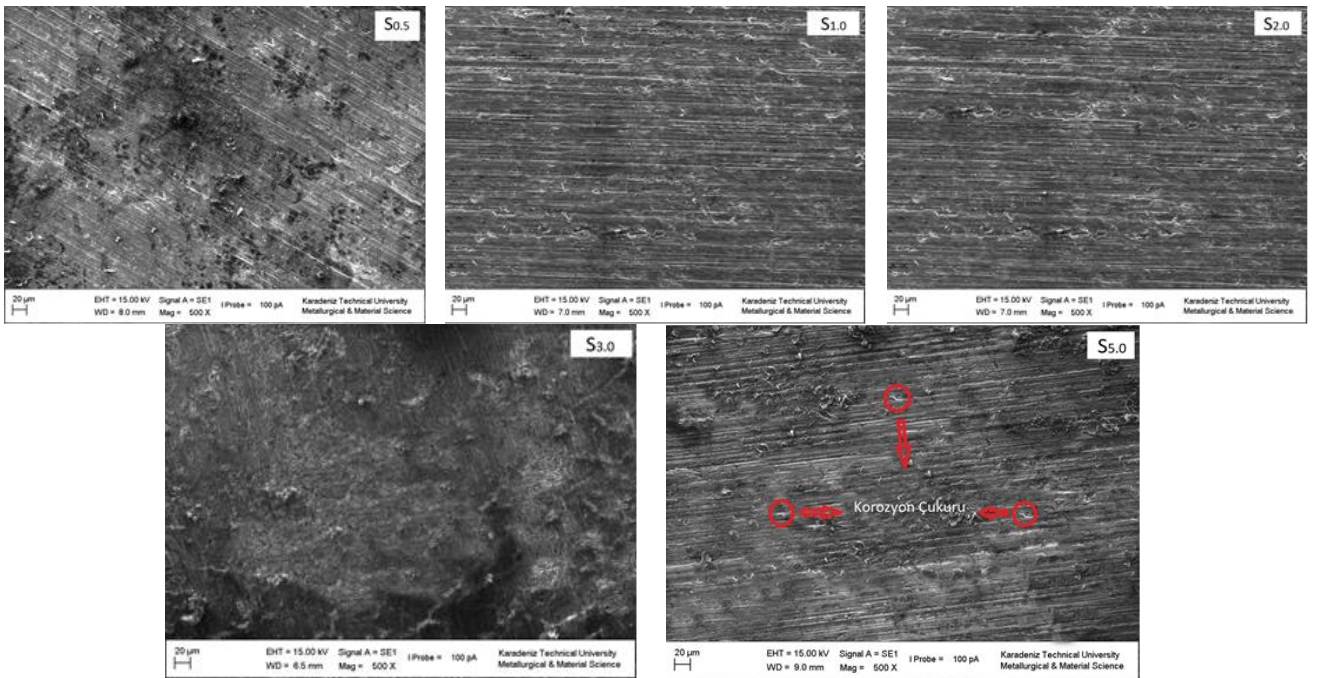
Şekil 11. AA2024/Al₂O₃ kompozit malzemelerin potansiyodinamik polarizasyon grafikleri.



Şekil 12. AA2024/SiC kompozit malzemelerin potansiyodinamik polarizasyon grafikleri.



Şekil 13. AA2024/Al₂O₃ kompozit malzemelerin korozyon testi sonrası korozyona uğrayan yüzeyleri.



Şekil 14. AA2024/SiC kompozit malzemelerin korozyon testi sonrası korozyona uğrayan yüzeyleri.

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin korozyon testi sonrası korozyona uğrayan yüzeyleri Şekil 13 ve 14'de verilmiştir. Şekil 13 ve 14 incelendiğinde korozyonun etkisiyle yüzeyin deformasyona uğradığı ve bir takım oyukların oluştuğu görülmektedir. Bu oyuklar dolayısıyla numunelerde bir takım kütle kayıpları meydana gelmiştir. Ayrıca SEM görüntülerinde farklı şekil ve boyutlarda çukurca korozyonun oluştuğu görülmektedir. Fakat bu çukurcukların yüzeyde rastgele bölgelerde olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin toz metalürjisi ürünü olan malzemenin gözenekli yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit numunelerin korozyon testi ve porozite oranı arasındaki ilişkiyi inceleyecek olursak katkı oranındaki artışa bağlı olarak ara yüzeyde oluşan boşluk miktarının arttığı ve korozyon direncinin de arttığı gözlemlenmiştir. Boşluk miktarındaki artışla malzemenin korozyon direncinde bir azalma beklerken artış meydana gelmesinin sebebinin takviye elemanları olduğu düşünülmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucu Al₂O₃ ve SiC takviye oranındaki artışın kompozitler içerisinde matris kanallarını kesintiye uğratarak korozyon direncini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir [25].

3.8 Düşen Ağırlık Darbe Testi

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit numunelerin düşen ağırlık darbe testi sonucu elde edilen darbe dayanım değerleri Tablo 7'de ve numunelere ait darbe dayanım değerlerinin grafiksel kıyaslaması ise Şekil 15'de verilmiştir. Düşen ağırlık darbe testi sonrası numunelerde meydana gelen deformasyon sonucu makro yapı görüntüleri Şekil 16 ve 17'de verilmiştir.

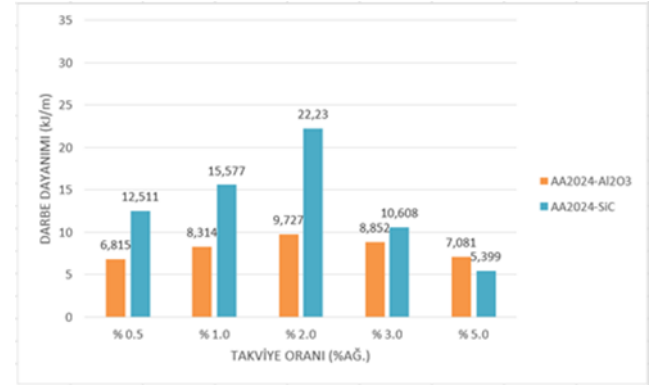
Tablo 7. AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozitlerin darbe dayanım değerleri.

Numune Kodu	Takviye Malzemesi	Darbe Dayanımı (kJ/m)
A _{0.5}	Al ₂ O ₃	6,815
A _{1.0}		8,314
A _{2.0}		9,727
A _{3.0}		8,852
A _{5.0}		7,081
S _{0.5}	SiC	12,511
S _{1.0}		15,577
S _{2.0}		22,23
S _{3.0}		10,608
S _{5.0}		5,399

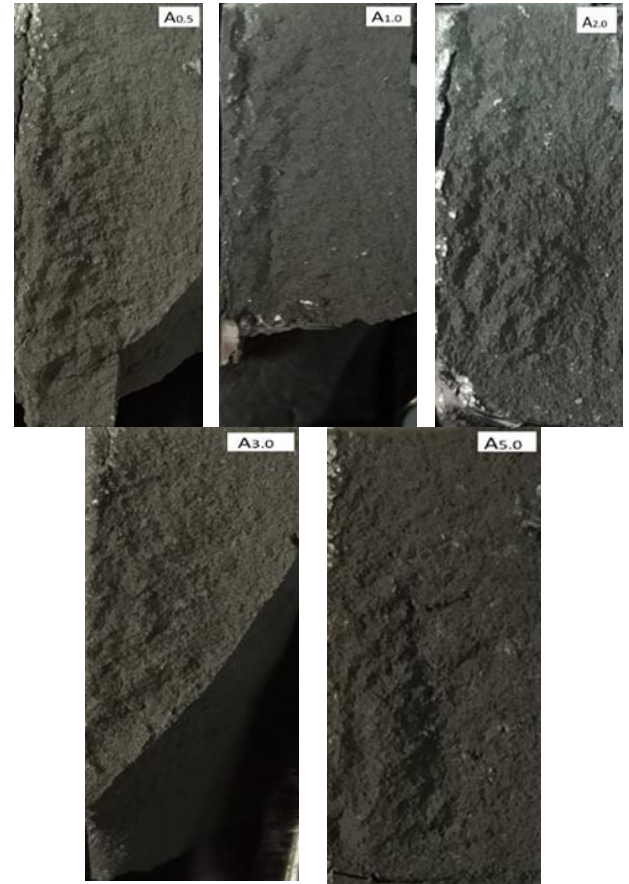
Tablo 7 ve incelendiğinde, Al₂O₃ takviyesinin %2'ye kadar darbe dayanımını arttırdığı, takviye oranının %2'nin üzerine çıktığında ise darbe dayanım değerlerini düşürdüğü görülmektedir. Yine SiC takviyesinin %2'ye kadar darbe dayanımını arttırdığı, takviye oranının %2'nin üzerine çıktığında ise darbe dayanım değerlerini giderek düşürdüğü görülmektedir.

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozit malzemelerin düşen ağırlık darbe testi sonuçlarına ait Şekil 15'de verilen grafikteki pik yapan tepe noktalar, çarpma anında elde edilen en yüksek darbe dayanım değerlerini vermektedir. Tablo 7 ve Şekil 15

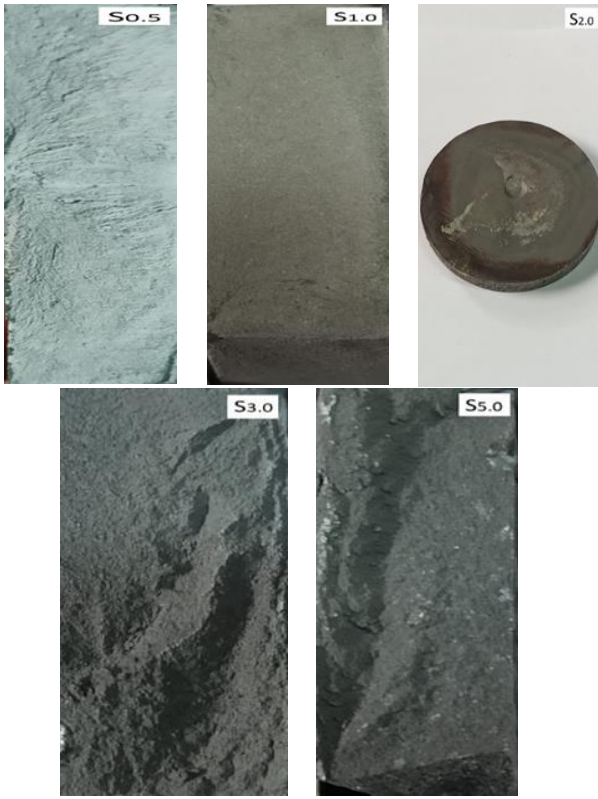
incelendiğinde, Al₂O₃ ve SiC takviyesinin %2'ye kadar sertlik, çekme mukavemeti gibi mekanik özelliklerini iyileştirdiği, bunun sonucu olarak %2 takviye oranlarında darbe dayanımının arttığı, takviye oranının %2'nin üzerine çıktığında ise darbe dayanım değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu duruma artan takviye oranına bağlı olarak meydana gelmesi muhtemel kırılma intermetalik fazların neden olduğu düşünülmektedir. Yapılan değerlendirmeler sonucu %2 takviye oranına sahip kompozit malzemelerin balistik başarı için zırh malzemesi olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır [27].



Şekil 15. AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozitlerin Darbe Dayanımı (kJ/m)-Takviye Oranı (%AĞ.) grafiği.



Şekil 16. AA2024/Al₂O₃ kompozit malzemelerin düşen ağırlık darbe testi sonrası makro yapı görüntüleri.



Şekil 17. AA2024/SiC kompozit malzemelerin balistik test sonrası makro yapı görüntüleri.

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozitlerin Şekil 16 ve Şekil 17'deki düşen ağırlık darbe testi sonrası makro yapı görüntüleri incelendiğinde, numuneler içerisinde %2 takviyeli kompozitler hariç diğer kompozitlerin büyük ölçüde dağılmış ve parçalanmıştır olduğu görülmektedir. Bu dağılmalar ve parçalanmalar Tablo 7'de verilen değerleri ve Şekil 15'de çizilen grafiği destekler niteliktedir. Hem Tablo 7'den hem şekil 15,16 ve 17'den en iyi sonucu veren numunelerin A_{2.0} ve S_{2.0} olduğu tespit edilmiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, AA2024/Al₂O₃ ve AA2024/SiC kompozitler toz metalürjisi yöntemiyle üretilmiştir. Farklı katkı oranları kullanılarak mikroyapı ve mekanik özelliklerin nasıl değiştiği incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu Al₂O₃ ve SiC takviyesinin AA2024 matrisi üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda otomotiv, savunma, havacılık ve makine gibi önemli alanlarda kompozit malzemelere alternatif oluşturabilecek Al₂O₃ ve SiC takviyeli bir malzeme geliştirmiştir. Ayrıca bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında farklı katkı oranı ve farklı takviye malzemeleri gibi değişik parametreler kullanılarak gelecekte yapılacak olan çalışmaların önünü açacağı düşünülmektedir.

Toz metalürjisiyle üretilen Al₂O₃ ve SiC takviyeli AA2024 matrisli kompozitlerle ilgili elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde; Al₂O₃ ve SiC takviye oranının artmasına bağlı olarak parçacık dağılımındaki homojenliğin artış gösterdiği tespit edilmiştir.

- % Porozite, deneysel yoğunluk, teorik yoğunluk ve % bağıl yoğunluk sonuçları incelendiğinde; katkı oranındaki artışla orantılı olarak % porozite değerinin giderek arttığı, deneysel yoğunluk değerinin çok küçük miktarlarda düştüğü, teorik yoğunluk değerinin giderek arttığı, % bağıl yoğunluk değerinin de giderek azaldığı tespit edilmiştir.

- Çekme mukavemet değerleri incelendiğinde; %2'lik takviye oranına kadar çekme mukavemet değerleri artış gösterirken %2'den sonra çekme mukavemet değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür.

- Sertlik değerleri incelendiğinde; takviye oranlarının artmasıyla sertlik değerlerinin de arttığı görülmüştür. Bunun sebebi takviye malzemelerinin matris malzemesinden daha sert bir yapıya sahip olmasıdır.

- Korozyon testi sonuçları incelendiğinde; Al₂O₃ ve SiC takviye oranındaki artışın korozyon direncinin artmasına sebep olduğu ve AA2024 matrisinin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

- Düşen ağırlık darbe testi sonuçları incelendiğinde; Al₂O₃ ve SiC takviyesinin %2'ye kadar sertlik, çekme mukavemeti gibi mekanik özelliklerini iyileştirdiği, bunun sonucu olarak %2 takviye oranlarında darbe dayanımının arttığı, takviye oranı %2'nin üzerine çıktığında ise darbe dayanımı değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu %2 takviye oranına sahip kompozit malzemelerin balistik başarı için zırh malzemesi olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri yönetim birimi (Proje No: TEKF.20.20) tarafından desteklenmiştir.

Bilgilendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Safa, H., Güler, H., Aksoy, M., & Şeker, S. (2020). Al/KNT Nanokompozitlerin Toz Metalürjisi Yöntemi ile Üretimi ve Özelliklerinin Araştırılması, *Fırat Üniversitesi Fen Bil. Dergisi*, 2020, 32(2), 31-36.
- [2] Şenel, M. C., Üstün, M. (2022). Kuru Sürtünme Altında Al-SiO₂ ve Al-ZrO₂ Nanokompozitlerin Tribolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması, *OMÜ Mühendislik Bilimleri ve Teknolojisi Dergisi*, 2022, 2(2): 171-184.
- [3] Şenel, M. C., & Üstün, M. (2022). SiO₂/ZrO₂ Nano Partikül Katkılı Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin ve Mikroyapılarının Karşılaştırılması, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2022, 27(2), 219-232.
- [4] Karşlıoğlu, R. (2019). MWCNT Oranının MWCNT ile güçlendirilmiş Al₂O₃ Matrisli Nanokompozitlerin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2019, 7(3), 1922-1930.
- [5] Salur, E., Acarer, M., & Nazik, C. (2021). Mekanik Alaşım Süresinin Toz Metalürjisi ile Üretilen AA7075 Matrisli Nanokompozit Malzemelerinin Sertliklerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2021, 11(3), 2218-2231.

- [6] Jena, P.K., Mishra, B., Kumar, K.S., & Bhat, T. B. (2010). An experimental study on the ballistic behavior of some metallic armour materials against 7.62mm deformable projectile, *Materials and Design*, 31, 3308-3316, 2010
- [7] Rao, R.N., & Das, S. (2011). Effect of SiC content and sliding speed on the wear behaviour of aluminium matrix composites. *Mater Des* 2011, 32, 1066–1071.
- [8] Karakoç H. Ulutaş A., & Çinici H. (2020). B4C/SiC/Al₂O₃ Parçacık Takviyelendirilmiş Alüminyum Sandviç Köpük ile Ramor 500 Zırh Çeliğinin bir araya getirilmesi ve Balistik Performansının Araştırılması, *Politeknik Dergisi*, 2020, 23(2), 297-310.
- [9] Pul M., & Baydaroğlu V. (2020). B4C/SiC Katkılı Alüminyum Esaslı Kompozitlerin Mekanik Özelliklerin İncelenmesi ve Balistik Performanslarının Modellenmesi, *Politeknik Dergisi*, 2020, 23(2), 383-392.
- [10] Candan, S. (2009). An investigation on corrosion behaviour of pressure infiltrated Al–Mg alloy/SiCp composites, *Corrosion Science*, 2009, 51, 1398.
- [11] Yalçın E., & Çanakçı A. (2018). Toz Metalurjisi Yöntemiyle Üretilen ZA27/Grafen Nanokompozitlerin Korozyon Davranışı, *NWSA*, 2018, 13(2), 157-164.
- [12] Muthusamy, S., & Pandi, G. (2018). Investigation of mechanical and corrosion properties of AA2024–B4C–TiC hybrid metal matrix composites, *Surface Review and Letters*, 2018, 25(05).
- [13] Özkan, S. (2007). Alüminyum Matrisli SiC Parçacık Takviyeli Kompozitlerin Mekanik Alaşım Yöntemiyle Üretimi ve Kuru Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. (Master's dissertation, Gazi University)
- [14] Hasan H., & Ferhat G. (2010). B4C / Al Kompozitlerin Takviye Hacim Oranına Bağlı Olarak Abrasif Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, *SDU International Technologic Science*, 2(1), 15-21, 2010.
- [15] Karabulut H., Çıtak R., & Çinici H. (2014). Mekanik Alaşım Süresinin Al + % 10 Al₂O₃ Kompozitlerde Eğme Dayanımına Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2014, 28(3), 635-643.
- [16] Xiao-min, Z., Jia-kang, Y., & Xin-yu, W. (2012). Microstructure and properties of Al/Si/SiC composites for electronic packaging, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 2012, 22, 1686-1692.
- [17] Erturun, V. (2018). Bilyeli öğütmenin metal matrisli kompozitlerin sinterlemesine etkilerinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 2018, 9(1), 255–267.
- [18] Pul, M. (2019). Alüminyum 7075 Matrisli Kompozitlerde SiC, B 4 C Ve TiB 2 Takviye Elemanlarının Mekanik Özelliklere Etkilerinin Karşılaştırılması, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2019, 7, 180-193.
- [19] Şimşek, İ., Yıldırım, M., Tunçay, T., Özyürek, D., & Şimşek, D. (2018). Mekanik Alaşım/Öğütme Yöntemi İle Üretilen Al-SiC Kompozitlerin İncelenmesi, *NWSA Academic Journals*, 13(2), 165–171.
- [20] Gökmeşe, H., & Karadağ, H. B. (2018). Toz Metal AA 2014-SiC-B4C Kompozit/Hibrit Malzemelerinin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 2018, 6(2), 385–398.
- [21] Şap, E. (2021). Microstructure and Hardness Properties of Reinforced Copper-Based Composite Materials, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2021, 11(1), 590-598.
- [22] Şenel, M. C., Gürbüz, M., & Koç, E. (2018). Toz Metalurjisi Metoduyla Üretilen Al-Si₃N₄ Metal Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Alüminyum-Grafen Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımının, Aşınma Direncinin ve Mikroyapının İncelenmesi, *Mühendis ve Makine*, 2018, 59 (693), 33-46.
- [23] Can Şenel, M., Gürbüz, M., & Koç, E. (2018). Alüminyum-Grafen Kompozit Yapılarda Çekme Dayanımının, Aşınma Direncinin ve Mikroyapının İncelenmesi, In *SETSCI Conference Indexing System*, 2018, 3, 144-149.
- [24] M., Bayar, H., Subaşı, M., & Karataş, Ç., (2015). SiC Takviyeli Alüminyum Alaşım Matrisli Kompozit. In *Gazi University Journal of Science GU J Sci Part C*, 2015, 3(4), 603-612.
- [25] Karacif, K., & Karabulut, H. (2020). Alümina Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozit Malzemelerin Polipirol ile Kaplanması ve Korozyon Davranışının İncelenmesi. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 2020, 20(1), 118–128.
- [26] Karacif, K., Karabulut, H., & Çıtak, R. (2019). Al₂O₃ Takviyeli Alüminyum Esaslı Kompozit Malzemelerde Mekanik Alaşım Süresinin Korozyon Davranışına Etkilerinin İncelenmesi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Gelistirme Dergisi*, 2019, 11(2), 576-583.
- [27] Köseadağ, E., & Ekici, R. (2019). Partikül Takviyeli Metal Matrisli Kompozitlerin Darbe Davranışları Üzerine Bir Derleme, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019, 8 (1), 384-393.



THE THERMAL ANALYSIS OF PLASTER WITH WASTE EXPANDED POLYSTYRENE GYPSUM AND RESIN

Ayşe Bicer^{*1} 

¹Malatya Turgut Ozal University, Department of Bioengineering, Malatya, Turkey

Abstract

Original scientific paper

This study investigated the physical properties of plaster or decorative materials made of waste expanded polystyrene (EPS) and pine tree resin (as a binder). Thirty-two samples were produced by adding waste EPS in 0-3mm and 0-6mm grain diameters in two groups and at 20-80% addition rates and resin at 0, 0.5, 1, and 2% of the dry mix weight. Density, thermal conductivity coefficient, and compressive reduced by 50.64%, 82.68%, and 84.91% in samples with a diameter of 0-3 mm. Density, thermal conductivity coefficient, and compressive reduced by 51.03%, 86.55%, and 84.13% in samples with a diameter of 0-6 mm. Density and thermal conductivity decreased by 13.32-10.42% and 25.37-22.41%, respectively, while compressive strength increased by 29.50-19.56% in samples with a diameter of 0-3 mm and 2% resin. Density and thermal conductivity decreased by 19.60-13.68% and 17.24-10.25%, respectively, while compressive strength increased by 16.27-8.85% in samples with a diameter of 0-6 mm and 2% resin. The results show that the samples can be used as interior plaster, insulation plaster, and decoration material due to their grooving and paint adherence properties. This plaster and decoration material can help us i) reduce heating and cooling energy, ii) reuse waste EPS and prevent environmental pollution, and iii) reduce building load in tall buildings.

Keywords: Expanded polystyrene, pine tree resin, insulation plaster, decoration material.

ATIK GENLEŞTİRİLMİŞ POLİSTİREN VE REÇİNELİ ALÇI SIVALARIN ISIL ANALİZİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu çalışma, atık genleşmiş polistiren (EPS) ve çam ağacı reçinesinden (bağlayıcı olarak) yapılmış sıva veya dekoratif malzemelerin fiziksel özelliklerini araştırmıştır. İki grup halinde 0-3 mm ve 0-6 mm tane çaplarında atık EPS ve kuru karışım ağırlığının %20-80'i oranında reçine ve %0, 0.5, 1 ve 2 oranında reçine ilave edilerek 32 adet numune üretilmiştir. 0-3 mm çaplı numunelerde yoğunluk, termal iletkenlik katsayısı ve basınç %50.64, %82.68 ve %84.91 oranında azaltılmıştır. 0-6 mm çapındaki numunelerde yoğunluk, ısıl iletkenlik katsayısı ve basınç %51.03, %86.55 ve %84.13 oranında azalmıştır. 0-3 mm çapında ve %2 reçineli numunelerde yoğunluk ve ısıl iletkenlik sırasıyla %13.32-10.42 ve %25.37-22.41 azalırken basınç dayanımı %29.50-19.56 artmıştır. 0-6 mm çapında ve %2 reçineli numunelerde yoğunluk ve ısıl iletkenlik sırasıyla %19.60-13.68 ve %17.24-10.25 azalırken, basınç dayanımı %16.27-8.85 artmıştır. Sonuçlar, numunelerin kanal açma ve boya tutma özelliklerinden dolayı iç cephe sıvası, yalıtım sıvası ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu sıva ve dekorasyon malzemesi kullanılarak i) ısıtma ve soğutma enerjisinin azaltılması, ii) atık EPS'yi yeniden kullanmasına ve çevre kirliliğinin önlemesine iii) yüksek binalarda bina yükünü azaltmasına yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Genleştirilmiş polistiren, çam ağacı reçinesi, yalıtım sıvası, dekorasyon malzemesi.

1 Introduction

Expanded polystyrene (EPS) foam is a white thermoplastic material with closed pores. It is widely used in different industries and disposed of after only one use. It causes environmental pollution as it takes 500 to 1,000 years to biodegrade. Every year, a larger quantity of EPS is generated and ends up as waste. Therefore, it is important to recycle waste EPS in an efficient and clean manner for environmental concerns. Expanded polystyrene is recycled

mechanically, thermally, or chemically. If we reuse waste EPS as aggregate in concrete and plaster, we both contribute to the economy and solve an environmental problem.

Porous materials (EPS, fly ash, pumice, expanded clay, etc.) can be used as aggregates to increase the insulating property of gypsum plasters. If we use resin together with porous aggregates, we can further increase the insulation properties of gypsum plasters. In the present study, we used pine tree resin. The resin absorbs water and

* Corresponding author.

E-mail address: ayse.bicer@ozal.edu.tr (A. Bicer)

Received 30 September 2022; Received in revised form 20 May 2023; Accepted 02 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1212678>

swells a little. It loses that water as the sample dries and causes artificial pores in the plaster. These artificial pores increase the total porosity of the material and decrease its density.

There is a large body of research on how to recycle EPS. Most researchers use it as an aggregate in concrete [1-10]. This study focused on using it as a filling material to increase the insulation properties of gypsum plasters. Similar studies on porous gypsum plasters are summarized below.

Bicer [11] added 10-90% of fly ash (from Afsin-Elbistan and Soma thermal power plants) to gypsum plasters and produced building interior plasters with thermal conductivity of 0.220-0.230 W/mK. Bicer [12] also investigated the thermal and mechanical properties of pine tree resin (PR) reinforced pumice aggregate gypsum plasters. She added pumice aggregate (2-5 mm, 5-8 mm, and 8-12 mm grain sizes) to the plaster and produced plasters with 10.76%, 12.06%, and 17.27% less thermal conductivity.

However, this study aimed to use waste EPS aggregate and PR-reinforced gypsum plasters as insulation plaster and decoration material. To that end, waste EPS was crushed into granules and divided into two groups with grain diameters of 0-3 mm and 0-6 mm. Samples were prepared using gypsum with and without PR. The samples were subjected to thermal and mechanical tests and compared with similar materials.

2 Materials and Methods

2.1 Materials

2.1.1 Expanded Polystyrene

Expanded polystyrene is made of small, plastic beads that are heated and then blown into a foam-like substance. It consists of cells with small closed pores filled with stagnant air (Fig 1-a). Of the three to six billion small closed-pore cells, 98% are inert air and 2% are polystyrene. Expanded polystyrene is used for both insulation and packaging thanks to its flexible structure, shock absorption, and mechanical durability. Expanded polystyrene is not toxic and is not a food source for bacteria and fungi. It is disposed of as waste after only one use.

2.1.2 Pine Tree Resin

The resin seeps from an opening in the bark of a tree and hardens when it interacts with oxygen. After a while, it sticks to where it flows (Fig. 2-a). We ground the resin into powder and then kept it in powder form or in water for 48 hours. Afterward, we mixed it with gypsum in the extract form and used it in plaster samples for two reasons (Fig 2-b and c). First, it forms artificial micropores in the plaster structure, resulting in high insulation. Second, the dried resin hardens, resulting in improved binding properties.

2.1.3 Gypsum

Satin plaster used in interior plasters and decorative materials was used to prepare samples.

2.2 Preparation of Samples

The mixing ratio of the samples was determined using a measuring cylinder (Table 1). The resin must be prepared to produce test samples. Eighty grams of resin was dissolved in five liters of water and passed through a filter (Fig 2-c). Resin amounts were determined (Table 1). The mixtures were mixed with sufficient water. They were poured into molds of 20x60x150 mm (for thermal tests) and 100x100x100 mm (for mechanical tests) and left to dry (Fig 1).

Table 1. Mixing ratio of samples (g).

Materials	Mixing ratio			
	20 (%)	40 (%)	60 (%)	80 (%)
EPS (0-3 mm)	5.2	10.4	15.6	20.4
EPS (0-6 mm)	2.26	4.52	6.76	9.04
Gypsum	350	700	1050	1400

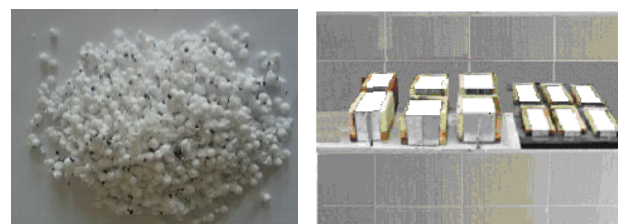


Figure 1. View waste EPS and samples.

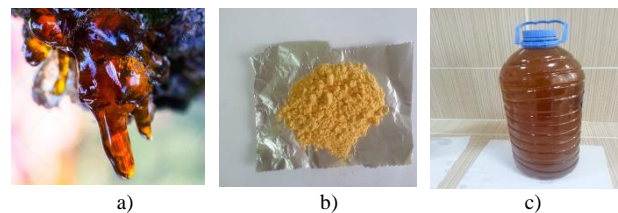


Figure 2. View of resin. a) natural. b) powder resin c) extract resin

2.3 Methods

Thermal conductivity was measured using the hot wire method in a Shotherm-QTM Thermal Conductivity Meter Unit, according to DIN 51046 standards [14, 15]. Tables 2 and 3 show the results. Compressive strength tests were performed using an Ele International according to TS 699 [16, 17]. Compressive strength was converted into tensile strength according to TS 500 using the following Eq. (1) [18]:

$$f_{ctk} = 0.35\sqrt{f_{ck}} \quad (1)$$

Water absorption and drying tests were conducted according to TSE 4045 [19] and BS 812-109 [20]. Water absorption and drying ratio values were calculated using Eq. 2 and Eq. 3, respectively

$$\text{Water absorption percent} = [(W_d - W_k) / W_k] \cdot 100 \quad (2)$$

$$\text{Drying ratio} = [(W_d - W_k) / W_d] \cdot 100 \quad (3)$$

Porosity is defined by Eq (4), [21].

$$\emptyset = 1 - \frac{\rho_{EPS} \cdot Z + \rho_{gypsum} \cdot (1-Z)}{\rho_{EPSmatrix} \cdot Z + \rho_{gypsummatrix} \cdot (1-Z)} \quad (4)$$

Table 2. Thermal and mechanical properties of samples (EPS particle diameter 0-3 mm).

Code	EPS ratio (%)	Density (g/cm ³)	Porosity (%)	Thermal conductivity (W/mK)	Compressive strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Water absorption (%)	Drying ratio (%)
Pine tree resin 0 %								
1	20	1.088	12.92	0.335	3.05	0.73	44.32	24.41
2	40	0.948	28.30	0.190	1.4	0.51	42.86	19.26
3	60	0.741	46.93	0.115	0.56	0.32	35.44	15.73
4	80	0.537	69.93	0.058	0.46	0.28	30.19	13.53
Pine tree resin 0.5 %								
5	20	1.048	13.94	0.314	3.68	0.67	46.61	26.63
6	40	0.914	30.12	0.180	1.78	0.47	45.14	23.17
7	60	0.698	49.11	0.110	0.64	0.28	40.08	17.68
8	80	0.522	71.71	0.055	0.51	0.25	32.79	14.07
Pine tree resin 1 %								
9	20	0.985	18.42	0.285	4.29	0.61	48.17	27.25
10	40	0.881	31.07	0.170	2.1	0.41	45.27	25.39
11	60	0.658	50.22	0.098	0.8	0.26	41.05	20.42
12	80	0.502	72.58	0.050	0.62	0.23	34.16	16.23
Pine tree resin 2 %								
13	20	0.943	19.72	0.250	3.95	0.52	49.00	28.22
14	40	0.808	32.90	0.146	1.92	0.37	47.41	26.39
15	60	0.633	52.31	0.088	0.7	0.24	44.28	22.18
16	80	0.481	74.19	0.045	0.55	0.21	35.47	18.73

Table 3. Thermal and mechanical properties of samples (EPS particle diameter 0-6 mm).

Code	EPS ratio (%)	Density (g/cm ³)	Porosity (%)	Thermal conductivity (W/mK)	Compressive strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Water absorption (%)	Drying ratio (%)
Pine tree resin 0 %								
17	20	1.015	12.98	0.290	2.71	0.62	36.48	25.06
18	40	0.885	28.44	0.168	1.38	0.39	34.55	20.52
19	60	0.512	47.15	0.090	0.51	0.27	31.95	16.11
20	80	0.497	70.26	0.039	0.43	0.25	28.41	14.16
Pine tree resin 0.5 %								
21	20	0.939	14.12	0.275	2.88	0.57	38.42	26.44
22	40	0.814	30.27	0.147	1.46	0.34	36.51	24.08
23	60	0.627	49.34	0.081	0.63	0.25	34.46	19.86
24	80	0.483	72.05	0.037	0.45	0.23	30.58	16.04
Pine tree resin 1 %								
25	20	0.890	14.56	0.260	3.22	0.51	42.45	28.64
26	40	0.764	24.55	0.131	1.75	0.29	39.54	25.58
27	60	0.605	42.22	0.073	0.75	0.23	37.82	21.51
28	80	0.457	65.95	0.036	0.55	0.22	32.73	17.67
Pine tree resin 2 %								
29	20	0.816	15.64	0.240	2.95	0.48	45.58	29.37
30	40	0.696	33.06	0.115	1.51	0.29	43.54	27.31
31	60	0.548	52.56	0.065	0.65	0.21	42.58	22.88
32	80	0.429	74.55	0.035	0.50	0.19	34.71	20.80

3 Results and Discussion

The samples with high EPS (Tables 2 and 3) had smaller thermal conductivity coefficients than similar construction materials (Table 4) due to the porous structure of EPS and resin addition.

Table 4. Measured thermal conductivities of different materials [24].

Material	Density (g/cm ³)	Thermal Conductivity (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)
Outher plaster	1.600	0.930
Inner plaster	1.800	1.163
Gypsum thin plaster (Perlite)	0.40-0.50	0.139-0.162
Gypsum rough plaster (Perlite)	0.40-0.50	0.139-0.162
Plaster with cement (Perlite)	0.700	0.244
Gypsum block (Perlite)	0.900	0.221

The samples with a particle diameter of 0-6 mm had smaller thermal conductivity coefficients than those with a particle diameter of 0-3 mm (Fig. 3) because the smaller the particle size during fragmentation, the lower the

porosity and the higher the density and thermal conductivity coefficient in EPS. The higher the resin content, the lower the thermal conductivity coefficients and higher the total porosity because the samples lose water during the 28-day drying, resulting in artificial micropores in addition to the EPS pores.

The density and thermal conductivity decreased by 50.64% and 82.68%, respectively, in the samples with a particle diameter of 0-3 mm when the EPS content increased from 20% to 80%. Sample 4 had the lowest density (0.537 g/cm³) and thermal conductivity (0.058 W/mK) (80% EPS and 2% PR). The density and thermal conductivity decreased by 51.03% and 86.55%, respectively, in the samples with a particle diameter of 0-6 mm when the EPS content increased from 20% to 80%. Sample 20 had the lowest density (0.497 g/cm³) and thermal conductivity (0.039 W/mK).

The samples with EPS and PR had small thermal conductivity coefficients than Ref [11, 12, 22, 23, and 24] and close to Ref [25] (Table 5).

The samples with high particle diameter and EPS content had small compressive strength values (Figures 4 and 5). In the nonresinous samples, the compressive strength decreased by 84.91% in the samples with a grain diameter of 0-3 mm and by 84.13% in the samples with a grain diameter of 0-6 mm when the EPS content increased from 20% to 80%. The samples with PR had slightly higher compressive strength values. In the resinous samples, the compressive strength increased by 19.56%

29.50% and 8.85%-16.27% in the samples with a grain diameter of 0-3 mm and 0-6 mm, respectively. The increase in the compressive strength was higher in the samples with 1% resin, while it slightly decreased in the samples with 2% resin. The samples had compressive strength values similar to Ref [12, 22, and 25]. The 1% resin-reinforced samples with a grain diameter of 0-3 mm had higher compressive strength values than Ref [12, 22, and 25] (Table 5).

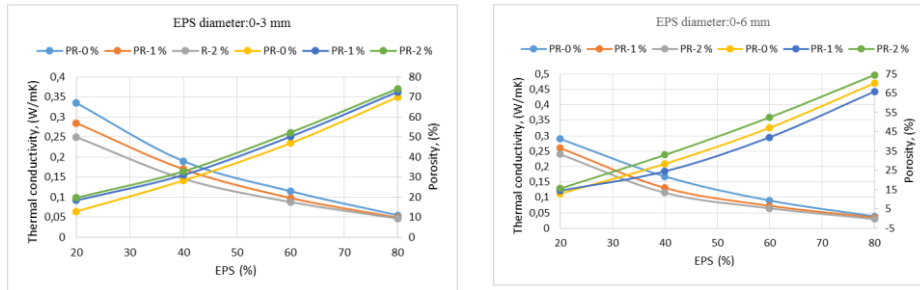


Figure 3. Thermal conductivity and porosity-EPS and PR percentage relation in the specimens.

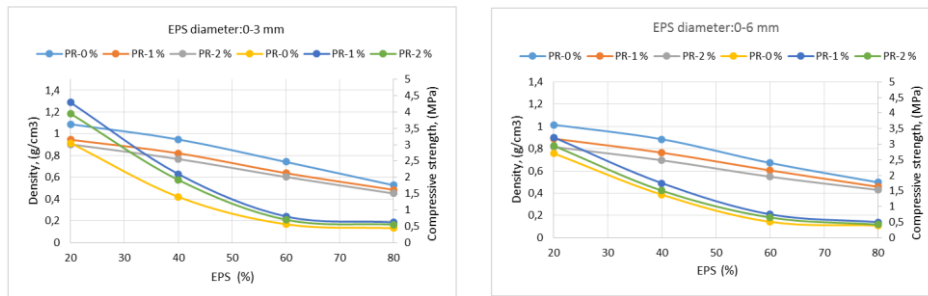


Figure 4. Compressive strength and density-EPS and PR percentage.

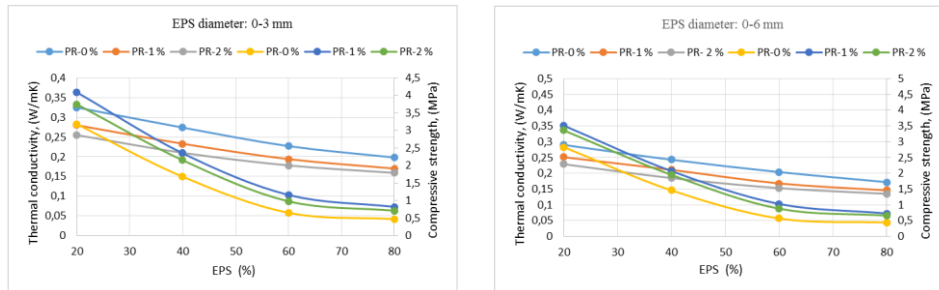


Figure 5. Compressive strength and thermal conductivity-EPS and PR percentage relation in the specimens.

We can use large-grain EPS in rough interior plasters, while we can use small-grain EPS in fine interior plasters and decorative materials. Our results show that EPS and PR-reinforced gypsum plasters can help us reduce building loads, allowing us to save heating and cooling energy and reduce earthquake damage.

All samples had water absorption ratios above 30%, which is the critical value (Fig. 6). Therefore, these materials should not be used in exterior plasters because they are in danger of frost in case they come into contact with water below 0 oC temperature.

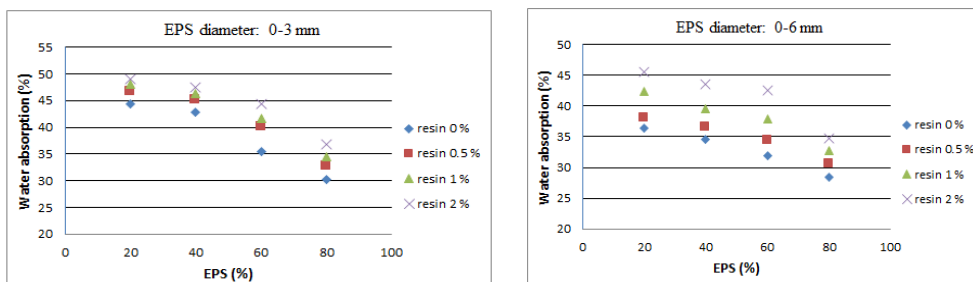


Figure 6. Water absorption ratio of samples versus EPS and resin percentages.

The higher the EPS content, the lower the drying rates (Tables 2 and 3) because EPS does not absorb water. The water loss through the capillary channels towards the material surface shows that the samples have a little breathing ability.

The tests showed that the samples could be sawn, screwed, drilled, and channeled. The tests also showed that the samples had high paint adherence (Fig. 7).



Figure 7. Samples can be different types of dyes can be applied a) silicone rubber coating, b) oil painting.

Table 5. Physical properties of similar studies.

Materials	Density (g/cm ³)	Thermal conductivity (W/mK)	Compressive strength (MPa)	Literature
Fly ash (10%) + gypsum	1.253	0.335	-	
Fly ash (30%) + gypsum	1.213	0.295	-	[11]
Fly ash (50%) + gypsum	1.197	0.274	-	
Fly ash (90%) + gypsum	1.165	0.248	-	
Pumice (20%) + gypsum + pine tree resin (0%)	1.252	0.325	3.08	
Pumice (80%) + gypsum + pine tree resin (0%)	0.806	0.198	1.66	[12]
Pumice (20%) + gypsum + pine tree resin (2%)	1.204	0.290	0.93	
Pumice (80%) + gypsum + pine tree resin (2%)	0.793	0.165	0.61	
EPS (20%) + cement (20%) + tragacanth resin (0%)	1.567	0.390	16.87	
EPS (80%) + cement (20%) + tragacanth resin (0%)	0.648	0.061	1.82	[21]
EPS (20%) + cement (80%) + tragacanth resin (1%)	1.232	0.320	10.85	
EPS (80%) + cement (20%) + tragacanth resin (1%)	0.536	0.050	0.89	
Cement + pumice + EPS	0.562	0.330	2.99	[22]
Cement and rubber particle (30%)	1.473	0.625	23.30	
Cement and rubber particle (40%)	1.300	0.516	16.00	[23]
Cement and rubber particle (50%)	1.150	0.470	10.50	
Pumice (20%) + cement + PT resin (0%)	1.645	0.446	24.34	
Pumice (80%) + cement + PT resin (0%)	1.355	0.309	6.67	[24]
Pumice (20%) + cement + PT resin (1%)	1.608	0.407	21.05	
Pumice (80%) + cement + PT resin (1%)	1.338	0.262		
EPS (20) + gypsum + tragacanth resin (0%)	1.088	0.260	3.29	
EPS (80) + gypsum + tragacanth resin (0%)	0.527	0.055	0.82	[25]
EPS (20) + gypsum + tragacanth resin (1.5%)	0.903	0.190	1.20	
EPS (80) + gypsum + tragacanth resin (1.5%)	0.451	0.147	0.35	
EPS (20) + gypsum + PT resin (0%) diameter:0-3 mm	1.088	0.335	3.05	
EPS (80) + gypsum + PT resin (0%)	“	0.537	0.46	
EPS (20) + gypsum + PT resin (2%)	“	0.985	3.95	
EPS (80) + gypsum + PT resin (2%)	“	0.502	0.55	Present
EPS (20) + gypsum + PT resin (0%) diameter:0-6 mm	1.015	0.285	2.71	
EPS (80) + gypsum + PT resin (0%)	“	0.492	0.43	
EPS (20) + gypsum + PT resin (2%)	“	0.890	2.95	
EPS (80) + gypsum + PT resin (2%)	“	0.457	0.50	

4 Conclusions

This study was conducted to recycle waste EPS. The results showed that waste EPS could be used as aggregate in thin plasters, thick plasters, and decorative materials. In conclusion;

- If we take advantage of the insulation properties of EPS and use it in plasters, we will solve an environmental problem.
- EPS-related pores and PR-related micropores reduce density and thermal conductivity, resulting in a larger total porosity. Therefore, EPS and PR improve the insulating properties of plasters. These plasters can be used for both heat and sound insulation.

- If we use EPS aggregate, we can produce plasters with thermal conductivity coefficients of 0.058-0.335 W/mK (nonresinous with a grain diameter of 0-3 mm), 0.045-0.250 W/mK (resinous; 2%), 0.039-0.290 W/mK (nonresinous with a grain diameter of 0-6 mm), and 0.035-0.240 W/mK (resinous).
- EPS-reinforced plasters have the same nailing, drilling, cutting, sticking, smooth surface, and painting properties as conventional plasters.

This study recommends that plasters reinforced with expanded polystyrene, pine tree resin, and gypsum be used as a potential building material for interior plastering and decoration for insulation purposes.

Nomenclature

F	[%]	Porosity
r	[g/cm ³]	Density
W	[g]	Weight of sample
Z	[%]	EPS ratio
1-Z	[%]	Gypsum ratio
WAR	[%]	Water absorption ratio
EPS		Expanded polystyrene
PR		Pine tree resin
fck	[MPa]	Compressive strength
fctk:	[MPa]	Tensile strength
EPS matrix		EPS with 0 % porosity ratio
gypsum matrix		Gypsum with 0 % porosity ratio
d		Wet
k		Dry

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Babu, D. S., Babu, K. G., & Wee, T. H. (2005). Properties of lightweight expanded polystyrene aggregate concretes containing fly ash, *Cement and Concrete Research*, 35, 1218 — 1223.
- [2] Bouvard, D., Chaix, J.M., Dendievel, R., Fazekas, A., Létang, J. M., Peix, G., & Quenard, D. (2007). Characterization and simulation of microstructure and properties of EPS lightweight concrete, *Cement and Concrete Research*, 37, 1666-1673.
- [3] Chen, B., & Liu, J. (2004). Properties of lightweight expanded polystyrene concrete reinforced with steel fiber. *Cement and Concrete Research*, 34, 1259 — 1263.
- [4] Nabajyoti, S., & Brito, J. (2012). Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review, *Construction and Building Materials*, 34, 385–401.
- [5] Miled, K., Sab, K., & Roy, R. L. (2007). Particle size effect on EPS lightweight concrete compressive strength: Experimental investigation and modeling, *Mechanics of Materials*, 39, 222-240.
- [6] Gnip, I., Vejelis, S., & Vaitkus, S. (2012). Thermal conductivity of expanded polystyrene (EPS) at 10oC and its conversion to temperatures within interval from 0 to 50 oC, *Energy and Buildings*, 52, 107-111.
- [7] Demirbogga, R., & Kan A. K. (2012). Thermal conductivity and shrinkage properties of modified waste polystyrene aggregate concretes, *Construction and Building Materials*, 35, 730–734.
- [8] Rossignolo, Y. A., & Agnesini, M. V. C. (2002). Mechanical properties of polymer modified lightweight aggregate concrete, *Cement and Concrete Research*, 32, 329-334.
- [9] Doroudiani, S., & Omidian, H. (2010). Environmental health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings, *Building and Environment*, 45, 647-654.
- [10] Mihlayanlar, E., Dilmac, S., & Güner, A. (2008). Analysis of the effect of production process parameters and density of expanded polystyrene insulation boards on mechanical properties and thermal conductivity, *Materials and Design*, 29, 344-352.
- [11] Bicer, A. (2020). Thermal properties of gypsum plaster with fly ash, *International Journal of Eastern Anatolia Science Engineering and Design*, 2(1), 120-138.
- [12] Bicer, A. (2020). Effect of pine resin on the thermal and mechanical properties of plaster with pumice. *DUJE (Dicle University Journal of Engineering)*, 12 (3), 523-533, 2021
- [13] Mohammadifar, M.A., Musav, S.M., Kiumarsi, A., Williams, P. (2006). Solution properties of pine tree resinin (water-soluble part of gum pine tree resin exudate from *Astragalus Gossypinus*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 38, 31—39.
- [14] Denko, S. (1990). Shotherm Operation Manual No: 125-2.K.K, *Instrument Products Department, 13-9 Shiba Daimon*, Tokyo 105, Japan.
- [15] Vysniauskas, V.V., Zikas, A.A. (1988). Determination of the thermal conductivity of ceramics by the Hot-Wire Technique, *Heat Transfer Soviet Research*, 20 (1), 137-142.
- [16] TS 699/T1. (2016). The test and experiment methods of natural building stones, *TSE*, Ankara.
- [17] ASTM C 109-80. (1983). Standards ASTM Designation, *Standard test method for compressive strength of hydraulic cement mortars*.
- [18] TSE 500. (2000). *Turkish Standard*. Ankara.
- [19] TSE 4045. (1984). Yapı malzemelerinde kapiler su emme tayini, *Turkish Standard*, Ankara.
- [20] BS 812-109 Standards. (1990). Testing aggregates-part 109: methods for determination of moisture content. *British Standards Institution*
- [21] Kaya, A., Kar, F. (2016). Properties of concrete containing waste expanded polystyrene and natural resin, *Construction and Building Materials*, 105: 572-578.
- [22] Sariisik, A., Sariisik, G. (2002). New production process for insulation blocks composed of EPS and lightweight concrete containing pumice aggregate, *Materials and Structures*, 45(9), 1345-1357.
- [23] Benazzouk, A., Douzane, O., Mezreb, K., Laidoudi, B., Queneudec, M. (2008). Thermal conductivity of cement composites containing rubber waste particles experimental study and modelling. *Construction and Building Materials*, 22, 573-579.
- [24] Bicer, A., Celik, N. (2020). Influence of pine tree resin on thermo-mechanical properties of pumice-cement composites, *Cement and Concrete Composites*, 112, September 2020, 103668.
- [25] Bicer, A., Kar, F. (2017). Thermal and mechanical properties of gypsum plaster mixed with expanded polystyrene and tragacanth, *Thermal Science and Engineering Progress*, 1, 59-65.



ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS OF *FOENICULUM VULGARE* MILL AND *PIMPINELLA ANISUM* L (APIACEAE) SPECIES

Neslihan Taşar^{*1}, Ferit Can Yazdıç², Altuğ Karaman², Osman Gedik³

¹Munzur Üniversitesi, Organik Tarım Bölümü, Tunceli, Türkiye.

²Munzur Üniversitesi, Veterinerlik Bölümü/Laborant ve Veteriner Sağlık Pr, Tunceli, Türkiye

³Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Abstract

Original scientific paper

Today, essential oils are considered safe substances and can be used as antibacterial additives. *Pimpinella anisum* L. (Aniseed) and *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (fennel) species are of great economic importance. In this study, *Pimpinella anisum* L. (Aniseed) and *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (fennel) species, which are an important part of our country's biological wealth and collected from their natural habitats, were used. It is among the medicinal and aromatic plants cultivated in wide areas in our country. In this study, it was aimed to determine the antimicrobial properties of essential oils obtained from *Foeniculum vulgare* Mill. and *Pimpinella anisum* L. plants. The essential oils of the species were obtained by using the distillation method. The antimicrobial activities of essential oils by hand were studied using the hollow agar method. Known to be medically important in food, cosmetics and pharmaceutical products *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Serratia marcescens* (ATCC 13880) evaluated against pathogen and microbial contaminants. While *Foeniculum vulgare* showed results parallel to the antibiotic used as standard, no antibacterial activity was observed in *Pimpinella anisum* L.

Keywords: Essential oil, antimicrobial, *Pimpinella anisum*, *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*.

FOENICULUM VULGARE MİLL. VE PIMPINELLA ANISUM L. (APIACEAE) TÜRLERİNİN UÇUCU YAĞLARININ ANTİMİKROBİYAL AKTİVİTESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Günümüzde uçucu yağlar güvenli maddeler olarak kabul edilmekte ve antibakteriyel katkı maddeleri olarak kullanılabilir. Bu çalışmada ülkemizin biyolojik zenginliklerinin önemli bir parçası olan ve doğal habitatlarından toplanan *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (rezene) türleri kullanılmıştır. *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (rezene) türleri ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Ülkemizde oldukça geniş alanlarda tarımı yapılan tıbbi bitkiler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada *Foeniculum vulgare* Mill. ve *Pimpinella anisum* L. bitkilerinden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Türlerinin uçucu yağları hidro distilasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal aktiviteleri, oyuk agar yöntemi kullanılarak çalışılmıştır. Gıda, kozmetik ve eczacılıkta önemli olduğu bilinen *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) ve *Serratia marcescens* (ATCC 13880) patojen ve mikrobiyal kirlenmesine karşı değerlendirilmiştir. *Foeniculum vulgare* standart olarak kullanılan antibiyotiklere paralel sonuçlar sergilerken, *Pimpinella anisum* L.'de herhangi bir antibakteriyel aktivite gözlemlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Uçucu yağ, antimikrobiyal, *Pimpinella anisum*, *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*.

1 Introduction

İnsanlık tarihinin başlangıcından bugüne çeşitli amaçlarla kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin tedavi amacıyla sağlıkta, kozmetikte ve gıda desteği gibi hayatımızın farklı alanlarında önemli yer tutmaktadır.

Tarihten bu yana hastalıkların tedavisinde kullanılan bitki sayısı gün geçtikçe artmakta olup günümüzde tedavi amacıyla kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin sayısı tahminen 20 ile 72 bin arasında olduğu belirtilmektedir. [1]. Türkiye biyolojik çeşitlilik açısından zengin ülkeler arasındadır. Türkiye florasının en son verilere göre

*Corresponding author.

E-mail address: ntaşar@munzur.edu.tr (N. Taşar)

Received 24 September 2022; Received in revised form 10 May 2023; Accepted 22 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1179593>

3649'u endemik olmak üzere 9996 tür, alt türleri ile birlikte 11.707 bitki taksonuna sahip olduğu belirtilmiştir [2]. Sentetik ve kimyasal ilaçların aşırı kullanılmasından dolayı günümüz insanları doğal ürünlere yönelmiş ve tıbbi bitkilere olan ilgi artmıştır. Türkiye matematiksel konumundan kaynaklı iklim çeşitliliği ve zengin bitki örtüsüyle endemik türlerin gen merkezi konumuna gelmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkiler konusunda da dünyadaki en önemli yerlerden biri olmuştur [3].

Apiaceae familyası çiçekli bitkiler içindeki en geniş familyalardan bir tanesidir [4]. Apiaceae familyasının 455 cins ve 3600-3751 tür ile temsil edildiği bilinmektedir. Dünya genelinde ticareti yapılan birçok bitki türü bu familyada bulunur. Çok eski tarihlerden beri tedavi amaçlı olarak kullanıldığı bilinen bu türler ayrıca gıda kaynağı, hayvan yemi ve baharat şeklinde de kullanılırlar. Bu familya ülkemizde 101 cins ve 485 tür ile temsil edilmektedir. Ayrıca Endemizm oranının % 37,3 olduğu bilinmektedir.

Apiaceae familyasına ait olan *Pimpinella anisum* L. (Anason) ve *Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce* (tatlı rezene) türleri özel aromatik yapısı ve uçucu yağları ile bilinmektedir [5]. Bu türlerin ülkemizde çok geniş alanlarda tarımı yapılmaktadır. Yine bu bitkiler, ekonomik olarak büyük öneme sahip olan tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer almaktadır. *Pimpinella anisum* habitat olarak Türkiye, İran, Hindistan, Mısır ve dünyanın pek çok sıcak bölgesinde yetişir. Tek yıllık bitki olan bu tür beyaz çiçekli, küçük yeşil ya da sarı tohumludur [6]. Ülkemizde Burdur ili ve çevresinde bu türlerin üretiminin büyük bir bölümü yapılmaktadır. *Foeniculum vulgare* Akdeniz Bölgesi'ne özgü olan bir türdür. Dünya genelinde büyük ölçüde ticareti yapılan rezenenin acı rezene *Foeniculum vulgare* subsp. *vulgare* var. *vulgare* (acı rezene) ve *Foeniculum vulgare* subsp. *vulgare* var. *dulce* (tatlı rezene) olarak kültürü yapılan iki farklı varyetesi bulunmaktadır [7]. *Foeniculum vulgare* türünden elde edilen uçucu yağlar solunum yolları hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bu türün esansiyel yağı ekspektoran etkisinden dolayı özellikle ABD ve Almanya'da öksürük şuruplarının bileşimine katılmaktadır [8]. Yine bu bitkinin meyvesi, mukus sekresyonunu artırıcı özelliğinden dolayı solunum yolu hastalıklarında ve boğazı ferahlatıcı özelliğinden dolayı da çay olarak kullanılmaktadır [9]. Rezene ve anason bitkileri besinlerin sindirimini artırarak hazmı kolaylaştırmaktadır. Sindirim sistemindeki rahatlatıcı etkisinden dolayı bebeklerin gaz sancılarının giderilmesinde kullanılmaktadır [10-11]. Bu türlerin genel olarak kaynatılarak ve demlenerek çayı yapılmaktadır. Ayrıca, meyvelerinden elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri ile birlikte tıbbi olarak birçok alanda kullanıldıkları belirlenmiştir [12]. Anason ve rezene bitkilerinin meyvelerinden hidrodistilasyon yöntemi ile uçucu yağ elde edilmektedir [5]. Bu bitkilerin uçucu yağları ana bileşen olarak trans-anethol bulundurlar. Trans-anethol, rezenede %35-82 ve anasonda %75-95 oranında bulunmaktadır [13]. Bu bileşen kötü kokuların giderilmesinde sabun yapımında, diş macunu üretiminde yaygın olarak kullanılır. Bu bitkilerin sabit yağları solvent ekstraksiyonu yöntemi ile elde edilir ve bu yağlarda geniş alanlarda kullanılır [14]. Ayrıca gıda sanayinde; şekerleme yapımında, unlu mamül

üretiminde, sakız yapımında, içeceklerde ve sigara üretiminde aroma verici olarak kullanılmaktadır [15].

Uçucu yağlar, aromatik bitkilerde biyolojik olarak aktif olan ve ikincil metabolizma ile üretilen doğal olarak oluşan kokulu, uçucu, yağlı sıvılardır [16]. Farklı uçucu bileşiklerin karmaşık kombinasyonlarını içerirler, gıda, parfüm ve ilaç gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılırlar birçok genellelikle güvenli olarak kabul edilir [17]. Bu bileşiklerin, kullanımların güvenli olduğu, düşük toksisiteye, çevre üzerinde daha az olumsuz etkiye ve en önemlisi antimikrobiyal özelliklere sahip oldukları için kimyasalların veya antibiyotiklerin yerine kullanılabilirler [18]. Tarımsal ürünlerdeki bakteriyel hastalıkların tedavisi esas olarak iki antibiyotik kullanılmaktadır. Bunlar streptomisin ve oksitetrasiklin'dir Bununla birlikte, olumsuz çevresel ve sağlık etkileri ile birlikte bakteri direncinin ortaya çıkması nedeniyle antibiyotik kullanımları sınırlandırılmaktadır. Bu nedenle uçucu yağlar, alternatif ajanlar olarak ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, çeşitli bakteriyel patojenlere karşı *Foeniculum vulgare* Mill. ve *Pimpinella anisum* L. türlerine ait uçucu yağların antimikrobiyal aktivitesini ve bakteriyel türe özgüllüğünü belirlemektir.

2 Materyal ve Metod

2.1 Bitki Materyali

Çalışmaya konu olan uçucu yağların temini için kullanılan bitki örnekleri Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilmiştir.

2.2 Uçucu Yağ Ekstraksiyonu

Bitkilerden uçucu yağ elde etme işlemi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde bulunan Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ardıç türlerine ait yapraklar öğütülmüş ve su distilasyonu yöntemi kullanılarak üç saat süresince Neo-Clevenger cihazında ekstrakte edilmiştir. Bu işlem için 50 gram öğütülmüş bitki materyali üzerine 500 ml saf su eklenerek hidrodistilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen uçucu yağlar çalışma düzeneği kurulana kadar buzdolabında -18 °C de depolanmıştır.

2.3 Agar Kuyusu Difüzyon Test Yöntemi

Uçucu yağ ekstraksiyonları ürünlerinin antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesinde agar kuyucu difüzyon test yöntemi kullanılmıştır [19]. Antibakteriyel aktivite ATCC (American Type Culture Collection) suşları olan *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13075), *Staphylococcus aureus* subsp. *aureus* (ATCC 25923), *Escherichia coli* (ATCC 25922) ve *Serratia marcescens* (ATCC 13880) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bakteri suşları için Muller Hinton agar (MHA) kullanılmıştır. Kısaca, 100 µl log fazındaki patojen örnekleri 20 ml MHA besiyerine eklenerek petri kaplarına dökülmüştür. Daha sonrasında MHA petrilere oyuk açmak için steril mantar delici (6 mm çap) kullanılmış ve her kuyuya 10 µL uçucu yağ asidi ilave

edilmiştir. Test edilen organizmaların duyarlılığını kontrol etmek için pozitif kontrol olarak Streptomycin -10 µg kullanılmıştır. Petriler gece boyunca 37 °C'de inkübe edilmiştir. Antimikrobiyal aktivite, her bir kuyunun etrafındaki temiz bölgenin boyutu ölçülerek değerlendirilmiştir [20]. Tüm testler üç kopya halinde yapılmış; sonuçlar ortalama ± ortalamanın standart hataları olarak ifade edilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Antimikrobiyal özelliklere sahip birçok bitkisel kaynaklı uçucu yağ bilinmektedir, ancak hepsi aynı aktiviteye sahip değildir [21]. Uçucu yağların etkinliği bakteriyostatik (bakteri üremesini engeller, ardından mikrobiyal hücreler üreme yeteneklerini geri kazanabilir) veya bakterisit etkisi (bakteri hücrelerini öldürür) ile ilgilidir [22]. Genel olarak, uçucu yağların mikrobiyal

aktivitesi, Gram pozitif bakterilere karşı Gram negatif bakterilerle aynı değildir [23]. Bu özelliğin, Gram-negatif bakterilerin dış zarının bakteri hücrelerine hidrofobik bileşenlerin girişiyle sınırlandırılmasıyla ilişkili olduğu düşünülebilir. Ancak tarçın, karanfil ve kekik gibi bitkilerden elde edilen uçucu yağlar her iki bakteri türüne karşı aynı etkinliğe sahiptir. Bu bitkilerden elde edilen uçucu yağların *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus* üzerinde aynı etkiyi göstermiştir [24]. Bu bilgiler ışığında *Foeniculum vulgare* türünün esansiyel yağının, Streptomycin antibiyotığı ile kıyaslandığında tüm denenen patojenlere karşı antibakteriyel özelliklere sahip olduğunu açıkça göstermiştir. Dikkat edilmesi gerek nokta *Pimpinella anisum* türünün ise patojenlere karşı herhangi bir antimikrobiyal aktivite sergilememiş olmasıdır (Tablo 2.)

Tablo 2. *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* bitkileri ve patojen mikroorganizmalar arasındaki inhibisyon bölgesi (mm±SD: Standart sapma; ^a En yüksek inhibisyon zonu).

Microorganizmalar	Uçucu yağ asitleri		Standart Antibiyotikler <i>Streptomycin</i> (S10)
	<i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Pimpinella anisum</i>	
<i>E. aerogenes</i> (ATCC 13048)	18,60±0,46 ^a	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	13,60±0,44
<i>E. faecalis</i> (ATCC 29212)	19,30±0,80 ^a	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	18,53±0,21
<i>S. enteritidis</i> (ATCC 13075)	17,93±0,49	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	20,17±0,96 ^a
<i>S. aureus</i> subsp. <i>aureus</i> (ATCC 25923)	17,63±0,70	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	18,97±0,74 ^a
<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	19,67±1,01 ^a	6,03±0,42	18,03±0,59
<i>S. marcescens</i> (ATCC 13880)	15,47±0,70	İnhibisyon zonu tespit edilmemiştir.	17,07±0,25 ^a

4 Sonuçlar

Esansiyel yağlar, eski zamanlardan beri aromaterapi ve hastalık kontrolünde, gözlemsel çalışmalara dayanarak substratı, mikroorganizma veya makroorganizma ile etkileşimi bilinmeden kullanılmaktadır. Günümüzde pek çok uçucu yağ mevcuttur ve bulunabilirliklerine ve yerel geleneklere göre yaygın olarak kullanılmaktadır [25]. Uzmanların görüşlerine göre antibiyotik dönemi yakında sona erecek. Doğal özler olarak düşük yan etkileri olan uçucu yağlar, antimikrobiyal mücadelede güvenilir alternatifler haline gelebilir. Birçok hasta, uçucu yağlarla yapılan lokal tedavilerden fayda sağlayabilir. Farklı enfeksiyonların kontrolünde kullanılabilirler. Ayrıca, çoklu ilaca dirençli suşlara karşı mücadele de antibiyotiklerden başka yollarla kazanılmalıdır ve doğal özler de bunun bir parçası olabilir. Aktif antimikrobiyal bileşikleri vermenin uygun yollarını bulmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Yapılan bir çalışmada *Foeniculum vulgare* türünün uçucu yağının ana bileşeninin %70,1 oranında *trans*-anetol olduğu bildirilmiş ve bu uçucu yağın %100 antifungal aktivite gösterdiği belirtilmiştir [23]. Başka bir çalışmada ise yine *Foeniculum vulgare* (rezene) uçucu yağının %69.87 oranında *trans*-anetol içerdiği belirtilmiş ve uçucu yağın *E. coli*, *B. subtilis*, *A.niger*, *F. solani* ve *R. solani* mikroorganizmalarına karşı sırasıyla 14, 29, 28, 26 ve 19 mm inhibisyon zon çaplarıyla antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir [26]. Yapılan başka bir

çalışmada ise bazı Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) populasyonlarının uçucu yağ bileşenleri belirlenmiştir. Sonuç olarak her iki türün uçucu yağ bileşenlerinde *trans*-anethol en yüksek oranda tespit edilmiştir. *Trans*-anethol oranının, *Pimpinella anisum* populasyonlarında (%85.22±3.98-97.23±0.18), *Foeniculum vulgare* (%81.63±3.79-92.64±1.90) populasyonlarına göre daha yüksek oranda olduğu bildirilmiştir [27].

Bu çalışmada *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* türlerinin ekstraktları oldukça yaygın bir şekilde görülen patojenlere karşı denenmiştir. Elde edilen sonuçlar Streptomycin ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. *Foeniculum vulgare* ve *Pimpinella anisum* türlerinin uçucu yağlarının antimikrobiyal aktiviteleri oyuk agar difüzyon yöntemi ile altı patojen (*Enterobacter aerogenes*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ve *Serratia marcescens*) bakteriyeye karşı taranmıştır. Sonuç olarak *Foeniculum vulgare* türü standart olarak kullanılan antibiyotığe karşı paralel sonuç sergilemiş, *Pimpinella anisum* L.'de ise herhangi bir antibakteriyel aktiviteye rastlanmamıştır. Elde edilen sonuçlar, bu türlerin antimikrobiyal aktiviteleri ile ilgili daha sonra yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Bilgilendirme

Bu çalışmada etik kurul onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Arslan, N., Gürbüz, B., Sarıhan, EO., Bayrak, A., Gümüştü, A. (2004). Variation in Essential Oil Content and Composition in Turkish Anise (*Pimpinella anisum* L.) Populations. *Turkish Journal of Agricultural Forestry*, 28: 173-177.
- [2] Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., Gümüştü, A. (2015). *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 1. Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları. Ankara. 483-486s.
- [3] Bayraktar, Ö. V., Öztürk, G., Arslan, D. (2017). Türkiye’de bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin üretimi ve pazarlamasındaki gelişmelerin değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 216–229.
- [4] Menichini, F., Tundis, R., Loizzo, MR., Bonesi, M., Marrelli, M., Statti, GA. (2009). Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibition of ethanolic extract and monoterpenes from *Pimpinella anisoides* V Brig. (Apiaceae). *Fitoterapia* 80: 297-300.
- [5] Baydar, H. (2016). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:51, Isparta, 339s.
- [6] Besharati-seidani, A., Jabbari, A., Yamini, Y. (2005). Headspace solvent microextraction: a very rapid method for identification of volatile component of Iranian *Pimpinella anisum* seed. *Anal. Chim. Acta*. 530: 155-161.
- [7] El Wahab, MAA. (2006) The efficiency of using saline and fresh water irrigation as alternating methods of irrigation on the productivity of *Foeniculum vulgare* Mill subsp. *vulgare* var. *vulgare* under North Sinai conditions, *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 2: 571–577.
- [8] Gruenewald, J., Brendler, T., Jaenicke, C. (2004). PDR for Herbal Medicines, 3rd edition. Medical Economics Company. *New Jersey*, 316-317.
- [9] Puodziuniene, G., Janulis, V., Milasius, A., Budnikas, M. (2004). Development of throat clearing herbal teas. *Medicina (Kaunas)*, 40(8), 762-7.
- [10] Başer, KHC., Tabanca, N., Krimer, N., Khan, S., Bedir, E., Khan, S., Jacob, M., Khan I. (2003). Antimicrobial Compounds from *Pimpinella* Species Growing in Turkey. *Planta Med*, 69: 933-938.
- [11] Esquivel-Ferriño, PC., Favela-Hernández, JMJ., Garza-González, E., Waksman, N., Ríos, MY., Camacho-Corona, MR. (2012). Antimycobacterial activity of constituents from *Foeniculum vulgare* var. *dulce* grown in Mexico. *Molecules*, 17: 8471-8482.
- [12] Gende, LB., Maggi, MD., Fritz, R., Eguaras, MJ., Bailac, PN., Ponzi, MI. (2009). Antimicrobial activity of *Pimpinella anisum* and *Foeniculum vulgare* essential oils against *Paenibacillus larvae*. *J Essential Oil Res*. 21: 91-93.
- [13] Kara, N. (2015). Yield, quality and growing degree-days of anise (*Pimpinella anisum* L.) under different agronomic practices. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*, 39: 1014-1022.
- [14] Baydar, H., Erbaş, S. (2014) *Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi*. SDÜ Yayınları, Yayın No: 97, Isparta.
- [15] Damjanovic, B., Lepojevic, Z., Ivkovic, VZ., Tolic, A. (2005). Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO₂: Comparison with hydrodistillation. *Food Chem*, 92: 143-149.
- [16] Cadena, M. B., Preston, G. M., Van der Hoorn, R. A., Townley, H. E., Thompson, I. P. (2018). Species-specific antimicrobial activity of essential oils and enhancement by encapsulation in mesoporous silica nanoparticles. *Industrial Crops and Products*, 122, 582-590.
- [17] Yap, P.S.X., Yiap, B.C., Ping, H.C., Lim, S.H.E. (2014). Essential oils, a new horizon in combating bacterial antibiotic resistance. *Open Microbiol. J*, 8, 6–14..
- [18] Bajpai, V.K., Kang, S.-R., Xu, H., Lee, S.-G., Baek, K.-H., Kang, S.-C. (2011). Potential roles of essential oils on controlling plant pathogenic bacteria *Xanthomonas* species: a review. *Plant Pathol. J*, 27, 207–224.
- [19] Russo, A., Formisano, C., Rigano, D. (2013). Chemical composition and anticancer activity of essential oils of Mediterranean sage (*Salvia officinalis* L.) grown in different environmental conditions. *Food Chem Toxicol*, 55:42–47.
- [20] Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
- [21] Pateiro, M., Muneke, P. E., Sant’Ana, A. S., Domínguez, R., Rodríguez-Lázaro, D., Lorenzo, J. M. (2021). Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 337, 108966.
- [22] Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., Ksouri, R. (2020). Essential oils: a promising ecofriendly food preservative. *Food Chem*. 330, 127268.
- [23] Bharti, S.K., Pathak, V., Alam, T., Arya, A., Singh, V.K., Verma, A.K., Rajkumar, V. (2020). Materialization of novel composite bio-based active edible film functionalized with essential oils on antimicrobial and antioxidative aspect of chicken nuggets during extended storage. *J. Food Sci.* 85 (9), 2857–2865.
- [24] Aminzare, M., Hashemi, M., Hassanzad Azar, H., Hejazi, J. (2016). The use of herbal extracts and essential oils as a potential antimicrobial in meat and meat products: a review. *J. Human. Environ. Heal. Promot.* 1, 63–74.
- [25] Bhuva, H., Detroja, A., Patoliya, B. (2017). Growth and yield of drilled rabi fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) as influenced by various row and plant spacing. *The Bioscan An International Quarterly Journal of Life Sciences*, 12(2), 1111-1113.
- [26] Anwar F., Ali M., Hussain A. I., Shahid M. (2009). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan, *Flavour and Fragrance Journal*, 24:170–176.
- [27] Doğan, H., Bazı Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve Tatlı Rezene (*Foeniculum vulgare* Mill. var. *dulce*) Populasyonlarının Uçucu Yağ Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2020, 10(3): p. 2235-2241.



AERODYNAMIC PERFORMANCE COMPARISON OF AIRFOILS IN FLYING WING UAV

Seyhun Durmuş*¹ 

¹Balikesir University, Edremit School of Civil Aviation 10300, Edremit, Balikesir, Turkey.

Abstract

Original scientific paper

The aim of the study is to investigate how the choice of airfoil affects the aerodynamic characteristics of a flying wing UAV. For this purpose, comparative analyzes were performed for four different airfoils: MH60, TL54, Eppler 339, and TsAGI 12%. Given the maximum range performance (maximum lift /drag ratio), the best aerodynamic efficiency is given by the flying wing UAV with MH60 and TL54 airfoil. Based on their maximum lift-to-drag ratio, the flying wing UAVs made with MH60 and TL54 airfoils exhibited the best aerodynamic efficiency. Specifically, the maximum lift-to-drag ratio for the flying wing with the MH60 airfoil was 33.1, while that for the flying wing with the TL54 airfoil was 32.7. Considering the pitching moment coefficient, the flying wing made with the MH60 airfoil and TsAGI 12% exhibited a more stable characteristic than the TL54 and Eppler 339 airfoils. Based on the results of the study, it was found that the flying wing UAVs made with the TL54 and MH60 airfoils outperformed those made with the Eppler 339 and TsAGI 12% airfoils in terms of maximum range, minimum descent rate, and maximum endurance performance.

Keywords: Flying wing, MH60, tailless aircraft, TL54, XFLR5.

UÇAN KANAT TİPİ İHA'LARDA KULLANILAN KANAT PROFİLLERİNİN AERODİNAMİK PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Özet

Orijinal bilimsel makale

Çalışmanın amacı, kanat profili seçiminin uçan kanat İHA'ların aerodinamik özelliklerini nasıl etkilediğini ortaya koymaktır. Bu amaçla MH60, TL54, Eppler 339 ve TsAGI %12 kanat profilleri için karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Maksimum menzil performansı (maksimum kaldırma / sürükleme oranı) göz önüne alındığında, en iyi aerodinamik verimi MH60 ve TL54 kanat profilinden yapılmış uçan kanatlı İHA vermektedir. MH60 kanat profili ile uçan kanatta maksimum L/D oranı 33,1'dir, bu değer TL54 kanat profili ile 32.7 uçan kanattır. Eppler 339 ile uçan kanat, TsAGI %12 ile uçan kanada kıyasla negatif hücum açılarında daha avantajlıdır. Eğim momenti katsayısı dikkate alındığında TsAGI %12 ile MH60 kanat profilinden yapılan uçan kanat TL54 ve Eppler 339'a göre daha stabil bir özellik göstermektedir. Çalışma sonucunda TL54 e MH60 airfoile sahip uçan kanat İHA, maksimum menzil, minimum iniş hızı ve maksimum dayanıklılık performansı açısından Eppler 339 ve TsAGI %12'den daha iyi performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuyruksuz uçak, MH60, TL54, uçan kanat, XFLR5.

1 Introduction

A flying wing is a type of tailless aircraft whose useful load is located in the main wing without definite fuselage. Although the flying wing has the lowest drag design configuration, it is a disadvantageous design because the wing is laterally and directionally unstable. The airfoils used in the design of flying wings are reflexed airfoils, which are also used in tailless aircraft. Reflexed airfoils are created by adding a reflex camber to an airfoil, resulting in a very small decrease in the lift coefficient and a small increase in the drag coefficient. However, this modification leads to a significant reduction in the

pitching moment coefficient [1]. Heppplerle [2] proposed several airfoils (MH45, MH60, etc.) for tailless aircraft, while Eppler [3] proposed an airfoil series (E 325-E 340) for the same purpose. Alsahlani [4] claimed that the several new airfoils of varying thicknesses (ZMR-19, ZMR-26) designed for an aft-swept flying-wing UAV operating at low Reynolds number provide better aerodynamic performance. Shams et al. [5] performed wind tunnel tests to study the aerodynamic efficiency and flight stability of a flying wing micro aerial vehicle with an Eppler 387 airfoil. Mokhtar [6] conducted a parametric study of high-lift airfoils including the Eppler E423, Douglas/Liebeck LNV109A, NACA 9315 and Selig

*Corresponding author.

E-mail address: drmsyhn@gmail.com (S. Durmuş)

Received 01 September 2022; Received in revised form 05 June 2023; Accepted 21 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1169652>

S1223, and proposed a new WM004 airfoil section. Prisacariu [7] used Easy CFD software to analyze the Phoenix, Clark YH, and MH91 airfoils for flying wings. Dinh et al. [8] concluded that the TL54 airfoil provides superior aerodynamic performance based on a collection of low-speed FW UAV airfoil series (Eppler, MH, HS series etc.). Pate ang German [9] optimized a flying wing using NACA five-series reflexed airfoils with five different reflex parameters. Reid and Kozak [1] studied the development of the reflexed airfoil for micro-UAV with Reynolds numbers ranging from 60,000 and 150,000 using Bezier curve method. Wong et al. [10] investigated the use of reflex airfoils such as MH60, MH 78, MH 82, MH 92, E186, HS 522, S 5020, and Sipkill 1,7/10B in the fabrication of VTOL UAV. Ahn and Lee [11] analyzed aerodynamic characteristics of a FW UAV with S5010 airfoils and modifications of S5010 airfoil, as well as modifications to the S5010 airfoil using Xfoil and Fluent.

Martinez et. al [12] studied the conceptual design of a 300-seat class transport flying wing with C- and U-shaped layouts. Bronz et al. [13] developed a long endurance Mini-UAV both conventional and flying wing (FW) configurations. The FW configuration tends to have better range and endurance performance due to increased wing area. Several flying wing UAVs, including the SenseFly eBee X Orbiter I, Conyca Geodrone, Eleron 10SW, Castral Atlas, and Feiyu Tech X8, are launched by catapult [14]. Pan et al. [15] investigated the effects of the airfoil selection on the lateral and directional flight quality of aircraft with a double-swept wing arrangement.

Through computational fluid dynamics simulations, it was found that an increase in twist angle improved aerodynamic efficiency over a wide range of angles of attack [16]. Song et al. [17] studied the effect of dihedral angle on the lateral dynamic stability of a large aspect ratio tailless wing aircraft in three sections along spanwise sections. Xu and Zhou [18] used numerical simulations to explore the use of synthetic jet flow control for longitudinal stability improvement. Gatto et al. [19] studied the effects of articulated winglet on flying wing and suggested that articulated winglets could provide relief of gust load. Gang et al. [20] suggested that propeller thrust could stabilize the pitching moment of flying wing UAVs.

In this study, four different flying wing UAVs, each made with a different airfoil (Eppler 339, MH60, TL54, and TsAGI 12%), were analyzed using XFLR5 software. The goal was to comparatively examine which airfoil provides superior flight performance and stability.

2 Material and Method

XFLR5 is a tool based on the XFOIL program that can calculate the aerodynamic properties of airfoils. In this study, four different flying wing UAVs were designed using XFLR5 software. The Eppler 339, MH60, TL54 and TsAGI 12% airfoils were used as wing profiles for the flying wing UAVs. Fig. 1 shows a schematic representation of the airfoils.

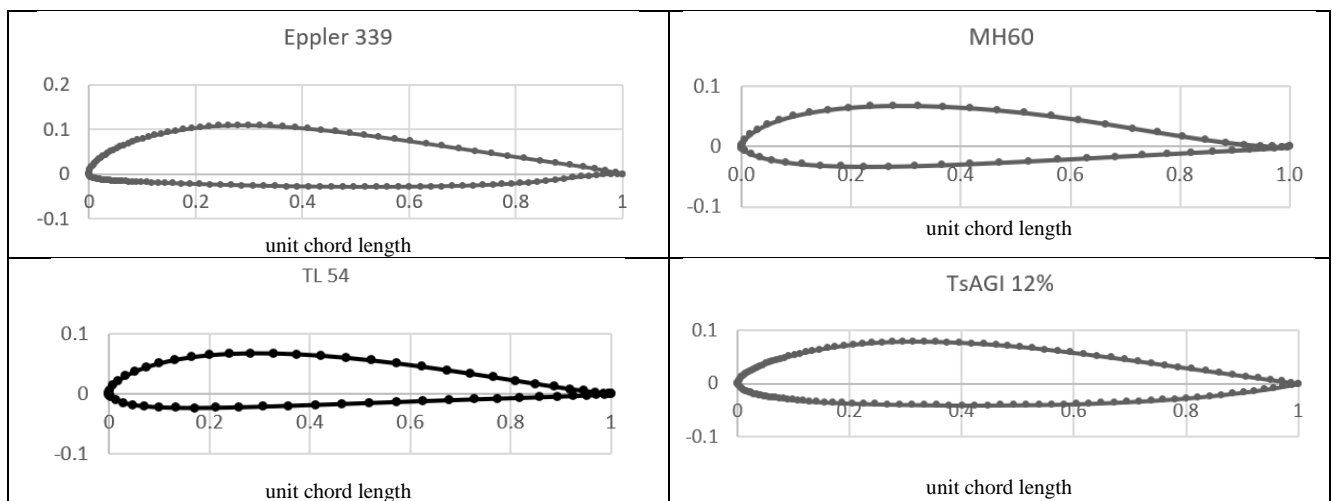
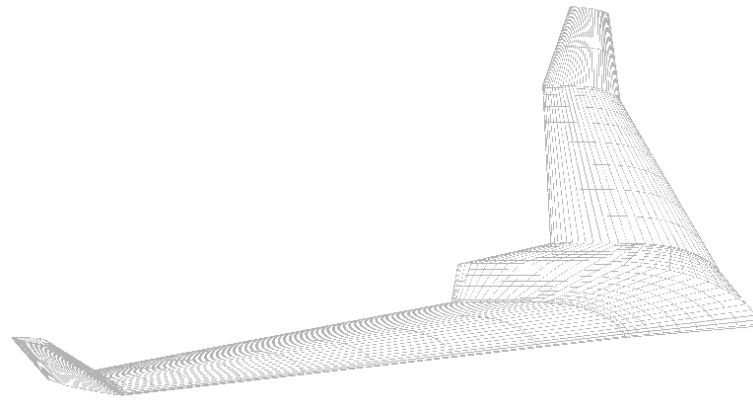


Figure 1. Schematics of airfoils used in the flying wing UAV.

Panel method is a numerical technique used in aerodynamics to calculate the flow field around a given airfoil. The method divides the surface into several flat segments. Each panel is treated as a source or sink of fluid, and the flow field is represented by a set of equations that describe the velocity potential and the stream function. Aerodynamic analysis was performed using a total of 1300 panels. The wingspan of all flying wing designs is 2.36 meters, which includes the winglet. The root chord is 0.7 meters, and the taper ratio is 0.129. The mean aerodynamic chord (MAC) is often used in aerodynamics to describe a characteristic length of a wing. MAC is a

reference point that represents the average location of the aerodynamic forces acting on the wing. Fig. 2 shows the mass and size characteristics of the flying wing, including the surface panels. The vortex lattice method (VLM) is a numerical technique used to calculate the aerodynamic forces. The VLM method models the airflow around the object as a grid of interconnected vortex filaments, which represent the circulation of air around the object. Analysis results were obtained for the ranges of changes in angles of attack from -2 to 10 degrees. The results of the analysis were obtained using the vortex lattice method for a fixed cruise speed (108 km/h) under viscous flow conditions.



Wingspan (m)	2.360
Wing Area (m ²)	0.733
Aircraft Mass (kg)	5.0
Wing Load (kg/m ²)	6.96
Root Chord (m)	0.7
MAC (m)	0.371
Aspect Ratio	7.603
Taper Ratio	0.129

Figure 2. Aerodynamic, mass, and size properties of flying wing UAV with panels.

3 Results

The lift and drag characteristics of flying wing UAV with Eppler 339, MH60, TL54 and TsAGI 12% airfoils are presented comparatively. To compare the aerodynamic characteristics of four different flying wing UAVs, the change of lift coefficient (C_L), drag coefficient (C_D), lift to drag ratio (C_L/C_D ratio), the endurance curve ($\sqrt{C_L^3/C_D^2}$), and pitching moment coefficient (C_M) while varying the angle of attack was shown. C_D vs angle of attack curve is shown in Fig. 3.

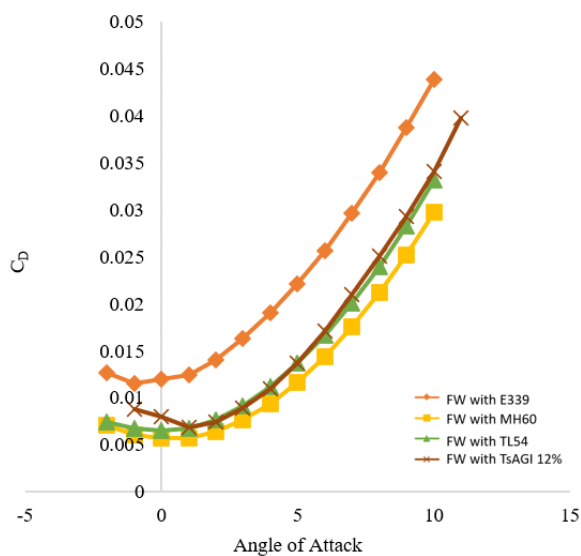


Figure 3. Change of the drag coefficient (CD) with varying the angle of attack

An airfoil with high aerodynamic efficiency can generate the desired amount of lift with minimal drag. The flying wing UAV designed with the TL54 and MH60 for

low angles of attack gives the lowest drag coefficients, while the flying wing UAV designed with the MH60 airfoil for high angles of attack exhibits higher aerodynamic efficiency. The flying wing UAV with Eppler 339 has a significantly higher drag coefficient compared to other designs.

The curve showing the relationship between C_L and angle of attack for the four different flying wing UAVs is given in Fig. 4. The flying wing UAV with Eppler 339 airfoil exhibits the highest lift coefficient, followed by flying wing UAV with TL54 airfoil. The flying wing UAV with MH60 and TsAGI 12% airfoil exhibits a similar trend and lower lift coefficient.

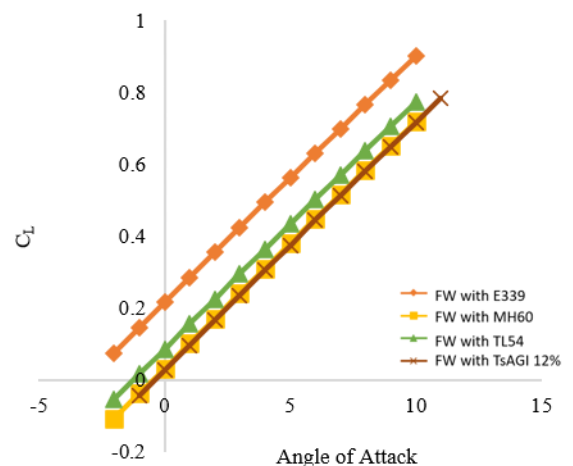


Figure 4. Change of the lift coefficient (C_L) with varying the angle of attack

The C_L/C_D ratio is a measurement of aerodynamic efficiency, maximum range, and best glide ratio performance. The curve showing the relationship between C_L/C_D ratio and angle of attack is shown in Fig. 5.

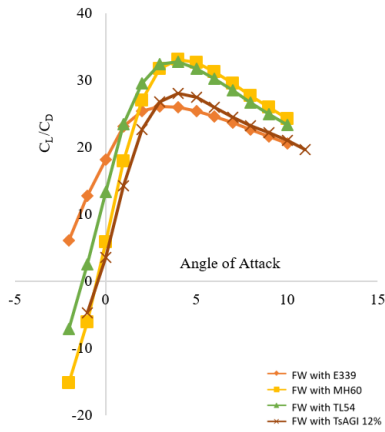


Figure 5. Change of the lift to drag ratio with varying the angle of attack.

Considering the C_L/C_D ratio, the highest aerodynamic efficiency is provided by the flying wing UAV with MH60 and TL54 airfoil at angle of attack 3-5 degrees. The maximum lift to drag ratio in flying wing UAV with MH60 airfoil is 32.7 at the 5-degree angle of attack, while it is 33.1 flying wing UAV with TL54 airfoil. Flying wing UAV with the Eppler 339 airfoil, which gives the highest lift/drag ratio at negative attack angles, loses this advantage at high attack angles. The flying wing UAV with the TL54 and TsAGI 12% airfoils shows a similar drag curve trend, while the flying wing with UAV TL54 has a higher lift coefficient compared to TsAGI 12%, which resulting in a more aerodynamically efficient design. Beyond 3-degree angle of attack, the MH60 and TL54 airfoil exhibits better performance than the FW with MH60 airfoil, after which the MH60 and TL54 exhibit similar trends, and the MH60 performed better, although the difference was small.

The parameter of endurance ($\sqrt{C_L^3/C_D^2}$) indicates the maximum endurance and minimum descent rate. Fig. 6 shows the endurance curve ($\sqrt{C_L^3/C_D^2}$) vs angle of attack of four different flying wing UAVs. In terms of maximum endurance and minimum descent rate, flying wing UAV with MH60 and TL54 is more aerodynamically efficient. The flying wing UAV with Eppler 339 exhibits better aerodynamic performance than TsAGI 12%. The flying wing UAV with TsAGI 12% exhibits the lowest aerodynamic efficiency at positive angle of attack.

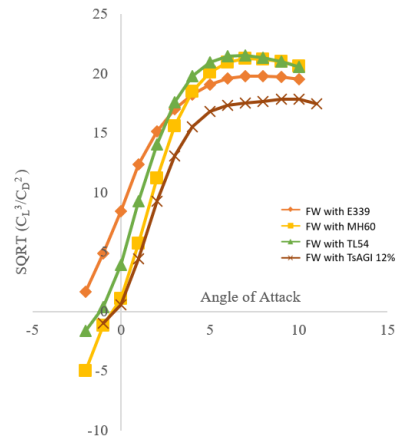


Figure 6. Change of the minimum descent rate factor ($\sqrt{C_L^3/C_D^2}$) with varying the angle of attack.

The pitching moment coefficient vs angle of attack of four different flying wing UAVs, which provides an indication of the flying wing's stability are given in Fig. 7. As can be seen from the chart, the FW with the MH60 airfoil with TsAGI 12% exhibits a more stable behavior than TL54 and Eppler 339.

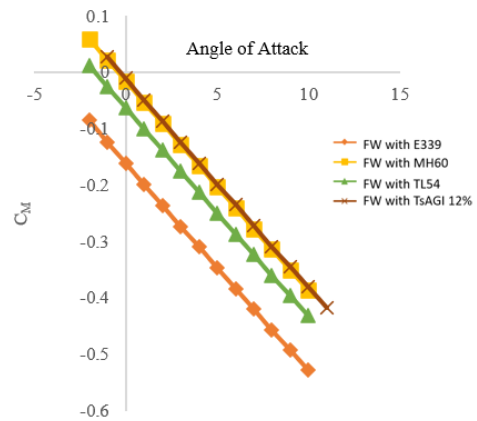


Figure 7. Change of the pitching moment coefficient (C_M) with varying the angle of attack

Fig. 8 shows the pressure coefficient contours and airflow of FW with TL54 airfoil. With the exception of the nose of the flying wing UAV, positive pressure coefficient ($+C_p$) values occurred at leading edge and negative pressure coefficient ($-C_p$) values occurred at trailing edge of flying wing UAV.

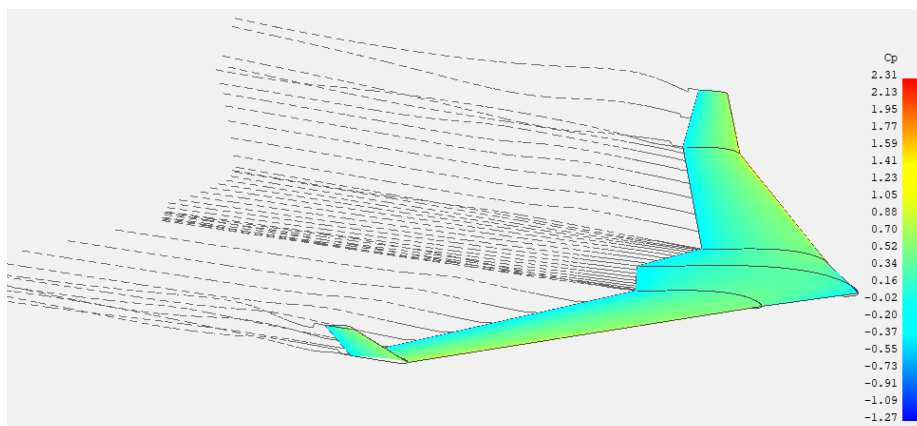


Figure 8. Display of pressure coefficient (C_p) with airflow at 3-degree angle of attack of FW design with TL54.

As a result of the study, it was revealed that the use of flying wing UAV with the TL54 airfoil and the MH60 airfoil exhibited better performance than flying wing UAV with Eppler 339 and TsAGI 12% in terms of aerodynamic efficiency, maximum range, minimum descent rate, and maximum endurance performance.

4 Conclusion

The study focused on airfoil selection in flying wing UAVs, and thus, the lift, drag, and pitching moment characteristics of flying wing UAVs with MH60, TL54, Eppler 339, and TsAGI 12% airfoils are presented comparatively. Considering the lift to drag ratio, the best aerodynamic efficiency was exhibited by the flying wing UAV with MH60 and TL54 airfoil at angle of attack 3-5 degrees. While the maximum lift-drag ratio in flying wing UAV with MH60 airfoil is 32.7 at the 5-degree angle of attack, while the flying wing UAV with TL54 airfoil exhibits 33.1. Up to a 3-degree angle of attack, flying wing UAV with TL54 airfoil exhibited better performance than the FW with MH60 airfoil, after which the MH60 and TL54 exhibited similar trends, and the MH60 exhibited slightly better performance. The flying wing UAV with the Eppler 339 airfoil exhibited better performance than the flying wing UAV with the TsAGI 12% airfoil. Considering the pitching moment coefficient, the flying wing UAV with the MH60 airfoil with TsAGI 12% exhibited a more stable characteristic than TL54 and Eppler 339. As a result of the study, it was revealed that the use of flying wing UAV with TL54 airfoil and MH60 airfoils exhibited better performance than Eppler 339 and TsAGI 12% in terms of highest range, maximum glide performance, as minimum descent rate, and maximum endurance performance.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Reid, M., & Kozak, J. (2006). Thin/Cambered/Reflexed Airfoil Development for Micro Air Vehicle Applications at Reynolds Numbers of 60,000 to 100,000. *In AIAA Atmospheric Flight Mechanics Conference and Exhibit*.
- [2] Hepperle, M. (2004). *Airfoil design for light tailless airplanes*.
- [3] Eppler, R. (1990). Airfoil data. In *Airfoil Design and Data* (pp. 163-512). Springer, Berlin, Heidelberg
- [4] Alsahlan, A. A., & Rahulan, T. (2017). Aerofoil design for unmanned high-altitude aft-swept flying wings. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 9, 335-345.
- [5] Shams, T. A., Shah, S. I. A., Javed, A., & Hamdani, S. H. R. (2020). Airfoil Selection Procedure, Wind Tunnel Experimentation and Implementation of 6DOF Modeling on a Flying Wing Micro Aerial Vehicle. *Micromachines*, 11(6), 553.
- [6] Mokhtar, W. (2005). A numerical parametric study of high-lift low Reynolds number airfoils. *In 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*.
- [7] Prisacariu, V., Boşcoianu, C., Circiu, I., & Boşcoianu, M. (2015). The Limits of Downsizing-A Critical Analysis of the Limits of the Agile Flying Wing MiniUAV. *In Applied Mechanics and Materials* (Vol. 772, pp. 424-429). Trans Tech Publications Ltd.
- [8] Dinh, B. A., & Ngo, H. K. (2016). An efficient low-speed airfoil design optimization process using multi-fidelity analysis for UAV flying wing. *Science and Technology Development Journal*, 19(3), 43-52.
- [9] Pate, D. J., & German, B. (2014). Planform optimization of a flying wing with a solid homogeneous structure. *In 14th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*.
- [10] Wong, S. M., Ho, H. W., & Abdullah, M. Z. (2021). Design and fabrication of a dual rotor-embedded wing vertical take-off and landing unmanned aerial vehicle. *Unmanned Systems*, 9(01), 45-63.
- [11] Ahn, J., & Lee, D. (2012). A computational study on the aerodynamic characteristics of a flying-wing MAV design. *In 30th AIAA Applied Aerodynamics Conference*.
- [12] Martinez-Val, R., Perez, E., Puertas, J., & Roa, J. (2010). Optimization of planform and cruise conditions of a transport flying wing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: *Journal of Aerospace Engineering*, 224(12), 1243-1251.
- [13] Bronz, M., Hattenberger, G., & Moschetta, J. M. (2013). Development of a long endurance mini-uav: Eternity. *International Journal of Micro Air Vehicles*, 5(4), 261-272.
- [14] Baghdasaryan, A. (2019). *Design of an Unmanned Aerial Vehicle with a Mass-Actuated Control System*. (Bachelor's Dissertation, Universitat Politècnica de Catalunya).
- [15] Pan, Y., Huang, J., Li, F., & Yan, C. (2017). Application of Multidisciplinary Design Optimization on Advanced Configuration Aircraft. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 9, 63-70.
- [16] Kelayeh, R. K., & Djavarehshkian, M. H. (2021). Aerodynamic investigation of twist angle variation based on wing smarting for a flying wing. *Chinese Journal of Aeronautics*, 34(2), 201-216.
- [17] Song, L., Yang, H., Zhang, Y., Zhang, H., & Huang, J. (2014). Dihedral influence on lateral-directional dynamic stability on large aspect ratio tailless flying wing aircraft. *Chinese Journal of Aeronautics*, 27(5), 1149-1155.
- [18] Xu, X., & Zhou, Z. (2015). Study on longitudinal stability improvement of flying wing aircraft based on synthetic jet flow control. *Aerospace Science and Technology*, 46, 287-298.
- [19] Gatto, A., Bourdin, P., & Friswell, M. I. (2010). Experimental investigation into articulated winglet effects on flying wing surface pressure aerodynamics. *Journal of Aircraft*, 47(5), 1811-1815.
- [20] Wang, G., Hu, Y., & Wu, C. (2013). Improving Performance of Flying Wing Mini-UAV with Propeller Thrust Involved Trimming the Pitching Moment. *In 2013 Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*.



DESIGN OF CONICAL CHANNEL IN JOINING OF AA7075/AZ91 MATERIALS BY MECHANICAL LOCKING METHOD

Serdar Mercan*¹ 

¹Department of Mechatronic Eng., University of Sivas Cumhuriyet, Sivas, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

Material types with different chemical and physical properties are joined and employed in industrial applications. The main purpose is to obtain high performance products by combining the superior properties of materials. Many traditional methods such as casting, bonding, rivets and bolts and especially the welding method are used in joining processes. Among the joining methods, mechanical locking method, a novel and ecologically friendly method, stands out as a successful method, particularly when joining dissimilar metal types. Within the scope of this study, the optimization of the channel geometry was performed on the AZ91 mold part among AA7075/AZ91 material pairs joined by using the mechanical locking method. We paid attention that the channel design did not adversely affect the stress values and facilitated the material flow. In the analysis, fixed joint angle and fixed channel depth determined in accordance with the data obtained from the results of the previous studies were used. The analyses were completed by the Static Structural Module of the Workbench 18.2 version of the ANSYS software using the finite element method. The study was carried out on 3D geometric models. As a result, it was determined that the mechanical properties of the samples joined by mechanical locking method significantly changed depending on the channel design. The mechanical properties of the joint improved by approximately 3% with the optimal joint design, while the joint design that will facilitate material flow was achieved.

Keywords: AA7075, AZ91, finite element method (FEM), mechanical locking method (MLM), mechanical properties.

MEKANİK KİLİTLEME YÖNTEMİ İLE BİRLEŞTİRİLEN AA7075/AZ91 MALZEMELERİN KONİK KANAL TASARIMI

Özet

Orijinal bilimsel makale

Endüstriyel uygulamalarda, farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip malzeme türleri birleştirilerek kullanılmaktadır. Temel amaç malzemelerin üstün özelliklerini bir araya getirerek, yüksek performanslı ürünler elde edilmesidir. Birleştirme işlemlerinde kaynak yöntemi başta olmak üzere döküm, yapıştırma, perçin ve civata ile birleştirme gibi geleneksel birçok metod kullanılmaktadır. Birleştirme yöntemleri arasında yeni ve çevreci bir yöntem olan mekanik kilitleme yöntemi de özellikle farklı metal türlerinin birleştirilmesinde başarılı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında, mekanik kilitleme yöntemi ile birleştirilen AA7075/AZ91 malzeme çiftlerinden kalıp parçası AZ91 üzerindeki, kanal geometrisinin optimizasyonu yapılmıştır. Kanal tasarımının gerilme değerlerini olumsuz etkilemeden, ve malzeme akışını kolaylaştıracak biçimde olmasına dikkat edilmiştir. Analizlerde daha önce yapılan araştırma sonuçlarından elde edilen verilere uygun olarak belirlenen sabit bağlantı açısı, sabit kanal derinliği kullanılmıştır. Analizler sonlu elemanlar yöntemini kullanan ANSYS paket programının Workbench 18.2 sürümü, Static Structural Modülü kullanılarak tamamlanmıştır. Tüm çalışma 3 boyutlu geometrik modeller üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sonuçta mekanik kilitleme yöntemi ile birleştirilen numunelerde kanal tasarımına bağlı olarak mekanik özelliklerin önemli oranda değiştiği tespit edilmiştir. Optimum bağlantı tasarımı ile bağlantı mekanik özellikleri yaklaşık %3 oranında artarken, malzeme akışını kolaylaştıracak bağlantı tasarımı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA7075, AZ91, sonlu elemanlar yöntemi (FEM), mekanik kilitleme yöntemi (MLM), mekanik özellikler.

1 Introduction

There are several methods in which dissimilar materials are joined using different methods according to their application areas. They are applied due to the needs associated with the place of use or in order to attain the

desired mechanical properties. Among these methods, Mechanical Locking Method (MLM) is an alternative novel and ecologically friendly method for joining material types with different chemical and physical properties. The method allows ferrous materials to be easily joined with nonferrous metals, composite materials, and ceramic

*Corresponding author.

E-mail address: smsmercan@gmail.com (S. Mercan)

Received 26 November 2022; Received in revised form 20 June 2023; Accepted 23 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1209427>

materials. Also, some problems that occur in traditional joining methods due to thermal cycles may be avoided.

Given that new production processes and the use of advanced design and construction technologies are critical in terms of the environment, quality of life and the development level of countries [1], the need for innovative and eco-friendly methods such as MLM will increase even more. In MLM, the joining process is realized by using the plastic deformation property of one of the joined materials [2]. The mold geometry examined in this study is known to be the most important factor affecting the material flow and distribution of end-product thickness in studies on plastic deformation methods [3]. MLM is similar to friction welding and forging methods based on the plastic deformation method in terms of the forming principle. As in the forging method, plastic deformation processes are carried out using heat and pressure. Direction of metal flow, degree of deformation, friction, and temperature all have a significant impact on the properties of the workpieces throughout the forging process, in order for the metal to deform without breaking or cracking [4]. In MLM, friction, heat and proper material flow are among the main factors in achieving the desired properties in the joint. The most important points of the process are material flow control and mold design [5] as in other plastic deformation methods. Stress concentrations and cracks caused by faulty mold design have a direct impact on the life of the joint and adversely affect the mechanical properties. Therefore, it is required to investigate the zones of stress concentrations at the joint and to determine the proper joint profile with all of the details. Thus, the effect of the profile on the post-production mechanical values may be determined in the joint as a consequence of plastic deformation, and necessary modifications can be made in the design [1]. As a result of these modifications, the joint strength will be increased to the desired values and the industrial application of the method will be ensured. Among the studies on plastic deformation methods, Başdemir et al., examined the effects of plastic deformation on the mechanical and physical properties of materials joined using forging technique together with analysis examples. They found that there were stress concentrations in cross-sectional deformation zones and force requirement increase. Their data were matched with the simulation data [5]. Kodippili et al., in their study on magnesium alloy beam, reported that an appropriate mold design was required to promote metal flow in closed mold forging processes [6]. On the other hand, studies have reported problems such as expensive and complex processes required by the forging method in joining of materials, the significance of surface preparation, determination of thermal cycle values that will not cause structural changes in both metals, and formation of intermetallic compounds [7].

In the analyses made in this study, the mechanical properties of Al and Mg alloy materials were utilized. Al and Mg alloys have excellent formability capabilities as well as high recycling potential, and their mechanical properties vary considerably [8]. The differences in their physical and chemical properties make it difficult to join these materials by traditional methods. The formation of $Al_{12}Mg_{17}$ and Al_3Mg_2 brittle and hard intermetallic phases, particularly in welded joints requiring high temperatures

[9,10], results in impaired mechanical properties as a consequence of joining materials. Furthermore, it causes dynamic recrystallization of the material in the seam zone, formation of pores in heat-affected zones, and changes in hardness value [11,12]. This makes the widespread use of these materials in the industry impossible by joining them [13,14]. Mg alloys, the lightest metal, are commonly produced by using the casting method; however, since they have no desired full dense structure and contain segregation, further processes are required for Mg alloys produced by casting method. Additional normalizing, sintering, and pressure are necessary during the production process to improve density. Therefore, it is believed that if MLM, which uses heat and pressure together, is preferred for joining Mg alloys, the requirement for these additional processes would reduce and its industrial utilization would increase. In industrial applications, finite element techniques allowing realistic simulation in a computer environment are used instead of direct production of a selected process in the application region. Cost benefit and an enhanced quality are provided in industrial applications through the studies using finite elements analysis. The ANSYS software is one of the simulation programs that use the finite element method and analyze the problems encountered in the field of engineering. In the literature, it has been stated that the numerical method results to be used in the analyses are compatible with even the most complex experimental results [15]. Hou et al., used experimental and numerical analysis to examine the mechanical properties and residual stresses of AA2024 and AZ31 alloys by using the friction stir welding method. They reported a good correlation between experimental and numerical results [16]. Mercan used the ANSYS program to carry out the stress analysis of the materials joined using the MLM. Consequently, he reported that the maximum stress distribution caused damage in the experimental studies, the cross-section narrowed on the RP (reshaped part) and occurred in areas with sudden cross-sectional changes [17]. Nalawade et al., used FEM-based packaged programs to simulate the thermo-mechanical rolling of steel blooms. They investigated how rolling parameters affected deformation behavior [18].

In the present study, an optimal conical channel design was performed in joining dissimilar alloys (AA7075/AZ91) by MLM.

2 Material Method

2.1 Mechanical Locking Method (MLM)

The patent studies (numbered TR201503256B) on the method were completed in 2017, and methodological studies for its use in various industrial sectors have been continuing [2]. In the method, one of the materials to be joined is designed as a mold part (MP) and the other material is designed as a reshaped part (RP). The design of RP varies based on the MP channel space. A conical, T or spherical channel is opened into the MP by using machining or casting methods. As shown in Figure 1, the friction of RP on MP cavity interface, as well as applied additional axial pressure enable the channel section to be shaped. Friction welding machines and milling machines may be used for this purpose. The friction of the pieces

generates the heat necessary for RP to take the mold form. Thus, the heat generated by transforming the mechanical energy produced in the system into thermal energy is used. The friction continues until the plastic deformation temperature is obtained. With the impact of additional axial pressure, RP begins to agglomerate. The joining is achieved by allowing the agglomerated material to flow in the mold and take the mold form. The joint forming by the heat generated at the interface and the applied pressure is not a welded joint, but rather a mechanical joint method [19].

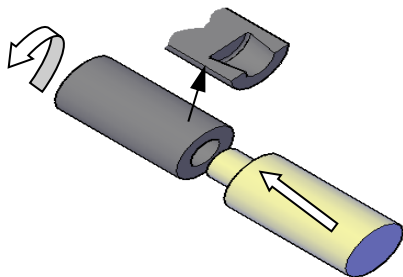


Figure 1. Schematic View of MLM.

The part with low mechanical properties and a low melting temperature is determined as the reshaped part (RP). The other is designed as the mold part (MP). In this study, AA7075 was designed as MP and AZ91 as RP. Figure 2 shows a sectional view of the physical parts of MP and RP in MLM.

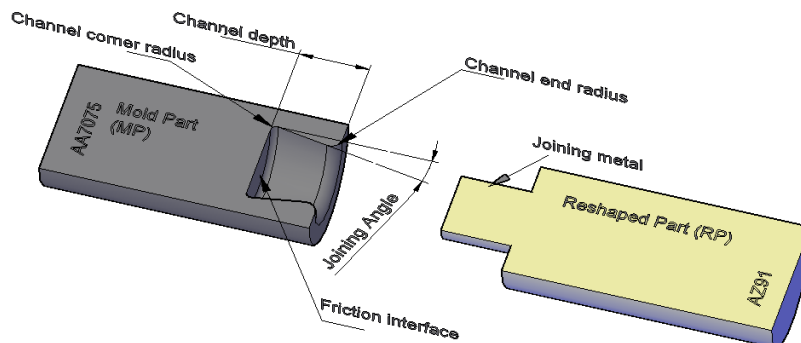


Figure 2. Sectional views of MP and RP.

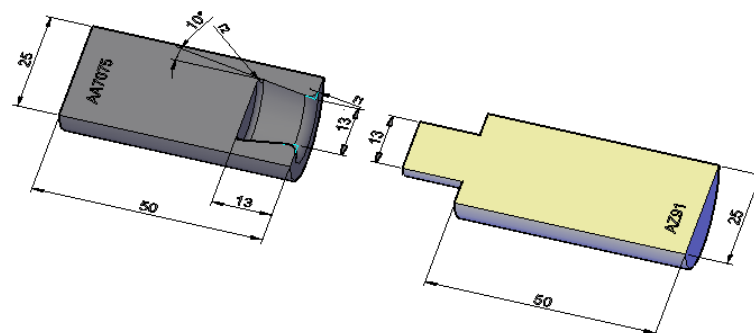


Figure 3. Joint profile values.

The environmentalist aspect of the method includes no waste generation and no need for further process, the accomplishment of joining processes in a very short time, controllable parameters, no need for additional joint and filler metal, as well as its compliance with automation.

2.2 Joining Parameters

MLM parameters are friction time, revolutions per minute, and friction pressure. The channel depth, joint angle, and channel corner radii of the mold part, which have a significant effect on joint quality, must be determined separately for each material type [20]. The physical properties of the channel were optimized in this study in order to increase the mechanical properties of the joint, facilitate material flow, and avoid buckling. Figure 3 shows the model dimensions of the samples to be joined using MLM. Table 1 shows values of the joint profile. The depth of the conical channel and the joint angle were determined based on previous studies. It was found that the joint angle was 10° and the channel depth 13 mm [17].

In the joint, first of all, the end radius values of the channel (r_1) were examined. Then, the compatibility of the corner radius (r_2) values of the channel with the r_1 values was investigated in order to facilitate the material flow. The r_1 values were the region where stress concentrations were the highest, depending on changes in cross-section. Therefore, r_1 values were investigated independently.

Table 1. Joining profile values (mm).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Joining angle (°)					10			
Channel depth (mm)					13			
Channel end radius (r_1) (mm)	1	2	3	4				
Optimum channel end radius according to analysis results (Opr_1)						Opr_1		
Channel corner radius (r_2) (mm)					1	2	3	4

2.3 Materials

In the study, the joined material pair was AA7075 aluminum alloy and AZ91 magnesium alloy. Since AA7075 has greater hardness and mechanical properties than AZ91, it was designed as MP; whereas AZ91 was designed as RP. Table 2 shows the mechanical properties of the materials used in the analyses.

Table 2. Mechanical properties of AA7075 and AZ91.

	AA7075	AZ91
Intensity (gr/cm ³)	2,81	1,7
Modulus of elasticity (MPa)	71000	45000
Poisson rate	0.33	0.35
0,2% Yield strength (MPa)	503	168
Ultimate tensile strength (MPa)	572	311
Hardness (HV)	175	90

2.4 ANSYS Packaged Program Analysis

The Static Structural Module of the ANSYS package software Workbench 18.2 version was used to do stress analyses. The Von Mises maximum stress values and maximum deformation zones were determined in the stress analyses under static load, and the assessments were completed.

There is no joining at atomic level between the joined material pairs in MLM, as in welding and casting methods. Therefore, the joint type was defined as “No Separation,” and the parts were not separated in the normal direction, but they were allowed to execute a limited sliding motion over each other [17,21]. The contact points of the parts are indicated by the red and blue areas in Figure 4.

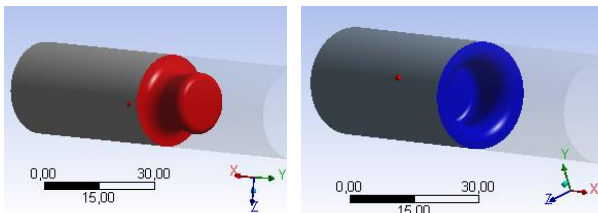


Figure 4. Contact points.

To form a precise mesh structure, the Relevance Center value was set to 100 for the mesh size in all parts. The mesh size was set at 0.75 mm using the Adaptive mesh structure setting. Also, the slow selection was used in mesh transitions to provide a unique mesh distribution. Figure 5 shows the RP mesh structure. Mesh processes were completed using 680838 nodes and 482279 elements in sample no. S1.

The definition of fix support was made by AA7075 for parts in all of the analyses. The analyses were done by using the AZ91 magnesium alloy to exert force in the axial direction (in the direction of the +X axis). The stress-deformation behaviors derived from the uniaxial tensile test were taken into account. The tensile strengths were taken into account while determining the damage load in the analysis, and the damage load was determined in such a way that it would be the maximum tensile stress of the base material AZ91 magnesium alloy and the stress values may be noticed clearly on the color scale. A force of 75000 N was applied, and the stress distributions were determined

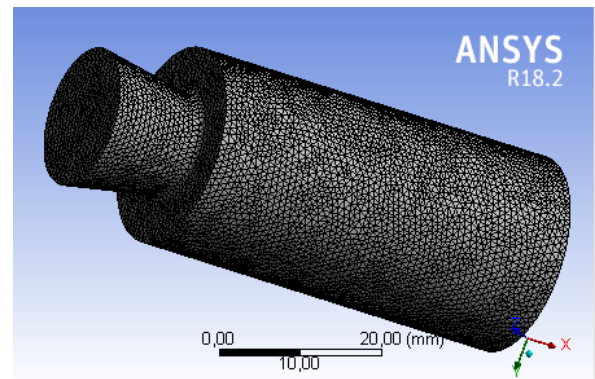


Figure 5. Mesh of RP.

3 Analysis Results

As stated in the literature, the materials in this study were recognized as having non-heat conduction and being rigid in static analysis studies [22], and analysis was done on the assumption that there was no error in the material flow and no residual stress throughout the process. MP depth and angle values were determined based on previous studies [17]. The analyses were done in two phases. First and foremost, it was intended to reduce the stress distribution by creating the channel end radius (r_1) on the MP. Then, based on the results, the optimum r_1 value (Opr_1) was taken as a fixed value and the necessary examinations were completed with the changing corner radius (r_2) values of the channel. While the optimum r_1 value was examined in order to reduce the stress values, the r_2 values were investigated in order to facilitate the material flow. In MLM, the material flow is of special importance in obtaining the RP with the desired properties [20]. Therefore, the r_2 value should be determined at values that will not impair mechanical properties while facilitating material flow.

The maximum stress values came out in the zone where the cross-section was the narrowest on the joint metal in the absence of radius [17]. On the other hand, the maximum stress values appeared at the radius start and end points in the samples with radius. Figure 6 shows the maximum stress zones on sample no. S1. The analysis findings were displayed on RP since it had weaker mechanical properties than the other two materials and was reported to be damaged in the experimental studies [17,19]. It has been reported in the literature that significant stress concentrations and force requirements arise in the sectional deformation zones if the plastic deformation method is used [5].

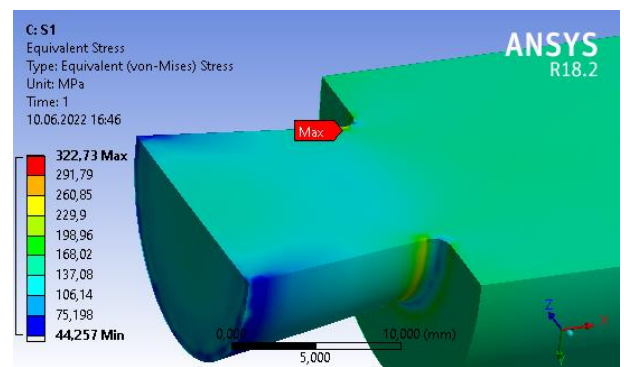


Figure 6. Maximum stress distribution zones.

Figure 7 graphically shows the stress distributions generated with different end radius values of the channel. This graph also shows the stress value (REF) that appeared when there was no radius on the joined samples. The stress distribution according to the determined damage load in the absence of radius was reported to be 321.05 MPa [17].

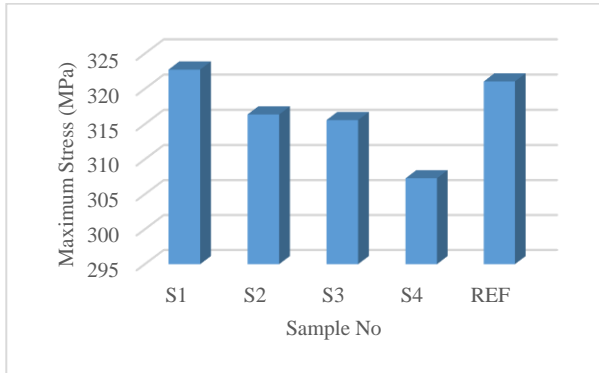


Figure 7. Maximum stress values of S1, S2, S3, S4 and REF.

The maximum stress distribution in the radius samples was determined to be 322.73 MPa in sample no. S1. The given value was very close to the stress value in the non-radius REF sample. This happened due to an increase in stress concentrations at the radius start and end points, as well as the narrow-area (Figure 6). The end radius of the channel reduced stress values in all of the other samples. The lowest stress value was 307.29 MPa in sample no. S4. In the analyses, the increase in the radius values of r_1 increased the cross-section that will bear the stresses and made the stress distribution more regular. Depending on the increased cross-section and proper force flow, the stress values reduced.

Figure 8 shows the stress distributions on the sectioned sample no. S4. It was observed that the stress concentration increased at the radius start and end points, but the stress was regularly distributed over the entire section. The mechanical properties of the joined materials could be improved with the proper designs to be used in the MLM. This is confirmed by the fact that the stress value in sample no. S4 was 4% lower than the non-radius sample. The r_1 value (4mm) of sample no. S4 was used as a constant value in the samples S5, S6, S7, and S8.

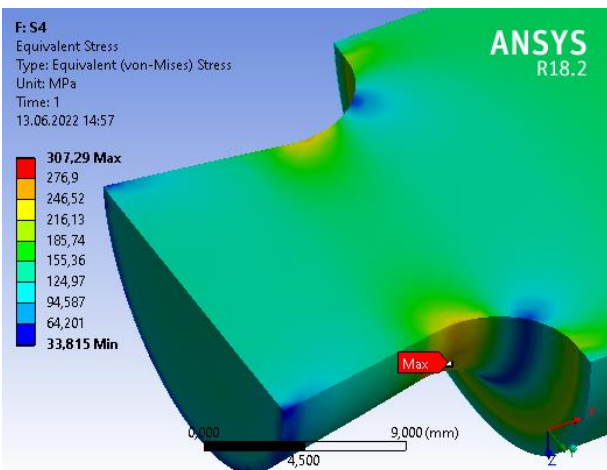


Figure 8. Stress values of S4.

The r_1 value in samples S5, S6, S7, and S8 was determined to be 4 mm based on the results of the analysis. Figure 9 graphically shows the stress values of these samples with the channel corner radius (r_2). The stress values for sample no. S4 with the optimum r_1 value and the model from which REF was taken were displayed together. The primary goal in the analysis of these samples is to determine the optimum design that will facilitate the material flow without impairing the mechanical properties in the joining process. Because it is well-known that during the plastic deformation process of RP, the flow becomes difficult due to the rapid cooling and solidification of the flowing material [20]. The presence of radii in the channel instead of sharp corners will facilitate the flow of the material solidified by rapidly cooling as it passes away from the friction interface.

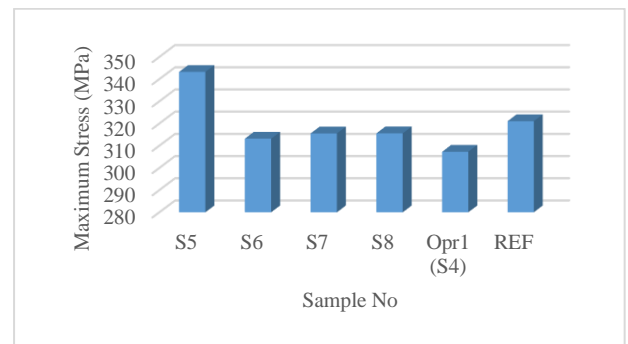


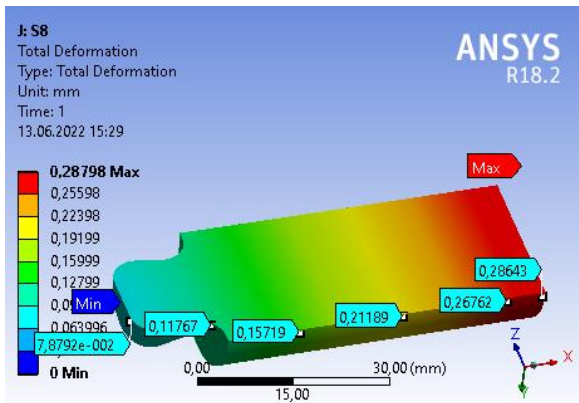
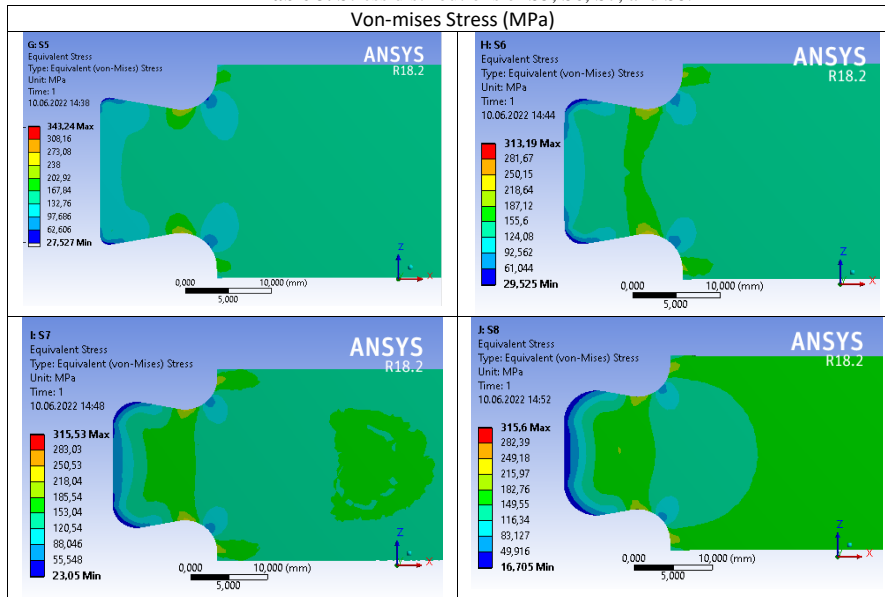
Figure 9. Maximum stress values of S5, S6, S7, S8, Opr₁ and REF.

Except for sample no S5, the stress value of the other samples was lower than that of the non-radius sample (REF). It was determined that radius values less than 2 mm affected the stress distribution negatively due to stress concentrations that occurred at the radius start and end points, and it would be more appropriate to have no radius.

The stress values in all samples were higher than sample No. Opr₁. While sample no. S5 had the highest stress value (343.24 MPa), sample no. S6 had the lowest stress value of 313.19 MPa. This is thought to be associated with the small radius value in sample no. S5, as well as the insufficient force flow and stress concentration in sample no. S1. The r_2 values, on the other hand, reduced the material cross-section. Decreased cross-section caused a slight increase in stress values. Nonetheless, the r_2 value of 2 mm (sample no. S6) was appropriate for facilitating material flow, producing a joint metal with no porosity, and avoiding buckling as the stress values were very close in samples S6, S7 and S8. However, as a result of the metallurgical analyses of the experimental studies, increasing the radius value based on the quantity of porosity generated should be assessed.

Table 3 shows the stress distributions of samples S5, S6, S7, and S8 on sectioned samples. It is noticed that the stress distribution decreased in the flange region at the friction interface and became more regular with increased radius values. It was thought that this would allow the flanges, which have been formed with increased radius values, to flow faster.

The overall deformation values in all samples were very close to each other in the examinations. Figure 10 shows the deformation values on sample no. S8.

Table 3. Stress distributions of S5, S6, S7, and S8.**Figure 10.** Deformation values of S8.

4 Conclusions

In this study, the material pairs AA7075 Aluminum alloy and AZ91 Magnesium alloy were joined utilizing the MLM. It was tried to determine the optimum channel design using different channel geometries. The examinations yielded the following conclusions.

- Mechanical properties lowered by 3% in MLM depending on the joint design, and a joint design that facilitates material flow was obtained.
- It was determined that the appropriate channel end radius decreased the stress values in all the samples.
- The highest stress value was obtained as 343.24 MPa in sample S5. The main reason for high stress is that radius values are not compatible with each other.
- The lowest Von-Mises stress value among the samples with channel end radius (r_1) was 307.29 MPa in sample no. S4. This value was 4% lower than the reference model without radius.
- The lowest Von-Mises stress value among the samples with channel end radius (r_2) was 313.19 MPa in sample no. S6. The corner radius values of the channel slightly increased the stress values; however, the raised stress values were at an acceptable level since they facilitated flange formation.

Acknowledgements

This article was presented in summary at the 5th International Conference on Physical Chemistry & Functional Materials.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Göz, M. (2017). Improvement of strength in areas locked with Hot Press Joining Method. *J. of Machine Design and Manufacturing*, 15, 75-83.
- [2] Mercan S. (2017). *Mechanical locking method*, Turkish Patent and Trademark Office, No: TR 2015 03256 B 2017/05/22.
- [3] Taylor, C. A., DeLorenzi, H.G., & Kazmer, D. O. (1992). Experimental and Numerical Investigations of the Vacuum Forming Process. *Polymer Eng. and Sci.*, 32, 1163-1173.
- [4] Altan, T., Ngaile, G., & Shen, G. (Eds.). (2004). *Cold and hot forging: fundamentals and applications* (Vol. 1). ASM International.
- [5] Başdemir V., Baygut A., & Çulh O. (2018). Plastic forming technologies used in fastener manufacturing with cold forming technique. *J. of Adv. Technology Sci.*, 7, 18-28.
- [6] Kodippili T., Lambert S., & Arami A. (2022). Data-driven prediction of forging outcome: Effect of preform shape on plastic strain in a magnesium alloy forging. *Mater. Today Communications*, 31, 1-7.
- [7] Danesh Manesh H., & Shabani H. S. (2009). Effective parameters on bonding strength of roll bonded Al/St/Al multilayer strips. *J. Alloys Compounds*, 476 292-299.
- [8] Raju, I.S., & Newman, J. C. (1979). Stress-Intensity factors for a wide range of semielliptical surface crack in finite-thickness plates. *Eng. Fracture Mech.*, 11 817-829.
- [9] Liu P., Li Y., Geng H., & Wang J. (2007). Microstructure characteristics in TIG welded joint of Mg/Al dissimilar materials. *Mater. Letters*, 61, 1288-1291.
- [10] Bannour S., Abderrazak K., Mattei S., Masse J.E., Autric M., & Mhiri H. (2013). The influence of position in overlap joints of Mg and Al alloys on microstructure and hardness of laser welds. *J. of Laser Appl.*, 25, 32001-32008.

- [11] Mohammadi J., Behnamian Y., Mostafaei A., Izadi H., Saeid T., Kokabi A.H., & Gerlich A. P. (2015). Friction stir welding joint of dissimilar materials between AZ31B magnesium and 6061 aluminum alloys: Microstructure studies and mechanical characterizations. *Mater. Characterization*, 101, 189–207.
- [12] Masoudian A., Tahaei A., Shakiba A., Sharifianjazi F., & Mohandesi J. A. (2014). Microstructure and mechanical properties of friction stir weld of dissimilar AZ31-O magnesium alloy to 6061-T6 aluminum alloy. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 24, 1317–1322.
- [13] Dorbane A., Mansoor B., Ayoub G., Shunmugasamy V.C., & Imad A. (2016). Mechanical, microstructural and fracture properties of dissimilar welds produced by friction stir welding of AZ31B and Al6061. *Mater. Sci. Eng. A.*, 651, 720–733.
- [14] Liu L., Ren D., & Liu F. (2014). A review of dissimilar welding techniques for magnesium alloys to aluminum alloys. *Materials*, 7, 3735–3757.
- [15] Lu P., Zhao G., Guan Y., & Wu X. (2008). Bulk Metal Forming Process Simulation Based on Rigid-Plastic/Viscoplastic Element Free Galerkin Method. *Materials. Sci. and Eng.:A*, 479 197-212.
- [16] Hou Z., Sheikh-Ahmad J., Jarrar F., & Ozturk F. (2018). Residual stresses in dissimilar friction stir welding of AA2024 and AZ31: experimental and numerical study. *J. Manufacturing. Sci. Eng.*, 140, 51015-51025.
- [17] Mercan S. (2021, October). Computer-Aided Analysis of Joint Design in Materials Joining by Mechanical Locking Method (MLM), *IATS'21 9th International Advanced Technologies Symposium* (pp. 359-367).
- [18] Nalawade R.S., Puranik A.J., Balachandran G., Mahadik K.N., Balasubramanian V. (2013). Simulation of hot rolling deformation at intermediate passes and its industrial validity, *International J. of Mechanical Sci.* 77, 8-16.
- [19] Mercan S., & Özkavak H. V. (2022). Joining of AISI 1040 and AA6013 material pairs by mechanical locking method (MLM) using different connection angle. *Journal of Faculty of Eng. And Arch. of Gazi University*, 37, 2309-2322.
- [20] Mercan S. (2021). Joining Dissimilar Materials Pairs by Mechanical Locking Method. *International J. of Precision Eng. and Manufacturing*. 22, 1975-1987.
- [21] Mercan S. (2019). Joining of Dissimilar Metal Pairs by Mechanical Locking Method. *GU J Sci, Part C*, 7, 25-36.
- [22] Kurt G., Yaşar N. (2020). Comparison of Experimental and Simulation Results for Hot Rolling of HEA 240 Profile, *Manufacturing Technologies and Applications*, 1, 25-31.



CFD ANALYSIS OF AN AIRCRAFT TURBOFAN ENGINE COMBUSTION PROCESS AND THE EFFECT ON TURBINE

İbrahim Can¹ , Doğan Engin Alnak² , Muhammed Sipahi^{*1} 

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Sanayi Teknolojileri ve Stratejileri ABD, Sivas, Türkiye

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Enerji Sistemleri ABD, Sivas, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

In this paper, a two-dimensional computational fluid dynamics (CFD) study of turbofan engine is presented using (ANSYS) Fluent Program, the Navier–Stokes equations is used for analysis, including a two-dimensional and symmetrical drawing of both the combustion chamber and in a 1.5 stage axial flow turbine. A General Electric (GE)-90 turbofan engine nacelle was used with National Advisory Committee Of Aeronautics (NACA) 63-412 type blades were used for the analysis of the flow on the turbine blades. Combustion chamber simulations were carried out using a previous study. The computational results were compared with other studies on the exergetic analysis of a GE-21 turbojet engine. The GE-21 engine had a combustion chamber temperature of 2900 K, while the GE-90 engine had a temperature of around 2706 K. The previous study considered the velocity of fluid flow to be 200 m/s, whereas the velocity of flow in this study was 209 m/s as determined in the part of analysis and result.

Keywords: Turbine blade, CFD, combustion chamber, ANSYS.

BİR UÇAK TURBOFAN MOTORUNUN YANMA SÜRECİ VE TÜRBİN ÜZERİNE ETKİSİNİN HAD ANALİZİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu makalede, ANSYS Fluent Programı kullanılarak, hem yanma odasının hem de 1.5 kademeli aksenel akış türbininin iki boyutlu ve simetrik çizimini içeren turbofan motorunun iki boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) çalışması sunulmaktadır. Türbin kanatlarındaki akışın analizi için NACA 63-412 tipi kanatlı GE-90 turbofan motor nasele kullanılmıştır. Yanma odası simülasyonları, önceki bir çalışma kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hesaplama sonuçları, bir GE-21 turbojet motorunun ekserjetik analizine ilişkin diğer çalışmalarla karşılaştırıldı. GE-21 motorunun yanma odası sıcaklığı 2900 K, GE-90 motorunun sıcaklığı ise 2706 K civarındaydı. Önceki çalışmada, sıvı akış hızı 200 m/s olarak düşünülmüş, oysaki son çalışmada sıvı akış hızı 209 m/s olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türbin kanadı, HAD, yanma odası, ANSYS.

1 Introduction

In recent years many computational and experimental studies have been conducted in order to obtain the best efficiency for turbine engines with comparing its size and lightness, as well as the high percentage of energy that it produces.

The compressor, combustion chamber and turbine blades are the most important components of a turbojet engine and therefore most research focuses on the flow structures of the compressor exit, the outlet temperature field of the combustion chamber and the flow and thermal field around the turbine blades.

The turbine inlet temperature can be increased to achieve peak cycle efficiency, and lower specific fuel consumption [1]. Thus, to achieve the highest possible turbine inlet temperature, accurate knowledge of turbine blade temperatures is required, as frequent excursions beyond the design limits of the blades can significantly reduce service life [2,3].

Gao et al. adopted a variety of methods to reduce the effects of reflected radiation during radiation temperature measurement, determining the value of reflection using the angular radiation factor depending on the position of the turbine blade and the temperature of the adjacent blade by simplifying the blade shapes in two dimensions [4]. Because of the interaction of the blade rows, However,

*Corresponding author.

E-mail address: eng.sipahi@gmail.com (M. Sipahi)

Received 20 November 2022; Received in revised form 11 April 2023; Accepted 01 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1202422>

these analyses are limited by the lack of flow physics as these analyses take place in a very complex rotating machine. The emphasis is placed on the interaction of vortices from the upstream rotor passage with the downstream stator because it causes the nozzle wake velocity defect at the suction surface of the rotor blade [5]. The thermal behavior of the rotor and the flow field are affected when the secondary flow changes downstream of low aspect ratio turbine stages. Based on previous research, a new study published by a group of Indian researchers showed the ideal distances and angles between stator and rotor. Therefore, the distances in this research were relied on this study in order to obtain the best results the ideal angle of burners was 80 degrees, resulting in significant benefits such as lower NOx and CO emissions and overall high combustion efficiency, so this result were relied on this study to obtain better result.

2 Material Method

In this paper ANSYS Fluent Program were used based on the finite element method. The Navier–Stokes equations is used for its ability to solve CFD analysis explicitly which includes a k-ε solver [6-7]. The simulation uses the hybrid solver, which employs an implicit pressure-correction scheme. The SIMPLE algorithm was used to couple the pressure and velocity field [8]. The pressure and temperature data of the combustion chamber obtained from the previous study were used as the initial simulation conditions. The absolute criteria were 1e-6 in the monitors residual [9]. The grids of the computation domain (flow and structure)

were created using Solidworks Program. The geometries for conjugated analysis of internal and external heat transfer are shown in Figure. 1-2-3 [10]. The number of meshes needed to calculate the Combustion chamber, Turbine blade is approximately 0.82 million and 0.41 million, respectively as shown in Figure. 4-5. The latter was used to simulate:

- 1 Kerosene fuel combustion process at combustion chamber.
- 2 fluid flow and loads on 1.5 stage of turbine blade [11].

The simulations were interdependent on the basis the previous results of combustion process provided data of pressure and temperature distribution, in order to attain physically justified results using CFD analysis.

For the non-premixed burner, a 2D turbulent flow model is used. The non-premixed model solves the transport equation for one or two conserved scalars and the mixture fractions using a modeling approach. There are a variety of chemical species, including radicals and intermediates [12].

The main equations of the gaseous phase model are continuity, the momentum conservation equation, the energy conservation equation, and the chemical component conservation equation.

The computational domain is composed of the combustion chamber and turbine, starting from the compressor's stator exit and ending at the turbine exit [13].

The temperature, pressure and the mass flow rate of fuel and combustion chamber inlet (which is same as in the experiment) is as tabulated below.

Table 1. Properties of initial data.

Flow	Temperature [K]	Pressure [kPa]	Mass flow rate [kg s ⁻¹]
Combustion chamber inlet	625.7	1118.2	14.5
Combustion chamber fuel input	353	2757	0.4
Turbine inlet	1700	2138.8	14.9

In the analysis process meshing of the gas turbine blade is done using finite element analysis. The meshing information of Combustion chamber and turbine blade are shown in Table 2.

In this study, a tetrahedral mesh was chosen, which has the benefit of being able to well approximate the surface contour, to get good results [14]

Table 2. Mesh modeling data.

Parameter / Domain	Combustion chamber	Turbine
Meshing method	Triangles	Triangles
Total elements	823918	414083
Total nodes	486209	245334

The distance between stator and rotor is given Xs Axial spacing =25% depending on previous research as viewed at Figure 3 [11]. The front, side, elevation and isometric projections of the GE90 engine are shown in Figure 1.

The side projection of the combustion chamber section and nacelle without turbine section are shown in Figure 2.

The side projection of the turbine blade section for 1.5 stage of (rotor-stator-rotor) and nacelle are shown in Figure 3 [11].

The combustion chamber section and nacelle after mesh process are shown in Figure 4. The mesh process was concentrated at the fuel outlet and nozzle in order to obtain better results in the CFD process. [15].

The Turbine blade section for 1.5 stage of (rotor-stator-rotor) after mesh process are shown in Figure 5. The mesh process was applied equally to all parts of the turbine in order to obtain better result in the CFD process.

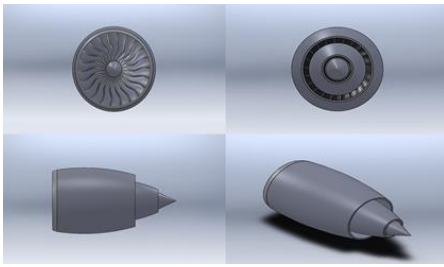


Figure 1. Design of engine nacelle model.

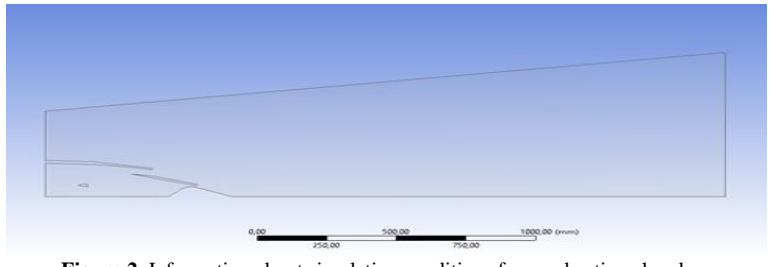


Figure 2. Information about simulation conditions for combustion chamber.

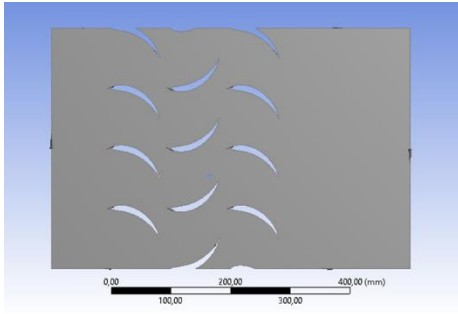


Figure 3. Information about simulation conditions for 1.5 stage turbine blade.

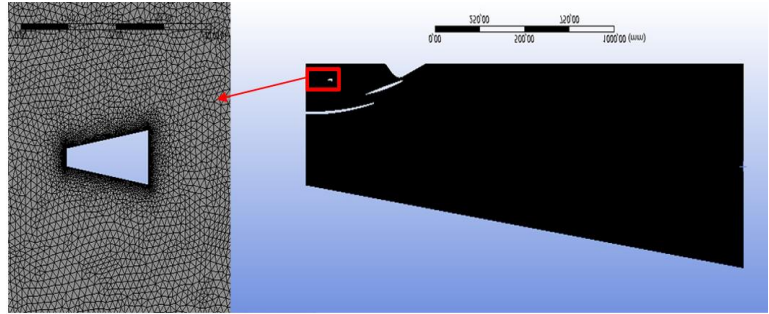


Figure 4. Mesh for combustion chamber.

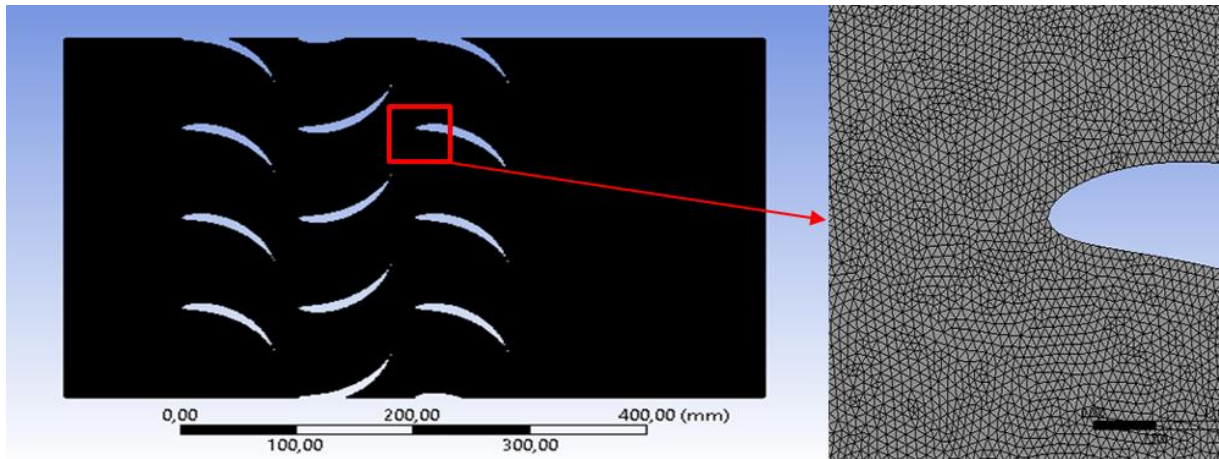


Figure 5. Mesh for turbine blade.

3 Analysis and Result

It's clear that the continuity equation, the energy preservation equation and the momentum conservation equation are the basic equations of the phase of gaseous models. Figure 6 shows the temperature contours of kerosene and oxygen mixture inside a combustion chamber. The high temperature zones are completed faster because kerosene fuel provides the processes of fuel combustion. Because of the progressive evaporation and burning of the used fuel within the combustion chamber in predetermined streams in causes the flame concentration to rise as the fuel amount rises. Moreover, it is known that the peak temperatures of the burning fuel inside the combustion chamber are in the range of 2200-2700 K, and for our model it can be seen that the peak temperatures in the cross-section's length of the combustion chamber are in the range of 1200-2000 K.

It is important to remember that the formula determines the coefficient of the average temperature filed non-uniformity.

$$\delta = \frac{T_{max}-T_{min}}{T_{av}} \quad [16] \quad (1).$$

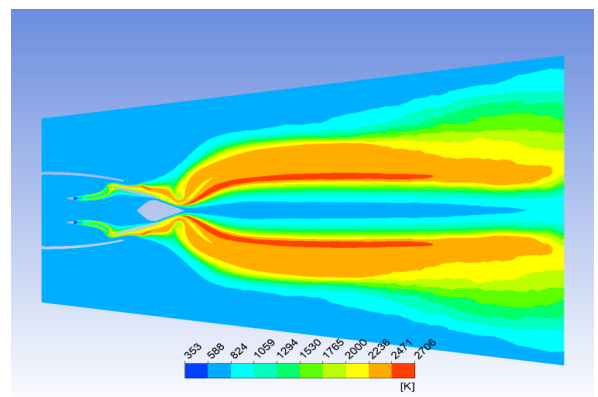


Figure 6. The temperature contour distribution after burning.

Figure 7 shows the distribution of the masses of oxygen and carbon dioxide in the cross-section of the combustion chamber along specific paths. The high amount of oxygen can be observed in local areas located behind the outer swirler, and the proportion of carbon dioxide in the outer swirler has increased in because of the burning fuel.

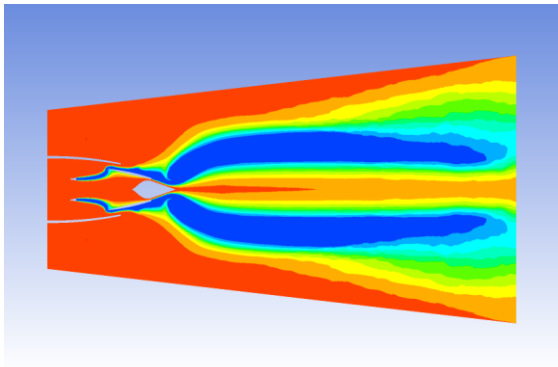


Figure 7. The mass fraction of CO2 and O2.

The pressure distribution in the blade pitch diameter portion at different flow rates is shown in Figure 8. The outcomes of the numerical simulation demonstrate that, regardless of the flow rate, the pressure gradient variation trend in the calculation domain is practically the same. High temperature working fluid arrives from the inlet section and flows through the stator blade, as seen by the image of the pressure distribution cloud. As a result of leaving the rotor blade runner, the working fluid's pressure becomes lower. The rotor blade's working face is under intense pressure, while the non-working face is under minimal strain. The pressure gradient increases as a result of the uneven flow of the working fluid when it enters the rotor blade runner. As soon as the high temperature working fluid exits the stator blade, it rapidly expands. Because the energy loss is lower in accelerated gases flow, the numerical simulation results demonstrate that the working fluid accelerates as it leaves the rotor blade runner. [17].

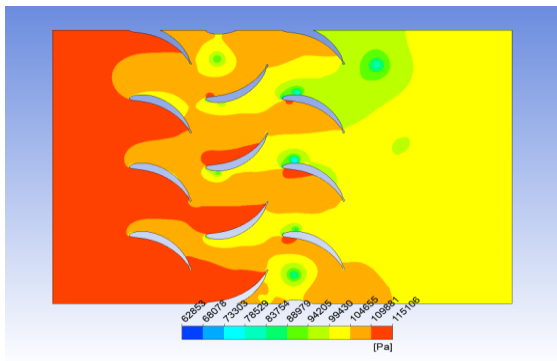


Figure 8. The Pressure for turbine blade.

The flowing fluid flows between the stator blades (stational blades) and the rotor blades (rotation blades). The stator and rotor pitch diameters of the gas turbine are depicted in Figure 9 together with the velocity distribution of the flow field. As seen in the model given in Figure 9, the working fluid enters the stator blade at high temperatures and low velocity. Meanwhile, the carbon particles collide with the fins together with the work fluid. The high velocity working fluid coming out of the stator blade hits the rotor blade, and then some of the working fluids entering the rotor blade runner hit the rotor blades at low speeds. The first blades from the left are stator blades, this stage is called the impulse stage and all the pressure drop in stational blades takes place at this stage, the pressure remains constant in the flow through the

blades. The middle fins are rotor blades, when there is a pressure drop across the stator and rotor blades in the reaction stage, leakage occurs at the tips of the blades, but it is observed in the model that the leaks at the blade tips are controlled.

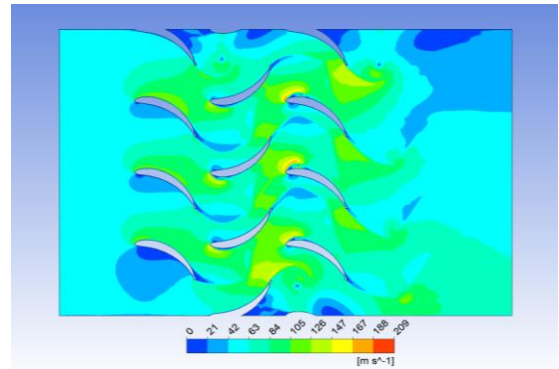


Figure 9. The Velocity for turbine blade.

The distribution of carbon particles in the rotor blade under various flow rate conditions is shown in Figure 10. The carbon particles collide with the rotor blades due to the separate or combined effects of working fluid the turbulence of the high temperature, the inertia forces, the thermophoresis forces, and other factors and the carbon particles flow over the stator blades together with the high temperature working fluid. As highlighted also by G.Liu et al. [18]. the working fluid accelerates with the movement of the stator blade and hits the rotor blade at high velocity but some of the carbon particles by enter the rotor blades runner hit the rotor blades at low speeds and move away from the rotor blades at high velocity with together the high temperature working fluid. It can be observed that the working fluid velocity gradually increases and moves towards higher radius depending on the increase in tangential velocity between turbine stages.

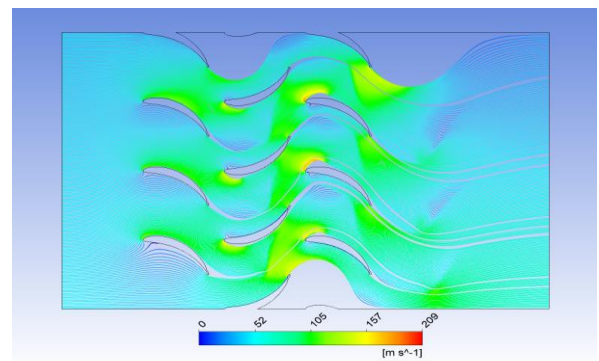


Figure 10. The Streamline for turbine blade.

4 Conclusion

Combustion occurs mostly before the gas reaches the stator's leading edge. Along the stator channel, the hot gases mix with the main flow. The flow variables for steady cases are noted, such as velocity and pressure profiles. Under steady flow conditions, the pressure distribution along the blade passage shows a high pressure over the first blade surface and decreases towards the outlet. At the inlet of each rotor stage, a highly uniform temperature distribution is achieved.

The pressure and velocity behaviors of the working fluids flowing between the stator and rotor blades of the gas turbine were investigated with the numerical analysis. The results obtained here will lead to. After the working fluid enters the stator blades, the pressure of the fluid turns into kinetic energy and does work by striking the rotor blades. At the same time, the carbon particles in the working fluid will increase the wear due to impact. The greatest pressure occurred on the inner surface of the stator blade. In the numerical analysis results, it is seen that there is a significant acceleration when the work fluid flows from the rotor blades and the work fluid at high temperature starts at low velocity. The high temperature working fluid entering the stator expands by converting its heat and pressure energy into kinetic energy.

Acknowledgements

This study is related to the corresponding author's MSc research.

Declaration

Ethics committee approval is not required.

References

- [1] Kerr, C., & Ivey, P. (2002). An overview of the measurement errors associated with gas turbine aeroengine pyrometer systems. *Measurement science and technology*, 13(6), 873.
- [2] Willsch, M., Bosselmann, T., & Theune, N. M. (2004, October). New approaches for the monitoring of gas turbine blades and vanes. In *Sensors*, 2004 IEEE (pp. 20-23). IEEE.
- [3] Horlock, J. H., & Torbidoni, L. (2006). Turbine blade cooling: the blade temperature distribution. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 220(4), 343-353.
- [4] Gao, S., Wang, L., Feng, C., Xiao, Y., & Daniel, K. (2015). Monitoring temperature for gas turbine blade: correction of reflection model. *Optical Engineering*, 54(6), 065102-065102.
- [5] Pullan G (2006). Secondary flows and loss caused by blade row interaction in a turbine stage. *ASME Journal of Turbomachinery* 128:484–491.
- [6] Chaluvadi VSP, Kalfas AI, Hodson HP, Ohyama H and Watanabe E (2003). Blade row interaction in a high-pressure steam turbine. *ASME Journal of Turbomachinery* 125:14–24.
- [7] Serbin, S., Diasamidze, B., Gorbov, V., & Kowalski, J. (2021). Investigations Of the Emission Characteristics Of A Dual-Fuel Gas Turbine Combustion Chamber Operating Simultaneously On Liquid And Gaseous Fuels. *Polish Maritime Research*, 28, 85-95.
- [8] Lei, Z., & Ting, W. (2012). Computational Fluid Dynamics Guided Investigation for Reducing Emissions and Increasing Exergy of the Pyroscrubber in a Petcoke Calcining Facility. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 4(1).
- [9] Shankar, K. S., Ganesh, M., & Kumar, K. S. (2018, December). Combustion Chamber Analysis Using CFD for Operation Condition. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 455, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
- [10] Samarasinghe, T., Abeykoon, C., & Turan, A. (2019). Modelling of heat transfer and fluid flow in the hot section of gas turbines used in power generation: A comprehensive survey. *International Journal of Energy Research*, 43(5), 1647-1669. 2018.
- [11] Babu Ummiti, M., Sitaram, N., & Prasad, B. V. S. S. S. (2009). Computational investigation of effect of axial spacing on blade row interaction in a 1½ stage axial flow turbine. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 3(1), 56-70.
- [12] Zadghaffari, R., Moghaddas, J. S., & Rahimiabar, Z. (2012). Numerical investigation of a burner configuration to minimize pollutant emissions. *APCBEE Procedia*, 3, 177-181.
- [13] Mangra, A. C. (2020, September). Micro gas turbine combustion chamber CFD modelling. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 916, No. 1, p. 012064). IOP Publishing.
- [14] Mehmert, P. (2023). Residual stress analysis and geometrical tolerances in powder bed fusion and direct energy deposition processes. In *Quality Analysis of Additively Manufactured Metals* (pp. 429-486). Elsevier.
- [15] Sharma OP, Pickett GF, Ni RH (1992). Assessment of unsteady flows in turbines. *ASME Journal of Turbomachinery* 114:79–90.
- [16] Benim, A. C., Iqbal, S., Meier, W., Joos, F., & Wiedermann, A. (2017). Numerical investigation of turbulent swirling flames with validation in a gas turbine model combustor. *Applied thermal engineering*, 110, 202-212.
- [17] Fakheri, F., Moghaddas, J., Zadghaffari, R., & Moghaddas, Y. (2012). Application of central composite rotatable design for mixing time analysis in mechanically agitated vessels. *Chemical engineering & technology*, 35(2), 353-361.
- [18] Liu, G., Sun, S., Liang, K., Yang, X., An, D., Wen, Q., & Ren, X. (2021). Simulation study on the effect of flue gas on flow field and rotor stress in gas turbines. *Energies*, 14(19), 6135.



OPTIMIZATION OF CUTTING PARAMETERS IN MILLING OF FLAX FIBER REINFORCED COMPOSITE BY FULL FACTORIAL DESIGN AND TOPSIS METHOD

Mehmet Suat Alp^{*1}, Yahya Hışman elik¹, Erol Kılıřkap², Ahmet Yardımeden²

¹Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye

²Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Abstract

Original scientific paper

In this study, in the milling of flax fiber reinforced polymer composites using high speed steel (HSS) and tungsten carbide (WC) cutting tools, with a rotational speed of 2500 and 7500 rpm and feed rates of 0.01 and 0.02 mm/rev, the effects of rotational speed, feed rate and cutting tool type on cutting force, deformation factor and surface roughness were analyzed with full factorial experimental design, and technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS). As a result of the experiments, the optimum cutting parameter was obtained from the high rotational speed and low feed rate value of the WC cutting tool. It was observed that the most important factor among the cutting parameters is the rotation speed, then the cutting tool type and feed rate, respectively.

Keywords: Delamination factor, cutting force, surface roughness.

KETEN FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİTİN FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN TAM FAKTÖRİYEL TASARIM VE TOPSİS YÖNTEMİYLE OPTİMİZASYONU

Özet

Orjinal bilimsel makale

Bu çalışmada, keten fiber takviyeli polimer kompozitlerin yüksek hız çeliği (HSS) ve tungsten karbür (WC) kesici takımlar kullanılarak 2500 ve 7500 dev/dak devir sayısı ile 0,01 ve 0,02 mm/dev ilerleme değerlerinde frezelenmesinde; devir sayısı, ilerleme ve kesici takım cinsinin kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri tam faktöriyel deney tasarımı ve ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama performansı tekniği (TOPSIS) ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda; optimum kesme parametresi WC kesici takımın yüksek devir sayısı ve düşük ilerleme değerinden elde edilmiştir. Kesme parametrelerinden en önemli faktörün devir sayısı daha sonra sırasıyla kesici takım cinsi ve ilerleme olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deformasyon faktörü, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü.

1 Giriş

Bitki esaslı doğal fiberlerin kompozit malzemelerde takviye elemanı olarak kullanımı, çevresel etkileri azalttığından ve döngüsel ekonomi ile sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunduğundan dolayı ön plana çıkmaktadır [1].

Doğal fiberlerin karakteristik özellikleri özellikle sentetik cam fiberlere yakın olduğundan dolayı doğal fiber takviyeli kompozitler, cam fiber takviyeli kompozitlere alternatif olmuş ve endüstriyel uygulamalarda yerini almıştır [2].

Doğal fiber takviyeli kompozitler, el yatırması, basınç altında kalıplama ve vakum altında kalıplama gibi yöntemler kullanılarak nihai forma yakın üretilmelerine [3,4] rağmen, montaj hattında fonksiyonel özelliklerini

karşılaması için talaşlı olarak işlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. elik ve Alp (2020), jüt ve keten fiber takviyeli kompozitlerin farklı kesici takımlarla frezelenmesinde, kesme derinliği, ilerleme ve devir sayısının kesme kuvveti, titreşim, yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü üzerine etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Kesici takım sertliğinin ve rijitliğinin titreşim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, artan ilerlemenin kesme kuvvetini, yüzey pürüzlülüğünü ve deformasyon faktörünü arttırdığını, artan devir sayısının kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülük değerini düşürdüğünü, ancak deformasyon faktörünü arttırdığını ve jüt fiber takviyeli kompozitlere kıyasla keten fiber takviyeli kompozitlerin daha düşük yüzey kalitesine ve daha yüksek deformasyon faktörüne sahip olduğunu belirtmişlerdir [5]. John ve ark. (2021), jüt, kenaf ve pirinç kabuğu takviyeli

*Corresponding author.

E-mail address: msuat.alp@batman.edu.tr (M. S. Alp)

Received 23 May 2022; Received in revised form 06 October 2023; Accepted 27 March 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1120136>

kompozitlerin frezelenmesinde, yüzey kalitesi üzerine işleme parametrelerinin etkisini incelemişlerdir. Kenaf fiber takviyeli kompozitlerde daha düşük deformasyon faktörü ve daha iyi yüzey kalitesi elde edildiğini ifade etmişlerdir [6]. Çelik ve ark. (2019), farklı oryantasyon açılara sahip jüt takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde; freze çakısı ağız sayısının artmasıyla kesme kuvvetinin ve yüzey pürüzlülük değerinin azaldığını ancak deformasyon faktörünün arttığını belirtmişlerdir. En düşük kesme kuvvetini $\pm 45^\circ$ oryantasyon açılı kompozitten ve en düşük yüzey pürüzlülük değerini ve deformasyon faktörünü ise $0/90^\circ$ oryantasyon açılı kompozitten elde edildiğini, oryantasyon açısına bağlı oluşan farklılığın kompozitlerin çekme dayanımı ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır [7]. Benzer olarak Chegdani ve ark. (2017) fiber malzemesinin karakteristik özelliği ve ilerlemenin işlenmiş yüzey pürüzlülüğüne katkı oranının, kompozit içindeki doğal lif yapısının mekanik özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir [8]. Ancak Chegdani ve ark. (2020), fiber oryantasyon açısının 45° olduğu kompozitlerde, verimli bir fiber kesmenin meydana geldiğini ve dolayısıyla daha düşük yüzey pürüzlülük değerinin ve iyi bir işlenebilirliğin sağlandığını belirtmiştir [1].

Doğal fiber takviyeli kompozitlerin işleme performansı, doğal liflerin karmaşık selülozik yapısından [9], matris, takviye elemanı, fiber/matrisin oluşturduğu bağ, üretim yöntemi, tezgâhın rijitliği ve kesme parametrelerinden etkilenmektedir [10]. Bu yüzden optimizasyon yöntemleri kullanılarak analizlerin yapılması ön plana çıkmaktadır. Tran ve ark. (2020), yeni bir hibrit biyokompozitin delinmesinde, kesme parametrelerinin ve matkap ucu çapının itme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, spesifik kesme enerjisi ve toz emisyonu üzerindeki etkisini optimize etmek için tam faktöriyel bir tasarım kullanmıştır [11]. Azmi ve ark. (2021), kenaf elyaf takviyeli kompozitin işlenmesi sırasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü üzerindeki etkisini optimize etmek için yanıt yüzey yöntemini kullanmıştır [12]. Shagwira ve ark. (2021), kesme hızının, ilerleme hızının ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini Taguchi yöntemi ile optimize etmişlerdir [13]. Rajendran ve ark (2021), jüt fiber takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, talaş kaldırma oranı ve takım aşınması üzerindeki performansı gri ilişkiler analizini ile gerçekleştirilmiştir [14]. Farklı doğal fiber takviyeli kompozitlerin işlenmesinde kesme parametrelerinin optimizasyonu Taguchi yöntemi [15], merkezi kompozit tasarım [16,17], genetik algoritma [18] ve ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama performansı tekniği (TOPSIS) [19] gibi yöntemlerle

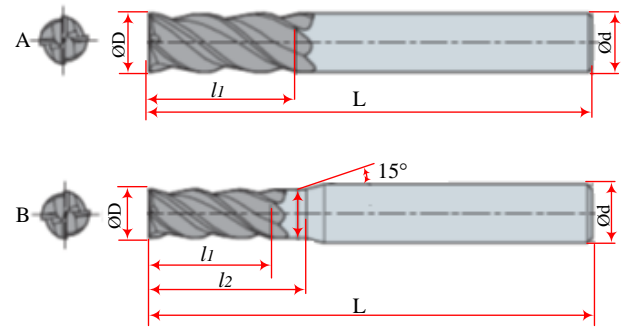
yapılarak optimum kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, deformasyon faktörünün hangi parametrelerden elde edildiği analiz edilmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; keten fiber takviyeli polimer kompozitlerin frezelenmesinde, kesici takım cinsi, devir sayısı ve ilerlemenin kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini içeren çalışmaların olduğu görülmüştür, ancak tam faktöriyel deney tasarımı ve TOPSIS yöntemini formülize edip deneysel olarak ele alan makalelerin eksikliği gözlemlendiğinden bu çalışmada, keten fiber takviyeli polimer kompozitin frezelenmesinde, kesici takım cinsi, devir sayısı ve ilerlemenin kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri tam faktöriyel deney tasarımı ve TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu bağlamda kesme parametrelerinin önem sırasına göre tespit edilmesi ve optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada doğal fiber takviyeli kompozitler vakum infüzyon yöntemi ile üretilmiştir. Üretim için takviye elemanı olarak keten fiber, matris malzemesi olarak Propox marka RIMR300 epoksi ve RIMH300 sertleştirici tercih edilmiştir. Epoksi reçine ve sertleştirici için üretici tarafından önerilen 2/1 karışımı sağlanmıştır. Tercih edilen keten fiberin yoğunluğu $1,4-1,5 \text{ g/cm}^3$, çekme dayanımı $320-800 \text{ MPa}$ gerilim modülü $27,6-103 \text{ GPa}$ ve uzama oranı $\%1,2-4,6$ 'dır. Üretilen kompozit malzeme 12 tabaka olup, $0/90^\circ$ oryantasyon açısına sahip ve kalınlığı 10 mm 'dir. Deney malzemesinin çekme dayanımı 49 MPa ve eğilme dayanımı 60 MPa 'dır.

Frezeleme deneyleri, çapı 4 mm olan yüksek hız çeliği (HSS) ve sert karbür (WC) parmak freze kesici takımlarla yapılmıştır. Kullanılan parmak freze takımlarının şematik görüntüsü Şekil 1'de, boyutları ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Parmak freze takımlarının şematik gösterimi
A)WC, B) HSS.

Tablo 1. Parmak freze takımlarının boyutları.

Parmak Freze	Tip	ØD (mm)	Ød (mm)	l_1 (mm)	l_2 (mm)	L (mm)
WC	A	4	4	9	12	50
HSS	B	4	6	9	12	50

Devir sayısı ve ilerleme parametreleri literatür çalışması, CNC tezgâhı ve takım uçlarının mekanik yapıları ve ön deney gözlemleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Her bir deney parametresi (faktör) için

düşük ve yüksek olmak üzere 2 seviye belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan faktörler ve seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

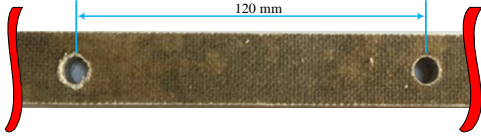
Tablo 2. Faktörler ve seviyeleri.

Faktörler (k)	Birim	Sembol	Seviyeleri	
			Düşük (-)	Yüksek (+)
Devir sayısı	dev/dak	<i>n</i>	2500	7500
İlerleme	mm/dak	<i>u</i>	0,01	0,02
Kesici takım cinsi		<i>T</i>	HSS	WC

Deneyler, 2k tam faktöriyel deney tasarımına göre Tablo 2’de verilen parametrelerin kombinasyonu doğrultusunda 3 tekrarlı yapılmıştır.

Frezeleme deneyleri için 20 mm genişliğinde ve 200 mm uzunluğunda kesilen keten fiber takviyeli polimer kompozit, Şekil 2’de verilen ve merkez uzaklığı 120 mm olacak şekilde delinen yüzeylerden Kistler marka 9257B model kuvvet ölçüm cihazına (Dinamometreye) sabitlenmiştir. Kistler 9257B dinamometreden gelen sinyaller, çok kanallı amplifikatör olan Kistler 5070-A ile bilgisayara aktarılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi ve gerekli grafiklere dönüştürülmesi için Kistler DynoWare 2825A yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım programı frezeleme esnasında oluşan F_x , F_y ve F_z doğrultusundaki ilerleme, eksenel ve radyal kuvveti vermiştir. Denklem 1’deki formül kullanılarak kesme kuvveti (F_K) hesaplanmıştır.

$$F_K = \sqrt{F_X^2 + F_Y^2 + F_Z^2} \quad (1)$$

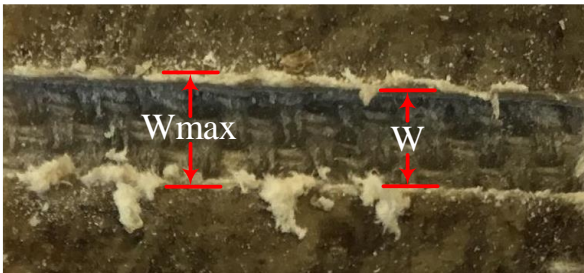

Şekil 2. Kompozitlerin cihaza sabitlenmesi için delinen delikler.

Frezelenen kanal civarında oluşan deformasyonu ölçmek için Nikon Epiphot 200 model optik bir mikroskop kullanılmıştır. Denklem 2 kullanılarak deformasyon faktörü (F_d) hesaplandı.

$$F_d = W_{maks}/W \quad (2)$$

Burada; W_{maks} : frezelenen kanalda hasara uğramış maksimum kesit, W : frezelenen kanalın nominal genişliğidir.

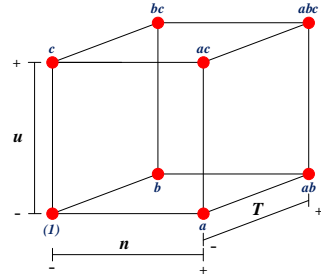
Frezelenen kompozitlerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için Time marka TR200 model dijital göstergeli ve mekanik iğneli yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Time TR200 yüzey pürüzlülük cihazının ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) ölçüm aralığı 0,01-40 μm 'dir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a), frezelenen yüzeylere paralel olarak ölçülmüştür. Ölçümler üç kez tekrarlanmış olup üçünün ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır.


Şekil 3. Frezelenen kompozitte oluşan deformasyon.

3 Faktöriyel Deney Tasarımı

Deney kombinasyonundan elde edilen değerler Minitab programında tam faktöriyel deney tasarımı ile analiz edilmiştir. Tasarımda 3 faktör ve her bir faktöre ait düşük ve yüksek olmak üzere 2 seviye kullanılmıştır. Tam faktöriyel deney tasarımı ile kesici takım cinsinin (T), devir sayısının (n) ve ilerlemenin (u) kesme kuvveti (F_K), deformasyon faktörü (F_d) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) üzerine etkileri araştırılmış ve ANOVA ile sonuçlar irdelenmiştir.

Analizler, Şekil 4’te küp çizim üzerinde gösterilen sembollerin denklemlerde yerine yazılmasıyla gerçekleştirilmektedir.


Şekil 4. 3 faktör ve 2 seviyeli tasarımın küp çizimi.

$$\text{Faktör Etkisi} = \text{Kontrast}/(r2^{k-1}) \quad (3)$$

Bağıntısı ile hesaplanır [20]. Burada r , deney tekrar sayısı ve k ise faktör sayısıdır. Faktör sayısı 3 olduğundan;

$$\text{Faktör Etkisi} = \text{Kontrast}/4r \quad (4)$$

olur. Dolayısıyla her bir faktörün etkisi hesaplanabilir. Örneğin n faktörünün (devir sayısının) etkisi;

$$n = \text{Kontrast}_n/4r \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. Diğer faktörlerin etkisi de aynı formül kullanılarak hesaplanır. Burada değişen kontrast değerleridir. n , T , u , nT , nu , Tu ve nTu faktörlerinin kontrastı denklem 6-12’deki gibi olur.

$$\text{Kontrast}_n = a + ab + ac + abc - b - c - bc - (1) \quad (6)$$

$$\text{Kontrast}_T = b + ab + bc + abc - a - c - ac - (1) \quad (7)$$

$$\text{Kontrast}_u = c + ac + bc + abc - a - b - ab - (1) \quad (8)$$

$$\text{Kontrast}_{nT} = ab + (1) + abc + c - b - a - bc - ac \quad (9)$$

$$\text{Kontrast}_{nu} = ac + (1) + abc + b - a - c - ab - bc \quad (10)$$

$$\text{Kontrast}_{Tu} = bc + (1) + abc + a - b - c - ab - ac \quad (11)$$

$$\text{Kontrast}_{nTu} = abc - bc - ac + c - ab + b + a - (1) \quad (12)$$

Burada; (1): n, u ve T'nin düşük, a: n'nin yüksek, u ve T'nin düşük, b: T'nin yüksek, n ve u'nun düşük, c: u'nun yüksek, n ve T'nin düşük, ab: u'nun düşük, n ve T'nin yüksek, ac: T'nin düşük, n ve u'nun yüksek, bc: n'nin düşük, T ve u'nun yüksek, abc: n, u ve T'nin yüksek deney seviyelerinden elde edilen toplam tekrarlanmış deney sonuçlarıdır.

Her bir etki için kareler toplamının (SS) hesaplanması;

$$SS = Kontrast^2 / r2^k \quad (13)$$

dır. Faktör sayısı 3 olduğundan denklem 13, denklem 14 şeklinde yazılır.

$$SS = Kontrast^2 / r2^3 \quad (14)$$

n faktörünün kareler toplamı;

$$SS_n = (Kontrast_n)^2 / 8r \quad (15)$$

şeklinde hesaplanır ve diğer faktörlerin kareler toplamı da aynı formül kullanılarak hesaplanır. Toplam kareler toplamı (SS_T), denklem 16'daki gibi olur.

$$SS_T = SS_n + SS_T + SS_u + SS_{nT} + SS_{nu} + SS_{Tu} + SS_{nTu} + SS_E \quad (16)$$

SS_E : Toplam kareler toplamındaki hatadır. Serbestlik Derecesi (DF), Model (DF_M), hata (DF_E) ve toplam (DF_T) için denklem 17-19'deki gibi olur.

$$DF_M = D_S - 1 \quad (17)$$

$$DF_E = D_S x r - D_S \quad (18)$$

$$DF_T = D_S x r - 1 \quad (19)$$

Burada D_S , deney sayısıdır. Her bir faktörün ortalama karesi (MS), o faktörün kareler toplamının serbestlik derecesine bölümüyle elde edilir (Denklem 20).

$$MS = \frac{SS}{DF} \quad (20)$$

F değeri, katkı oranı ve determinasyon katsayısı ise sırasıyla denklem 21-23'teki gibi hesaplanır.

$$F = \frac{MS}{MS_E} \quad (21)$$

$$Katkı = \frac{SS}{SS_T} \quad (22)$$

$$R^2 = \frac{SS_M}{SS_T} \quad (23)$$

Burada, MS_E : ortalama kare hatası, SS_M : modelin toplam kareler toplamıdır. Düzeltilmiş regresyon denklemi;

$$R_{Adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{D_S * r - 1}{D_S * r - DF_M - 1} \quad (24)$$

dir. Varyans analizi sonucu elde edilen tahmin model denklem 25'teki gibi yazılır.

$$y = \beta_0 + \beta_1 n + \beta_2 T + \beta_3 u + \beta_{12} nT + \beta_{13} nu + \beta_{23} Tu + \beta_{123} nTu \quad (25)$$

β_0 regresyon katsayısıdır, deneyler ile elde edilen tüm gözlem değerlerinin ortalamasıdır. Diğer β_1 , β_2 ve β_3 gibi regresyon katsayıları, faktör etkileri ve faktörler arası etkileşimin etkisi kullanılarak hesaplanmaktadır [20].

4 TOPSIS Yöntemi

Deneysel sonuçlardan elde edilen veriler ışığında optimum kesme parametreleri, çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama performansı tekniği (TOPSIS) ile analiz edilmiştir. 1995 yılında formülize edilen TOPSIS yaklaşımı [21], seçilen seçeneğin pozitif ideal çözüme minimum mesafenin yanı sıra negatif ideal çözüme maksimum mesafeye sahip olması gerektiği planı üzerine kurulmuştur. Bu bağlamda, deneysel sonuçlardan elde edilen ortalama değerlere göre işlemler yapılmış olup, TOPSIS yöntemi için kullanılan eşitlikler denklem 26-32'da verilmiştir [22,23].

$$R_{ij} = X_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2} \quad (26)$$

Burada $i=1 \dots m$ ve $j=1 \dots n$ 'e kadar olan X faktörüne ait j. deneyin i. gerçek değerlerini temsil eder (X_{ij}). R_{ij} ise normalize edilmiş değerdir.

Ağırlıklar (W_i), normalize edilmiş değerlerle çarpılarak ağırlıklı normalize veriler (V_{ij}) hesaplanır. Ancak her bir çıkış için verilen ağırlıkların toplamı 1 değerini geçmemelidir.

$$V_{ij} = R_{ij} x W_i \quad (27)$$

Elde edilen verilere bağlı iyiye en yakın (V^+) ve kötüye en uzak (V^-) değerler belirlenerek En iyiden ve en kötüden öklid uzaklıkları hesaplanır.

$$V^+ = (V_1^+, V_1^+, \dots, \dots, V_n^+) \quad (28)$$

$$V^- = (V_1^-, V_1^-, \dots, \dots, V_n^-) \quad (29)$$

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (30)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (31)$$

Elde edilen değerlerden performans puanına göre büyükten küçüğe göre sıralama yapılır. Elde edilen en büyük değer optimumu verir.

$$CC_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad (32)$$

5 Sonuçlar ve Tartışma

Talaşlı imalat yöntemlerinde, üretim esnasında kesici takım ile iş parçası temas halinde oldukları için iş parçası ve takım arasında sürtünme meydana gelmektedir.

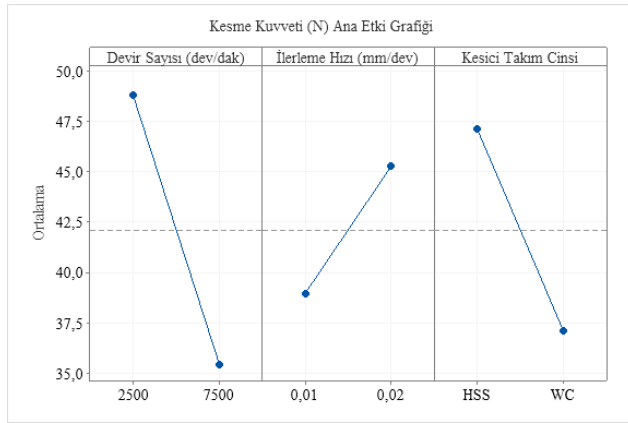
Sürtünme; kesici takım geometrisi, kesme hızı, ilerleme, iş parçası ve kesici takım malzemeleri gibi parametrelerden etkilenmektedir. Bu parametrelerin yanlış seçimi, kesici takıma gelen kuvvetlerin artmasına sebebiyet vererek işlenmiş yüzeyin kalitesini kötüleştirmektedir. Keten fiber takviyeli kompozitlerin farklı parametrelerde frezelenmesinin kesme kuvveti,

deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmış. Kesme parametrelerinin kombinasyonuna bağlı olarak deney sayısı sekizdir. Ancak her bir deney üç tekrarlı yapılmıştır. Tekrarlanmış deneysel sonuçlardan elde edilen veriler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Farklı parametrelerde frezelenen kompozitlerden elde edilen sonuçlar.

Deney No	T	n	u	Sembol	F_K			F_d			R_a		
					r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3	r_1	r_2	r_3
1	HSS	2500	0,01	(1)	51,68	52,14	52,84	1,045	1,053	1,061	6,25	6,34	6,37
2		2500	0,02	c	55,42	55,64	57,60	1,065	1,066	1,070	6,34	6,39	6,62
3		7500	0,01	a	36,02	37,84	39,15	1,075	1,083	1,100	5,76	5,79	5,97
4		7500	0,02	ac	41,95	42,40	42,85	1,089	1,095	1,110	5,96	6,10	6,18
5	WC	2500	0,01	b	35,96	36,11	36,50	1,023	1,024	1,025	5,74	5,89	5,95
6		2500	0,02	bc	49,62	50,55	51,42	1,040	1,042	1,047	5,99	6,21	6,31
7		7500	0,01	ab	28,55	29,05	31,71	1,047	1,055	1,054	4,89	5,06	5,11
8		7500	0,02	abc	31,58	32,01	32,05	1,069	1,072	1,075	5,21	5,35	5,73

Deney sonuçları Minitab programında tam faktöriyel deney tasarımı ile modellendiği zaman kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü için elde edilen ortalama ana etki grafikleri sırasıyla Şekil 5-7'deki gibi oluşmuştur.

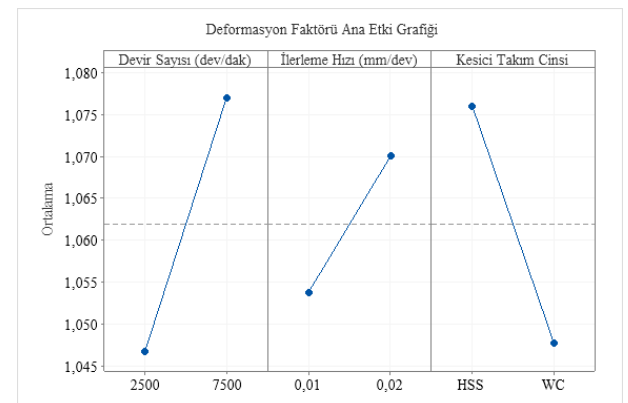


Şekil 5. Kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerine etkileri.

Şekil 5'te, kesme kuvvetinin artan devir sayısı ile azaldığı, artan ilerleme ile arttığı görülmektedir. Ayrıca WC kesici takımlardan elde edilen kesme kuvvetleri, HSS kesici takımlarından daha düşük elde edilmiştir. Devir sayısındaki artış, sürtünmeden dolayı daha yüksek ısı oluşumuna neden olmaktadır. Yüksek ısı, kesme bölgesinde matris malzemesinin yumuşamasına neden olduğu için kesme kuvvetinin düşmesine yol açmıştır. Öte yandan artan ilerleme, birim zamanda kaldırılan talaş hacmini artırır. Bu artış kesme kuvveti üzerinde dinamik bir etki oluşturarak kesme kuvvetini yükseltmiştir [24]. WC takımlarla frezelenen kompozitlerde düşük sürtünme katsayısının oluşması, kesme kuvvetlerinin düşük olarak elde edilmesini sağlarken; HSS takımlarla frezelenen kompozitlerde daha yüksek sürtünme katsayısının oluşması, takımın ilerlemesini zorlaştırarak kesme kuvvetini arttırmıştır. Chegđani ve Mansori (2019), keten fiber takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde ilerleme kuvvetinin elde ettiğimiz sonuçlara paralel olarak artan ilerleme ile arttığını, ancak yaptığımız çalışmanın aksine artan kesme hızıyla da arttığını belirtmişlerdir. Bu durumun işleme esnasında oluşan sürtünme katsayısı ile

ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir [25]. Ellenberger ve ark. (2021) da benzer sonuçları elde etmişlerdir. Ancak onlar, deneysel çalışmalarda kesme hızlarını oldukça yüksek tutmuşlardır [26].

Şekil 6'daki deformasyon faktörü grafiğinden görüldüğü gibi frezeleme işleminde artan ilerleme ile deformasyon faktörü artmıştır. Bu artış, kesici takımın fiberi kesecek zaman bulamamasından ve ayrıca Şekil 5'te görüldüğü gibi artan ilerleme ile oluşan yüksek kesme kuvvetinin, kesilemeyen fiberleri kanalın dış yüzeyine doğru iterek koparmasından kaynaklanmaktadır. Deformasyon faktöründeki artış yüksek dönme devirlerinde de gözlemlenmiştir. Buradaki artış ise sürtünmeden kaynaklı oluşan ısının matrisi yumuşatmasından ve matris ile fiber arasındaki bağın zayıflamasındandır. Kesici takım açısından deformasyon faktörü değerlendirildiğinde ise daha düşük kesme kuvvetinin elde edildiği WC takımlarda deformasyon faktörü de düşük elde edilmiştir. Babu ve ark. (2013), doğal fiber takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde, fiber cinsinin, ilerlemenin ve kesme hızının deformasyon faktörü üzerine etkilerini analiz etmişlerdir. Fiber cinsine bağlı olarak deformasyon faktörünün değişiklik gösterdiğini, kesme hızı arttıkça deformasyon faktörünün azaldığını ve ilerleme arttıkça deformasyon faktörünün arttığını belirtmişlerdir. Düşük bir deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülük değeri için yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme değerlerin kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır [27].

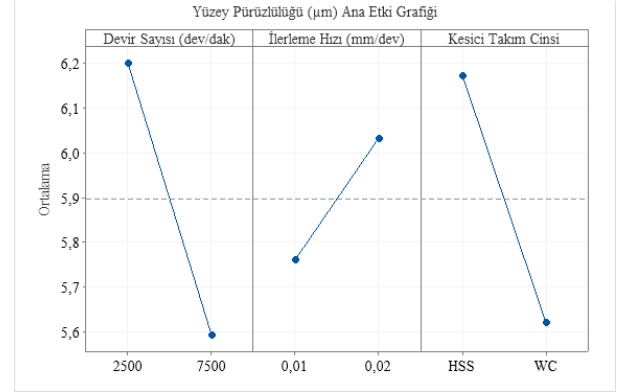


Şekil 6. Kesme parametrelerinin deformasyon faktörü üzerine etkileri.

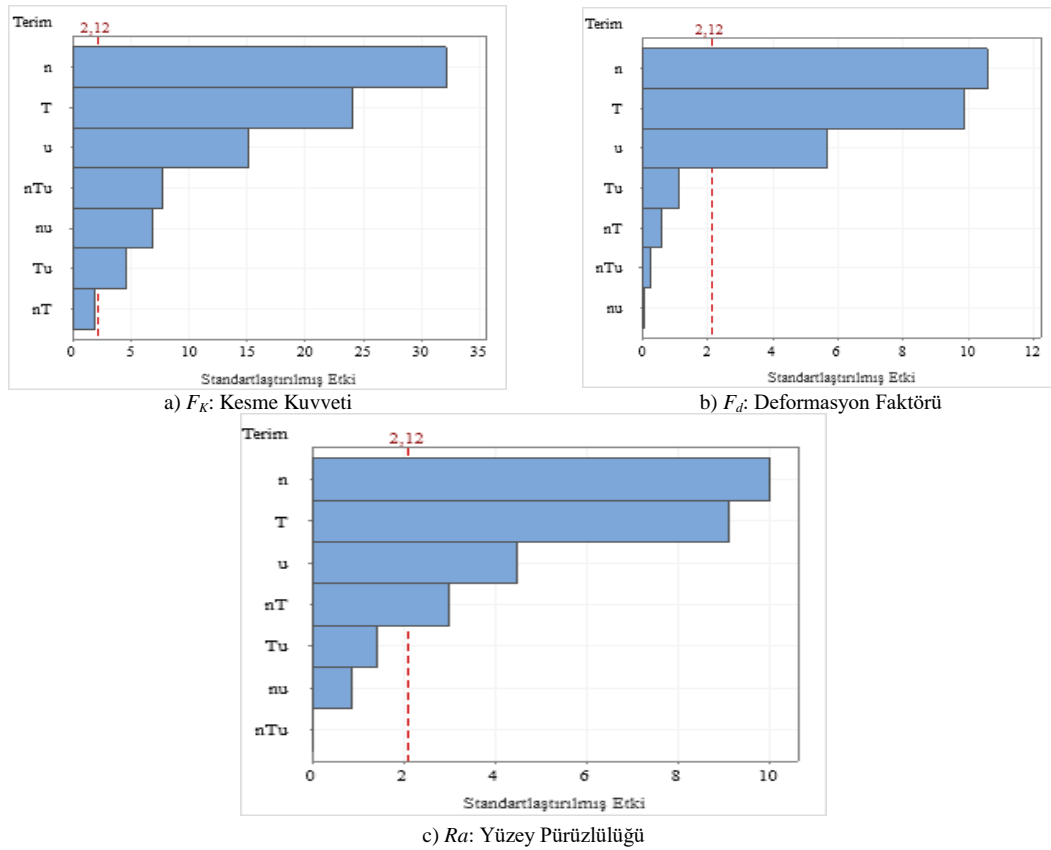
Şekil 7’de, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etki grafiği Şekil 5’te verilen kesme kuvveti gibi benzer eğilim sergilemiştir. Düşük devir sayısı ve yüksek ilerleme yüzey pürüzlülük değerini arttırmıştır. Kesme kuvveti ve deformasyon faktöründe olduğu gibi WC kesici takımında daha iyi yüzey pürüzlülük sonuçları elde edilmiştir. Geleneksel malzemelere göre fiber takviyeli polimer kompozitlerde, yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıkması, kesici takımın kesme işleminin her anında farklı elyaf açıları ile karşılaşmasından ve buna bağlı olarak frezelenen yüzeylerde elyaf kopması, uzaması ve bükülmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak Chegiani ve ark. (2020), farklı oryantasyon açıları ile ürettikleri keten fiber takviyeli kompozitlerin ortogonal kesme işleminde, oryantasyon açısının yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu, kesme hızının ve dolayısıyla devir sayısının artmasıyla oryantasyon açısına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün artıp veya azalabileceğini belirtmiştir [1]. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda ise Davim ve ark. (2009), ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülük değerinin arttığını, devir sayısı arttıkça azaldığını belirtmişlerdir [28]. Azmi ve ark. (2016) ise yüzey pürüzlülük üzerine en etkili kesme parametresinin

ilerleme olduğunu, kesme hızının ve talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük üzerinde önemli bir etki sergilemediğini ve iyi bir yüzey kalitesi için düşük ilerleme değerinin seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir [29].

Devir sayısı (n), ilerleme (u) ve kesici takım (T) faktörlerinin ve bu faktörlerin etkileşim sonuçlarının kesme kuvveti (F_K), deformasyon faktörü (F_d) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) üzerindeki standartlaştırılmış etkilerinin Pareto grafiği Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 7. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri.



n : Devir sayısı (dev/dak), T : Kesici takım cinsi, u : İlerleme (mm/dev)

Şekil 8. Kesme parametrelerinin sonuçlar üzerindeki standartlaştırılmış Pareto grafikleri ($\alpha=0,05$).

Şekil 8’de verilen Pareto grafiğinde, kesme kuvveti için hem faktörler hem de faktörler arası etkileşim kesme kuvveti için önem arz etmektedir. Devir sayısı ve kesici takım etkileşimi (nT) Pareto çizgisinin altında kalarak kesme kuvveti üzerinde önemsiz bir etki sergilemiştir. Deformasyon faktörü için faktörler Pareto çizgisi üzerinde ve faktörler arası etkileşim 2,12 çizgisi altında kalmıştır. Sadece devir sayısı, ilerleme ve kesici takım cinsi

deformasyon faktörü üzerinde önem taşımıştır. Yüzey pürüzlülüğünde ise faktörler ve kesme kuvvetinde göz ardı edilebilen devir sayısı ve kesici takım etkileşimi (nT) Pareto çizgisinin üzerine çıkmıştır. Her ne kadar kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünde faktörler arası etkileşim Pareto çizgisinin üzerine çıksa da % katkıları oldukça düşük görülmektedir. Bunların % olarak değerleri Tablo 4-6’da verilmiştir.

Tablo 4. Kesme kuvveti (F_K) için faktörlerin ve etkileşimlerinin ANOVA sonuçları.

Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P-Değeri	% Katkı
Model	7	2051,92	293,13	282,67	0,000	99,20
Doğrusal	3	1912,91	637,64	614,88	0,000	92,48
n	1	1070,94	1070,94	1032,71	0,000	51,77
u	1	237,76	237,76	229,28	0,000	11,49
T	1	604,21	604,21	582,64	0,000	29,21
2 Yönlü Etkileşimler	3	76,03	25,34	24,44	0,000	3,68
n*u (nu)	1	49,59	49,59	47,82	0,000	2,40
n*T (nT)	1	4,08	4,08	3,94	0,065	0,20
T*u (Tu)	1	22,35	22,35	21,55	0,000	1,08
3 Yönlü Etkileşimler	1	62,99	62,99	60,74	0,000	3,04
n*T*u (nTu)	1	62,99	62,99	60,74	0,000	3,04
Hata	16	16,59	1,04			0,80
Toplam	23	2068,51				100,00

S 1,01834; R-Sq %99,20; R-sq(Adj) %98,85; R-Sq(Prep) %98,20

Tablo 5. Deformasyon faktörü (F_d) için faktörlerin ve etkileşimlerinin ANOVA sonuçları.

Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P-Değeri	% Katkı
Model	7	0,011949	0,001707	34,75	0,000	93,83
Doğrusal	3	0,011863	0,003954	80,50	0,000	93,16
n	1	0,005490	0,005490	111,76	0,000	43,11
u	1	0,001584	0,001584	32,25	0,000	12,44
T	1	0,004788	0,004788	97,47	0,000	37,60
2 Yönlü Etkileşimler	3	0,000082	0,000027	0,56	0,651	0,64
n*u (nu)	1	0,000000	0,000000	0,01	0,931	0,00
n*T (nT)	1	0,000018	0,000018	0,37	0,549	0,14
T*u (Tu)	1	0,000063	0,000063	1,29	0,273	0,50
3 Yönlü Etkileşimler	1	0,000003	0,000003	0,07	0,797	0,03
n*T*u (nTu)	1	0,000003	0,000003	0,07	0,797	0,03
Hata	16	0,000786	0,000049			6,17
Toplam	23	0,012735				100,00

S 0,0070089; R-Sq %93,83; R-sq(Adj) %91,13; R-Sq(Prep) %86,11

Tablo 6. Yüzey pürüzlülüğü (R_a) için faktörlerin ve etkileşimlerinin ANOVA sonuçları.

Kaynak	DF	Adj SS	Adj MS	F-Değeri	P-Değeri	% Katkı
Model	7	4,75376	0,67911	30,92	0,000	93,12
Doğrusal	3	4,49141	1,49714	68,17	0,000	87,98
n	1	2,21434	2,21434	100,82	0,000	43,37
u	1	0,44554	0,44554	20,29	0,000	8,73
T	1	1,83154	1,83154	83,39	0,000	35,88
2 Yönlü Etkileşimler	3	0,26231	0,08744	3,98	0,027	5,14
n*u (nu)	1	0,01654	0,01654	0,75	0,398	0,32
n*T (nT)	1	0,19984	0,19984	9,10	0,008	3,91
T*u (Tu)	1	0,04594	0,04594	2,09	0,167	0,90
3 Yönlü Etkileşimler	1	0,00004	0,00004	0,00	0,968	0,00
n*T*u (nTu)	1	0,00004	0,00004	0,00	0,968	0,00
Hata	16	0,35140	0,02196			6,88
Toplam	23	5,10516				100,00

S 0,148198; R-Sq %93,12; R-sq(Adj) %90,11; R-Sq(Prep) %84,51

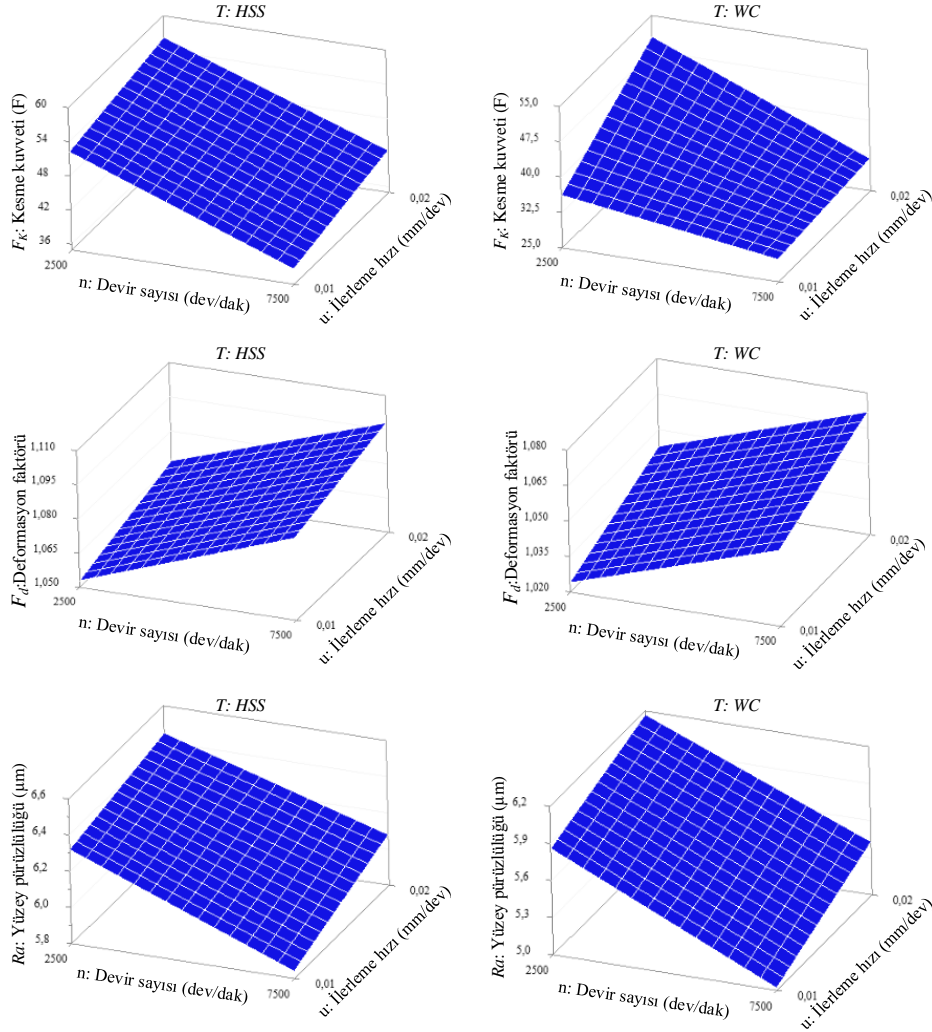
Tablo 4-6'daki ANOVA sonuçları, denklem 1-24'te verilen eşitliklerle hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak Pareto grafiğinin açıklamasında da değinildiği gibi faktörlerin % katkısı, faktörler arası etkileşimden oldukça yüksek meydana gelmiştir. Kesme kuvveti (F_K), deformasyon faktörü (F_d) ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) için en büyük katkıya sahip faktör devir sayısı olmuştur. Bunu sırasıyla kesici takım cinsi ve ilerleme takip etmiştir. İlerleme katkı değerinin düşük elde edilmesinin muhtemel nedeni, deneysel çalışmada

değerlerinin oldukça düşük tutulmasından kaynaklanmaktadır. F_K , F_d ve R_a için regresyon katsayı değerleri R^2 sırasıyla 0.9920, 0.9383 ve 0.9312 olarak elde edilmiştir. Bu faktörlerin düzeltilmiş regresyon katsayıları 0.9885, 0.9113 ve 0.9011 iken tahmini regresyon katsayıları 0.9820, 0.8611 ve 0.8451 olarak hesaplanmıştır. Regresyon katsayısı değerlerinin 1'e yakın olması, modellemenin başarılı olduğunu göstermektedir. F_K , F_d ve R_a için elde edilen regresyon eşitlikleri sırasıyla denklem 33-35'te verilmiştir.

$$F_K = 37,40 - 0,000947 * n + 1204,5 * u - 18,46 * T - 0,1150 * nu + 0,002109 * nT + 841,0 * Tu - 0,1296 * nTu \quad (33)$$

$$F_d = 1,0065 + 0,000006 * n + 1,675 * u - 0,0150 * T - 0,000010 * nu - 0,000001 * nT + 0,175 * Tu + 0,000030 * nTu \quad (34)$$

$$Ra = 6,252 - 0,000153 * n + 16,7 * u - 0,232 * T + 0,00210 * nu - 0,000035 * nT + 9,2 * Tu - 0,00010 * nTu \quad (35)$$



Şekil 9. Kesme parametrelerinin F_K , F_d ve Ra üzerindeki etkileri.

Faktöriyel deney tasarımı ile elde edilen sonuçlar Şekil 9'da verilen grafiklerle analiz edildiğinde; en düşük kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü WC kesici takımlarla 0,01mm/dev ilerleme ile frezelenen kompozitlerde elde edilirken, en yüksek ise HSS kesici takımlarla 0,02mm/dev ilerleme ile frezelenen kompozitlerden elde edilmiştir. Ancak devir sayısına bağlı olarak kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve deformasyon faktörü analiz edildiğinde, yüksek devir sayısında kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü düşük,

deformasyon faktörü yüksek, düşük devir sayısında ise tam tersi elde edilmiştir. Optimum kesme parametresinin belirlenmesi ve deney parametrelerinin sıralanması için ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama performansı tekniği (TOPSIS) önem taşımaktadır. TOPSIS için deneysel sonuçlardan elde edilen ortalama değerlere (Tablo 7) bağlı olarak denklem 25-31'deki eşitlikler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 8'de normalize edilmiş deney sonuçları verilmiştir.

Tablo 7. Frezeleme sonucu elde edilen ortalama değerler.

Deney No	T	n	u	F_K	F_d	Ra
				F_{ort}	F_{ort}	F_{ort}
1	HSS	2500	0,01	52,22	1,053	6,32
2		2500	0,02	56,22	1,067	6,45
3		7500	0,01	37,67	1,086	5,84
4		7500	0,02	42,40	1,098	6,08
5	WC	2500	0,01	36,19	1,024	5,86
6		2500	0,02	50,53	1,043	6,17
7		7500	0,01	29,77	1,052	5,02
8		7500	0,02	31,91	1,072	5,43

Tablo 8. Normalize edilmiş deney sonuçları.

Deney No	T	n	u	F_K	F_d	Ra
1	HSS	2500	0,01	0,428206825	0,350521068	0,37788751
2		2500	0,02	0,461007042	0,355181367	0,385660513
3		7500	0,01	0,308896038	0,361506058	0,349187193
4		7500	0,02	0,347682294	0,3655006	0,363537352
5	WC	2500	0,01	0,296759958	0,340867591	0,35038304
6		2500	0,02	0,414348734	0,347192282	0,368918661
7		7500	0,01	0,244115611	0,350188189	0,300157485
8		7500	0,02	0,261663726	0,356845759	0,324672339

F_K , F_d ve Ra'nın ağırlıkları toplamı 1 olacak şekilde sırasıyla 0,3; 0,4 ve 0,3 seçilmiştir. F_d 'ni ağırlık değerinin diğerlerinden daha yüksek belirlenmesinin nedeni montaj hattında daha önemli olmasındandır. Tablo 8'deki normalize edilmiş değerler bu ağırlıklarla çarpılarak iyiye en yakın (V+) ve kötüye en uzak (V-) değerler hesaplanır (Tablo 9).

Tablo 9. İyiye en yakın (V+) ve kötüye en uzak (V-) değerler.

Deney No	T	n	u	F_K	F_d	Ra	
1	HSS	2500	0,01	0,128462048	0,140208427	0,113366253	
2		2500	0,02	0,138302112	0,142072547	0,115698154	
3		7500	0,01	0,092668811	0,144602423	0,104756158	
4		7500	0,02	0,104304688	0,14620024	0,109061206	
5	WC	2500	0,01	0,089027987	0,136347036	0,105114912	
6		2500	0,02	0,12430462	0,138876913	0,110675598	
7		7500	0,01	0,073234683	0,140075276	0,090047245	
8		7500	0,02	0,078499118	0,142738304	0,097401702	
				V+	0,073234683	0,136347036	0,090047245
				V-	0,138302112	0,14620024	0,115698154

Tablo 10. Performans puanına göre sıralama sonuçları

Deney No	T	n	u	Si+	Si-	CCi	Sıralama
1	HSS	2500	0,01	0,060072858	0,011754423	0,163648449	7
2	HSS	2500	0,02	0,070174931	0,004127693	0,055552459	8
3	HSS	7500	0,01	0,025733031	0,046954004	0,645974955	4
4	HSS	7500	0,02	0,037735415	0,034639197	0,478609778	5
5	WC	2500	0,01	0,021828033	0,051352021	0,701721548	3
6	WC	2500	0,02	0,055136809	0,0165767	0,231151705	6
7	WC	7500	0,01	0,003728239	0,070208651	0,949575384	1
8	WC	7500	0,02	0,011074773	0,062635001	0,849751634	2

6 Sonuçlar

Bu çalışmada, keten fiber takviyeli kompozitlerin HSS ve WC kesici takımlarla frezelenmesinde, kesici takım cinsinin, devir sayısının ve ilerlemenin kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri tam faktöriyel deney tasarımı ve TOPSIS yöntemi ile analiz edilmiştir ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Keten fiber takviyeli kompozitlerin frezelenmesinde oluşan kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülük değerleri, devir sayısı, ilerleme ve kesici takım cinsinden etkilenmiştir.

Tam faktöriyel deney tasarımıyla yapılan analizlerde, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü, devir sayısının artmasıyla azalmış, ilerlemenin artmasıyla artmıştır. Deformasyon faktörü ise hem artan kesme hızı hem de artan ilerleme ile artmıştır. WC kesici takımların sonuçları HSS kesici takımlardan daha iyi elde edilmiştir. Kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine kesme parametrelerinin % katkısı sırasıyla kesme

hızı, kesici takım cinsi ve ilerleme şeklinde gerçekleşmiştir.

TOPSIS analiziyle optimum deneysel sonuç, WC kesici takımın 7500 dev/dak devir sayısı ve 0,01 mm/dev ilerleme ile doğal kompoziti frezelediği deneylerden elde edilmiştir. En kötü sonuç ise HSS kesici takımın 2500 dev/dak devir sayısı ve 0,02 mm/dev ilerleme ile doğal kompoziti frezelediği deneylerden elde edilmiştir.

Bilgilendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Kaynaklar

- [1] Chegiani F., Takabi B., El Mansori M., Tai B. L., Bukkapatnam S. T., (2020), "Effect of flax fiber orientation on machining behavior and surface finish of natural fiber reinforced polymer composites", *Journal of Manufacturing Processes*, 54: 337-346.

- [2] Bledzki A. K., Faruk O., Sperber V. E. (2006), "Cars from bio-fibres", *Macromolecular Materials and Engineering*, 291(5): 449-457.
- [3] Barreto, A. C. H., Rosa, D. S. (2011), Fechine, P. B. A., Mazzetto, S. E., Properties of sisal fibers treated by alkali solution and their application into cardanol-based biocomposites, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(5), 492-500.
- [4] Andersons, J., Joffe, R., (2011), Estimation of tensile strength of an oriented flax fibre reinforced polymer composite, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 42(9), 1229-1235.
- [5] Çelik, Y. H., Alp, M. S., (2020), Determination of milling performance of jute and flax fiber reinforced composites, *Journal of Natural Fibers*, 1-15.
- [6] John, R., Lin, R., Jayaraman, K., Bhattacharyya, D., (2021), Effects of machining parameters on surface quality of composites reinforced with natural fibers, *Materials and Manufacturing Processes*, 36(1), 73-83.
- [7] Çelik, Y. H., Kilickap, E., Kilickap, A. İ., (2019), An experimental study on milling of natural fiber (jute)-reinforced polymer composites, *Journal of Composite Materials*, 53(22), 3127-3137.
- [8] Chegdani, F., Mezghani, S. and Mansori M. E., (2017), Correlation between mechanical scales and analysis scales of topographic signals under milling process of natural fibre composites, *Journal of Composite Materials*, 51(19), 2743-2756.
- [9] Choudhury, M. R., Srinivas, M. S., Debnath, K., (2018), Experimental investigations on drilling of lignocellulosic fiber reinforced composite laminates, *Journal of Manufacturing Processes*, 34, 51-61.
- [10] Vigneshwaran, S., John, K. M., Deepak Joel Johnson, R., Uthayakumar, M., Arumugaprabu, V., Kumaran, S. T., (2021), Conventional and unconventional machining performance of natural fibre-reinforced polymer composites: A review, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 40(15-16), 553-567.
- [11] Tran, D. S., Songmene, V., Ngo, A. D., Kouam, J., Rodriguez-Urbe, A., Misra, M., Mohanty, A. K., (2020), Experimental investigation on machinability of polypropylene reinforced with miscanthus fibers and biochar, *Materials*, 13(5), 1181.
- [12] Azmi, H., Haron, C. C., Zailani, Z. A., Hamidon, R., Bahari, M. S., Zakaria, S., Hamid, S. H. A., (2021), Study the effect of cutting parameter in machining kenaf fiber reinforced plastic composite materials using DOE. In: Bahari, M. S., Harun, A., Zainal Abidin, Z., Hamidon, R., Zakaria, S. (eds) In *Intelligent Manufacturing and Mechatronics*, 401-412, Springer, Singapore, doi: 10.1007/978-981-16-0866-7_35.
- [13] Shagwira, H., Mwema, F. M., Obiko, J. O., Mbuya, T. O., Akinlabi, E. T., (2021), The optimization of the surface roughness of milled polypropylene + 60 wt.% quarry dust composite using the Taguchi technique. In: Awang, M., Emamian, S. S. (eds) *Advances in Material Science and Engineering*, 169-174, Springer, Singapore, doi: 10.1007/978-981-16-3641-7_20.
- [14] Rajendran, A., Paul, B., Shunmugesh, K., (2021), Optimization of milling parameters in jute fiber reinforced epoxy composite using GRA, *Materials Today: Proceedings*, 43, 3951-3955.
- [15] Choudhury, M. R., Rao, G. S., Debnath, K., Mahapatra, R. N., (2021), Analysis of force, temperature, and surface roughness during end milling of green composites, *Journal of Natural Fibers*, 1-15.
- [16] Rashid, M. A. N., Zain, Z. M., Khairushshima, M. N., Noor, W. I., Mullah, M., Khan, S. A., (2021), Analysis and modelling of surface roughness in milling of JFRP composite using central composite design, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1092(1), 012013, IOP Publishing.
- [17] Rashid, M. A. N., Zain, Z. M., Khairushshima, M. N., Noor, W. I., Mullah, M., Khan, S. A., (2021), Machinability study of JFRP composite using design of experiment, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1092(1), 012014, IOP Publishing.
- [18] Kanwar, S., Singari, R., Butola, R., (2021), Comparison of genetic algorithm and taguchi optimization techniques for surface roughness of natural fiber-reinforced polymer composites, *SAE International Journal of Materials and Manufacturing*, 14(2), 141-151.
- [19] Amarnath, K., Babu, K. J., Kumar, M. S., (2021), Selection of optimal flax fiber reinforced components for experimental investigation by using TOPSIS method, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1057(1), 012055, IOP Publishing.
- [20] Gardiner, W. P., Gettinby, G., (1998), Experimental design techniques in statistical practice, *Woodhead Publishing*, ISBN: 9781898563358, page: 210.
- [21] Yoon, K. P. and Hwang, C-L, (1995), Multiple attribute decision making: an introduction, *Sage publications*.
- [22] Shanmugam, A., Mohanraj, T., Krishnamurthy, K. and Gur, A. K., 2021, Multi-response optimization on abrasive waterjet machining of glass fiber reinforced plastics using Taguchi method coupled with TOPSIS, *Surface Review and Letters*, 2150120.
- [23] Yuvaraj, N. and Pradeep Kumar, M., (2015), Multiresponse optimization of abrasive water jet cutting process parameters using TOPSIS approach, *Materials and Manufacturing Process*, 30 (7), 882-889.
- [24] Çakır, M. C., 1999, Modern talaşlı imalatın esasları, Vipas Yayınları, Bursa, 324 sayfa.
- [25] Chegdani, F., Mansori, M. E., (2019), Tribo-functional effects of double-crossed helix on surface finish, cutting friction and tool wear mechanisms during the milling process of natural fiber composites, *Wear*, 426-427 (Part B), 1507-1514.
- [26] Ellenberger, A., Polli, M. L., Azevedo, E. C., De Lara, A. P., Dos Santos, R. D. O., (2021), End milling of banana stem fiber and polyurethane derived from castor oil composite. *Journal of Natural Fibers*, 18(10), 1491-1500.
- [27] Babu, G. D., Babu, K. S., Gowd, B. U. M., (2013), Effect of machining parameters on milled natural fiber reinforced plastic composites, *Journal of Advanced Mechanical Engineering*, 1, 1-12.
- [28] Davim, J. P., Clemente, V. C., Silva, S., (2009), Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibreboard), *International Journal of advanced Manufacturing Technology*, 49 (1-2), 49-55.
- [29] Azmi, H., Haron, C. H. C., Ghani, J. A., Suhaily, M., Sanuddin, A. B. and Song, J. H., (2016), Study on machinability effect of surface roughness in milling kenaf fiber reinforced plastic composite (unidirectional) using response surface methodology, *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(7), 4761-4766.



DETERMINATION OF KNOWLEDGE LEVELS IN PLANT PROTECTION APPLICATIONS OF CHERRY PRODUCERS IN MARDIN

Mehmet Kaplan^{*1} , Tarkan Ayaz² 

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Siirt, Turkey

²Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şırnak, Turkey

Abstract

Original scientific paper

This study was carried out in order to determine the level of awareness of cherry producers in plant protection practices in Ömerli district of Mardin province, where cherry production was intense in 2021. Sampling was done randomly. The information obtained through the face-to-face survey method consisting of 20 questions with 87 producers in a total of 10 randomly selected villages in one districts and the evaluation of the results were calculated over the percentage rate. It has been determined that the education level of cherry farmers is high and the majority of them have other income together with agriculture. It receives information from drug dealers and Agriculture and Forestry Provincial/District Directorates in the selection and dosage of pesticides for cherry producers. In the selection of the drug, the brand and the active substance are important, they do not apply the same pesticides in the fight against harmful and disease factors that they constantly encounter, they start spraying before pests and diseases are seen as a precautionary measure, they use the recommended dose in the application of the drugs, that the pesticides leave residues on the products, with the last spraying. They comply with the waiting periods between harvest time, they use protective clothing and masks during the application of the drugs, they do not throw the empty drug boxes around haphazardly, they wash the spraying equipment but use the spraying machines without calibration, they apply by mixing pesticides, they apply cultural measures as well as chemical warfare in the fight against harmful and disease factors. but it was determined that they did not have knowledge about biopesticide.

In order to solve the problems of the producers in the fight against plant pests and diseases in agricultural production, they usually turn to chemical control, so that unconscious chemical applications affect human health and the ecological environment negatively.

Keywords: Plant protection problems, survey, cherry, Mardin.

MARDİN İLİ KIRAZ ÜRETİCİLERİNİN BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA BİLİNÇ DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

Özet

Orijinal bilimsel makale

Bu çalışma, 2021 yılında kiraz üretiminin yoğun olarak yapıldığı Mardin ili Ömerli ilçesi kiraz üreticilerinin bitki koruma uygulamalarında bilinç düzeylerini belirlemek amacıyla ele alınmıştır. Örneklem tesadüfi olarak yapılmıştır. Bir ilçede tesadüfi olarak seçilen toplam 10 köyde, 87 adet üreticiyle yüz yüze yapılan 20 soruluk anket metoduyla alınan bilgiler ve sonuçların değerlendirilmesi yüzde oran üzerinde hesaplanmıştır. Kiraz çiftçilerin, eğitim düzeylerinin yüksek ve çoğunluğunun tarımla birlikte başka gelirinin olduğu belirlenmiştir. Kiraz üreticilerinin zirai ilaç seçiminde ve dozunu karar vermede ilaç bayiliklerinden ve Tarım ve Orman İl/İlçe Müdürlüklerinden bilgi almaktadır. İlacın seçiminde marka ve etkili maddenin önemli olduğu, sürekli karşılaştıkları zararlı ve hastalık etmenlerle mücadelede devamlı aynı zirai ilacı uygulamadıkları, kendilerince önceden tedbir amaçlı olarak zararlı ve hastalıklar görülmeden ilaçlamaya başladıkları, ilaçların uygulamasında tavsiye edilen dozda kullandıkları, zirai ilaçların ürünlerde kalıntı bıraktığını, son ilaçlama ile hasat zamanı arasındaki bekleme sürelerine uyduklarını, ilaçların uygulamaları zamanında koruyucu kıyafet ve maske kullandıklarını, boş ilaç kutularını gelişigüzel etrafa atmadıkları, ilaçlama aletlerini yıkadıkları fakat ilaçlama makinalarını kalibrasyon yapmadan kullandıkları, zirai ilaçları karıştırarak uyguladıklarını, zararlı ve hastalık etmenleriyle mücadelede kimyasal savaş yanında kültürel önlemleri de uyguladıklarını fakat Biyopestisit hakkında bilgiye sahip olmadıkları saptanmıştır.

Üreticilerin tarımsal üretimde bitki zararlı ve hastalıklarla mücadelede sorunlarının çözümünde genellikle kimyasal mücadeleye yönelmekte, böylece bilinçsizce yapılan kimyasal uygulamaları insan sağlığı ve ekolojik çevre olumsuz etkilenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bitki koruma sorunları, anket, kiraz, Mardin.

*Corresponding author.

E-mail address: mehmetkaplan1971@hotmail.com (M. Kaplan)

Received 05 October 2022; Received in revised form 26 May 2023; Accepted 02 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1184545>

1 Giriş

İnsan beslenmesinde besin değeri yüksek ve lezzetli bir meyve olan kiraz üretiminde ve pazarlamasında yoğun iş gücü nedeniyle geniş iş istihdamı sağlamaktadır. Ayrıca dünyada önemli bir kiraz üretimine sahip ve İhracatında önemli döviz getirisinden ötürü ülke ekonomisine büyük katkılarda bulunmaktadır (Kaplan, 2019).

Türkiye kiraz üretiminde ve ihracatında dünyada önemli yere sahip olup, 2020 yılında 664.224 ton kiraz üretimiyle dünya birincisidir. Türkiye, 2020 yılında miktar olarak yaklaşık 87 bin ton, değer olarak ise yaklaşık 224 milyon dolarlık ihracat gerçekleştirmiştir. Kiraz ihracatında Avrupa Birliği ülkeleri önemli yer tutmakta olup, 15'ten fazla ülkeye kiraz ihraç edilmektedir (Anonim, 2020). Mardin ilinde 2021 yılında 2.556 ton kiraz üretimi yapılmıştır (Anonim, 2022). İl'de kiraz üretim miktarı az gibi görünse de kirazın erkenci çeşit olup ve piyasaya erken girdiğinden dolayı üreticiler için ekonomik getirisinin yüksek olmasından dolayı ürünü önemli hale getirmektedir.

Üretim aşamasında ürünün kalitesini ve verimliliğini azaltan en önemli faktörlerden birisi de bitki koruma sorunlarıdır. Önceki yıllarda ülkemizde kiraz alanlarında zararlılar ve doğal düşmanları üzerinde araştırmacılar tarafından birçok çalışma yapılmış ve bu alanlarda 70'in üzerinde zararlı türü belirlenmişlerdir (Aysu,1955; Nizamoğlu, 1957; Gökmen, 1965; Yıldırım, 1957; Ulu,1983; Doğanlar, 1987; Ulu ve Önuçar, 1989, Uzun,1990; Özbek ve ark.,1996; Erol ve Yaşar, 1996. Vatansver ve ark., 1999; Özder, 1999; Çınar ve ark., 2004, Ertop ve Özpınar, 2011; Özdem ve ark., 2017; Kaplan ve Alaserhat, 2018, Kaplan, 2019; Kaçar ve Koca, 2020). Söz konusu zararlıların bir kısmı çiçek ve tomurcukları yiyerek, bir kısmı da yaprakları bükmesi veya yemesi yanında bazıları da ağaçların kök ve gövdelerinde beslenerek ağaçların kurummasına neden olmaktadır. Zamanla ve iklim koşullarına bağlı olarak üretimde kalite ve verimde önemli kayıplara neden olurlar. Tarımsal üretim sahalarında iklim koşullarında kaynaklı bazı yıllarda bitkilerde zarar yapan etmenlerin popülasyonlarında artış olduğunu bildirmişlerdir (Artun ve Saltuk, 2018; Saltuk 2019).

Tarımsal üretim alanlarında zararlı etmenlerden kaynaklı üretim kayıplarını azaltmada bitki koruma ürünleri ve uygulamaları büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu alanlarda gelişigüzel ve bilinçsizce yapılan zirai ilaç kullanımı nedeniyle insan ve çevre sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Bu yüzden önemli bir kiraz üretim potansiyeline sahip Mardin ili kiraz üretim alanlarında üreticilerin bitki koruma sorunlarının belirlenmesi yanı sıra bitki koruma ürünlerinin uygulanmasındaki bilinç düzeylerini ortaya çıkarılmasına yönelik bir anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler bu alanlardaki ileride yapılacak benzer çalışmalara önemli veriler teşkil edecektir.

2 Materyal ve Yöntem

2.1 Materyal

Çalışmanın ana materyalini Mardin ili Ömerli ilçesine Kiraz üretimiyle uğraşan üreticiler ile bire bir yapılan

görüşmelerde 20 soruluk anket uygulanmış ve alınan cevaplar elde edilen cevaplar adet yüzde üzerinde değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerde 2020 yılında Ömerli ilçesinde Çiftçi Kayıt Sistemine (ÇKS) kayıtlı Kiraz üretimi yapan toplam 874 adet işletme olduğu ve bu işletmelerin %95 güven aralığında olduğu belirlenmiştir (Anonim, 2019). Bu üreticiler Mardin ilinde faaliyet gösteren 21548 işletmenin %4,05'ini oluşturmaktadır. Ömerli ilçesinde faaliyet gösteren işletmelerin tamamı ile anket yapmak mümkün olmadığı için, çalışma da görüşülecek çiftçi sayısı "Basit Tesadüfi Örneklem Yöntemi" ile aşağıda belirtilen formülle değerlendirilmiştir (Çiçek ve Erkan, 1996).

$$n = N (pq) / (N-1) D2 + (pq)$$

$$n = N \times S2 \times t2 / (N-1)d2 + (S2 \times t2) (1)$$

Eşitlikte;

n : Örnek sayısı

S : Populasyon varyansı

N : Populasyonu oluşturan işletme sayısı

t : Standart normal dağılım değeri

d : Populasyona ait hata terimi

Anket çalışmasında ele alınacak örnek hacminin saptanmasında %5 hata ve %95 güven aralığında anket yapılmış ve formülün kullanımıyla görüşülmesi gereken çiftçi sayısı 87 olarak belirlenmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

3.1 Kiraz Üreticilerinin Sosyo-Ekonomik Özellikleri

Mardin Ömerli ilçesinde ankete katılanların demografik yapısı incelendiğinde kiraz üreticilerinin tamamının erkek olup, bunların %3'ünün okur-yazar olmadığı, %17'sinin okur-yazar, %67'sinin ilkokul, %7'sinin ortaokul, %3'ünün lise ve %3'ünün de Yüksekokul/Üniversite mezunu olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Buna paralel olarak Antalya ilinde elma çiftçilerinin %63,3'ü ilkokul ve %14,4'ü yüksekokul mezunu; Nevşehir ilinde patates çiftçilerinin %64,6'sının ilkokul, %1,1'inin yüksekokul/üniversite mezunu, Adıyaman'da badem çiftçilerinin %91,4'ünü erkek ve %8,6'sını kadın oluştururken, %14'ü ilkokul, %24,7'si ortaokul, %40,9'u lise ve %20,4'ü yüksekokul/üniversite mezunudur. Mardin'de bağıcılık uğraşan üreticilerinin tümü erkek olup, bunlardan %20'sinin okur-yazar değil, %64'ü ilkokul, %12'side ortaokul ve %4'ü ise lise mezunu olduğu bildirilmiştir (Çelik ve Direk, 2008; Kızılay ve Akçaöz, 2009; Erdoğan ve Gökdoğan, 2017; Erdoğan ve ark., 2017; Kaplan ve Baran, 2021).

Mardin ilindeki kiraz üreticilerinin %83'ü sosyal güvenliğe sahipken ve %17'sinin ise tarım dışından bir gelire sahip olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Manisa ilinde çiftçilerin %64'ünün sosyal güvenliği olduğu, %66'sının ise tarımdan başka bir gelire sahip olduğu; Nevşehir ilinde çiftçilerin %73,5'inin sosyal güvenliğe ve %31,2'sinin tarım dışı gelire sahip olduğu; Adana ili Seyhan ve Yüreğir ilçelerinde çiftçilerin %53,6'sının sosyal güvenliğe sahip, %70,5'inin ise tarım dışı geliri olduğu; Adıyaman ilinde badem çiftçilerinin %83,9'unun sosyal güvenliğe ve %65,6'sının tarım dışı bir gelire sahipken Mardin ilindeki bağ üreticilerinin %73,9'unun sosyal güvenliğe ve %55,6'sının ise tarım dışı bir gelire sahip

olduğunu bildirmişlerdir (Tücer ve ark., 2004; Emeli, 2006; Karataş ve Alaoğlu, 2011; Erdoğan ve Gökdoğan, 2017; Kaplan ve Baran, 2021).

Tablo 1. Mardin İlinde ankete yapılan kiraz üreticilerinin demografik verileri.

(%) Özellik	Oran (%)
Cinsiyeti	
Erkek	100
Kadın	0
Öğrenim Durumu	
Okuryazar değil	3
Okur-yazar	17
İlkokul	67
Ortaokul	7
Lise	3
Yüksekokul/Üniversite	3
Meslek durumu	
Çiftçi	92
Esnaf	5
İşçi	-
Memur	2
Emekli	1
Sosyal Güvenliği	
Var	83
Yok	17
Tarım Dışı Gelir	
Var	55,85
Yok	44,15

3.2 Üreticilerin Bitki Koruma Ürünleri Konusundaki Bilgi Tutum ve Davranışları

Pestisit tavsiye ve seçiminde kiraz üreticilerinin %55'inin Tarım ve Orman İl ve İlçe Müdürlüğüne, %25'inin ilaç bayilerine, %20'sinin ise kendi deneyimi ve komşusuna göre zirai ilaç önerisi tercih etmektedir (Tablo 2). Çalışmadan alınan verilerle benzerlik gösteren bazı çalışmalardan; Manisa ili bağ çiftçilerinin %65'inin Tarım ve Orman Müdürlükleri teknik elemanlarından, %16'lık kesimin tecrübelerine göre, %11'inin Bitki Koruma Bayiliklerinden ve %8'lik bölümün ise komşularına bakarak zirai ilaç tercih ettiklerini (Tücer ve ark., 2004); Antalya elma çiftçilerinin pestisit tercihinde %54'ünün bitki koruma bayiliklerinden, %10'unun kendi danışman Ziraat Mühendislerinden önerilerine göre hareket ettikleri (Ay ve ark., 2006); Diyarbakır, Şanlıurfa ve Mardin pamuk üreticilerinin %52'si ilaç tavsiyesini ilaç bayilerinden aldıkları (Bayhan ve ark., 2015); Mardin'deki üreticilerin %70'inin teknik teşkilatların vermiş olduğu hizmetlerden memnun olduğunu, ilaçlama ve gübreleme ambalajını kullandıktan sonra üreticilerin %60'ının imha ettiklerini belirtmişlerdir (Kaplan ve Bayhan, 2017); Nevşehir ilinde patates çiftçilerinin %88,9'u bitki koruma bayiliklerinden, %7,9'u tecrübelerinden, %2,1'i tarım kuruluşlarından, %0,5'i komşularından ve %0,5'i kendilerine danışmanlık yapan mühendisinin önerilerini dinledikleri (Erdoğan ve Gökdoğan, 2017); Adıyaman badem çiftçilerinin %44,1'inin Tarım ve Orman Müdürlüklerine, %32,3'ünün Bitki Koruma Ürünleri satıcılarına, %19,4'ünün kendilerine danışmanlık mühendislerine, %3,2'sinin komşularına ve %1,1'inin tecrübelerine (Erdoğan ve ark., 2017); Mardin ili bağ üreticilerinin pestisit tavsiye ve seçiminde %34'ünün Tarım ve Orman İl ve İlçe

Müdürlüğüne, %52,50'inin ilaç bayilerine, %2'ünün danışman Ziraat Mühendisine, %12,5'inin ise kendi deneyimi ve komşusuna göre pestisit seçimine karar verdiklerini belirtmişlerdir (Kaplan ve Baran, 2021). Diğer taraftan bu araştırmaların aksine Antalya ilinde turuncuğil çiftçilerinin %49,7'sinin tecrübelerine göre, %42,8'inin bitki koruma bayiliklerine, %4'ünün Tarım ve Orman Müdürlüklerine ve %3,4'lük kısmın komşularına bakarak bitki koruma ürünü tavsiyesini aldıklarını bildirmişlerdir (Özkan ve ark., 2003). Siirt ilinde fıstık üreticilerinin bitki koruma ile ilgili konularda; %33'ü bitki koruma bayilikleri, %22'si Tarım ve Orman il / ilçe müdürlükleri, %17'si deneyimlerine göre, %10'u ailedeki tecrübeli akrabalarına, %9'u ziraat mühendisleri, %3'ü oranında da Ziraat odalarından tavsiyeleri aldıklarını ve %6'i ise tavsiye almadıklarını bildirmişlerdir (Dilmen ve ark., 2019).

Tablo 2. Üreticilerin pestisit tavsiyesini kimden aldıkları ile ilgili bilinç düzeyi.

Pestisit (Fungusit, herbisit ve insektisit) tavsiyesini kimden alıyorsunuz?	Oran (%)
İlaç bayi	25
Tarım ve Orman ilçe Müdürlüğü	55
Kendi deneyimine ve komşusuna	20
Danışman Ziraat Mühendisinden	-

Kiraz üreticilerinin hastalık ve zararlılara karşı kullanılan pestisit (fungusit, herbisit ve insektisit) seçiminde (satın alırken) %10'u daha önce kullanılmış olmasına, %34'ü tavsiye edilmiş etkili maddesine, %30'u markasına ve %26'sı ucuz olmasına göre belirledikleri saptanmıştır (Tablo 3). İnan ve Boyraz (2002), Konya'da çiftçilerin %62,8'lik bölümünün etmenin yoğunluk durumunu, %21,5'lik bölümünün bitki koruma ürünlerinin maliyetlerini ve %15,7'lik kısmının ise bitki koruma ürününün fiyatına bakarak tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Erdoğan ve Gökdoğan (2017), badem çiftçilerinin bitki koruma ürün tercihlerini %43,9'unun tanınmış markaya göre, %36,5'i fiyatlarına göre, %19'unun etken maddelerine ve %0,6'sının ise son tüketim tarihlerini dikkate alarak yaptıklarını belirtmişlerdir. Mardin'deki bağ üreticilerinin hastalık ve zararlılara karşı kullanılan pestisit seçiminde %10'u daha önce kullanılmış olmasına, %20,6'sı tavsiye edilmiş etkili maddesine, %28'i markasına ve %41,4'ü ucuz olmasına göre yaptıkları belirlenmiştir (Kaplan ve Baran, 2021).

Tablo 3. Pestisit (Fungusit, herbisit ve insektisit) satın alırken dikkat ettikleri hususlar.

Pestisit (Fungusit, herbisit ve insektisit) satın alırken nelere dikkat edersiniz?	Oran (%)
Daha önce kullanılmış olmasına göre	10
Tavsiye edilen etkili maddesine göre	34
Markasına göre	30
Ucuz olmasına göre	26

Önemli kiraz üretim potansiyeline sahip Mardin'de üreticilerinin %60'ının aynı zararlı ya da hastalıklara karşı daima aynı pestisiti tercih etmediğini, %40'ının ise devamlı olarak aynı pestisiti tercih ettiği belirlenmiştir (Tablo 5). Erdoğan ve Gökdoğan (2017), badem çiftçilerinin %93,1'inin aynı etmene karşı daima aynı pestisiti uygulamadığını, %6,9'u ise daima aynı pestisiti uyguladığını bildirmişlerdir. Kaplan ve Baran (2021), Bağ

üreticilerin %63,5'inin aynı zararlı ya da hastalıklara karşı daima aynı zirai ilacı uygulamadığını, %26,5'inin ise daima aynı zirai ilacı uyguladığını bildirmişlerdir.

Tablo 4. Kiraz çiftçilerinin aynı hastalık ve zararlılara karşı daima aynı pestisit kullanımı ile ilgili bilgi düzeyleri.

Aynı hastalık ve zararlı için sürekli aynı pestisit mi kullanıyorsunuz?	Oran (%)
Evet	40
Hayır	60

3.3 Üreticilerin İlaçlama Zamanını Belirleme ile İlgili Görüşleri

Üreticilerin Kiraz bahçelerindeki hastalık ve zararlı karşı ilaçlama zamanını neye göre karar verdiği sorusuna karşılık; üreticilerin %7'si ilk hastalık ve zararlıları görünce, %44'ü tarım ve orman ilçe müdürlüğünün tavsiyelerine göre, %33'ü ilaç bayilerine sorarak, %3'ü hastalık ve zararlıları görmeden ve %13'ü ise çevrelerindeki çiftçilere göre ilaçlamaya karar verdiklerini ifade etmiştir (Tablo 5). Kimyasal mücadelede etkili bir sonuç almak için öncelikle ilaçlama dönemini doğru saptamakla sağlanabilir. Bu şekilde yapılan ilaçlamalarda hem en etkin sonuç alınır hem de savaşım maliyetinin ekonomik olması sağlanır. Bu çalışmada çiftçilerin ankete vermiş oldukları yanıtlar dikkat çekmektedir. Çünkü %39'luk kesimi zararlı ve hastalıkları ilk görünce ya da yoğunluğunu dikkate alarak ilaçlamaya geçtiklerini söylemektedirler. Bu yüzden çiftçilerin, hastalık ve zararlıları tanıdıkları ve yeterli olmasa bile gerekli teknik bilgiye sahip oldukları düşünülebilir.

Bitkinin fenolojik dönemleri ile birlikte hastalık ve zararlıların biyolojisi göz önüne alınarak ilaçlama zamanını belirlemek genellikle kabul gören bir görüştür. Ancak üreticilerin bu konularda yeterince teknik bilgi ve deneyim sahip olmadığından dolayı ilaçlama zamanını doğru olarak belirlenmesi mümkün değildir. Dolayısıyla bunların öncesinde tarım kuruluşlarının teknik elemanları tarafından üreticilere verilecek eğitimlerle tarımsal üretimde zararlı ve hastalıklara karşı başarılı mücadele yapılabilir.

Önceki yıllarda yapılan benzer çalışma sonuçlarından bazılarından örnek verecek olursak; Yücel ve ark. (1995), Şanlıurfa ili Harran ilçesinde üreticilerin %42,15'i kendi deneyimlerine göre, %9,80'i komşu ve akrabalarının görüşlerine göre, %34,31'i tarım teşkilatlarına başvurarak, %13,72'sinin de zira ilaç bayiliklerine danışarak ilaç atma zamanına karar verdiklerini bildirmişlerdir. Zeren ve Kumbur (1998), İçel ilinde yaptıkları bir çalışmada çiftçilerin ilaç dozu ve kullanım zamanını belirlemede %40,18'i zirai ilaç bayilerinin tavsiyesine göre, %29,92'i deneyimlerine göre, %16,23'ü de zirai ilacın üstündeki kullanım talimatına göre yaptıklarını bildirmişlerdir. İnan ve Boyraz (2002), Konya ilinde çiftçilerin %44,20'sinin deneyimlerine göre, %24,20'sinin zirai ilaç bayiliklerinin tavsiyesine göre, %20'sinin etrafındaki çiftçilere danışarak, %11,60'sinin tarım il/ilçe müdürlüklerine başvurarak ilaçlama zamanını tespit ettiklerini belirtmişlerdir. Kadioğlu (2003), Tokat ilindeki yaptıkları bir çalışmada, üreticilerin ilaçlama zamanını tespitinde %58,74'ü tarım kuruluşlarını teknik elemanlardan tavsiye aldıkları,

%29,14'ü kendi deneyimlerine göre, %6,20'si ilaç bayilerinin tavsiyesine göre, %5,81'i ise çevresindeki üreticilerden destek aldıklarını belirtmişlerdir. Kaplan ve Baran (2021), Mardin'de bağ üreticilerinin %17'i ilk hastalık ve zararlıları görünce, %25'i tarım ve orman ilçe müdürlüğünün tavsiyelerine göre, %36 ilaç bayilerine sorarak, %12'i hastalık ve zararlıları görmeden ve %10'u da diğer üreticilere bakarak ilaçlama zamanına karar verdiklerini ifade etmiştir. Bu çalışmaların aksine Karaçayır (2010), Konya ili Karaman ilçesinde elma çiftçilerinin %43,2'si zararlıları tespit etmeden ilaçlamaya başladıkları, %56,8'inin ise zararlılarla karşılaştıktan gibi ilaçlamaya karar verdiklerini belirtmiştir.

Tablo 5. Kiraz üreticilerinin bahçelerindeki hastalık ve zararlı karşı ilaçlama zamanını belirleme ilgili bilgi düzeyleri.

Kiraz bahçelerinde hastalık ve zararlılara karşı ilaçlama zamanına nasıl karar veriyorsunuz?	Oran (%)
İlaç bayisine göre	33
Tarım ve Orman ilçe Müdürlüğü göre	44
Hastalıkları ve zararlıları görür görmez	7
Hastalıkları ve zararlıları görmeden	3
Diğer üreticilere bakarak	13

Üreticilerin kiraz alanlarında zararlılarla kimyasal savaşta pestisit dozunun ayarlamasında %30'u zirai ilaç bayiliklerine, %31'inin Tarım İl/İlçe müdürlüklerine, %33'ü kendi tecrübesine, %13'ü ise çevresine göre karar verdikleri belirlenmiştir (Tablo 6).

Özkan ve ark. (2003), Antalya ilinde turunçgil çiftçilerinin ilaç dozlarını ayarlama %41,71'inin ilacın kullanım talimatına göre, %27,81'inin tecrübelerine dayanarak uyguladıkları; Kalıpcı ve ark. (2011), Konya ilinde çiftçilerin zirai ilaç doz ayarlaması kararını %8,3'lük kısmın kullanım talimatına göre, %26,6'luk kesimin deneyimlerine göre, %11,6'luk bölümün çevresine, %33,3'lük bölümün bitki koruma ürünleri satıcısının tavsiyesine göre, %10,8'lik kısmın Tarım ve Orman Müdürlüklerine, %3,3'ünün Ziraat odalarına başvurarak ve %5,8'lik kısmın danışmanlarına göre belirlediklerini; Gedikli (2012), üreticilerin ilaç dozunu ayarlama %33,33'ünün ilaç bayisi ve Ziraat Mühendisine danıştıklarını; Gözener ve ark. (2017), çiftçilerin ilaç dozunu seçiminde; %90,28'i ilaç-gübre bayiliklerinin tavsiyelerine, %59,72'i ilacın kullanım talimatına, %40,28'i kendi deneyimlerine, %1,39 Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl/İlçe Müdürlüğünün konu uzmanlarının tavsiyesine göre; Kaplan ve Baran (2021), Mardin bağ alanlarında zararlılarla mücadelede ilaç dozunun ayarlamasında çiftçilerin %68'inin ilaç bayisinin tavsiyesi, %20,8'inin Tarım İl/ilçe müdürlüklerine, %7,2'si kendi tecrübesine ve %5'inin ise çevresindeki çiftçilere bakarak davrandıklarını bildirmişlerdir.

Tablo 6. Üreticilerin pestisitlerin doz ayarlaması ile ilgili bilgi seviyeleri.

Pestisit (Fungusit, herbisit ve insektisit) doz ayarlamasını neye göre yapıyorsunuz?	Oran (%)
İlaç bayi	30
Tarım ve Orman ilçe Müdürlüğü	31
Kendi deneyimine	33
Komşusuna göre	13

Pestitin önerilen dozla ilgili bilgi düzeylerinde kiraz üreticilerinin %96,6'sı önerilere göre dozu, %3,4'ü ise önerilen dozun üstünde bir doz uygulamasını yaptığı belirlenmiştir (Tablo 7). İldeki kiraz çiftçilerinin birçoğu tavsiye edilen dozu kullanması kimyasal savaşta başarıyı artırması muhtemeldir. Bu çalışmaya benzer olan Tücer ve ark. (2004), bağcılık yapan çiftçilerin %72'lik bölümünün tavsiye dozuna uydugunu, %26'sının tavsiye dozunun yükselttiğini bununla birlikte %2'lik kısmının göz kararıyla dozu ayarladığını; Peker (2012), Konya ilindeki çiftçilerinin %88'lik bölümünün tavsiye dozuna uydugu, %8'inin tavsiye dışında dozu yükselttiğini ve %4'ünün ise doz oranını düşürdüğünü; Erdoğan ve Gökdoğan (2017), çiftçilerin %50,7'si tavsiye dozunu kullandığını, %50,3'ü ise önerilen dozdan daha yüksek bir dozda kullandığını bildirmiştir; Mardin bağ üreticilerinin %87,8'i tavsiye edilen doza uydugunu, %12,2'si ise tavsiye edilen dozun üstünde bir doz yaptığını bildirmiştir. Bu verilen çalışma sonuçlarının aksine Boz ve ark. (1998), Aydın ilinde çiftçilerin tavsiye edilen dozu üzerinde %64,47'lik bir doz uyguladıklarını bildirmişlerdir.

Tablo 7. Pestitin önerilen dozla ilgili bilgi düzeyleri.

Pestisit (Fungisit, herbisit ve insektisit) önerilen doza göre mi uygulanıyor?	Oran (%)
Önerilen doz	96,6
Önerilen dozun üstünde	3,4

Mardin ili Ömerli ilçesi kiraz üreticilerinin %27'si zirai ilaçların ürünlerde kalıntı bıraktığını, %13'lük kısmının bu oranın az olduğunu ve %60'ı ise hiç bırakmadığını söylediklerini bildirmiştir (Tablo 8). Antalya ilinde çiftçilerin %70,4'lük kısmının bitki koruma ürünlerinin ürünlerde kalıntıya sebep olduğunu, %10,4'lük bölümün ürünlerin yıkanmasıyla pestisit kalıntısının kaybolduğunu, %19,2'si ise bu konu ile ilgili bir düşüncelerinin olmadığını bildirmektedir (Özkan ve ark., 2003); Konya ilinde ki çiftçilerin %28,3'lük kesiminin zirai ilaçların kalıntıya sebep olabileceğini, %18,3'lük kısmın herhangi bir kalıntıya sebep olmayacaklarını, %7,5'inin kalıntı ile ilgili bilgileri olmadığını ve %45,8'inin zirai ilaçların yağmurla yıkanacağını (Kalıpcı ve ark., 2011); Adıyaman'da badem çiftçilerinin %38,7'sinin ilaçların ürünlerde kalamayacağını, %32,3'ünün az miktarda bulunabileceğini ve %29'unun ise üründe kalıntı bırakmadığını ifade etmişlerdir (Erdoğan ve ark., 2017). Tokat ili Kazova ilçesinde domates çiftçilerinin %44,44'ünün pestisitlerin ürünlerde kalıntı bıraktığını, %15,63'ü pestitin önerilen dozdan daha yüksek bir doz kullanıldığı zamanlarda üründe kalıntı kalacağını, %15,63'ü tüm pestisitlerde kalıntı bıraktığını ve %9,38'i tavsiye edilen dozda kullanıldığında kalıntı bırakmayacağını bildirmişlerdir (Gözener ve ark., 2017). Diğer taraftan Peker (2012), domates çiftçilerin %80'lik bölümünün bitki koruma ürünlerinin kalıntı oluşturmadığını, %20'lik kısmının ise kalıntı oluşturduğunu; Erdoğan ve Gökdoğan (2017), Nevşehir ili patates çiftçilerinin %74,1'lik bölümünün zirai ilaçların kalıntı oluşturmadığını %23,8'lik kısmının düşük miktarda kalıntı oluşturduğunu ve %2,1'inin ise üründe yüksek kalıntı oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 8. Pestisitlerin ürünlerde kalıntı bıraktığı hakkında üreticilerin bilgi seviyeleri.

Pestisitlerin ürünlerde kalıntı bıraktığı biliyor musunuz?	Oran (%)
Kalıntı bırakıyor	27
Kalıntı az bırakıyor	13
Kalıntı bırakmıyor	60

Mardin Ömerli'de pestisit kullanan üreticilerin %53,58'i pestisitlerin uygulaması ve hasat arasındaki süreye uydularını, %32,14'ü ise uymadıklarını ve %14,28'i ise bazen uydularını beyan etmiştir (Tablo 9). Kiraz çiftçilerinin büyük çoğunluğunun ilaçlama zamanı ile hasat zamanı geçmesi gereken süreye uymaları iyimser bir davranıştır. Boyraz ve ark. (2005), Konya ili Eğridir ilçesi elma çiftçilerinin %71'inin pestisitlerin uygulanması ile hasat zamanı arasındaki bekleme süresi gereken zamana dikkat ettikleri, %29'lük kısmının bu süreye dikkat etmediklerini; Erdoğan ve Gökdoğan (2017), patates çiftçilerinin %80'lik kısmın son ilaç uygulaması ile hasadın gerçekleşme zamanı arasındaki süreye dikkat ettikleri, %20'lik kısmının bu süreye dikkat etmediklerini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan Emeli (2006), Adana ili Seyhan ve Yüreğir ilçelerindeki çiftçilerin %76,6'sının ilaçlama ile hasat arasındaki süreye dikkat etmedikleri, %23,4'lük bölümün bu süreye dikkat ettiklerini; Karaçayır (2010), elma üretimi yapanların %43,2'lik kısmın bu süreye dikkat ettikleri, %32,8'lik kısmın ise bu sürenin önemini farkında olmalarına rağmen dikkat etmediklerini ve %24'lük kısmının ise bu süreden bilgileri olmadığını ifade etmiştir. Gözener ve ark. (2017), domates üretimi yapanların %91,67'lik bölümünün yine bu süre ile ilgili bilgi sahibi olmadıklarını, %6,94'lük kısmının ise ürün bu süreden bilgileri olduğu halde dikkat etmediklerini, %1,39'unun ise beklenmesi gereken süreye dikkat ettiklerini ifade etmişlerdir. Kaplan ve Baran, (2021) Mardin'de pestisit kullanan bağ üreticilerinin %88,6'sı son ilaçlama zamanı ile hasat zamanı geçmesi gereken süreye uydularını ve %11,4'ü ise geçmesi gereken süreye uymadıklarını ifade etmişlerdir.

Tablo 9. Kiraz üreticilerinin son ilaçlama ile hasat zamanı arasındaki bekleme süresi ile ilgili bilgi düzeyleri.

Pestisitlerde bekleme süresine dikkat ediyor musunuz?	Oran (%)
Evet	80
Hayır	10
Bazen	10

Mardin Ömerli'de ilaçlama sırasında kiraz üreticilerinin %60'ı koruyucu elbise giydikleri ve maske taktıklarını, %23'ü bazen kullandıklarını ve %17'sinin ise hiç kullanmadıklarını ifade etmişlerdir. Kiraz üreticilerinin yarısından fazlasının ilaçlama zamanında koruyucu tedbirleri aldıkları ve yeterince önem verdikleri saptanmıştır (Tablo 10). Bu çalışmadan alınan verilerle paralellik arz eden Özkan ve ark. (2003), turuncgilleri üreten çiftçilerin ilaç kullanma zamanında %68,8'lik kısmının koruyucu kıyafet giydiği ve maske taktığını, %31,2'lik kısmının ise koruyucu kıyafet ve maske kullanmadığını; Bayhan ve ark. (2015), pamuk üreticilerinin ilaçları uygulama zamanında %76'lık bölümünün korunmak üzere tedbirler aldığını, %24'lük kısmın ise korunma tedbirlerine başvurmadığını

bildirmişlerdir. Diğer taraftan bu araştırma verilerinin tersine Tücer ve ark. (2004), Manisa ili bağcılık yapan çiftçilerin ilaçlama zamanında %57,82'lik bölümünün korunmak için özel kıyafet ve maske kullandığını, %42,18'lik kısmın buna uymadığını, Erdoğan ve Gökdoğan (2017), Nevşehir ilinde patates alanlarında ilaçlama zamanında çiftçilerin %84,7'sinin koruyucu tedbirler aldığını, %15,3'ünün ise almadığını bildirmişlerdir. Kaplan ve Baran (2021), Mardin'de ilaçlama sırasında bağ üreticilerinin ilaçlama esnasında %48'i koruyucu donanım kullandıklarını, %16'sının bazen kullandıklarını ve %36'sının ise hiç kullanmadıklarını belirtmiştir.

Tablo 10. Üreticilerin ilaçlama sırasında alınacak koruyucu önlemlerle ilgili bilinç düzeyleri.

İlaçlama sırasında sağlığınıza nasıl dikkat edersiniz? (Uygulama sırasında koruyucu elbise, maske, gözlük ve eldiven kullanma)	Oran (%)
Her zaman kullanırım	60
Bazen kullanırım	23
Hiç kullanmam	17

Kiraz üreticilerinin ilaçlama sonrasında boş pestisit kutularını ne yaptıkları ile ilgili soruda katılımcıların %5'inin toprağa gömdüğü, %41'inin çöpe attığı, %15'inin yaktığı ve %34'ü ise çevreye rastgele attığını bildirmiştir (Tablo 11). Kiraz üreticilerinin konuyla ilgili yapılan çalışma sonucunda boş zirai ilaç ambalajları ve kutularının imhası ve değerlendirmesinde farklı tutumlar içinde olduğu saptanmıştır. Özkan ve ark. (2003), turunçgil üreticilerinin %7,45'lik kısmının kullanılmış boş pestisit kaplarını yakarak imha ettiğini, %21,81'inin çöp alanlarına rastgele bıraktığını, %14,36'lık kısmının toprak altına gömdüklerini ve %7,45'inin etrafa geliş güzel fırlattığını; Tücer ve ark. (2004), bağcılık yapan üreticilerin %60,54'ünün boş pestisit ambalajlarını geliş güzel attıklarını, %4,98'inin pestisit kutularını farklı amaçlar için değerlendirdiğini, %19'unun toprağa gömdüklerini ve %15,48'inin yakarak imha ettiğini, Ertürk ve ark. (2012), Iğdır ilinde tarım işletmelerinin %35,6'sının boş pestisit kaplarını toprağın altına gömdüklerini, %34,6'sının tarımsal üretim alanlarında bıraktıkları ve %29,8'lik kesiminin çöp alanlarına bıraktığını; Akbaba (2010), Adana Çukurova bölgesindeki çiftçilerin %61,1'lik kısmının boş pestisit kutu ve ambalajlarını herhangi bir yerde toplayıp ve sonrasında yakarak imha ettiğini; Karataş ve Alaoğlu (2011), bağ çiftçilerinin %65,3'lük bölümünün kullanılmış ilaç ambalaj ve kaplarını yakarak yok ettiğini, %24'lük kesiminin plansız bir şekilde çevreye attıklarını ve %10,7'lik kesimin toprak altına gömdüğünü; Erdoğan ve Gökdoğan (2017), çiftçilerin %68,3'lük kesiminin kullanılmış ilaç ambalajlarını yakarak yok ettikleri, %16,4'lük kesiminin toprak altına gömdüklerini, %13,8'lik kısmının geliş güzel çevreye bıraktıklarını ve %1,5'lik kesimin ise temizleyip farklı amaçlar için kullandığını; Gözener ve ark. (2017), domates üreticilerinin %59,72'lik kısmının kullanılmış pestisit kutularını yakarak yok ettiğini, %29,17'bölümünün toprak altına gömdüklerini, %5,56'kısımının sını evsel atıklarla birlikte çöp alanlarına koyduğunu ve %5,56'kısımının ise geliş güzel çevrelere bıraktıklarını belirlemişlerdir. Mardin'de bağ üreticilerinin ilaçlama

sonrasında boş pestisit kutularını katılımcıların %2'sinin yakarak kullandığını, %15,6'sının toprağa gömdüğü, %20'ü çöpe attığını, %24,3'ünün yaktığı ve %38,1'inin çevreye rastgele attığını bildirmiştir.

Tablo 11. Üreticilerin pestisit kutularının değerlendirme konusundaki bilgi düzeyleri.

Pestisit (Fungusit, herbisit ve insektisit) kutularını ne yaptıkları?	Oran (%)
Yıkarak kullandığını	-
Toprağa gömdüğünü	5
Çöpe attığını	46
Yaktığını	15
Çevreye rastgele attığını	34

İlaçlama sonrasında kiraz üreticilerinin %100'ünün ilaçlama aletini temizlediğini, bildirmiştir (Tablo 12). Tücer ve ark. (2004), Manisa ilinde bağcılık yapan çiftçilerin %85,42'sinin ilaçlamadan sonra ilaçlama aletini temizlediği, %14,58'inin ise ilaçlama aletini temizlemediğini; Ertürk ve ark. (2012) Iğdır'da tarımsal işletmelerin %69,2'lik bölümünün ilaç attığı aleti yıkadıklarını, %27,9'lük bölümünün ara sıra yıkadıklarını, %2,9'lük kısmının ise yıkamadıklarını; Erdoğan ve Gökdoğan, (2017) patates üreten çiftçilerinin %95,8'inin ilaçlamadan sonra ilaçlama makinesini yıkadıklarını, %4,2'sinin ise yıkamadıklarını; Erdoğan ve ark., (2017) badem alanlarında ilaçlamadan sonra çiftçilerin %90,3'lük bölümünün ilaç atma aletini yıkadıklarını, %6,5'lik kısmının yıkamadıklarını ve %3,2'lik bölümünün ise ara sıra yıkadıklarını; Kaplan ve Baran, (2021) Mardin ilinde bağcılık yapan çiftçilerinin %78,3'ünün ilaçlama aletini temizlediği, %14'ünün bazen temizlediği ve %7,7'sinin ise temizlemediğini bildirmişlerdir.

Tablo 12. İlaçlama sonrası ilaçlama aletinin temizlemesi hakkındaki üreticilerin bilgi düzeyleri.

İlaçlama sonrası ilaçlama aletinin temizlenmesi?	Oran (%)
Temizlediğini	100
Bazen temizlediğini	-
Temizlemediği	-

Kiraz üretimi ile uğraşanların %60'ının farklı pestisitleri birbirleri karıştırarak uyguladığını, %26,4'ünün ara sıra karışım yaparak kullandığını ve %13,6'sının ise hiç birbirlerine karışım yapmadan uyguladığını bildirmiştir (Tablo 13). Bu çalışmanın sonuçlarıyla paralellik gösteren Boyraz ve ark. (2005), elma çiftçilerinin %83'ünün zirai ilaçları birbirlerine karıştırarak kullandığını, %17'sinin ise zirai ilaçları karışım halinde kullanmadığını; Peker (2012), domates çiftçilerinin %56'sının pestisitleri karışım halinde kullandığını, %24'ünün pestisitleri karıştırmadan uyguladıklarını ve %20'sinin ise ara sıra pestisitleri karışım yaptıklarını; Erdoğan ve ark. (2017), badem üreticilerini %78,5'inin zirai ilaçları karıştırarak uyguladığını, %19,4'ünün ara sıra karışım yaparak kullandıklarını ve %2,1'sinin ise hiç karışım yapmadan ayrı ayrı ilaçları uyguladıklarını; Kaplan ve Baran (2021), bağ üretimi ile uğraşanların %56,5'inin pestisitleri karıştırarak uyguladıkları halde, %16,5'nin ara sıra karışım yaparak uyguladığını ve %28'inin ise hiçbirinin karıştırılmadan kullandığını bildirmişlerdir.

Tablo 13. Pestisitlerin karıştırılarak kullanılması hakkındaki üreticilerin bilgi düzeyleri.

Pestisitleri karıştırarak mı kullanıyorsunuz?	Oran (%)
Karıştırarak kullanıyorum	60
Bazen karıştırıyorum	26,4
Hiç karıştırmadan kullanıyorum	13,6

Üreticilerin %39'su kimyasal mücadele, %41'i kültürel önlemler, %12'sinin mekanik mücadele, %8'inin ise biyoteknik mücadele yöntemleri ilgili bilgi düzeylerine sahip olduklarını bildirmiştir (Tablo 14). Buna benzer yapılan bazı çalışmalarda; Erdoğan ve Gökdoğan, (2017) badem üreticilerinin kimyasal savaş haricinde %88,4'lük kısmının kültürel önlemler, %10,5'lik kısmının mekanik savaş ve %1,1'lik kısmının fiziksel savaş metotlarını uyguladığını bildirmişlerdir. Kaplan ve Baran, (2021) Bağ üreticilerinin %71'inin kimyasal savaş, %12,9'unun kültürel önlemler, %8'nin mekanik savaş, %5'nin fiziksel savaş ve %3,1'inin ise biyoteknik savaş yöntemleri uyguladığını bildirmiştir. Bu çalışmaların aksine Tokat ilinde çiftçilerin kimyasal savaş haricinde %43,58'lik kısmı kültürel tedbirleri, %33,33'lük bölümü mekanik savaş ve %23,07'lik kısmı ise fiziksel savaş kullandıklarını bildirmiştir (Kadıoğlu, 2003).

Tablo 14. Kiraz çiftçilerinin bitki koruma sorunları ile mücadele metotları hakkında bilgi seviyeleri.

Bitki koruma sorunları ile mücadele yöntemleri	Oran (%)
Kimyasal mücadele	39
Kültürel önlemler	41
Mekanik mücadele	12
Fiziksel mücadele	-
Biyoteknik mücadele	8
Biyolojik Mücadele	-
Hiçbiri	-

Kiraz üreticilerinin %100'ünün biyopestisit terimini bildiklerini ifade etmişlerdir (Tablo 15). Çalışmamızın bulgularıyla paralel olarak Erdoğan ve ark. (2017), badem üreticilerinin %78,5'inin biyopestisit terimi hakkında bilgileri olmadığı, %21,5'inin ise biyopestisit terimini bildiğini belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra başka bir çalışmada Erdoğan ve Gökdoğan (2017), çiftçilerin %97,4'lük bölümünün biyopestisit kelimesini bilmedikleri, %2,6'sı ise biyopestisit kelimesini bildiklerini; Kaplan ve Baran (2021), Bağ üreticilerinin %96,5'inin biyopestisit terimini bilemedikleri, %3,5'inin ise biyopestisit kelimesini hakkında bilgileri olduklarını belirtmişlerdir. Diğer taraftan Güneydoğu Anadolu bölgesindeki pamuk çiftçilerinin %52'si biyopestisit kelimesini önceden bildiklerini, %48'i ise bilmediklerini bildirmişlerdir (Bayhan ve ark., 2015).

Tablo 15. Biyopestisit terimi hakkındaki bilgi düzeyleri.

Biyopestisit nedir biliyor musunuz?	Oran (%)
Bilmiyorum	100
Biliyorum	0

4 Sonuçlar

Mardin ili kiraz alanlarında üretimi kısıtlayan başlıca faktörlerden birisi de bitki koruma problemleridir. Verim ve kaliteyi azaltan tarımsal zararlı etmenlerle mücadele yürütülen hatalı bitki koruma uygulamalarından dolayı

insan ve çevre sağlığı tehdit altına girmektedir. Dolayısıyla bu sorunların tespitinde ve çözümüne yönelik kiraz üreticileriyle bir anket çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda çiftçilerin üretim alanlarında bitki koruma sorunlarıyla karşılaştıklarında nasıl bir davranış sergilediklerini, kime başvurdıkları, zirai ilaç seçiminde ve uygulamasında dikkat ettikleri hususlar belirlenmiştir. Böylece çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda bu alanlarda ileri ki zamanlarda bu sorunların çözümüne yönelik çalışmaların yapılmasına önemini belirtilmiştir.

Önemli kiraz üretim potansiyeline sahip Mardin Ömerli'de kiraz üreticilerin kaliteli ve verimli ürün alabilmek için mevcut hastalık ve zararlılara karşı savaşta kimyasal mücadeleyi ön planda tuttıkları belirlenmiştir. Zamansız ve bilinçsizce zirai ilaç kullanımı neticesinde hem insan hem de çevre sağlığı yanı sıra hastalık ve zararlılarında zaman içinde pestisitlere direnç oluşturması kaçınılmazdır. Bu nedenlerden dolayı istenmeyen olumsuz şartlara maruz kalmamak için uygun olan pestisitleri kullanarak etkili, çevre dostu ve ekonomik bir mücadele yapılabilecektir. Bu yüzden Mardin'de kiraz üretimi yapan çiftçilerinin birçoğunun pestisit tercihinde Tarım İl/İlçe Müdürlükleri ve ilaç bayiliklerinin tavsiyelerine göre yaptıklarından dolayı tarımsal zararlılarla başarılı ve çevreci bir mücadele için tarım kuruluşlarına ve ilaç bayiliklerine önemli vazife ve sorumluluklar düşmektedir.

Sonuç olarak kiraz bahçelerinde canlılar arasında var olan doğal dengenin korunması açısından zararlı ve hastalık etmenlerine karşı Entegre mücadeleye uygulamalarına önem verilmelidir. Kimyasal mücadele kaçınılmaz olduğu durumlarda ise insan ve çevre sağlığı dikkate alınarak güvenli çevre dostu seçici pestisitlerin kullanılması yararlı olacaktır. Böylece kimyasal ilaçların kullanımını düşürecek uygulamaların tercih edildiği takdirde ürünlerde pestisit kalıntısı ve zararlıların pestisitlere direnç kazanması önlenmesi yanında ürün üretim maliyetlerinde de belirli düzeyde düşüşler olacağı tahmin edilmektedir. Böylece zirai mücadele faaliyetlerinde agroekosistem ve biyolojik denge korunacak şekilde sürdürülebilir tarımsal üretim yapılabilecektir.

Bilgilendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada Etik Kurul Onay Belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Akbaba B. Z. (2010). *Adana ili turuncgil yetiştiriciliği ve insektisit kullanımının değerlendirilmesi*. (Master's Dissertation, Cukurova University).
- [2] T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (2017). Ceviz Entegre Mücadele Teknik Talimatı. *T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara*.
- [3] T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2020). Retrieved September 21, 2022 from <https://www.tarimorman.gov.tr/>
- [4] TUİK (2021). Retrieved September 21, 2022 from <https://biruni.tuik.gov.tr/>

- [5] T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). Retrieved September 21, 2022 from <https://www.tarimorman.gov.tr/>
- [6] Artun, O., & Saltuk, B. (2018). A Geographic Information System (GIS)-based multi-criteria evaluation for greenhouse site selection: Tigris Basin Case Study. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12A), 9019-9025.
- [7] Ay R, Yalçın Ş, Sökeli E, Karaca İ. (2006). Antalya ili Korkuteli ilçesi sert çekirdekli meyve üretici profiline bitki koruma uygulamaları yönünden incelenmesi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1):52-55.
- [8] Bayhan E, Sağır A, Uygur FN, Bayhan SÖ, Eren S, Bayram Y. (2015). GAP Bölgesi pamuk alanlarındaki bitki koruma sorunlarının belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(3):135-146.
- [9] Boz Ö, Erol T, Benlioğlu S, Öncüler C. (1998). Aydın ilindeki zirai mücadele uygulamalarının Sosyo-ekonomik yönden değerlendirilmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 22(2):123-136.
- [10] Boyraz N, Kaymak S, Yiğit F. (2005). Eğirdir ilçesi elma üreticilerinin kimyasal savaşım uygulamalarının genel değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36): 37-51.
- [11] Çelik Y, Direk M. (2008). Konya ilinde havuç üretimi yapan tarım işletmelerinin Avrupa Birliği tarımsal muhasebe veri ağı sistemine göre sınıflandırılması ve işletme başarı ölçütlerinin karşılaştırılması. *TÜBİTAK TOVAG Proje 1070714*, 134 s, Konya.
- [12] Çiçek A, Erkan O. (1996). Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklemeye Yöntemleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:12, ders Notları Serisi No:6, Tokat.
- [13] Dilmen H., Pala, F., ve Özer Dilmen, M. (2019) Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) Üreticilerinin Tarımsal Mücadele Konusundaki Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi: Türkiye, Siirt İli Örneği. *Turkish Journal of Agricultural Research* 7(1): 1-8.
- [14] Emeli M. (2006). *Seyhan ve Yüreğir havzasında bitki koruma yöntemlerinin uygulamadaki sorunları üzerine bir araştırma*. (Master's Dissertation, Cukurova University).
- [15] Erdoğan O, Gökdoğan O. (2017). Nevşehir ilinde patates üreticilerinin bitki koruma uygulamaları. *Batu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 34(1): 51-60.
- [16] Erdoğan O, Tohumcu E, Baran, MF, Gökdoğan O. (2017). Adıyaman İli Badem Üreticilerinin Zirai Mücadele Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(11): 1414-1421,
- [17] Ertürk YE, Bulak Y, Uludağ A. (2012). Iğdır İli Tarım İşletmelerinin Zirai Mücadele Uygulamalarında Çevreye Duyarlılıkları. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4): 393-401.
- [18] Gedikli O. (2012). Samsun ili alaçam, Bafra ve Terme ilçeleri üreticilerinin bitki koruma yönünden karşılaştıkları sorunlar ile tarımsal ilaç kullanım durumunu etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi. (Master's Dissertation, Atatürk University).
- [19] Gözener B, Sayılı M, Çağlar A. (2017). Tokat ili Kazova Bölgesinde domates yetiştiriciliğinde ilaç kullanımı. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(5): 451-458.
- [20] İnan H, Boyraz N. (2002). Konya çiftçisinin tarım ilacı kullanımının genel olarak değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(30): 88-101.
- [21] Kaçar, G. & Koca, A. S. (2020). Bolu İli Kiraz ve Vişne Bahçelerinde Belirlenen Zararlı ve Faydalı Türler. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6 (3) , 435-443.
- [22] Kadioğlu İ. (2003). Tokat ilinde üreticilerin zirai mücadele etkinlikleri üzerinde bir araştırma. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1): 7-15.
- [23] Kaplan, E. & Bayhan, E. (2017). Mardin Tarım Alanlarında Üreticilerin Bitki Koruma Uygulamalarında Yaşadığı sorunlar. *UKECEK, 12-15 September 2017*, 285s.
- [24] Kaplan, M., Alaserhat, İ. (2020). Determination of Distribution, Population Change, Infestation and Damage situation of Olive Moth, *Prays oleae* (Bernard) (Lepidoptera: Praydidae) Causing Damage in Olive Orchards. *Erwerbs-Obstbau* (2020), 62 (3), 301–307.
- [25] Kaplan M, Baran MF, (2021). Determining the Awareness Levels of Vine Growers in Mardin Province with Regards to Crop-Protection Practises. *Erwerbs-Obstbau* 63 (1), 131–140 (October-2021).
- [26] Kalıpcı E, Özdemir C, Öztaş H. (2011). Çiftçilerin pestisit kullanımı ile ilgili eğitim ve bilgi düzeyi ile çevresel duyarlılıklarının araştırılması. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 4(3):179-187.
- [27] Kalkışım Ö, Onaran A, Azeri FN, Turan A. (2011). Gümüşhane ili ve ilçelerinde meyveciliğin genel durumu ve çiftçi uygulamaları üzerine bir araştırma. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2): 123-134.
- [28] Karaçayır H. F. (2010). *Elma üretimi yapan tarım işletmelerinde tarımsal ilaç kullanımında yayım yaklaşımları: karaman ili örneği*. (Master's Dissertation, Selcuk University).
- [29] Karataş E, & Alaoglu Ö. (2011). Manisa ilinde üreticilerin bitki koruma uygulamaları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3): 183-189.
- [30] Keskin A. H. (2012). Konya, Karaman Bölgesinde ceviz yetiştiriciliği. 10. *Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 5-7 Eylül 2012*, 529-534 s., Konya
- [31] Kızılay H, Akçaöz H. (2009). Elma yetiştiriciliğinde ilaç ve gübre kullanımında ekonomik kayıpların incelenmesi: Antalya İli Örneği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1): 113-119.
- [32] Özkan B, Vuruş Akçaöz H, Karadeniz C. F. (2003). Antalya ilinde turuncuğil üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik üretici tutum ve davranışları. *Anadolu, Journal of AARI*, 13(2): 103-116.
- [33] Peker AE. (2012). Konya ili domates üretiminde tarımsal ilaç kullanımına yönelik çevresel duyarlılık analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1): 47-54.
- [34] Saltuk B. (2019). Determination of Greenhouse Potential in Siirt Province and Districts by Using GIS and Recommendations to Producers. *European Journal of Science and Technology No. 15*, pp. 343-350.
- [35] Tücer A, Polat İ, Küçükler M, Özercan A. 2004. Manisa - Saruhanlı bağ alanlarında tarımsal ilaç uygulamalarındaki sorunların saptanması. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 14(1).
- [36] Üremiş, İ., Karaat, Ş., Gönen, O., Canihoş, E., Kütük, H., Ekmekçi, U., Çetin, V., Aytas, M., ve Kadioğlu, İ. (1996). Çukurova Bölgesinde Zirai İlaç Kullanımının Genel Değerlendirmesi. *II. Ulusal Zirai Mücadele İlaçları Sempozyumu 18-20 Kasım 1996*, Ankara, s: 73-79
- [37] Vatansever, G., Ulusoy, M. R. ve Bayhan, E. (1999). Ulukışla-Pozantı Yöresi Sert Çekirdekli Meyve Ağaçlarında Zararlı Olan Türler. *Türkiye III. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 14-17 Eylül 1999*, Ankara, 871-875.
- [38] Yücel, A., Çıkman, E., ve Yücel, M. (1995). Güneydoğu Anadolu Bölgesi (GAP) Uygulamaya Konulmadan Önce Harran Ovasında Çiftçinin Tarımsal Mücadeleye Bakışı. *GAP Bölgesi Bitki Koruma Sorunları ve Çözüm Önerileri Sempozyumu, 27-29 Nisan 1995*, Şanlıurfa
- [39] Zeren, O., ve Kumbur, H. (1998). İçel İlinde Tarımsal İlaç Pazarlama, Kullanım Tekniği ve Etkinliği Üzerine Araştırmalar. *Türk- Koop. Ekin* 2: 5, s:62-68.