



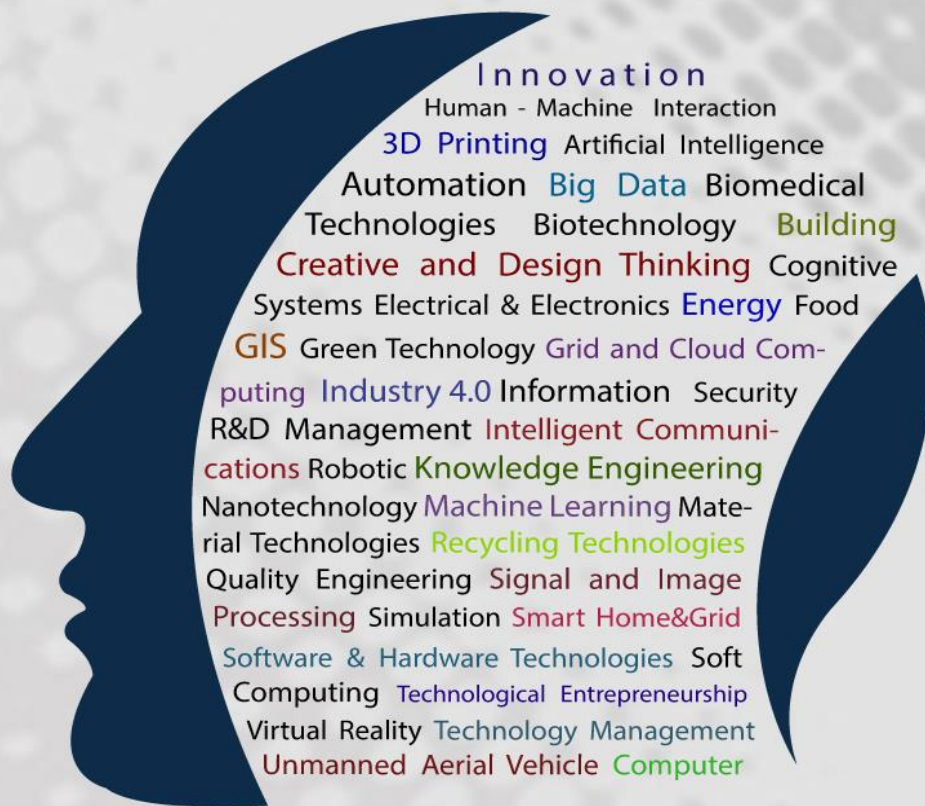
International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year : 2018

Volume : 2

Issue : 2

e-ISSN : 2602-4888



IJMST

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year : 2018

Volume : 2

Issue : 2

e-ISSN: 2602-4888

Editor-in-Chief

Asst. Prof. Dr. Turgut ÖZSEVEN

Assistant Editor

Asst. Prof. Dr. Ebubekir YAŞAR

Editorial Board

Prof. Dr. Fedai İnanır, Yıldız Teknik
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Tolga Karaköy, Cumhuriyet
University, Turkey

Prof. Dr. Filiz Ersöz, Karabük University,
Turkey

Assoc. Prof. Dr. Yahya Altunpak, Abant İzzet
Baysal University, Turkey

Prof. Dr. İsmail Rakıp Karaş, Karabük
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Ali Durmuş, Erciyes
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Ayşe Gül İnce, Akdeniz
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Kazım Hanbay, Bingöl
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Ceyhun Köse,
Gaziosmanpaşa University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Mete Çelik, Erciyes
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Enes Dertli, Bayburt
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Mithat Şimşek,
Gaziosmanpaşa University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. M. Emin Aydın, University
of the West of England, UK

Assist. Prof. Dr. Muhammet Baykara, Fırat
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Muharrem Düğenci, Karabük
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Murat Canayaz, Yüzüncü Yıl
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Şükrü Yıldız, Ahi Evran
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Recep Özdağ, Yüzüncü Yıl
University, Turkey

**International Journal of
Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies**

Year : 2018

Volume : 2

Issue : 2

e-ISSN: 2602-4888

CONTENTS

- An Experimental Fuzzy Expert System Based Application For The Go/NoGo Decisions To The Geospatial Investigation Studies Of The Regions Of The Very Large Concentrated Solar Power Plants In The European Supergrid Concept**
Burak Ömer Saraçoğlu..... 01-06
- Bacillus pumilus NK14 İzolatının Proteaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi ve Enzimin Leke Çıkarıcı Etkisinin Tespiti**
Arzu Görmez, Ebru Öztaş Gülmüş 07-12
- Bazı Kenar Algılama Yöntemlerinin Manyetik Rezonans Görüntüleri Üzerindeki Performans Analizi**
Gülcan Yıldız, Doğan Yıldız 13-17
- Çeşitli Katkı İlavelerinin Zirkonya ile Toklaştırılmış Mullitin Sinterlenme Davranışlarına Etkisi**
Hediye AYDIN, Remzi GÖREN 18-24
- Kanatçık Geometrisinin Isı Geçişine Etkisinin Parametrik İncelenmesi**
Halime Çelik, Nezaket Parlak 25-29
- Mikro Tornalama İşleminin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi ve Uygun Malzeme Modelinin Seçimi**
Ahmet HASÇELİK, Kubilay ASLANTAŞ..... 30-33
- Mini Kanal İle Fotovoltaik Hücre Soğutma**
Onur Erkan, Musa Özkan, Oğuz Arslan..... 34-38
- Morfolojik İşlemler ve Kenar Algılama Yöntemler Vasıtasıyla Beyin Tümör Yeri Tespiti ve Tümör Alan Hesabının Yapılması**
Gülcan Yıldız 39-42
- Multiphysics Numerical Analysis of MR Damper with Experimental Validation**
Zekeriya PARLAK, Mustafa Ertürk SÖYLEMEZ, Muaz Kemerli, İsmail Şahin 43-50
- Okul Öncesi Dönem Çocuklarının Medya Kullanım Düzeylerinin İncelenmesi**
Gül Kadan, Neriman Aral 51-55
- Ürün Maliyetini Azaltmak İçin İdeal Bakım Yönetimi**
Hasan Candan ÖTEYAKA, Mustafa Özgür ÖTEYAKA, Ramazan KÖSE 56-60
- Mikro Ölçekte Çift Fazlı Akış ve Isı Geçışı İçin Gözenekli Yüzey Üretimi**
Zeynep Küçükakça Meral, Nezaket Parlak 61-66

A PSO Approach to Navigational Shortest Path Problem on an Experience-Based Network Model of the Aegean Sea

Timur İNAN, Ahmet Fevzi BABA..... 67-71

Applications of Data Envelopment Analysis in Textile Sector

Alime Asli Illeez, Mücella Güner..... 72-75

The effect of the temperature of the surface of vegetation to the temperature of an urban area

Nalan Demircioğlu YILDIZ, Uğur AVDAN, Sevgi YILMAZ, M. Akif IRMAK 76-85

Removal of Diamozol Red ED-3 from Simulated Textile Wastewater in Membrane Bioreactor (MBR) System

K. Özcan, C. Acikgoz..... 86-88

An Experimental Fuzzy Expert System Based Application For The Go/No-Go Decisions To The Geospatial Investigation Studies Of The Regions Of The Very Large Concentrated Solar Power Plants In The European Supergrid Concept

Burak Omer Saracoglu^{1*}

¹*Orhantep Mahallesi, Tekel Caddesi, Istanbul, Turkey*

^{*}*Corresponding author: burakomersaracoglu@hotmail.com*

Abstract –One of the crucial activities of today's world electricity research groups is the investigation of the modeling possibility of the international grids on the concepts of the Supergrids and the Globalgrid. The European Supergrid Concept is one of the concepts in this respect. The solar power is one of the important renewable energy resource in the European Supergrid Concept. The concentrated solar power technology is one of the solar power technologies amongst the solar power technologies. The engineering, procuring, constructing and operating of the very large concentrated solar power plants in the European Supergrid Concept shall be one of the ways to escape from the consumption of fossil fuels. This paper performs an experimental one node Mamdani type fuzzy rule base evaluation approach or application for the go/no-go decisions to the geospatial investigation studies of the regions of the very large concentrated solar power plants in the European Supergrid Concept.

Keywords – *Fuzzy Logic, Concentrated Solar Power, Concentrated Solar Thermal, Concentrating Solar Power, Electricity, Energy, European Supergrid, Fuzzy Expert System, Fuzzy Inference System, Fuzzy Rule Base System, Geo-spatial Investigation, Mamdani, Power, Solar, Solar Power, Sugeno, Supergrid, Very Large Concentrated Solar Power Plants.*

I. INTRODUCTION

Nowadays, Europe is one of the leading regions, that has been working on the idea and ways to decrease the percentage of the usage of the fossil fuel based electricity generation systems and to increase the percentage of the usage of the renewable energy resources based electricity generation systems. One of the challenging Europe's renewable energy target is to reach the usage of 20% renewable energy sources over the whole energy resources by 2020 [1]. The European Supergrid Concept was modeled to serve to the 21st century's electricity grid system of the Europe [2]. The solar power is one of the important and major renewable energy resource on the renewable energy resources investigation pallet [3]. The concentrated solar power/concentrated solar thermal/concentrating solar power (CSP) technology is one of the solar power technologies, that can be engineered, constructed and operated in this respect [4]. Today, the CSP technology is generally divided into four families and two systems [5, 6]. These two systems are line focus and point focus systems and these four families are the parabolic trough, the linear Fresnel, the power tower, and the parabolic dish technologies (see [5, 6]) as shown in Figure 1.

The researchers and practitioners on this field have been working on the design of CSPs, their resource availability, their best fit locations, their location selection factors and their location selection methods for a while [7, 8, 9]. The foundations, organizations, researchers and practitioners have been investigating the possibility of the European Supergrid Concept [10]. Nonetheless, the very large concentrated solar power plant concept is a new concept and its definition is not clear and sharp yet. In this study, the very large concentrated solar power plants (VLCSPPs) are considered as the CSP stations to have the installed power of 1.000 MW or more. In the current study, a one node Mamdani type fuzzy inference system or Mamdani type fuzzy rule base evaluation approach or fuzzy expert system based model was developed and an application was performed to show how the decisions or actions could be taken for a region to go into the detailed geospatial investigation studies for the VLCSPPs in the European Supergrid Concept.

This paper has four sections. The following section is for the review of the literature. Section 3 presents the proposed system and its experimental application. The concluding remarks and further research studies are presented in Section 4.

II. LITERATURE REVIEW

A detailed literature review on the academic publication online database and journals was tried to be performed by help of some generally used and well known key terms that were very related with the subject of the current study. The previous studies and work was tried to be presented in a very

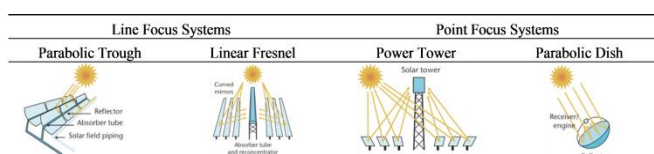


Fig. 1 The CSP technology families (Source: [5, 6]).

well organized and compact way in this study (see Table 1). The key terms in the current study were preferred to be as much possible as definitive, descriptive, distinctive, and specific in the search space of the online database and journals to get and obtain the most close, convenient and relevant studies on the search results for the current study.

Table 1. Literature review summary of the current study (database and journals: ACM Digital Library-ACMDL [11], ASCE Online Research Library-ASCEOR [12], American Society of Mechanical Engineers-ASME [13], Cambridge Journals Online-CJO [14], Directory of Open Access Journals-DOAJ [15], Emerald Insight-EI [16], Google Scholar-GS [17], Journal of Industrial Engineering and Management- JIEM [18], Science Direct-SD [19], Springer-S [20], Taylor & Francis Online/Journals-TFJ [21], Wiley-Blackwell/Wiley Online Library-WB [22], World Scientific Publishing-WSP [23]).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
ACMDL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ASCEOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ASME	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CJO	0	0	1*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DOAJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GS	0	0	6*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
JIEM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SD	0	1*	4*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1*	1*
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TFJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WSP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* Irrelevant (not relevant) document. (final date of the review: 23th September 2014)

Therefore, the key terms in the current study were queried and searched as "European Supergrid" and "very large concentrated solar power plant" (A), "European Supergrid" and "concentrated solar power plant" (B), "European Supergrid" and "CSP plant" (C), "European Supergrid" and "FuzzME" (D), "European Supergrid" and "fuzzy multiple criteria evaluation" (E), "European Supergrid" and "fuzzy weighted average" (F), "European Supergrid" and "fuzzy OWA operator" (G), "European Supergrid" and "fuzzy ordered weighted average" (H), "European Supergrid" and "fuzzified WOVA operator" (I), "European Supergrid" and "fuzzified weighted ordered weighted average" (J), "European Supergrid" and "fuzzy Choquet integral" (K), "European Supergrid" and "fuzzy expert system" (L), "European Supergrid" and "Mamdani" (M), "European Supergrid" and " Sugeno" (N), "concentrated solar power plant" and "FuzzME" (O), "concentrated solar power plant" and "fuzzy multiple criteria evaluation" (P), "concentrated solar power plant" and "fuzzy weighted average" (Q), "concentrated solar power plant" and "fuzzy OWA operator" (R), "concentrated solar power plant" and "fuzzy ordered weighted average" (S), "concentrated solar power plant" and "fuzzified WOVA operator" (T), "concentrated solar power plant" and "fuzzified weighted ordered weighted average" (U), "concentrated solar power plant" and "fuzzy Choquet integral" (V), "concentrated solar power plant" and "fuzzy expert system" (W), "concentrated solar power plant" and "Mamdani" (X), and finally "concentrated solar power plant" and " Sugeno" (Y), to get a very narrowed search results' hit set with very tight links between the documents (see Table 1).

There were only 17 documents found on this review, however 14 of them were improper, inappropriate, and unsuitable documents, because each key term had been found, and seen in the different sections of the documents without any relation and joint between them and they were

not used in any manner in the same context, so that these studies could not be taken into account and accepted as the previous works. The remaining 3 studies (1 in Spanish and 2 in English) were accessible on the Science Direct. These 3 studies were in the same subject and specifically focused on the CSP plant's daily operations (focused on the design for the operational stage) and control by help of the Takagi and Sugeno fuzzy models. Morales et al. designed the supervisory control strategy of a controller at a CSP plant equipped by some cylindrical parabolic solar collectors with examining the input parameters of so-called "set-point changes", "variations in the solar radiation" and "modifications in the parameters of the inner control loop" [24]. Chauvin et al. presented a so-called "side by side Adaptive Network based Fuzzy Inference Systems" based on the Takagi-Sugeno fuzzy inference system to be able to design efficient CSP plant controller for the operational stage of these kinds of power plants [25].

This detailed and broadened literature review showed that the subject of the current study would be one of the promising subjects in the mid to long term in the research community of the VLCSPPs, the CSPPs, the European Supergrid, the fuzzy expert systems and the fuzzy based support and decision making systems. Moreover, the literature review proved that this study would be one of the first studies, that aimed to model the real world solar power applications by the fuzzy based systems, which became and added some very unique and own difficulties and challenges (no antecedents and primitive studies) by itself, because of being in the very early preparatory research view and perspective situation. The "experimental" word was specifically used in this study to describe the current study very well in a sense, that this study was a sort of the foundation of applying and investigating the instructions of an applicable, usable and preferable fuzzy based soft computing system for the CSP and the European Supergrid communities [see 26, 27].

III. THE EXPERIMENTAL PROPOSED FUZZY RULE BASE SYSTEM AND APPLICATION

The main aim of this model is to cope with, describe and deal with the ambiguous, anomalous, cloudiness, doubtful, ignorant, imprecise, incomplete, incongruent, indistinctness, nonspecific, unsharp, uncertain, unclear, unconfident and unpredictable answers, approximations, believes, definitions, data, information, reasoning, statements, and understandings of the decision makers, experts and evaluators (humankind) during the very early stages of the VLCSPPs' studies in the European Supergrid Concept to decide whether to go or to start to the detailed geospatial intelligence and investigation studies of these VLCSPPs in this multi-national and multi-continental grid or not [see for the descriptive terminology 28, 29, 30, 31, 32, 33]. The natural situations, circumstances and conditions can be described with only one very suitable, proper and useful word "fuzzy" and "fuzziness" [34]. The definition of the fuzzy on some online dictionaries are given as "difficult to perceive; indistinct or vague", "(of a person or the mind) unable to think clearly; confused" [35]; "lacking in clarity or def-inition", "being, relating to, or invoking pleasant and usually sentimental emotions" [36]. The fuzzy logic and the fuzzy set theory, that was proposed by Lotfi A. Zadeh (Lotfali Askar Zadeh, Lotfi Aliaskerzadeh) (a mathematician, electrical engineer and computer scientist,

who was born in 1921 in Baku, Azerbaijan) in 1965, can handle and deal with the fuzziness [37, 38]. Henceforth, the fuzzy logic can be used to model and solve the current problem. After a short while of the Zadeh's fuzzy logic and set theory propagated, Ebrahim H. (Abe) Mamdani presented the Mamdani fuzzy inference in 1974 based on Zadeh's fuzzy theory to be able to use Zadeh's fuzzy logic and set theory with ease on the control systems ("traditional control systems" to "fuzzy control") [39]. Afterwards, some other researchers such as Kang, Larsen, Sugeno, Takagi, Tsukamoto, proposed some other "fuzzy logic controller models", known by their names such as Sugeno, or Takagi-Sugeno-Kang (TSK) fuzzy inference system (FIS) and fuzzy logic controller (FLC) [28, 40, 41]. Henceforth, the FISs can be used for easily solving the actual cases of the current problem. In this study, the modeling is performed on the Mamdani's FIS, because of its generally accepted main advantages such as human input suitability and not having output membership functions as either linear or constant, unlike the Sugeno [42, 43, 44, 45].

When the academics, engineers, investors, and researchers ask to themselves "where to construct and operate the VLCSPPs in the European Supergrid concept", they will find out and come up with some factors, indicators, and criteria for getting the most appropriate solution. One of the studies about the measures is presented the factors in a very detailed way (e.g. Direct Normal Irradiance (DNI), High-Voltage Alternating Current (HVDC) & High-Voltage Direct Current (HVAC) electrification grid infrastructure, and political, war, terror & security conditions) [46].

The first criteria (F1) in this study is the Direct Normal Irradiance (DNI). It is defined as "Direct Normal Irradiance-synonym for beam radiation, the amount of solar radiation from the direction of the sun." [47]. Some researchers took into account this factor (effected by clouds, aerosols, water vapor, air mass, etc.) for their fuzzy models in their studies in the other subjects [48, 49, 50]. There are a lot of researches going on to estimate the DNI as accurately as possible and to visualize it as easy and understandable as possible (e.g. see Figure 2). According to these kinds of data, information, documents and models, the DNI factor was modeled in the current study.

The second criteria (F2) is the HVDC & HVAC electrification grid infrastructure. There are many issues concerning this criteria, however in this study only the distance to the grid (the distance between the investigation location and the grid) is taken into account. The losses of the generated electricity and the cost of the transmission lines are two of the important issues in the operational period of the VLCSPPs. Some researchers took into account this factor for their fuzzy models in their studies in other subjects [52, 53, 54, 55]. According to these kinds of information, documents and models, the HVDC & HVAC electrification grid infrastructure was modeled in this study.

The third criteria (F3) is the political, war, terror & security conditions. There are many issues concerning this criteria such as the political conflicts status, the war predictions, the terror risk estimations. There are some research studies and reports on these topics (for instance: reasons of wars - religion, revenge, ethnic cleansing) [56, 57, 58, 59]. Some researchers tried to forecast and model some constituent parts of this factor for their fuzzy or other types models in their studies in the other subjects [60, 61, 62].

Ghomshei et al.'s research study and paper is one of the very inspiring ones with its fuzzy models for researchers [62].

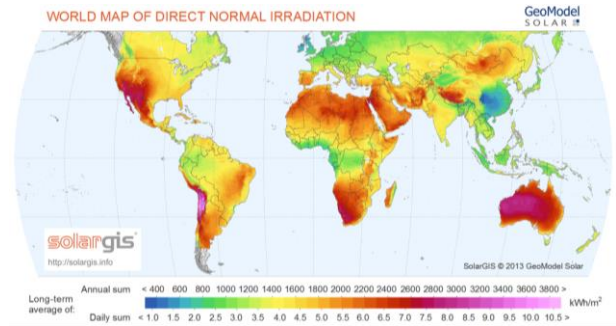
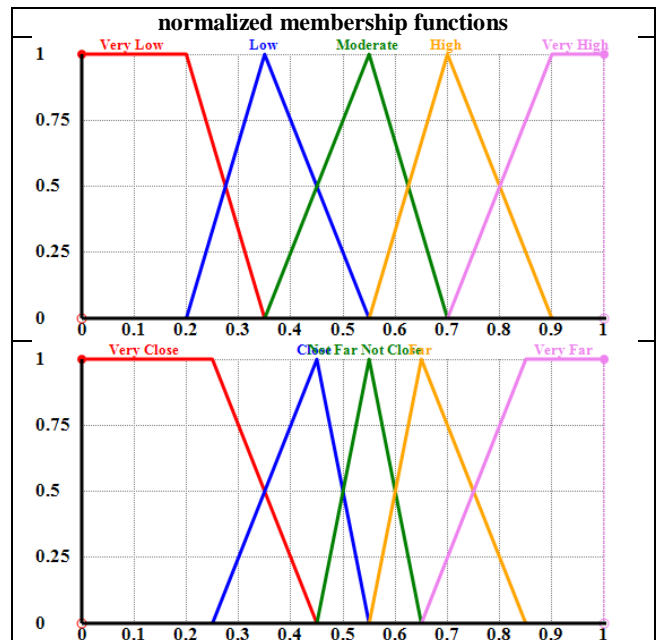
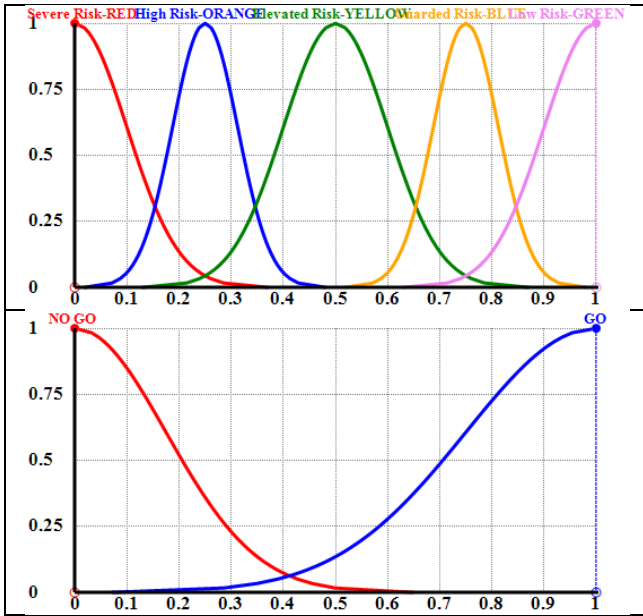


Fig. 1 World map of Direct Normal Irradiation (DNI) (Source: [51])

The mental work (modeling) of this study was performed as the paper work, the computational work was done by help of the FuzzME Software, which was developed by Holecek, Talasova, Pavlacka and Bebcakova (see [63, 64] for FuzzME). The linguistic terms, hedges and verbal scales for each factor of the model are based on the 5 Likert scales (by Rensis Likert) [65], and Zadeh's studies on the linguistic hedges [66] with considering the magical number 7, 7±2 rule for the cognitive reasons [67, 68] (5 linguistic scales) (see Table 2). All of the variables were normalized by the maximum value in the data and information set, because of performing an experimentally developed model. Totally 33 defined rules of this study were in the standard form of the Mamdani's FIS. The FuzzME screenview in this application was presented in Figure 3.

Table 2. The representative normalized membership functions on the FuzzME Software (open presentation and FuzzME model files).





* Input: DNI F1: Increasing Scale higher values are better (1st up), HVDC & HVAC F2: Decreasing Scale lower values are better (2nd up), Political, War, Terror & Security F3: Increasing Scale higher values are better (3rd up, linguistic terms based on [69])
 * Output: Increasing Scale higher values are better (down)
 * Note: Increasing Scale: values in the real life are normalized with the maximum value, Decreasing Scale: first, values in the real life are normalized with the maximum value; second, normalized values are calculated and changed as x to (1-x) or directly decreasing scale selected on the FuzzME

The experimental application study was conducted for a few randomly selected regions (in the European Supergrid Concept). The capability of the FuzzME Software was very effectively used for the evaluations of the alternatives by selecting the criterion value in either simple or extended scale type (see Table 3).

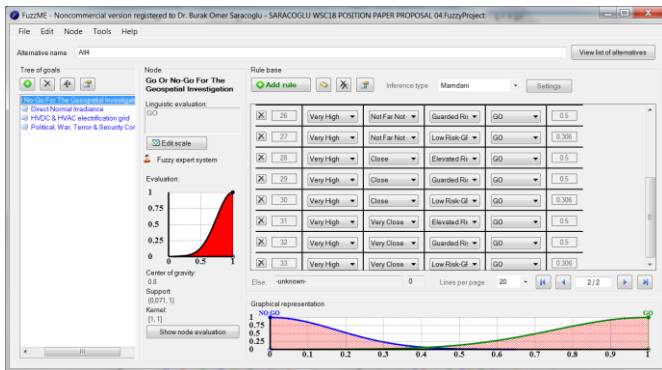


Fig. 1 The Mamdani's fuzzy rule base on FuzzME (open presentation & FuzzME files)

Table 3. The experimental alternatives on the FuzzME (open presentation and FuzzME files)

Country	Provinces & Districts*
Algeria	Adrar
	Tamanrasset
	Illizi
Morocco	Oued Ed-Dahab-Lagouira
	Laâyoune-Boujdour-Sakia El Hamra
	Guelmim-Es Semara

Table 3. The experimental alternatives on the FuzzME (open presentation and FuzzME files) (continued)

F1	F2	F3
Simple	Extended	Simple
Simple	Extended	Simple
Simple	Extended	Simple
Simple	Extended	Extended
Simple	Extended	Extended
Simple	Extended	Extended

The results of the experimental application were gathered in the sorted form as GO (Alt4, Alt5, Alt6, Alt1, Alt2 and Alt3, Alt: alternative), surprisingly there were not any NO GO classified alternatives in this experimental case.

IV. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

It is believed that this study shows the possibility of adopting and using the Mamdani type fuzzy inference system in this specific very important and crucial subject. It is hoped that very effectively usable, and sophisticated multi mode Mamdani type fuzzy rule base evaluation models on the FuzzME will help the research and practical studies in this subject. In the future studies, all the variables about this subject should be found and identified, the fuzzification of these variables should be more detailly done, and the real world applications should be performed to help the international organizations, the multinational foundations, the governments and the investors.

ACKNOWLEDGMENT

This paper had been presented, reviewed and accepted for publication in the 18th Online World Conference on Soft-Computing in Industrial Applications (WSC18) (<http://www.fti.itb.ac.id/wsc18/>), but it was not published in the Proceedings of the 18th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications (WSC18) (<https://www.springer.com/us/book/9783030006105>). The author would like to thank to Dr. Bernadetta Kwintiana Ane (conference) and Dr. Pavel Holeček (FuzzME). This study shall never be finalized and submitted to the conference without their consideration, guidance, and help. Please send your comments, feedbacks and criticisms to my e-mail (burakomersaracoglu@hotmail.com) in any format at any time. Your feedback will be very important and valuable for me during the development process of the models and systems for the real life applications.

REFERENCES

- [1] European Commission: *Impact Assessment On The EU's Objectives On Climate Change And Renewable Energy*. 2008
- [2] (2014) Friends of the Supergrid website. [Online]. Available: <http://www.friendsofthesupergrid.eu/>
- [3] International Energy Agency: *World Energy Outlook 2010*, OECD/IEA, Paris. 2010
- [4] International Energy Agency: *Technology Roadmap: Concentrating Solar Power*, OECD/IEA, Paris. 2010
- [5] The International Energy Agency (IEA), *Technology Roadmap Solar Thermal Electricity*, 2014
- [6] J. Clifton, and B. J. Boruff, "Assessing the potential for concentrated solar power development in rural Australia", *Energy Policy*, vol.: 38, pp.5272–5280, 2010
- [7] A. A. Merrouni, Ab. Mezrhab, and A. Mezrhab, "CSP sites suitability analysis in the Eastern region of Morocco", *Energy Procedia*, vol.: 49, pp.2270 – 2279. 2014
- [8] J. V. Hoesen, and S. Letendre, "Evaluating potential renewable energy resources in Poultney, Vermont: A GIS-based approach to supporting

- rural community energy planning”, *Renewable Energy*, vol: 35, pp.2114–2122. 2010
- [9] Y. Charabi, and A. Gastli, “GIS assessment of large CSP plant in Duqum, Oman”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.: 14, pp. 835–841, 2010
- [10] The Friends of the Supergrid Working Group 2, (2014) *Roadmap to the Supergrid Technologies*, [Online]. Available http://www.friendsofthesupergrid.eu/wp-content/uploads/2014/06/WG2_Supergrid-Technological-Roadmap_20140622_final.pdf
- [11] (2014) ACM Digital Library, [Online]. Available: <http://dl.acm.org/>
- [12] (2014) ASCE Online Research Library, [Online]. Available: <http://ascelibrary.org/>
- [13] (2014) American Society of Mechanical Engineers, [Online]. Available: <http://asmedigitalcollection.asme.org/>
- [14] (2014) Cambridge Journals Online, [Online]. Available: <http://journals.cambridge.org>
- [15] (2014) Directory of Open Access Journals, [Online]. Available: <http://doaj.org>
- [16] (2014) Emerald Insight, [Online]. Available: <http://www.emeraldinsight.com/>
- [17] (2014) Google Scholar, [Online]. Available: <http://scholar.google.com.tr/>
- [18] (2014) Journal of Industrial Engineering and Management, [Online]. Available: <http://www.jiem.org/index.php/jiem>
- [19] (2014) Science Direct, [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com>
- [20] (2014) Springer, [Online]. Available: <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0>
- [21] (2014) Taylor & Francis Online/Journals, [Online]. Available: <http://www.tandfonline.com/>
- [22] (2014) Wiley-Blackwell/Wiley Online Library, [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/>
- [23] (2014) World Scientific Publishing, [Online]. Available: <http://www.worldscientific.com/>
- [24] R. Morales, F. Valencia, D. Sáez, and M. Lacalle, “Supervisory Fuzzy Predictive Control for a Concentrated Solar Power Plant,” in *The 19th World Congress, The International Federation of Automatic Control*, Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014, pp. 1459–1464.
- [25] R. Chauvin, J. Nou, S. Thil, and S. Grieu, “Intra-Day DNI Forecasting Under Clear Sky Conditions Using ANFIS,” in *The 19th World Congress, The International Federation of Automatic Control*, Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014, pp. 10361–10366.
- [26] (2014) Wikimedia Foundation- Experiment, [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Experiment>
- [27] (2014) National Center for Technology Innovation, [Online]. Available: <http://www.nationaltechcenter.org/index.php/products/at-research-matters/experimental-study-design/>
- [28] M. J. Wierman, *An Introduction to the Mathematics of Uncertainty including Set Theory, Logic, Probability, Fuzzy Sets, Rough Sets, and Evidence Theory*. Center for the Mathematics of Uncertainty. Creighton University College of Arts and Sciences. 2010
- [29] G. J. Klir and B. Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*. Prentice Hall. 1995
- [30] N. K. Kasabov, *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*. MIT Press. 1998
- [31] J. F. Sowa, “What Is the Source of Fuzziness? Studies,” in *Fuzziness and Soft Computing Volume 299*, pp 645-652. 2013
- [32] (2014) National Geographic Society, Brain Games, [Online]. Available: <http://video.nationalgeographic.com/video/brain-games>
- [33] Harpaz, Y. (1994) The Mechanisms of Human Cognition, [Online]. Available: <http://human-brain.org/cognition.html>,
- [34] L.A. Zadeh, (2014) e-mail subject: Correction: Translation, summarization, understanding and world knowledge/ Chomsky, date: 03/07/2014.
- [35] (2014) Oxford University Press, Oxford Dictionaries, [Online]. Available: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/fuzzy>
- [36] (2014) Merriam-Webster Incorporated, [Online]. Available: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/fuzzy>
- [37] L.A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information and Control* vol. 8, pp.338–353. 1965
- [38] (2014) Wikimedia Foundation- Lotfi A. Zadeh, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Lotfi_A._Zadeh
- [39] E.H. Mamdani, “Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. Proceedings of the Institution of Electrical Engineers,” vol. 121, iss. 12, pp.1585–1588. 1974
- [40] T. Takagi, M. Sugeno, “Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* vol. 15, no: 1, 116–132, 1985.
- [41] C.C. Lee, “Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* vol. 20, no: 2, pp.404–418, 1990.
- [42] (2014) The MathWorks-Comparison of Sugeno and Mamdani Systems, [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/help/fuzzy/comparison-of-sugeno-and-mamdani-systems.html>
- [43] A.A. Shleeg, and I.M. Ellalib, “Comparison of Mamdani and Sugeno Fuzzy Interference Systems for the Breast Cancer Risk,” *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering*, vol:7 no:10, 695–699, 2013.
- [44] A. Kaur, and A. Kaur, “Comparison of Mamdani-Type and Sugeno-Type Fuzzy Inference Systems for Air Conditioning System,” *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, vol: 2, issue: 2, 323–325, 2012.
- [45] M.A. Salman, and N.I. Seno, “A Comparison of Mamdani and Sugeno Inference Systems for a Satellite Image Classification,” *Anbar Journal for Engineering Sciences*, vol:0, issue:0, 296–306, 2012.
- [46] Saracoglu, B. O. The Location Selection Factors Of Very Large Concentrated Solar Power Plant Investments in the Supergrid and the Globalgrid Concepts, In review. 2014
- [47] (2014) National Renewable Energy Laboratory (NREL), [Online]. Available: http://rredc.nrel.gov/solar/glossary/gloss_d.html
- [48] S.M. Lewis, S. Gross, A. Visel, M. Kelly, and W. Morrow, “Fuzzy GIS-based multi-criteria evaluation for US Agave production as a bioenergy feedstock,” *Global Change Biology Bioenergy*, pp.1–16, 2014.
- [49] H. Chaudhary, and S. Jain, “Identifying solar suitability of a region using Fuzzy logic,” *Proc. of the Intl. Conf. on Advances in Computer Science and Electronics Engineering CSEE*, pp.65–69, 2013.
- [50] L.C. Scott, and J.W. Boland, “Predicting the Diffuse Fraction of Global Solar Radiation using Regression and Fuzzy Logic,” in *Proceedings of the 37th Annual Conference of the Australia & NZ Energy Society, Sola 99*, 1999, Geelong, Australia, 01-DEC-99
- [51] (2014) GeoModel Solar, [Online]. Available: <http://solargis.info/doc/free-solar-radiation-maps-DNI>
- [52] S. Pradibtha, I.N. Piarsa, and P.W.B. Ana, “Residential Site Selection By Combining GIS And Fuzzy Database Query On Android Device,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 61, no.3, pp. 654–660, 2014.
- [53] K. Wang, Z. Li, and J. Zhou, “Two Decision-making Approaches to Fire Station Location,” *Fuzzy Environment, Journal of Information & Computational Science*, vol:11, no:13 pp.4779–4793, 2014.
- [54] T.Y. Chou, C.L. Hsu, and M.C. Chen, “A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection,” *International Journal of Hospitality Management*, vol:27, pp.293–301, 2008.
- [55] S. Hwang, and J.C. Thill, “Modeling Localities with Fuzzy Sets and GIS,” *Fuzzy Modeling with Spatial Information for Geographic Problems*, pp.71–104, 2005.
- [56] P. Collier, and N. Sambanis, *Understanding Civil War Evidence and Analysis Volume 1: Africa*, The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington DC. 2005.
- [57] S. Grimm, and G. Schneider, “Predicting social tipping points current research and the way forward,” *German Development Institute, Discussion Paper*, 8, 2011.
- [58] J.J. Xenakis, “International business forecasting using system dynamics with generational flows,” *Generational Dynamics white paper*. 2009.
- [59] M.O. Jackson, and M. Morelli, *The Reasons for Wars – an Updated Survey*. 2009.
- [60] K. Hirose, K. Imai, and J. Lyall, “Can Civilian Attitudes Predict Civil War Violence?” *Social Science Research Network*, [Online]. Available: at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2446168> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2446168> .(2014)
- [61] D.C. Garlow, *Civil War Prediction and Insurance against Political Violence*. [Online]. Available: www.vanderbilt.edu/econ/conference/gped-conference-06/papers/garlow.pdf
- [62] M. Ghomshei, J. Meech, and R. Naderi, “War, Peace and Fuzzy Logic,” *Cybernetics and Systems*, volume 39, issue 2, pp.113–135, 2008.
- [63] J. Talasova, and P. Holecek, “Multiple-Criteria Fuzzy Evaluation: The FuzzME Software Package,” in *IFSA/EUSFLAT Conference*, 2009, pp. 681–686.

- [64] (2014) The website of FuzzME, [Online]. Available: <http://www.fuzzme.net>, <http://fuzzme.wz.cz/>
- [65] R. Likert, "A Technique For The Measurement Of Attitudes," *Archives Of Psychology*, no: 140, New York, USA. 1932.
- [66] L.A. Zadeh, "A Fuzzy-Set-Theoretic Interpretation of Linguistic Hedges," *Journal of Cybernetics*, vol: 2, issue: 3, pp.4–34, 1972.
- [67] G.A. Miller, "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information," *The Psychological Review*, No.63, pp.81–97, 1956.
- [68] R.M. Shiffrin, and R.M. Nosofsky, "Seven plus or minus two: a commentary on capacity limitations," *Psychological Review*, vol:101, issue:2, pp.357–361, 1994.
- [69] (2014) The Department of Homeland Security, Citizen Guidance on the Homeland Security Advisory System, [Online]. Available: www.dhs.gov/xlibrary/assets/citizen-guidance-hsas2.pdf

***Bacillus pumilus* NK14 İzolatının Proteaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi ve Enzimin Leke Çıkarıcı Etkisinin Tespiti**

Arzu Görmez¹, Ebru Öztaş Gülmüş^{1*}

¹Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Fen Fakültesi, Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
*(ebru.oztas@erzurum.edu.tr)

Özet - Proteaz enzimi deri, gıda, tekstil, deterjan ve ilaç sanayisi gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle termofilik bakterilerden elde edilen alkalın proteaz enzimleri uzun raf ömürleri, yüksek katalitik aktiviteleri ve stabiliteyi nedeniyle oldukça ilgi çekmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmada Erzurum sıcak su kaynaklarından bakteriyel izolasyonlar yapılarak bu izolatların proteaz enzim aktiviteleri analiz edildi. İzolatlar; Gram boyama, endospor, katalaz, oksidaz, proteaz, lipaz ve amilaz testlerine tabi tutuldu. Bu amaçla izolatlar öncelikle %10 Skim Milk içeren besiyerlerinde inkübasyona bırakılarak proteaz enzim aktiviteleri tespit edildi. Besiyerlerinde proteolitik zon oluşturan izolatlar 16S rRNA dizi analiziyle tür seviyesinde tanımlandı. En yüksek proteolitik zon oluşturan *Bacillus pumilus* NK14 izolatının kültür süpernatantından elde edilen proteaz enziminin aktivite testi yapıldı (91,17 EU/ml) ve birtakım parametrelerin bu enzim aktivitesi üzerine etkileri tespit edildi. *B. pumilus* NK14 izolatının optimum enzim aktivitesini 50°C'de pH 10'da gösterdiği, sıcaklık ve pH stabilite testleri sonucunda 40°C'de ve pH 8'de kararlı yapıda olduğu gözlemlendi. Enzimin PMSF ile büyük bir oranda inhibe olduğu (%17), EDTA, EGTA, SDS ve üre ile de aktivitesinin azaldığı (%75, %80, %65, %88) belirlendi. Tween 20 (%108) ve Tween 80 (%115) ile muamele sonucunda enzim aktivitesinde artış olduğu, Ca⁺², Mg⁺² ve Mn⁺² divalent metal iyonlarıyla enzim aktivitesinin sırasıyla %110, %112, %125 oranında arttığı, buna karşın Zn⁺² ve Cu⁺² ile de %86 ile %78 oranında azaldığı tespit edildi. İzolata ait Lineweaver-Burk grafiği çizilerek *K_m* ve *V_{max}* değerleri hesaplandı (0,673 mg/ml-99 EU/ml). *B. pumilus* NK14 izolatının kültür süpernatantından elde edilen proteaz enziminin deterjan sanayi uygulamalarında kullanılabilirliğini test etmek amacıyla kan lekesi bulaştırılmış kumaş parçaları üzerinde leke çıkarıcı etkisi test edilerek sonuçların oldukça etkili olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler - termofil, proteaz, *Bacillus pumilus*, 16S rRNA, deterjan sanayi

I. GİRİŞ

Endüstriyel işlem ve uygulamalar için potansiyel olan termofilik enzimlerin büyük bir kısmını proteazlar oluşturmaktadır. Proteaz enzimlerinin deterjan, gıda, deri, et, süt sanayi, fotoğraf uygulamaları, evcil hayvan gıdaları, moleküler çalışmalar, tıbbi uygulamalar gibi çeşitli alanlar ve sanayilerde kullanımı mevcuttur [18, 3, 12, 21, 5, 17].

Proteazlar; gen ifadesi, protein mobilasyonu ve enzim modifikasyon çalışmaları gibi oldukça önemli biyolojik süreçlerde rol almaktadır. Ayrıca bu enzimler; bitki, hayvan ve mikroorganizma kalıntılarının yok edilmesi ile besin döngüsünün devamlılığının sağlanmasında önemli görevler üstlenmiştir. Canlılığın devamı için bütün organizmalarca yoğun olarak üretilen bu enzimlerin biyoteknoloji açısından önemi oldukça büyüktür [19, 7].

Endüstriyel amaçlı olarak en çok tercih edilen enzimler, bakteriyel proteaz enzimleridir.

Biyoteknolojik uygulamalarda yoğun olarak çalışılan *Bacillus* cinsi bakterilerden elde edilen proteaz enzimleri yüksek sıcaklık değerlerinde dahi enzim stabiliteyi koruyabilmekte ve bakteri durgunluk fazındayken dahi enzim üretimi yapabilmektedir [21, 5]

Proteaz enziminin yaygın olarak kullanıldığı alanların başında deterjan sanayisi gelmektedir. Bir deterjanın içeriğindeki bileşenler, raf ömrü uzunluğu, sağlığa zararlı içerininin olmaması, mikrobiyal proteaz barındırması onun kullanılabilirliğini artırmaktadır. Bakteriyel enzimlerce harmanlanmış deterjanların en önemli avataji enzimin raf ömrü boyunca kararlılığını korumasıdır. Özellikle termofilik proteazlar yüksek sıcaklık ve pH'ya direnç göstermeleri nedeniyle leke çıkarıcı etken olarak kullanılmaktadırlar. Bu sayede deterjan sanayiinde çevre dostu uygulamaların önü açılmış, sağlığa zararlı maddelerle çalışmanın zorunluluğu ortadan kalkmıştır [18, 3]

Erzurum İli jeolojik konumu nedeniyle mineralce zengin pek çok sıcak su kaynağına sahiptir. Bu nedenle çalışmada şehirdeki mevcut termal sıcak su kaynaklarından (Pasinler, Ilıca, Nenehatun) termofilik bakterilerin izolasyonu, tanılaması ve proteaz enzim aktivitelerinin incelenmesi adına araştırmalar yapılmıştır. İzolatlardan elde edilecek proteaz enziminin biyoteknolojik nitelikleri belirlenerek deterjan sanayi uygulamalarında kullanılabilirliği test edilmiştir.

II. MATERYAL VE METOD

A. Bakteri İzolatlarının Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

İzolasyon amacıyla, termal su kaynaklarından alınan su numuneleri Nutrient Agar (NA) besi yerine yayma ekim yapılarak 45°C ve 55°C'de inkübe edildi. Gelişen bakteri kolonilerinden morfolojik olarak farklı olanlar seçilerek saf kültürleri oluşturuldu. Bakteri izolatlarının basit boyamalar ile hücre morfolojileri belirlendikten sonra Gram boyama ve spor boyama yöntemleri uygulandı [25, 4, 10]. İzolatlar; amilaz, katalaz, oksidaz, proteaz ve lipaz testlerine tabi tutularak biyokimyasal özellikleri bakımından incelendi [27, 13, 10, 18, 22].

B. Proteaz Aktivitesi Tespit Edilen Bakteri İzolatlarının 16S rRNA Bölgesinin PCR ile Amplifikasyonu, Klonlanması ve Sekans Analizi

Proteaz aktivitesi gösteren izolatların DNA izolasyonunda Lazo et al. [15] (1987)'un kullandığı yöntem modifiye edilerek uygulandı. İzole edilen DNA'ların 16S rRNA bölgesi evrensel primerler (forward; 27F=5'-AGA GTT TGA TCC TGG CTC AG-3' ve reverse; 1492R=5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3') kullanılarak çoğaltıldı. 3 µl 10X PCR tamponu, 0,6 µl dNTP mix, 3'er µl primerler, 1,2 µl DMSO, 1,8µl MgCl₂, 12,1 µl sdH₂O, 0,3 µl 5 unit/µl Taq DNA polimeraz ve 5 µl DNA karışımı ile 95°C'de 5 dk, 94°C'de 1 dk, 48°C'de 1 dk, 72°C'de 1,5 dk ve 72°C'de 8 dk döngü şartlarında reaksiyon gerçekleştirildi [6].

16S rRNA gen bölgesi CaCl₂ metoduyla kompetent hale getirilen *E. coli*'ye, pGEM®-T Easy vektör sistemi kullanılarak transfer edildi. 16S rRNA gen bölgelerini ihtiva eden plazmitlerin baz dizi analizleri yapıldı. Sekans sonuçları BioEdit programı ile yorumlanarak dizi anlamlı hale getirildi ve 16S rRNA dizileri Gen Bankasında

(<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/blast.cgi>) kayıtlı olan bakteriyel dizilerle kıyaslandı [1].

C. Proteaz Enzim Aktivitesi Tayini

İzolatların proteaz aktivitesi gösterdikleri besiyeri (g/l: kazein 5 g, pepton 5 g, yeast extract 2 g, NaCl 5 g, MgSO₄.7H₂O 0,2 g, CaCl₂

0,1 g, K₂HPO₄ 1 g. pH:9) ile inkübasyonundan sonra örnekler, 20 dk +4°C'de 5000 rpm'de santrifüj edildi. 1 EU/ml (bir ünite) alkale proteaz aktivitesi, substratın parçalanması ile 1 dk'da 1µg tirozinin oluşması için gerekli olan enzim miktarı olarak tespit edildi. Stok çözeltiden konsantrasyonları; 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 75, 100, 200 µg/ml olan tirozin çözeltileri hazırlanarak tirozine ait ekstinksiyon katsayısının belirlendi ve konsantrasyon eğrisi oluşturuldu. Grafiğin eğiminden ekstrinsiyon katsayısı belirlenerek aktiviteler hesaplandı. Proteaz enzimi aktivite tayini için; 0,5 ml enzim çözeltisi ve 2,5 ml kazein çözeltisi (%0,6 kazein içeren pH 9, 50 mM Glisin-NaOH tamponunu) karıştırıldı, 37°C'de 20 dk inkübasyona bırakıldı. Akabinde 2,5 ml 0,1 M TCA (trikloroasetik asit) çözeltisi ile 37°C'de 30 dakika bekletilerek reaksiyon sonlandırıldı. Karışımın filtre kağıdından geçirilmesiyle elde edilen süzüntü (0,5 ml) üzerine 2,5 ml 0,5 M Na₂CO₃ çözeltisi ve 0,5 ml 1 N Folin-ciocalteu's phenol reaktifi eklenerek 30 dakika inkübe edildi. 660 nm'de çözeltilerin absorbanları saptandı [8, 29, 24].

D. Enzim Aktivitesi Üzerine Çeşitli Parametrelerin Etkisinin Araştırılması ve Enzimin Km ve Vmax Değerlerinin Belirlenmesi

Enzim aktivitesi üzerine sıcaklığın etkisini belirlemek amacıyla kültür süpernatantlarının 35-75 °C aralığındaki sıcaklık değerlerinde aktivite ölçümleri yapıldı [8]. Sıcaklık stabilitesinin belirlenmesi amacıyla enzim; 1, 2 ve 3 gün boyunca 40, 50, 55 ve 60°C sıcaklıklarda inkübasyona bırakıldı [24]. Aktivite üzerine pH'nın etkisini gözlemlemek amacıyla ise pH 6,0-13,0 aralığında kazein substratı içeren tamponlar kullanıldı. pH stabilitesinin tespiti amacıyla enzim 1, 2 ve 3 gün boyunca pH: 8, 9, 10 ve 11'de hazırlanmış tampon çözeltilerde 30°C'de inkübasyona bırakıldı [24].

Enzim aktivitesi üzerine 5mM konsantrasyonundaki EDTA, EGTA, DTT, PMSF, üre ve %1 konsantrasyondaki SDS, Tween 20, Tween 80, Triton X-100 ve H₂O₂'nin etkisinin belirlenmesi amacıyla kültür süpernatantları bu çözeltiler ile 2 saat boyunca 37°C'de inkübe edildi [30, 29]. Divalent metal iyonlarından olan MnCl₂, ZnSO₄.7H₂O, MgCl₂, FeCl₃, CuSO₄ ve CaSO₄'ün aktivite üzerine etkisinin saptanması amacıyla kültür süpernatantları bu iyonlardan 5 mM içeren tampon çözeltilerde 2 saat bekletildi [30, 29].

Aktivite üzerine substrat konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla kazeinin 0,5, 1, 2, 4, 6 ve 8 mg/ml'lik çözeltileri hazırlandı. Enzim konsantrasyonu sabit tutularak kazeinin farklı konsantrasyonlarıyla aktivite tayini yapıldı. Sonuçlar değerlendirilerek 1/S (substrat, kazein, mg/ml) değerine karşılık 1/V (reaksiyon hızı, E.U/ml) hesaplandı ve Lineweaver-Burk grafikleri

çizildi. Bu grafikten K_m ve V_{max} değerleri belirlendi [16].

E. Proteaz Enzimi ile Biyoteknolojik Uygulamalar

Proteaz aktivitesi gösteren bakteri izolatlarına ait kültür süpernatantlarının leke çıkarma gücünü test etmek amacıyla, kan ve çimen lekeleri bulaştırılmış steril kumaş parçaları steril su, besiyeri, deterjanlı su, kültür süpernatantı ve deterjan-kültür süpernatantı içerisinde bekletildi. Uygulama öncesi ve sonrasında kumaşların fotoğrafları alınarak değerlendirme yapıldı.

III. BULGULAR

A. 16S rRNA Bölgesinin Sekans Sonuçlarına Göre Tanılanan İzolatların Morfolojik ve Biyokimyasal Özelliklerinin Tespiti

İnoküle edildikleri besiyerinde proteolitik zon oluşturan izolatlar 16S rRNA gen bölgesi sekans sonuçlarına göre tür seviyesinde tanılandı ve izolatlar ait GenBank Numaraları alındı. İzolatların morfolojik ve biyokimyasal test sonuçları Tablo1'de gösterildi.

B. Proteaz Enzim Aktivitesi

İzolatların proteaz enzim aktiviteleri hesaplandı ve en yüksek aktivite gösteren izolat *Bacillus pumilus* NK14 (91,17 EU/ml) olarak tespit edildi. *B. pumilus* NK14 izolatının enzim aktivitesi için en uygun sıcaklık aralığının 45-65°C (optimum 50°C) olduğu gözlemlendi. Bu enzimin, birinci gün sonunda 45 ve 50°C'lerde stabilitesinin yaklaşık %10 ve 16 azaldığı, 55°C'de aktivitesinin yaklaşık %15'ini 60°C'de ise %28'ini kaybettiği gözlemlendi. İkinci gün sonunda enzim stabilitesinin 40°C'de %26'sı, 50 ve 55°C'de %35 ve 40', 60°C'de ise %75'i kaybedildi. Üçüncü gündeki aktivitelere ise stabilitede 40°C'de %65, 50 ve 55°C'de yaklaşık olarak %80 ve 82, 60°C'de %95 oranlarında azalmaların olduğu tespit edildi.

B. pumilus NK14 izolatının proteaz aktivitesi için en uygun pH aralığı 8-11 olarak tespit edildi (optimum pH 10). Enzimin pH stabilitesi birinci gün sonunda % 100 iken ikinci gündeki inkübasyonlardan sonra pH: 8 ve 9'da %100, pH: 10'da %95 ve pH: 11'de %88 olarak kaldığı belirlendi. Üçüncü günde ise aktivitenin pH: 8 ve 9'da % 85, pH: 10'da % 76, pH:11'de ise yaklaşık olarak %70 oranında korunduğu gözlemlendi. İzolatın proteaz aktivitesinin EDTA ile %75, EGTA ile %80, DTT ile %97, PMSF ile %17, üre ile %88, SDS ile %65, Tween 20 ile %108, Tween 80 ile %115, Triton X-100 ile %105 ve H₂O₂ ile de %103 olduğu tespit edildi (Şekil 1a). Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺ iyonlarının aktiviteyi artırırken (% 110, %112, %125), Zn²⁺ ve Cu²⁺ iyonlarının ise aktivitenin

azalmasına neden olduğu (%86, %78) gözlemlendi (Şekil 1b).

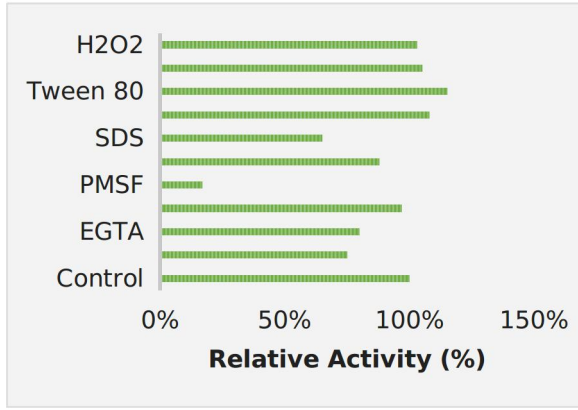
Tablo 1. İzolatların Morfolojik&Biyokimyasal Özellikleri ile Tanı Sonuçları

Tanı sonucu	İzolasyon Kodları	Morfolojik özellikler		Biyokimyasal özellikler				
		Gram test	Endospor	Katalaz	Oksidaz	Amlaz	Lipaz	Proteaz
<i>Bacillus circulans</i> (MG01650 3)	HK1, HK4, HK5, HK6, HK7, HK9, HK11, IK2, IK7, IK10, IK12, IK13, IK16, NK1, NK3, NK5, NK10, HY2, HY6, HY7, IY1, IY11, IY15, NY2	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bacillus firmus</i> (MG01650 5)	HK2, HK3, HK8, IK3, IK5, IK6, IK8, NK7, NK8, NK9, HY9, HY12, IY3, IY4, IY6, IY8, IY9	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bacillus sralis</i> (MG01651 1)	IK15	+	+	+	+	-	+	+
<i>Bacillus pumilus</i> (MG01651 3)	NK14, HY1, HY5, IY14	+	+	+	+	-	+	+

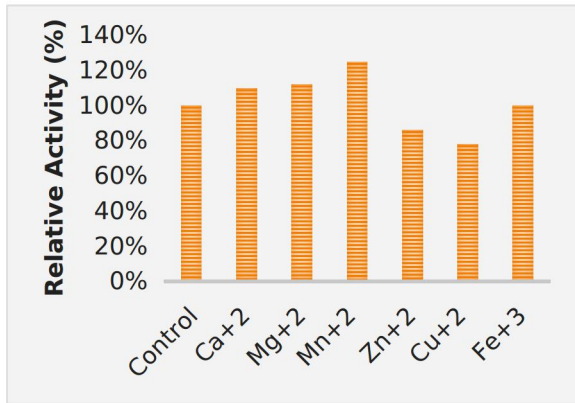
Substrat miktarı değiştirilerek sabit enzim konsantrasyonuna karşı gösterilen aktiviteler dikkate alınarak çizilen Lineweaver-Burk grafiği sonucunda K_m değeri 0,673 mg/ml, V_{max} değeri ise 99 EU/ml olarak belirlendi.

C. Biyoteknolojik Uygulamalar

B. pumilus NK14'ten elde edilen proteaz enzimi kan ve çimen lekeleri üzerine uygulanarak sonuçlar Şekil 3.'de verilmiştir. Enzimlerin deterjan ile beraber kullanıldığında diğer uygulamalara kıyasla daha etkili olduğu gözlemlendi.

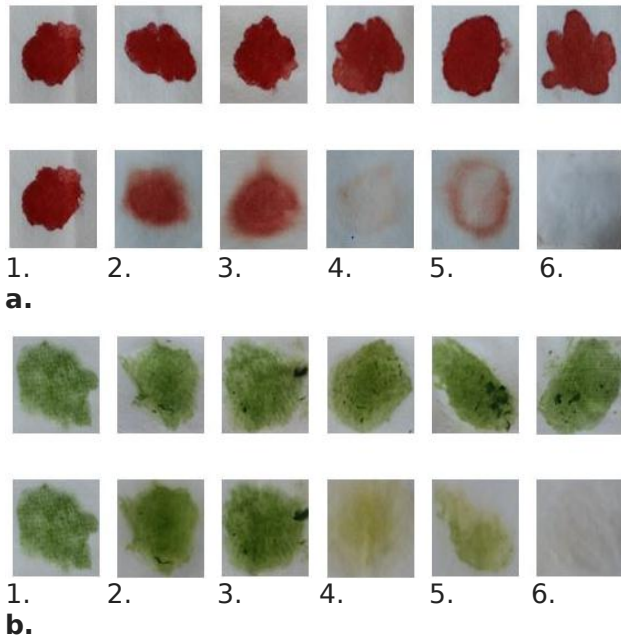


a.



b.

Şekil 1. *B. pumilus* NK14'ün enzim aktivitesi üzerine bazı parametrelerin etkisi (a) 5mM EDTA, EGTA, DTT, PMSF, üre ve% 1 SDS, Tween 20, Tween 80, Triton X-100 ve H₂O₂'nin etkileri. (b) Divalent metal iyonlarının etkisi.



Şekil 2. Proteaz Enziminin Kan ve Çimen Lekelerine Etkisi. (1) Kontrol, (2) Besiyeri ile muamele, (3) Distile su ile muamele, (4) Deterjanla muamele, (5) *B. pumilus* NK14 proteaz enzimi ile muamele, (6) Deterjan ve *B. pumilus* NK14 proteaz enzimi ile muamele

IV. TARTIŞMA

Çalışma kapsamında bakteri izolasyonlarının yapıldığı Pasinler ve Ilica sıcak su kaynaklarından daha önce de başka çalışmaların gerçekleştirildiği ve benzer bazı türlerinde izole edildiği bilinmektedir [1, 33, 28]. Söz konusu çalışmada enzim aktivitesi gösteren izolatların 16S rRNA gen bölgelerinin dizi analizi yapılarak *Bacillus* cinsi bakteriler tanılandı. Yapılan çalışma sonucunda *Bacillus circulans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus pumilus* ve *Bacillus sralis* olarak tanımlanan izolatların morfolojik ve biyokimyasal özelliklerinin literatürdeki verilerle paralellik gösterdiği gözle çarpılmaktadır [20, 31, 26].

Yapılan çalışmada güçlü proteaz aktivitesi sergileyen *B. pumilus* NK14 izolatının enzim aktivitesi için en uygun sıcaklığın 50°C, pH'nın ise 10 olduğu belirlendi. Literatürdeki verilerle kıyaslandığında, bu izolattan elde edilen proteazın termofilik alkalin proteaz enzimi olduğu tespit edildi [32, 33, 5, 11]. *B. pumilus* NK14 izolatı, 3 günlük inkübasyon sonunda 40°C'de enzim aktivitesinin %65'ini ve pH 8'de aktivitesinin %15'ini kaybetti. Üç günlük inkübasyon süresinin, daha önce yapılan çalışmalara kıyasla uzun bir süreç olduğu göz önünde bulundurulacak olursa, elde edilen proteaz enziminin stabilitesinin oldukça yüksek olduğu söylenebilmektedir. Özellikle deterjan sanayi uygulamalarında proteaz enziminin pH stabilitesi önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, izolatın enzim aktivitesinin pH 8'de oldukça stabil olduğunun görülmesi ve özellikle de üç gün kadar uzun bir inkübasyon süresine rağmen aktivitenin %50'nin altına düşmemesi büyük bir önem arz etmektedir. Tüm bu durumlar değerlendirildiğinde, elde edilen proteaz enziminin deterjan sanayi uygulamalarında kullanılacak ürünlerinin raf ömrü bakımından dayanıklı olabileceği öngörüldü.

Proteaz enzim aktivitesi üzerine yapılan pek çok çalışmada, genel olarak PMSF, EDTA, EGTA, SDS, DTT, H₂O₂ ve ürenin enzim aktivitesi üzerinde olumsuz etkide bulunduğu, buna karşın Tween 20, Tween 80 ve Triton X-100'ün enzim stabilitesine ciddi bir etkide bulunmadığına hatta bazı durumlarda aktiviteyi artırdığına rastlandı [23, 32, 5, 9, 17]. Çalışmada *B. pumilus* NK14'ten elde edilen proteaz enziminin 5 mM PMSF ile büyük bir oranda inhibe olduğu görüldü ve bu durum elde edilen enzimin serin proteaz grubundan olabileceğini düşündürdü. Yine 5 mM EDTA ile aktivite kaybına uğraması, enzimin aynı zamanda metal bağlama bölgesinin olduğunu, bu nedenle metalloproteaz ailesine de dahil olabileceğini gösterdi. Diğer taraftan oksitleyici bir ajan olan H₂O₂'ye karşı alkalin proteaz enzimleri güçlü bir stabilite gösteriyorsa bu enzimin beyazlatıcı etkide olan deterjan formülleri açısından uygunluk gösterebileceği söylenmektedir. Çalışma

kapsamında, *B. pumilus* NK14'ten elde edilen proteaz enziminin %1'lik H₂O₂'ye karşı aktivitesini koruduğu hatta aktivitesinin %3 oranında arttığı gözlemlendi. Bu durum H₂O₂'nin proteaz enzimlerinin aktivitelerini etkilemediğini ve bu enzimin deterjan sanayinde kullanılabilirliğini gösterdi.

Alkalin proteaz enzimlerinin yüksek sıcaklık değerlerinde kararlılıklarını sürdürebilmek ve aktif formlarını koruyabilmek için bir takım metal iyonlarına gereksinim duydukları belirlenmiştir [14]. Yapılan bir takım çalışma sonucunda Ca²⁺, Mg²⁺ ve Mn²⁺ iyonlarının enzim aktivitesi üzerinde olumlu etkisi olduğu ortaya konmuştur. Diğer taraftan Cu²⁺ ve Zn²⁺ iyonlarının aktiviteyi düşürmekte olduğu görülmüştür [2, 11]. Çalışma kapsamında elde edilen proteaz enzimi üzerine Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺ ve Fe³⁺ iyonlarının etkisi incelendi ve sonuç olarak Ca²⁺, Mg²⁺, Mn²⁺ iyonlarının aktiviteyi artırdığı, Zn²⁺ ve Cu²⁺ iyonlarının ise aktivite üzerinde olumsuz bir etkisinin olduğu gözlemlendi. Bu bağlamda Ca²⁺, Mg²⁺ ve Mn²⁺ iyonlarının proteaz enzimi için kofaktör olabileceği düşünüldü.

B. pumilus NK14 izolatından elde edilen proteaz enziminin saflaştırılmasına rağmen ham enzim solüsyonunun deterjan sanayinde kullanılabilirliğini gözlemek amacıyla biyoteknolojik uygulaması yapıldı. Enzim solüsyonları kan ve çimen lekeli bulaştırılmış kumaş parçalarına hem tek başına hem de hali hazırda kullanımda olan bir deterjan ile karıştırılarak uygulandı. Sonuçlar kontrollerle kıyaslandığında enzim solüsyonunun tek başına uygulamalarının lekeyi azaltıcı yönde etki gösterdiği görüldü. Deterjan ile beraber kullanımında ise lekelerin neredeyse tamamının kaybolduğu gözlemlendi. Yapılan bu uygulama sonucunda bu enzimin daha ileri çalışmalarda saflaştırılmalarıyla beraber deterjan sanayiinde kullanılabilirliği öngörüldü.

V. SONUÇ

Bu çalışma ile Erzurum ili sıcak su kaynaklarının termofilik bakteri florası belirlendi, izolatların konvensiyonel ve moleküler olarak tanımlaması yapıldı. Çalışma kapsamında izolatlar proteaz enzim aktiviteleri açısından tarandı ve en iyi aktivite gösteren izolat üzerinden çalışmalara devam edildi. Yapılan enzim aktivite tayinleri ve biyoteknolojik uygulamalar neticesinde endüstriyel açıdan büyük bir öneme sahip olabilecek bilgiler literatüre kazandırıldı. Aynı zamanda bu çalışma ile daha pek çok çalışmaya kaynak olabilecek veriler elde edildi. Tanısı yapılan izolatların biyoteknolojik bakımdan önemli başka enzimlere sahip olmaları açısından incelenmeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Adiguzel, A., Nadaroglu, H., Adiguzel, G. (2015) Purification and Characterisation of β -mannanase from *Bacillus pumilus* (M27) and Its Applications in Some Fruit Juices. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1609-y>
- [2] Alpan, L. G. (2008) Bazı Ekstrem Termofil Anaerobik Bakterilerin Alkali Proteazlarının Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [3] Çevik, S., (2010) Ege Bölgesi Sıcak Su Kaynakları ve Toprak Örneklerinden İzole Edilen Termofilik Aktinomisetlerin Proteaz Üretimlerinin Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, Bornova İzmir.
- [4] Dülger, S., (1997) Ayder Kaplıcasından Termofilik Bakteri İzolasyonu ve Teşhisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- [5] El-Gendi, S.M., Helal, S.F., Nagem, S.A. (2016) Mismatch repair protein expression status in Egyptian colorectal carcinoma: a single-centre study. *Egyptian Journal of Pathology*. 36(2), pp.185-193., <https://doi.org/10.1097/01.XEJ.0000504540.12465.b7>
- [6] Görmez, (2011) Erzurum İli'nde Kayısı Ağaçlarından İzole Edilen *Pseudomonas Türlerinin Tanısı, Karakterizasyonu Ve Çeşit Reaksiyonları*. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum
- [7] Güder, S., (2014) *Scytalidium thermophilum* Ksilanazının Kromatografik Yöntemlerle Saflaştırılması ve Biyokimyasal Karakterizasyonu. Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman.
- [8] Hameş-Kocabaş, E. E., Uçar, F., Ersin, N. K., Uzel, A., Alpöz, A. R. (2008). Colonization and vertical transmission of *Streptococcus mutans* in Turkish children. *Microbiological research*. 163(2), 168-172., <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.03.016>
- [9] Hammami, A., Hamdi, M., Abdelhedi, O., Jridi, M., Nasri, M., Bayouh, A. (2017) Surfactant-and oxidant-stable alkaline proteases from *Bacillus invictae*: Characterization and potential applications in chitin extraction and as a detergent additive. *International journal of biological macromolecules*. 96, 272-281., <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.12.035>
- [10] Harley, J.P. and Prescott, L.M. (2002) *Laboratory Exercises in Microbiology 4th Edition*. The McGraw-Hill Companies: New York.
- [11] Hussain, F., Kamal, S., Rehman, S., Azeem, M., Bibi, I., Ahmed, T., Iqbal, H. M. 2017. Alkaline Protease Production Using Response Surface Methodology, Characterization and Industrial Exploitation of Alkaline Protease of *Bacillus subtilis* sp. *Catalysis Letters*,147(5), 1204-1213., <https://doi.org/10.1007/s10562-017-2017-5>
- [12] Jiménez-Moreno, E., Frikha, M., de Coca-Sinova, A., Lázaro, R. P., Mateos, G. G. (2013) Oat hulls and sugar beet pulp in diets for broilers. 2. Effects on the development of the gastrointestinal tract and on the structure of the jejunal mucosa. *Animal feed science and technology*.182(1-4), 44-52., <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.03.012>
- [13] Klement, Z., Rudolph, K. and Sands, D.C., (1990) *Methods in Phytopathology*. Akademiai Kiado, 153-180, Budapest.
- [14] Kumar, C.G., Takagi, H., (1999) Microbial Alkaline Proteases: From A Bioindustrial Viewpoint. *Biotechnol Advances* 17: 561-594., [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(99\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(99)00027-0)
- [15] Lazo, G. R., Roffey, R., Gabriel, D. W. (1987). Pathovars of *Xanthomonas campestris* are distinguishable by restriction fragment-length polymorphism. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 37(3), 214-221., <https://doi.org/10.1099/00207713-37-3-214>

- [16] Lineweaver, H., Burk, D., (1934) The determination of enzyme dissociation constants. *J. Am. Chem. Soc.* 57, 685-1934. <https://doi.org/10.1021/ja01318a036>
- [17] Marathe, S. K., Vashistht, M. A., Prashanth, A., Parveen, N., Chakraborty, S., Nair, S. S. (2017) Isolation, partial purification, biochemical characterization and detergent compatibility of alkaline protease produced by *Bacillus subtilis*, *Alcaligenes faecalis* and *Pseudomonas aeruginosa* obtained from sea water samples. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology.* <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.10.001>
- [18] Matpan, F., (2007) *Diyadin (Ağrı) Sıcak Su Kaynaklarından Bakteri İzolasyonu ve Bazı Enzimleri Üzerinde Çalışmalar.* Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
- [19] Önal, S., (2010) Enzimler, Bölüm 8. *Moleküler biyoloji, Yıldırım, A., Bardakçı, F., Karataş, M., Tanyolaç, B.* Ankara, 249-296.
- [20] Pan J, Huang Q, Zhang Y. Gene cloning and expression of an alkaline serine protease with dehairing function from *Bacillus pumilus*. *Current microbiology.* 2004;49(3):165-9. Accessed April 11, 2012., <https://doi.org/10.1007/s00284-004-4305-8>
- [21] Pant, G., Prakash, A., Pavani, J. V. P., Bera, S., Deviram, G. V. N. S., Kumar, A., Prasuna, R. G. (2015) Production, optimization and partial purification of protease from *Bacillus subtilis*. *Journal of Taibah University for Science.* 9(1), 50-55., <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2014.04.010>
- [22] Pirinçcioğlu, H., (2010) *Dargeçit ve Güçlükönak Sıcak Su Kaynaklarından Termofilik Bakteri İzolasyonu ve Tanımlanması.* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- [23] Raval, V.H., Pillai, S., Rawal, C.M. and Singh, S.P., (2014) Biochemical and structural characterization of a detergent-stable serine alkaline protease from seawater haloalkaliphilic bacteria. *Process Biochemistry.* 49(6), pp.955-962., <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.03.014>
- [24] Sarı, E., (2011) *Bacillus circulans M34'ten Proteaz Enziminin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu.* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [25] Saygılı, H., (1995) *Fitobakteriyoloji.* Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 203, Bornova-İzmir.
- [26] Seiler, H., Wenning, M., Schmidt, V., Scherer, S. (2013) *Bacillus gottheilii* sp. nov., isolated from a pharmaceutical manufacturing site. *International journal of systematic and evolutionary microbiology,* 63(3), 867-872. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.036277-0>
- [27] Tamer, A.Ü., Uçar, F., Ünver, E., Karaboz, İ., Bursalıoğlu, M., Oğultekin, R. (1989) 3-4 Sınıf Laboratuvar Klavuzu, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 81-90.
- [28] Tarakçioğlu, S., (2016) *Erzurum İlica Kaplıcalarından Alınan Su Örneklerinden Termofilik Bakterilerin İzolasyonu, İdentifikasyonu ve Bacillus thermoamylovorans ST10 İzolatından Lipaz Enziminin Saflaştırılması, Karakterizasyonu.* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- [29] Tekin, N., (2008) *Türkiye Kaynaklı Bacillus Sp.'lerin Alkalen Proteaz Üretim Kapasiteleri ve Enzimlerin Kısmen Karakterizasyonu.* Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- [30] Thumar, J.T., Singh, S.P. (2007) Secretion of an alkaline protease from a salt-tolerant and alkaliphilic, *Streptomyces clavuligerus* strain MIT-1. *Brazilian journal of Microbiology.* 38(4), pp.766-772., <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822007000400033>
- [31] Vaz-Moreira, I., Figueira, V., Lopes, A. R., Lobo-da-Cunha, A., Spröer, C., Schumann, P., Manaia, C. M. (2012) *Bacillus purgationiresistans* sp. nov., isolated from a drinking-water treatment plant. *International journal of systematic and evolutionary microbiology.* 62(1), 71-77., <https://doi.org/10.1099/ijs.0.028605-0>
- [32] Vijayaraghavan, P., Lazarus, S., Vincent, S.G.P. (2014) De-hairing protease production by an isolated *Bacillus cereus* strain AT under solid-state fermentation using cow dung: Biosynthesis and properties. *Saudi journal of biological sciences.* 21(1), pp.27-34., <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.04.010>
- [33] Yılmaz, B., Baltacı, M. O., Sisecioglu, M., Adiguzel, A. (2015) Thermotolerant alkaline protease enzyme from *Bacillus licheniformis* A10: purification, characterization, effects of surfactants and organic solvents. *Journal of enzyme inhibition and medicinal chemistry.* 31(6), 1241-1247., <https://doi.org/10.3109/14756366.2015.1118687>

Bazı Kenar Algılama Yöntemlerinin Manyetik Rezonans Görüntüleri Üzerindeki Performans Analizi

Performance Analysis of Some Edge Detection Methods on Magnetic Resonance Images

Gülcan Yıldız^{1*}, Doğan Yıldız²

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü/Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü/Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
*(gulcan.ozler@bil.omu.edu.tr)

Özet – Manyetik Rezonans Görüntüleme; üç boyutlu görüntüler elde etme yeteneği, yüksek çözünürlüğe sahip olma, kesin bilgiler verebilme gibi avantajlarından dolayı birçok klinik ve bilimsel uygulamada kullanılmaktadır. Beyin MR görüntülerinden sayısal veriler alabilmek ve bilgisayar ortamında önemli bilgileri otomatik olarak elde edebilmek için görüntü işleme yöntemlerine başvurulabilir. Bu yöntemlerin başında, görüntüdeki bilgilerin büyük bir kısmının yer aldığı kenar bilgisini ortaya çıkaran yöntemler gelir. Literatürde, kenar algılama amacıyla kullanılan birçok standart yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada Sobel, Prewitt, Roberts, Gauss'un Laplası, Canny ve Bulanık Mantık kenar algılama yöntemleri beyin MR görüntüleri üzerinde uygulanmış ve farklı eşik değerleri kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca Bulanık Mantık yönteminde giriş ve çıkış için farklı üyelik fonksiyonları kullanılarak bu fonksiyonların performans karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında beyin MR görüntüleri için, 0.03 eşik değerine sahip Robert, Prewitt ve Sobel yöntemlerinin diğer yöntemlere göre daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler—Manyetik rezonans görüntüleme, kenar algılama yöntemleri, beyin manyetik rezonans görüntüsü, bulanık mantık.

Abstract –Magnetic Resonance Imaging is used in many clinical and scientific applications due to its advantages such as the ability to obtain three-dimensional images, high resolution, and precise information. Image processing methods can be used to obtain numerical data from brain MR images and automatically obtain important information in computer environment. At the beginning of these methods, there are methods that reveal the edge information in which a large part of the information in the image is located. There are many standard methods used for edge detection in the literature. In this study, Sobel, Prewitt, Roberts, Gauss's Laplace Canny and Fuzzy Logic edge detection methods were applied on the brain MR images and the results were compared using different threshold values. In addition, in Fuzzy Logic method, the performance comparison of these functions was made by using different membership functions for input and output. When the results were examined, it was observed that the Robert, Prewitt and Sobel methods with a threshold value of 0.03 gave better results than other methods for brain MR images.

Keywords – Magnetic resonance imaging, edge detection methods, brain magnetic resonance image, fuzzy logic.

I. GİRİŞ

Görüntü işleme, girdi olarak görüntü alan, bunu işleyerek kullanılan uygulamaya uygun çıktı görüntüsü elde eden bir işlemdir. Tüm görüntü işleme tekniklerinin temel amacı, üzerinde işlem yapılan görüntü veya nesnenin daha kolay anlaşılmasını sağlamaktır [1]. Günümüz dünyasında kullanılan görüntüler dijital formattadır. Tıbbi görüntüler, fiziksel özelliklerin dağılımını gösteren görüntülerden oluşmaktadır. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) gibi medikal görüntüleme yöntemleri, çoğunlukla vücudun iç organlarının dijital görüntülerini oluşturan veya bu organları görselleştirmek için bilgisayar teknolojilerinden yararlanan teknolojilerdir. Bu yöntemler, doktorların vücudun iç yapısı

hakkında bilgi sahibi olmalarına yardımcı olur. MRG, radyolojide vücudun iç yapısını ayrıntılı olarak görmek için kullanılan bir tıbbi görüntüleme tekniğidir. Bilgisayarlı tomografi, ultrason ve MRG, doktorların vücudun üçüncü boyutunu görmelerine imkan vererek, geleneksel x-ray görüntülemenin önüne geçmiştir [2]. Bir MRG tarayıcısı tarafından üretilen görüntüler, kesit olarak adlandırılabilir. MRG, hem yatay hem de dikey düzlemlerde beyin kesitleri üretebilme özelliğine sahiptir. MRG görüntüleri üzerinde daha kolay işlem yapabilmek için kenar algılama yöntemleri kullanılarak görüntüler kategorize edilmeli ve analiz edilmelidir [3].

Görüntü bölütleme; dijital bir görüntüyü, piksel veya süper piksel kümeleri olarak da bilinen birden çok bölüme ayırma girişimidir. Bölütlemenin amacı, görüntüyü daha anlamlı hale getirmek ve analiz edilmesini kolaylaştırmak için yapılan basitleştirme veya değiştirme işlemleridir [3]. Görüntü bölütleme, görüntü işlemenin en zor işlemlerinden biridir. Spor, biyo-medikal, uzaktan algılama uyduları, güvenlik gibi pek çok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bölütleme işlemleri, bir görüntüyü kendi bileşenlerine veya nesnelere böler. MR görüntüsü içerisindeki tümörün ayrılması, görüntü bölütlemenin önemli uygulamalarından biridir. MRG'de tümörlerin manuel olarak saptanması, zaman alıcı bir işlemdir. Aynı zamanda bu saptama işlemi için hatalara karşı hassas olan eğitimli radyologlara ihtiyaç duyulmaktadır. Çok sayıda hasta ve dolayısıyla çok sayıda görüntünün olmasından ötürü bu kadar büyük bir verinin manuel olarak tespit edilmesi ve bölümlere ayrılması oldukça zahmetlidir. Bu nedenle, bu süreci otomatik hale getirme ihtiyacı duyulmakta ve bölütleme teknikleri bu hedefe ulaşmada önemli bir rol oynamaktadır [4]. Kenar algılama ise temel bölütleme yöntemlerinden biridir. Kenar algılama, temel olarak görüntü yoğunluğundaki süreksizliklerin, özellikle yoğunluğun keskin bir biçimde değişme eğiliminde olduğu kenarlar boyunca tanımlanmasını amaçlamaktadır [3].

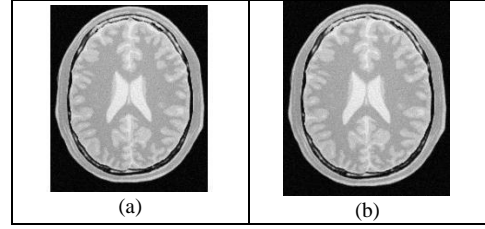
Kenar tespiti, insan beyni üzerinde yapılan çalışmalarda özellik tanıma ve özellik çıkarma için kullanılan önemli bir araçtır. MR görüntüleri üzerinden hastalık teşhisi yapmak için kullanılan kenar algılama ve bölütleme üzerine birçok araştırma bulunmaktadır. [4] çalışmasında, MR görüntüsünün beyin tümörü bölütlemesi için geliştirildiği bir Sobel kenar tespit yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntemle oluşturulan kenarlar, daha az yanlış kenarlara ve kapalı konturlara sahiptir. [5] çalışmasında beyin MR görüntüsünün K-ortalama kümeleme algoritması kullanılarak bölütlenmesi önerilmiş ve ayrıca tümör konumunu tespit ederken -beyin MR görüntüsünün bölütlenmesinden sonra kaçınılmaz olarak oluşabilecek- yanlış bölütlenmeyi önlemek için morfolojik filtreleme uygulanmıştır. [3] çalışmasında orijinal MR görüntüsü ilk olarak, Bulanık K-Ortalamlar Kümeleme tekniğini içeren Parçacık Sürtünme optimizasyonu kullanılarak yapılan görüntü bölütlenmesine tabi tutulmuştur. İkinci olarak ise, ince kenarları tespit etmek için canny kenar algılama algoritması kullanılmıştır. [6] çalışmasında beyin tümör tespiti için ön işlem olarak Canny, Prewitt, Robert kenar algılama filtreleri kullanılmıştır. [7] çalışmasında ise tümör, Canny kenar algılama algoritmasına göre bölütlere ayrılmıştır.

Yapılan çalışmalar dikkate alındığında tümör ve diğer hastalıkların teşhisi için kenar algılama yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmada ise Sobel, Canny, Prewitt, Roberts ve Gauss'un Laplası (Laplacian of Gaussian, LoG) kenar çıkarma yöntemleri, farklı eşik değerleri kullanılarak MR görüntülerine uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık mantık yöntemi ile kenar algılama sonuçları verilmiştir.

II. MATERYAL VE METOT

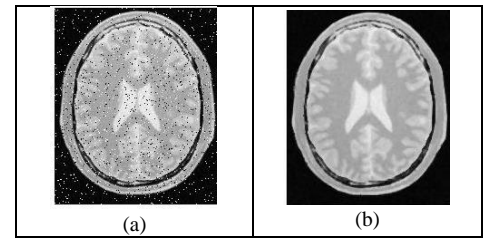
Kenar algılama, görüntüdeki bilgileri çıkarmak için uygulanan ilk adımdır. Kenar algılama işleminin amacı, görüntüdeki bir alanın veya sınır nesnelere görünümünü iyileştirmektir [8]. Bu çalışmada kullanılan görüntüler beyin MR görüntüleridir. Örnek görüntü Şekil 1a ile gösterilmiştir.

MATLAB benzetim ortamının Image Processing Toolbox'ı kullanılarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, görüntü okunmuş ve renkli ise gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür (Şekil 1b).



Şekil 1 a) Örnek MR görüntüsü b) Gri seviye görüntü

Görüntüde var olan gürültüyü gidermek için medyan filtre kullanılmıştır. Bunun için öncelikle tuz-biber gürültüsü eklenmiş ve filtre uygulanmıştır. Filtreleme sonucu Şekil 2b'deki gibidir.



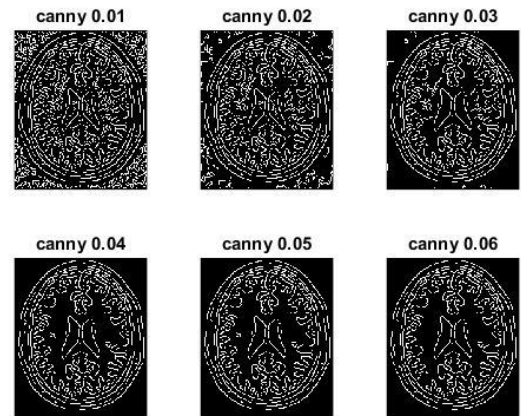
Şekil 2 a) Tuz-biber gürültü eklenmiş görüntü b) Gürültü sonrası medyan filtreleme

Bu çalışmanın esas amacı MR görüntülerinde kenar algılamayı kullanmaktır. Böylece beyin yapısındaki şekiller en iyi şekilde görülebilir ve hastalık veya lezyon araştırmalarının yapılması kolaylaşabilir. Bu çalışmada kenar algılama yöntemleri karşılaştırılmış ve uygun eşik değerleri araştırılmıştır. Canny, Gauss'un Laplası (LoG), Prewitt, Roberts, Sobel ve Bulanık Mantık kenar algılama yöntemleri, beyin MR görüntülerine uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

III. DENEYSEL ÇALIŞMA

A. Canny Yöntemi

Eşik değeri 0.01 ile 0.06 arasında uygulanan Canny yöntemi için sonuçlar Şekil 3 ile verilmiştir.

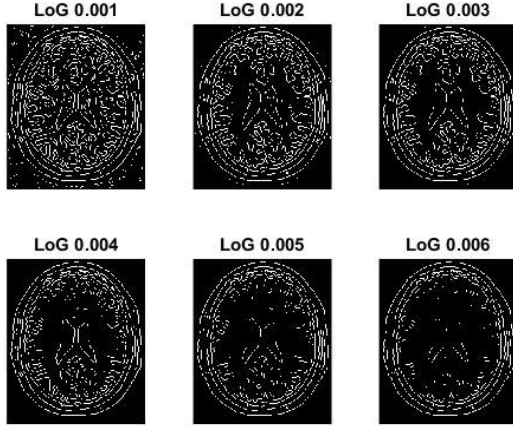


Şekil 3 Canny yöntemi sonuçları

Sonuçlara bakıldığında Canny yönteminin bu görüntüler için ideal olmadığı görülmektedir. Elde edilen sonuç, görüntüye ait değerlerin yanında birçok gürültü barındırmaktadır.

B. Gauss'un Laplası (LoG)

Eşik değeri 0.001 ile 0.006 arasında uygulanan Gauss'un Laplası (LoG) yöntemi için sonuçlar Şekil 4 ile verilmiştir.

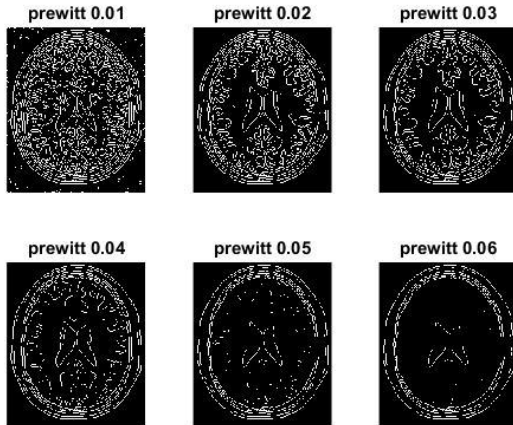


Şekil 4 Laplacian of Gaussian (LoG) yöntemi sonuçları

Bu yöntemle göre ise kenar algılama yapılamamaktadır. Şekil 4'e bakıldığında MR görüntüleri için bu yöntemin uygun olmadığı görülmektedir.

C. Prewitt Yöntemi

Eşik değeri 0.01 ile 0.06 arasında uygulanan Prewitt yöntemi için sonuçlar Şekil 5 ile verilmiştir.

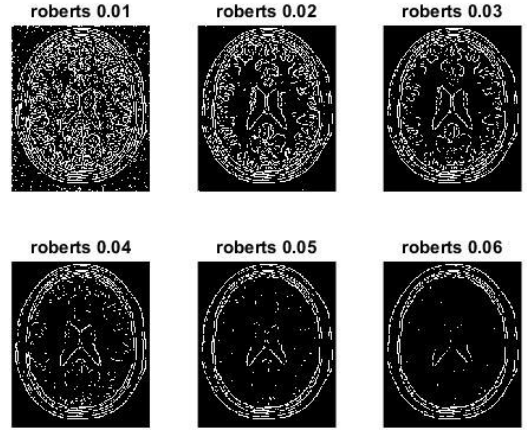


Şekil 5 Prewitt yöntemi sonuçları

Prewitt yöntemi ile yapılan uygulama sonucu en iyi sonuçlar, 0.03 eşik değeri ile elde edilmiştir. Fakat eşik değeri arttığında kenar algılama yapılamamaktadır. Örneğin, 0.06 eşik değeri için şekillerde kaybolmalar gözlenmiştir.

D. Roberts Yöntemi

Eşik değeri 0.01 ile 0.06 arasında uygulanan Roberts yöntemi için sonuçlar Şekil 6 ile verilmiştir.

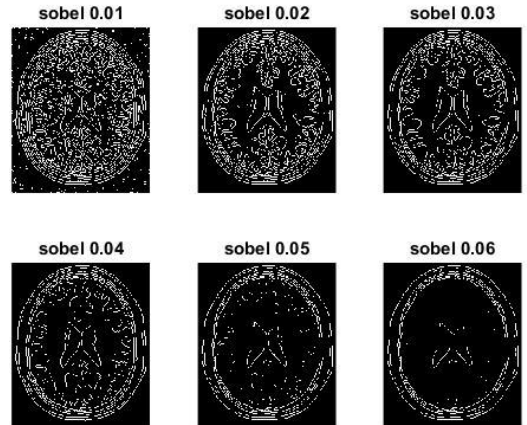


Şekil 6 Roberts yöntemi sonuçları

Sonuçlara bakıldığında Roberts yöntemi ile genel olarak çok fazla gürültünün görüntüde kaldığı görülmektedir. Fakat 0.03 eşik değeri için kenarların daha iyi algılandığı söylenebilir.

E. Sobel Yöntemi

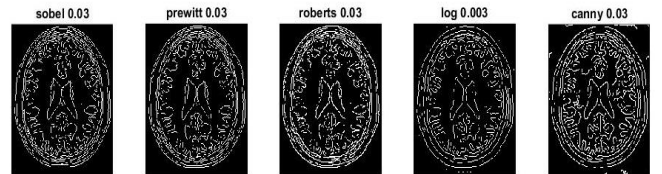
Eşik değeri 0.01 ile 0.06 arasında uygulanan Sobel yöntemi için sonuçlar Şekil 7 ile verilmiştir.



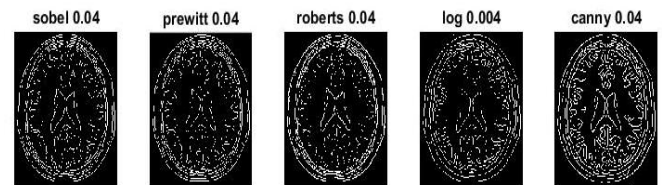
Şekil 7 Sobel yöntemi sonuçları

Eşik değeri 0.03 ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Diğer durumlarda ise, gürültünün daha etkin olduğu görülebilmektedir.

Eşik değerine göre tüm yöntemlerin sonuçları da karşılaştırılmıştır. Şekil 8 ile 0.03 eşik değerine sahip, Şekil 9 ile ise 0.04 eşik değerine sahip yöntemlerin sonuçları verilmiştir.



Şekil 8 0.03 eşik değeri tüm yöntem sonuçları



Şekil 9 0.04 eşik değeri tüm yöntem sonuçları

F. Bulanık Mantık Yöntemi

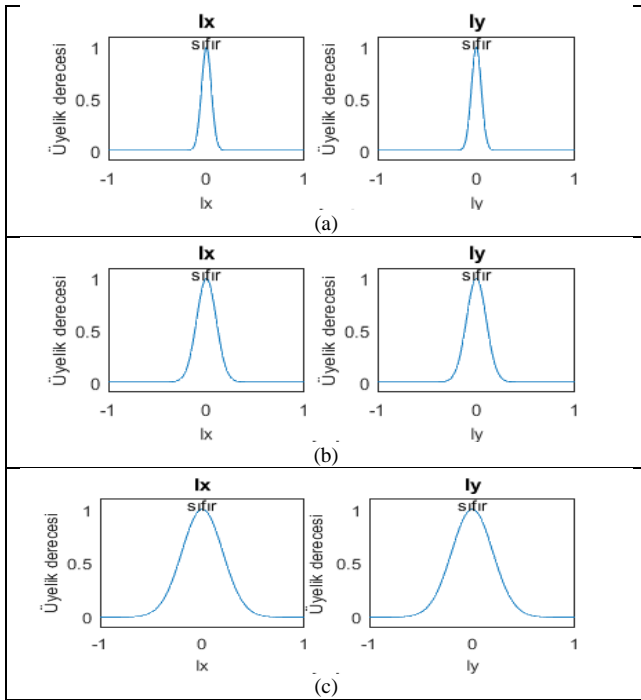
Görüntüye bulanık mantık uygulamak için öncelikle gri seviyedeki görüntü, $[0,1]$ aralığına indirgenerek normalize edilmiştir. X-Y eksenleri için görüntü gradyanı belirlenmiştir. Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS, Fuzzy Inference System - FIS), giriş olarak I_x ve I_y ile ve çıkış olarak $I_{\text{çıkış}}$ ile tanımlanmıştır. Tasarlanan BÇS'de I_x ve I_y girişleri için Gauss üyelik fonksiyonu, $I_{\text{çıkış}}$ çıkış için üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. BÇS kuralı, pikselin belirli bir bölgeye ait olması durumunda beyaz, diğer durumlarda siyah olacak şekilde tanımlanmıştır. Her bir satır için ölçekleme verileri yatay ve dikey girişler için değerlendirilmiştir. Bulanık çıktı ve orijinal görüntülerin sonuçları çizdirilmiştir [9].

Giriş ve çıkış için farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Bu değişkenlere ait değer aralık durumları Tablo 1 ile verilmiştir.

Tablo 1. Giriş ve Çıkış Değişken Aralıkları

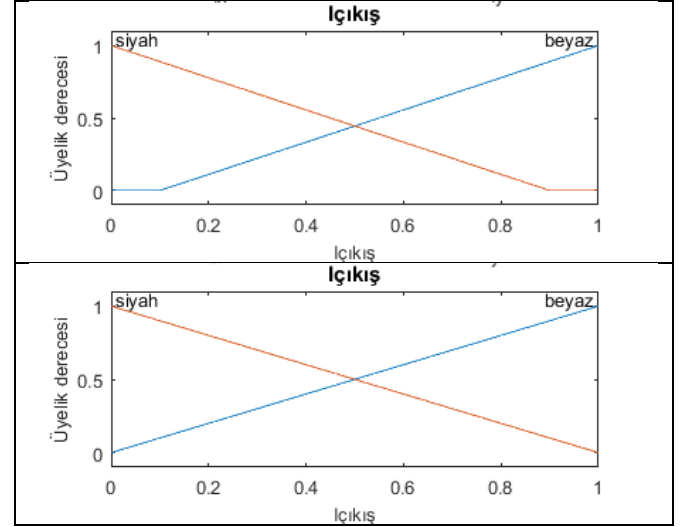
Değişken Türü	İsim	Aralık
Giriş 1	X Gradyan	[-1 1]
Giriş 2	Y Gradyan	[-1 1]
Giriş 1 ve Giriş 2	Gauss Üyelik Fonksiyonu (Durum A)	[0.05 0]
Giriş 1 ve Giriş 2	Gauss Üyelik Fonksiyonu (Durum B)	[0.1 0]
Giriş 1 ve Giriş 2	Gauss Üyelik Fonksiyonu (Durum C)	[0.2 0]
Çıkış (Durum 1)	Beyaz	[0.1 1 1]
	Siyah	[0 0 0.9]
Çıkış (Durum 2)	Beyaz	[0 1 1]
	Siyah	[0 0 1]

Girişler için Gauss üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Farklı değer aralıkları için kullanılan giriş üyelik fonksiyonları Şekil 10 ile gösterilmiştir.



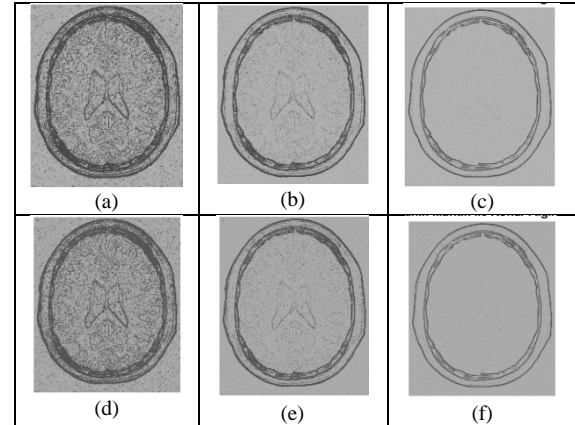
Şekil 10 Giriş üyelik fonksiyonları (Gauss) a) Durum A: [0.05 0] b) Durum B: [0.1 0] c) Durum C: [0.2 0]

Çıkış için ise üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. 2 farklı çıkış üyelik fonksiyonu Şekil 11 ile gösterilmiştir.



Şekil 11 Çıkış üyelik fonksiyonları (Üçgen) a) beyaz: [0.1 1 1], siyah: [0 0 0.9] b) beyaz: [0 1 1], siyah: [0 0 1]

Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonlarının farklı kombinasyonları için elde edilen kenar algılama sonuçları Şekil 12 ile verilmiştir.



Şekil 12 Üyelik fonksiyon değerlerine göre kenar algılama sonuçları a) Durum 1-A b) Durum 1-B c) Durum 1-C d) Durum 2-A e) Durum 2-B f) Durum 2-C

IV. SONUÇLAR

MR görüntüleri üzerinden anlamlı bilgiler elde edebilmek için kenar bilgisi kullanılabilir. Bu çalışmada uygulanan bulanık mantık yöntemindeki giriş çıkış fonksiyonlarının, beyin MR görüntüleri üzerinde kenar tespiti için uygun olmadığı görülmektedir. Diğer benzetim sonuçları incelendiğinde en iyi yöntemlerin Robert, Prewitt ve Sobel olduğu ve bunlar için ideal eşik değerinin 0.03 olduğu görülmektedir. Eşik değeri 0.04'e çıkarıldığında görüntüdeki özgün ve değerli olan bilgilerin kaybolduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] K.K. Singh, and A. Singh. "A study of image segmentation algorithms for different types of images." *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)* 7.5 (2010): 414.

- [2] P. Sharma, M. Diwakar, and S. Choudhary. "Application of edge detection for brain tumor detection." *International Journal of Computer Applications* 58.16 (2012).
- [3] R. Laishram, W. K. Kumar, A. Gupta, and K. V. Prakash "A novel MRI brain edge detection using PSOFCM segmentation and canny algorithm." in *Electronic Systems, Signal Processing and Computing Technologies (ICESC), 2014 International Conference on* (pp. 398-401). IEEE. (2014, January)
- [4] A. Aslam, E. Khan, and M. M. S. Beg. "Improved edge detection algorithm for brain tumor segmentation." *Procedia Computer Science*, 58 (2015): 430-437.
- [5] R. P. Joseph, C. S. Singh, and M. Manikandan. "Brain tumor MRI image segmentation and detection in image processing." *International Journal of Research in Engineering and Technology*, (2014). 3(1), 1-5.
- [6] N. L. Shimpi, G. A. Zeeshan, and R. Sundaraguru. "Brain Tumor Detection And Extraction." *Brain 4.10* (2017).
- [7] N. Manasa, G. Mounica, and B. D. Tejaswi. "Brain Tumor Detection Based on Canny Edge Detection Algorithm and it's area calculation." *Brain* (2016).
- [8] R. Munir, "Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik." Bandung: *Informatika*. (2004).
- [9] S. Patnaik, K. Parvathi, and S. K. Mandal. "Development Of Simple Edge Detection Technique Using FIS." (2017): 323-332.

Çeşitli Katkı İlavelerinin Zirkonya ile Toklaştırılmış Mullitin Sinterlenme Davranışlarına Etkisi

Hediye AYDIN^{*1}, Remzi GÖREN¹

^{1*}Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 43100, Kütahya.
[*\(hediye.aydin@dpu.edu.tr\)](mailto:hediye.aydin@dpu.edu.tr)

Özet – Çok fazlı seramik malzemeler uzun zamandır kullanıldığı halde, günümüzde sahip olduğu üstün özellikleri ve davranışları bakımından üreticilerin tasarım yeteneğini geliştirmesinden dolayı kompozit malzemeler önemli endüstriyel ve teknolojik role sahiptir. Yapılan çalışmanın amacı farklı katkıları içeren başlangıç kompozisyonunun mullit-zirkonya kompozitlerin mikroyapı, yoğunluk ve mineralojik özelliklerine etkisini incelemektir. Zirkonya ile toklaştırılmış mullit kompozitler ağırlıkça %10 oranında YSZ (Yttria ile stabilize olmuş Zirkonya) ve kolemanit içerikli karışımların 1450-1600 °C sıcaklıkta 5 saat sinterlenmesiyle hazırlanmıştır. X-ray difraksiyon analizi ile sentezlenen kompozitlerin faz kompozisyonları mullitin ana faz; t-ZrO₂ ve m-ZrO₂ fazının ise farklı katkı içeriğinin bir fonksiyonu olarak geliştiğini göstermiştir. Kompozitlerin yığınsal yoğunluğu artan sinterleme sıcaklığına bağlı olarak 3.11-3.74 g/cm³ aralığında artmıştır. Mullit tanenin morfolojisi homojen olarak dağılmış zirkonya taneleriyle birlikte uzamış eş eksenli taneler olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Zirkonya/mullit kompozit, ZrO₂ (Zirkonya), YSZ (Yttria ile Kararlı Hale Getirilmiş Zirkonya), Kolemanit.

Effect of Different Additives on the Sintering Behaviors of Zirconia Toughened Mullite

Abstract – Although multi-phase ceramic materials were always used for ages, today composite materials have an important industrial and technological role, because they enlarge the design capability of the manufacturer in properties and behaviors. The objective of the present work is to study the influence of the starting composition with different additives in the microstructure, density and mineralogical properties of mullite-zirconia composites. Zirconia toughening of mullite composites were prepared by adding 10 wt. % YSZ (Yttria Stabilized Zirconia) and colemanite contents in the mullite and sintering at 1450-1600 °C for 5h. The phase composition of mixtures examined by X-ray diffraction analysis showed that mullite was the major phase combined with developed t-ZrO₂ and m-ZrO₂ phase as a function of different additive content. Density of composites increase when sintering temperature were increased ranging from 3.11 to 3.74 g.cm⁻³. The morphology of mullite grain was showed elongated grains with homogeneously distributed zirconia grains.

Keywords – Zirconia/mullite composite, Reaction Sintering, YSZ (Yttria Stabilized Zirconia), Colemanite.

I. GİRİŞ

Al₂O₃-SiO₂-ZrO₂ sisteminden elde edilen seramik malzemeler yüksek refrakterlik, kimyasal direnç ve üstün termo mekaniksel dayanım özelliklerinden dolayı çelik ve cam endüstrisi gibi yapısal uygulamalarda geniş ölçüde kullanılmaktadır [1]. Zirkonya ile toklaştırılmış mullit (ZTM) kompozitler üstün optik, mekanik ve termal özellikleriyle teknolojik uygulamalar için tercih edilen malzemeler arasındadır. Zirkonya ile toklaştırılmış mullit kompozitler (ZTM) için sol-jel, katı hal sinterleme, termal plazma ergime gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır [2-6]. Endüstriyel uygulamalar için daha yüksek yoğunluklu ürün elde etmek için mikroyapı kontrolü ile ZTM ürünler genellikle kimyasal reaksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle zirkonya, mullitin katı solüsyonlar içinde

sinterleşme oranını arttırmaktadır ve ikinci faz olarak tane büyümesini engelleyici ve toklaştırma ajanı olarak rol oynamaktadır [7]. Yapılan çalışmada zirkonya ile toklaştırılmış mullit (ZTM) kompozit malzemesi reaksiyon sinterleme yöntemiyle 1450°C-1600°C sıcaklıklar arasında alümina (Al₂O₃), kaolinit (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O) ve zirkon (ZrSiO₄) esas karışımına kolemanit (Ca₂B₆O₁₁ 5H₂O), yttria ile kararlı hale getirilmiş zirkonya (YSZ) gibi katkıları ilave edilerek elde edilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı; çeşitli sıcaklık koşulları altında süreç katkılarının kristalizasyon, yoğunlaşma ve mullit/zirkonya kompozitinde zirkonya ve mullitin mikro yapısına etkilerini incelemektir.

II. MATERYAL VE METOT

Başlangıç malzemeleri olarak zirkon (Johnsen Matthey, Serletaş, İstanbul), alümina (BDH Limited Poole, Almanya), kaolinit (Kütahya Porselen, Kütahya), kolemanit (Eti Maden, Türkiye) ve 3 mol% YSZ [Y_2O_3/ZrO_2], (Inframat Advanced Materials) kullanılmıştır. Tablo 2, Spectro X-lab 2000 marka XRF cihazı ile gerçekleştirilen başlangıç hammaddelerin

kimyasal kompozisyonunu göstermektedir. Aşağıda verilen (eşitlik 2.1) sentez reaksiyonu için üç ayrı kompozisyon üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bununla beraber, kompozisyonların hazırlanmasında ağırlıkça miktarlar kullanılmıştır. Hazırlanan karışımların oranı tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan kompozisyonlar (ağırlıkça %)

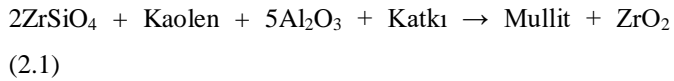
HAMMADDE	ZTM ₀	ZTM _K	ZTM _Z
Zirkon	30	20	20
Kaolinit	25	25	25
Alümina	45	45	45
Kolemanit	-	10	-
YSZ	-	-	10
Toplam	100	100	100

Tablo 2. Başlangıç hammaddelerin kimyasal kompozisyonu (ağırlıkça %)

BİLEŞENLER	ZİRKON	KAOLİNİT	ALÜMİNA	KOLEMANİT	YSZ
SiO ₂	29.96	53.01	0.02	5.54	≤0.1
ZrO ₂	64.08	-	-	-	99.9
Al ₂ O ₃	0.02	32.56	95.86	0.10	-
CaO	0.11	0.12	0.49	28.96	-
B ₂ O ₃	-	-	-	35.69	-
MgO	0.03	0.04	0.02	1.80	-
Fe ₂ O ₃	0.07	1.16	0.04	0.05	-
K ₂ O	0.04	0.13	0.01	0.02	-
Na ₂ O	0.11	0.09	0.04	0.05	-
TiO ₂	0.22	0.30	0.01	-	-
MnO	-	-	-	0.01	-
SrO	0.07	-	-	0.85	-
HfO ₂	1.10	-	-	-	-
P ₂ O ₅	1.15	-	-	-	-
SO ₃	0.03	0.94	-	0.25	-
A.Z	0.35	11.63	2.90	24.52	-
Toplam	100	100	100	100	100

(*) Eti Madenden alınmıştır.

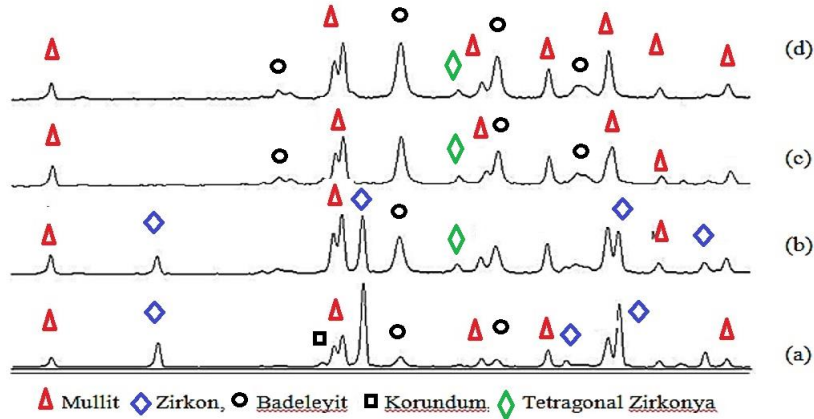
Hazırlanan üç ayrı karışımdan reaksiyon sinterleme yöntemi ile eşitlik 2.1’de verilen son kompozisyon elde edilmiştir. Stokiyometrik olarak hazırlanan karışımlar 300 rpm/dk. hızda 4 saat boyunca gezegensel değirmen ile öğütülmüştür.



Öğütülen karışımlar 100 °C’lik etüvde kurutulduktan sonra 125 µm’luk elekten geçirilmiştir. Mineralojik analizler için hazırlanan karışımlardan 20 mm çaptaki çelik bir kalıpta 3

ton basınçta tek eksenli preste pelet şeklinde numuneler elde edilmiştir. Numuneler 1450, 1500, 1550 ve 1600 °C’de 5 °C/dk. ısıtma hızında belirtilen sıcaklıklarda 5 saat sinterlenmiştir. Sinterlenen pelet şekilli ürünler 63 µm altına öğütüldükten sonra, (Ni filtre, Cu K_α radyasyon) X-ray difraktometre (Rigaku, MiniFlex) ile faz analizlerine tabii tutulmuştur. Faz analizlerinin yanı sıra, sinterlenen numunelerin yoğunlukları arşimet yöntemi ile; mikroyapı analizleri ise JEOL-JSM 5600LV marka taramalı elektron mikroskobu ile yapılmıştır.

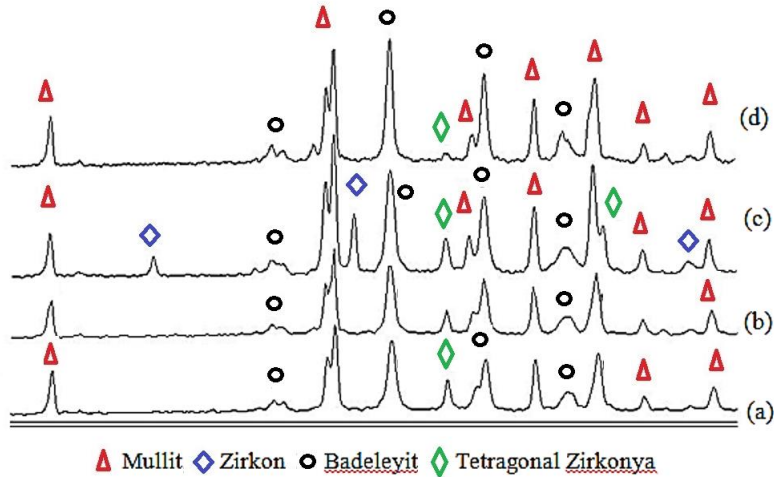
III. BULGULAR VE TARTIŞMA



Şekil 1. (a) 1450 °C, (b) 1500 °C, (c) 1550 °C ve (d) 1600 °C'de 5 saat sinterlenen katkı içermeyen karışımların (ZTM₀) X-ray difraktomları.

Katkı içermeyen (ZTM₀), kolemanit içerikli (ZTM_K) ve yitriya ile kararlı hale getirilmiş zirkonya (YSZ) içeren (ZTM_Z) örnekler için XRD analizleri sırasıyla Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3'te görülmektedir. Şekil 1a'da görüldüğü gibi, 1450 °C'de 5 saat boyunca sinterlenen ZTM karışımının X-ray difraksiyon paternleri zirkon (PDF #06-0266), korundum (PDF #46-1212), monoklinik zirkonya (PDF #37-1484) ve mullitten (PDF #15-0776) oluşmaktadır. Şekil 1b'de 1500°C'de korundum (PDF #46-1212) tamamen kaybolmuş ve zirkon bir miktar

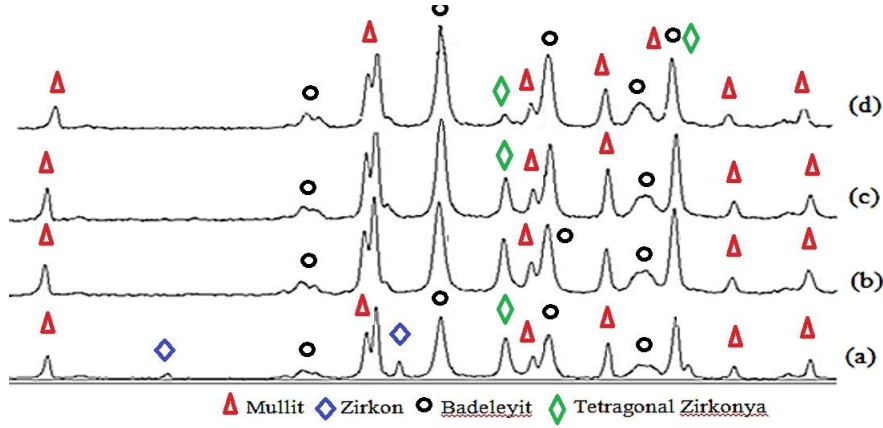
parçalanmıştır, yerine tetragonal zirkonya (PDF #50-1089) ve monoklinik zirkonya oluşmuştur. 1550 ve 1600 °C'ye kadar artan sıcaklıklarda, zirkon tamamen parçalanmıştır. Sinter ürünün fazları monoklinik zirkonya, mullit ve tetragonal zirkonya kristalin fazlarıdır. Artan sıcaklığa bağlı olarak karışımın XRD paternlerinde mullit ve zirkonyaya ait piklerin şiddetindeki artış göze çarpmaktadır.



Şekil 2. (a) 1450 °C, (b) 1500 °C, (c) 1550 °C ve (d) 1600 °C'de 5 saat sinterlenen kolemanit içeren karışımların (ZTM_K) X-ray difraktomları.

Şekil 2'de görüldüğü gibi 1450-1600 °C sıcaklık aralığında 5 saat boyunca sinterlenen ZTM_K kodlu karışımın X-ray difraksiyon paternleri incelendiğinde kolemanit ilavesinin zirkonun düşük sıcaklıklarda parçalanmasını sağladığı görülmektedir. ZTM kodlu karışımın 1450 ve 1500 °C'deki sinterlenmiş örneklerinde zirkona ait piklere rastlanırken, ZTM_K kodlu karışımın aynı sıcaklıktaki sinterlenmiş örneklerinde zirkon pikleri kaybolmuştur.

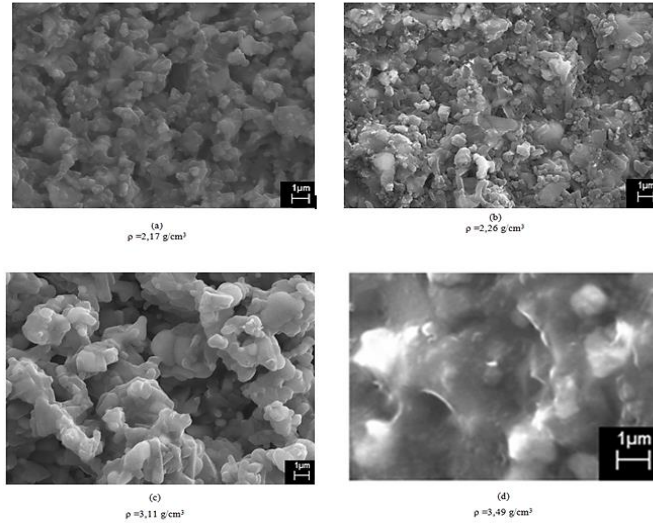
1550 °C'de sinterlenen karışıma ait X-ray difraksiyon paternine bakıldığında kolemanitin etkisiyle oluşan sıvı fazdan tekrar zirkonun oluştuğu görülmektedir. Bu sıcaklıkta aynı zamanda mullit, monoklinik zirkonya ve tetragonal zirkonyaya ait piklerin şiddetinde olan artış göze çarpmaktadır. 1600 °C'de ise tetragonal zirkonya bir miktar çözünürken, zirkon tamamen parçalanmıştır.



Şekil 3. (a) 1450 °C, (b) 1500 °C, (c) 1550 °C ve (d) 1600 °C'de 5 saat sinterlenen YSZ içeren karışımların (ZTM_Z) X-ray difraktogramları.

Şekil 3'te YSZ içeren karışımın 1500, 1550 ve 1600 °C'deki X-ray difraksiyon paternleri verilmiştir. YSZ ilaveli karışımda 1450°C'de çok az miktarda da olsa çözünmemiş zirkon sıcaklığın yükselmesiyle birlikte tamamen çözünerek reaksiyona girmiştir. YSZ ilaveli karışıma ait X-ray difraksiyon paterninde ZTM_K kodlu karışımın 1450-1550 °C aralığında çekilmiş X-ray difraksiyon paternleriyle karşılaştırıldığında tetragonal zirkonyaya ait piklerin şiddeti daha yüksektir. Bunun sebebi olarak kolemanit içeren karışımdaki safsızlıkların

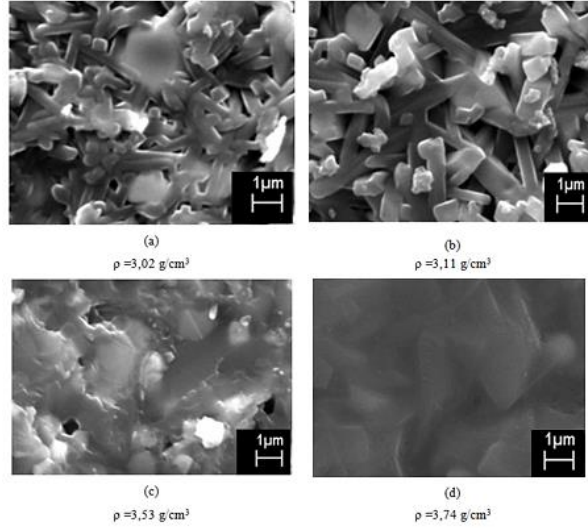
tetragonal fazda çözünmüş miktarı çok düşük olması ve bu düşük miktarın da kompozit bünyedeki zirkonyanın tamamını tetragonal fazda kararlı kılmaya yetememesi olarak düşünülmüştür [8]. Ancak 1600 °C'deki t-ZrO₂'ya ait pikin şiddetindeki azalmanın sebebini yüksek oranda zirkonya içeren karışımlarda söz konusu polimorfün konsantrasyonunun 1400-1550 °C'de yüksek olduğu şeklinde açıklayan yapılmış çalışmalar vardır. Tam aksine daha yüksek sıcaklıklarda m-ZrO₂ daha fazla gelişmektedir [9].



Şekil 4. (a)1450, (b)1500, (c)1550 ve (d)1600 °C'de 5 saat sinterlenen ZTM₀ kodlu karışıma ait mikroyapı görüntüleri

Şekil 4'te 1450-1600 °C sıcaklık aralığında 5 saat sinterlenen ZTM₀ kodlu kompozisyona ait kırılma yüzeylerinden alınan mikroyapı görüntüleri verilmiştir. 1450 ve 1500 °C'deki örneğin mikroyapısında oldukça

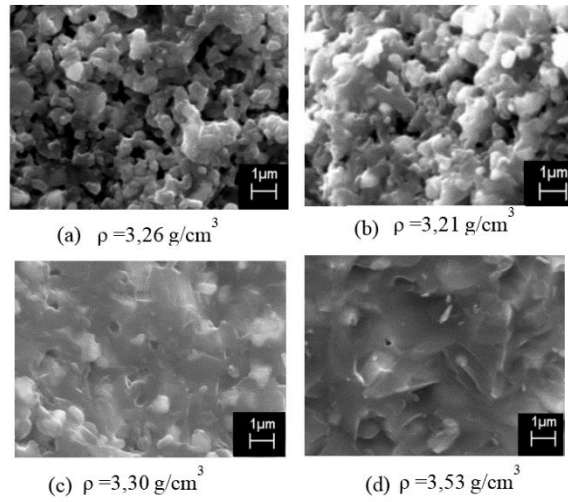
yoğun bir porozite gözlemlenmekteyken, sıcaklık artışına bağlı olarak daha yoğun ancak malzemede arzu edilmeyen camsı bir yapı görülmektedir.



Şekil 5. (a)1450, (b)1500, (c)1550 ve (d)1600 °C'de 5 saat sinterlenen ZTM_K kodlu karışıma ait mikroyapı görüntüleri

ZTM₀ ve ZTM_K kodlu kompozisyonlara ait mikroyapı görüntüleri (Şekil 4 ve Şekil 5) ile karşılaştırıldığında mullit kristallerini tüm sıcaklıklarda belirgin bir şekilde gözlemleyemezken kolemanit ilavesiyle birlikte taneler arası etkileşim ve yoğunluk artışına bağlı olarak söz konusu kristaller ZTM_K kodlu kompozisyonda 1450 ve

1500 °C sıcaklıkta homojen olarak dağılmış zirkonya taneleriyle birlikte uzamış eş eksenli taneler olarak gözlemlenebilmektedir [10]. Aynı zamanda özellikle 1600 °C sıcaklıkta sinterlenmiş ZTM_K kodlu kompozisyonuna ait mikroyapı görüntüsünde mullit taneleri sürekli bir ağ şeklinde yer almaktadır.



Şekil 6. (a)1450, (b)1500, (c)1550 ve (d)1600 °C'de 5 saat sinterlenen ZTM_Z kodlu karışıma ait mikroyapı görüntüleri

Şekil 6'da da görüldüğü gibi tüm numuneler, daha düşük sinterleme sıcaklığında (1450-1500 °C) yüksek gözeneklilik gösterirken ve sinterleme sıcaklığının artmasıyla birlikte yoğun mikro yapıya sahiptirler. Katkı içermeyen ve kolemanit katkılı kompozitin mikroyapı görüntüleriyle paralel olarak YSZ katkılı kompozitin 1550 ve 1600 °C'de sinterlenen örneklerinde de mullit uzamış ve matris fazı olarak hareket ederken, zirkonya mullit

matris içerisinde dağılmış fazlar şeklinde görülmüştür [10]. Genel olarak tüm mikroyapı görüntülerinde zirkonya ve mullit taneleri sıcaklık arttıkça irileşmektedir. Söz konusu en fazla tane kabalaşması kolemanit içeren kompozisyonda (Şekil 5), buna karşılık en düşük tane kabalaşması ise YSZ (Şekil 6) katkılı kompozisyonlarda görülmüştür. Gözeneklilik ise sıcaklık artışıyla birlikte azalmakta, buna bağlı olarak yoğunluk artmaktadır. Hazırlanan üç ayrı

kompozisyonun 1450, 1500, 1550 ve 1600 °C sıcaklıklarda 5 saat sinterlenmiş örnekleri için bağıl yoğunluk değerleri

tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Hazırlanan kompozitlerin sıcaklığa bağlı Arşimet yoğunlukları

	ZTM ₀	ZTM _K	ZTM _Z
1450 °C	2.17	3.02	3.26
1500 °C	2.26	3.11	3.21
1550 °C	3.11	3.53	3.30
1600 °C	3.49	3.74	3.53

Hiçbir katkı içermeyen (ZTM₀ kodlu karışım) kompozisyonun sinterlenmiş örneklerine ait teorik yoğunluk değerlerine bakıldığında 1450 °C ile 1500 °C arasında yaklaşık % 3'lük bir artış söz konusudur. Söz konusu katkısız numunenin 1600 °C'de ise en yüksek sahip olabileceği yığınsal yoğunluk değeri ise 3,49 g/cm³'tür. Kolemanit ve yitriya ile kararlı hale getirilmiş zirkonya (YSZ) içeren ZTM_K ve ZTM_Z kodlu kompozisyonların yoğunluk değerleri benzer şekilde artan sıcaklıkla birlikte

lineer olarak artmaktadır. Söz konusu yoğunluk farklılıkları hiçbir katkı içermeyen örneğin 1550°C sıcaklığa kadar sinterlenen örneklerinde zirkon fazına ait piklerin varlığından (Şekil 1) ve katkılı örneklerde ise sinterleme sırasında oluşan geçici sıvı fazların mullit ve zirkon fazlarını birbirine daha da yaklaştırmış olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 5-6).

IV. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, zirkon, kaolinit ve alüminadan oluşan başlangıç kompozisyonuna ağırlıkça % 10 oranında kolemanit (Ca₂B₆O₁₁ 5H₂O) ve yitriya ile kararlı hale getirilmiş zirkonya (YSZ) gibi katkılar ilave edilmiş ve reaksiyon sinterlemesi sonucu oluşan ürünlerin yoğunluk, faz ve mikroyapı analizleri yapılmıştır. Çalışmalar sonunda, kullanılan katkılarla, düşük sıcaklıkta ve yüksek yoğunlukta zirkon fazı içermeyen, sadece mullit ve zirkonya fazlardan oluşan kompozit malzeme sentezlenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar artan sinterleme sıcaklığı ile birlikte çalışmada t-ZrO₂'ya ait piklerin şiddetinde azalma gerçekleştiğini göstermiştir. Bunun sebebi olarak; doğal başlangıç hammadde kullanımının beraberinde söz konusu hammaddelerde bulunan safsızlıkların yüksek olasılıkla ilk oluşan mullit fazda çözünmeleri ve bu yüzden, sinterlenmiş ürünlerde kararlı veya yarı kararlı zirkonya fazların miktarı çok düşük olduğunu söylemek mümkündür. Yığınsal yoğunluk değerleri tablosundan da görüleceği gibi (tablo 3), çalışmamızda en yüksek 2.17 ve en düşük 3.74 g/cm³ yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Genel olarak tüm mikroyapı görüntülerinde zirkonya ve mullit taneleri sıcaklık arttıkça irileşmektedir. Söz konusu tane kabalaşması katkılı kompozisyonlarda görülmüştür. Gözeneklilik ise kullanılan katkılar ve sıcaklık artışıyla birlikte azalmış, buna bağlı olarak söz konusu kompozit malzemelerin yığınsal yoğunluğunda artış gözlemlenmiştir.

KAYNAKÇA

[1] N.M., Rendtorff, G. Suarez, Y. Sakka and E.F. Aglietti, "Dense mullite zirconia composites obtained from the reaction sintering of milled stoichiometric alumina zircon mixtures by SPS," Ceramic International, Vol. 40, pp.

4461-4470, April 2014.
DOI: [10.1016/j.ceramint.2013.08.119](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.08.119)

[2] NM., Rendtorff, L., Garrido, E., Aglietti, "Mullite-zirconia-zircon composites: properties and thermal shock resistance," Ceram. Int. Vol. 35. pp. 779-786, March 2009. DOI: [10.1016/j.ceramint.2008.02.015](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2008.02.015)

[3] NM., Rendtorff, L.B., Garrido, E.F., Aglietti, "Zirconia toughening of mullite-zirconia-zircon composites obtained by direct sintering," Ceram. Int. Vol. 36. pp. 781-788, March 2010. DOI: [10.1016/j.ceramint.2009.11.010](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.11.010)

[4] P.M., Suoto, R.R., Menezes, "Effect of Y₂O₃ additive on conventional and microwave sintering of mullite", Ceram. Int. Vol. 37. pp. 241-247, January 2011. DOI: [10.1016/j.ceramint.2010.08.043](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2010.08.043)

[5] S., Bhattacharjee, S.K., Singh, R.K., Galgali, "Preparation of zirconia toughened mullite by thermal plasma", Mater. Lett. Vol. 43. pp. 77-80, March 2000. DOI: [10.1016/S0167-577X\(99\)00234-7](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(99)00234-7)

[6] S., Maitra, A., Rahaman, A., Sarkar, A., Tarafdar. 2006. "Zirconia-mullite materials prepared from semi-colloidal route derived precursors", Ceram. Int. Vol. 32, pp. 201-206, December 2006. DOI: [10.1016/j.ceramint.2005.02.007](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2005.02.007)

[7] S., Prusty, D.K., Mishra, B.K., Mohapatra, S.K., Singh, "Correlation between properties of zirconia mullite and Y₂O₃ stabilised zirconia mullite derived by various processing techniques", Advances in Applied Ceramics.

Vol. 110. pp. 360-366, November 2013. DOI:
[10.1179/1743676111Y.0000000022](https://doi.org/10.1179/1743676111Y.0000000022)

[8] H., Aydın, “Bor mineralleri katkılı mullit/zirkonya kompozit üretimi,” Doktora Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı*, 112s, Şubat 2013.

[9] K., Hemra and P., Aungkavattana. “Effect of zirconia content on mechanical and thermal properties of mullite–zirconia composite,” *Advances in Applied Ceramics*. Vol. 113 (6). pp. 323-327, April 2014. DOI:
[10.1179/1743676114Y.0000000164](https://doi.org/10.1179/1743676114Y.0000000164)

[10] Kumar P, Nath M.A, et al., (2015) Synthesis and characterization of mullite–zirconia composites by reaction sintering of zircon flour and sillimanite beach sand, *Bull. Mater. Sci.*, 38 [6]: 1539–1544.

Kanatçık Geometrisinin Isı Geçişine Etkisinin Parametrik İncelenmesi

Halime Çelik*, Nezaket Parlak

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
SAKARYA, TÜRKİYE

halimeclik@gmail.com*, naydemir@sakarya.edu.tr

Özet- Günümüzde, soğutmaya ihtiyaç duyan elektronik cihazların minyatürleşmesi mikrokanallarda akış ve ısı karakteristiği üzerine yapılan çalışmaları artırmıştır. Bu çalışmada, dikdörtgen kesite sahip tek bir mikrokanal içerisine, farklı yerleşim düzenlerinde dikdörtgen kanatçıklar yerleştirilmiştir. Temel akışkan su seçilerek, mikrokanalda akış ve ısı geçişi özellikleri incelenmiştir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizi, Ansys Fluent 18.1 ticari yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, basınç düşümünün ve Nusselt sayısının, artan Re sayısı ve kanal içine yerleştirilen kanatçıklar ile arttığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikrokanal, Kanatçık, HAD Analizi, Parametrik Optimizasyon.

Abstract – Nowadays, technological developments on miniaturization of electronic devices that need cooling increased the studies of flow and heat characteristics in microchannels. In this study, a rectangular prism-shaped fins were placed in a single microchannel having rectangular cross-section. The basic fluid was selected as a water and the flow and heat transfer in the microchannel were analyzed numerically. Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis was performed with commercial software, ANSYS Fluent 18.1. The results showed that the pressure drop and the Nusselt number increased with increasing Reynolds numbers and also fins.

Keywords –Microchannel, Fin, CFD Analysis, Parametric Optimization

I. GİRİŞ

Isı transferi pasif teknikler olarak bilinen sınır tabaka kalınlığının azaltılması, ısı geçişi yüzey alanının artırılması ve türbülans artırma metotları ile iyileştirilebilmektedir. Makro ölçekli bir kanal içerisindeki ısı geçişi artırmak için kanalın içerisine üçgen, kare ve daire kesitli engeller yerleştirilmektedir. Bu engeller yüzey alanını artırarak ısı akısının daha hızlı dağıtılmasını sağlarken hem de akış içerisinde girdap üretici olarak görev yapmaktadır. Bu engeller veya kanatçıklar kanaldaki sürüklenme katsayısını artırarak basınç düşümünde olumsuz etki yapmaktadır. Mikro ölçekli kanallarda tek fazlı akış ve ısı geçişi, sınır tabaka kalınlığının küçük olması sebebiyle elektronik ve benzeri cihazların soğutulması için ilgi görmektedir, fakat basınç düşümünün fazla olması verimli bir soğutma yöntemi olarak kullanılmasının önünde bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple mikro ölçekte yapılan çalışmalar belli bir çalışma basıncı aralığında optimum geometrinin bulunmasına yönelmiştir. Can [1] dikdörtgen kesitli geleneksel bir kanalda, akışa dik bir

konumda yerleştirilen farklı çaplardaki dairesel olmayan engellerin ısı transferi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma üç boyutlu olarak gerçekleştirilmiş, analiz için Ansys CFX yazılımı kullanılmıştır. Kanal içindeki hava akışını, k-ε türbülans modeli kullanarak üç boyutlu modellemişlerdir. Kanal içerisinde altı farklı engel (dikey çubuk, yatay çubuk, kare, üçgen ve altıgen) için ortalama Nusselt sayıları araştırılmış, Nusselt sayısındaki en büyük artış, kanalın içine dikey çubuk yerleştirildiği zaman gerçekleştiğini rapor etmiştir. Ugurlubilek [2] iki yarı dairesel engeli olan makro ölçekli bir kanaldaki taşınım ısı transferi ve akışını üniform duvar sıcaklığı sınır koşulları altında sayısal olarak incelemiştir. Isı geçişinde en büyük artışın engelli kanalda Re=10000 sayısında %33 civarında olduğunu rapor etmiştir. Ebrahimi vd. [3] girdap üreticisine sahip dikdörtgen mikrokanallarda tek fazlı laminer akış ve ısı geçişini sayısal olarak incelenmiştir. Yine Chen vd. [4] dikdörtgen mikrokanallarda akış ve ısı geçişini incelemek için akışkan olarak su kullanarak, 350 ila 1500 aralığında değişen Reynolds

sayılarında deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Basınç kayıplarının kanatçıklı kanallarda sırasıyla % 40 oranında, ısı transfer performansının % 12.3 oranında arttığı göstermişlerdir. Abdollahi ve Shams [5] kanat tipi girdap üretici şekli ve açısının, akışkanın akış ve ısı geçişi özelliklerine olan etkisi sayısal olarak araştırmışlardır. Kütle, momentum ve enerji denklemleri, kararlı, laminar ve sıkıştırılmaz akışkan akışını dikkate alarak sonlu hacim yöntemi kullanılarak çözümlenmiştir. Ortalama Nusselt sayısı ve basınç düşümü, girdap üreticilerin değişik şekil ve açılardaki durumunu incelemişlerdir. Yine literatüre bakıldığında benzer çalışmaların Ma ve ark. [6] ve Liu ve ark. [7] tarafından yapıldığı görülmüş, fakat optimum basınç düşümü ve ısı geçişini sağlayacak geometrik çalışmaların yetersiz olduğu göze çarpmıştır. Bu sebeple mikro ölçekte geometrik bir optimizasyon çalışması yapılarak, tek fazlı akış ve ısı geçişi karakteristiğinin ortaya konulması büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada içerisine 6 tane kanatçık yerleştirilmiş dikdörtgen kesitli bir mikrokanalda tek fazlı laminar su akışı ve ısı geçişi sayısal olarak incelenmiştir. Kanal içerisine yerleştirilen kanatçıkların, boyu, genişliği ve yatayla yaptığı açı parametre olarak belirlenmiş, optimum değerler, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı Ansys 18.1 ile yapılmıştır. Optimum geometri için HAD analizleri Reynolds sayısının 70 ila 210 olduğu aralıkta gerçekleştirilmiş, sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

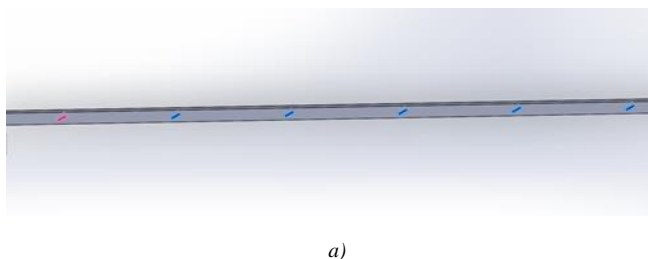
II. HAD ANALİZİ

A. Mikrokanal Geometrisi ve Parametreler

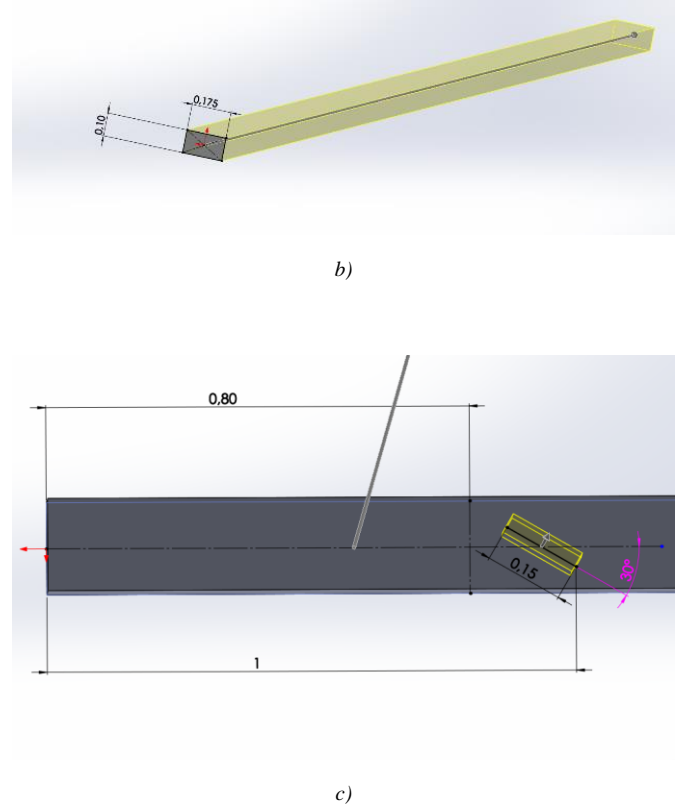
Bu çalışmada içerisine 6 tane kanatçık yerleştirilmiş dikdörtgen kesitli bir mikrokanallarda tek fazlı laminar su akışı ve ısı geçişi sayısal olarak incelenmiştir. Kanallar simetrik kabul edilmiştir. Mikrokanal genişliği, kanatçık genişliği, kanatçık uzunluğu ve kanatçığın yatay eksen ile oluşturduğu kanat açısı parametre olarak alınmıştır. Şekil 1 ve Tablo 1 'de tasarımı yapılmış mikrokanalların fiziksel model ve ilgili temel parametrelerini göstermektedir. Dikdörtgen kesitli mikrokanalın yüksekliği H, genişliği W ile gösterilmiştir. L ise mikrokanalın boyunu göstermektedir.

Mikrokanal geometrisi	[mm]	Parametreler	1	2	3
Mikrokanal genişliği, W	0,35	Kanatçık Kalınlığı [mm]	0,03	0,04	0,05
Mikrokanal yüksekliği, H	0,1	Kanatçık Uzunluğu [mm]	0,05	0,1	0,15
Mikrokanal uzunluğu, L	10	Kanat Açısı (°)	30	45	60

Tablo 1. Mikrokanal Ve Kanatçıkların Geometrik Parametreleri



a)



Şekil 1. Fiziksel model ve ilgili geometrik parametreler: a) kanatçıklı mikrokanal, b) mikrokanal, c) kanatçık yerleşimi.

B. Sınır Şartları Ve Çözümleme

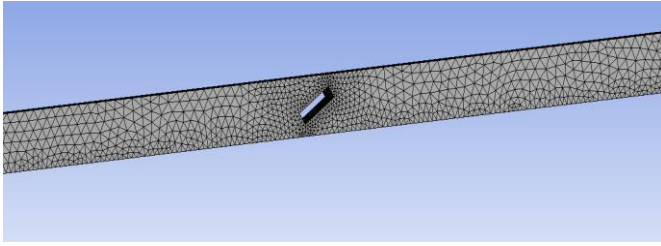
Hesaplamalarda akışkan olarak saf su kullanılmış ve Newton tipi akışkan olarak modellenmiştir. Akış sıkıştırılmaz; düşük giriş hızından dolayı akışın laminar olduğu varsayılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, ışınlım ve yerkemi etkileri göz ardı edilmiştir. Mikrokanal malzemesi için alüminyum seçilmiş ve yüzey pürüzlülüğü etkileri ihmal edilmiştir. Mikrokanalda akışkanın giriş sıcaklığı sabit ve 298 K olarak alınmıştır. Isı geçişi mikrokanalın alt duvarından akışkana doğru ısı akışı değeri verilerek gerçekleştirilmiştir. Alt duvar ısı akısı 2×10^6 olarak belirlenmiştir. Mikrokanal simetrik olduğundan analiz kanalın yarısı için gerçekleştirilmiş, mikrokanalın üst ve yan duvarları adyabatik duvar olarak alınmıştır. Suyun kanala giriş hızı optimizasyon çalışmasında sabit ve 1 m/s olarak belirlenmiştir. Saf su ve malzeme özellikleri sabit olup, termofiziksel özellikleri $T=298 K$ için aşağıdaki değerler alınmıştır. Burada μ dinamik viskozite, ρ yoğunluk, c_p özgül ısı ve k ısıl iletkenliğidir.

μ (Pa.s)	$8,8325 \cdot 10^{-4}$
k (W/mK)	0,601
c_p (J/kgK)	4175,78
ρ (kg/m ³)	998,2

Tablo 2. Saf Su İçin Özellikler

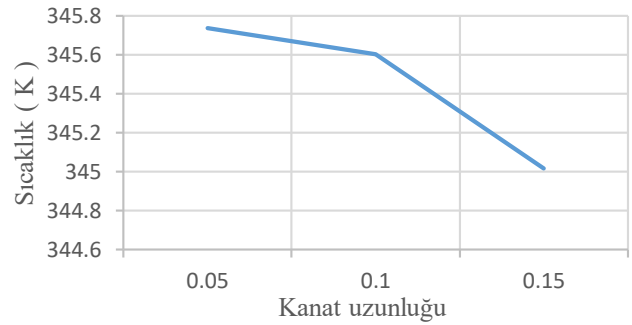
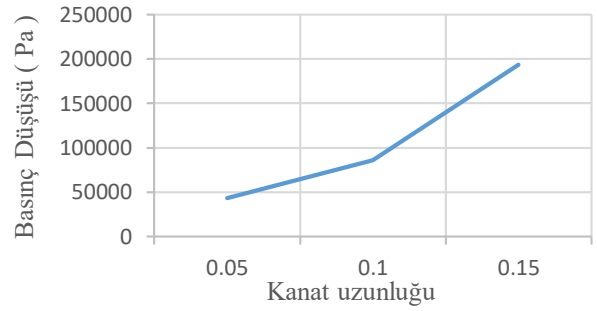
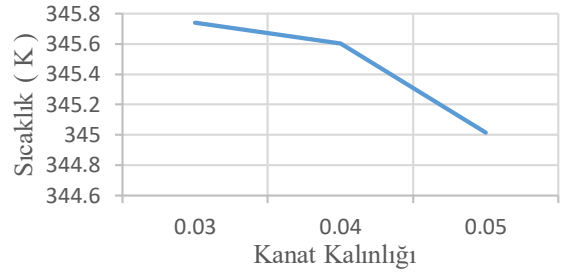
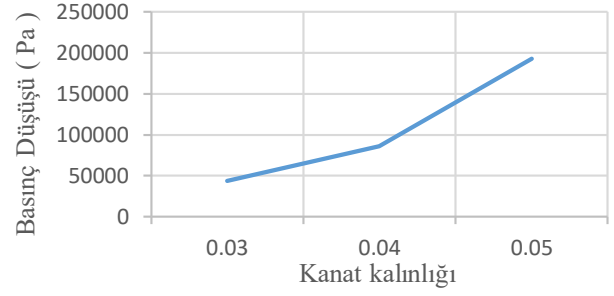
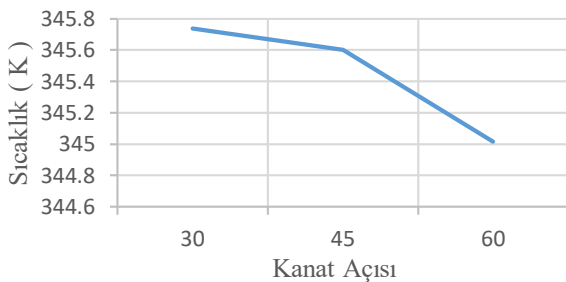
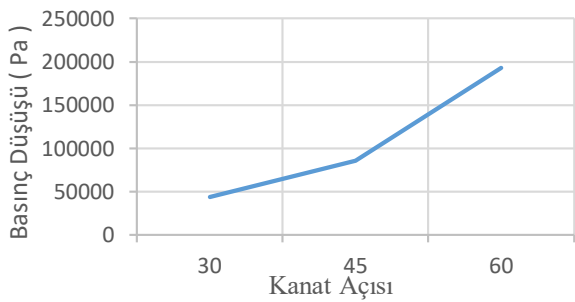
Modelleme ve çözüm ağı Ansys workbench arayüzünde oluşturulmuş; sınır şartları, korunum denklemlerinin çözümü Fluent arayüzünde gerçekleştirilmiştir. Dikdörtgen kesitli mikrokanal modelin, dört yüzeyle ve altı yüzeyle ağ yapısı ile çözüm ağı oluşturulmuştur. Oluşturulan çözüm ağında toplam düğüm noktası sayısı kanatçık sayısına göre değişmektedir ve

kanatçık cidarına daha sık düğüm noktaları uygulanmıştır. Şekil 2.2’de mikrokanala ait çözüm ağı görülmektedir ve çözüm ağı 35896 düğüm ve 168461 eleman sayısına sahiptir.



Şekil 2. Çözüm Ağı

Mikrokanal genişliği, yüksekliği ve uzunluğu sabit kabul edilmiş, içerisine yerleştirilen kanatçık genişliği, uzunluğu ve açısı parametre olarak alınmıştır. Bu parametrelerin 3 farklı değerleri için giriş basıncı 50000 Pa değerini geçmeyecek biçimde en uygun geometrik değerler Ansys yazılımının parametrik optimizasyon aracı ile hesaplanmıştır. Şekil 2.2’de parametrelerin giriş basıncı ve çıkış sıcaklığına etkisi görülmektedir. Yapılan çalışmada kanatçık yüksekliği mikrokanal yüksekliğine eşit, $H=0.1$ mm’dir. Kanat açısı 30° , 45° , 60° değerleri arasında üç farklı parametre olarak alınmıştır. Şekil 3.2.a ve b’de üç farklı kanat açısı için hesaplanan ortalama giriş basıncı ve çıkış sıcaklığı ile değişimi verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi kanat açısının artması giriş basıncını artırırken çıkış sıcaklığını azaltmıştır. Hesaplamalarda kanatçık kalınlığı 0,03 ila 0,05 mm arasında değiştirilmiştir. Şekil 3.2 c ve d’de üç farklı kanatçık kalınlığı için ortalama giriş basıncı ve çıkış sıcaklığı ile değişimi görülmektedir. Kanatçık uzunluğunun artması giriş basıncını artırırken çıkış sıcaklığını azaltmıştır. Bir diğer parametre kanatçık uzunluğu 0,05, 0,1 ve 0,15 mm değerlerinde değiştirilmiştir. Şekil 3.2 e ve f’de görüldüğü üzere kanatçık uzunluğunun artması giriş basıncını artırırken çıkış sıcaklığını azaltmıştır.



Şekil 3. Parametrelerin giriş basıncı ve çıkış sıcaklığına etkisi

Analizde yakınsama kriteri tüm büyüklükler için 10^{-5} alınmıştır. Şekil 2.3’de parametrik optimizasyon sonucunda giriş basıncı kriteri için hesaplanan en uygun değerler görülmektedir.

	Candidate Point 1	Candidate Point 2	Candidate Point 3
P1 - P3@Ds_30.00derece	30,705	34,305	56,733
P2 - P3@Ds_0.03mm	0,048135	0,048838	0,03
P3 - P3@Ds_0.15mm	0,13524	0,14182	0,15
P4 - girisbasinci-op (Pa)	★ ★ ★ 41035	★ ★ 45727	★ ★ ★ 32241
P5 - cikissicakligi-op (K)	★ 345,54	- 345,58	- 345,73

Şekil 4. İlgili Parametrelerin Optimizasyon HAD Analiz Sonuçları

Parametrik optimizasyon sonucunda kanat açısı için 30,7°, kanat genişliği 0,048 mm ve kanat uzunluğu 0,135 mm olarak belirlenmiştir. Belirlenen optimum geometri için 0,4 ila 1,2 m/s giriş hızlarında HAD analizi gerçekleştirilmiş, ısı geçişi ve basınç düşümünün Re sayısı ile değişimi gösterilmiştir.

C. HAD Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

HAD analizi sonucunda akışkanın kanaldan çıkış sıcaklığı ve giriş basıncı değerleri elde edilmiştir. Akışın Reynolds sayısı;

$$Re = \frac{\rho V D_h}{\mu}$$

şeklinde hesaplanmış, burada dikdörtgen kesitli mikrokanal için hidrolik çap;

$$D_h = \frac{4A_{ch}}{P_w} = \frac{2WH}{W+H}$$

yardımla bulunmuştur. Farklı Reynolds sayılarında aynı geometriyi analiz edip kanatçıklı kanallarda sıcaklık değişimini ve enerji korunumu yardımıyla ısı geçişini hesaplamak mümkündür. Isı geçişi;

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p (T_{out} - T_{in})$$

şeklinde hesaplanır. Buradan ısı taşınım katsayısı;

$$h = \frac{Q}{A_h \Delta T}$$

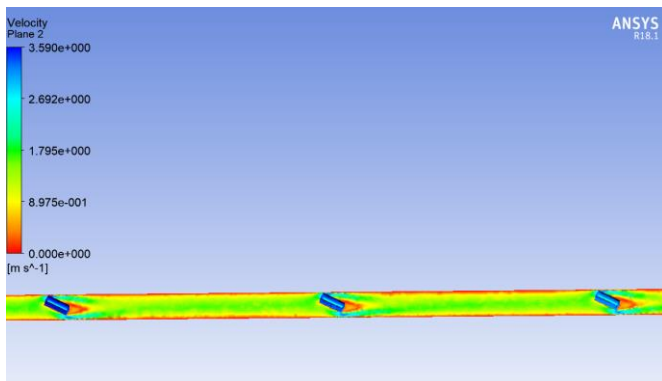
ve Nusselt sayısı;

$$Nu = \frac{h D_h}{k}$$

hesaplanabilir.

D. Had Analizi Sonuçları

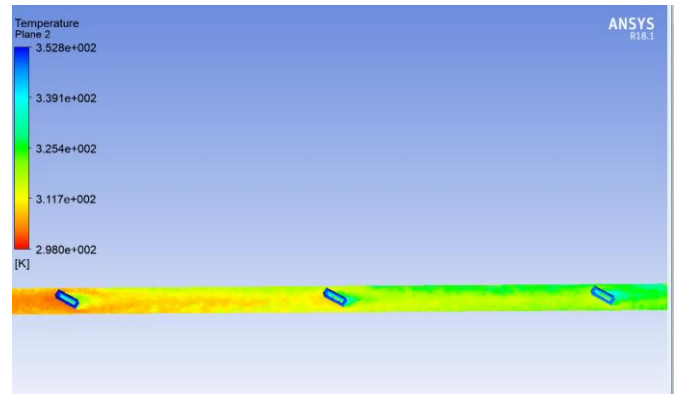
Bu çalışmada en uygun mikrokanal geometrisi için optimizasyon çalışması Ansys 18.1 HAD yazılımı ile yapılmıştır. Hesaplama sonucunda farklı parametreler için girilen değerlerin optimizasyonu yapılarak optimum geometri belirlenmiş ve farklı akış hızlarında analizleri yapılmıştır. Şekil 3.1’de mikrokanal içerisindeki hız vektörleri ile sıcaklık değişimleri görülmektedir. Kanat açısı 30 ila 60 derece arasında değiştirilmiş, en uygun sonuç en düşük açı 30° değerinde bulunmuştur. Kanat açısının 30°’den daha yüksek olması akış alanının iyice daralmasına ve dolayısı ile basınç düşümünün artmasına neden olacaktır. Kanat uzunluğu ve genişliği de açı benzer etki gösterecektir.



Şekil 5. HAD Analizi; Hız Bölgeleri

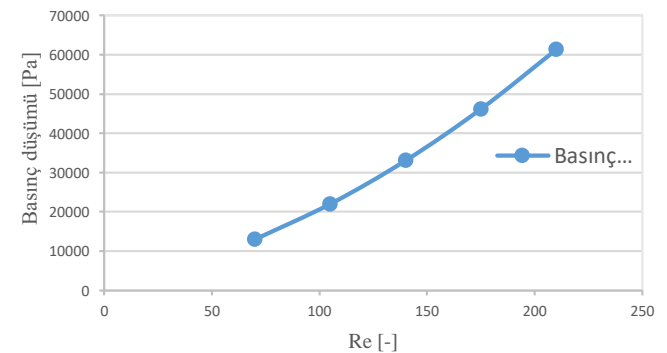
Yüksek Reynolds sayılarında, akışın önüne bir engel konulduğunda akışkan daha uzun mesafeler kat ederek, daha şiddetli karışır. Akış alanında girdap oluşumları ve özellikle akışa dik konulmuş engel arkasında girdap kopmaları meydana gelmektedir. Bu çalışmada da mikrokanal içerisine yerleştirilmiş kanatçıklar kesit alanını daralttığı ve anlık hız artışlarına sebep olduğu gözlenmiştir. Kanatçıkların arkasında art iz bölgelerinin oluştuğu bulunmuştur. Kanatçıkların arasındaki mesafede girdap oluşumu ve kanatçık önünde veya arkasında girdap kopması gözlenmemiştir. Burada akış hızının düşük olmasının etkisi vardır.

Art arda konulmuş kanatçıklar akışkanın mikrokanal içerisinde karışmasını sağlarken aynı zamanda sıcak üst duvardan iletimle ısı geçişine de sebep olur. Bu şekilde akışkan sadece üst duvar yerine akışkandan daha sıcak kanatçık ile temas eder. Böylece akışkan akışı ile üst duvar daha etkin bir biçimde soğutulması sağlanır. Şekil 3.2’de akışkanın Mikrokanal içerisinde ilerlerken oluşan sıcaklık bölgeleri görülmektedir.



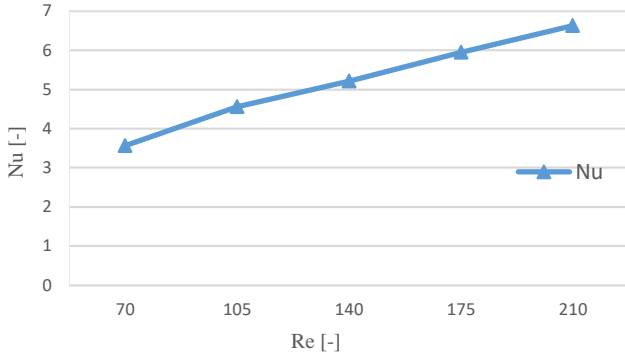
Şekil 6. HAD Analizi; Sıcaklık Bölgeleri

Farklı akış hızları için yapılan analizlerde mikrokanal giriş basınçları elde edilmiş, çıkış basıncı 0 Pa alınarak, basınç düşümleri elde edilmiştir. Şekil 3.4 basınç düşümlerinin Re sayısı ile değişimi görülmektedir. 70<Re<210 aralığında basınç değerlerinin 12956 Pa ile 61297 Pa arasında artarak değiştiği gözlenmiştir. Yukarıda da bahsedildiği analizde akışkanın giriş hızı 0,4 ila 1,2 m/s hızlarında değiştirilmiş, optimizasyon kriteri olarak giriş basıncı değeri 50.000 Pa değeri alınmıştır. Elde edilen basınç düşümlerine bakıldığında optimum mikrokanal geometrisi için akış hızının 1 m/s’den düşük çalışılması gerektiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 7. Basınç Düşümünün Reynolds İle Değişimi

Şekil 3.4’de elde edilen ortalama Nusselt sayılarının Reynolds ile değişimi verilmiştir. Nusselt sayılarının $70 < Re < 210$ aralığında 3,56 ila 6,63 değerleri arasında artarak değiştiği gözlenmiştir. Geleneksel teoriye bakıldığında laminer akış ve sabit ısı akısı şartlarında Nu sayısı sabit ve 4,36 değerini almaktadır. Elde edilen sonuçlar mikrokanaal boyunca yerleştirilmiş kanatçıkların ısı geçişini arttırdığını göstermiştir.



Şekil 8. Nu sayısının Reynolds ile değişimi

III. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada içerisine altı kanatçık yerleştirilen mikrokanaalın en uygun kanat geometrisini bulmak üzere Ansys 18.1 ticari HAD yazılımı kullanılarak parametrik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Kanatçık açısı, uzunluğu ve genişliği belli aralıkta değiştirilmiş, basınç kriterini sağlayan en uygun geometri elde edilmiştir. Nusselt sayılarının $70 < Re < 210$ aralığında 3,56 ila 6,63 değerleri arasında artarak değiştiği ve mikrokanaal boyunca yerleştirilmiş kanatçıkların ısı geçişini arttırdığını göstermiştir. Yine basınç değerlerinin 12956 Pa ile 61297 Pa arasında artarak değiştiği gözlenmiş, en uygun akışkan giriş hızı 1,0 m/s olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Can, O.F., Fluid Flow and Heat Transfer in a Channel with Noncircular Obstacles Arabian Journal for Science and Engineering, 41,11, 4291–4302, 2016
- [2] Ugurlubilek, N., Numerical Investigation of Convective Heat Transfer and Fluid Flow in a Channel With Two Semi -Circular Shaped Obstacles, Suleyman Demirel University, Journal of Engineering Sciences and Design, 2 (2), 85-89, 2014.
- [3] Ebrahimi, A., E. Roohi and S. Kheradmand, “Numerical Study of Liquid Flow and Heat Transfer in Rectangular Microchannel with Longitudinal Vortex Generators”, Applied Thermal Engineering, vol: 78, 2015.
- [4] Chen C., J.T. Teng, C.H. Cheng, S. Jin, S. Huang, C. Liu, M.T. Lee, H.H. Pan and R. Greif, “A Study on Fluid Flow and Heat Transfer in Rectangular Microchannels with Various Longitudinal Vortex Generators”, International Journal of Heat and Mass Transfer, vol:69, 2014.
- [5] Abdollahi, A. and M. Shams, “Optimization of Shape and Angle of Attack of Winglet Vortex Generator in A Rectangular Channel For Heat Transfer Enhancement”, Applied Thermal Engineering, vol:81, 2015.

Mikro Tornalama İşleminin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi ve Uygun Malzeme Modelinin Seçimi

Ahmet HASÇELİK^{1*}, Kubilay ASLANTAŞ²

¹ Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, İncehisar Meslek Yüksekokulu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

² Makine Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

ahascelik@aku.edu.tr , aslantas@aku.edu.tr

Özet

İmalat sanayinde gelişen teknoloji ve yüksek hassasiyette parça gereksinimi, mikro işlemeyi ortaya çıkarmıştır. Mikro mekanik işleme yöntemi ile hem yüksek hızda hem de yüksek hassasiyette iş parçaları üretmek mümkündür. Bir nümerik modelleme tekniği olan sonlu elemanlar metodu, deneysel olarak tespit etmenin zor olduğu verilerin (gerilme, şekil değiştirme ve sıcaklık) elde edilmesinde önemli bir avantaj sağlar. Mikro işlemin nümerik olarak modellenmesinde en önemli unsur, kullanılan malzeme modelinin doğruluğudur. Bu çalışmada mikro tornalama işlemi 2 boyutlu şartlarda nümerik olarak modellenmiştir. Modellemede Deform-2D ticari yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada farklı malzeme modelleri kullanılarak, deneysel ve nümerik modelleme sonucunda elde edilen kesme kuvvetleri kıyaslanmıştır. İş parçası malzemesi olarak, biyomedikal sektöründe çokça kullanılan Ti6Al4v alaşımı seçilmiştir. Çalışmada sabit kesme hızı (100m/dk) ve farklı ilerleme değerleri kullanılmıştır. Çalışma sonunda Kay (2002) tarafından önerilen, Johnson-Cook (J-C) malzeme modelinin deneysel sonuçlarla daha uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Nümerik modelleme ile deneysel sonuçlar arasındaki farkın % 5-15 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikro Tornalama, Sonlu Elemanlar Analizi, Kesme Kuvvetleri

Modeling of Micro Turning Process with Finite Elements Method and Selection of Suitable Material Model

Abstract

Developing technology in the manufacturing industry and the requirement of high precision parts reveals micro machining. It is possible to produce workpieces both at high speed and with high precision by means of micro-mechanical machining. The finite element method, a numerical modelling technique, provides a significant advantage in obtaining data (stress, strain and temperature) that are difficult to experimentally detect. The most important element in the numerical modeling of the micro machining is; the correctness of the material model used. In this study, micro turning process is modeled numerically in 2D conditions. Deform-2D commercial software was used in the modeling. In the study, cutting forces obtained by experimental and numerical modeling are compared using different material models. As workpiece material, Ti6Al4V alloy, which is widely used in the biomedical applications, has been selected. Constant cutting speed (100m / min.) and different feed rate values are used. At the end of the study, it was observed that the Johnson-Cook (J-C) material model recommended by Kay (2002) is more compatible with the experimental results. It has been determined that the difference between the numerical model and experimental results is between 5-15%.

Keywords: Micro Turning, Finite Element Analysis, Cutting Forces

I. GİRİŞ

Günümüz imalat teknolojilerinde, parçaların minyatürleşmesi, küçülen cihaz boyutları ve yüksek hassasiyette parça gereksinimi yeni arayışlara neden olmuştur. Bütün bu gereksinimler, gelişen teknoloji ile birleştiğinde mikro işlemeyi ortaya çıkarmıştır. İçinde bulunduğumuz bu minyatürleşme çağında mikro üretim en popüler araştırma konularından biri haline gelmiştir. Son yıllarda makro boyutlarda yapılan çalışmalar kadar mikro boyutlarda da birçok çalışma yapılmaktadır[1].

Mikro mekanik işleme yöntemi, iş parçalarını yüksek hızda ve yüksek hassasiyette üretmeyi mümkün kılmaktadır. minyatür sistemler, kolay taşınabilme ve kullanılabilme, düşük malzeme ve güç tüketimi, küçük numune gereksinimleri, yüksek ısı transferi ve daha iyi süreç entegrasyonu ve otomasyonu sağlayabilmektedir. mikro mekanik işleme yaklaşık 60 milyar dolar işlem hacmine sahip, dünya genelinde hızla büyüyen bir endüstridir. Bu büyüyen endüstride mikro silindirik parçalar üretilirken kaynak ve zaman kullanımında yüksek verim edilebilmektedir[2].

Karmaşık mühendislik problemlerinin basite indirgenerek kontrol edilebilir parçalarla çözümünü sağlayan sonlu elemanlar metodu pek çok mühendislik uygulamasında kullanılan yaygın ve kullanışlı bir çözüm metodudur.

Karmaşık mühendislik problemleri,beraberinde karmaşık çözümler içerir. Bu karmaşa, çözüm aşamasını da hassasiyetten uzaklaştırır. Karmaşık problemlerin en kısa yoldan doğru sonuca en yakın çözümle ulaştırılması için sonlu elemanlar metodu kullanılabilir[3].

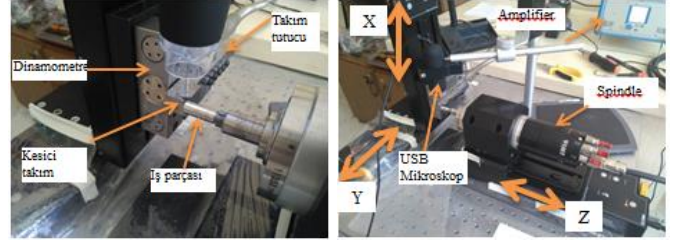
Matematiksel altyapısı Sonlu Elemanlar Metoduna dayanan DEFORM yazılımı, tasarımcıların ısıl işlemler, metal şekillendirme, kesme ve kaynaklama gibi birçok prosesi analiz edebilmek için laboratuvarında gerçek iş parçaları üzerinde yapılan deneyleri sanal ortama taşımalarını sağlayan bir mühendislik yazılımıdır. DEFORM aynı zamanda inanılmaz esnekliği sayesinde analizcilere birçok uygulama, geliştirme ve araştırma dallarında çalışma olanağı sağlayan bir sistemdir. 2 ve 3 boyutlu modellemeye imkan tanıyan bu ticari yazılım sayesinde laboratuvar ortamında oldukça maliyetli ve zaman kaybettiren deney çalışmalarını minimuma indirgeyip tasarruf sağlayarak verimi artırmamız mümkündür dolayısıyla bu yazılım oldukça kullanışlı ve pratiktir[4].

II. MATERYAL VE METOT

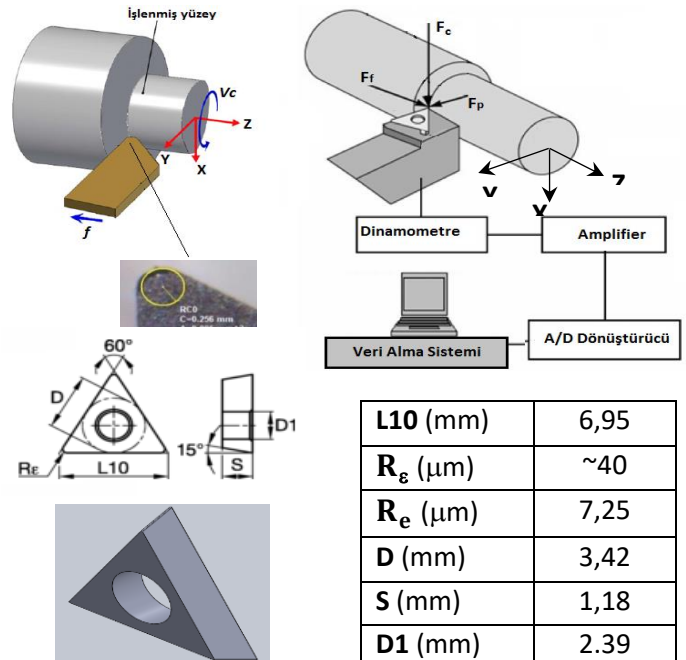
A. Deney Düzenegi

Yapılan çalışmada sabit 100m/dk kesme hızının ayarlandığı bir deney düzenegi kullanılmıştır. Yatay bir işleme merkezine benzemekte olan deney düzeneginde korozyona karşı yüksek dirençli Ti6Al4v iş parçası spindle'a bağlanmıştır. Kullanılan spindle max 60000 dev/dk'ya kadar çıkabilen IMT markadır ve devir ayarı kendine ait bilgisayar yazılımı ile hassas olarak elde edilebilmektedir. Eksen hareketleri için mikro step motorlarla desteklenmiş linear kızaklar (Thorlabs) kullanılmıştır. Kızakların maksimum hareket mesafesi 150mm olup hassasiyeti ise 0,1µm dur. Spindle X eksenini hareketini sağlayan kızak üzerine montaj edilmiştir. Kesici takım mini dinamometre üzerine, dinamometre Y eksenini ifade eden kızak üzerine sabitlenmiştir. Talaş derinliği Z eksenini vasıtasıyla verilmektedir. Kesici takımda 2µm TiAlN kaplama kullanılmış olup takıma ait geometrik özellikler şekilde

verilmektedir. Yanaşma açısının 90° olması ve dinamometreye bağlanabilmesi adına takım tutucu özel olarak tasarlanmış ve üretilmiştir. Deneylerde kesme bölgesinin dana net olarak gözlemlenebilmesi adına 50-800 arasında büyütme yapabilen bir USB mikroskop kullanılmıştır. Tüm sistem titreşimsiz optik bir tabla üzerine montaj edilmiştir[5].



Şekil 1: Mikro tornalama deneylerinde kullanılan sistemin genel görünümü.



Şekil 2: Deneylerde kullanılan kesici takım ve koordinat sistemi.

Kesici takımın burun yarıçapı (R_c) yaklaşık 40µm ve kenar yarıçapı (R_e) de yaklaşık 7,25 µm olarak ölçülmüştür. Çalışmada talaş derinliği (a_p) 40µm alınmıştır. Deneyler 100m/dk sabit kesme hızında 2 farklı ilerleme değeri için (10µm, 20µm) yapılmıştır. Deneyler kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiş olup çıktı olarak kesme değerleri dikkate alınmıştır. Deneylerde kesme mesafesi kısa tutulmak suretiyle takımdaki aşınma göz ardı edilmiştir.

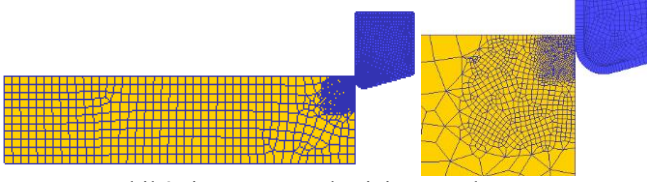
B. Modelleme

Bir mühendislik sisteminin çözülmesi esnasında bu sistemin matematiksel modelinin hazırlanması ve bu modelin çözümünün gerçekleşmesi tasarımcıya birçok avantaj sağlayacaktır. Sonlu elemanlar yöntemiyle çözüm yapan Deform programı ile mühendislik sistemlerini modelleyip simule ederek sıcaklık, kesme kuvvetleri, gerilme vb gibi birçok veriyi elde edebilmek mümkündür.

Talaş oluşumu prosesinde remeshing tekniği kullanılarak, her bir çözüm aralığı için yeniden sonlu eleman ağı oluşturulmuştur. Her bir çözüm aralığında kesme esnasında

L10 (mm)	6,95
R_c (µm)	~40
R_e (µm)	7,25
D (mm)	3,42
S (mm)	1,18
D1 (mm)	2.39

meydana gelen kesme kuvvetleri ve kesme sıcaklığı veri olarak program tarafından kaydedilmiştir. Çözümlerde kullanılan sonlu eleman modeli Şekil 2 de verilmiştir[6].



Şekil 3: iş parçası ve kesici uç mesh yapısı.

Literatürde bir çok malzeme modeli olmakla beraber, modelleme esnasında kullanılan malzeme modeli çok önemli olup, sonuçları büyük ölçüde değiştirebilmektedir.

Temel Johnson-Cook (J-C) ;

$$\sigma = [A + B\varepsilon^n] \left[1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right] \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right] \quad (1)$$

Temel Johnson-Cook (J-C) malzeme modeli 3 fonksiyonun kombinasyonu olarak temsil edilir [7];

$$\sigma = f(\varepsilon) \cdot g(\dot{\varepsilon}) \cdot h(T) \quad (2)$$

$$f(\varepsilon) = (A + B\varepsilon^n) \quad (3)$$

$$g(\dot{\varepsilon}) = \left(1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \quad (4)$$

$$h(T) = \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right] \quad (5)$$

Bu gösterimde $f(\varepsilon)$, $g(\dot{\varepsilon})$ ve $h(T)$ sırasıyla, şekil değiştirme sertleşmesi, şekil değiştirme hassasiyet oranı ve termal yumuşama davranışını temsil eder[8].

Bu çalışmadaki modellemelerde temel Johnson-Cook (J-C) malzeme modelinin yanında modifiye edilmiş 2 farklı model daha kullanılmıştır[9].

Bunlar;

Model 1) Şekil değiştirme yumuşaması ve sıcaklığa bağlı, modifiye edilmiş malzeme modeli[10]

$$\sigma = \left[A + B\varepsilon^n \left(\frac{1}{\exp(\varepsilon^a)} \right) \right] \left[1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right] \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right] \left[D - (1 - D) \left[\tanh \frac{1}{(\varepsilon + p)^r} \right]^s \right] \quad (6)$$

$$D = 1 - \left(\frac{T}{T_m} \right)^d \quad p = \left(\frac{T}{T_m} \right)^b$$

Model 2) Sıcaklığa bağlı olmayan modifiye edilmiş malzeme modeli aşağıda verilmiştir. Modele dahil edilen 4.fonksiyon ($g(\varepsilon)$) temel modüldeki 2.fonksiyon ($g(\dot{\varepsilon})$) ile benzerlik göstermektedir. Her iki fonksiyonda şekil değiştirmeye bağlıdır.

$$g(\varepsilon) = \left[M + (1 - M) \left[\tanh \frac{1}{(\varepsilon + p)^r} \right]^s \right] \quad (7)$$

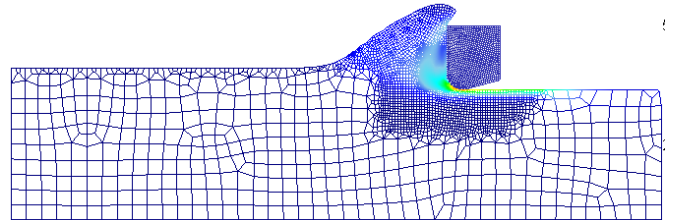
$$\sigma = [A + B\varepsilon^n] \left[1 + C \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right] \left[1 - \left(\frac{T - T_r}{T_m - T_r} \right)^m \right] \left[M + (1 - M) \left[\tanh \frac{1}{(\varepsilon + p)^r} \right]^s \right] \quad (8)$$

Çalışmada kullanılan veriler tabloda gösterilmiştir;

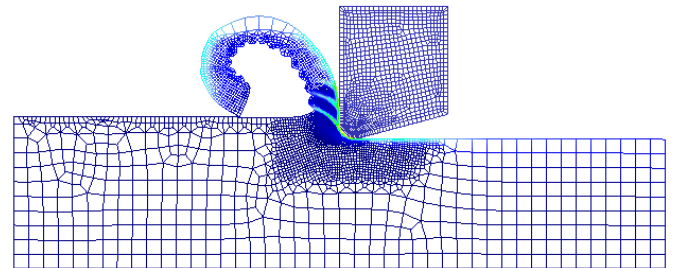
Tablo 1: Kay(2002)'nin önerdiği Johnson-Cook malzeme modeli sabitleri[11] ve karakteristikleri[12]

Karakteristikler	Değerleri	Tanımları
ε	değişken	Plastik şekil değiştirme
$\dot{\varepsilon}$	değişken	Şekil değiştirme hızı
$\dot{\varepsilon}_0$	1	Referans şekil değiştirme hızı
A(MPa)	1098	Malzeme akma gerilmesi sabiti
B(MPa)	1092	Malzemenin sertleşme modülü
n	0,93	Sertleşme katsayısı
C	0,014	Şekil değiştirme hızı hassasiyeti
m	1	Malzemenin termal yumuşama katsayısı
M	0.48	
Tr (°C)	20	Oda sıcaklığı
Tm (°C)	1660	İş parçası ergime sıcaklığı
r	1	Malzemeye ait katsayı
s	5	Malzemedeki yumuşama eğilimi
a	2,5	Malzemenin şekil değiştirme sertleşmesi
b	2	Sıcaklığa bağlı akma yumuşama etkisi
d	0,5	D'nin sıcaklığa bağlı olma derecesi

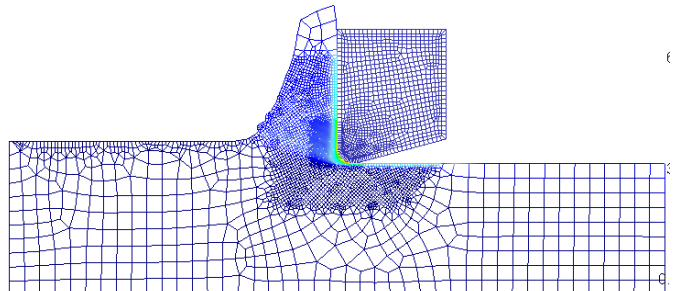
DeneySEL çalışmalar sonucu elde edilen veriler referans alınarak, deneme yanılma yoluyla bu malzeme modellerinde farklı sabitler denenmiş ve daha sağlıklı karşılaştırma yapabilmek adına 3 malzeme modelinde de Kay (2002) tarafından önerilen sabitlerin kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4: temel J-C için iş parçası talaş formu ve mesh yapısı.



Şekil 5: model 1 için iş parçası talaş formu ve mesh yapısı.



Şekil 6: model 2 için iş parçası talaş formu ve mesh yapısı.

Talaş formunun temel J-C malzeme modeli ve model 2 için düz formda, model 1 içinse testere formunda olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın sebebinin malzeme modelindeki yumuşama etkisi olduğu düşünülmektedir.

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Onlarca deney ve modelleme sonucu deneme yanıtı yoluyla literatürdeki birçok malzeme model sabiti ve 3 farklı Johnson-Cook(J-C) malzeme modeli denenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde Kay (2002) tarafından önerilen sabitlerin kullanılmasına karar verilmiş ve başta temel J-C malzeme modeli olmak üzere literatürde mevcut 2 tane de modifiye edilmiş malzeme modelinden(model 1 ve model 2) modelleme yapıldıktan sonra kuvvet verileri (f_c, f_f) alınıp, bunlar birbiriyle ve deneysel sonuçlarla kıyaslanmıştır.

2 farklı ilerleme değeri (10 μ m, 20 μ m) ve 3 farklı malzeme modeli için yapılan modelleme sonucu elde edilen kesme kuvvet verileri (f_c, f_f) ve deneysel sonuçlardan elde edilen kesme kuvvetleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2: Malzeme modellerine göre kesme kuvvetleri tablosu

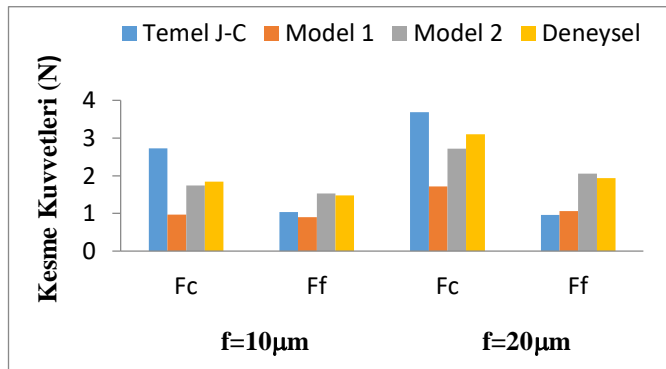
Kuvvetler(N)	f=10 μ m		f=20 μ m	
	f_c	f_f	f_c	f_f
Temel J-C	2,726	1,040	3,684	0,959
Model 1	0,97	0,9	1,714	1,062
Model 2	1,743	1,526	2,721	2,061
Deneysel	1,842	1,482	3,104	1,94

IV. KARŞILAŞTIRMA

Deneysel sonuçlar ile modelleme sonucu elde edilen nümerik sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Temel J-C modeli sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinin deneysel verilere %15-%50 hatayla yakınsadığı görülmektedir.
- Model 1'nin kullanılması sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinin deneysel verilere %35-%50 hatayla yakınsadığı görülmektedir.
- Model 2'in kullanılması sonucu elde edilen kesme kuvvetlerinin deneysel verilere %5-%15 hatayla yakınsadığı görülmektedir.

Aşağıdaki grafikte modelleme ve deney sonucu elden edilen kuvvet verilerinin karşılaştırılması görsel olarak sunulmuştur.



Şekil 6: Farklı malzeme modelleri için kesme kuvvetlerinin değişimi.

V. SONUÇ

Bu çalışmada 2 farklı ilerleme değeri (10 μ m, 20 μ m) için 3 farklı malzeme modeli ile modelleme yapılmış, modelleme sonucu elde edilen kesme kuvvet verileri (f_c, f_f) ile deneysel sonuçlardan elde edilen kesme kuvvet verileri (f_c, f_f) kıyaslanmıştır. Talaş formları dikkate alınmamıştır.

Sonuç olarak yumuşama etkisinin olmadığı, bu çalışmadaki model 2'nin deneysel sonuçlara en az hata payıyla yakınsayarak, en yakın sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Malzeme modeli seçimi birçok farklı kritere bağlı olmakla beraber gerçeğe en yakın modellemeyi yapabilmek için doğru malzeme modelinin seçimi oldukça önemlidir.

Doğru malzeme modelinin seçimi ile rahatlıkla yapılabilecek modellemeler sayesinde, bilimsel çalışmalarda deney sayısını minimuma indirgeyerek maliyet ve zamandan tasarruf sağlamak mümkündür.

KAYNAKLAR

- [1] Karagöz M., "Modelling and robust controller design for a multi-axis micro-milling machine" the degree of master of science in mechanical engineering, Bilkent University, Turkey, September 2016
- [2] Yücel E., Çiçek A. "İmalat Alanında Yaygın Olarak Kullanılan Mikro İşleme Teknikleri", SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi, 15. Cilt, 1. Sayı, s.46-59, 2011.
- [3] Elektrik Port Web Sitesi, <http://www.elektrikport.com>
- [4] Figes Mühendislik Web Sitesi, <http://www.figes.com.tr>
- [5] Aslantaş K., Şahan Ö., "Ti6Al4V alaşımının mikro işleme şartlarında yüksek hızda tormalanması", 8.Uluslararası Talaşlı İmalat Sempozyumu, s.101-110, 2-4 Kasım 2017.
- [6] Uzun I., Aslantaş K., "Talaş açısının kesme kuvvetleri ve kesme sıcaklığı üzerindeki etkisinin modellenmesi", Ulusal Teknik Eğitim Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu, s.50-53, 17 Nisan 2007.
- [7] Sima M., Özel T., "Modified material constitutive models for serrated chip formation simulations and experimental validation in machining of titanium alloy Ti-6Al-4V", International Journal of Machine Tools, s.943-960, 2010.
- [8] G.-R. Johnson, W.-H. Cook, A constitutive model for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures, in: Proceedings of the Seventh International Symposium on Ballistics, Hague, Netherlands, vol. 54, 1983, pp. 1-7.
- [9] Styger G., Laubscher R.F., Oosthuizen G.A., "Effect of constitutive modeling during finite element analysis of machining-induced residual stresses in Ti6Al4V", 2nd CIRP Conference on Surface Integrity, s.294-301, 2014.
- [10] M. Calamaz, D. Coupard, F. Girot, A new material model for 2D numerical simulation of serrated chip formation when machining titanium alloy Ti-6Al-4V, International Journal of Machine Tools and Manufacture 48 (2008) 275-288
- [11] W.-S.Lee, C.-F. Lin, High-temperature deformation behavior of Ti6Al4V alloy evaluated by high strain-rate compression tests, Journal of Materials Processing Technology 75(1998) s.127-136.
- [12] Uzun İ., Aslantaş K., Apaydın D. "Çok kaplamalı kesici takım tormalama işleminin sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt:7, No:1, s.69-82, 2010.

Mini-Channel Cooling of a Photovoltaic Cell

Onur Erkan ^{1*}, Musa Özkan ¹ and Oğuz Arslan ¹

¹Mechanical Engineering, Bilecik Şeyh Edebali University, Bilecik-Turkey
*(onur.erkana@bilecik.edu.tr)

Abstract – : In this article, cooling of a mono-crystalline photovoltaic cell (PV) having 0,00128 m² top surface area was studied using Computational Fluid Dynamics (CFD) method. The PV cell was exposed to different solar radiation values in both no-cooling and cooling conditions. Mini-channel cooling was performed by means of 12 aluminum rectangular channels having 0,0018 m hydraulic diameter and 40 mm length. Water flow rate in channels was calculated corresponding to the Reynolds numbers ranging from 500 to 2300 and its effect on the cooling was examined. Results show that the temperature of the top surface of PV panel increases up to 57 °C under no-cooling condition and our analysis revealed that it can be decreased to 25 °C when the mini-channel cooling is in progress.

Keywords – photovoltaic cell, solar energy, mini-channel flow, cooling, renewable energy.

Mini Kanal İle Fotovoltaik Hücre Soğutma

Onur Erkan ^{1*}, Musa Özkan ¹ ve Oğuz Arslan ¹

¹Makine Mühendisliği, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik-Türkiye
*(onur.erkana@bilecik.edu.tr)

Özet – Bu makalede, üst yüzey alanı 0,00128 m² olan bir mono kristalin fotovoltaik (photovoltaic - PV) hücresinin soğutulması Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemiyle araştırılmıştır. PV hücresi hem soğutmasız hem de soğutmalı durumlarda farklı güneş ışınımı değerleri için analiz edilmiştir. Soğutma sisteminin, 0,0018 m hidrolik çapa sahip, 40 mm uzunluğunda 12 adet alüminyum dikdörtgen mini kanallardan oluştuğu ve soğutucu akışkan olarak su kullanıldığı dikkate alınmıştır. Suyun kütledebisi 500 ≤ Re ≤ 2300 aralığında hesaplanmıştır ve debinin soğutma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre soğutmasız analizlerde 57 °C'ye kadar ısınan PV hücresi yüzey sıcaklığı, mini-kanal soğutma yöntemi kullanılarak 25 °C'ye kadar soğutulmuştur.

Anahtar Kelimeler – fotovoltaik hücre, güneş enerjisi, mini kanal akışı, soğutma, yenilenebilir enerji.

I. GİRİŞ

Günümüz dünyasının en önemli konularından birisi enerji ve onun verimli bir şekilde kullanımını olmuştur. Kayıpları en aza indirmek, maliyetleri düşürmek, atık enerjiyi geri kazanmak gibi konuların üstesinden gelerek elde edilen kaynakları en etkin biçimde kullanmak başlıca araştırma konularındandır. Enerji üretimindeki yüksek maliyetler, fosil yakıtların giderek tükendiği bu günlerde ortaya çıkan en önemli sorundur. Bu soruna karşılık getirilen çözüm ise kaynağına para ödenmeyen ve tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımınıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelim bu alan üzerine yapılan araştırmaların çoğalmasına ve verim artırma çalışmalarının önünün açılmasına sebep olmuştur.

Güneş, yüksek güç yoğunluğuna sahip, ulaşılması kolay, karmaşık teknoloji gerektirmeyen, çevreye herhangi bir zararı olmayan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu avantajlarına ek olarak daha birçok avantajı olan Güneş enerjisi yoğun talep görmektedir. Tüm bu sebeplerden dolayı yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde özellikle güneş enerjisi ile çalışan sistemlerde birçok iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Araştırmacıların sıklıkla üzerinde durdukları bu iyileştirme çalışmalarından birisi de fotovoltaik (photovoltaic-PV) hücrelerinin soğutulmasıdır.

PV modül soğutması aktif veya pasif olarak yapılabilir. Aktif sistemler pompa, fan gibi enerji harcayan ekipmanlar gerektirirken, pasif sistemlerde bunlara gerek yoktur [1]. PV hücrelerinin soğutulmasını Grubišić-Čabo vd. [2] pasif soğutma teknikleri, ısı boru soğutması, aktif soğutma teknikleri, nano akışkan soğutması, termoelektrik soğutma olarak beş ana başlık altında toplamışlardır.

A. Pasif Soğutma Teknikleri

Pasif soğutma tekniklerinde enerji harcayan pompa, fan gibi elemanlar bulunmaz. Bu yöntem ile yapılan soğutmada etkili olan mekanizma iletim ve doğal taşınımıdır. Pasif soğutma yöntemleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmalara göre pasif sistemler daha az verim artışı sağlamalarına rağmen kurulum maliyetlerini düşürdüklerinden dolayı birçok durumda aktif soğutma sistemlerine tercih edilirler. Örneğin, Güneş ışını yoğunluğunun az olduğu durumlarda pasif sistemlerin kullanılması uygun olabilir. Ayrıca, özellikle PV panelin arkasından yapılan aktif soğutma sistemlerinde pompalama maliyetleri hesaba katıldığında, pasif soğutma yöntemleri bazen aktif soğutma yöntemlerine göre daha avantajlı olmaktadır [2].

Pasif soğutma sistemlerinde hava pasif soğutma oldukça yaygın kullanılır. Cuce vd. [3] polikristalin PV hücre üzerinde deneysel bir çalışma yapmışlardır. PV hücrelerinden birine ısıyı yaymak için alüminyum kanatçık eklemişlerdir. Ölçümleri kıyaslayabilmek için kanatçık eklenmemiş başka bir PV hücresi kullanmışlardır. Çalışmada 200 W/m^2 'den 800 W/m^2 'ye kadar çeşitli ışınım değerlerini kullanmışlar ve farklı ortam sıcaklıklarında deneyleri yapmışlardır. Kanatçık ile soğutma yapılan PV hücresinin elektrik verimliliğinde %9 artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Pasif soğutma sistemlerinde özel bir versiyon olarak kullanılan faz değiştiren malzeme PCM (Phase Change Materials) soğutması da birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Hassan [4] daha verimli olabilecek bir PCM malzemesini araştırdığı doktora tez çalışmasında hem iç hem de dış mekânda 500 W/m^2 , 750 W/m^2 , 1000 W/m^2 ışınım şiddeti altında küçük ve büyük boyutlardaki soğutma sistemini kullanmıştır. Uygun PCM malzemesi ile 1000 W/m^2 güneş ışınımı altında 5 saatlik bir periyotta panelin ön yüzey sıcaklığında $15 \text{ }^\circ\text{C}$ 'lik bir azalma olduğunu göstermiştir. Güç kazanımı ise referans PV hücresinden %9,7 daha fazla olarak kaydedilmiştir.

Pasif soğutma sistemlerinde akışkan olarak suyun kullanıldığı araştırmalar da mevcuttur. Bu kapsamda suya batırma, termosifon etkisi, kılcalık etkisi gibi yöntemler kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Rosa-Clot vd. [5] mono-kristalin PV paneli soğutmak için bir batırma tekniği kullanmışlardır. Bu çalışmada sıcaklık $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de tutulmuş ve 4 cm derinlikte verim %11'e kadar artırılmıştır ancak su içine batırmanın derinliği arttıkça güneş ışınının yoğunluğunun azaldığı gözlemlenmiştir. El-Seesy vd. [6] Kahire'nin çevre şartlarında termosifon etkisi ile PV modül soğutması yapmışlardır. Bunun için $46 \text{ cm} \times 56,5 \text{ cm}$ ölçülerinde polikristalin PV hücresinin altına soğurucu bakır borular yerleştirmişlerdir. Boruları PV modüle sabitlemek için silikon dolgu macunu kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda PV veriminde yaklaşık olarak %2 artış elde etmişlerdir. PV/T (photovoltaic/thermal) sisteminin toplam verimi ise %42,45 olarak kaydedilmiştir. Ayrıca bu pasif soğutma yöntemlerinden biraz daha farklı olarak Zhu vd. [7] Güneş ışınımındaki fotonlara müdahale etmeden sadece ısıyı toplayıp ortama atan silikon saydam bir tabaka ile PV modül soğutması çalışması yapmışlardır.

B. Aktif Soğutma Teknikleri

Aktif soğutma teknikleri pasif soğutma tekniklerine oranla daha fazla verim artışı sağlamaktadır. Aktif soğutma yöntemleri PV/T gibi atık ısının işe yarayacağı sistemler ve ana amacın elektriksel verimi arttırmak olduğu durumlar için oldukça uygundur [2]. Araştırmacılar tarafından PV modülü aktif olarak soğutmak için çok çeşitli yollar denenmiştir. PV modülünden, arkasından veya hem önünden hem arkasından zorlanmış taşınım ile soğutma yaparken su, hava, nano akışkan gibi farklı akışkanlar kullanılarak birçok soğutma sistemi geliştirilmiştir.

Teo vd. [8] bir PV/T tasarlayıp üretmişler ve deneysel olarak incelemişlerdir. PV modülünün arkasına hava kanalları yerleştirerek soğutma yapmışlardır. Kanalların şekillerini optimize etmek için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

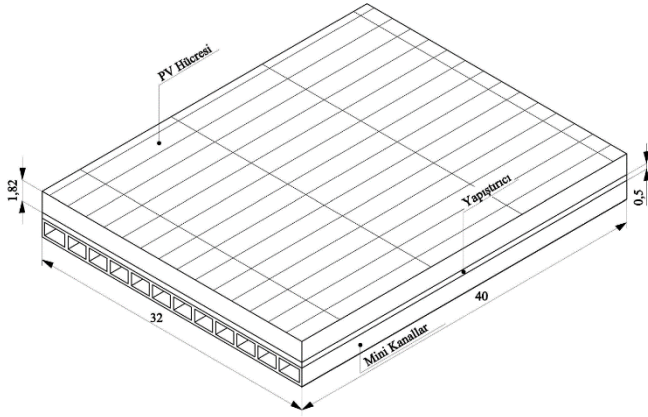
analizi kullanmışlardır. Bu analizlerde, soğutma olmadığı durumda PV modülünün sıcaklığının $68 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar çıktığını ve elektriksel verimin %8,6'ya kadar düştüğünü gözlemlemişlerdir. Hava soğutmasını kullanarak PV modül sıcaklığının $38 \text{ }^\circ\text{C}$, elektriksel verimin ise %12,5 civarında kalmasını sağlamışlardır. Havanın kütleli debisinin $0,055 \text{ kg/s}$ olduğu durumda PV modülden çekilen ısının en fazla olduğunu bulmuşlardır. Bunlar gibi pek çok farklı araştırmacı tarafından hava aktif soğutma yönteminin kullanıldığı çalışmalar yapılmıştır.

Soğutucu akışkan olarak su kullanılan aktif soğutma teknikleri, suyun ısı kapasitesinin yüksek olmasından dolayı daha iyi soğutma sağlayabilirler. Ayrıca sıvılar hemen hemen sıkıştırılmaz olarak kabul edildiğinden dolayı pompanın tükettiği enerjinin kompresör veya fanın tükettiği enerjiden az olması da su soğutmasının tercih sebebi olabilir. Du vd. [9] konsantre fotovoltaik sisteminin (CPV) soğutmasını yapmışlardır. Deneyde $1,08 \text{ m}$ uzunluğunda ve $0,14 \text{ m}$ genişliğinde mono kristalin PV modül kullanmışlardır. Soğutma için modülün arkasında alüminyum plaka üzerine yerleştirilmiş iç çapı 10 mm olan iki boru kullanmışlardır. Deneylerin sonucunda sıcaklığın $60 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar düştüğünü gözlemlemişlerdir. Elektriksel verimin $0,03 \text{ kg/s}$ su debisine kadar hızla arttığını bu noktadan sonra yaklaşık olarak %8,3 civarında sabit kaldığını gözlemlemişlerdir. Bahaidarah vd. [10] benzer bir şekilde mono kristalin PV modülü içinden su akan kapalı bir kasa ile soğutmuşlardır. Onlar da soğutulmayan modüle kıyasla maksimum verimde %2,8 artış gözlemlerken, modül sıcaklığında $10 \text{ }^\circ\text{C}$ azalış gözlemlemişlerdir. Moharram vd. [11] farklı olarak PV modülü ön yüzünden soğutmuşlardır. Soğutmanın sonucu olarak toplam verim artışı yaklaşık %1,5 olmuştur. Ayrıca bu yöntemin, tozun önemli bir faktör olduğu Sahra ve Orta Doğu gibi bölgelerde PV panelinin ön yüzeyini temiz tutacağını belirtmişlerdir. Smith vd. [12] yoğunlaştırılmış Güneş ışınımı altında PV hücrelerini ön taraftan sprey su soğutması ile soğutmuşlardır. Onlar da mono kristalin PV panel kullanmışlardır. Sürekli su soğutması sonucunda pompanın güç tüketimi de göz önüne alındığında net güç kazancının %4,6 olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada aktif soğutma yöntemi ele alınmıştır. Bu bağlamda bir mono kristalin PV hücresinin hem soğutmasız hem de soğutma olması durumunda yüzey sıcaklığının ne olacağı HAD analizi ile araştırılmıştır. PV hücresinin 230 W/m^2 ile 980 W/m^2 değerleri arasında değişen Güneş ışınımını altında olduğu varsayılmıştır. Her bir ışınım değeri için beş farklı kütleli debide analizler gerçekleştirilmiştir.

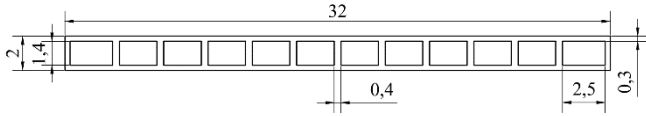
II. MATERYAL VE METOT

HAD analizleri için Şekil 1'de ki model ele alınmıştır. Eni 32 mm , boyu 40 mm ve yüksekliği $1,82 \text{ mm}$ olan, $0,00128 \text{ m}^2$ 'lik yüzey alanına sahip bir PV hücresinin altına, 12 adet alüminyum mini kanal yerleştirilerek soğutma yapılacağı kabul edilmiştir. PV hücresi ve kanallar arasındaki birleşimin ise 9 W/mK ısı iletim katsayısına sahip alüminyum bazlı yapıştırıcı ile yapıldığı varsayılmıştır.



Şekil 1. PV Hücresi Ve Kanalların Birleşimi

Şekil 2’de gösterilen alüminyum mini kanalların hidrolik çapı 0,0018 m ve kanal uzunluğu 40 mm’dir. Kanallar yüksekliği 1,4 mm genişliği 2,5 mm olan dikdörtgen kesite sahiptir.



Şekil 2. Alüminyum Kanalların Ön Görünüşü

Çalışma akışkanı olarak su kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı ve suyun kanallara giriş sıcaklığı 25 °C olarak ele alınmıştır. PV hücresinin üst yüzeyinden sisteme sabit ısı akısı verilmiştir. Bu sabit ısı akısını belirlemek için Bahaidarah vd.’nin [10] yaptığı çalışma örnek alınmıştır. Yazarlar çalışmalarında saat 9 ile 16 arasında her saat başı ölçüm olarak Güneş ışınım değerlerini kaydetmişlerdir. En fazla Güneş ışınımı değerini saat 11’de 979 W/m² olarak ölçmüşlerdir. Bahaidarah vd.’nin [10] çalışmasında kullandıkları veriler, bu çalışmada da 230 W/m² ile 980 W/m² aralığında değişecek şekilde 8 adet ısı akısı olarak kullanılmıştır.

Baviere vd. [13] pürüzsüz mikro kanallarda laminar türbülansa geçişin kanal boyutlarından etkilenmediğini ve geleneksel kanal içi akışta kritik kabul edilen 2300 civarında gerçekleştiğini bulmuşlardır. Benzer sonuçlar Bucci vd. [14], Schmitt ve Kandlikar [15] tarafından da raporlanmıştır. Bundan dolayı yapılan analizlerde laminar türbülansa akışa geçişin olduğu kritik Reynolds sayısı 2300 olarak alınmıştır. Çalışmada kullanılan parametrelerden birisi olan soğutucu suyun kanallara giriş hızı akışın laminar rejimde kalacağı $500 \leq Re \leq 2300$ aralığında hesaplanmıştır. Bu Reynolds sayılarına karşılık gelen kanala giriş hızı ve kütleli debiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Re sayılarına karşılık gelen giriş hızı ve kütleli debiler

Re	Giriş Hızı (m/s)	Kütleli Debi (kg/s)
500	0,19	0,0079
1000	0,38	0,0158
1500	0,57	0,0238
2000	0,762	0,0317
2300	0,876	0,0365

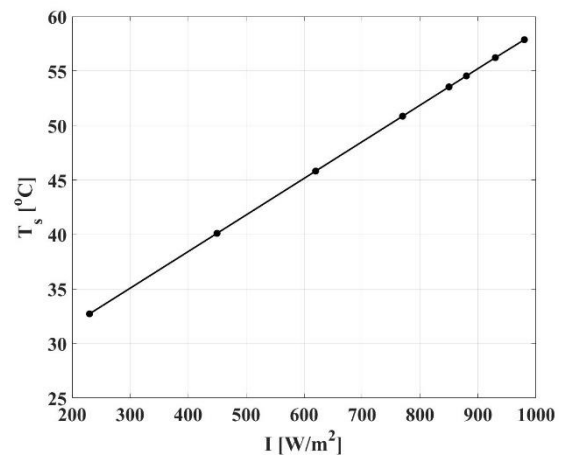
HAD analizlerinde aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Suyun giriş sıcaklığı 25 °C alınmıştır.
- Üst yüzey hariç diğer tüm yüzeyler ile 25 °C’deki ortam havası arasında doğal taşınım ile ısı transferi olduğu kabul edilmiştir.
- Kanalların çıkışının atmosferik basınca açıldığı kabul edilmiştir.

HAD analizleri yapılması için Şekil 1’deki model oluşturulduktan sonra katı ve sıvı hacimler tanımlanarak ayrıştırma (meshleme) işlemi yapılmıştır. Belirtilen Reynolds sayı aralığında türbülanslı akış bölgesi olmadığı için programda laminar model seçilmiştir. Daha sonra PV hücresinin ve yapıştırıcının yoğunluk, ısı iletim katsayısı, özgül ısı gibi malzeme özellikleri programa girilmiştir. Sınır koşulları kanal girişlerinde hız parametresi kullanılacak şekilde tanımlanmıştır. Giriş hızı Tablo 1’deki gibi toplamda beş farklı hız olarak alınmış ve analizler buna göre yapılmıştır. Ayrıca bu aşamada suyun kanala giriş sıcaklığı da 25 °C olarak tanımlanmıştır. Kanal çıkışlarının atmosferik basınca açıldığı kabul edilmiştir. Üst yüzey duvar olarak tanımlanıp, analizlerde bu yüzeye sabit ısı akısı uygulanmıştır. Sabit ısı akısı olarak 230,450, 620, 770, 850, 880, 930, 980 W/m² değerleri kullanılmıştır. Geriye kalan tüm yüzeyler de duvar olarak tanımlanıp, 25 °C sıcaklıktaki ortam ile aralarında doğal taşınım ile ısı transferi analiz edilmiştir. Daha sonra ilgili denklemlerin iteratif çözümlerinin yapılabilmesi adına tüm hücrelere başlangıç değer ataması yapılmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından program çalıştırılarak iteratif çözümlerin 10⁻³ hassasiyette yakınsaması sağlanmıştır. Çalışmada 5 adet Reynolds sayısı ve 8 adet sabit ısı akısı değeri kullanılarak toplam 40 adet analiz yapılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

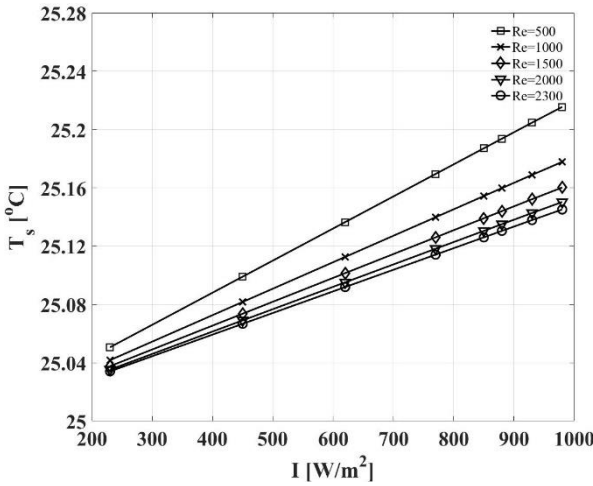
Bir mono kristalin PV hücresinin belli Güneş ışınımı değerlerinde soğutma olmadan sıcaklığının ne olduğunu ve bu sıcaklığın alüminyum kanallar ile aktif su soğutması yaparak ne kadar düşürülebileceğini görmek için HAD analizleri yapılmıştır. Her bir ışınım değeri için beş farklı kütleli debide analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Soğutmasız Durumda PV Üst Yüzey Sıcaklığının Işınım Değerlerine Göre Değişimi

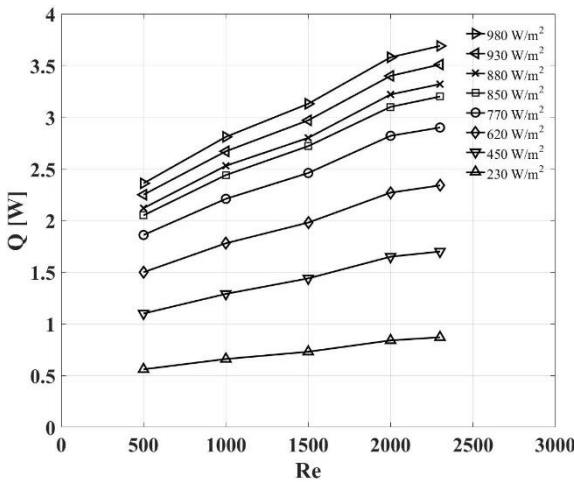
Yapılan analizler sonucunda, Şekil 3'te verilen grafikte de görüldüğü gibi ısı akısı arttıkça yüzey sıcaklığının da arttığı hesaplanmıştır. Soğutmasız durumda PV hüresinin üst yüzey sıcaklığının 230 W/m^2 ile 980 W/m^2 arasında değişen ısı akısı değerlerine göre en az $33 \text{ }^\circ\text{C}$ en fazla $57,87 \text{ }^\circ\text{C}$ olduğu sonucu elde edilmiştir.

PV hüresi su ile farklı kütleli debiler kullanılarak soğutulduğunda Şekil 4'teki grafikte de görüleceği üzere tüm kütleli debiler için PV hüresinin üst yüzey sıcaklığının $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar azaldığı görülmüştür. Soğutma durumunda yüzey sıcaklıkları Reynolds sayısı, yani kütleli debi arttıkça azalmıştır. Ancak kullanılan tüm kütleli debiler ile yüzey sıcaklığı yaklaşık $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar azaltılabildiği görülmüştür.



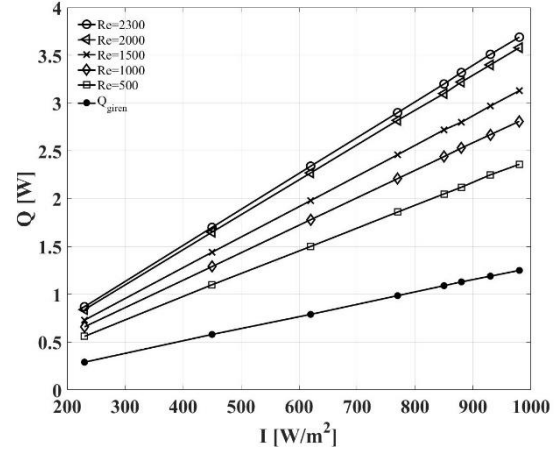
Şekil 4. Farklı Reynolds Sayılarında PV Üst Yüzey Sıcaklığının Işınım Değerlerine Göre Değişimi

Şekil 5'te su ile farklı ışınım değerleri için yapılan soğutma miktarlarına bakıldığında Reynolds sayısı yani kütleli debi arttıkça suyun sistemden çekebildiği ısı miktarının arttığı görülmüştür. Reynolds sayısı ve ısı akısı en yüksek değerlere sahip olduğunda sistemden dışarıya atılan ısının maksimum olduğu aynı şekil üzerinde görülmektedir.



Şekil 5. Her Işınım Değeri İçin Reynolds Sayılarına Bağlı Olarak Su İle Sistemden Dışarıya Atılan Isı Enerjisi Oranı

Sisteme PV hüresinin $0,00128 \text{ m}^2$ 'lik üst yüzeyinden verildiği kabul edilen her bir sabit ısı akısı için giren enerji miktarı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama ve analiz sonuçlarına göre Şekil 6'da görüldüğü gibi sisteme üst yüzeyden giren ısı enerjisi oranının farklı Reynolds sayılarında yapılan soğutma ile sistemden atılan ısı enerjisi oranından az olduğu görülmüştür.



Şekil 6. Sisteme Giren Ve Sistemden Atılan Isı Enerjisi Oranının Işınım Değerlerine Göre Değişimi

IV. SONUÇ

Bu çalışmada bir mono kristalin PV hüresinin, hidrolik çapı $0,0018 \text{ m}$ olan alüminyum mini kanallar ile soğutulması analiz edilmiştir. Yapılan analizlerden soğutmasız durumda PV hüresinin üst yüzey sıcaklığının $57,87 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısındığı sonucu elde edilmiştir. PV hüresinin üst yüzey sıcaklığının soğutma yapılması halinde yaklaşık $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar soğutulabileceği görülmüştür. Soğutucu suyun kütleli debisi arttıkça soğutma etkisinin de arttığı sonucuna varılmıştır. Ancak farklı kütleli debiler kullanıldığında elde edilen yüzey sıcaklıkları arasındaki farklar ihmal edilebilir düzeylerde olduğundan, düşük kütleli debilerin yani düşük pompalama maliyetlerinin de bu yöntemle soğutmada yeterli olabileceği sonucu elde edilmiştir.

İleriki çalışmalarda daha düşük kütleli debiler kullanılarak analizler tekrar edilebilir ve dolayısıyla daha az enerji harcayarak yani daha düşük debiler ile aynı verimlilikte soğutma yapıp yapılamayacağı incelenebilir. Ayrıca, mevcut çalışmada kullanılan mini kanallar ile pasif soğutma işlemi yapılarak elde edilecek sonuçlar burada sunulan sonuçlar ile kıyaslanabilir.

KAYNAKLAR

Conference on Microchannels and Minichannels, Toronto, Ontario, 2005.

- [1] Hasanuzzaman M., Malek A.B.M.A., Islam M.M., Pandey A.K., Rahim N.A., «Global advancement of cooling technologies for PV systems: A review,» *Solar Energy*, no. 137, pp. 25-45, 2016.
- [2] Grubišić-Čabo F., Nižetić S., Marco T.G., «Photovoltaic Panels: A Review Of The Cooling,» *Transactions Of Famena XL*, pp. 63-74, 2016.
- [3] Cuce E., Bali T., Sekucoglu S.A., «Effects of Passive Cooling on Performance of Silicon Photovoltaic Cells,» *International Journal of Low-Carbon Technologies*, no. 6, pp. 299-308, 2011.
- [4] Hassan A., *Phase Change Materials for Termal Regulation of Building Integrated Photovoltaics*, Dublin Institute of Technology, 2010.
- [5] Rosa-Clot M., Rosa-Clot P., Tina G.M., Scandura P.F., «Submerged photovoltaic solar panel: SP2,» *Renewable Energy*, no. 35, pp. 1862-1865, 2010.
- [6] El-Seesy I.E., Khalil T., Ahmed M.H., «Experimental Investigations and Developing of Photovoltaic/Thermal System,» *World Applied Sciences Journal*, cilt 19, no. 9, pp. 1342-1347, 2012.
- [7] Zhu L., Raman A., Wang K.X., Anoma M.A., Fan S., «Radiative Cooling of Solar Cells,» *Optica*, cilt 1, no. 1, 2014.
- [8] Teo H.G., Lee P.S., Hawlader M.N.A., «An Active Cooling System for Photovoltaic Modules,» *Applied Energy*, cilt 90, pp. 309-315, 2012.
- [9] Du B., Hu E., Kolhe M., «Performance Analysis of Water Cooled Concentrated Photovoltaic (CPV) System,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, cilt 16, pp. 6732-6736, 2012.
- [10] Bahaidarah H., Abdul Subhan, Gandhidasan P., Rehman S., «Performance Evaluation of a PV (Photovoltaic) Module by Back Surface Water Cooling for Hot Climatic Conditions,» *Energy*, cilt 59, pp. 445-453, 2013.
- [11] Moharram K.A., Abd-Elhady M.S., Kandil H.A., El-Sherif H., «Enhancing the Performance of Photovoltaic Panels by Water Cooling,» *Ain Shams Engineering Journal*, cilt 4, pp. 869-877, 2013.
- [12] Smith M.K., Selbak H., Wamser C.C., Day N.U., Krieske M., Sailor D.J., Rosenstiel T.N., «Water Cooling Method to Improve the Performance of Field-Mounted, Insulated, and Concentrating Photovoltaic Modules,» *Journal of Solar Energy Engineering*, cilt 136, 2014.
- [13] Baviere R., Ayela F., Le Person S., Favre-Marinet M., «An Experimental Study of Waterflow in Smooth and Rough Rectangular Microchannels,» *The 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels*, Rochester, New York, 2004.
- [14] Bucci A., Celeta G.P., Cumo M., Serra E., Zummo G., «Water Single-Phase Fluid Flow and Heat Transfer in Capillary Tubes,» *The 2nd International Conference on Microchannels and Minichannels*, Rochester, New York, 2004.
- [15] Schmitt D.J., Kandlikar S.G., «Effects of repeating microstructures on pressure drop in rectangular minichannels,» *The 3rd International*

Morfolojik İşlemler ve Kenar Algılama Yöntemler Vasıtasıyla Beyin Tümör Yeri Tespiti ve Tümör Alan Hesabının Yapılması

Brain Tumor Detection and Tumor Area Calculation by Means of Morphological Processes and Edge Detection Methods

Gülcan YILDIZ^{1*}, Doğan YILDIZ¹

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
*(gulcan.ozar@omu.edu.tr)

Özet – Günümüzde Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG), tıbbi görüntü işleme alanında sıkça kullanılan görüntüleme araçlarından biridir. Birçok hastalık teşhisi için bu görüntülerden faydalanılabilmektedir. Beyin MR görüntülerinde özellikle tümör teşhisi için bu görüntülere başvurulmaktadır. Bu çalışmada, beyin tümörlerinin yerini tespit etmek ve büyüklüğünü ölçmek için MR görüntülerine bazı görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Öncelikle, görüntü kalitesini artırmak için keskinleştirme ve filtreleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tümör yerini belirlemek için kenar algılama yöntemlerine yer verilmiştir. Bu çalışma içerisindeki kenar algılama işlemi, tümör tespiti için önemli bir adımı oluşturmaktadır. Daha sonra morfolojik işlemler ile tümör alanı elde edilmiştir. Böylece tümörün yeri bulunmuş ve alanı hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler – Alan Hesabı, Beyin Tümör Tespiti, Kenar Algılama Yöntemleri, Manyetik Rezonans Görüntüleme, Morfolojik İşlemler.

Abstract – Nowadays, magnetic resonance imaging is one of the imaging tools commonly used in the field of medical image processing. These images can be used to diagnose many diseases. These images are used for the diagnosis of tumors especially in brain MR images. In this study, some image processing techniques were applied to MR images in order to locate and measure the size of brain tumors. First, sharpening and filtering were performed to improve image quality. Edge detection methods are used to determine the location of the tumor. Edge detection in this study is an important step for tumor detection. Then, the tumor area was obtained by morphological procedures. Thus, the location of the tumor was found and the area was calculated.

Keywords – Area Calculation, Brain Tumor Detection, Edge Detection Methods, Magnetic Resonance Imaging, Morphological Processes.

I. GİRİŞ

Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve MRG, beyin tümörünü tespit etmek için yaygın olarak kullanılır. MRG, vücudun ayrıntı içeren görüntülerini üretmek için x-ışınları yerine manyetik alanları kullanır. MRG, yumuşak doku görüntüleme açısından daha iyi sonuçlar verdiği için BT yerine daha çok tercih edilir [1]. Beyin tümörü için doğru bir tespit yapmak oldukça önemlidir. Bilgisayar destekli sistem kullanılarak doğruluk oranı artırılabilir. Bu sistem radyologun beyin tümörünü daha uygun şekilde tespit etmesine yardımcı olabilir [2].

Literatür incelendiğinde, beyin tümör tespiti ile ilgili birçok çalışmanın yapıldığı görülmektedir. Aslan vd. [3] yaptıkları çalışmada, Sobel kenar algılama yöntemi geliştirilerek beyin tümör bölütlemesi gerçekleştirmişlerdir. Selkar ve Thakare [4] çalışmasında, watershed ve eşikleme algoritması kullanarak beyin tümör tespiti ve bölütlemesi yapmışlardır.

Padmakant [5] çalışmasında, watershed algoritması kullanarak beyin tümörü bölütlemesi üzerinde çalışmıştır. Watershed algoritması, normal dokuları, tipik ve düzensiz dokulardan ayırt etme konusunda etkin biçimde kullanılabilmektedir.

Ayrıca yapay sinir ağları kullanılarak da beyin tümör bölütlemesi yapılan çalışmalar mevcuttur. Pereira vd. [6] çalışmasında 3x3 Evrişimsel Sinir Ağı (Convolutional Neural Network, CNN) kullanarak bölütleme yapmışlardır. Rezaei vd tarafından yapılan [7] çalışmasında beyin MR görüntüleri kullanılarak beyin anormalliğinin saptanması için Derin Evrişimsel Sinir Ağı (Deep Convolutional Neural Network, DNN) kullanılmıştır.

Beyin tümör bölütlemesi yapabilmek için morfolojik işlemlerden yararlanan çalışmalar da mevcuttur. [8] çalışmasında, eşikleme ve morfolojik operasyonlar kullanılarak etkili beyin tümörü bölütlemesi gerçekleştirilmiştir. [9] çalışmasının performans parametre

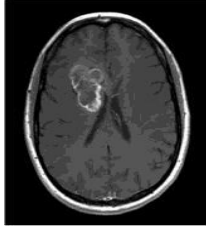
değerleri, morfolojik işlemler ile yapılan bölütlemenin seçilen görüntü veri seti için hızlı ve etkili olduğunu göstermiştir. [10] çalışmasında, histogram eşitleme ve morfolojik görüntü işleme tekniklerine dayanan bilgisayar destekli tanı sistemi açıklanmıştır.

MRG ve BT görüntüleme teknikleri, tümör dokularındaki veya hücrelerindeki anormal değişikliklerin erken tespitinde kullanılmaktadır. Erken evrede doğru tespit ve tanımlama tedavi için tek yoldur. Beyin tümörü dokuları doktorlar tarafından doğru zamanda teşhis edilmezse tedavisi oldukça zorlaşabilmektedir [11].

Son zamanlarda bilgisayar destekli tanının doğru ve verimli bir şekilde kullanılabilmesi için çeşitli görüntü işleme algoritmaları önerilmiştir. Bu çalışmada, tümör tespiti, konum ve alanının hesaplaması için görüntü işleme yöntemlerine başvurulmuştur. Bir nörologun ameliyat yapmaya karar vermesi durumunda, tümörün genişliği, yüksekliği veya alanı hakkında bilgi sahibi olması önemlidir. Bu çalışma ile tümörün yüzey alanı ve konumunun hesaplanabileceği bir yöntem sunulmaktadır. Cerrahi işlem öncesi bu bilgileri elde etmenin hayati bir faktör olduğu görülmektedir.

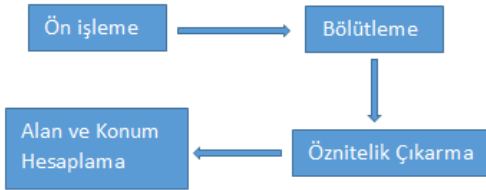
II. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada beyin MR görüntüleri kullanılarak tümör tespiti yapılmıştır. Kullanılan görüntü örneği Şekil 1 ile verilmiştir.



Şekil 1 Örnek beyin MR görüntüsü

Önerilen yöntem 4 aşamadan oluşmaktadır. Yöntem adımları Şekil 2 ile gösterilmektedir.



Şekil 2 Yöntem aşamaları

A. Ön İşleme

Ön işleme, görüntü işleme için önemli bir işlemdir. Bu aşamada, görüntü öznitekilerini verimli şekilde elde edebilmek için, öncelikle gürültü gibi görüntüde olumsuz bilgiler içeren etmenler uzaklaştırmış ve daha iyi sonuçlar elde edebilmek için görüntü kalitesinin artırılması gerçekleştirilmiştir. Kısacası ön işlemenin amacı, istenmeyen bozuklukların giderilmesi veya sonraki işlem için bazı görüntü özelliklerini geliştiren görüntü verilerinin iyileştirilmesidir [1]. Bu çalışmada, görüntü gri seviyeye dönüştürülerek, keskinleştirme ve gürültü giderme işlemleri yapılarak ön işleme adımı gerçekleştirilmiştir.

B. Bölütleme

Bölütleme işlemi tümör tespiti için en önemli aşamalardan biridir. Kenar algılama, yoğunluktaki ani değişikliklere dayanarak görüntülerde bölütlemeyi gerçekleştiren ve en sık kullanılan yaklaşımdır. Bu çalışmada bölütleme için Canny algoritması kullanılmıştır. Canny algoritması çok aşamalı işlemleri içerir. Canny yaklaşımının üç hedefi vardır: Düşük hata oranı, iyi yerleştirilmiş kenar noktaları ve tek noktalı kenar elde etmedir [1].

Eşikleme işlemi, en basit bölütleme yöntemlerinden birisidir. Gri seviyedeki görüntüleri ikili seviye görüntüye dönüştürecek bir eşik değerine dayanır. Histogram kullanılarak bu eşik değeri seçilir [4]. Arka plan ve ön plan olacak şekilde görüntü, ikili (siyah-beyaz) seviyeye indirgenir.

C. Öznitelik Çıkarma

Öznitelik çıkarma aşaması, görüntüdeki ilgili alana odaklanmayı ve istenen bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada morfolojik işlemler yapılarak tümör bilgisi elde edilmiştir.

Matematiksel morfoloji olarak da adlandırılan morfolojik işlemler beyin MR görüntüleri üzerinde kullanılabilir. Morfoloji, küme teorisi kavramlarının görüntü işleme ve analizine uygulanmasıyla ilgilidir. Genel olarak morfoloji, yapıları ve şekilleri incelemekle ilgilidir. Morfolojik işlemler normalde 0 veya 1 piksel değerlerini temsil eden ikili görüntüler üzerinde gerçekleştirilir. Morfolojik filtreler temel olarak görüntülerin geometrik özelliklerini değiştiren doğrusal olmayan dönüşümlerdir. Morfolojik operatör veya filtre, orijinal görüntüyü, uygun bir boyut ve uygun şekildeki maske elemanı ile iterasyon işlemi yaparak başka bir görüntüye dönüştürür [12].

D. Alan ve Konum Hesaplama

Bu aşamada, hesaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Görüntüden çıkarılan beyin tümörünün konumu bulunur ve alanı hesaplanır.

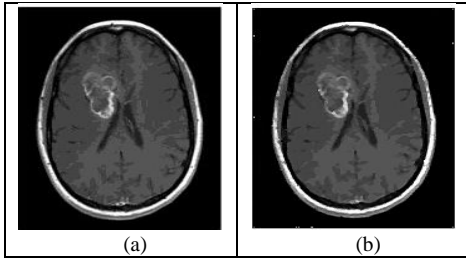
III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

MR görüntüleri üzerinde tümör tespiti, konum ve alan hesabı için yapılan işlem adımları Şekil 3 ile gösterilmiştir.



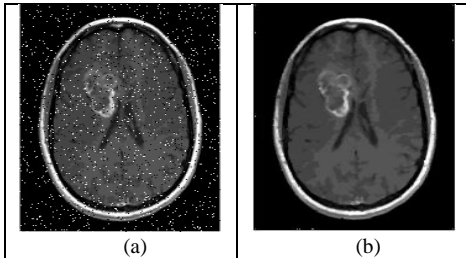
Şekil 3 Görüntü işleme adımları

Öncelikle renkli olan MR görüntüsü gri seviye görüntüye dönüştürülmüştür. Kenar bilgisini daha iyi alabilmek ve görüntüdeki bulanıklığı gidermek için ise keskinleştirme işlemi uygulanmıştır (Şekil 4).



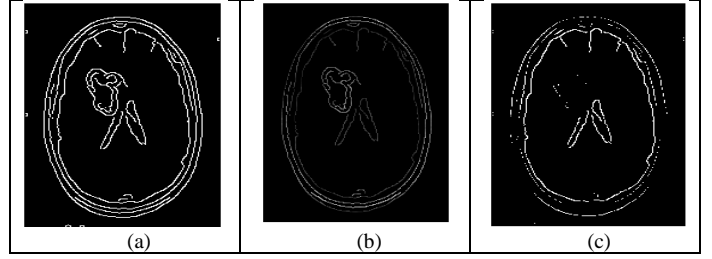
Şekil 4 a) Gri seviye görüntü b) Keskinleştirme

Gürültüyü gidermek için tuz-biber gürültüsü eklenmiş ve medyan filtre uygulanmıştır (Şekil 5).



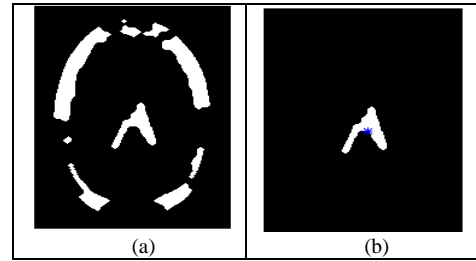
Şekil 5 a) tuz-biber gürültülü görüntü b) Medyan filtre

Ön işleme adımları ile görüntü kullanılabilir hale getirildikten sonra kenar algılama işlemi gerçekleştirilmiştir. Özgün MR görüntüsüne ait bilgilerle kenar bilgisi elde edilen görüntü birleştirilerek renk bazlı değişime bakılmıştır. Buna göre eşikleme işlemi uygulanarak tümöre ait kenarlar elde edilmiştir (Şekil 6).



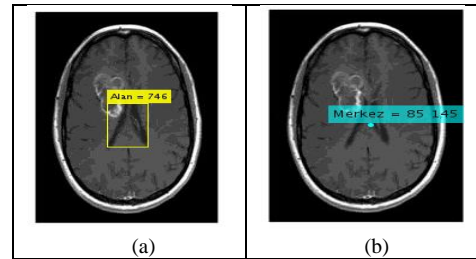
Şekil 6 a) Canny algoritması b) Kenar bilgisi özgün görüntü c) Eşikleme sonrası

Eşikleme sonrası tümöre ait bilgiler içeren görüntüye, tümörün tam alanının ve konumunun belirlenmesi için morfolojik işlemler uygulanmıştır (Şekil 7). Öncelikle tümör etrafındaki gürültüleri gidermek için kapama ve ardından tümör alanı içerisindeki boşluklardan kurtulmak için ise açma işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7 a) Morfolojik işlemler sonrası b) Tümör görüntüsü

Elde edilen tümör görüntüsünün merkezi tespit edilmiş ve alanı hesaplanmıştır. Piksel cinsinden hesaplanan alan bilgisini içeren görüntü ve satır sütun bilgisi ile verilen merkez konumunu gösteren görüntü sırasıyla Şekil 8a ve 8b ile gösterilmiştir. Şekil 8a ile özgün beyin MR görüntüsü üzerinde, gösterilen alan içerisinde tümörün yer tespiti yapılmıştır.



Şekil 8 a) Alan bilgisi b) Merkez konum bilgisi

IV. SONUÇLAR

Beyin, diğer vücut parçalarının performansı üzerinde yüksek etkiye sahip olan insan vücudunun en önemli organlarından biridir. Beyin tümörünün saptanması ve tanısı için bilgisayar destekli algoritmalar, doğru tanı koymak ve beyin hastalıklarının teşhisinde alınan yanlış karar sayısını azaltmak için radyologları desteklemek üzere geliştirilmiştir. Bu çalışmada beyin tümörünün konum tespiti yapılmış ve alanı hesaplanmıştır. Ön işleme aşamaları olarak gri seviye görüntüye dönüştürme, keskinleştirme ve gürültü giderme işlemleri yapılmıştır. Bölütleme için canny algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada öznelik eldesi ve tümörün belirlenmesi için eşikleme ve morfoloji işlemlerine

başvurulmuştur. Tespit edilen tümörün piksel cinsinden alan hesabı yapılmış ve koordinat bilgisi ile de konumu bulunmuştur. Bilgisayar destekli tespit ve teşhis algoritmalarında optimal performans ortaya çıkarmak için iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] N. Manasa, G. Mounica, and B. Divya Tejaswi. "Brain Tumor Detection Based on Canny Edge Detection Algorithm and it's area calculation." *Brain*, 2016.
- [2] Md R Islam and Md R. Imteaz. "Detection and analysis of brain tumor from MRI by Integrated Thresholding and Morphological Process with Histogram based method." in *2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2)*. IEEE, 2018.
- [3] A. Aslam, E. Khan, M. M. S. Beg, "Improved Edge Detection Algorithm for Brain Tumor Segmentation", *Elsevier, ScienceDirect, Procedia Computer science* , pp. 430-437, 2015.
- [4] R. G. Selkar, and M. N. Thakare. "Brain tumor detection and segmentation by using thresholding and watershed algorithm." *International Journal of Advanced Information and Communication Technology* 1.3 321-4. 2014.
- [5] P. Dhage, M. R. Phegade, and S. K. Shah. "Watershed segmentation brain tumor detection." *Pervasive Computing (ICPC), 2015 International Conference on*. IEEE, 2015.
- [6] S. Pereira, A. Pinto, V Alves and C. A. Silva. "Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images". *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1240-1251. 2016.
- [7] M. Rezaei, H. Yang, and C. Meinel. "Brain Abnormality Detection by Deep Convolutional Neural Network." arXiv preprint arXiv:1708.05206. 2017.
- [8] TS. D. Murthy and G. Sadashivappa, "Brain tumor segmentation using thresholding, morphological operations and extraction of features of tumor". In *Advances in Electronics, Computers and Communications (ICAIECC), 2014 International Conference on* (pp. 1-6). IEEE, 2014, October.
- [9] T. D. Vishnumurthy, H. S. Mohana, and V. A. Meshram. "Automatic segmentation of brain MRI images and tumor detection using morphological techniques". in *Electrical, Electronics, Communication, Computer and Optimization Techniques (ICEECCOT)*, 016 International Conference on (pp. 6-11). IEEE, 2016, December.
- [10] E. E. Ulku, and A. Y. Camurcu, "Computer aided brain tumor detection with histogram equalization and morphological image processing techniques". In *Electronics, Computer and Computation (ICECCO), 2013 International Conference on* (pp. 48-51). IEEE, 2013, November.
- [11] S. S. Gawande and V. Mendre. "Brain tumor diagnosis using image processing: A survey." *Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), 2017 2nd IEEE International Conference on*. IEEE, 2017.
- [12] K. Parvati, B. S. Prakasa Rao, and M. Mariya Das," Image Segmentation Using Gray-Scale Morphology and MarkerControlled Watershed Transformation", *Hindawi Publishing Corporation, Discrete Dynamics in Nature and Society Volume 2008*, Article ID 384346, doi:10.1155/2008/384346

MULTIPHYSICS NUMERICAL ANALYSIS OF MR DAMPER WITH EXPERIMENTAL VALIDATION

Zekeriya PARLAK^{*1}, Mustafa Ertürk SÖYLEMEZ², Muaz Kemerli¹ and İsmail Şahin³

¹Sakarya University Engineering Faculty Mechanical Engineering Department, Sakarya, Turkey

²Muş Alparslan University, Engineering and Architectural Faculty, Mechanical Engineering Department, Muş, Turkey

³Sakarya Applied Sciences University, Akyazi Vocational School, Sakarya, Turkey

*zparlak@sakarya.edu.tr

Abstract – Multiphysics numerical analysis, which are the magnetic field and time-dependent CFD analysis, validated by experimental results have been performed to obtain the magnetic flux density and relationship of damping force-displacement. The most effective levels of the design parameters have been determined regarding of the damping force and dynamic range. Also, the expected performances of the optimal MR damper designs and effect each design parameter on performance have been calculated statistically corresponding to different velocity values. Results showed that, from 0.05 m/s to 0.15 m/s of piston velocity, the effect of the gap width was increased by 2.56% while the active length was decreased by 4.12% under constant current.

Keywords – Magnetorheological damper; Design of experimental; Time-dependent CFD analysis; non-Newtonian flow; Coupled analysis; Moving boundaries

I. INTRODUCTION

An MR damper basically consists of a cylinder, a piston head wrapped around a coil, a piston shaft, and sealing elements. Manufacturing an MR damper that best suits the operating conditions, requires numerical modeling and testing.

Optimization studies of MR damper design parameters have received many interests and many authors have studied numerically and experimentally. Hitchcock (2002) carried out the 3D FEM analysis with ANSOFT software to find optimum values for magnetic field direction and intensity. Rosenfeld and Wereley (2004) compared the performance of the optimized MR valve with similar ER valve using both analytical and numerical techniques. Nguyen et al. (2007) provided a convergence on design variables such as magnetic flux density, pressure drop and dynamic range, taking into account the constant values of diameter and length of the MR valve cylinder, fluid viscosity, flow rate and channel width, so that they obtained optimal values such as valve housing thickness, coil width. Karakoc et al. (2008) obtained optimum values of the design parameters of an automotive MR brake with the optimization algorithm. At the same time, an FEM analysis was presented to analyze magnetic field and heating within the MR brake. Erol and Gurocak (2011) obtained the optimal configuration of the MR brake including parameters such as current, coil winding number and coil wire diameter. Azraai et al. (2015) used Particle Swarm Optimization (PSO) method to optimize parameters of the MR dampers. Hu et al. (2016) an FEM was built to work the performance of the double coil MR damper by investigating seven different piston

configurations, and they obtained the optimal damping performance of the damper by using the APDL. In our previous study (Parlak et al., 2013) the optimal MR damper configurations were obtained by using Taguchi experimental design method without taking into account temperature rise and applied current is one of four design parameters. Scientists (Rosenfeld and Wereley, 2004; Nguyen et al., 2007; Karakoc et al., 2008; Ozan and Gurocak, 2011; Azraai et al., 2015; Hu et al., 2016; Parlak et al., 2013) have emphasized on the importance of optimizing the MR device and their numerical and experimental findings have been presented comparatively. Although these results provide a significant contribution to the literature, they have not developed models which consider temperature rise in the damper operation and they have not considered different current excitation conditions in the optimization works.

Some studies have been presented by several researchers for MR fluid and MR damper modeling using numerical analysis (Kemerli et al., 2019, Parlak and Engin, 2012, Sternberg et al., 2014, Zheng et al., 2015). In the numerical models, Navier–Stokes and/or Maxwell equations are solved numerically for MR fluid flow and magnetic field.

By making appropriate design that meet the expected working conditions or to provide controlling model of the MR damper, an appropriate numerical model closest to the test data can be developed. A few studies have been examined the effects of heating during operation on the damper. Yu et al. (2015) established a theoretical model of temperature change on a kind of self-decoupling magnetorheological (SDMR)

damper based on conservation of energy. Zhu et al. (2015) proposed a MR damper which can provide both damping effect and recycling energy from mechanical vibration. Thirupathi et al. (2015) have conducted tests with a simple MR damper for a new MR fluid produced.

The current study aims; (1) to determine the most effective MR damper design by performing experiments under constant temperature by method of the design of experimental, (2) to reveal the adverse effect of temperature rise on the MR fluid, (3) to show most effective levels and impact of design parameters on performance corresponding to different velocity values (4) to obtain the magnetic flux density and relationship of damping force-displacement by multiphysics numerical analysis, which are the magnetic field and time-dependent CFD analysis and (5) to visualize of the magnetic field and fluid flow in MR damper by numerical analysis.

II. EXPERIMENTAL DESIGN OF MR DAMPER

An MR damper basically consists of a cylinder, a piston head wrapped around a coil, a piston shaft, and sealing elements. MR fluid can pass to the other side of the cylinder through the narrow channel (gap) on the piston head (Fig 1). When high pressured MR fluid is forced along a gap, frictional losses caused by the resistance to flow occur and cause pressure drop in the MR damper. The force along the narrow channel is activated by a magnetic field due to current carrying circular coil. Also, in the MR dampers, an accumulator, which is filled with the pressurized gas such as nitrogen, is used for compensating the volume changes induced by the movement of the piston rod in the cylinder. On the other hand, temperature rise is caused by the mechanical friction and the heating of the coil and it significantly reduces the viscosity of the MR fluid and thus, the damper cannot provide the expected damping force. In this case, either MR dampers must be cooled or the effect of temperature rise on fluid viscosity in the calculations must be considered by making appropriate design that meet the expected working conditions or to provide controlling model of the MR damper. In the current study, MR damper temperature is kept constant by experimentally (detailed in section 3) and damper design is done by following optimization procedure similar to in our previous studies (Parlak et al., 2013).

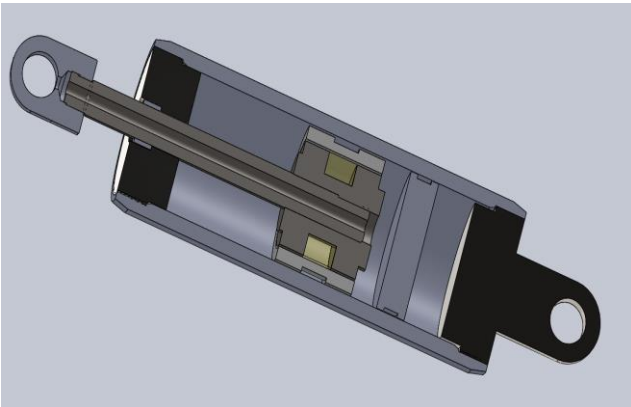


Fig. 1 Cross-Section of MR damper

The dimensions of the magnetic circuit of the MR damper, which characterize by the annular gap width, g , the gap length, L , thickness of the piston head housing, g_h , t_k , the piston head radius, R , the piston core radius, R_c and the coil width, W , can be seen in Fig. 2. The flux lines are perpendicular to the flow direction on the active length, causing a field-dependent resistance.

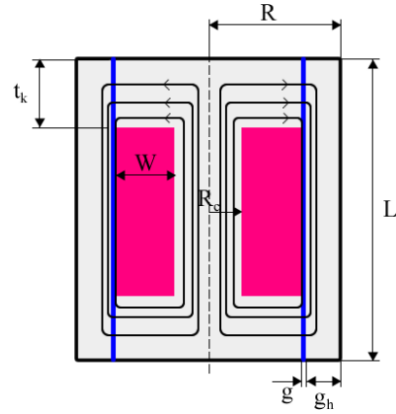


Fig. 2 Magnetic circuit of the MR damper

Since the magnetic field is applied, a few microns size particles dispersed in a carrying liquid form chains and the fluid becomes like a semi-solid material in a few milliseconds. This forming chain-like structure creates a resistance against the flow of the fluid, so that a rise in the fluid apparent viscosity occurs thanks to rising yield stress. MR fluid exhibits non-Newtonian behavior under the magnetic field.

Assuming that the pressure drop across the annular gap is equal to the pressure drop across the channel between the two parallel plates the pressure drop is calculated as follows.

$$\Delta P = \Delta P_{\mu} + \Delta P_{\tau} = \frac{6Q\mu L}{\pi R_1 g^3} + c \frac{2t_k}{g} \tau_y \quad (1)$$

where ΔP_{μ} and ΔP_{τ} are the viscous (uncontrollable) and yield (controllable) pressure drop of MR damper. In the Eq.1, τ_y is yield stress, Q the flow rate, R_1 the average radius defining by $R_1 = R - (g_h + 0.5g)$ and c is the coefficient that depends on the flow velocity profile.

The total force generated by the damper, which consists of force due to the viscous effects F_{μ} , friction force F_f , and field-dependent force F_{τ} , is

$$F = F_{\tau} + F_{\mu} + F_f \quad (2)$$

The dynamic range, D , is defined as the ratio of the total damping force to the uncontrollable force, which are the sum of the last two of Eq. 2.

$$D = 1 + \frac{F_{\tau}}{F_{\mu} + F_f} \quad (3)$$

In the experimental design, four of the geometric dimensions of the MR damper shown in Fig. 2 were

determined as design parameters. The parameters were considered to have a significant effect on the damping force and the dynamic range in our previous works. damping force and dynamic range. 3 levels were determined for each parameter. These parameters and levels are shown in Table 1 below.

Table 1. The parameters and levels determined for MR damper

Parameters	Level 1	Level 2	Level 3
Gap (g)	0.4mm	0.6mm	0.8mm
Active length (t _k)	3mm	4mm	5mm
Radius of the piston core (R _c)	7mm	7.5mm	8mm
Gap length (L)	20mm	21mm	22mm

The levels of the parameter are distributed according to L9 orthogonal array of Taguchi experimental design method, can be seen in Table 2. The piston head radius and the piston head housing thickness were constant at 14.5 mm and 2 mm respectively. The values of coil width were determined with the equation $W = R - g - g_h - R_c$. In addition, since only geometric parameters would be examined in the study, 120 windings were made in the same coil thickness for all the dampers to neutralize the effect of all remaining parameters. Thus, 9 MR dampers were manufactured and tested (Fig. 3).

Table 2. The levels of the parameters assigned to L9 orthogonal array

	g	t _k	L	R _c
Damper 1	0.4	3	20	7
Damper 2	0.4	4	21	7.5
Damper 3	0.4	5	22	8
Damper 4	0.6	3	22	7.5
Damper 5	0.6	4	20	8
Damper 6	0.6	5	21	7
Damper 7	0.8	3	21	8
Damper 8	0.8	4	22	7
Damper 9	0.8	5	20	7.5



Fig. 3 One of manufactured dampers

To measure a quality characteristic and to determining optimum conditions was used type “bigger is better” of signal-to-noise ratio (S/N) to capture the variability of data in the group (Roy, 2003).

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \tag{4}$$

Assume that y_i is the i_{th} test value. If the S/N is increased it means of variation around the target value decreases, therefore, the desirability of S/N is always retained as bigger is better regardless of the original results. In the study each the damper was tested three times and the sum of the S/N calculations in Equation 4 was made for these three measurements.

III. TEST RESULTS

The manufactured dampers were tested on the machine of Roehrig MK-2150. The software of SHOCK 6.3 was used to control the test machine and to collect data. A programmable “GWinstek PPE 3223” power supply was used to feed current to the MR damper. The temperature on the damper surface during the tests was measured by an IR temperature sensor on the machine. A load cell having a maximum capacity of 22 kN and a linear variable displacement transducer (LVDT) were used to measure the damping force and displacement of the piston rod of the MR damper, respectively. The relative velocity between the two ends of the shock absorber could also measured by LVDT. A heat sink as shown in Figure 4 was used to keep the damper temperature constant. Experimental set-up is shown in Fig. 4 with its main components.

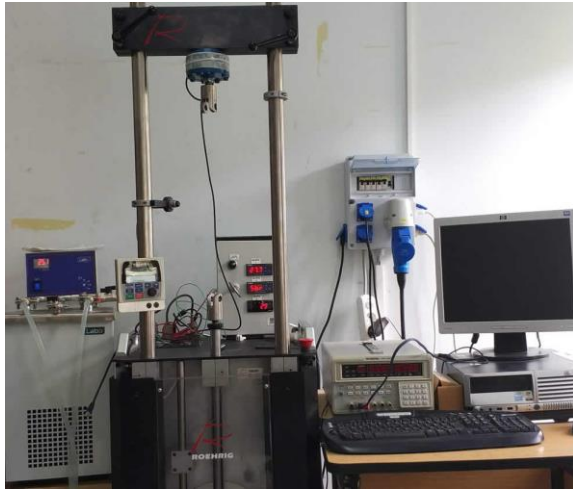


Fig. 4 Test set-up for the dampers

The dynamic tests of the dampers was performed under the current varying at 1 A, while maintaining the piston maximum velocity and stroke at constant levels of 0.1 m/s and 20 mm, respectively. Force vs. time, force vs. displacement, and force vs. velocity curves were obtained in addition temperature, gas force, friction force for each test. All tests were performed at 30 °C of damper temperature. Temperatures of the MR dampers were measured by taking measurements made with a K-type thermocouple placed on the top of the active length on the inner side of the piston head. After each test, if the temperature was rising due to viscous, friction and current excitation, the damper was cooled by immersing in a temperature controlled box and 30 (±0.5)°C value was provided again. The maximum force values for each test were taken into account for the evaluations following.

IV. MULTIPHYSICS NUMERICAL ANALYSIS OF FLUID FLOW AND MAGNETIC FIELD

The results at different velocities were obtained by numerical calculations in order to be able to evaluate the parameters of the MR damper at different velocities due to no available test data at different velocities.

Numerical analyzes of the MR dampers were carried out using the Magnetostatic and CFX tools of ANSYS 17.2. The coupled analyzes could be performed using a common grid for the whole flow area of the damper together with the solid volume of the piston affected by the magnetic field. Thus, both magnetic field analysis and computational fluid dynamics (CFD) solutions have been realized on the same solution grid. Values of the magnetic flux density obtained by magnetic field analysis were used to calculate apparent viscosity of MR fluid by Herchel-Bulkley model (Eq. 5) in CFD.

$$\mu = \frac{\tau_y}{\dot{\gamma}} + k\dot{\gamma}^{(n-1)} \quad (5)$$

where μ is apparent viscosity of MR fluid, τ_y is yield stress depending on magnetic field, $\dot{\gamma}$ is shear rate, k and n are consistency and flow index, respectively. A 20° part of the MR damper was analyzed to ensure the simulations faster and the

lower cost. Steps for carrying out the coupled analysis are schematically shown in Figure 5.

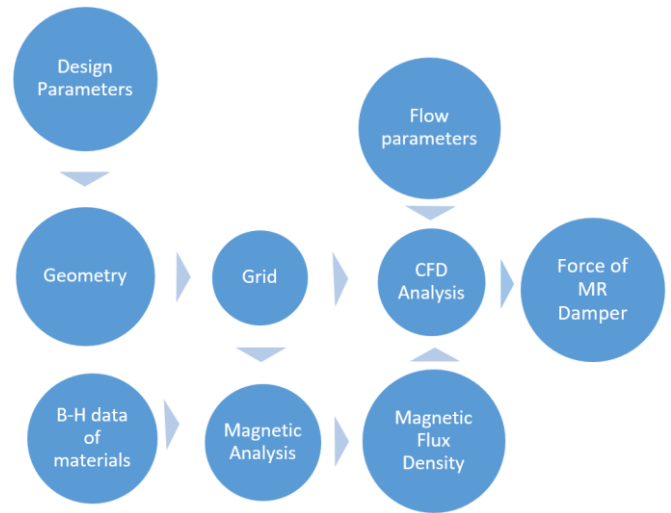


Fig. 5 Steps of the coupled analysis

The 3D CFD analyzes were carried out by CFX for an incompressible and non-Newtonian MR fluid, the momentum equation can be written as follows (ANSYS Documentation, 2016);

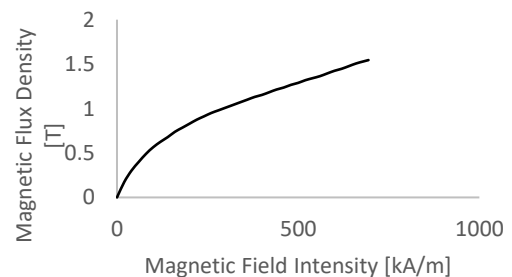
Navier–Stokes equations (momentum equations):

$$\frac{\partial(\rho U)}{\partial t} + \nabla(\rho U \times U) = -\nabla p + \nabla \tau \quad (6)$$

where the stress tensor, τ , is related to the strain rate by

$$\tau = \mu \left(\nabla U + (\nabla U)^T - \frac{2}{3} \delta \nabla U \right) \quad (7)$$

The magnetic flux density vs. magnetic field intensity (B-H) curves of the materials of the dampers, which are St37 steel and LORD MRF132-DG (Lord Technical Data, 2011), used in the tests were added in ANSYS 17.2 (Fig. 6).



a.

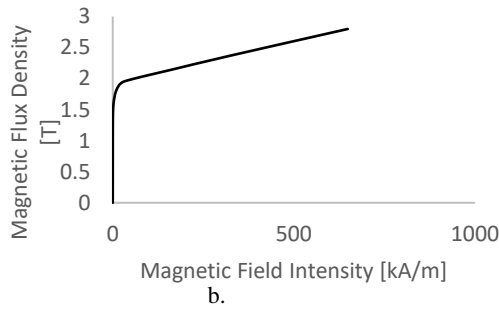


Fig. 6 B-H curves of a. MRF132-DG b. St37 Steel

The solution grid with approximately 498000 elements depending on the design was used for each damper in the analyzed (Fig 7). The skewness of the mesh is 0.9, aspect ratio is 6.8775 and orthogonal quality is 0.994.



Fig. 7 The grid of coupled computational domain.

Compression and rebound movement of piston of the dampers could be modelled as in real work through the CFD analysis performed with deformed mesh and transient model. Therefore, flow magnitudes such as flow velocity, pressure, dynamic viscosity, force, shear rate, etc. could be obtained easily at any position of the piston. The deformed mesh, which can be defined as the self-realignment of the mesh according to the position of the last state by the time-dependent movement of surfaces defined as walls was provided that relationships of force-velocity and force-displacement could be compared with experimental results. While the piston was defined as stationary, the sinusoidal equation (Eq. 8) on appropriate to the experimental data was used for movement of the top and bottom surfaces of the cylinder. Movement of the bottom surface (the accumulator) was in accordance with the volume equal to the volume of covering or removing of piston rod.

$$\begin{aligned} x(t) &= S_m(\cos(\omega t)) \\ v(t) &= V_m(\sin(\omega t)) \end{aligned} \quad (8)$$

where $x(t)$ and $v(t)$ are displacement and velocity, respectively, $\omega = V_m/S_m$ is angular velocity, S is stroke. The analyzes were performed at 0.05m/s and 0.15m/s of maximum velocity (S_m) and at 0.02 m of maksimum stroke.

The values of the magnetic flux density from the magnetic field analysis at x , y and z coordinates of each node on the

mesh were transferred to CFX as initials profile data, which can be seen in Figure 8.

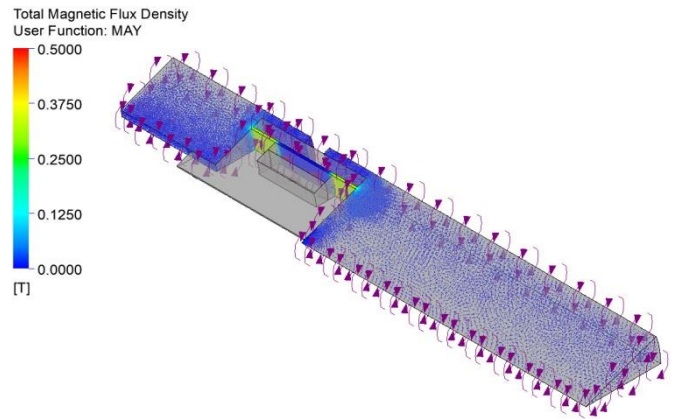


Fig. 8 Values of the magnetic flux density transferred from magnetic analysis on the flow domain

Behaviors of the MR fluid under applied current from 0 A to 5 A at from 20°C to 70°C were investigated by Anton Paar MCR 302 rheometer (Fig 9). The relationships of between yield stress and temperature are given in Fig 10. It is evident here that the yield stress, which significantly influences the viscosity of the fluid according to Eq. 5, varies considerably with temperature. In addition, this rate of change increases with increasing current. In this case, the CFD analyzes were carried out at a constant 30 °C temperature. The functions of the k , n and τ_y depending on magnetic flux density (Fig 11) were found by fitting relationship of Shear stress-Shear rate obtained the rheometer tests to the Herchel-Bulkley model given in Eq. 5 at constant 30°C. These values of k , n and τ_y for each node were also transferred to the CFX with the same initial profile data file.

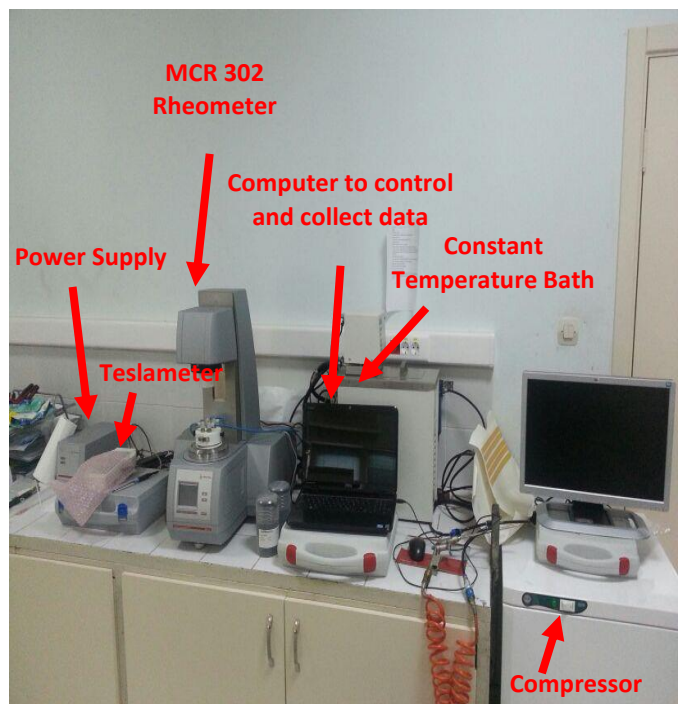


Fig. 9 Anton Paar MCR 302 rheometer test set-up

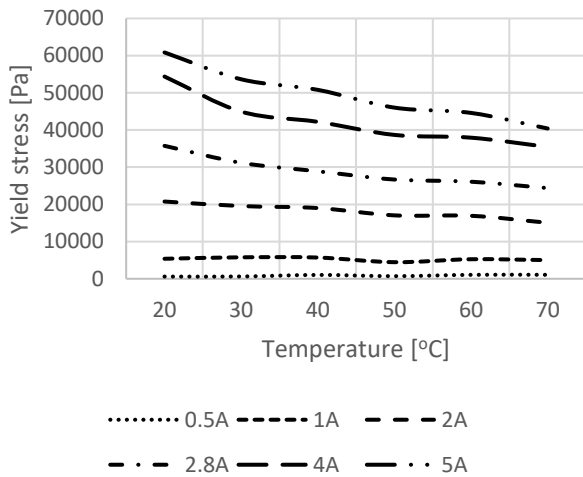


Fig. 10 The relationships of between yield stress (τ_y), and temperature

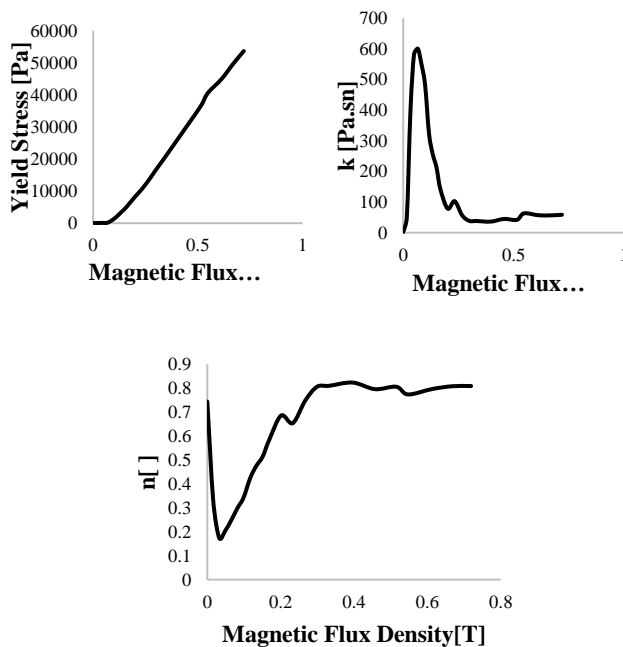


Fig. 11 The relationships of between magnetic flux density and τ_y , k and n for 30°C

The all the data was transferred to CFX as a variable called MAY, which could be used as an “Additional Variable” in CFX. Thus k, n, τ_y and B were utilized to calculate viscosity of MR fluid by Eq. 5 for each node in flow domain. The viscosity varying with the applied magnetic field in the gap volume were handled especially to predict the damping force correctly. That some expressions such as various equations, numerical values and boundary conditions were defined in CFX made easy working on different velocity and stroke. The comparisons between The CFD analysis and the experimental results of the dampers for the maximum piston velocity of 0.1 m/s over the force –displacement graph are shown in Figure 12. In this way, CFD results were verified by experimental data when taking into consideration the maximum force values to be operated.

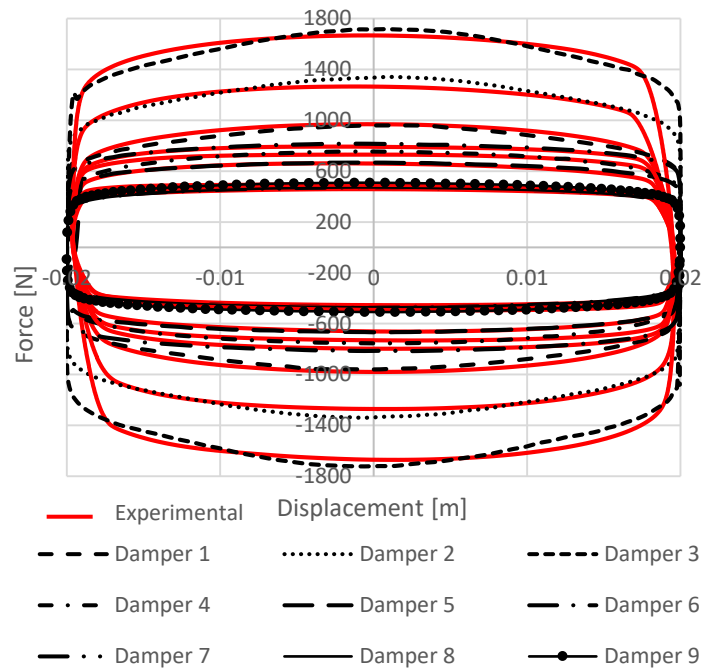


Fig. 12 The comparisons of CFD and Experimental results for 0.1 m/s

The new analyzes, which are at 1.0A and 0.02 m stroke, were conducted with the same validated CFD model for the velocities of 0.05 m/s and 0.15 m/s. The results of maximum force can be seen in Table 3.

Table 3. The coupled analysis results

	0.05 m/s		0.15 m/s	
	F [N]	D	F [N]	D
Damper 1	675.72	2.29	1272.10	2.41
Damper 2	978.30	2.64	1822.10	2.79
Damper 3	1265.64	3.06	2348.10	3.27
Damper 4	541.18	2.27	816.05	2.39
Damper 5	517.18	2.45	694.58	2.54
Damper 6	640.73	2.62	847.26	2.72
Damper 7	315.94	2.09	451.52	2.25
Damper 8	322.24	2.01	461.35	2.15
Damper 9	381.85	2.60	525.44	2.78

S/N ratios calculations (Table 4) made with these values in Table 8 and experimental results made for 0.1 m/s in above were realized to obtain the optimal levels of parameters and expected force and dynamic range.

Table 4. Optimal damper designs according to maximum force and dynamic range in terms of velocity

Velocity [m/s]	for	Optimal Levels				Expected Values		
		g	t	R _c	L	S/N	F [N]	D
0.05	F _{max}	1	3	3	3	62.05	1265.64	
	D _{max}	1	3	3	1	9.84		3.11
	F _{max} and D _{max}	1	3	2	2	37.54	785.36	4.07
0.1	F _{max}	1	3	3	3	64.53	1684.80	
	D _{max}	1	3	2	2	10.11		3.20
	F _{max} and D _{max}	1	3	2	3	37.55	785.51	4.07
0.15	F _{max}	1	3	2	3	67.59	2394.87	
	D _{max}	1	3	3	2	10.35		3.29
	F _{max} and D _{max}	1	3	2	3	37.90	798.37	4.14

According to these results, only level of the radius of piston core value at the velocity of 0.15 m/s was different compared to levels of the others in order to obtain the maximum damping force. The levels of the gap width and the active length remained the same as 1 and 3 respectively for each velocity and evaluation criterion. As a result, the optimal selections of levels of these two parameters is insensitive to velocity. According to the maximum force evaluation criteria, the gap length remained at level 3 which is largest value of the gap length. The expected force values could be obtained according to the maximum force criterion, but when two criteria are considered, this force showed a great decrease compared to the limited increase in the dynamic range. ANOVA results in terms of velocity can be seen in Table 5-7.

Table 5. ANOVA results for maximum force in terms of velocity

	P _g [%]	P _t [%]	P _{Rc} [%]	P _L [%]
0.05 m/s	86.44	9.19	1.79	2.57
0.1 m/s	89.13	4.78	1.71	4.38
0.15 m/s	92.00	4.06	1.43	2.51

As the speed increases, the effect of the gap width increased while the effect of the active length decreases in order to obtain the maximum force. Effect of the radius of piston core and the gap length remained almost constant.

Table 6. ANOVA results for maximum dynamic range in terms of velocity

	P _g [%]	P _t [%]	P _{Rc} [%]	P _L [%]
0.05 m/s	33.60	55.43	10.76	0.21
0.1 m/s	22.43	61.25	16.15	0.17
0.15 m/s	30.44	56.60	12.90	0.06

In order to obtain the maximum dynamic range, the most dominant parameter was the active length for all velocities, but

the effects of all parameters remained almost constant with varying velocities.

Table 7. ANOVA results for maximum force and dynamic range in terms of velocity

	P _g [%]	P _t [%]	P _{Rc} [%]	P _L [%]
0.05 m/s	74.54	20.74	4.50	0.22
0.1 m/s	75.56	17.91	5.54	0.99
0.15 m/s	78.10	16.62	4.95	0.34

The gap width was the dominant parameter when looking at the maximum dynamic range and force, but the effects of all parameters remained almost constant with varying velocities.

V. CONCLUSION

In this study, an experimental design was performed for the MR damper with specified parameters, which are the gap width, the active length, the gap length and the radius of piston core. The tests of manufactured the nine dampers were made under constant damping velocity at constant 30°C with checking by the thermocouples placed in the piston head because varying temperatures affect the performance of the damper significantly and the damper reacts different responses. The optimal levels of the design parameters were obtained for the objective of the maximum damping force and/or maximum dynamic range. Also, effects of each parameter on the maximum damping force and/or maximum dynamic range were calculated by the variance analysis. The coupled numerical model confirmed by experimental data was developed and the magnetic field and time-dependent CFD analyzes were performed on the same geometry to obtain the damping force values under different velocities. The analysis showed that;

- The effect of the gap width, which is most dominant, increased with the increasing velocity by just 5.56 %, while the effect of the active length decreases by 5.13% to achieve the maximum damping force.
- The effects of all of the parameters were almost unchanged with velocity for maximum dynamic range. The result pointed that the effect of the all parameters did not also change with the velocity to achieving maximum force and dynamic range together.

REFERENCES

ANSYS Documentation (2016) ANSYS CFX Theory Guide. *ANSYS Help*.

Azraai MR, Priyandoko G, Yusoff A R and Rashid MFFA (2015) Parametric Optimization of magneto-rheological fluid damper using particle swarm optimization. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering* 11:2591.

Erol O and Gurocak H (2011) Interactive design optimization of magnetorheological-brake actuators using the taguchi method. *Smart Materials and Structures*, 20(10): 105027 (12pp).

Hitchcock GH (2002) *A Novel Magneto-rheological Fluid Damper*. Master thesis, Mechanical Engineering Department, University of Nevada, Reno.

Hu G, Liu F, Xie Z and Xu M (2016) Design, analysis, and experimental evaluation of a double coil magnetorheological fluid damper. *Shock and Vibration* 4184726 (12 pp).

Karakoc K, Park EJ and Suleyman A (2008) Design considerations for an automotive magnetorheological brake. *Mechatronics* 18(8): 434-447.

Kemerli, M, Engin, T and Parlak Z (2019) Coupled Magnetic and CFD Modelling of a Structural Magnetorheological Vibration Absorber with Experimental Validation. In *Mechanism, Machine, Robotics and Mechatronics Sciences* (pp. 115-125). Springer, Cham.

Lord Technical Data (2011) MRF-132DG Magneto-Rheological Fluid. Available at: http://www.lordmrstore.com/_literature_231215/Data_Sheet_-_MRF-132DG_Magneto-Rheological_Fluid, (accessed 2 June 2018).

Nguyen QH, Han YM, Cho SB and Wereley NM (2007) Geometry optimization of MR valves constrained in a specific volume using the finite element method. *Smart Materials and Structures* 16 (6): 2242-2252.

Parlak Z, Engin T and Şahin İ (2013) Optimal magnetorheological damper configuration using the Taguchi experimental design method. *Journal of Mechanical Design* 135(8): 081008 (9pp).

Parlak Z, Engin T. (2012) Time-dependent CFD and quasi-static analysis of magnetorheological fluid dampers with experimental validation. *International Journal of Mechanical Sciences* 64(1): 22-31.

Rosenfeld NC and Wereley NM (2004) Volume-constrained optimization of magnetorheological and electrorheological valves and dampers. *Smart Materials and Structures* 13(6): 1303-1313.

Roy RK (2003) Design Experiments Using the Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement. New York: A Wiley-Interscience Publication.

Sternberg A, Zemp R, de la Llera JC. (2014) Multiphysics behavior of a magneto-rheological damper and experimental validation. *Engineering Structures* 69:194-205.

Thirupathi P, Janaki RP, Venukumar S, Saikiran RP, Krishna RB, and Battacharya S (2015) Experimental Analysis of MR Fluid by Magneto-Rheological (MR) Damper. *Applied Mechanics and Materials* 813-814: 1002-1006

Yu G, Du C and Sun T (2015) Thermodynamic behaviors of a kind of self-decoupling magnetorheological damper. *Shock and Vibration* 502747 (9 pp).

Zheng J, Li Y, Li Z and Wang J (2015) Transient multi-physics analysis of a magnetorheological shock absorber with the inverse Jiles–Atherton hysteresis model. *Smart Materials and Structures* 24(10): 105024 (16pp)

Zhu X, Wang W, Yao B, Cao J and Wang Q (2015) Analytical modeling and optimal design of a MR damper with power generation. In: *AIM 2015 - IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronic*, Busan, Korea, 7-11 July 2015, pp. 1531-1536. IEEE

OKUL ÖNCESİ DÖNEM ÇOCUKLARININ MEDYA KULLANIM DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

Gül Kadan^{1*}, Neriman Aral²

¹Sağlık Bilimleri Fakültesi/ Çocuk Gelişimi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Fakültesi/ Çocuk Gelişimi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

*Corresponding author: gulkadan@gmail.com.

Abstract –The aim of this study was to investigate the media usage levels of preschool children. In the study, 636 children who are studying in the 2017-2018 academic year have been studied in the independent kindergartens of Çankırı Provincial Directorate of National Education. It is determined to be of the children included in the study, 67,9% were male, 32,1% were female, 47,6% were five years old, 53,8% of the parents were 31-35 years old and 53,8% were university graduates. In the study “General Information Form” and “Media Usage Level Child Interview Form” which were formed by taking the opinions of the experts in the field were used. As a result of the research, it was determined that 64,3% of the children played games with mobile phones and 87,4% of them watched cartoon with mobile phones. 62,9% of children preferred to play games on their mobile phones and 37,1% of them preferred to watch cartoons. 34,6% of children whose parents have a tablet/computer stated that they like want to use these tools stated that they like to draw in these vehicles. 48,7% of the children watched television while eating 34,1% of children watching television while eating television until they finish their meals have stated that they watch television. Based on the findings of the research, it is seen that children are very fond of media tools. In the lights of this finding, it can be suggested that the interest of children towards media tools should be evaluated by means of activities where they can get real life experiences.

Özet: Araştırmada okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeylerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, Çankırı İl Milli Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı olan bağımsız anaokullarında 2017-2018 eğitim- öğretim yılında öğrenim görmekte olan 636 çocukla çalışılmıştır. Araştırmaya dahil edilen çocukların %67,9'unun erkek, %32,1'inin kız, %47,6'sının beş yaşında olduğu, ebeveynlerin %53,8'inin 31-35 yaş aralığında, %47,8'inin üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir. Araştırmada “Genel Bilgi Formu” ve alanında uzman kişilerin görüşleri alınarak oluşturulan “Medya Kullanım Düzeyi Çocuk Görüşme Formu” kullanılmıştır. Araştırma sonucunda çocukların %64,3'ünün cep telefonu ile oyun oynadıkları, %87,4'ünün cep telefonu ile çizgi film izledikleri belirlenmiştir. Çocukların %62,9'u cep telefonunda oyun oynamayı, %37,1'i çizgi film izlemeyi tercih etmişlerdir. Anne-babasının tablet/bilgisayarı olan çocukların %34,6'sı her gün bu araçları kullanmak istediklerini belirtmişler, bu araçları kullanmak isteyen çocukların %43,9'u bu araçlarda resim çizmeyi sevdiklerini ifade etmişlerdir. Çocukların %48,7'si yemek yerken televizyon seyrettiğini, yemek yerken televizyon seyreden çocukların %31,4'ü yemeklerini bitirene kadar televizyon seyrettiklerini belirtmişlerdir.. Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara dayanarak çocukların medya araçlarına oldukça düşkün oldukları görülmektedir. Bu bulgu ışığında çocukların medya araçlarına yönelik ilgilerinin gerçek hayat deneyimlerini edinebilecekleri aktivitelerle değerlendirilmesinin sağlanması önerilebilir.

Keywords – Medya, Medya araçları, Okul öncesi dönem, Teknoloji araçları, Teknoloji

I. GİRİŞ

Medya, toplumdaki insanları bilgilendirmek, eğlendirmek ve kamuoyu yaratabilmek amacıyla kitle iletişim araçlarının kullanılması şeklinde tanımlanmaktadır (1). Geçmişte kitle iletişim aracı sadece radyo ve televizyon iken, günümüzde teknolojik araçlar olarak ifade edilen birçok araç bulunmaktadır. Günümüzde teknolojiye yaşanan hızlı gelişme ve ilerlemeler bu araçlara ulaşımı kolaylaştırmıştır (2,3). Teknolojideki bu hızlı ilerlemeler ve ulaşımın kolaylaşması medya araçlarının aynı hızla insan hayatına girmesini de kolaylaştırmış ve medya araçları en ücre köşelere kadar gidebilmiştir (4). TUIK (2016) verilerine göre Türkiye'de genel nüfusun %97,7'sinin televizyona sahip olduğu, bazı evlerde televizyonun bir ile sınırlı kalmadığı ve televizyonlara ek olarak bilgisayar (masa üstü %22,9,

taşınabilir %27,1), tablet (%36,4), cep telefonu/akıllı telefonun da (%96,9) evlerde bulunduğu belirlenmiştir (5). Medya araçlarında yaşanan bu hızlı ilerlemeler sadece yetişkinleri etkilememiş, çocuklarda bu durumdan etkilenmiştir (6,7,8). Nitekim Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada çocukların bir günde altı saatten fazla teknoloji kullandıkları ve bu sürenin iki buçuk saatinin televizyon karşısında geçirdikleri bulunurken, İngiltere'de çocukların %60'ının ve İsveç'te çocukların %20'sinin yatak odalarında televizyonun olduğu belirlenmiştir (9). RTUK tarafından 2006 yılında yapılan “Televizyon İzleme Eğilimleri Araştırması” nda da televizyon izleme sürelerinin çocuklar arasında her gün arttığı yönünde sonuçlara ulaşılmıştır (10).

Çocuklar genel olarak medya araçlarından etkilense de özellikle okul öncesi dönemde bulunan çocuklar birtakım etmenlerden dolayı daha fazla etkilenebilmektedir. Okul öncesi dönem, insan kişiliğinde oldukça önemli etkilere sahip olmasının yanında, bu dönemde çocuğun kazanacağı tüm alışkanlıklar, onun tüm hayatında ilerleyen yıllarda da etkisini gösterebilmektedir (11,12). Bu alışkanlıklardan biri de medya kullanım alışkanlıklarıdır. Okul öncesi dönem çocuklarının medya araçlarından daha fazla etkilenebilmesinin altında, etrafında gördüğü şeyleri gerçekle bir tutma özelliği yatmaktadır (9,13). Çocuk bilişsel yeteneklerinin yetersizliğine ek olarak rol-model olarak aldığı ebeveynlerinin ya da yetişkinlerin medya araçları ile olan iletişim ve etkileşimlerini gözlemekte, bu gözlemler sonucunda onları taklit ederek bu araçları kullanmaya başlamaktadır (14, 15, 16, 17). Bazen ebeveynler çocukları üzerinde etkili olabilmek, yemek yedirmek amacıyla bu araçlardan yararlanmakta çocuklar bu araçlar olmadan herhangi bir çaba sarf etmemektedir (17). Tüm bu nedenlerin yanında çocukların medya araçlarını kullanmalarını belirleyen bir diğer faktörde bu araçlardaki oyun, çizgi film ve reklamlardaki olağanüstü ses ve görüntü efektleridir (18, 19). Çocukları çekebilmek için kullanılan ses ve görüntüler sonucunda çocuk aynı deneyimleri yaşamak istemekte ve bu istek de onun medya araçlarını kullanmasına neden olabilmektedir. Bir diğer faktör ise okul öncesi dönem çocuklarının gelişimleri gereği oyuna olan ilgileri (20, 21) olup özellikle ebeveynlerin çevrenin güvenli olmaması yönündeki endişeleri nedeniyle çocuklar eve hapsolabilmekte (22, 23) ve bu sürede medya araçlarıyla oyun oynayabilmektedir. Çocukların medya araçlarını kullanmak isteklerinin nedeni ne olursa olsun bunun aşgari bir sınırdaki tutulması ve çocuğun daha aktif faaliyetlere yönlendirilmesinin gerekliliği ise ortadadır. Bu düşünceden hareketle araştırmada, okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeylerini belirlemek amaçlanmıştır.

II. YÖNTEM

Araştırma Modeli

Araştırmada okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeylerini belirlemek üzere nicel araştırma yöntemlerinden tarama modeli kullanılmıştır. Tarama modeli, geniş bir grup üzerinde kısa sürede bilgi toplamaya olanak sağlayan veri toplama yöntemidir (24).

Çalışma Grubu

Araştırmada Çankırı İl Millî Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı olan bağımsız anaokullarında 2017-2018 eğitim-öğretim yılında öğrenim gören okul öncesi dönem çocukları ve bu çocukların aileleriyle çalışılmıştır. Araştırma 636 çocuk ve ebeveyniyle gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya dahil olan çocukların %67,9'unun erkek, %32,1'inin kız, %47,6'sının beş, %32,4'ünün altı, %15,9'unun dört ve %4,1'inin üç yaşında olduğu belirlenmiştir. Çocukların ebeveynlerinin %53,8'i 31-35, %16,4'ü 36-40, %16'sı 26-30, %13,8'i 41 ve üstü yaş grubunda olup, %47,8'i üniversite, %24,2'si lise, %13,7'si ortaokul, %10,2'si ilkokul, %4,1'i lisansüstü eğitim mezunudur.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada çocukların ve ebeveynlerinin sosyodemografik özelliklerini belirlemek üzere "Genel Bilgi Formu" ve çocukların medya kullanım düzeylerini belirlemek

üzere hazırlanan "Medya Kullanım Düzeyi Çocuk Görüşme Formu" kullanılmıştır.

Genel Bilgi Formu: Araştırmada çocukların yaş, cinsiyet, ebeveynlerin ise yaş, öğrenim durumlarını belirlemek üzere araştırmacılar tarafından geliştirilen formdur.

Medya Kullanım Düzeyi Çocuk Görüşme Formu: Çocukların hangi medya araçlarını ne sıklıkta kullandıklarını belirlemek amacıyla araştırmacılar tarafından geliştirilen ve alanında uzman öğretim üyelerinin (çocuk gelişimi alanında 2 profesör, 1 doçent, ölçme ve değerlendirme alanında 1 profesör, 1 doçent) görüşleri ile son şekli verilen formdur.

Veri Toplama Yöntemi

Araştırma için gerekli olan etik kurul izni ve kurum izni alındıktan sonra okullara gidilmiş, okul yönetici ve öğretmenlerine çalışmanın amacı anlatılmış, okul aracılığıyla ebeveynlere ulaşılmış, araştırmanın amacı ebeveynlere de anlatılarak gerekli olan sözlü izinler de alınmıştır. İzinlerin ve onam belgelerinin toplanmasının ardından sınıflara gidilmiş, çocuklarla bir gün birlikte vakit geçirilmiş ve çocukların güveni kazanılmıştır. Çocukların güveni kazanıldıktan sonra araştırmacı tarafından çocuklarla birebir ve yüz yüze görüşme ile araştırma verileri toplanmıştır.

Verilerin Analizi

Verilerin analizinde SPSS 21 paket programıyla betimsel istatistikler doğrultusunda veriler frekans ve yüzde değerleri şeklinde değerlendirilmiştir.

III. BULGULAR

Okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeyini belirlemek amacıyla yapılan araştırmanın bulguları aşağıda tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 1: Okul Öncesi Dönem Çocuklarının Medya Kullanım Düzeylerinin Dağılımı

Özellikler	F	%
Evide anne-babanın cep telefonu var mı?		
Evet		
Hayır	632	99,4
	4	0,6
Cep telefonuyla oyun oynuyor musun?		
Evet		
Bazen	409	64,3
Hayır	41	6,4
	186	29,2
Cep telefonuyla oyunu her gün mü oynuyorsun?		
Evet	126	19,8
Hayır	189	29,7
Annem verince	321	50,5
Cep telefonuyla çizgi film izliyor musun?		
Evet		
Hayır	556	87,4
	80	12,6
Cep telefonuyla çizgi filmi her gün mü izliyorsun?		
Evet	187	29,4
Bazen	131	20,6
Annem verince	318	50
Cep telefonuyla en çok film mi izliyorsun?		
Oyun mu oynuyorsun?		
Oyun		
Çizgi film	400	62,9
	236	37,1

Anne-babanın tableti/bilgisayarı var mı?		
Evet		
Hayır	394	61,9
	242	38,1
Senin bilgisayar/tabletin var mı?		
Evet		
Hayır	120	18,9
	516	81,1
Anne-babandan tablet/bilgisayarını istiyor musun?		
Evet		
Hayır	220	34,6
	416	65,4
Anne-baban tablet/bilgisayarı verince en çok ne yapıyorsun?		
Oyun	187	29,4
Resim çizme	279	43,9
Çizgi film	169	26,6
Yemek yerken televizyon izliyor musun?		
Evet		
Hayır	310	48,7
	326	51,3
Yemeğini bitirene kadar televizyon izliyor musun?		
Evet	200	31,4
Bazen	87	13,7
Hayır	349	54,9
Okuldan gelince akşam yemeğine kadar televizyon izliyor musun?		
Evet		
Bazen	340	53,5
Hayır	52	8,2
	244	38,4
Sabah kalkınca okula gidene kadar televizyon izliyor musun?		
Evet	239	37,6
Bazen	150	23,6
Hayır	247	38,8

Tablo 1’de görüldüğü gibi çocukların %99,4’ünün ebeveyninin cep telefonu varken, %0,6’sının ebeveyninin cep telefonu bulunmamaktadır. Çocukların %64,3’ü cep telefonu ile oyun oynamaktayken, %29,2’si oyun oynamamakta, %6,4’ü ise bazen oyun oynamakta olduğunu belirtmektedir. Cep telefonu ile oyun oynayan çocukların %50,5’i ebeveyni verdiği, %19,8’i ise her zaman oyun oynadıklarını belirtmektedir. Çocukların %87,4’ü cep telefonu ile çizgi film izlediklerini, %12,6’sı izlemediklerini ifade etmişlerdir. Cep telefonu ile çizgi film izleyen çocukların %50’si ebeveyni verdiği, %29,4’ü her gün, %20,6’sı bazen izlediklerini ifade etmişlerdir. Çocukların %62,9’u cep telefonu ile oyun oynadıkları, %37,1’inin ise çizgi film izledikleri saptanmıştır. Çocukların %61,9’unun anne-babasının tablet/bilgisayarı bulunmaktayken, %38,1’inin anne-babasının tablet/bilgisayarı bulunmamakta, çocukların %18,9’unun kendine ait tablet/bilgisayarı bulunmaktayken, %81,1’inin kendine ait tablet/bilgisayarı bulunmamaktadır. Çocukların %34,6’sı anne-babasından tablet/bilgisayarı isterken, %65,4’ü istememekte, anne-babası tablet/bilgisayar veren çocukların %43,9’u resim yapmakta, %29,4’ü oyun oynamakta, %26,6’sı çizgi film seyretmektedir. Çocukların %51,3’ü yemek yerken televizyon seyretmezken, %48,7’si yemek yerken televizyon seyretmekte, yemek yerken televizyon seyreden çocukların

%31,4’ü yemeğini bitirene kadar televizyon seyrettiğini belirtmektedir. Çocukların %53,5’i okuldan gelince akşam yemeğine kadar televizyon seyrettiklerini, %38,4’ü seyretmediklerini, %8,2’si bazen seyrettiklerini ifade etmişlerdir. Sabah kalkıp okula gidene kadar çocukların %37,6’sı televizyon seyrettiğini, %38,8’i televizyon seyretmediğini, %23,6’sı bazen televizyon seyrettiğini belirtmişlerdir.

IV.TARTIŞMA

Okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen araştırma sonucunda çocukların çoğunluğunun anne-babalarının cep telefonlarının olduğu, çocukların cep telefonlarıyla oyun oynadıkları ve çizgi film izledikleri, ebeveynleri izin verdiğinde cep telefonunu kullandıkları, çocukların ebeveynlerinin çoğunun tablet/bilgisayarlarının olduğu, bazı çocukların kendilerine ait tablet/bilgisayarının olduğu, ebeveynlerinin tablet/bilgisayarı olan çocukların ebeveynleri verdiğinde kullandıkları ve bu araçlarla en çok resim yapmayı sevdiğileri, çocukların çoğunluğunun yemek yerken televizyon seyrettiği, okuldan gelince akşam yemeğine kadar televizyon seyrettikleri belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda çocukların teknolojik araçları oldukça fazla kullandıkları görülmüştür. Teknolojik aletlerin yaygınlaşması ve kullanımının kolay olması bu durumun nedeni olarak düşünülebilir. Nitekim yapılan araştırmalar, teknolojik araçların kolay ulaşılabilir olmasından dolayı kullanım sıklığının okul öncesi dönemde de arttığını göstermektedir (25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33).

Araştırma sonucunda çocukların gerek cep telefonu, gerekse tablet/bilgisayarda oyun oynadıkları ve çizgi film izledikleri belirlenmiştir. Özellikle oyun oynamayı tercih eden çocukların sayısı oldukça yüksek bulunmuştur. Bu durumu teknolojik araçlarda sunulan oyunların eğlenceli ve çocukları cezbedici tarzda verilmesine, çocukların dönemsel özellikleri nedeniyle görüntü ve ses etkilerinden oldukça etkilenmesine bağlamak mümkündür (34). Nitekim yapılan araştırmalarda da çocukların teknolojik araçlarla oyun oynamayı ve çizgi film izlemeyi sevdiği yönünde sonuçlara ulaşılmıştır (7, 34, 35, 36, 37, 38).

Araştırma sonucunda ulaşılan bir diğer bulgu çocukların tablet/bilgisayarda resim çizmeyi sevdiğidir. Resim çizme çocukların duygu ve düşüncelerini en rahat ifade edebildikleri ve özgür oldukları bir ortamdır (39). Aynı zamanda bu dönemde çocuk gelişmekte olan motor becerilerinin etkisiyle maddelere dokunmaktan, onlara elleriyle şekil vermekten de hoşlanmaktadır (40). Tablet/bilgisayarın özelliği gereği çocuk ekrana dokunarak hem duygularını ifade etme olanağına kavuşmakta, hem de dokunmanın verdiği hazzı yaşamaktadır (34, 41). Tüm bu özelliklerin ise çocuğun aktif olarak katıldığı resim faaliyetlerini tablet/bilgisayarda da tercih ettiğini düşündürmektedir. Sapsağlam (2018b) yaptığı araştırmada çocukların tablet/bilgisayarda resim yapmaktan hoşlandığı yönünde bulgulara ulaşmıştır (37).

Araştırmada ulaşılan son bulgu ise, çocukların teknolojik araçlarının yanında televizyonu da sıklıkla seyrettiği sonucudur. Çocukların çoğunluğunun yemeklerini yerken televizyon seyretmekte ve yemeklerini bitirene kadar televizyon seyretmekte olduğu görülmüştür. Çocukların çoğunluğu ise okuldan gelince akşam yemeğine kadar televizyon seyretmektedir. Televizyondaki görsel ve işitsel

öğelerin çocukların dikkatini çekecek şekilde sunulmasının yanında (42), bazı ebeveynlerin çocukların uslu durmaları, yemek yemelerinin daha kolay olması ya da kendi işlerini yapabilmek amacıyla televizyonu elektronik bir bakıcı olarak kullanmalarının (15, 43) çocukların televizyonu uzun süreler seyretmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Doğan ve Gökler (2012) yaptıkları araştırmada çocukların genel olarak televizyonu fazla seyrettikleri, özellikle de sabah ve akşam saatlerinde bu sürenin daha da arttığı yönünde sonuca ulaşmışlardır (44).

Sonuç ve Öneriler

Okul öncesi dönem çocuklarının medya kullanım düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan araştırma sonucunda çocukların çoğunluğunun anne-babasının cep telefonu, tablet/bilgisayarının olduğu, bir kısım çocuğun kendine ait bilgisayar/tabletinin olduğu saptanmıştır. Çocukların çoğunluğunun ebeveynleri izin verdiğinde cep telefonu ile oyun oynadıkları ve çizgi film izlediklerini, çocukların çoğunluğunun oyun oynamayı çizgi film izlemeye tercih ettikleri bulunmuştur. Çocuklardan tablet/bilgisayarı kullanmak isteyenlerin, her gün bu araçlarla bir arada olmak istedikleri ve en fazla resim yapmayı sevdiği saptanmıştır. Çocukların çoğunluğu yemek yerken televizyon seyretmekte, yemek yerken televizyon seyreden çocukların bir kısmının yemeğini bitirene kadar televizyon seyrettikleri belirlenirken, çocukların çoğunluğunun okuldan gelince akşama kadar televizyon seyrettikleri belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara dayanarak;

- Çocukların çok erken yaşlardan itibaren oldukça yoğun olarak kullandıkları medya araçlarının çocuk üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği göz önünde bulundurularak medya araçlarını etkili kullanmaları konusunda ailelerin bilinçlendirilmesine yönelik eğitimlerin yapılması
- Çocukların daha aktif olarak araştırma yapabilecekleri günlük aktivitelere yönlendirilmesi
- Çocukların oynamış oldukları oyunların ve izlemiş oldukları çizgi filmlerin neler olduğunun tespit edilerek çocuk gelişimi açısından çok yönlü analiz edilmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- (1) Özerkan, Ş. Medya, dil ve ideoloji. *İstanbul Üniversitesi İletişim Fakültesi Dergisi*, 1(12), 63-76, 2012
- (2) Bal, O. Teknolojinin sosyoekonomik yapıya etkileri. *Akademik Bakış Dergisi*, 20, 1-23, 2010
- (3) Kuyucu, M. Y kuşağı ve teknoloji: Y kuşağının iletişim teknolojilerini kullanım alışkanlıkları. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 5(2), 845-872, 2017
- (4) Akbıyık, C. and Karadüz, A. Beşinci sınıf öğrencilerinin televizyon reklamlarına yönelik alımlamalarının eleştirel düşünme düzeylerine göre karşılaştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(25), 159-190, 2014
- (5) (2016) TÜİK. *Türkiye İstatistik Kurumu: Konularına göre istatistikler*. Erişim www.tuik.gov.tr. Er. Tar. 07.10.2018.
- (6) Öztürk- Yılmaztekin, E. and Olgan, R. Eğilimler ve konular: Okul öncesi dönemde teknoloji kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların gözden geçirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32(2), 421-440, 2013.
- (7) Saracho, O.N. and Spodek, B. A future research agenda for early childhood science and technology. O.N. Saracho & B. Spodek (Ed.). *Contemporary perspectives on science and technology in early childhood education* In (p. 167-181). Charlotte, N.C: Information Age Publishing Inc. 2008
- (8) Wu, C.S.T., Fowler, C., Lam, W.Y.Y., Wong, C.H.M. and Loke, A.Y. Parenting approaches and digital technology use of preschool age children in a Chinese community. *Italian Journal of Pediatrics*, 40, 1-8, 2014

- (9) Strasburger, V.C. and Wilson, B.J. *Children, adolescents and the media*. California: Sage Publications, 2002.
- (10) RTÜK. *Televizyon izleme eğilimleri araştırması*. Ankara: RTÜK Yayınları. 2009
- (11) Aral, N., Kandır, A. and Can-Yaşar, M. *Okul öncesi eğitimde okul öncesi eğitim programı*. İstanbul: Ya-Pa Yayınları. 2002
- (12) Yavuzer, H. *Çocuk eğitimi el kitabı*. İstanbul: Remzi Kitabevi. 2006
- (13) Diergarten, A.K., Mockel, T., Nieding, G. and Ohler, P. The impact of media literacy on children's learning from films and hypermedia. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 48, 33-41. 2017
- (14) Ertürk, Y.D. and Gül, A.A. *Çocuğunuzu televizyona teslim etmeyin: Medya okuryazarı olun*. Ankara: Nobel Yayınları. 2006
- (15) Gündüz-Kalan, E. Medya okuryazarlığı ve okul öncesi çocuk: Ebeveynlerin medya okuryazarlığı üzerine bir araştırma. *İletişim Fakültesi Dergisi*, 39, 59-73, 2010
- (16) Karahisar, T. İnternette çocukları bekleyen riskler ve medya okuryazarlığı. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 4(4), 82-95. 2014
- (17) Lepicnik - Vodopivec, J. Some aspects of teaching media literacy to pre-school children in Slovenia is from a perception stand point of teachers and parents. *Acto Didacto Napocensio*, 4(2-3), 69-78. 2011
- (18) Bilis - Özgökbel, P. *Çizgi filmlerde temsil edilen toplumsal değerler sistemi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir. 2011
- (19) Cesur, S. and Paker, O. Televizyon ve çocuk. *Çocukların televizyon programlarına ilişkin tercihleri. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6, 107-108. 2007
- (20) Bencik-Kangal, S. and Özkızılkı, S. Teknoloji ve eğitim. P. Bayhan (Ed.). *Okul öncesi eğitimde teknolojinin rolü içinde* (s. 10-31). Ankara: Hedef Yayınları. 2015
- (21) Durualp, E. and Aral, N. *Oyun temelli sosyal beceri eğitimi*. Ankara: Vize Yayıncılık. 2015
- (22) Woolley, H. and Lowe, A. Exploring the relationship between design approach and play value of outdoor play spaces. *Landscape, Research*, 38(1), 53-74. 2013
- (23) Woolley, H.E. and Griffin, E. Decreasing experiences of home range outdoor spaces, activities and companions: Changes across three generation sib Sheffield in North England. *Children's Geographies* DOI: 10.1080/14733285.2014.952186. 2014
- (24) Büyükköztürk, Ş., Kılıç-Çakmak, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş. and Demirel, F. *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi. 2016
- (25) Anand, S. and Krosnick, J. Demographic predictors of media use among infants, toddlers and preschoolers. *American Behavioral Scientist*, 48(5), 539-561. 2005
- (26) Arnott, L. Are we all owed to blink? Young children's leadership and ownership while mediating interactions around Technologies. *International Journal of Early Years Education*, 21(1), 97-115. 2013
- (27) Arslan, E. The effect of social media on marketing. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 8(28), 11-23. 2017
- (28) (2016) Cost. *The digital literacy and multi modal practices of young children*. Erişim http://www.cost.eu/COST_Actions/isch/151410
- (29) Lauricella, A.R., Pempek, T.A., Barr, R. and Calvert, S.L. Contingent computer interactions for young children's object retrieval success. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 31(5), 362-369. 2010
- (30) Lupton, D. *Digital sociology*. London: Routledge. 2015
- (31) Nikolopoulou, K. and Gialamas, V. Barriers to the integration of computers in early childhood settings: teachers' perceptions. *Education and Information Technologies*, 20(2), 285-301. 2015
- (32) Sapsağlam, Ö. Okul öncesi dönem çocuklarının değişen oyun tercihleri. *Journal of Kırşehir Education Faculty*, 19(1), 1122-1135. 2018a
- (33) Shuler, C. *Pockets of potential: Using mobile Technologies to promote children's learning*. New York: The Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop. <http://www.joanganzcooney.center.org/wpcontent/uploads/2010/03/pockets-of-potential-1-pdf>. 2009
- (34) Formby, S. *Practitioner perspectives: Children's use of technology in the early years*. London: National Literacy Trust. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED560655.pdf>. 2014
- (35) Given, L.M., Contrell- Winkler, D., Willson R., Davidson, C., Danby, S. and Thorpe, K. Parents as co researchers at home: Using an observation as method to document young children's

- use of technology. *International Journal of Qualitative Methods*, January- December, 1-9. DOI: 10.1.177/1609406915621403. 2016
- (36) Karayağız- Muslu, G. and Balışık, B. Çocuk ve gençlerde internet kullanımı. *TAF Preventive Med. Bull*, 8(5), 445-450. 2009
- (37) Sapsağlam, Ö. Social media awareness and usage in preschool children. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 9(31), 728-746 2018b
- (38) Stephen, C. & Plowman, L. Digital play. L. Brooker, M. Blaise and S. Edwards (Ed.). *Play and learning in early childhood*. In (p. 330-341). London: Sage. 2014.
- (39) Yavuzer, H. *Resimleriyle çocuk*. (17. Baskı). İstanbul: Remzi Kitabevi. 2013
- (40) Ulutaş, İ. Duyusal deneyimler. N. Aral & G. Duman (Ed.). *Sanat ve Yaratıcılığın Gelişimi İçinde* (s. 152-167). Ankara: Nobel Yayıncılık. 2014
- (41) Cristia, J., Ibarroan, P., Cueto, S., Santiago, A. and Severin, E. *Technology and child development, evidence from the one laptop per child program*. USA: Inter- American Development Bank. 2012
- (42) Akçal, S.İ. *Medya ve çocuk*. İstanbul. Eabil Yayınları. 2007
- (43) Ünal, N. and Durualp, E. Televizyonun okul öncesi çocuklar üzerindeki etkisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 93-104. 2012
- (44) Doğan, A. and Göker, G. (2012). Tematik televizyon ve çocuk: İlköğretim öğrencilerinin televizyon izleme alışkanlıkları. *Milli Eğitim*, 194, 5-30.

Ürün Maliyetini Azaltmak İçin İdeal Bakım Yönetimi

Hasan Candan ÖTEYAKA^{1*}, Mustafa Özgür ÖTEYAKA² ve Ramazan KÖSE³

¹Makine Mühendisliği / Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

²Eskişehir Meslek Yüksek Okulu Mekatronik Programı / Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

³Makine Mühendisliği / Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

*Corresponding author: hasote@gmail.com

Özet – Rekabet, aynı işi yapan kimseler ya da kuruluşlar arasındaki daha iyiye ulaşma, daha iyi sonuç alma yarışmasıdır. İşletmeler bu yarışın içinde olabilmeleri için işletme süreçlerinde sürekli iyileştirme ve geliştirme yapmaktadırlar. Bu süreçlerden birisi de bakım yönetimidir. Bakım yönetimi ürün maliyeti üzerine direkt etkisi olmaktadır. Bu maliyetlerin bir kısmı; yedek malzeme maliyeti, üretim duruş (arıza veya planlı bakım) maliyeti, işçilik maliyeti, ekipmanın istenilen hızlarda veya kalitede üretim yapamaması (bakımsızlık veya yanlış bakım nedeni)... vb. Bakım yönetim süreci ne kadar verimli kullanılırsa ürün maliyetine yansımaları olumlu olmaktadır ve bu durum müşteriye zamanında kaliteli ürün gönderilmesini sağlar. Bakım sürecini verimli kullanılabilmesi için yedek malzeme yönetimi ve seçilecek doğru bakım aktivitesi büyük etken oluşturmaktadır. Bu bildiride, işletmelerdeki bakım maliyetini etkileyen unsurlar ve bu maliyetlerin azaltılması için ne tür bir bakım yönetimi uygulanabileceği araştırılmıştır. Bu alanda özellikle yedek malzeme yönetiminde yapılacak iyileştirmeler ve işletmelerdeki ekipmana uygun bakım stratejisi (arıza ve planlı bakım) ile uygulanan bakım stratejisinde dikkat edilmesi gereken unsurlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Bakım Yönetimi, Bakım Maliyetleri, Yedek Malzeme Yönetimi, Arıza Bakım Yönetimi, Planlı Bakım

Abstract – Competition, it's a race between individuals or organizations that do the same job to get better results. Companies are continually improving and developing their processes so they can be in this race. One of these processes is maintenance management and has a direct impact on the product cost. Some of these costs; the cost of spare parts, the cost of production stoppage (breakdown or scheduled maintenance), the cost of labor, the inability to produce products at the desired speed or quality (the lack of care or incorrect maintenance) ... etc. The more efficient of the maintenance management process, the better the cost of the product will be reflected and the good quality product will be achieved at the time to the customer. In this paper, factors affecting maintenance costs in companies and the type of maintenance management that could be applied to reduce these costs were studied. In this area, in particular the management of spare parts and the maintenance strategy (planned and corrective maintenance) adapted to the equipment were examined.

Keywords – Maintenance Management, Costs of Maintenance, Spare Parts Management, Corrective Maintenance Management, Scheduled Maintenance

I. GİRİŞ

Günümüzde müşteri taleplerinin hızla değiştiği bir ortamda firmalar ulusal ve/veya uluslararası arenadaki rekabet yarışmasında geride kalmamak için süreçlerini verimli kullanmak için yoğun çalışmalar yapmaktadırlar. Bu yoğun çalışmaların bir kolu ise ürünün maliyetidir. Değişken piyasa şartları altında işletmelerin piyasadaki rekabetçi ortamdan en az kayıpla çıkması veya kar elde edebilmesi ancak maliyet yönetimine önem vermek yoluyla sağlanabilir [1]. Ürün maliyeti birçok unsurdan oluşmaktadır, bu unsurlardan bir tanesi ise bakım maliyeti.

Üretim sürecinde müşteriye zamanında ve kaliteli ürün gönderilmesi için en uygun düzeyde ekipmanların çalışması istenmektedir. Bu şartların sağlanabilmesi için mutlaka doğru bakım yönetimi seçilmelidir ve bakım sürecinde ekipmanların yedek malzemeleri bulundurulmalıdır. Uygulanacak yanlış bakım yönetimi nedeniyle işletmelerin doğrudan ürün maliyetine olumsuz etkileyecektir. Doğru yapıldığında bakım büyük bir kâr merkezidir. Bir sanayi kuruluşu için, şirketin

ürünlerini üretmekten sorumlu işletme grubu kadar çok fazla para kazanabilir. Ancak bakımını belli bir düzen ve şekilde yapılması gereklidir [2]. Literatürde bakım maliyeti düşürülmesi ve yönetimi konusunda birçok çalışma bulunmaktadır [3 - 8]

Bu çalışmada ürün maliyetini etkileyen unsurlardan bakım maliyeti ele alınmıştır ve bakım yönetiminde yapılabilecek çalışmalar ile bakım maliyetini olumlu etkileyecek çalışmalar aktarılmıştır. Yapılacak bu çalışmalar ile şirketlerin rekabet gücünün ve ürün satışındaki karlılığının artmasını ve katma değer katan ürünlerin belirlenmesini sağlamaktır.

II. METOT: ÜRÜN MALİYETİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

Maliyet, üretim amacı ile tüketilen mal veya hizmetlerin parasal tutarlarının toplamıdır. Başka bir deyişle gelir sağlamak amacı ile yapılan giderleri taşıyan ilgili unsurların toplamı maliyeti gösterir [9]. Ürün maliyetlerini etkileyen faktörlerin bir kısmı:

- Personel giderleri,
- Enerji maliyeti,
- Lojistik maliyeti,
- Bakım maliyeti,
- Hammadde maliyeti.

Yukarıdaki etkenlerden yapılacak iyileştirme çalışmaları ürün maliyetini azaltarak işletmelerin rekabet gücünü arttıracaktır. Bu bağlamda, bu çalışmada bakım maliyeti irdelenmiştir.

III. TARTIŞMA: BAKIM MALİYETİ

Ürün maliyetini direk etkileyen unsurlardan bakımı tanımlarsak; bakım, beklenen fonksiyonların korunması ve sürdürülebilmesi için yaşam döngüsü boyunca yürütülen teknik, idari ve yönetsel faaliyetlerin kombinasyonuna olarak tanımlanır [10]. İşletmelerde sürdürülebilir üretimin sağlanması ve rekabetin sürdürülebilmesi için bakım faaliyetleri yapılmak zorundadır. Bakım faaliyetlerini artıran başlıca etmenler;

- Mekanizasyonun artması,
- Daha yüksek üretim kalitesi,
- Diğer işletmeler ile rekabet,
- Ücretlerin artması,
- Yedek parça ve malzeme çeşidinin artması,
- Daha çok otomasyon ve makine çeşitliliği,
- Teslim tarihinin daha düzenli ve zamanında yapılması zorunludur.

Bakım yönetimi, yeraltı ve yerüstü yapılar, binalar ve tesisleri ile üretim yapan fabrika, atölye ve diğer üretim birimlerinde hizmet ve üretimin devamı, verimliliğin artması için yapılan bakımın etkinliğinin koordinasyonu, kontrolü, planlanması, uygulanması ve izlenmesidir. Bir bakım yönetimi yapılırken göz önüne alınacak hususlar aşağıda belirtilmektedir;

- İş kapsamı: Normal iş/emir/talimat, küçük iş/emir/talimat, toplu iş/emir/talimat.
- İş çeşidi: tamirat, bakım, yönetmeliklerin öngördüğü denetim ve yeni üretim.
- Periyodiklik: Tek talimat, benzer talimat, periyodik talimat.
- Öncelik: acil ivedilik, normal ivedilik.
- Planlanabilme: planlanabilir ve planlanamaz talimatlar.
- Giderler: giderlerin zorunluluğu, giderlerin gösterilmeme zorunluluğu.
- Nedenler: İş durması, sistemlerde, işte bozukluk, normalden sapmalar.
- Ön koşullar: durdurma gereklidir, çalışma gereklidir [11].

Bakım maliyetini etkileyen ana unsurlar; arıza bakım, planlı bakım ve yedek malzeme yönetimi olup bu süreçlerde yapılacak iyileştirme çalışmaları ürün maliyetini olumlu etkileyecektir.

3.1. ARIZA BAKIM YÖNETİMİ

Endüstriyel bakım faaliyetinin yürütülmesinin ana nedeni üretim sistemindeki arızalardır. Arıza durumunda donanım ve elemanların yeniden eski çalışma koşullarına dönmelerini sağlayan bakım türüdür [12]

Arıza bakım sürecinde bakım maliyetini olumsuz etkileyen unsurlar:

- a) Duruş sürelerinin uzun olması:
 - Operatör veya çalışan personel tarafından arıza bildirimini geç verilmesi,
 - Tecrübesizlik veya yedek malzeme sorunu nedeniyle arızaya müdahale süresinin uzun olması.
 - Yetersiz bakım personel sayısı.
- b) Duruş adetlerinin sık olması:
 - Özellikle ekipmanlarda gerçekleşen küçük duruşların kümülatifte büyük duruşlardan fazla olması.

Bakım maliyetini olumsuz etkileyen faktörlerin önüne geçmek için yapılması gereken çalışmalar:

- a) İşletmedeki ekipmanları VYS (Varlık Yönetim Sistemine) entegre edilmeli ve ekipmanlara kritik seviyeler tanımlanmalı; harf veya numara verilebilir.
- b) VYS entegre edilen ekipmanları sahadan anında arıza bildirimini gönderilmesi sağlanmalıdır (cep telefonlarına veya mobil sisteme kısa mesaj, çağrı, elektronik posta vb.) ve bu koşulları sağlayacak donanımlar (tablet, akıllı telefon...vs) işletmenin belirli yerlere konulmalıdır.. Uygulanacak bu yöntem ile arıza bildirimini ile hangi ekipmanın nerede ve ne tür (elektriksel, mekanik veya daha detaylı arıza açıklaması) bir arıza olduğunu bakım ekibine hızlı bir şekilde iletmesi sağlanmış olur ve bu yöntem ile bakım personelinin hızlı / doğru müdahale yapılması sağlanır.
- c) Varlık Yönetim Sisteminde biriken arıza kayıt verilerini kullanarak analizi yapılmalıdır. Yapılacak analizde, duruş süresi uzun veya sık olan arızalara iyileştirme çalışmaları yapılarak kalıcı çözümler bulunmalıdır. Böylece arıza duruşları nedeniyle işletmeyi olumsuz etkileyen büyük faktörler giderilerek maliyetleri olumlu etkileyecektir.
- d) Kritik arızalarda koordinasyon toplantısı yapılmalı. Arıza müdahalesi öncesi yapılacak bu kısa toplantılar ile müdahale öncelikleri, kullanılması gereken yedek malzemeler, personel planlaması gibi önemli konular önceden planlayarak doğru ve kısa sürede müdahale sağlanmış olacaktır.
- e) Üretim hatlarındaki kritik ekipmanlara arıza müdahale dokümantasyonu hazırlanmalı ve RCM (Güvenilirlik Merkezli Bakım) uygulanarak ekipmanın hangi noktasında ne tür bir hata ile karşılaşabileceği ve bunları önceden önlem alınması sağlanacaktır.
- f) Önemli ve ilk defa karşılaşılan arızalar için TND (Tek Nokta Ders) oluşturulmalı. Bu dokümanlar ile

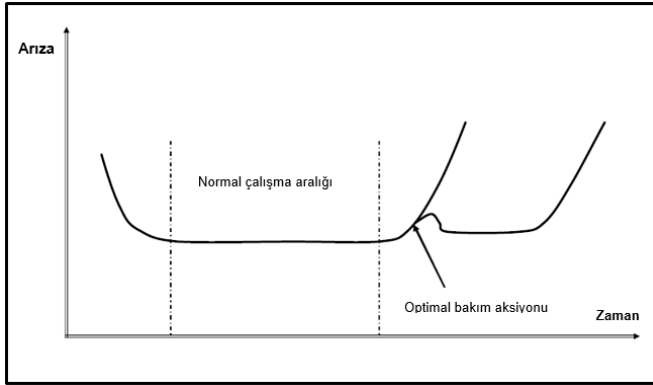
arıza müdahale tecrübeleri bütün bakım personeline aktarılması sağlanmış olacaktır.

- g) Arıza duruş maliyeti yüksek ekipmanları için uygun bir planlı bakım türü (Periyodik, Otonom Bakım, Kestirimci Bakım) seçilmelidir.

3.2. PLANLI BAKIM YÖNETİMİ

Günümüzde maliyetleri minimize etmek için işletmeler çeşitli yönetim ve üretim sistemleri geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu sistemlerinden biri de sıfır stok politikasını benimseyen Tam Zamanlı Üretim (TZÜ) sistemidir [13]. Bu sistem, işletmelerdeki ekipmanların siparişe göre planlanan sürede üretim yapmasını hedefler, burada oluşacak bir arıza büyük maddi kayıpların yanında işletmenin marka değerini de düşürecektir. Bu duruma gelmemek için işletmelerdeki ekipmanlara belirli bir periyotlarda veya ekipman durumuna göre planlı duruş alınarak ekipmanlara bakım uygulanır. Uygulanan bakım ile ekipmanların güvenilirlik seviyeleri yukarı çekilir. Bu uygulamaya planlı bakım denir. Planlı bakım; zaman bazlı ve durum bazlı olmak üzere iki tür bakım metodundan oluşmaktadır.

Ekipmana uygulanacak bakımın zamanlaması çok önemlidir ve bu konu hakkında araştırmalar yapılmaktadır [14 - 16]. I. Bölge'deki arıza durumları genellikle arıza bakım süreci olarak yürütülmektedir. Özellikle III. Bölgede yapılacak nokta bakım faaliyeti ekipmanımızın çalışma ömrünü ve güvenilirlik seviyesini olumlu olarak etkileyecektir. Bu nokta atışa Optimal Bakım olarak tanımlamaktayız. Şekil 1'de gösterildiği gibi optimal zamanda bakım yapılmaz ise zaman ve maliyet yönünden işletme olumsuz etkileenecektir [17].



Şekil 1 Bakımın etkisi [17].

Planlı bakım sürecinde bakım maliyetini olumsuz etkileyen unsurlar:

- a) Verimsiz planlı bakım türünün seçilmesi ve uygulaması.
- b) Bakım planlamanın yanlış hesaplanarak uzun duruşların ve yüksek maliyetlerin oluşması:
- Yanlış ekipmanlara / noktalara planlı bakım uygulanmasıyla duruş sürelerinin uzun tutulması.
 - Planlı bakım sürecinde kullanılan yedek malzemelerin maliyeti.
 - Bakım periyodunun yanlış belirlenmesi.

Bakım maliyetini olumsuz etkileyen faktörlerin önüne geçmek için yapılması gereken çalışmalar:

- a) İşletmedeki ekipmanları VYS (Varlık Yönetim Sistemine) sistemine entegre edilmeli ve ekipmanlara kritik seviyeler tanımlanmalı; harf veya numara verilebilir. Belirlenen kritik seviyelere göre ve kritik noktalara bakım türü belirlenmeli ve bakım planları oluşturulması gerekir.
- b) Periyodik bakım uygulanacak ekipmanlar için doğru zamanda bakım yapılması gerekir. Bu periyodunun belirlenmesi için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir:
- Üretici firmanın tavsiye ettiği bakım periyodunun kullanılması.
 - VYS sisteminde kayıtlı arıza verilerini analiz ederek bakım periyodunun belirlenmesi.
 - MTBF (İki arıza arasındaki ortalama süre) baz alınarak periyodun belirlenmesi.
- c) Bakım zamanlarının kaçırılmaması için VYS sistemine planlı bakım maddeleri eklenerek bakım zamanı gelmeden otomatik bildirim gönderilmesi sağlanır. Bu çalışma ile işletmeler üretimde oluşacak planlı bakım duruşunu önceden rezerve edebilir, yine aynı şekilde bakım sürecinde kullanılacak yedek malzemeler de önceden sipariş verilerek hazırlık yapılmış olur.
- d) Bakım maddelerindeki işlere adam*saat bazında giriş yapılmalı, böylece planlı bakım sürecinde hangi personelin ne iş yapacağı önceden belirlenerek personelin verimli ve bilinçli çalışması sağlanmış olur.
- e) Önleyici bakım türlerinden otonom bakım uygulanmalı ve operatörlerin bilgi seviyeleri sürekli geliştirilmesi gerekir. Bu yöntem ile ekipmanların çalışma ömürlerinde olumlu etki oluşturacaktır.
- f) Kritik seviyesi yüksek olan veya tehlikeli bölgede çalışan ekipmanlar için durum bazlı izleme yöntemi uygulanması:
- Online / manuel
 - Sıcaklık, vibrasyon, ses
- g) Bakım personellerin vardiyalarında günlük belirlenen yerlerde rutin kontroller yapılmalı ve buradan gelecek geri bildirimler ile arıza oluşmadan planlı bakım yapılmalıdır. Bu süreçte mutlaka etkin bir kontrol formu (Dijital / Kağıt form) oluşturulmalıdır.

3.3. YEDEK MALZEME YÖNETİMİ

Malzeme yönetimi, bir örgütün malzeme hizmetlerinin en uygun zaman, yer, yöntem ve olanaklarla planlanması, uygulanması ve denetimi sürecidir [18]. Yedek malzeme envanterlerinin daha iyi yönetilmesi gizli bir kâr kaynağının kilidini açabilir [19].

Yedek malzeme sürecinde bakım maliyetini olumsuz etkileyen unsurlar:

- a) Yedek malzeme ambarında fazladan veya artık ihtiyaç olmayan malzemelerin stoklanması. Bu durum hem fiziki alan kaplaması hem de maliyet açısından olumsuz etkilemektedir.

- b) Yedek malzeme ambarının düzensiz yapısından dolayı fiziki alanın ihtiyaçtan fazla büyük tutulması.
- c) Uygun koşulda stoklanmayan malzemelerin çalışma ömürlerine olumsuz etki etmektedir. Bu durum nedeniyle bakım yapılan işletme ekipmanının çalışma ömrü kısa olacaktır.
- d) Düzensiz ve tanımsız stoklama nedeniyle arıza bakım sürecinde yedek malzemeye ulaşım zaman alacaktır, üretim duruşunun artmasına neden olacaktır.

Bakım maliyetini olumsuz etkileyen faktörlerin önüne geçmek için yapılması gereken çalışmalar:

- a) Ekipmanların kritik yedek malzemeleri belirlenmeli:
 - Üretici firmanın tavsiye ettiği yedekler,
 - Arıza potansiyeli olan bölgelerin incelenerek belirlenmesi.
- b) Yedek malzemeleri minimum ve maksimum seviyeleri belirlenmeli: bu süreçte mutlaka VYS sistemi kullanılarak arıza ve planlı bakım sürecinde kullanılan yedek malzemeler kayıt altına alınmalıdır. Seviye belirlemede aşağıdaki durumlar irdelenmeli:
 - Tedarik süresi,
 - Farklı üretim ekipmanları veya aynı tür ekipmanlar için ortak kullanılan malzemelere göre seviye belirlenmesi,
 - Yedek malzeme kullanım döngüsü: VYS sisteminden elde edilecek bilgiler dahilinde yılda kaç kere kullanıldığı veriler ile seviyelerin belirlenmesi.
- c) Standartlaştırma ve muadil çalışması yürütülerek çeşitliliğin azaltılarak stok miktarını düşürülmesi:
 - Standart ticari malzemeler için marka ya göre stoklamanın yerine modele göre stoklama yapılmalıdır.
 - Standartlaşma çalışması kapsamında yeni alınacak ekipmanlara uygulanması: Yeni alınacak ekipmanların üretim aşamasında kullanılacak malzemeleri sipariş öncesinde üretici firmaya marka, model belirtilerek üretimi yaptırılması gerekir.
- d) Ticari ürünlerin belli bir üretim yılı vardır, bu üretim yılı bitmiş veya yakın zamanda bitecek malzemeler için çalışmalar yapılarak alternatif malzemeler bulunmalıdır. Yedek malzemelerin üretim bitiş tarihlerini kayıt altına tutulmasında fayda vardır.
- e) Doğru ürüne maliyet yansımaları için VYS sisteminden hat ve ekipman bazında malzeme çıkışı yapılmalıdır. Bu çalışma ile doğru ürüne doğru maliyet yansıtılmış olacaktır.
- f) Planlı bakım sürecinde malzemelerin birkaç ay önceden rezervasyon yaptırılarak yedek malzeme ambarında fazladan stok tutulması önlenmelidir. Burada yedek malzeme ile planlı bakım malzemeleri sanal olarak ayrılmalıdır.
- g) Malzeme ambarında raf tanımlanması ve malzemelerin raflara tanıtılması yapılarak arıza

bakım sürecinde malzemelerin kolay ulaşılması sağlanmalıdır. Şekil-2’de rafların ve ürünlerin tanımlandığı örnek bir yedek malzeme ambarı gösterilmiştir.



Şekil 2 Örnek bir yedek malzeme ambarı.

- h) Stok bilgileri VYS sistemine entegre edilerek minimum seviyeye göre otomatik sipariş süreci yürütülmeli.
- i) Yedek malzemelerin kullanım ömürlerini kısaltmamak için doğru koşullarda stoklanması gerekir. Ticari ürünlerde üretici firmaların önerileri doğrultusunda stoklama yapılabilir. Açıkta olan malzemeler için uygun olmayan dış ortamdan etkilenmeyecek şekilde stoklanmalıdır. Şekil 3’de açıkta stoklanmış malzemelerin streç filmi ile korunması örneği gösterilmiştir.



Şekil 3 Açıkta stoklanmış malzemelerin streç filmi ile korunması.

IV. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İşletmelerde ürün maliyeti etkileyen önemli parametrelerinden birisi bakım maliyetidir. Bu çalışmada endüstriyel firmalar için bir bakım yönetim yaklaşımı aktarılmıştır. Bu bakım yönetimi arıza bakım, planlı bakım ve yedek malzeme yönetimi konusunda yapılabilecek çalışmalar ile bakım maliyetini olumlu etkileyecek bilgiler aktarılmıştır. Bu iyileştirmeler işletmelerin önem verdiği kriterlere göre değişiklik gösterebilir, bizim önerimiz:

- Her ekipman farklı karakteristik ve farklı maliyet yapısı bulunmaktadır. Bu nedenle bakım

- yönetiminde yapılacak çalışmalarda mutlaka kritik seviyeler belirlenerek yapılmalı.
- Her işletme veri analiz uygulaması ile doğru bakım türü seçmeli.
 - Malzeme stok seviyelerin azaltılması ve stok alanların optimize çalışmaları yürütülmeli. İşletme alanlarındaki fiziki alanlar değerlidir bu nedenle bu alanları yedek malzemelerin stoklanması için ayrılmamalı.
 - İyileştirme için yapılan çalışmaların doğru hedeflere ulaştığını görmek için doğru anahtar performans göstergelerin seçilmesi ve takibi (KPI) yapılmalıdır.

Bir sonraki çalışmalarda, günümüzün en önemli konularından Endüstri 4 ile bakım yönetimini yeni yöntemler araştırılması yapılabilir, örnek olarak:

- Makinelerin arıza tespit etmesi ve operatörleri yönlendirerek zaman kazanılması.
- Makinelerin kendi kendini onarabilmesi veya çözüm üretmesi.

Yukarıda uygulanacak yöntemler ile bakım duruşların azaltılması ve optimal yedek malzeme kullanılması konusunda hedef belirlenmelidir.

REFERANS

- [1] Ait-Kadi, D., "Maintenance: Concepts et strategies de mise en oeuvre", in Conférence sur le Sciage et la Transportation Bois 4. Edition, 2002.
- [2] Pongpech J., Murthy D.N.P., and Boondiskulchock R., "Maintenance strategies for used equipment under lease", Journal of Quality in Maintenance Engineering, pp: 52-67, vol. 12, 2006.
- [3] Çamkoru, A., M., ve Sayın, V., O., "Bakım Maliyeti Yönetimi" V. Bakım teknolojileri kongresi ve sergisi, Kocaeli, 2011.
- [4] Lyon, R., "Review of Lower Thames Crossing Capacity Options Output 3: Operating Costs, Maintenance Costs and Revenues Report", Aecom transportation, 2012.
- [5] Hoyer, D., "Operation & Maintenance Cost Drivers", Veizades&Associates Inc, 2016.
- [6] Selle, J. F., Hauge, K. And Brekke, T. F., "Availability increase: A model in maintenance optimization for spare parts at Hydro Karmøy" Høgskolen Stord/Haugesund, Bachelor, 2016.
- [7] Garg, J., "Maintenance: Spare Parts Optimization" Department of Industrial Engineering, Ecole Centrale de Paris, M2 Research Intern theses, 2013.
- [8] Eti M.C., Ogajı S.O.T. and Probert S.D., "Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture, Applied Energy, volume 83, issue 11, 2006, pages 1235-1248.
- [9] Alkan, H., "İşletme başarısında maliyet yönetiminin rolü ve maliyet yönetiminde yeni yaklaşımlar", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayfa:177-192, seri: A, sayı: 2, yıl: 2001, ISSN: 1302-7085,
- [10] (2018) acikerisim.deu.edu.tr websitesi [Online]. Available: <http://acikerisim.deu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/12345/11689/189872.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] Oteyaka, H.C. "Ekipmana Uygun Bakım Türünün Seçimi" VI. Bakım teknolojileri kongresi ve sergisi, Kocaeli, 2013.
- [12] Korkut, D.S., "Toplam bakım yönetimi ve orman ürünleri işletmesinde uygulanması", Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, pp. 211, 2005.
- [13] Oteyaka, H.C. and V.O. Sayın, "İşletmelerde arıza ile ilgili performans göstergeleri ve değerlendirmeleri", in V. Bakım teknolojileri kongresi ve sergisi, Kocaeli, 2011.
- [14] Gündüz, N., "Malzeme yönetimi", Amme İdaresi Dergisi, sayı:11/2, 1978.
- [15] (2018) skf.com.tr websitesi [Online]. Available: http://www.skf.com/tr/news-and-media/news-search/2017_02_22_spare_parts_management.html
- [16] "Maintenance Best Practices for Outstanding Equipment Reliability and Maintenance Results Life Data Analysis Reference Book". 2018; Available from: http://www.lifetime-reliability.com/tutorials/enterprise-asset-management/MPS_Day1_World_Class_Reliability_Performance.pdf
- [17] Kara, E., "Tam zamanlı üretim sisteminin uygulanması ve muhasebeleştirme işlemleri: merinos masterbatch işletmesinde bir uygulama", The Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, no.2, pp.409-423, 2011, vol.16.
- [18] Oteyaka H. C. and D. Ait-Kadi, "Optimal Cost And Availability Replacement Models For Multi-Component Systems", Laval University, Canada, 2008.
- [19] Sortrakul N., Nactmann H.L., and Cassady C.R., "Genetic Algorithms for Integrated Preventive Maintenance Planning and Production Scheduling for a Single Machine", Computers in Industry, pp. 161-168, 2005, Vol. 56.

Mikro Ölçekte Çift Fazlı Akış ve Isı Geçişi İçin Gözenekli Yüzey Üretimi

Zeynep Küçükakça Meral, Nezaket Parlak

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü
SAKARYA, TÜRKİYE

zkucukakca@sakarya.edu.tr, naydemir@sakarya.edu.tr

Özet- Son yıllarda mini ve mikrokanallarda kaynamalı akış üzerine yapılan çalışmalar, ısı geçişi iyileştirme tekniklerinden biri olan yüzey porozitesi (gözeneklilik) etkisine dikkat çekmektedir. Poroziteli yüzeydeki ısı geçişinin düz bir yüzeye göre üç kat daha fazla olduğunu gösteren çalışmalara rastlanmıştır. Minyatürleşen elektronik cihazlarda oluşan yüksek ısı akılarının bertaraf edilebilmesi için, küçük alanlara yerleştirilebilen genişletilmiş yüzeylere ihtiyaç vardır. Bu noktada poroziteli yüzeyler bu probleme cevap verip vermeyeceği günümüzün araştırma konularından biridir. Bu çalışmada, ısı geçişi uygulamalarında kullanılmak üzere ısı iletimi yüksek olan bakır tozundan sinterleme yöntemiyle poroziteli yüzeyler elde edilmesi amaçlanmıştır. Farklı firmalardan alınan değişik boyuta sahip bakır tozlarının karakterizasyonlarını belirlemek için çeşitli analiz yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemler; tane boyutu için, taramalı elektron mikroskopunda görüntü analizi (SEM), saflık testi için EDS ve bakır tozunun ergime sıcaklığını belirlemek için ise termal analiz olarak belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada toz metalürjisi prensipleri takip edilmiş, sinterleme sıcaklığı ile kullanılan bakır toz boyutu aynı tutulmuş presleme basınçları değiştirilerek basıncın yüzey porozitesine etkisi incelenmiştir. Numunelerin porozite büyüklüğü için taramalı elektron mikroskop görüntüleri incelenmiş basınç değerinin farklı olduğu numunelerde basınç düştükçe porozitenin arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toz metalürjisi, Sinterleme, Porozite, Akış kaynaması, Mikrokanal

Abstract – In recent years, studies on boiling flow in mini and microchannels point to the surface porosity effect, which is one of the heat transfer improvement techniques. Studies have shown that the heat transfer at the porous surface is three times higher than a smooth surface. In order to dispose heat flux from miniaturized electronic devices, there is a need for extended surfaces which can be placed in small areas. At this point, surface porosity which is one of the research subjects today can be the solution to this problem. This study aims to obtain porous medium by sintering method from copper powder with high thermal conduction coefficient for heat transfer applications. Various analysis methods were applied to determine the characterization of copper powders of different sizes taken from different companies. These methods; image analysis (SEM) for determination grain size in scanning electron microscope, EDS for purity test and thermal analysis to determine the melting point of copper powder. In the experimental study, powder metallurgy principles were followed, sintering temperature and copper powder size were kept constant but compacting pressures were changed to investigate effect of pressure on surface porosity. For the porosity of the samples, scanning electron microscope images were examined and it was observed that the porosity increased when the compacting pressure values decreased.

Keywords – Powder metallurgy, Sintering, Porosity, Flow boiling, Microchannel

I. GİRİŞ

Günümüzde çift fazlı akış ve ısı geçişi, kazan, reaktör gibi makro ölçekli güç sistemlerinde yüksek ısı akısı nedeniyle tercih sebebidir. Diğer taraftan teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak gelişen ve minyatürleşen cihazlarda yeni soğutma yöntemlerine ihtiyaç olduğu açıkça ortaya çıkmıştır. Mini ve mikro ölçekli kanallarda akış kaynaması, yüksek ısı aktarım hızlarına ulaşabilme kabiliyeti nedeniyle ilgi çekmekte, fakat elektronik ve benzeri cihazlar için verimli bir soğutma yöntemi olarak kullanılıp kullanılmayacağı henüz bilinmemektedir. Mikrokanallarda ısı geçişi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, yüzey porozitesinin artmasıyla ısı geçişinin de arttığı yönünde sonuçlar belirtilmiştir. Toz

malzemeler kullanılarak püskürtme, sinterleme, presleme ve aşındırma yoluyla poroziteli yüzeyler elde edilebilmektedir. Kaynamalı akış ve ısı geçişi uygulamalarında en uygun poroziteli yüzeyin belirlenmesi bir araştırma konusudur.

Kandlikar ve Jaikumar [1] yaptıkları çalışmada sinterlenmiş bakır mikrokanalların havuz kaynamasındaki etkisini incelemişlerdir. Dikdörtgen kesitli kanallarının genişliği 762µm, duvar genişliği ise 200µm'dir. Kanallar talaş kaldırma işlemi ile açıldıktan sonra yüzeyleri üç farklı şekilde bakır tozları ile sinterlenmiştir. İlk ısı alıcısı modelinde akışkanın temasta olduğu tüm duvarlar, ikinci modelde sadece kanalın iç duvarları, üçüncü modelde ise sadece üst duvarları sinterlenmiştir. Sinterleme işleminde 10-20 µm

boyutlarında bakır tozları kullanılmış ve sinterleme 800 °C'de 2 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Bu üç farklı mikrokanailli yüzeyde en yüksek ısı transfer performansının tüm duvarların sinterlendiği modelde olduğu rapor edilmiştir. Sinterledikleri bakır toz parçacıkların birbirine bağlandığı ve ideal ısı geçişinin 5-20 µm arasındaki por boyutu ile sağlandığını açıklamışlardır. Koç vd. [2] yaptıkları çalışmada, yakıt hücresi ve diğer ısı ve kütle transfer uygulamaları için gözenekli genişletilmiş yüzeyli mikro-özellikli yapılar imal etmek için deneysel çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Yaklaşık 200-400 µm yükseklik ve genişlikte mikro kanallar için, ince bir alt tabakaya sıcak presleme yöntemiyle % 30-50 gözeneklilik elde edilebileceğini öne sürmüşlerdir. Sıkıştırma basıncının, sıcaklığın, bekleme süresinin, toz büyüklüğünün, porozite ve kanal büyüklüğü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, hem basınç hem de sıcaklığın gözeneklilik seviyesi üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu öne sürmüşlerdir. Zhang vd. [3] mikrokanailli genişlikleri 0,25, 0,4 ve 0,55 mm olan plakalarda akış kaynamasını incelemişlerdir. Mikrokanaillar tel erozyon yöntemi ile açılmış, bakır tozları ile sinterlenerek pürüzlü hale getirilmiştir. Gevşek toz sinterleme ve bunu takiben tel erozyon işleme ile plakalar imal edilmiştir. Öncelikle, 75-100 µm çaplı küresel bakır tozları grafit bir kalıp içine gevşek bir şekilde paketlenip daha sonra bir atmosfer kontrollü fırında sinterleme gerçekleştirmişlerdir. Sinterleme işlemi 900 °C'de 0,3 MPa'da 30 dakika sürdürülmüştür. Gözenekli yapının yalnızca birkaç saniye içinde su damlacıklarını emen mükemmel ıslanabilirliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Weibel vd. [4] yaptıkları çalışmalarında, ısı borularının buharlaştırıcı bölümündeki termal direncin ısı transfer performanslarını yönetmede baskın bir rol oynadığını ve bu nedenle direncin ölçülmesinin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarının amacını, sinterleme yoluyla yüzeyde kanatçıklar oluşturmak ve termal direncin bu yüzeylerin kalınlığına ve parçacık boyutuna olan bağlılığını göstermek olduğunu belirtmişlerdir. Deneysel, büyüklükleri 45 ila 355 µm arasında değişen partiküller kullanılarak, 600 ila 1200 µm arasında değişen kanatçık kalınlıklarına sahip genişletilmiş yüzeyler elde edilmiştir. Kanatçık uzunluğunun artmasıyla daha fazla ısı geçişinde iyileştirme sağlandığı gözlemlenmiştir. Deng vd. [5] geleneksel sinterleme yöntemini kullanarak gözenekli bakır mikrokanailli ısı alıcısı geliştirmişlerdir. Sinterleme yöntemi ile geliştirilen gözenekli mikrokanailli ısı alıcısı ile gözeneksiz olan ısı alıcısını test ederek karşılaştırmışlardır. Her iki ısı alıcısı 786 µm hidrolik çapa sahip 14 paralel Ω-şekilli girintili mikrokanailli içermektedir. Kaynama deneyleri saf su ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, gözenekli yüzeyin kabarcıklaşmayı teşvik ettiğini ve duvarda aşırı ısınmayı önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir. Cora vd.[6] çalışmada, bakır tozların ince bakır yüzeyler üzerine sıcak preslenmesiyle elde edilen numunelerin, gözeneklilik ve bağlanma dayanımını ölçmüşlerdir. Mikro ölçekli ısı kütle transfer uygulamalarında fizibilitesini karakterize etmek için farklı sıkıştırma basıncı (15–50 MPa), sıcaklık (350-500 °C) ve yüzey geometrileri (düz, büyük ve küçük kanal) test edilmiştir. Sonuçlar, gözenekli ve mikro kanailli yüzey tabakaları elde etmek için minimum 350 °C sıcaklık ve 15

MPa basınç seviyesinin gerekli olduğunu göstermiştir. Ayrıca, daha yüksek basınç seviyelerinde (50 MPa), mikro ölçekli yüzey yapılarının imalatının, gelişmiş bağlanma mukavemeti özellikleriyle yüksek oranda tekrarlanabilir olduğu bulunmuştur. Singh vd.[7] çalışmasında yüksek enerjili mikroışlemcinin soğutulmasında kullanılan sinterlenmiş gözenekli ısı alıcısını deneysel olarak araştırmışlardır. Soğutucu plaka, % 40 gözenekliliğe sahip sinterlenmiş bakırdan ve dikdörtgen kanallardan oluşturulmuştur. Çalışmalarında gözenekli, bakır plakadan soğutucu akışkan olarak 34 kpa basınç düşümüne sahip saf su kullanmışlardır ve sinterlenmiş gözenekli bakırın yüksek verimlilikte ısı iletim katsayısı nedeniyle ($\approx 32 \text{ W/mK}$) $2,9 \text{ MW/m}^2$ ısı akısı uzaklaştırdıklarını belirtmişlerdir. Florez vd.[8] çalışmalarında, sinterlenmiş gözenekli yüzeylerin ısı boruları için etkin ısı iletkenliğini tahmin eden bir model önermişlerdir. Parçacık çapları 20 ila 50 µm arasında değişen, atomize bakır tozu ile üretilen gözenekli malzemeler için etkili termal iletkenlik deneysel veriler ile elde edilmiştir. Ortalama parçacık boyutlarını belirlemek için parçacık büyüklüğü dağılım istatistikleri kullanılmışlardır. Test edilen malzemenin gözenekliliğini ve geçirgenliğini, laboratuvar ortamında karakterize etmişlerdir. Etkin termal iletkenlik test koşulları, vakum, damıtılmış su ve metanol olmak üzere üç farklı şartta test etmişlerdir. Termal iletkenlik için oluşturulan mevcut model ile literatürdeki veriler çok iyi bir uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

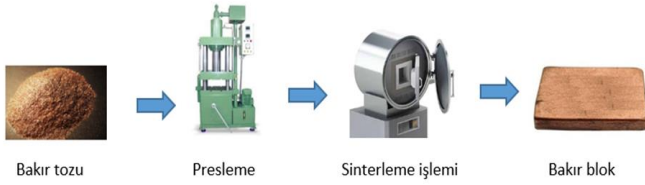
Zenbilci [9] çalışmasında, ısı değiştiricilerinde kullanılmak üzere bakır tozlarından üretilmiş yüzeylerdeki gözenekliliğe, üretim parametrelerinin etkisini araştırmıştır. Yapmış olduğu deneysel çalışmalarda, mikron değerlerde farklı boyutlara sahip dendritik bakır tozlarının 250-550 °C arasındaki sıcaklık değerleri ve 5, 15 ve 50MPa basınç değerleri kullanılarak sıcak presleme işlemiyle 0,1 mm kalınlığındaki bakır levhalara tutunması amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalarında düz yüzeyli ve kanailli olmak üzere iki farklı kalıp kullanmıştır. Sıcak presleme deneylerinde elde edilen ham numunelere 860°C'de 30 dakika süreyle sinterleme işlemi uygulanarak mukavemet kazandırılmasını amaçlamıştır. Presleme ve sinterleme işlemine tabi tutulan numuneler 10x20 mm'lik parçalara ayrılarak, optik mikroskopta kesit yüzeylerine bakılmış ve gözeneklilik yüzdesini belirlemiştir. Ardından taramalı elektron mikroskopta numunelerin yüzey incelemesini yapmıştır. Kesit incelemesi sonucunda numunelerin gözeneklilik durumuna göre parametrelerin karşılaştırılması yapmış, ısı değiştiricilerinde kullanılmak üzere bakır yüzeylerin optimum üretim parametre değerlerini önermiştir.

Bu çalışmanın amacı, gözenekliliğin akış kaynamasındaki ısı geçişine etkisini incelemek üzere bakır tozlarından farklı gözenekli bakır yüzeyler oluşturulmasıdır. Geleneksel toz metalürjisi prensipleri takip edilerek poroziteli yüzeylere sahip plakalar elde edilmiştir. Bu işlemlerde toz boyutu ve sinterleme sıcaklığı sabit tutularak, presleme basıncı değiştirilmiş, basıncın gözeneklilik üzerine olan etkisi incelenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Sinterleme Yöntemiyle Üretim Prosesi

Sinterleme, birbirleri ile temas halinde bulunan taneciklerin, yüksek sıcaklıklarda birbirine kaynarak yapışması ile bir bütün oluşturması işlemidir. Geleneksel sinterleme işleminde preslenmiş numuneler atmosfer kontrollü fırınlarda yüksek sıcaklıkta istenilen nihai özelliklerin elde edilmesi amacıyla ısı işleme tabii tutulur. Başlangıçta % 25 ila 60 oranında gözenek içeren malzeme sinterleme işlemine tabi tutulduğunda, gözeneklerin şekil ve boyutlarında değişiklikler, tane büyümesi, yeni fazların oluşumu ve polimorfik olaylar gözlenmektedir. Sinterleme sıcaklığı, malzeme boyutu ve türü ile işlem süresi numunelerin karakterizasyonunu değiştirmektedir. Çalışmada, bakır tozundan sinterleme yöntemiyle poroziteli bir bakır blok üretim aşaması aşağıda şematik olarak özetlenmiştir. [7]



Şekil 1. Sinterleme Prosesi

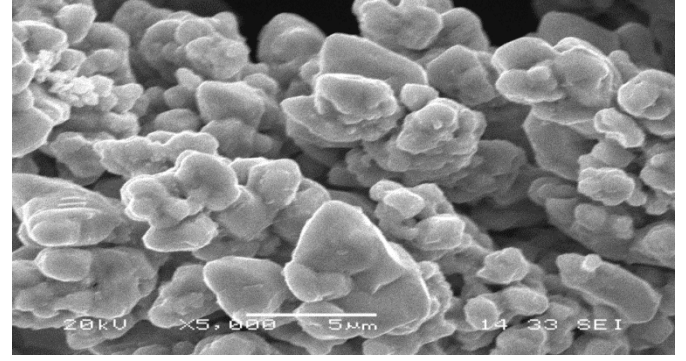
B. Taramalı Elektron Mikroskobu Çalışmaları

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), katı numunelerin yüzeyinde çeşitli sinyaller üreterek, dış morfoloji (doku), kimyasal bileşim ve numuneyi oluşturan kristal yapı ve oryantasyon da dahil olmak üzere detaylı bilgi verir. İki farklı firmadan alınan bakır tozlarının parçacık boyutlarının belirlenmesi için Sakarya Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan “Jeol JSM 6060 LV” marka taramalı elektron mikroskobu cihazıyla yapılmıştır (Şekil 2.)



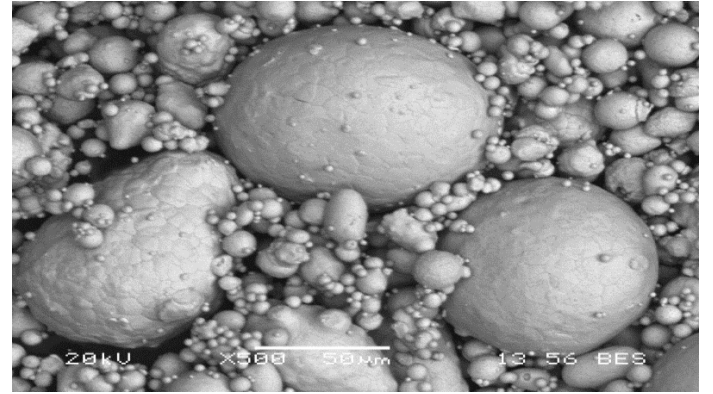
Şekil 2. Jeol JSM 6060 LV marka SEM cihazının fotoğrafı

Numune yüzeyleri görüntülerde 500 ila 5000 kat büyütülerek elde edilmiştir. Şekil 3 ve 4’ de farklı firmalardan satın alınmış, farklı boyutlara sahip bakır tozlarının SEM görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 3. Yurt dışından tedarik edilen bakır tozunun SEM görüntüsü

Şekil 3’de 5000 kat büyütme ile SEM görüntüsü incelendiğinde bakır tozunun tane boyutunun 5µm’den daha küçük olduğu ve homejen bir dağılım olduğu gözlenmektedir.



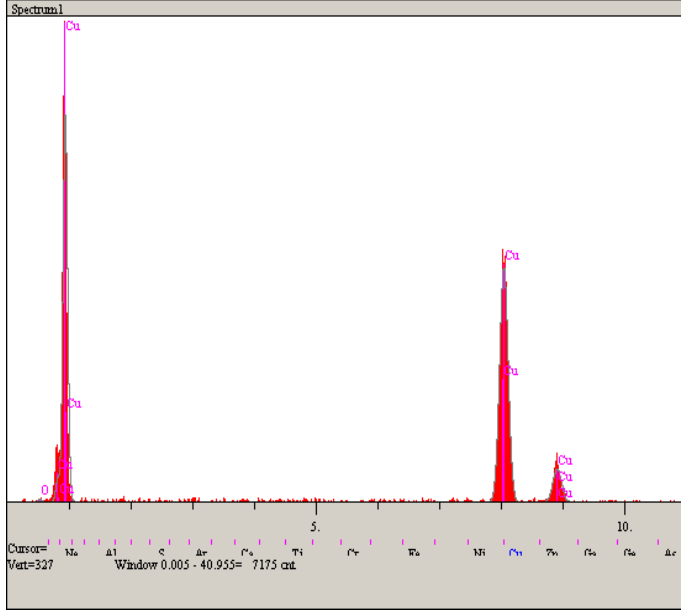
Şekil 4. Yurtiçinden tedarik edilen bakır tozunun SEM görüntüsü

Şekil 4’ de 500 kat büyütme ile SEM görüntüsü alınmış bakır tozu incelendiğinde, 50µm’ lik tanelere yapışmış halde birkaç µm’lik boyutta bakır tozları ve yer yer de korozyonlar gözlenmektedir. Korozyon ve tane boyutlarının homojen olmaması nedeniyle yurt içinden tedarik edilen bakır tozları sinterleme işleminde kullanılmamıştır.

C. EDS Analizi

Taramalı elektron mikroskobundaki elementel analizler, elektron demetinin numune üzerindeki bombardımanı sırasında numuneyi oluşturan elementlerden yayılan karakteristik X-ışınlarının elektron mikroskobuna bağlı EDS (enerji saçınım spektrometresi) ile algılanıp analiz edilmeleri yoluyla gerçekleştirilir. Bu sayede, morfolojik görüntü analizleri sırasında incelenen örnek üzerindeki bir hattın elementel mikro analizi yapılabilmekte, örnek üzerinde istenen bir alandaki elementlerin dağılım haritaları çıkarılabilmektedir. EDS analizi herhangi bir numune veya numune üzerinde elementel kompozisyonu tanımlamak için kullanılan bir yöntemdir. Numune üzerine taramalı elektron demeti gönderilerek analiz işlemi gerçekleştirilir. Çalışmamızda yurtdışı üretici firmadan temin ettiğimiz bakırın saflığını araştırmak için EDS analizi gerçekleştirildi ve sonuç aşağıdaki şekil 5’de sunulmuştur.

Şekil 5’de yatay eksen elektron volt (eV) cinsinden x ışını enerjisini, dikey eksen ise şiddetini vermektedir. Numune içindeki elementlerin yüzdeleri, elementlerin piklerinin altındaki alanlarla orantılıdır. Şekil 5 incelendiğinde kullanılan bakır tozunun büyük bir çoğunluğunun Cu elementinden oluştuğu fakat oksitlenme nedeniyle eser miktarda O₂ elementini bulundurduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Bakır partiküllerinin EDS analizi

El.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Atomic %	Conc	Units	
O	Ka	1.78	0.843	2.509	0.644	wt. %	
Cu	Ka	273.78	10.461	97.491	99.356	wt. %	
				100.000	100.000	wt. %	Total

Tablodan da görüldüğü gibi, EDS analizi toz numunenin %99.356’sının saf bakır olduğunu göstermiştir.

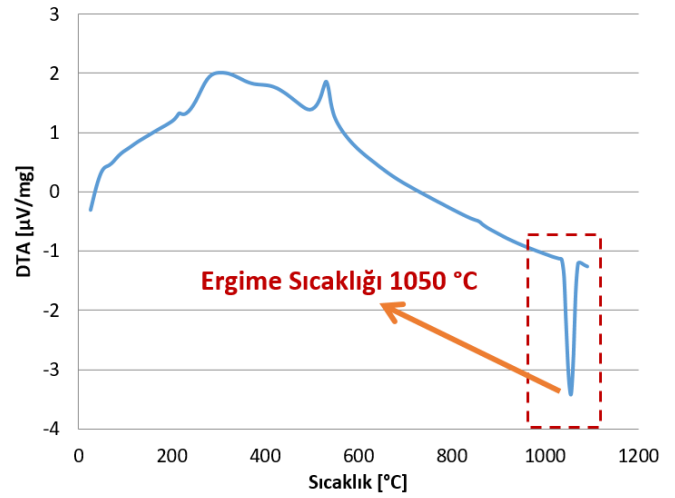
D. Termal Analiz

Termal analiz, test edilen malzemeye kontrollü ısı enerjisi akışının sağlanarak fiziksel özelliklerinin sıcaklığın fonksiyonu olarak saptandığı bir yöntemdir. Analiz esnasında ısıtma, soğutma ya da sabit bir sıcaklıkta tutma veya bunlardan bazılarının birlikteliği olabilmektedir. Bu yöntem ile malzemelerin ergime noktası sıcaklıkları da belirlenebilmektedir. Literatürdeki kaynaklar geleneksel sinterleme sıcaklığının malzemenin ergime noktasının %80’i olduğunu işaret etmektedir. En uygun sinterleme sıcaklığının belirlenebilmesi için tedarik edilen bakır tozunun ergime sıcaklığının belirlenmesi gerekmektedir. Termal analiz Şekil 6’da gösterilen, Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan TA marka SDT Q600 model cihaz ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Termal Analiz Cihazı

Termal analiz cihazı yüksek sıcaklıktaki fırın ünitesi, fırın atmosferini sağlayan gaz ünitesi ve analiz programlı bilgisayar olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 7. Bakır tozunun termal analiz grafiği

Bakır tozunun ergime noktası belirlenmesi için termal analiz uygulaması yapılmıştır. Şekil 7’de yatay eksen termal analiz sıcaklığını göstermektedir. Grafikte de görüldüğü üzere analiz süresince maksimum 1200°C sıcaklığa çıkılmıştır. Dikey eksen ise DTA grafiğini vermektedir. Analiz sonucunda 1050°C’de bir endotermik pik görülmüştür. DTA grafiğinde bu endotermik pik ergime sıcaklığını belirtmektedir. Sonuç olarak bakır tozunun ergime noktası 1050 °C olarak belirlenmiştir.

E. Bakır Tozlarının Sinterleme İşlemi

Bakır tozlarına istenilen geometriyi vermek için şekilde verilen 10 mm çapında dairesel kalıp ile 20mmx20mm kare kalıp kullanılmıştır. Bakır malzemenin kalıba yapışmaması için kalıbın kenarlarına çinko stearat sürülmüştür. Çinko stearatın kuruması beklendikten bakır tozu kalıbın içine yerleştirilmiştir. Bakır tozu belirlenen miktarda kalıbın içine konulmuş ve ardından şekilde görülen mekanik presle farklı kuvvetlerde preslenmiştir. Şekil 8 ve 9’da kullanılan dairesel kalıbın ve mekanik presin fotoğrafları görülmektedir.

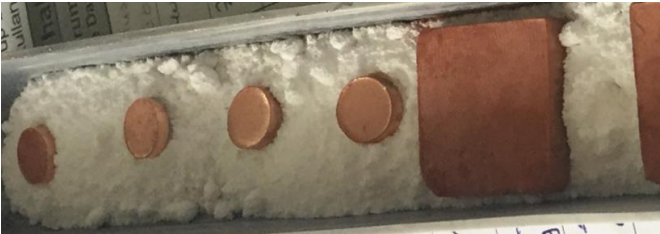


Şekil 18. Dairesel Kalıp



Şekil 19. Mekanik Pres

125MPa, 212,5 MPa, 312,5 MPa ve 375MPa basınçta preslenmiş 10 mm çapında dairesel bakırlar şekilde gösterilmektedir. Dairesel şekilli bakır malzemeler yüksek sıcaklıkta fırın içerisine yapışmaması için şekil 10' da görüldüğü üzere alumina altlıklara yerleştirilmiştir.



Şekil 10. Alumina altlığa yerleştirilmiş bakır numuneler

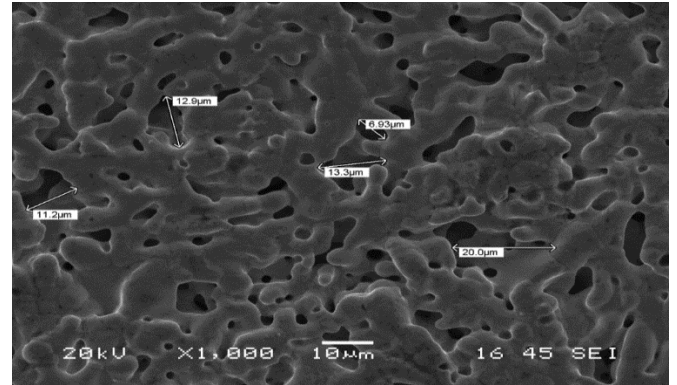
Alumina altlığa yerleştirilen preslenmiş bakır numuneler sinterleme işlemi için Sakarya Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Merkezinde bulunan şekilde gösterilen atmosfer kontrollü tüp fırına yerleştirilmiştir. Sinterleme işlemi kontrollü atmosfer sağlayan tüp fırında 450 ml N₂ ve 50ml NH₃ gaz koşullarında dakikada 5 °C hızla 800°C ye çıkıldıktan sonra bu sıcaklıkta 1 saat beklenecek sinterleme işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 11. Kontrollü Atmosfer Sağlayan Tüp Fırını

III. SONUÇLAR

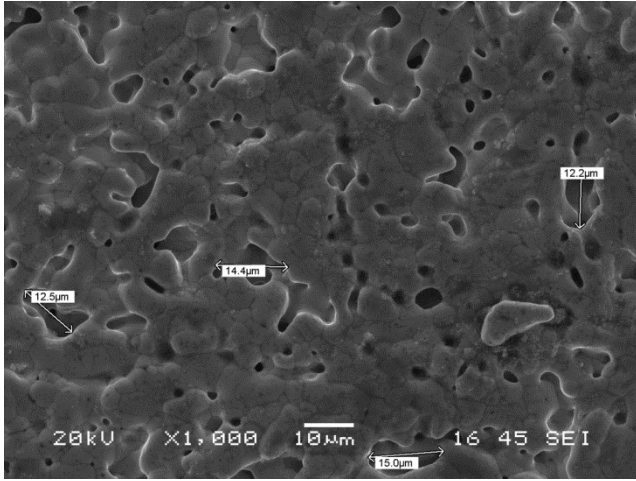
Sinterleme işleminin ardından elde edilen bakır numunelerin porozitelerini belirlenmesi için SEM cihazında görüntüler alınmıştır. Şekil 12, 13, 14 ve 15'de, ortalama 5 µm boyutuna sahip bakır tozlarının, farklı basınçlarda preslendikten sonra 800°C' de sinterlenerek elde edilen numunelerin SEM görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 12. 125 MPa basınçla preslenmiş bakır numunenin SEM görüntüsü

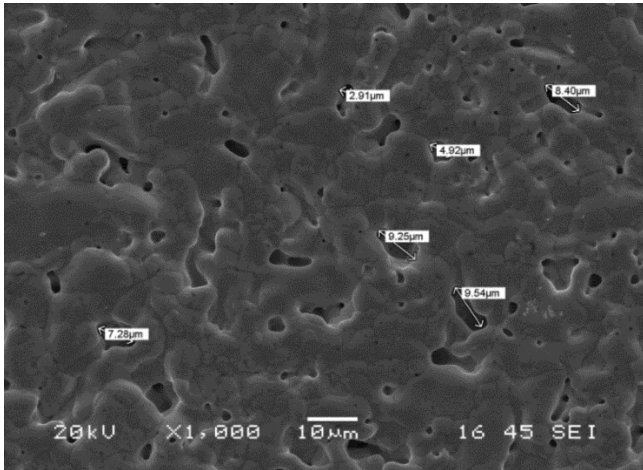
Şekil 12' de 10mm çapında dairesel kalıpla, mekanik preste 1 tonda preslenmiş ve 800°C' de sinterlenmiş numunenin taramalı elektron mikroskopunda 1000 kat büyütülmesiyle alınan görüntüsü verilmiştir. Yüzeyin gözenek boyutları 6 ila 20 µm arasında değiştiği gözlenmiştir.

Şekil 13' de bakır tozlarının 212,5MPa basınçta preslendikten sonra aynı şartlarda sinterlenmiş halinin SEM görüntüsü yer almaktadır. Görüntüden gözlemlendiği gibi maksimum gözenek çapının 15µm olduğu anlaşılmaktadır. Aşağıdaki şekil 14'de 312,5 MPa basınçta preslenmiş ve diğer numunelerle aynı şartlarda sinterlenmiş numunenin SEM görüntüsü incelendiğinde maksimum gözenek boyutunun 9,54 µm olduğu gözlenmiştir.



Şekil 13. 212,5MPa basınçta preslenmiş bakır numunenin SEM görüntüsü

Şekil 15’de ise aynı şartlarda sinterlenmiş fakat 375Mpa basınçla preslenmiş bakırın SEM görüntüsü incelendiğinde maksimum gözenek boyutunun 7,42µm olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma sonucunda; sinterleme işlemi öncesinde a) farklı firmalardan tedarik edilen numunelerin boyutlarının kesin olarak belirlenmesi, b) saf olup olmadığının incelenmesi, c) sinterleme işlemi için ergime sıcaklığının tespiti için termal analizinin muhakkak yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

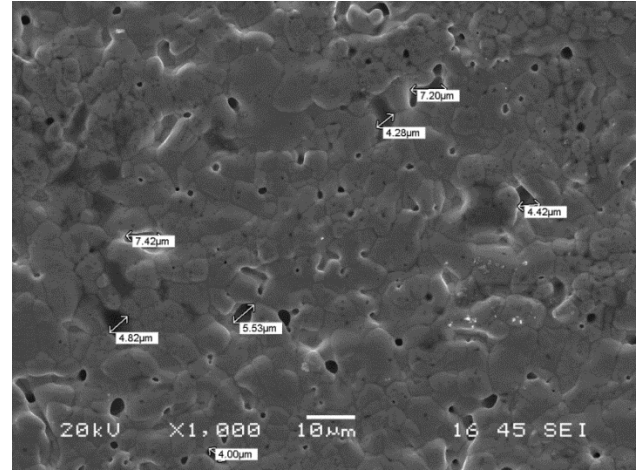


Şekil 14. 312,5 MPa basınçta preslenmiş bakır numunenin SEM görüntüsü

Bununla birlikte, 5 µm büyüklüğe sahip bakır tozlarının farklı presleme basıncı altında işlemi sonucunda yüzey gözenekliliğinin 6 ila 20 µm arasında değiştiği gözlenmiştir. Hangi por yapının kaynamalı ısı geçişine daha uygun olduğunun tespiti ancak, akış ve ısı geçişi deneylerinden elde edilecek sonuçlarla yapılabilecektir.

IV. DEĞERLENDİRME:

Bu çalışma ısı geçişi iyileştirme tekniklerinden biri olan yüzey gözenekliliğinin kaynamalı akışa etkisinin araştırıldığı bir bilimsel araştırma projesinin ön çalışmalarını kapsamaktadır.



Şekil 15. 375 MPa basınçla preslenmiş bakır numunenin SEM görüntüsü

Yapılan çalışmalar geleneksel toz metalürjisi yöntemi içerisinde yer almakta olup, sinterleme sıcaklığı, basıncı ve süresi ile toz boyutunun poroziteye etkisinin ortaya çıkarılmasını hedeflemektedir. Bu ön çalışmalar kapsamında tedarik edilen bakır tozlarının farklı basınçlarda preslenmesinin ardından elde edilen numuneler bir dizi incelemeye tabi tutulmuştur. Sonuç olarak taramalı elektron mikroskop görüntüleri üzerinde yapılan incelemelerde presleme basıncının düştükçe gözeneklilik değerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] A. Jaikumar, S. G. Kandlikar, “Enhanced pool boiling heat transfer mechanisms for selectively sintered open microchannels” International Journal of Heat and Mass Transfer vol. 88, pp. 652–661, 2015.
- [2] M. Koç, Y. Usta, A. Karakoc, “Investigations on thermo-mechanical fabrication of micro-scale porous surface features” Journal of Power Sources vol.179 pp.592–602, 2008.
- [3] S. Zhang, Y., Sun, W. Yuan, Y., Tanga, H. Tanga, K. Tang, “Effects of heat flux, mass flux and channel width on flow boiling performance of porous interconnected microchannel nets” Experimental Thermal and Fluid Science, Vol.90, Pp. 310-318, 2018.
- [4] J. A. Weibel, S. V. Garimella, M. T. North, “Characterization of evaporation and boiling from sintered powder wicks fed by capillary action” International Journal of Heat and Mass Transfer vol.53, pp. 4204–4215, 2010
- [5] D. Deng, R. Chen, Y. Tang, L. Lu, T. Zenga, W. Wana, “A comparative study of flow boiling performance in reentrant copper microchannels and reentrant porous microchannels with multi-scale rough surface” Vol. 72, Pp 275-287, 2015.
- [6] Ö. N. Cora, Y. Usta and M. Koc, “Micro-manufacturing of micro-scale porous surface structures for enhanced heat transfer applications: an experimental process optimization study” Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 19, 12pp, 2009.
- [7] R. Singh, A. Akbarzadeh, M. Mochizuki, “Sintered porous heat sink for cooling of high-powered microprocessors for server applications” International Journal of Heat and Mass Transfer, vol.52, pp.2289–2299, 2009.
- [8] J. P. M. Florez, M. B. H. Mantelli, G. G. V. Nuernberg “Effective thermal conductivity of sintered porous media: Model and experimental validation” International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 66, pp.868–878, 2013.
- [9] S. Zenbilci, “İsi Değiştiricilerinde Kullanılmak Üzere Gözenekli Bakır Yüzeylerin Üretim Parametrelerinin Araştırılması” Yüksek lisans tezi, “Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Mayıs, 2011.
- [10] A. O. Kurt, “Toz Üretim Yöntemleri ve Sinterleme” Sakarya Üniversitesi Ders Notu, 2017.
- [11] D. Kurt, “Metal Matriksli Kompozit Fren Diski, Balatası Üretimi Ve Karakterizasyonu” Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, 2007.

A PSO Approach to Navigational Shortest Path Problem on an Experience-Based Network Model of the Aegean Sea

Timur İNAN^{1,2}, Ahmet Fevzi BABA³

¹Electrics-Electronics Engineering, PhD. Student, Marmara University, İstanbul, Turkey

²Computer Programming Program, Instructor, Istanbul Arel University, İstanbul, Turkey
Mail: timurinan@arel.edu.tr, Tel:08508502735/2133

³Electrics-Electronics Engineering, Prof. Dr., Marmara University, İstanbul, Turkey
Mail: fbaba@marmara.edu.tr, Tel: (216) 336 57 70 / 1250

*Corresponding author: timurinan@arel.edu.tr

Abstract – Finding shortest routes for commercial vessels has ever been an important issue on marine science. Shortest route means less sailing time, less sailing time means faster delivery of cargo, less consumption of fuel, less human power. In this study, we present a particle swarm optimization approach to navigational decision support system. The study is applied on the Aegean Sea. The proposed system is a dynamic decision support system that calculates the shortest path from any starting node to any finishing node. The network model consists of 604 nodes. Any ship using this system can find the shortest route to finishing node dynamically.

Keywords – particle swarm optimization, decision support system, shortest path, Aegean Sea

I. INTRODUCTION

Shortest path problem (SP) has always been the focus on many studies. Finding the shortest path or route for vessels reduces fuel consumption and ensures efficient use of time. Particle swarm optimization (16) is an optimization method which is inspired by the behaviour of a swarm to find food. To solve a problem particles are created, at first every particle has their own coordinate and speed values. Every particle tries a function to find the best solution, this is called fitness function. After evaluating this function every particle has new fitness value, in every iteration this fitness function value is examined and particles obtain the best fitness value as local best. In this study, we propose a navigational decision support system which is based on particle swarm optimization. The network model has been prepared in the light of the experience gained in the time the author worked on commercial ships. To simulate the voyages, a map of the Aegean sea is created using two different shape files (2, 3). Total 61 ports on the Aegean sea are recorded by the means of latitude, longitude and names. For the realization of cruises, 604 nodes have been created and coordinates are recorded. The connections between the nodes and angles between them are calculated and recorded. The map showing the nodes on the prepared map can be seen in Fig. 1.

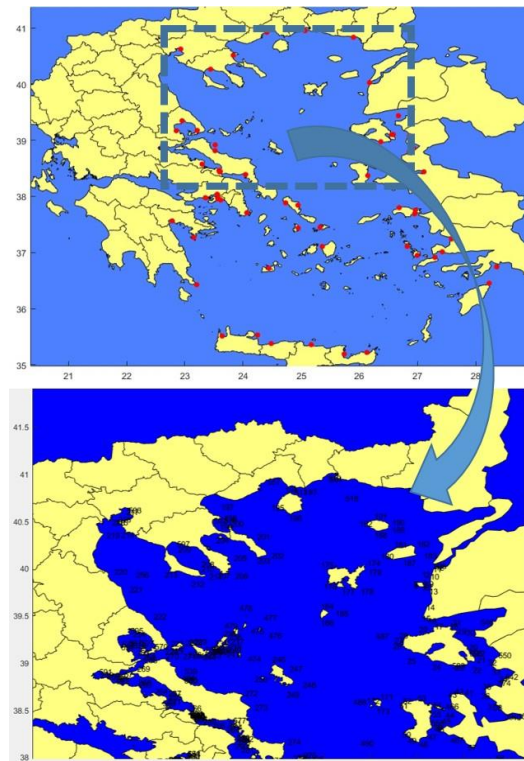


Fig. 1 The map, ports and the nodes

II. RELATED WORKS

To solve the shortest path problem, common and wellknown algorithms exist. For example Dijkstra(19) ve BellmanFord(20) algorithms are most popular algorithms for this purpose. Besides these algorithms, some optimization algorithms like genetic algorithm (18), ant colony algorithm (14), particle swarm optimization algorithm (17) and neural networks (15) are used for solving the shortest path problem. In marine science, SP problem exists for various subjects like

collision avoidance(13), weather routing(12), decision support system calculation(11). For the Aegean sea, some works have been carried out for some purposes like ship routing, fleet routing, weather routing, risk assessment. The related works are all includes only Greece side of the Aegean sea. This study includes both side of Aegean sea (Turkish and Greek side), all the port names and coordinates are same as the real world data. (10) proposed a system that uses ant colony algorithm for fleet routing. The study includes 13 ports and 39 sea links, the links between the ports are accepted as a direct line. In the real world, there are no direct connection between all ports. (9) proposed a weather routing system for fleet routing using genetic algorithm. The study again includes a few ports of the Aegean sea and uses Google Maps for mapping. (8) developed a weather routing system that uses an exact algorithm. This study like the previous works, only examines the Greek side of the Aegean sea and uses Google Maps for mapping. (7) proposed an optimal ship routing system that uses the Aegean sea as the application area. The system uses simulated annealing algorithm. In the study, the proposed algorithm only tested on a sample voyage from the port of Thessaloniki to the port of Agios Nikolaos. For prediction of environmental risk of a possible accident on the Aegean sea, (6) proposed a system using Bayesian network. The study uses all of the Aegean sea, but it examines the risk prediction not routing. We have previously used the ant colony algorithm(4) and genetic algorithm(5) for the system we have introduced. Our study differs from the related works. First; we use a unique map of the Aegean sea that is never been used in any other articles. Second; we examine all the ports of the Aegean sea. Third; the ports and nodes are same as the real world data, coordinates, distances and angles between nodes extracted using the unique map. Fourth; related works use Google Maps for mapping, this mapping style needs internet connection but our map doesn't. Fifth; for ship movement we use Fossen mathematical model (1) of ship which is never used in a study that examines the Aegean sea. Sixth; the links between nodes are not considered as a direct line, the connections are calculated over the created map.

III. MATERIALS AND METHODS

A. Mathematical Model Used

The mathematical model of ship was taken from the website of marine simulator system which is created by Fossen and Perez (21). There are several m files to use for MATLAB. We use tanker.m file for ship mathematical model.

B. Calculation of Distances Between the Nodes

For calculation of the distances, angles and connections between the nodes, calculations are made using i and j operators. As can be seen in equation (1).

$$i = [1, 2, 3, \dots, 604], j = [1, 2, 3, \dots, 604] \quad (1)$$

For calculation of distances between the nodes, "distdim" and "distance" functions of MATLAB program was used. "distdim" function normally gives the distance result as kilometer, the distance result was converted into degree to use on map. Let's suppose D is a matrix that contains distance datas. D matrix was filled with the data using the equation (2).

$$D_i^j = \begin{cases} i \neq j, \text{distdim}(\text{distance}(\text{lat}_i, \text{lon}_i, \text{lat}_j, \text{lon}_j), \\ \text{'km', 'deg'})) \\ \text{else } 0 \end{cases} \quad (2)$$

C. Calculation of Angles Between the Nodes

For calculation of angles between the nodes, "distance" and "rad2deg" functions of MATLAB program is used. "distance" function normally gives both distance and angle data but for calculation of angle the distance value is omitted. "distance" function gives angle result in radians. To convert the angle from radians to degree "rad2deg" function was used. Let's suppose Θ is the matrix that contains angle datas. Θ matrix was filled with the data using the equation (3).

$$\Theta_i^j = \begin{cases} i \neq j, \text{rad2deg}(\text{distance}(\text{lat}_i, \text{lon}_i, \text{lat}_j, \text{lon}_j)) \\ \text{else } 0 \end{cases} \quad (3)$$

D. Calculation of Connections Between the Links

After saving all the coordinates of the ports and nodes, the connection between each node must be calculated and saved. The connection between the nodes are calculated using Fossen ship mathematical model which can be seen in equation (4).

$$[\dot{x}, U] = \text{tanker}([\text{ship.suv}, \text{ship.swv}, \text{ship.yw}, \\ \text{ship.x}, \text{ship.y}, \text{ship.psi}, \text{ship.delta}, \text{ship.n}], \\ [\text{ship.deltac}, \text{ship.nc}, 40]); \quad (4)$$

Where,

suv=surge velocity (m/s),

swv=sway velocity (m/s),

yw= yaw velocity (rad/s),

x= position in x-direction (m),

y= position in y-direction (m),

psi=yaw angle (rad),

delta=actual rudder angle (rad),

n=actual shaft velocity (rpm) - nominal propeller 80 rpm,

deltac=commanded rudder angle (rad),

nc=commanded shaft velocity (rpm),

h=water depth, must be larger than draft (m) - draft is 18.46 m,

\dot{x} =derivative of suv, swv, yw, x, y, psi, delta and n,

U=velocity of the ship.

Ship begins the voyage from the starting node, the voyage continues to the finishing node. If the ship ends the voyage without any collision to land, connection value is 1, else connection value is 0. To obtain if the ship is on land or on sea, "ltn2val" function of MATLAB program was used. This function gives 3 different results. 0 for land, 1 for shore, 2 for sea. A matrix called C was created and filled with the connections results using the Algorithm 1.

Algorithm 1 Calculation of connection

```

1: for i=1 to 604 do
2: for j=1 to 604 do
3: if i not equal to j then
4: result=1;
5: while true do
6: move the own vessel using ship mathematical model;
7: a = ltn2val(Z, R, pt.lat, pt.lon);
8: if a==1 or a==0 then
9: result=0;
10: break;
11: end if
12: if ship reaches to the finishing node then
13: break;
14: end if
15: end while
16: Cij= result;

```

```

17: else
18:  $C_i^j = 0$ ;
19: end if
20: end for
21: end for
    
```

p_t means point at t th step of the ship during the voyage. p_t . lat and p_t . lon means latitude of t th point's latitude and t th point's longitude. To obtain if the point is on land or not, the map converted into data grid and a referencing vector. Z is regular data grid converted from the map vector data, R is the referencing vector for the computed grid. For this purpose, "vect2mtx" function of MATLAB program was used.

E. Particle Swarm Optimization

Particle swarm optimization is an optimization method which is inspired from the behaviour of a swarm. To solve a problem all the particles of the swarm are created. All particles try a fitness function and get a score after trying the fitness function. If the score is better than the best score of the particle. The best score of the particle (pBest) is updated. After all the particles try the fitness function, the best score of the swarm is chosen, it is called local best. After choosing the local best value, it is compared with another value which is called global best. Global best is the score of all particles throughout all iterations. Global best value is updated at the end of every iteration by comparing it with the local best value. If local best value is better than global best value then global best value is exchanged with the local best value which is better than the global best value. At the end of every iteration particle with the best fitness value commands the other articles to change their speeds according to its coordinates and speed. Every particle changes their speed value according to leader particle's coordinates. The formulation of speed and position values can be seen in Equation (5,6).

$$v_{in} = v_{in} + c_1 * r_1 * (pBest_n - pActual_n) + c_2 * r_2 * (gBest_i - pActual_n) \quad (5)$$

$$x_{in} = x_{in} + v_{in} \quad (6)$$

Where v_{in} denotes speed of n th particle in i th iteration, c_1 denotes the effect coefficient of particle's best position to new speed of the particle. r_1 is the weight value that determines the final effect of the best position of the particle and is a random number between 0 and 1. c_2 denotes the effect coefficient of swarm's best position to new speed. r_2 is the weight value that determines the final effect of the best position of the swarm and is a random number between 0 and 1. $pBest_n$ represents the n th particle's best position, $pActual_n$ presents the n th particle's actual position. $gBest_i$ represents the swarm's best position at i th iteration. At the end of the next iteration particles with new speed values may find a better value while evaluating fitness function by doing this every particle tries their chances to find a better global best value. Ending criteria can be several different criterias, that's up to the programmer. If programmer wants to end the loop in a certain step, ending criteria can be iteration size or if programmer wants to end the loop the ending criteria can be finding a certain value for the optimization. In this study to solve container loading problem, we are going to use particles, their speed and coordinate values to find the best solution for the problem. The biggest problem in applying the pso algorithm to the shortest path problem is

encoding the nodes to the functioning of the particles forming the swarm. For doing this, an encoding technique must be used.

F. Encoding Technique

To adopt the shortest path problem to particle swarm optimization, every particle has a priority array. The priority array contains priority values of the nodes to be used for finding the shortest path. The values of the priority array is chosen randomly at first. When a particle tries a randomly created path, according to the score of the particle, the priority array is updated. The priorities of the nodes representing the shortest path solution are increased. Increment value is done using particle's speed value. The best path of the particle is represented by the particle's coordinate value. To find the shortest path, every particle tries the next possible node which has the highest priority. The priority values of priority array, speed value are randomly created. At the beginning, coordinate value (array representing the path) has only the starting node.

G. PSO Algorithm Parameters

The values of the parameters of the proposed algorithm are shown in Table I.

Table I. Parameters of the proposed algorithm

PSO Algorithm Parameters	
Number of birds	Obtained by the user
r_1	Random number between 0 and 1
r_2	Random number between 0 and 1
c_1	Random number between 0 and 1
c_2	$c_1 * 2$
Number of iterations	Obtained by the user
Speed	Random number between-0.5 and 0.5
Position	Vector presenting nodes

H. The Proposed Algorithms

Creation of particles can be seen in Algorithm 2.

Algorithm 2 Creation of particles
1: create a priority array same length as the node number;
2: fill the priority array with random values between determined minimum and maximum values;
3: set starting node and finishing node's priority to maximum;
4: create an array for the followed paths;
5: set speed of every particle for every node's priority;
6: set r1 to a value between 0.0 and 1;
7: set r2 to a value between 0.0 and 1;
8: set c1 to a value between 0.0 and 1;
9: set c2 to $c1 * 2$;

Shortest path calculations using particle swarm optimization is used from the work (17), which examines the solution of shortest problem using particle swarm optimization. Because the problem network is unique, some changes made while using this algorithm, the detailed flow of the proposed algorithm can be seen in Algorithm 3.

Algorithm 3 Algorithm for PSO collision avoidance

```

1: for i = 1 to numberofparticles do
2:   for j = 1 to numberofnodes do
3:     particle(i).speedarray(j)=Random number between -1
and +1;
4:   end for
5:   particle(i).c1=Random number between 0 and 1;
6:   particle(i).c2=particle(i).c1 * 2;
7:   particle(i).r1=Random number between 0 and 1;
8:   particle(i).r2=Random number between 0 and 1;
9:   for j = 1 to numberofnodes do
10:    particle(i).priorityarray(j)=Random number between
-100 and +100;
11:   end for
12: end for
13: define mostsuccesfullparticle with a high score to save
best solutions;
14: for i = 1 to iterationnumber do
15:   for j = 1 to numberofparticles do
16:     particle(j).path=startingpoint;
17:     while particle(j).path(end) != finishingpoint do
18:       find the node that is not in path array and has the
maximum priority and add it to path array;
19:     end while
20:     if particle(j).score
21:       particle(j).bestscore=particle(j).score;
22:       particle(j).pBest=particle(j).priorityarray;
23:     end if
24:   end for
25:   calculate the best particle;
26:   if bestparticle.score
27:     mostsuccesfullparticle=bestparticle;
28:   end if
29:   update all particles' speeds and priority arrays
according to equations (5)and(6);
30: end for
    
```

IV. RESULTS

A graphical user interface was developed to visualize the results of the proposed algorithm. By the interface the starting node, finishing node, particle number and iteration number can be selected. The graphical user interface can be seen in Fig. 2.

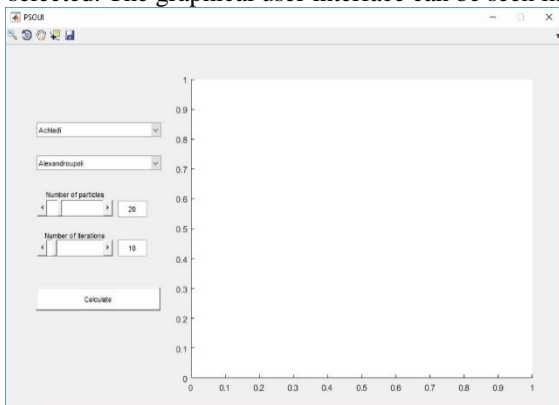


Fig. 2 Graphical User Interface for Calculation

For obtaining the success of the proposed algorithm, some example voyages carried out. In the first scenario, the shortest path from Achladi port to Alexandraoupoli port is calculated. Swarm size is set to 20 and the number of iterations set to

10. The result is shown on the map created, it can be seen of Fig. 3.

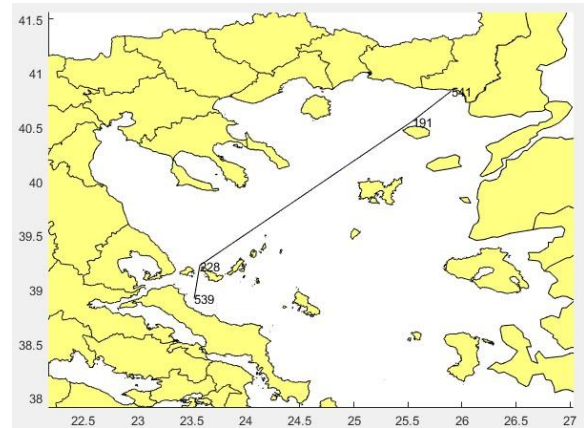


Fig. 3 The shortest path from Achladi to Alexandraoupoli

The shortest path is found to be 539-228-191-541 nodes. 539 is the number of Achladi port which is the departure port. 541 is the number of Alexandraoupoli port which is the destination port. The shortest path to the destination port found 269.6279 kilometers which is equal to 203.8618 nautical miles. In the second scenario, the shortest path from Gulluk port to Akra Andros port is calculated. 553 is the number of Gulluk port and 543 is the number of Andros port. Swarm size is set to 10 and iteration number is set to 40. The result can be seen in Fig. 4.

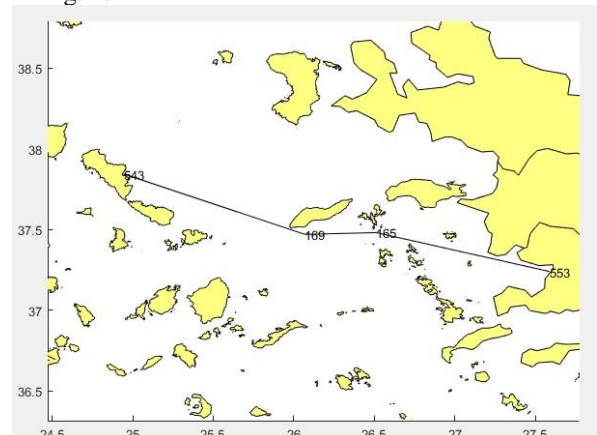


Fig. 4 The shortest path from Gulluk to Andros

The shortest path is found to be 553-165-169-543. The total distance to the destination port is found 244.9884 kilometers which is equal to 132.2832 nautical miles. In the third scenario, the shortest path from port of Kavala to port of Izmir is calculated. The swarm size is set to 10 and the iteration size is set to 70. The path is found to be 557-195-185-39-555 .th nodes. The result can be seen in Fig. 5.

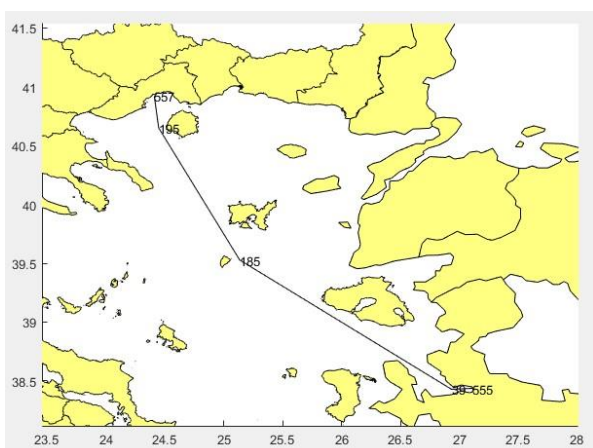


Fig. 5 : The shortest path from Kavala to Izmir

The shortest path was found to be 557-195-185-39-555. The total distance is found 377.5520 kilometers, it is equal to 203.8618 nautical miles.

V. DISCUSSION

The proposed system is prepared using MATLAB program using object oriented programming. The particles used for the calculation are objects which are member of the Particle class. The Particle class has speed, priority array, coordinate vector (array presenting the path), r_1, c_1, r_2, c_2 and pBest values. The calculations are made on a x64 computer which runs Windows operating system, the computer has an Intel Pentium 7 processor, 8 GB ram, running at 3,6 Ghz. In order to obtain the success of the proposed algorithm. The same scenarios examined using Dijkstra's and Bellman-Ford algorithm, the results are compared according to their distance values. The comparison can be seen in Fig. 6.

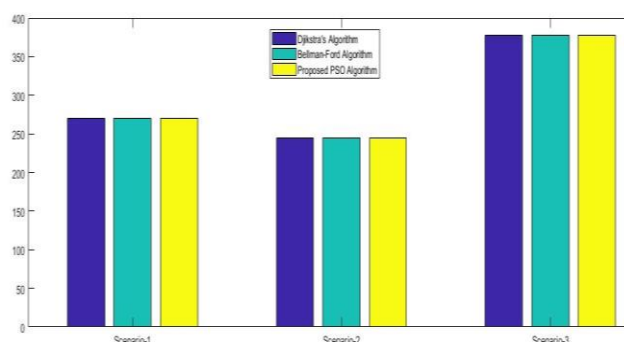


Fig. 6 Comparison of the proposed algorithm with two common algorithms by means of shortest distance.

As can be seen from Fig. 6. The three algorithms successfully found the shortest path result and the same nodes.

VI. CONCLUSION

In this study, a navigational shortest path problem was solved using particle swarm optimization. The network model is created using experiences of the author. The map is a shapefile that contains both side of the Aegean sea. When the solutions made with the algorithm are examined, it was observed that the solution was successful. Although the algorithm was slow compared to Dijkstra's and Bellman-Ford algorithms in terms of solution time, the system was considered highly usable, because the planning time doesn't have to be very fast. This study is a part of an intelligent system that includes route

planning, collision avoidance and weather routing. In the previous works some other parameters (weather information, voyage changes, navigational warnings etc.) will be included.

REFERENCES

- [1] Fossen, Thor I. Encyclopedia of Systems and Control, pp.1-9. Mathematical Models of Ships and Underwater Vehicles, 2011.
- [2] nomioxxe. Prefectures HEMCO (Shapefile), 25/12/2016. <http://services.opendatagortynia.gr/geoserver/wfs?request=GetFeature&service=wfs&version=1.0.0&typename=gortynia:NOMOI-OKXE.turkeyshapefile>.
- [3] turkeshapefile. European Environment Agency, 26/12/2016. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2/gis-files/turkey-shapefile>.
- [4] INAN, Timur and BABA, Ahmet Fevzi. (Turkish) 2018 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT). Examining the performance of ant colony optimization on shortest path problem: (Aegean sea example). 2018
- [5] INAN, Timur and BABA, Ahmet Fevzi. (Turkish) Marmara Fen Bilimleri Dergisi. Ege Denizinin Detaylı Bir Du"ğum" Haritasının Kullanılarak Genetik Algoritma İle En Kısa Yol Sonuc, larının Elde Edilmesi. 2018
- [6] Koromila, Ioanna and Nivolianitou, Zoe and Giannakopoulos, Theodoros. Bayesian network to predict environmental risk of a possible ship accident. ACM International Conference Proceeding Series. 2016
- [7] Kosmas O.T., Vlachos D.S. Simulated annealing for optimal ship routing. Computers and Operations Research. 2012
- [8] Veneti A., Makrygiorgos A., Konstantopoulos c., Pantziou G., Vetsikas I.A. Minimizing the fuel consumption and the risk in maritime transportation: A bi-objective weather routing approach. Computers and Operations Research. 2017
- [9] Kepaptsoglou K., Fountas G., Karlaftis M.G. Weather impact on containership routing in closed seas: A chance constraint optimization approach. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 2015
- [10] Nikolaos Alexandris and Chrysostomos Fountas and Aristidis Vlachos. The ant colony system: optimization for the logistics of marine cargo in the Aegean. Journal of Statistics and Management Systems. 2005
- [11] Zhuo, Yongqiang and Hearn, G.E. Chinese Control and Decision Conference. A Ship Based Intelligent Anti-Collision Decision-Making Support System Utilizing Trial Manoeuvres, 2008.
- [12] Padhy C. P., Sen D., Bhaskaran P. K. Application of wave model for weather routing of ships in the North Indian Ocean. Natural Hazards. 2008
- [13] Tsou, Ming-Cheng and Kao, Sheng-Long and Su, ChienMin. The Journal of Navigation. Decision Support from Genetic Algorithms for Ship Collision Avoidance Route Planning and Alerts, 2010.
- [14] Keivan Ghoseiri and Behnam Nadjari. An ant colony optimization algorithm for the bi-objective shortest path problem. Applied Soft Computing. 2010.
- [15] F. Araujo and B. Ribeiro and L. Rodrigues. IEEE Transactions on Neural Networks. A neural network for shortest path computation. 2001
- [16] J. Kennedy and R. Eberhart. Neural Networks. Particle swarm optimization, 1995.
- [17] Ammar W. Moheemmed and Nirod Chandra Sahoo and Tan Kim Geok. Applied Soft Computing. Solving shortest path problem using particle swarm optimization, 2008.
- [18] Chang Wook Ahn and R. S. Ramakrishna. IEEE Transactions on Evolutionary Computation. A genetic algorithm for shortest path routing problem and the sizing of populations, 2002.
- [19] E. W. Dijkstra (1959). A note on two problems in connexion with graphs. Numerische Mathematik. Vol. 1. Pages. 269-271.
- [20] Bellman, E., "On a Routing Problem", Appl. Math., Vol 16, 87-90, 1958
- [21] Fossen, T. I. and T. Perez (2004). Marine Systems Simulator (MSS). <http://www.marinecontrol.org/>.

Applications of Data Envelopment Analysis in Textile Sector

Alime Asli Illeez^{1*} and Mücella Güner²

¹Ege University, EAMYO Vocation School, Textile Technology Program, Izmir, Turkey

²Ege University, Textile Engineering Department, Izmir, Turkey

*(alime.asli.illeez@ege.edu.tr)

Abstract – Interest in Data Envelopment Analysis (DEA) has grown in recent years. This is not surprising since DEA can be used to explore efficiency in organizations whose outputs and inputs cannot be reduce to monetary terms. In a relatively short period of time Data Envelopment Analysis (DEA) has grown into a powerful quantitative, analytical tool for measuring and evaluating performance. DEA has been successfully applied to a host of different types of entities engaged in a wide variety of activities in many contexts worldwide.

For this reason, the textile and garment sector should operate efficiently and increase its productivity. DEA also has different applications in the textile sector. In this study, DEA usage examples and details are given in textile and garment sector. DEA was introduced first, and then the commonly used models and steps of applying these models were explained. Finally, the scope of applications in textile and apparel sector will be examined in detail.

Keywords – data envelopment analysis, decision-making unit, textile, ready-wear, efficiency

I. INTRODUCTION

Competition in today's business life continues to be very contentious. The ability of businesses to keep place with the changing world depends on achieving the highest gain with the most appropriate input component. The proximity to the business market, cheaper business confidence, raw materials, and energy technology has undoubtedly had the advantage. But having all these do not mean that the appropriate input component is provided. Another business with the same resources can use these resources more effectively and efficiently, making it more competitive and profitable.

Data Envelopment Analyses (DEA) is a non-parametric mathematical programming method based on principles of linear programming that can compare relative efficiency levels between organizations in cases of multiple inputs and outputs. In each case, efficiency is measured in terms of a proportional change in inputs or outputs.

In related literature, several studies have evaluated the efficiency of firms in various respects and using several methodologies. The DEA method was been widely used to measure the efficiency of textile and apparel firms. In this study a summary of DEA applications is given related about textile sector.

II. DATA ENVELOPEMENT ANALYSES

The DEA technique aims to determine the efficiency of decision-making units (DMUs) using similar inputs and outputs based on a frontier. Accordingly, DEA identifies a frontier by determining the best input/output combination that produces maximum outputs using minimum inputs for the observation set evaluated. In turn, DMUs in an efficient frontier are determined. Using a relevant frontier as a reference, DMU efficiency is deemed "relative" based on the radial distance to this frontier. In the results of analyze,

inefficient DMUs are improved using information on certain variables (input/output) [1].

The mathematical structure of the DEA model was first introduced as a fractional programming model by Charnes, Cooper and Rhodors (1978). DEA is a widely practiced method used for performance benchmarking and comparison, and the first application of DEA technique was performed over the public sector. It is currently a method applicable in many fields (such as schools, public agencies, banks, etc) [2].

Basic DEA models can be divided into CCR and BCC varieties. While the CCR model assumes "constant returns to scale", the BCC model assumes "variable returns to scale". The efficiency value calculated through the CCR model is the "overall technical efficiency" value, whereas the efficiency value calculated through the BCC model is the "pure technical efficiency" value. "Overall technical efficiency" divided by "pure technical efficiency" produces "scale efficiency". Hence, if the CCR model deems a DMU efficient, it will also be deemed efficient through the BCC model. However, DMUs deemed efficient via the BCC model are not necessarily deemed efficient via the CCR model. Hence, the CCR model, which generates overall firm technical efficiency scores, was used in this study [1].

Both models (CCR and BCC) can be either input- or output oriented. In input-oriented models, inputs are minimized and outputs are maintained at current levels. In output-oriented models, outputs are maximized based on a given number of inputs. As this study measures firm export performance and thus identifies maximum export revenues, the output oriented model was employed [1].

III EXAMPLES OF DEA APPLICATIONS IN TEXTILE SECTOR

There are many studies in which the DEA method is used in the textile sector. In this study, a short summary will be given.

Nearly the first article in the literature is the study of Zhu and Chen (1993). They used the ratio model of DEA to assess the industrial performance of these 35 factories in the consecutive years 1988 and 1989 in order to analyze the technical efficiency, scale efficiency and input congestion [3].

Continuation of this study Zhu in 1996 evaluated the efficiency of the 35 textile factories of the Nanjing Textiles Corporation (NTC) by using both data envelopment analysis/assurance region (DEA/AR) was performed. NTC has been using the Analytic Hierarchy Process (AHP) for some time as an important procedure to systematically evaluate the overall industrial performance of its 35 factories in each year. The results from the AHP to set bounds on the weights, later, in our use of Assurance Region (AR) concepts from DEA. Also, this study measures the returns to scale (RTS) on each of the textile factories [4].

In another research, DEA was used to evaluate the performance of 29 Canadian textile companies in 1994. CCR model was used in DEA. First the efficiency scores were obtain and the results of scale of 29 companies. The efficiency scores were provided the efficiency frontier and the returns to scale by DEA results. Chandra and his friends collected various data from the companies.

The initial input data collected for each DMU is the number of employees, the hourly wage rates (in dollars), the percentage of time of machine breakdown, the average annual investment (in dollars) in the last 10 years, the plant size per worker, the percentage of absentees, the product diversity, the number of process stages, the job classification, and the raw material inventory (in dollars). The data of the 29 Canadian textile companies in 1994 show that most Canadian textile companies did not perform well, with a few being DEA efficient and the rest very poor performers [5].

At the same time period of these articles Cooper and his friends published an article about Chinese Economic Reforms obtained by DEA and Stochastic Frontier Analyses in 1978. Using data obtained from Chinese sources for the period 1966-88, this paper reports results from a study of the impact of the 1978 economic reforms for the period 1966-88 on the Textiles, Chemicals and Metallurgical Industries [6].

When we look at the latest published studies, we recognize that DEA method is used together with other methods or it differs within itself. One of the latest manuscripts in the literature is the study of Jatuphatwarodom et. al. (2018). In this paper a methodology for combined usage of data envelopment analysis (DEA), analytical hierarchy process (AHP) and extended goal programming (EGP) was used in order to provide managerial decision support. The methodology allows the three techniques to be used in a coordinated manner to give an enhanced level of holistic decision support. DEA is first used in a descriptive sense in order to provide information regarding the efficiency of a set of units. The AHP is then used in order to determine the

importance of criteria arising from decision problem(s) related to the improvement of unit efficiency. Finally, EGP is used in a prescriptive sense in order to select a set of specific actions for improving unit efficiency. Two specific multi-objective situations arising from the Thai Silk industry are used as case studies for the proposed methodology. [7].

The other latest study of Zhao et al. (2018) analyzed the status of China's textile industry and constructed the evaluation model based on the economical, ecologic, and social benefits. Analytic Hierarchy Process (AHP) and Data Envelopment Analysis (DEA) were used for an empirical study of textile industry. The result of evaluation model suggested that the status of the textile industry has become the major problems in the sustainable development of China's textile industry [8].

Textile supply chains consist of multinational garment retailers (customers), garment manufacturers (suppliers), and ancillary suppliers (suppliers to manufacturers). few studies have used a combination of AHP and DEA methods for tackling the many complex situations within the supplier evaluation problem (Tone, 1989; Sinuany-Stern et al., 2000; Sueyoshi, 2001; Escobar and Jimnez, 2002; Yang and Chunwei, 2003). For example, the combination of AHP and DEA methodology has been applied for selecting suppliers in the well-known Turkish consumer electronics company, BEKO (Sevкли et al. 2007) [9].

The latest work on this subject carried out in this year, Novairi et al. studied proposes an approach based on data envelopment analysis (DEA) to evaluate the relative efficiency of supply chains with reverse flows in the presence of undesirable factors. The weak disposability assumption is used to handle undesirable factors. To illustrate, a radial DEA model is introduced to determine the efficiency of reverse supply chains while undesirable outputs are present as external factors and reverse flows. The applicability of the proposed approach has been illustrated by a real application in textile industry consisting of seventeen supply chains in this sector. It has been developed to evaluate the technical efficiency within the textile industry in Iran [10].

Cooper et al. (2001) focused on the management performance of the textile industry and automotive industry in mainland China. They took a sample of textile and automotive industry manufacturers from 1981 to 1997, employed the BCC model and Congestion model to assess the management performance of sample vendors, and found that due to the inefficiency of improving management, enterprises could still increase output [11].

Years after this journal Flegg and Allen prepared another study about these two sectors. Congestion refers to a situation where the use of a particular input has increased by so much that output has actually fallen. In this sense, it can be viewed as an extreme form of technical inefficiency. Cooper et al. focus on the problems caused by the employment of excessive amounts of labour in these two industries and they discuss ways in which congestion could be managed without engaging in massive layoffs of workers. Here they demonstrate how output could be enhanced by improving

managerial efficiency, while maintaining the size of the labour force. The aim of Flegg and Allen in this paper was rather different. Instead of focusing on policy issues, they examined the magnitude of the problem of congestion in these two industries and whether it makes much difference how we measure congestion. Although the theoretical issues surrounding the measurement of congestion have been discussed in several recent papers, no consensus has emerged on the most appropriate way to identify and measure congestion [12].

Some of other papers were as follows; Aras (2006) studied find the efficiency and risk analysis of the Turkish Textile and Clothing Industry (TTCI) has been performed for a period of 12 years. Efficiency has been measured with DEA, using 2 different data sets. The research findings indicate that the TTCI has not attained full efficiency for the period under examination, though efficiency improvements in the recent period have been observed [13].

Yenilmez & Girginer (2012) made a study to examine the efficiencies of textile firms' exports in Eskisehir Organized Industrial Zone during the period 2008-2009 by using Data Envelopment Analysis (DEA). The study analyzes 5 firms as a decision making units by applying two DEA models (3 inputs-1 output CCR (Charnes, Cooper and Rhoders) models. The results show the scale of the companies for each year's (2008/2009). The study also finds that inefficient companies should decrease their production quantities whereas they have to increase the amounts of the export values [2].

In another study (Saricam & Erdümlü, 2012) the efficiencies of textile and apparel companies were analyzed by input-oriented DEA model under variable return to scale assumption. The textile and apparel companies quoted in Istanbul Stock Exchange for the period 2003 and 2008 were evaluated in terms of efficiency level providing a framework for the calculation of input excesses and output shortages.

The analysis revealed that the average efficiency scores of the apparel industry were higher than the textile industry and two industries together. The companies in the apparel industry should overcome the lack of insufficient level of exports whereas the textile industry needs to increase gross value added in order to be more efficient [14].

Saeidi et. al. prepared a paper dealt with the problem of ranking woven fabric defects (WFDs) observed in textile manufacturing with using a data envelopment analysis (DEA) method. The paper showed that the optimal solutions of DEA models for decision making units (DMUs) with multiple inputs can be found without the need of solving the corresponding models. The paper performed a mean-variance analysis for determining the most important statistical factors of WFDs in terms of multiple inputs. The paper introduced a new application for DEA method in textile manufacturing for ranking fabric defects. This is significant in defining rich project in reducing defects through prioritizing of quality specification of fabric defects by Six Sigma experts [15].

The Indian textile industry is one the largest and oldest sectors in the country and among the most important in the economy in terms of output, investment and employment. For

inclusive growth and sustainable development most of the Textile Manufacturers has adopted the Cluster Development Approach. The objective is to study the physical and financial performance, correlation, regression and DEA by measuring technical efficiency, peer weights, input slacks, output slacks and return to scale of four textile clusters in India. The methodology adopted is using DEA of Output Oriented BCC model by taking number of units and number of E as inputs and sales and Ex in crores as an outputs [16].

In order to measure the calculated efficiency of industrial sectors more accurately, Three-stage DEA model is presented in the empirical analysis using data from 2007 to 2010 covering 29 manufacturing industries in China. The advantage of using this method is enabling us to separate the managerial factor from external environmental factors and random errors factors on the technical efficiency. This study provides a useful efficiency measurement tool (Three-stage DEA model) to calculate technical efficiency among different industrial sectors. Technical efficiency plays a key role in building the competitiveness of manufacturing industry [17].

In Turkey, there have been three different production systems in the garment industry.

1. Lean manufacturing system (a small production group that produce low number of orders)
2. Mass manufacturing system (a crowded production group with high number of order)
3. Mixed manufacturing system (crowded production group but low number of order)

Illeez worked out the efficiency difference of these systems in her PhD thesis. In this thesis the three types of production methods mentioned above were compared in terms of their performances. Six businesses were selected from each group. 4 inputs (total working period, number of sewing machines, area for used production, and electricity used in sewing band) and 1 output (production number) variable data were collected for 7 months from 18 companies (3 x 6 = 18).

As a result of the investigation with DEA, according to the technical efficiency scores some successful examples of mass production system can be seen but, according to scale efficiency modular production system is seen to be more successful. According to over input costs, modular production system is in the best condition [18].

IV. CONCLUSION

DEA is an effective method for comparing companies with each other. The different models developed and the different inputs and outputs used make it possible to compare companies correctly. Nevertheless, DEA, as a ranking tool, can still be investigated under more favorable conditions. Further research could be conducted, for instance, through redefining a defect as a production system with proper inputs and outputs.

REFERENCES

- [1] O. Öztürk and N. Girginer, "The export efficiency of Turkish textile and apparel firms: an investigation employing data envelopment analysis (dea) and analytic hierarchy process (ahp) methods", *Tekstil ve Konfeksiyon*, vol. 25 (1), pp.10-23, 2015.
- [2] F. Yenilmez and N. Girginer, "Assessing export performance of textile companies in Eskişehir organized industrial zone by use of data envelopment analysis (dea)", *Tekstil ve Konfeksiyon*, vol. 22 (1), pp.12-17, 2012.

- [3] J. Zhu and Y. Chen, "Assessing textile factory performance", *Journal of Systems Science and Systems Engineering* vol. 2, pp. 119-133, 1993
- [4] J. Zhu, "DEA/AR analysis of the 1988-1989 performance of the Nanjing textile corporation", *Annals of Operations Research*, vol. 66, pp. 311 – 335, 1996
- [5] P.Chandra, W.W. Cooper, S. Li, A. Rahman, "Using DEA to evaluate 29 Canadian textile companies-considering returns to scale", *International Journal of Production Economics*, vol.54, pp.129-141, 1998
- [6] W.W. Cooper, S. Kumbhakar, R.M. Thrall, and X Yu, "DEA and stochastic frontier analyses of the 1978 Chinese economic reforms", *Socio-Economic Planning Science*, vol. 29(2), pp.85-112, 1995.
- [7] N. Jatuphatwarodom, D.F. Jones, D., Ouelhadj, "A mixed-model multi-objective analysis of strategic supply chain decision support in the Thai silk industry", *Annals of Operations Research*, vol. 265, pp.1-27, 2018.
- [8] H. Zhao, Z. Lu, T. Yu and Y. Yin, "An evaluation model for sustainable development of China's textile industry: an empirical study", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 989, pp. 1-9, 2018
- [9] V. Baskaran, S. Nachiappan, S. Rahman, "Indian textile suppliers' sustainability evaluation using the grey approach", *International Journal of Production Economics*, vol. 135, pp. 647-658, 2012
- [10] M. J. S. Noveiri, S. Kordrostami, J. Wu and A. Amirteimoori, "Supply chain performance with undesirable factors and reverse flows: a DEA-based approach, *Journal of the Operational Research Society*, vol70, pp.1-11, 2018
- [11] Cooper, W. W., H. Deng, B. Gu, S. Li, and R. M. Thrall, "Using DEA to improve the management of congestion in Chinese industries (1981-1997)" *Socio-Economic Planning Sciences* vol. 35, pp.227–242, 2001
- [12] A. T. Flegg, D. O. Allen, "Congestion in the Chinese automobile and textile industries revisited", *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 43, pp.177-191, 2009.
- [13] G. Aras, "Efficiency and risk analysis of the Turkish textile and clothing industry using data envelopment analysis", *Journal of Global Business and Technology*, vol.2 (2), pp.65-73, 2006.
- [14] C. Sarıcam and A. Erdümlü, "Evaluation efficiency levels comparatively: data envelopment analysis application for Turkish textile and apparel industry", *Journal Industrial Engineering and Management*, vol.5, pp.518-531, 2013.
- [15] R. G. Saeidi, G. R. Amin, S. Raissi, S. Gattoufi, "An efficient DEA method for ranking woven fabric defects in textile manufacturing", *International Journal of Advance Technologies*, vol.68, pp.349-354, 2013.
- [16] E. Bhaskaran, "The productivity and technical efficiency of textile industry clusters in India", *Journal of The Institution of Engineers (India) Series C*, vol. 94 (3), pp.245-251, 2013,
- [17] K. Fang, X. Hong, S. Li, M. Song and J. Zhang, "Choosing competitive industries in manufacturing of China under low-carbon economy, a three-stage DEA analysis", *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 5(4), pp. 431-444, 2013
- [18] A.A. İlleez, "Development of appropriate production methods for clothing production", PhD Thesis in Textile Engineering of Ege University, İzmir, 2014

The effect of the temperature of the surface of vegetation to the temperature of an urban area.

Nalan Demircioglu YILDIZ¹ Ugur AVDAN² Sevgi YILMAZ³ M. Akif IRMAK⁴

¹Assist. Prof. Ataturk Univ., Architecture and Design, Dept. of Landscape Architecture, 25240, Erzurum/ Turkey (nalandemircioglu25@hotmail.com)

²Anadolu University, Earth and Space Research Institute, Eskisehir, Turkey (uavdan@gmail.com),

³ Prof. Ataturk Univ., Fac. of Architecture and Design, Dept. of Landscape Architecture, 25240, Erzurum/ Turkey (syilmaz_68@hotmail.com)

⁴ Ass. Prof. Ataturk Univ., Fac. of Architecture and Design, Dept. of Landscape Architecture, 25240, Erzurum/ Turkey (mehmetakifirmak@hotmail.com)

Abstract: Urban areas have less vegetation than their surrounding natural environments. Differences between these types of areas affects climate, energy use, and habitats in the cities. In urban areas, dark surfaces and reduced vegetation affects the warmth of air over urban areas, and as a result leading to the creation of urban heat islands. Urban vegetation can have a substantial effect on urban air temperature and as a result can reduce the energy consumption arising from cooling and smog. To estimate the impact of light-colored surfaces and urban vegetation (trees, grass, shrubs and groundcover) on meteorology and air quality of a city, it is essential to accurately characterize various urban surfaces. The characterization of the areas with various vegetation cover has significant importance in understanding the temperature of urban areas. Plants are essential in a dense urban environment not only because of their aesthetic value, but also for their cooling effect during hot time periods, which has a direct effect to the local microclimate of an area. The benefits obtained from plants to the urban environment can either be direct or indirect. For example, trees have an ability to trap sunlight before it warms the ground, they also have an ability to cool their surroundings through evapotranspiration. Not only that but trees can also act as wind barriers by reducing the wind speed of their neighboring surroundings, they can protect buildings from cold winter breezes and they can offer reasonable benefits through reducing the costs of air-conditioning through lowering air temperature and improving the urban air quality by reducing air pollution.

Some trees cope better with high urban temperatures than others. The resolution of the presented urban surface temperature data for the first time allows to determine mean canopy temperatures of individual vegetation belonging to different species.

Leaf temperature is the outcome of the energy balance at leaf level, which depends on a series of anatomical, physical and biological phenomena. The resulting leaf temperature, foliage temperature has important consequences for the plant itself, but also for the environment surrounding the plant. Landscape planners have recognized the link between greenspace provision in the urban environment and environmental quality for a long time.

There is a growing need of analytical work on the beneficial impacts of urban greenspace on micro-climates and as well as biodiversity. Previous studies have shown that land uses have their own distinctive surface cover.

This study contributes a method and tools for analyzing, understanding, planning, and managing urban environments. It is important especially when considering the ever increasing interest of having green infrastructural planning. The study has been conducted in Erzurum though the application of a thermal camera.

Keywords: Temperature, Surface cover, Vegetation, Thermal camera, Erzurum

1- INTRODUCTION

A report released by The United Nations, Department of Economic and Social Affairs in 2012 indicated that 52% (3.6 billion) of the world's population inhabit in urban areas. This number is expected to increase to 6.3 billion by 2050. With the rapid population growth, urbanization causes changes in the natural land coverage and as a result causing an ecological imbalance. Understanding and predicting the population changes is a major challenge that will impact the interactions between nature and society (Bettencourt et al. 2007). From the beginning of 20th century, urbanization has become an important contributor for global warming (Lv 2011). Heat stress in the urban areas is expected to worsen due to increasing urbanization (Kovats and Hajat 2008) not only that but climate change is also the biggest global health threat of the 21st century (Göklany, 2009).

Surface Temperature Index (STI) is of prime importance to the study of urban climatology (Vooght and Oke, 2003, Becker and Li, 1995). Increased air temperatures can be expected to be particularly problematic in urban areas, where temperatures already tend to be a few degrees warmer than the surrounding countryside. This difference in temperature between urban and rural areas has been called the 'Urban Heat Island effect'(UHI) (Jaafar et al., 2011). Numerous studies found that urbanization increases the surrounding air and surface temperatures, which consequently intensify the UHI effect (Yilmaz et al. 2009; Chen et al.2016; Voogt and Oke, 2003, Tam et al 2015; Kaloustian and Diab 2015). The thermal environment in urban areas is characterized by the heat island phenomenon affected energy demand, human health, and environmental conditions (Van, 2005). A decrease in the intensity of UHI may be achieved by increasing the albedo of urban surface materials (Santamouris et al., 2011,Chang et al. 2007; Taha, 1997; Jongtanom et al., 2011) and increasing urban vegetation cover (Akbari et al., 2001, Chen et al., 2012,Shashua-Bar and Hoffman, 2003). While other factors affect UHIs, surface change is the predominant influence (Memon et al., 2008). Surface temperature is also significantly affected by the configuration of green space, especially its patch density. Composition and configuration of green space could largely explain the variance of Land Surface Temperature (LST) (Li et al. 2012; 2013).

Urban greening has been proposed as one approach to mitigate the human health consequences of increased temperatures resulting from climate change (Georgi and Zafiriadis, 2006; Oliveira et al., 2011; Susca et al, 2011.) Trees, shrubs and groundcovers are essential components of urban green infrastructure. An adaptation strategy that has been proposed is to 'green' urban areas, essentially by increasing the abundance and cover of vegetation (Givoni, 1991).

Most studies investigated the air temperature within parks and beneath trees and are broadly supportive that green sites can be cooler than non-green sites (Bowler et al. 2010; Taha et al., 1988; Avissar, 1996). For instance, in a study which was done in Beijing, China found out that the percentage cover of green spaces determined the land surface temperature of an area. LST decreased approximately by 0.86°C with an increase of 10% green

space (Li et al., 2012). In other studies, it was found out that "urban parks cooling effects" average 0.94°C during the day and 1.15°C in the night (Bowler et al. 2010) with large variations ranging from 1 to 7°C (Chang et al. 2007). Analysis of temperature trends for the last 100 years in several large U.S. cities indicate that, since 1940, temperatures in urban areas have increased by about 0.5 – 3.08 °C (Akbari et al.,2001)

Complex processes are involved in determining the cooling effect of vegetation on daytime air and surface temperature. The vegetation cools the environment through evaporative cooling, shading effects, and its thermal and optical properties (Dimoudi and Nikolopoulou, 2003). Compared to impervious surfaces, which generally have high thermal storage capacity and thermal conductivity, vegetation has low thermal storage and admittance (Oke, 1988; Spronken-Smith and Oke, 1999) and is therefore likely to emit less thermal radiation to the environment. However, the cooling impact of plants on air and surface temperature may vary with environmental factors and plant specific thermal and optical characteristics. Schwarz et al., (2012) and Chen et al. (2012) showed that there is an existence of a positive correlation between the air temperature measurements based on the ground and the surface temperatures which are measured from thermal sensors. Urban heat island studies which are based on temperatures derived from the sensors mounted on satellites such as Landsat are commonly used for assessing the intensity of the surface heat island i.e. Surface Urban Heat Island (SUHI) (Quattrochi & Luvall, 1999; Soer, 1980). The analysis of thermal infrared data from satellite sensors provides with the necessary information on the thermal differences between vegetated areas, built up areas and the non-vegetated areas through the provision of simultaneous observations and a dense grid of the data throughout a city.

It is possible to do surveying of vegetation cover with infrared satellites, however, satellite imagery do not have a resolution that is high enough to be used to differentiate the plant species. According to an experimental study which was done by Lin and Lin (2010), it was found out that the cooling efficiency of urban parks is highly influenced by the color of the leaves and the density of the vegetation.

Differences in foliage temperature between plant species can be significant in a mixed deciduous forest (Leuzinger and Körner, 2007). In a study which was done in Switzerland through the use of a construction crane and a high resolution thermal camera, at an air temperature of 25 C, coniferous trees (*Picea abies*, *Pinus sylvestris* and *Larix decidua*) and deciduous broad-leaved trees with exceptionally high transpiration (*Quercus petraea*) or very open, low density canopies (*Prunus avium*) revealed average canopy temperatures of close to air temperature (0.3 – 2.7 K above ambient) and the maximum amplitude with a given crown got up to 6 – 9K. in comparison, broad leaved deciduous species with dense canopies (*Fagus sylvatica*, *Carpinus betulus* and *Tilia platyphyllos*) were found to be 4.5 – 5K warmer than air temperature and showed within canopy temperature amplitudes of 10-12K (Leuzinger and Körner, 2007).

Researchers have also found out that coniferous forests have a lower albedo as compared to deciduous

forests. This is due to the reason that conifers trap more radiation due to the rough leaf and canopy structure (Oke, 1988).

In a study done in Athens (Greece), air temperature measurements under vegetation canopy trees in suburban streets and reference points were done under light wind conditions in five different streets in the city of Athens during a short hot weather period in the year 2007. The study found out that the average cooling effect at 14:00 hours ranged between 0.5 to 1.6 C and at 17:00 hours it ranged between 0.4 to 2.2 C. with the highest cooling effect being found to be 2.2 C (Pauleit, 2003).

Increasing urban vegetation, particularly street trees, may help alleviate higher temperatures as street trees play an important role in providing shade Aguiar et al., (2014). The potentials for exotic and native street trees have been compared to help to reduce surface temperatures in urban climates. The surface temperature of asphalt surrounding (or adjacent to) 6 species of street trees (3 exotic and 3 native) at 8 sites each have been recorded using a FLIR Infrared camera on hot and normal temperature days. Surfaces under native trees have exhibited lower temperatures as compared to exotic trees (lower by 2 C). However, very little data exists on urban tree temperatures despite its current and potential economic value in both aesthetical and microclimatic terms.

According to a study done by Leuzinger et al. (2010) by scanning the crown temperatures of 10 common species of trees which are regularly planted in parts of the Central European city of Basel – Switzerland through the use of a helicopter and a high resolution thermal camera, the histogram of the composite image revealed a peak of 18 C for water, 26 C for vegetation, 37 C for streets and a less noticeable one of 45 C for roofs. According to the study, at an ambient temperature of 25 C, the tree crown temperatures lied between 24 C (*Aesculus hippocastanum* trees found in a park) and 29 C (*Acer platanoides*) trees which were located in the street. The study also found out that the trees in the parks were cooler (26 C) as compared to the trees which were surrounded by sealed grounds (27 C). In the study, the only coniferous trees whose temperatures didn't vary according to the location that they were found was *Pinus sylvestris*. They also had a foliage temperature which was close to the air temperature. However, it was generally found that the trees which had small leaves had lower temperatures than the ones with broader ones.

The presence of shades of trees in urban areas plays a great role towards the reduction of the cost of air conditioning buildings and lowering the air temperature of an area. In turn, this improves the air quality of urban areas by reducing pollution. The cost-saving-related benefits realized from trees vary from one climate to another and they can be up to \$200 per tree while the cost of planting and maintaining them may range from \$10 to \$500 per tree (Akbari et al., 2001). It has been estimated that, about 20% of the national cooling demand can be eluded through the carrying out of heat island measures which would make up to 40 TWh/year saving worth of over \$4B per year through cooling electricity savings alone (Akbari et al., 2001). When the benefits of smog reduction have been

considered, the total savings could increase to more than \$10B per annum.

According to a study done by Feyisa et al. (2004), air temperatures of 60 plots found in 9 parks for 15 days were measured through the use of Landsat EYM+ thermal infrared. During the study, the data was used to examine the cooling effect of vegetation of 21 parks on a larger spatial scale. In order to examine the relationship between the characteristics of the vegetation and observed temperatures, linear mixed-effects models were used. The study found out that the *Eucalyptus* sp. had a reasonable higher cooling effect as compared to other groups of species ($P < 0.05$) and species with the least effect on temperature were *Grevillea* and *Cupressus*. The study revealed a positive relationship between the NDVI and area of parks ($P < 0.01$) and the cooling effect of parks on their surroundings (Park Cooling Intensity, PCI) on a larger spatial scale.

In relation to the location, size, density and trees, the green areas in urban areas play a great role in influencing the temperature of the urban areas. They reduce the temperatures in summer periods and increase the winter temperatures through trapping solar energy and as a result creating a balance.

Green areas are also very important in terms of organic integrity and in improving human comfort for the ecosystem. In order to determine the effects of the green areas in the environment areas, a case study of in Erzurum, has been chosen. Images from thermal cameras have been used in the study. The purpose of this study is to provide a basic data set on species-specific tree crown temperatures of urban trees. Additionally, some surface temperatures of non-plant surfaces are shown. Tree crown temperatures have been compared to trees growing in parks and the ones surrounded by sealed grounds.

2- MATERIALS AND METHOD

This study has been done in the city of Erzurum (Figure 1). Turkey where there are approximately 100 different tree species and subspecies planted in the city (Yılmaz and Irmak, 2004). The species which could be adequately be replicated have been chosen for the study *Cerastium tomentosum* L., *Thuja occidentalis* L., *Petunia x hybrida*, *Pinus sylvestris* L. *Tagates erecta*).

Optris® PI-450 (Optris, Berlin, Germany) longwave infrared camera with manual focus used for this study. The spectral range is 7.5 – 13 µm and a resolution of 382 x 288 pixels, with a temperature range of -20 – 900 °C (accuracy: ±2 °C, resolution of 0.1 °C, thermal sensitivity: 40 mK) (Table 1). The whole kit weights 380 g (Smigaj 2015)

Table 1 Specifications of Optris® PI-450 thermal sensor (Smigaj 2015).

Detector	FPA, uncooled (25 µm x 25 µm)
Lens (FOV)	38° x 29° FOV / f = 15 mm
Optical resolution	382 x 288 pixels
Spectral range	7.5 – 13 µm
Thermal sensitivity	40 mK
Temperature range	-20 – 900 °C
Accuracy	±2 °C
Resolution	0.1 °C
Total weight	320 g

The northwestern part of the city covering a number of parks has been systematically overflowed in a helicopter with the thermal camera pointing directly downwards.



Figure 1. Study area

Cerastium tomentosum L. (*Snow-in-Summer*) is a herbaceous flowering plant and a member of the *Caryophyllaceae* family. It is a low, spreading perennial native to South and East of Europe. The leaves are silvery-grey, whilst the flowers are star-like, white about 15 mm across. *C. tomentosum* flowers in summer, but may also bloom at other times of the year. It has proven popular as a cultivated ornamental and can be found in gardens the world over (Yücel, 2004).

Petunia x hybrida (*Petunia*) is ornamental plant in the family *Solanaceae*, subfamily *Petunioideae*. Petunias are also gaining popularity in the landscape design. An annual, most of the varieties seen in gardens are hybrids (Yücel, 2004).

Thuja occidentalis L., (*Northern white-cedar*) is an evergreen coniferous tree, in the cypress family *Cupressaceae*, which is native to eastern Canada and much of the north, central and upper Northeastern United States, but widely cultivated as an ornamental plant. *Thuja occidentalis* 'Smaragd', *Thuja occidentalis* 'Pyramidalis' and *Thuja occidentalis* 'Aurea' species often used in landscape design in cold climate regions (Güngör et al., 2002; Yücel, 2012).

Pinus sylvestris L. (*Scots pine*) is a Eurasia specie of pine with short blue/green leaves and orange/red bark, which can be found in a ranging area including Europe, Siberia, Anatolia, and other places. It can grow at the sea

level on the northern parts of its range, while it can be also found at the mountains at 1,200–2,600 metres altitude. This plant is the most durable and widely used conifers in Erzurum (Güngör et al., 2002; Yilmaz and Irmak, 2012; Yücel, 2012).

Tagetes erecta L. (*Aztec marigold*) is specie of the genus *Tagetes* native to Mexico and Central America. It is grown annually and it has a height between 30 and 100 cm. It is used for medicinal, ceremonial and decorative purposes. The Aztec plant is cultivated and also found in the wild. The plant is widely cultivated for commercial purposes with many cultivators using it as an ornamental plant and for the cut-flower trade (Yücel, 2004).

Lawn surfaces: The measured area of the surfaces of the lawn were found to be containing a mixture of grass species of cool climates. The ratios of the grass species which were found to be occupying the lawn were as follows; *Lolium perenne* 'Ovation' (25%), *Lolium perenne* 'Paltinum' (20%), *Poa pratensis* (10%), *Festuca rubra* 'Rubra' (30%), *Festuca rubra* 'Commutata' (15%).

Pavement: Putting into mortar pieces of broken marble paving results that have been created are in contrasting green space around it with white color.

3- FINDINGS

The study area has been divided into three areas. The area on the left has *Thuja occidentalis* L., *Petunia x hybrida*, *Tagetes erecta*. The measurements have been done on the surface of the grass as it has been shown on Figure 2.



Figure 2. The image on the right shows the thermal image of the study area

The measurements which were made on the points which belonged to the *Thuja occidentalis* L. Plant showed that the highest surface temperature was 8.85 °C while the lowest temperature was found to be 8.56°C. The mean temperature was found to be 8.69 °C as it has been shown in Figure 3.

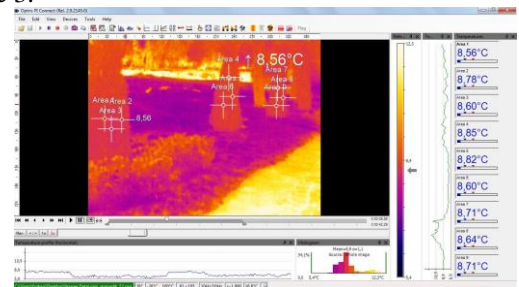


Figure 3: The temperature data of the *Thuja occidentalis* L. plant is shown on the right hand side of the study area

According to the measurements which were done, the grass of the study area, the highest temperature as found to be 8.09°C while the lowest temperature was found to be 7.57°C. The mean temperature of the grass was found to be 7.75°C as shown by Figure 4.

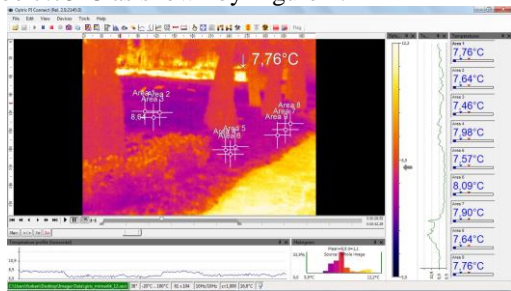


Figure 4. Points used in the measurement of the temperature of the grass

The *Petunia x hybrida* and *Tagates erecta*, plants have been organized in a disordered manner. According to the temperatures which have been obtained from different points belonging to the plants the highest temperature was found to be 8.96 °C while the lowest temperature was found to be 8.56°C. The average temperature was found to be 8.76°C as shown in Figure 5.

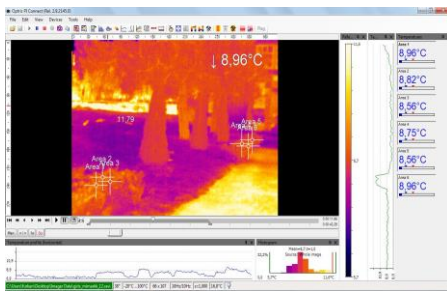


Figure 5. Temperature values belonging to *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*,. Plant species

During the measurement of the study area, covered by *Thuja occidentalis L.* (Area 1,2,3,4), *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*, (Area 5,6,7), grass surface (Area 8,9), pavement (Area 10, 11), the highest temperature was found to be 11.83 °C while the pavement was found to be having 6.94°C in average. The lowest temperature was measured on the surface of the grass. The *Thuja* plant was found to have a minimum temperature of 8.23°C, a maximum temperature of 9.13°C and a mean of 8.67°C as shown in Figure 6, Table 1 and Figure 7.

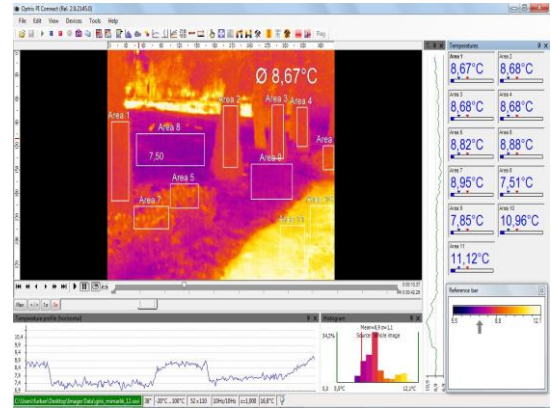


Figure 6. Spatial data of the study area

Table 1. The measurements obtained from left of the study area

		Min (°C)	Max (°C)	Mean (°C)
<i>Thuja occidentalis L.</i>	1.Area	8,2	9,15	8,67
	2.Area	8,31	9,18	8,68
	3.Area	8,16	9,15	8,68
	4.Area	8,27	9,04	8,68
<i>Petunia x hybrida</i> , <i>Tagates erecta</i> .	5.Area	7,65	10,12	8,82
	6.Area	8,31	9,65	8,88
	7.Area	7,64	10,26	8,95
Grass Surface	8.Area	6,94	8,38	7,51
	9.Area	7,27	8,53	7,85
Pavement	10.Area	10,3	11,68	10,96
	11.Area	10,26	11,83	11,12

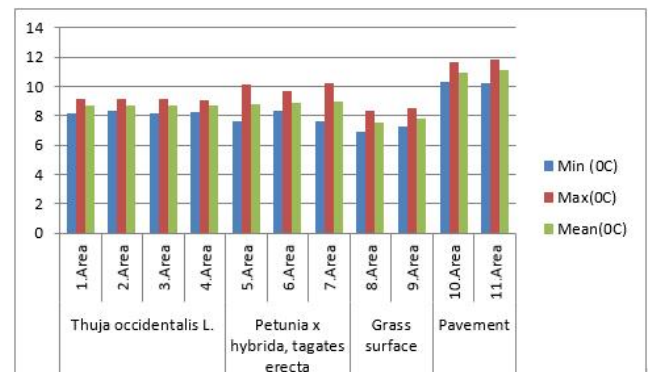


Figure 7. The measurements obtained from left of the study area

Pinus sylvestris L., measurements have been taken from the middle of the field (Figure 8)



Figure 8. The part which belongs to the middle of the study area

According to different measurements obtained from points belonging to the *Pinus sylvestris* plant, the highest temperature was found to be 9.29 °C while the lowest temperature was 8.89°C and the mean temperature was found to be 9.09°C as shown in Figure 9.

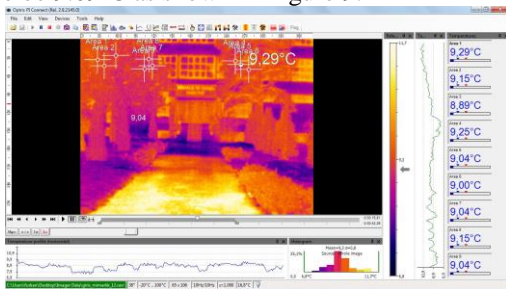


Figure 9. Temperatures measurements of the *Pinus sylvestris* plant

During the measurement of the points on the pavement of the study area, the high temperature was found to be 10.73°C while the lowest temperature was found to be 8.51°C and the mean temperature was 10.34°C as it has been shown in Figure 10.

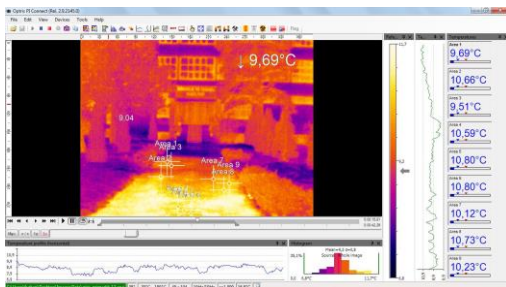


Figure 10. Measurements belonging to the pavement in front of the study area

During the measurement of the values of the study area (*Pinus sylvestris* (Area 1,2,3,4), *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*, (Area 5,6,7) and the pavement (Area 8,9)) the highest temperature value was found to be 11.04°C while for the pavement was found to be 9.07°C. The *Petunia x hybrida and Tagates erecta*. Plant species were found to be having the lowest average temperature. The average temperature of the *Pinus sylvestris* was found to have a minimum of 8.72°C, a maximum temperature of 10.12°C and a mean of 9.32°C as shown in Table 11, Table 2 and Figure 11.

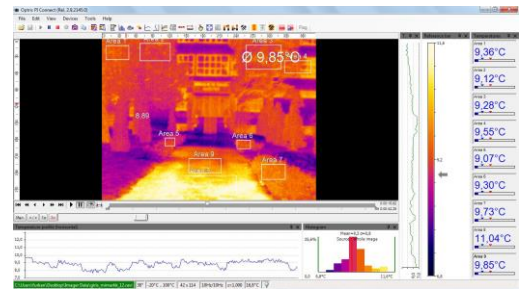


Figure 11. Temperatures measured in front of the study area

Table 2. Measurements of the left side of the study area

		Min (°C)	Max(°C)	Mean(°C)
<i>Pinus sylvestris</i>	Area 1	8,93	10,05	9,36
	Area 2	8,64	9,9	9,12
	Area 3	8,53	10,05	9,28
	Area 4	8,78	10,48	9,55
<i>Petunia x hybrida</i> , <i>Tagates erecta</i>	Area 5	8,64	9,58	9,07
	Area 6	8,56	9,72	9,3
	Area 7	9,07	10,19	9,73
Pavement	Area 8	10,16	12,25	11,04
	Area 9	9,00	10,73	9,85

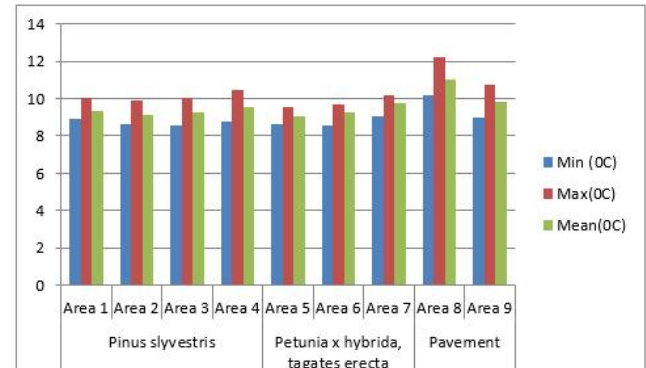


Figure 12. Measurements of the left side of the study area

The measurements of the *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*, *Thuja occidentalis L.* and *Cerastium tomentosum L* plants have been measured from the right hand side of the study area as shown in Figure 13.

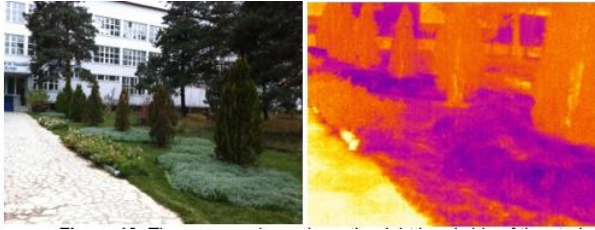


Figure 13: The measured area is on the right hand side of the study area

According to the measurements which have been made on the points selected from the area covered by the *Thuja occidentalis L.* plants, the highest temperature obtained was found to be 9.51°C while the lowest temperature was found to be 8.96°C and the mean temperature was found to be 9.28°C as it has been shown in Figure 14.

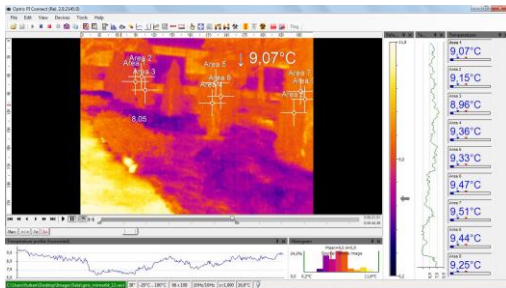


Figure 14: The temperature measurements obtained from measuring the *Thuja occidentalis L.* plants are on the right hand side of the study area

According to the different measurements obtained from the different points located on the *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*, plants, the highest surface temperature was found to be 9.58°C while the lowest was found to be 9.07°C and the mean was found to be 9.33°C as it has been shown on Figure 15.

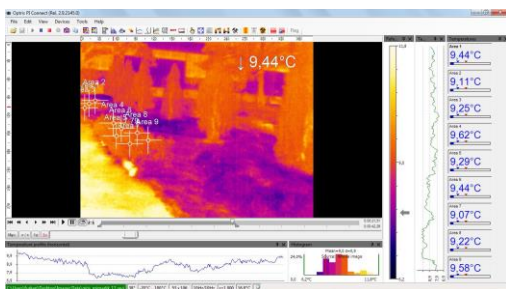


Figure 15: The temperature measurements obtained from measuring the *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta* plants are on the right hand side of the study area.

According to the different measurements obtained from the different points located on the *Cerastium tomentosum L.* plants, the highest surface temperature was found to be 8,23°C while the lowest was found to be 7.46°C and the mean was found to be 7.77°C as it has been shown on Figure 16.

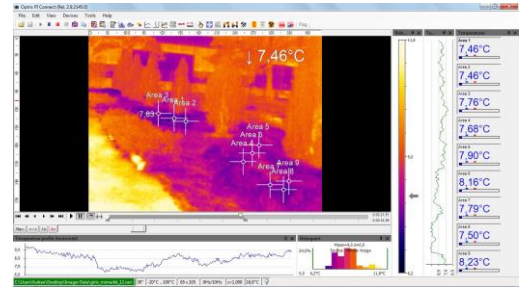


Figure 16: The temperature measurements obtained from measuring the *Cerastium tomentosum* plants are on the right hand side of the study area.

During the measurement of the area of study (*Thuja occidentalis L.* (Area 1,2,3,4), *Petunia x hybrida*, *Tagates erecta*, (Area 5,6,7), *Pinus slyvestris* (Area 8,9) plants, *Cerastium tomentosum* (Area 10,11,12) and the pavement (Area 13)), the highest temperature has been found to be 11.83°C with the lowest while 7.16°C was the mean. The lowest temperature was measured on the *Cerastium tomentosum* plants. The *Thuja occidentalis L.* plants were found to have an average low temperature of 8,750C, an average maximum temperature of 9,91 °C and an average temperature of 9,16 °C as it has been shown in Figure 17, Table 3 and Figure 18.

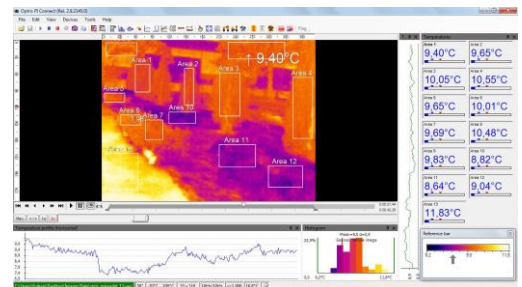


Figure 17. The temperature measurements from are on the right hand side of the study area.

Table 3: The temperature data obtained from the right hand side of the study area.

		Min (°C)	Max(°C)	Mean(°C)
<i>Thuja occidentalis L.</i>	Area 1	8,53	9,4	8,95
	Area 2	8,97	9,65	8,97
	Area 3	8,93	10,05	9,32
	Area 4	8,6	10,55	9,42
<i>Petunia x hybrida</i> , <i>Tagates erecta</i>	Area 5	7,57	9,65	9,12
	Area 6	9,07	10,01	9,53
	Area 7	8,49	9,69	9,22
<i>Pinus slyvestris</i>	Area 8	8,71	10,48	9,4
	Area 9	8,67	9,83	9,23
<i>Cerastium tomentosum</i>	Area 10	7,16	8,82	7,61
	Area 11	7,27	8,67	7,87
	Area 12	7,09	9,04	7,9
<i>Pavement</i>	Area 13	9,54	11,83	10,98

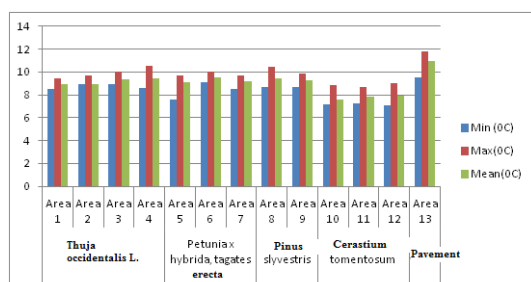


Figure 18. Measurements of the left side of the study area

4- RESULTS

After a complete measurement of the study area, it was found out that the temperature of thuja was 8,91 °C, petunya is 9,17°C, grass surface is 7,68°C, pavement is 10,95°C, pinus is 9,31°C and cerastium is 7,79°C as it has been shown in Figure 19.

Modern urban areas have typically darker surfaces and less vegetation than their surroundings. These differences affect climate, energy use, and habitability of cities. This is consistent with the hypothesis that green cover may be effective in reducing temperature. However, the surrounding natural and semi natural landscape types facilitate the green cooling effect. These findings are valuable for landscape and urban planning.

The areas which were covered by grass surfaced and the *Cerastium tomentosum* plant were found to have low temperature values. This can be explained by the presence of more leaf surface area in these areas. Leaf Area Index (LAI) is used to express the number of leaves per unit area of the ground (m²). LAI affects processes such as photosynthesis, interception, evapotranspiration and many others (Waring, 1983; Bonan, 1993; Jose ve Gillespie, 1997; Kara et al., 2011).

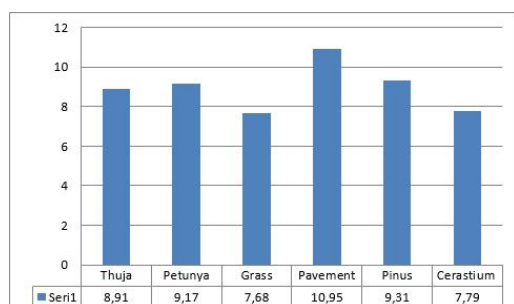


Figure 19. Measurements of the study area

The increase of the number of leaves per surface increases the amount of photosynthesis, transpiration and other related biological processes. The required temperature for vegetation transpiration is obtained from the vegetation's surroundings and a result of the occurrence of transpiration, the surfaces which are close to the vegetation are cooled.

In the study, the temperature of areas with less leaf area, areas where the ground is visible, the areas made up of *Petunia x hybrida* and *Tagetes erecta* flower beds were found to be having higher temperatures than the surfaces covered by grams and *Cerastium tomentosum* as a result of the differences in the leaf surface. In the same way, for the *Thuja occidentalis* plant, when compared to the *Pinus*

sylvestris plant, it appeared to be cooler; this can be explained by the variability of the leaf surface areas.

The pavements which are made up of marble particles, attracted attention as being the hottest surfaces as a result of being quite light in color and having the ability of reflecting sun rays. Open areas which are directly hit by run rays and the surfaces of lively materials have different abilities of holding and radiating heat.

5- REFERENCES

- Aguiar A., K. French, L. A. Chisholm, 2014. A comparison of the ameliorating effects of native and exotic street trees on surface heat retention at dusk, Urban Climate, 10(1):56-62
- Akbari H., M. Pomerantz and H. Taha 2001. Cool Surfaces And Shade Trees To Reduce Energy Use And Improve Air Quality In Urban Areas. Solar Energy. 70(3): 295–310
- Avissar, R. (1996). "Potential effects of vegetation on the urban thermal environment." Atmospheric Environment 30(3): 437-448.
- Becker, F., & Li, Z. -L. 1995. Surface temperature and emissivity at various scales: Definition, measurement and related problems. Remote Sensing Reviews, 12, 225–253.
- Bettencourt, L. M. A., J. Lobo, D. Helbing, C. Kuhnert and G. B. West (2007). "Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104(17): 7301-7306.
- Bonan, G. B., 1993. Importance of leaf area index and forest type when estimating photosynthesis in Boreal forest. Remote Sensing of Environment. 43: 303-314.
- Bowler, D. E., L. Buyung-Ali, T. M. Knight and A. S. Pullin (2010). "Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence." Landscape and Urban Planning 97(3): 147-155.
- Chang, C.R., Li, M.H., Chang, S.D., 2007. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. Landsc. Urban Plann. 80, 386–395.
- Chen W., Y. Zhang, W. Gao, D. Zhou. 2016. The Investigation of Urbanization and Urban Heat Island in Beijing Based on Remote Sensing. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 216: 141-150
- Chen, X. Z., Su, Y. X., Li, D., Huang, G. Q., Chen, W. Q., & Chen, S. S. (2012). Study on the cooling effects of urban parks on surrounding environments using Landsat TM data: A case study in Guangzhou, southern China. International Journal of Remote Sensing, 33, 5889–5914.
- Dimoudi, A., & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. Energy and Buildings, 35, 69–76.
- Feyisa G.L., K. Dons, H. Meilby, 2014. Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: an example from Addis Ababa, Landscape Urban Plan., 123: 87–95
- Georgi, N. J., & Zafiriadis, K. (2006). The impact of park trees on microclimate in urban areas. Urban Ecosystems, 9(3), 195-209.
- Givoni B. 1991. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. Atmos Environ Part B Urban Atmos 25(3):289–299.
- Göklany IM. Is climate change the “defining challenge of our age”? Energy Environ 2009; 20: 279–302.

- Güngör, İ., Atatoprak, A., Özer, F., Akdağ, N., Kandemir, N.İ. 2002. Bitkilerin Dünyası, Bitki Tanımı Detayları ile Fidan Yetiştirme Esasları, 385s., ISBN:975-97874-0-7, Lazer Ofset, Ankara.
- Jaafar B. Said I. Rasidi MH. 2011. Evaluating the Impact of Vertical Greenery System on Cooling Effect on High Rise Buildings and Surroundings: A Review. In: Proceedings of the 12th International Conference on Sustainable Environment and Architecture. Indonesia;P. 8.
- Jongtanom Y. 2011. Temporal Variations of Urban Heat Island Intensity in Three Major Cities, Thailand Modern Applied Science Vol. 5, No. 5; October 2011
- Jose, S., Gillespie, A. R., 1997. Leaf area-productivity relationships natural disturbances. Among mixed-species hardwood forest communities of the central hardwood region. *Forest Science*. 43(1): 56-64.
- Kaloustian N., Y. Diab 2015 Effects of urbanization on the urban heat islands in Beirut *Urban Climate*, 14(2): 154-165
- Kara, Ö., Şentürk, M., Bolat, İ., Çakıroğlu, K., 2011. Relationships Between Soil Properties and Leaf Area Index in Beech, Fir and Fir-Beech Stands. *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University* 2011, 61 (1): 47-54
- Kovats, S. and S. Hajat (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 04.
- Leuzinger, S., Vogt, R., & Korner, C. (2010). Tree surface temperature in an urban environment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 56–62.
- Li, X., Zhou, W., Ouyang, Z., 2013. Relationship between land surface temperature and spatial pattern of greenspace: what are the effects of spatial resolution? *Landscape Urban Plan.* 114, 1–8.
- Li, X., Zhou, W., Ouyang, Z., Xu, W., Zheng, H., 2012. Spatial pattern of greenspace affects land surface temperature: evidence from the heavily urbanized Beijing metropolitan area, China. *Landscape Ecol.* 27, 887–898.
- Lin, B. S., & Lin, Y. J. (2010). Cooling effect of shade trees with different characteristics in a subtropical urban park. *Hortscience*, 45, 83–86.
- Lv Z. 2011. Detecting thermal environment change based on remote sensing image. *Energy Procedia*. 11:3653-3657
- Memon, R. A., D. Y. C. Leung, C. H. Liu, and M. K. H. Leung, 2011: Urban heat island and its effect on the cooling and heating demands in urban and suburban areas of Hong Kong. *Theoretical and Applied Climatology*, 103, 441-450, DOI 10.1007/s00704-010-0310-y.
- Oke, T. R. (1988). *Boundary layer climates* (2nd ed.). London and New York: Methuen & Co., Ltd. and Methuen, Inc.
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186-2194.
- Pauleit S. 2003. Urban street tree plantings: identifying the key requirements. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer*, 156: 43–50
- Quattrochi, D. A., & Luvall, J. C. (1999). Thermal infrared remote sensing for analysis of landscape ecological processes: Methods and applications. *Landscape Ecology*, 14, 577–598.
- Santamouris, M., Synnefa, A., Karlessi, T., (2011). Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. *Solar Energy*, 85, 3085–3102
- Schwarz, N., Schlink, U., Franck, U., & Grossmann, K. (2012). Relationship of landsurface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators – An application for the city of Leipzig (Germany). *Ecological Indicators*, 18, 693–704.
- Shashua-Bar L., M. Hoffman, Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees. *Eng. Build.*, 35 (2003), pp. 61–68
- Smigaj M. A., R. Gaulton A., S. L. Barr A., J. C. Suárez 2015. UAV-Borne Thermal Imaging For Forest Health Monitoring: Detection Of Disease-Induced Canopy Temperature Increase *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-3/W3, 2015 ISPRS Geospatial Week 2015, 28 Sep – 03 Oct 2015, La Grande Motte, France
- Soer G.J.R., 1980. Estimation of regional evapotranspiration and soil-moisture conditions using remotely sensed crop surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 9: 27–45
- Spronken-Smith, R. A., & Oke, T. R. (1999). Scale modelling of nocturnal cooling in urban parks. *Boundary-Layer Meteorology*, 93, 287–312.
- Susca, T., Gaffin, S. R., and Dell'osso, G. R. (2011). Positive effects of vegetation: urban heat island and green roofs. *Environ Pollut*, 159(8-9), 2119-2126.
- Taha H. 1997. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat *Energy and Buildings* 25 (1997) 99-103
- Tam B. Y., W. A. Gough, T. Mohsin The impact of urbanization and the urban heat island effect on day to day temperature variation. *Urban Climate*, 12: 1-10
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, P.D. (2012), 2012. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*, Department of Economic and Social Affairs, Population Division
- Van, T. T. 2005, Relationship between surface temperature and land cover types using thermal infrared remote sensing, in case of Hochiminh city, in: *The Sixteenth Workshop of OMISAR on the Application of Satellite Data, Vietnam*.
- Voogt, J.A., and T.R. Oke. 2003. Thermal remote sensing of urban areas. *Remote Sensing of Environment* 86: 370–384
- Waring, R. H., 1983. Estimating forest growth and efficiency in relation to canopy leaf area. *Advanced Ecology Research*. 13: 327-354.
- Chen X, Y. Su, D. Li, G. Huang, W. Chen and S. Chen. 2012. Study on the cooling effects of urban parks on surrounding environments using Landsat TM data: a case study in Guangzhou, southern China. *International Journal of Remote Sensing*, 33(18)
- Yıldız Demircioglu N., Avdan U., Yılmaz S., Dagliyar A., Matzarakis A., 2014. Thermal Band Analysis of Different Land Uses in Urban Spaces and its Effects on Bioclimatic Comfort. 3rd Int. Conf. on Countermeasures to Urban Heat Island. 13/10/2014

Yılmaz, H., Irmak, M. A. 2012. Yerleşke Planlamasında Bitkisel tasarım İlkeleri; Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi Örneği. ISBN:978-975-442-184-2, Atatürk Üniversitesi yayınları No:1011, 192s. Erzurum.

Yılmaz, H., Irmak, M.A., 2004. Evaluating Plant Materials Used in Open-Green Areas in Erzurum. *Ekoloji*, 13, 52, 9-16.

Yılmaz. H.. Toy. S.. Irmak. M.A.. Yılmaz. S.. Bulut. Y.. 2008. Determination of temperature differences between asphalt concrete. soil and grass surfaces of the city of Erzurum. Turkey. *Atmosfera*. 21 (2):135-146.

Yücel, E., 2004. Türkiye’de Yetişen Çiçekler ve Yerörtücüler, SB 404,A7, Y83, Etam Matbaa Tesisleri, 366, Eskişehir.

Removal of Diamozol Red ED-3 from Simulated Textile Wastewater in Membrane Bioreactor (MBR) System

K. Özan^{1*}, C. Acikgoz²

¹Pazaryeri Vocational School, Bilecik Şeyh Edebali University, Turkey

²Chemical Engineering Department, Bilecik Şeyh Edebali University, Turkey

*kadir.ozan@bilecik.edu.tr

Abstract – In this research, the decolourization process of Diamozol Red ED-3 textile dye by using activated sludge collected from wastewater treatment facility in Bilecik First Organized Industry Zone was examined in membrane bioreactor (MBR) system. The Lab/Pilot Scale MBR system had a working volume of 170 L and was equipped with a coarse and fine air bubble creation mechanism for membrane and biological aeration, respectively. The temperature of the aeration tank was controlled at $25 \pm 1^\circ\text{C}$, the pH value and the concentration of DO was kept, respectively, in the range of 6.5-7.0 and 2.0-2.5 mg/L in the aeration tank. The initial dye concentration and COD concentration of the synthetic wastewater prepared for decolourisation process were 50 and 952 mg/L, respectively. The dye concentration, COD concentration value were measured daily in effluent to assess the removal efficiency. Most of the analytical techniques used in this study were mentioned in the standard methods. At the end of the study treatment percentage colour removal was approximately 76% and COD removal was 79% in 7 days. The results obtained from this study showed that textile dyes can be effectively decolorized by the activated sludge in MBR system.

Keywords: Biodegradation, COD, Decolourisation, MBR, Textile wastewater.

I. INTRODUCTION

The reuse of wastewater reduces both the consumption of freshwater resources and minimizes the environmental impact of discharged wastewater. Biological treatment technologies have been utilized in wastewater reclamation for over a century. Membrane Bioreactors (MBRs) can be broadly defined as systems integrating biological degradation of waste products with membrane filtration. Membrane bioreactors are composed of two primary parts, the biological unit responsible for the biodegradation of the waste compounds and the membrane module for the physical separation of the treated water from mixed liquor. They have proven quite effective in removing organic and inorganic contaminants as well as biological entities from wastewater. Membrane bioreactor technology has great potential in a wide range of applications including textile wastewater treatment. The textile industry is characterized not only by the vast quantity of process water used, but also by the variety of chemicals used.

A significant number of research studies have been conducted on evaluating the performance of MBR technology for textile wastewater during the past decade. Schoeberl et al. [1] found that COD and colour removal from textile wastewater was 89-94% and 65-91%, respectively. Similar observation was made by [2] who found that MBR reduced 60-95% of COD and 46-98.5% of colour at 525 nm. [3] found that the average COD and dye removal efficiency was 94.8% and 72.9%, respectively by aerobic MBR treatment. Deowan et al. [4] investigated the MBR treatment for textile wastewater and found that COD removal efficiency was around 90% by MBR and they also found that red and blue colour removal efficiencies were 25-70% and 20-50 % respectively.

In this study, removal of Diamozol Red ED-3 from simulated textile wastewater by using activated sludge collected from

wastewater treatment facility in Bilecik First Organized Industry Zone was examined in membrane bioreactor (MBR) system.

II. MATERIALS AND METHOD

Dye and Chemicals

All chemicals were obtained from Merck. Diamozol Red ED-3 dye were supplied from the local textile factory.

Lab/pilot scale MBR system

The volume of MBR system was 170 L. The detailed information about the MBR system used in this study was previously presented by Özan and Acikgoz [5], and also the schematic diagram of the lab/pilot scale MBR system was given at Özan and Acikgoz et al. [6]. The activated sludge collected from wastewater treatment facility in Bilecik First Organized Industry Zone transferred to membrane bioreactor system. Each experimental run, 100 L of synthetic dye containing water was fed into the aeration tank by the pump in the MBR system. The MBR system had a diffuser which supplied continuous air with an intensity of 9 L/min for complete mixed in order to supply dissolved oxygen to the fungus. The temperature of system was controlled at $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Also the pH and the dissolved oxygen (DO) concentration were in the range of 6.5-7.0 and 2.0-2.5 mg/L in the aeration tank. A schematic view of the MBR system is shown in figure 1.

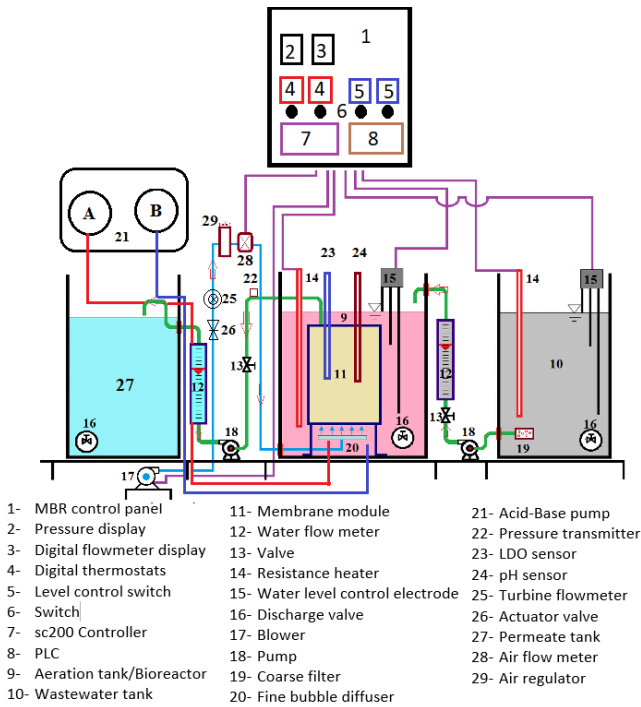


Fig. 1 Schematic view of lab/pilot scale MBR system.

Synthetic wastewater

The medium, included 1.5 g/L starch, 1 g/L glucose, 0.4 g/L urea, 0.099 g/L CaCl₂, 0.255 g/L NaCl, 0.17 g/L Na₂CO₃, 0.17 g/L NaHCO₃, 1 mL/L trace elements and (5 g/L) dyestuff, was used for biodegradation process.

The trace element stock solution was prepared as 0.125 g CuSO₄·5H₂O, 0.05 g H₂MoO₄, 0.061 g MnSO₄·5H₂O, 0.043 g ZnSO₄·7H₂O, and 0.082 g Fe₂(SO₄)₃·14 H₂O in 1 L of Milli-Q water.

Analytical methods

The analytical measurements of dye containing wastewater were done by using a spectrophotometer (JENWAY 7315 spectrophotometer). The absorbance peak was measured at 540 nm for Diamozol Red ED-3. Scanning was performed between 300 and 800 nm.

The calibration curve of “absorbance vs. concentration” was used for calculation of dye concentration and the reduction of dye concentration was used to calculate the rate of depolarization efficiency.

$$\text{Rate of decolorization (\%)} = (C_o - C_f) / C_o \times 100 \text{ Eq.(1)}$$

In this equation, C_o and C_f represent the initial and final dye concentrations (mg/L), respectively.

COD analyses were performed by means of a spectrophotometric test (Spectroquant Merck) and later determined spectrophotometrically (Nova 60Aspectroquant), at 528 nm. Samples (influent, effluent) were centrifuged (Nuve NF 400) for 5 min. at 10,000×g and diluted appropriately before each COD determination.

III. RESULTS

The removal efficiency of dye and COD results obtained in the MBR system were given in Table1.

Table 1. The removal efficiency of COD and dye results in 7 days.

Time	pH	Temperature (°C)	DO (mg/L)	COD (mg/L)	%COD Removal	Dye concentration (mg/L)	%Dye removal
Initial value	6.7	25	2.1	952	-	50	-
1. Day	6.8	25	2.3	725	24	23.56	53
2. Day	6.7	24	2.1	524	45	20.69	59
3. Day	7	25	2.4	316	67	18.97	62
4. Day	6.6	26	2.5	285	70	18.39	63
5. Day	6.8	25	2.3	255	73	17.24	66
6. Day	6.9	24	2.3	218	77	13.79	72
7. Day	6.7	26	2.5	197	79	12.07	76

The dye concentration and COD concentration of the synthetic wastewater prepared for experimental study were 50 mg/L and 952 mg/L, respectively. The removal efficiency of COD and dye obtained from experimental study were given in Fig.2 and Fig.3.

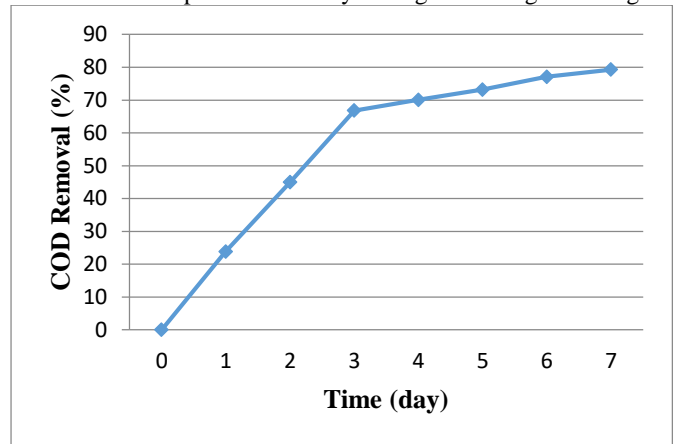


Fig. 2 The removal efficiency of COD.

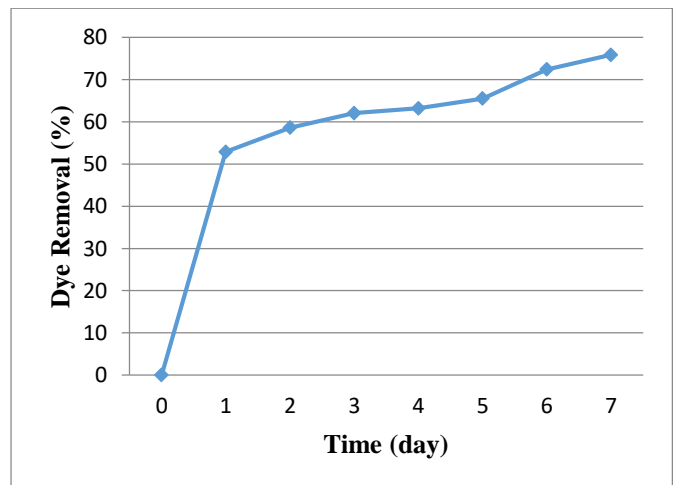


Fig. 3 The removal efficiency of dye.

IV. DISCUSSION

It was observed that after 3 days of treatment, the decolorization percentage reached to a 62%. It is observed for the Diamozol Red ED-3 dye that after 7 days of treatment the decolorization percentage was over 76 %, respectively.

The influent COD concentration was 952 mg/L, during the decolorization process in the MBR system. The aerobic treatment resulted in a COD abatement of 79%. The results obtained from this study are consistent with the results in the literature. In the literature, it was given that red colour removal and COD removal efficiency by MBR system were 25-70% and 90%, respectively [4].

Some other researchers have also worked in continuous or semi-continuous modes, achieving effective decolorization percentages. However, their experimental systems have smaller capacity than our MBR system.

The results indicated that the organic removal efficiency achieved was up to 79% by means of biological treatment, with the assistance of membrane filtration. This suggested that membrane filtration played a significant role in maintaining high and stable organic removal efficiency.

V. CONCLUSION

Textile industry is one of the most significant manufacturing sectors that produce large volumes of highly polluted and toxic wastewater. As result of experimental studies, the removal efficiency of color and COD was determined as 76% and 79%, respectively. It can be concluded that textile dyes can be effectively decolorize by in the MBR system.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their thanks to the Bilecik Seyh Edebali University, Research Foundation for the financial support that made this work possible. Project number is 2010-BİL-01.006 for their financial support.

REFERENCES

- [1] P. Schoeberl, M. Brik, M. Bertoni, R. Braun, W. Fuchs, "Optimization of operational parameters for a submerged membrane bioreactor treating dyehouse wastewater," *Separation and Purification Technology*, vol. 44 (1), pp. 61-68, Jul. 2005.
- [2] M. Brik, P. Schoeberl, B. Chamam, R. Braun, W. Fuchs, "Advanced treatment of textile wastewater towards reuse using a membrane bioreactor," *Process Biochem.*, vol. 41(8), pp. 1751-1757, Aug. 2006.
- [3] M.A. Yun, K.M. Yeon, J.S. Park, C.H. Lee, J. Chun, D.J. Lim, "Characterization of biofilm structure and its effect on membrane permeability in MBR for dye wastewater treatment," *Water Research*, vol. 40 (1), pp. 45-52, Jan. 2006.
- [4] S.A. Deowan, F. Galiano, J. Hoinkis, A. Figoli, E. Drioli, "Submerged membrane bioreactor (SMBR) for treatment of textile dye wastewater towards developing novel MBR process," *APCBEE Procedia*, vol. 5, pp. 259-264, Jan. 2013.
- [5] K. Özcan, C. Acikgoz, "Design of laboratory/pilot-scale membrane bioreactor (MBR) system and manufacture" *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 33 (1), Mar. 2018.
- [6] K. Özcan, C. Acikgoz, "Treatment of domestic wastewater by membrane bioreactor system (MBR)" *Journal of Engineering Research and Applied Science*, vol. 5 (2), pp. 494-498, Dec. 2016.